SOIMAR ENERGY	Destinatario	REGIONE LIGURIA	PROGETTO *Job*	SEN-654
	IMPIANTO *Plant*	IMPIANTO EOLICO	FOGLIO: *Sheet* 1	DI: *Of* 52
	DOC No *Doc No*	SEN-654-SA-1	REVISIONE: *Revision*	0

IMPIANTO EOLICO
CAIRO MONTENOTTE (SV)
LOCALITÀ "SURITE DEL CUCULO"

"SA-STUDIO ANEMOLOGICO E PRODUZIONE ENERGETICA"

SOIMAR ENERGY S.r.l.
Via Schina, n° 15 - 10148 TORINO
Tel. 011.9891738 - Fax 011.9891274
e-mail:info@soimarenergy.it
Partita IVA 10311390016

ORDINE INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO
Dott. Ing. GIULIO SANTINI n. 7312 S

Rev *Rev*	Data *Date*	Descrizione *Description*	Compilato *Prep'd*	Controllato *Chk'd*	Approvato *Appr'd*
3					
2					
1					
0	03/2015	EMISSIONE ORIGINALE	TRD	SV	SNT

INDICE

1 Introduzione 5
2 Obiettivi dello studio 7
3 Localizzazione del progetto 8
4 Descrizione dello studio 10
4.1 Metodologia di analisi 10
4.2 Banca dati vento disponibili ed elaborazioni preliminari 11
4.2.1 Caratteristiche della stazione anemometrica 11
4.3 Elaborazione e validazione dei dati vento 13
4.3.1 Analisi dati vento delle stazioni anemometriche 14
4.4 Modello digitale del Terreno 23
4.5 Layout di progetto del Parco Eolico e Alternative 26
4.6 Risultati dello studio 31
4.6.1 Risorsa eolica dell'area 31
4.6.2 Risultati di produzione 33
5 Considerazioni finali 37
Allegati 39
Allegato 1 – Report d'installazione della stazione anemometrica 39
Allegato 2 – Certificati di Calibrazione degli Anemometri 48

INDICE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento territoriale dell'area individuata per l'istallazione del parco eolico in progetto (Fonte: Geoportale Provincia di Savona) 8
Figura 2 – Stazione anemometrica Soimar_60, presso Località Surite del Cuculo – Comune di Cairo Montenotte 13
Figura 3 – Distribuzione in frequenza delle velocità del vento a 60 [m], 50 [m], Cairo Montenotte Soimar_60. Periodo considerato: 6 mesi. 16
Figura 4 – Distribuzione in frequenza delle velocità del vento a 10 [m], stazione CCADB di Colle di Cadibona. Periodo considerato: 6 mesi 17
Figura 5 – Distribuzione in frequenza delle velocità del vento a 10 [m], stazione CCADB di Colle di Cadibona. Periodo considerato: 12 mesi 17
Figura 6 – Rose dei venti a 60 [m] e 40 [m], Soimar_60. Elaborazione con Windographer. Periodo Considerato: 6 mesi 18
Figura 7 – Rose dei venti a 10[m] CCADB di Colle di Cadibona. Elaborazione con Windographer. Periodo Considerato: a) 6 mesi concorrenti con Soimar_60; b) 12 mesi 18
Figura 8 – Screenshots di velocità e direzioni (mese di Novembre 2011) per entrambe le stazioni. Elaborazione con Windographer. 19
Figura 9 – Grafico risultante dalla correlazione della V10 di Colle di Cadibona e V60 di Soimar_60. 20
Figura 10 –Rosa dei venti relativa alla correlazione delle due stazioni anemometriche, ottenuta da una serie temporale di 24 mesi. Elaborazione con Windographer. 21
Figura 11–Rose dei venti relative agli strumenti a 40 m e 60 m, ottenute da 24 mesi di monitoraggio in sito. Elaborazione con Windographer. 21
Figura 12–Distribuzione di Frequenza a 60 m e 50 m, ottenute da 24 mesi di monitoraggio in sito. Elaborazione con Windographer. 22
Figura 13 - Rappresentazione grafica delle porzioni studiate nei tre modelli descritti: l'area complessiva nella figura rappresenta il modello di partenza "COARSE" , la cornice rossa e la cornice blu rappresentano le porzioni di area considerata nel modello "NESTING" e nel terzo "NESTING del NESTING". In verde è evidenziata l'area oggetto dello studio 24
Figura 14 – Modello digitale del terreno, con visualizzazione 3D e su ortofoto. Realizzate con il software WindSim 25
Figura 15 – Mappa di rugosità dell'area utilizzata in input per la realizzazione del modello digitale del terreno con Windsim. In blu si è indicata l'area del sito 25
Figura 16 – CONFIGURAZIONE A: Valutazioni che hanno portato al vecchio LAYOUT. Configurazioni analizzate. A1, A2, A3 in rosso sono le possibili alternative a T1 definitiva, mentre A4 rappresenta una alternativa a T2. La figura non è in scala.(Estratto CTR) 28
Figura 16 – CONFIGURAZIONE B: Configurazioni analizzate. A1, A2, A3, A5 in rosso sono le possibili alternative a T2 definitiva, mentre A4 rappresenta una alternativa a T1. 30
configurazione A 31
configurazione B: layout definitivo di PROGETTO 31
Figura 17 – Mappe isovento a 80 [m] di altezza, software Windsim. A confronto il vecchio Layout in alto e quello nuovo di progetto, in basso 31
configurazione A 32
configurazione B 32

Figura 18 – Mappe isovento a 80 [m] di altezza, visto in 3D, software Windsim. Rappresentazione dei due layout come in figura 17 32

INDICE TABELLE

Tabella 1 – Descrizione stazione anemometrica Soimar_60, presso Località Surite del Cuculo – Comune di Cairo Montenotte 13
Tabella 2 – Sintesi dei dati acquisiti dalle stazioni anemometriche considerate per lo studio 15
Tabella 3 – caratteristiche modello digitale del terreno realizzato con il software Windsim 24
Tabella 4 – Risultati produzione con VARI modelli di aerogeneratori Vecchio Layout - CONFIGURAZIONE A35

1 Introduzione

La Società SOIMAR ENERGY srl (d'ora in avanti denominata "SOIMAR") è un'azienda di sviluppo, realizzazione e gestione di impianti industriali e impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, in particolare eolica, e, nel merito, sta sviluppando dei progetti di impianti eolici in Liguria, uno dei quali è situato nel Comuni di Cairo Montenotte e Savona (d'ora in avanti denominato l'"Impianto"), in provincia di Savona.

In particolare, per lo sviluppo del progetto, la SOIMAR ha effettuato uno Studio Anemologico ed una Valutazione della Producibilità dell'impianto.

Il presente documento rappresenta il report dell'attività di analisi e di elaborazione dei dati anemometrici del progetto.

Il lavoro è principalmente basato sulle seguenti informazioni e dati:

- dati di vento misurati in sito (nell'**Allegato 2** sono riportate le caratteristiche degli strumenti utilizzati nel rilevamento);
- dati vento acquistati dall'ARPA Liguria, relativi alla stazione di Colle di Cadibona a 3,5 Km dall'Impianto in progetto;
- mappe vettoriali digitali del terreno (SITAR Liguria) ;
- cartografia dell'area (SITAR Liguria);
- caratteristiche e tipologia degli aerogeneratori di progetto.

Diversi sopralluoghi sono stati effettuati in sito per valutare:

- dimensioni del parco eolico e vincoli
- Installare l'anemometro ed effettuarne regolare manutenzione;
- effettuare una valutazione dell'area sia dal punto di vista dell'orografia sia da quello della rugosità;
- verificare la viabilità
- valutare la posizione degli aerogeneratori in rapporto all'orografia del terreno, alla esposizione al vento, agli spazi disponibili ed alla vegetazione presente, al fine di minimizzare gli impatti.

Il presente studio anemologico È STATO REALIZZATO IN DUE FASI.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

A. Una prima versione con un layout costituito da due aerogeneratori della potenza massima installabile complessiva pari a 5 MW, già presentato al VIA a Settembre 2013. Nella fase di VIA sono emerse alcune criticità relativamente all'impatto delle opere accessorie da realizzare (piazzole e strade).

B. È stata quindi valutata, considerando le osservazioni degli enti preposti alla valutazione del progetto, una versione alternativa decisamente meno impattante relativamente agli argomenti suddetti. Oltre alla modifica del layout si è considerata la possibilità di ridurre l'altezza del mozzo e aumentare la dimensione massima del diametro del rotore degli aerogeneratori.

La presente relazione descrive il layout definitivo, attraverso il resoconto delle due diverse configurazioni.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

2 Obiettivi dello studio

Le attività principali del lavoro eseguito e descritto in questo documento sono lo studio anemologico del progetto, basato sui dati di vento monitorati nell'area di interesse, nei comuni di Cairo Montenotte e Savona, e la stima di producibilità del parco eolico. In particolare gli obiettivi dello studio sono:

- verifica dei dati anemologici disponibili e filtraggio degli stessi;
- modellizzazione del terreno;
- definizione della mappa di rugosità;
- studio di ventosità dell'area;
- studio del possibile layout di progetto e delle possibili alternative;
- stima di produzione del parco eolico con il layout di progetto;
- valutazione perdite di scia ed ottimizzazione del layout;
- valutazione della produzione del layout ottimizzato;
- valutazione tecnica finale del progetto.
- Differenze con la configurazione A (in premessa) di settembre 2013

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

3 Localizzazione del progetto

L'Impianto è localizzato in Liguria, in provincia di Savona, nei territori comunali di Cairo Montenotte e Savona, al confine tra i due comuni, nei pressi di Ferrania, in località Surite del Cuculo.

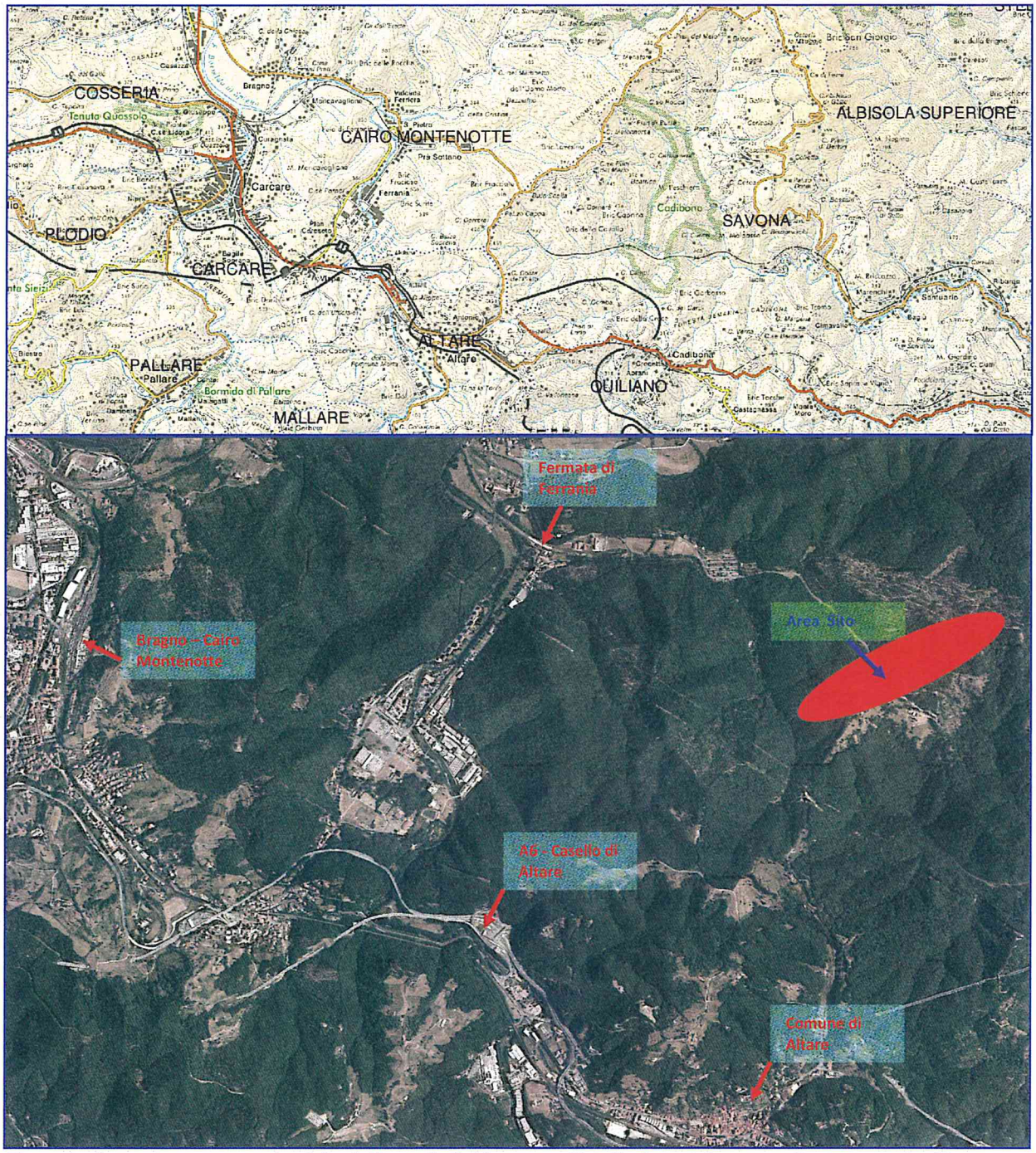


Figura 1 – Inquadramento territoriale dell'area individuata per l'istallazione del parco eolico in progetto (Fonte: Geoportale Provincia di Savona)

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

I fogli catastali del comune di Cairo Montenotte interessati dall'Impianto sono il numero 85 e il 90, e quelli del comune di Savona sono il 9 e il 10 al di fuori delle aree non idonee individuate dalla Regione Liguria con provvedimento del Consiglio regionale n 3/2009. In Figura 1 si può individuare la localizzazione del progetto su CTR e su Ortofoto (Fonte: Geoportale Provincia di Savona).

Le strade di accesso al sito sono molteplici, a seconda della direzione di provenienza; il sito è a pochi km dall'Autostrada A6 Torino – Savona e facilmente raggiungibile dal Casello di Altare. Relativamente alla viabilità d'accesso, peraltro ottima, si è dedicato una relazione apposita realizzata da un'azienda di trasporto specializzata nel settore dei trasporti eccezionali.

Nel dettaglio, l'Impianto è posizionato in un'area a circa 7 [Km] in direzione Sud-Est dal centro abitato di Cairo Montenotte ed a circa 2 [Km] nella stessa direzione, dalla fermata della stazione ferroviaria di Ferrania, appena al di fuori dell'area industriale di Bragno e Ferrania nel territorio del comune di Cairo Montenotte.

È facilmente accessibile dalla viabilità principale, e nasce ai margini di un bosco prevalentemente ceduo ad una quota media di 500 m sulla parte bassa di un crinale che si sviluppa in direzione Sud Ovest - Nord Est. La posizione, come si potrà constatare dai risultati del presente studio, è ottimale dal punto di vista anemologico. Inoltre la viabilità, le opere da realizzare, la vicinanza del punto di allaccio, la scarsa visibilità dell'impianto, come si può dedurre dalle relazioni e dagli elaborati allegati al progetto, costituiscono delle ottime ragioni per realizzare l'impianto.

L'area circostante il sito è principalmente boschiva con alberi di medio fusto (di altezza media 10 metri) e industriale. Vi è una abitazione in sito, utilizzata come deposito attrezzi e classificata come *"fabbricato rurale"*. I terreni su cui insiste il progetto sono di due differenti proprietari con i quali la Soimar Energy ha stipulato un contratto di locazione preliminare.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

4 Descrizione dello studio

Nel seguito del presente documento saranno sviluppati in dettaglio la metodologia di studio, i dati di input e ciascuno dei punti menzionati nel Capitolo 2.

4.1 Metodologia di analisi

Lo studio anemologico è stato condotto elaborando i dati raccolti con l'ausilio delle tecniche di analisi e di calcolo più innovative attualmente presenti sul mercato, nel settore dell'energia eolica; in particolare sono stati utilizzati i seguenti software:

Windographer, della Mistaya, per il filtraggio dei dati vento e l'analisi statistica dei dati

MatLab, della Mathworks, per la correlazione dei dati monitorati in sito con quelli misurati dalla stazione meteo nelle vicinanze

Global Mapper 13.0, per l'elaborazione del materiale cartografico acquistato presso il SITAR della Regione Liguria, al fine di generare il file di mappa richiesto da Windsim per il calcolo del campo fluidodinamico.

Terrain Editor, della Vector, per la redazione della mappa di rugosità da accoppiare all'orografia del terreno

WindSim, della Vector, per l'analisi e l'elaborazione delle condizioni di vento, e per la stima di producibilità degli aerogeneratori. Questo prodotto è particolarmente indicato per terreni dall'orografia complessa come il sito in oggetto, in quanto il metodo di calcolo che applica è del tipo non-lineare e permette di simulare fenomeni aerodinamici del secondo ordine.

Excel, della Microsoft, per l'elaborazione finale dei risultati.

La procedura di analisi è stata condotta secondo le seguenti fasi successive:

- analisi preliminare dei dati vento, filtraggio dei dati, preparazione dei dati di input per i software di calcolo della ventosità;
- preparazione del modello digitale del terreno, da dare in input, nel formato e nelle dimensioni opportune, al software di calcolo della ventosità;
- elaborazione del calcolo fluidodinamico, con l'uso di WindSim, e analisi delle condizioni di vento presenti nel sito;
- preparazione del layout di progetto, posizionamento degli aerogeneratori e definizione delle loro caratteristiche tecniche;

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

- calcolo della produttività dell'Impianto, con l'uso di WindSim;
- calcolo delle perdite di scia, con l'uso di WindSim;
- ottimizzazione del layout, al fine di minimizzare le perdite di scia e massimizzare la produzione, nel rispetto della morfologia del sito e nell'ottica di minimizzare tutti i maggiori impatti;
- valutazione della produzione del layout ottimizzato e differenze con il layout A (in premessa)

4.2 Banca dati vento disponibili ed elaborazioni preliminari

I dati vento utilizzati ed analizzati per lo studio e la progettazione dell'impianto in oggetto sono quelli acquisiti dalla stazione anemometrica installata in sito e da una stazione meteo dell'Arpa.

La stazione anemometrica da 60 [m] di altezza è stata installata dalla Soimar Energy nel territorio del comune di Cairo Montenotte in località Surite del Cuculo nel mese di ottobre del 2011.

La stazione meteo del Colle di Cadibona di proprietà dell'ARPA Liguria a 10 [m] di altezza è stata installata nel 2001. I dati della stazione meteo sono stati regolarmente acquistati presso l'ARPA Liguria e, in un primo momento, dopo essere stato verificato l'ottimo grado di correlazione tra le due stazioni anemometriche, si è di fatto ricavata una serie temporale di due anni che è stata utilizzata come dato di input per il calcolo della producibilità dell'Impianto in Progetto. Questo è quanto è stato fatto in un primo momento, nella prima fase di progettazione, anche per poter valutare di fatto la reale ventosità del sito prima che fosse trascorso un anno.

Ad oggi la stazione è stata installata più di tre anni fa ed è ancora attualmente funzionante nel medesimo sito. La stessa sarà di fatto installata a breve, ma in fase di esercizio ne sarà riposizionata un'altra di altezza pari al mozzo degli aerogeneratori per un controllo / verifica della curva di potenza delle macchine che verranno installate. Tutto ciò in accordo dunque con quanto richiesto dalle Linee Guida Nazionali del 18/09/2010, **Parte III**, punto **13.1**, **b**, **i**, poiché la durata dei rilievi è superiore ad un anno, anche senza considerare la correlazione tra i dati delle due stazioni utilizzate.

4.2.1 Caratteristiche della stazione anemometrica

Nella tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche della torre anemometrica Soimar_60.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

La posizione della stazione anemometrica risponde ai criteri della normale prassi in tema di misurazioni anemometriche per lo sviluppo di parchi eolici: è ben esposta al vento su tutti i lati e ed è posizionata all'interno dell'area considerata per lo sviluppo del progetto.

L'installazione della stazione anemometrica è stata effettuata secondo i criteri esposti nella IEC 61400 – 12 – 1 (3rd Edition).

La definizione della posizione della stazione anemometrica è risultata da un compromesso tra la scelta della posizione più adatta, come esposizione al vento, ed il minor impatto ambientale, insieme all'accessibilità da parte della ditta installatrice.

L'esposizione della stazione anemometrica è tale da fornire un ottimo monitoraggio di un'ampia area nel suo intorno.

Descrizione
Posizione anemometro – coordinate Gauss Boaga (UTM WGS 84 – T32): *Longitudine: E 1448590 (448564)* *Latitudine: N 4912210 (4912192)* *Quota: 491 [m] s.l.m.*
Caratteristiche tecniche *Struttura tralicciata in acciaio Altezza 60 [m]*
Sensori e centralina *1 Data Logger Nomad Desktop della Second Wind* *1 Anemometro installato a 60 [m] s.l.s – Calibrato (Allegato 2)* *1 Anemometro Module Young a 60 [m] - Calibrato* *1 Anemometro installato a 50 [m] s.l.s – Calibrato (Allegato 2)* *1 Anemometro installato a 30 [m] s.l.s – Calibrato (Allegato 2)* *1 Sensore di Direzione installato a 60 [m] s.l.s* *1 Sensore di Direzione installato a 40 [m] s.l.s* *1 Sensore di Temperatura installato a 10 [m] s.l.s*
Report di installazione *SMEA srl – Allegato3*

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

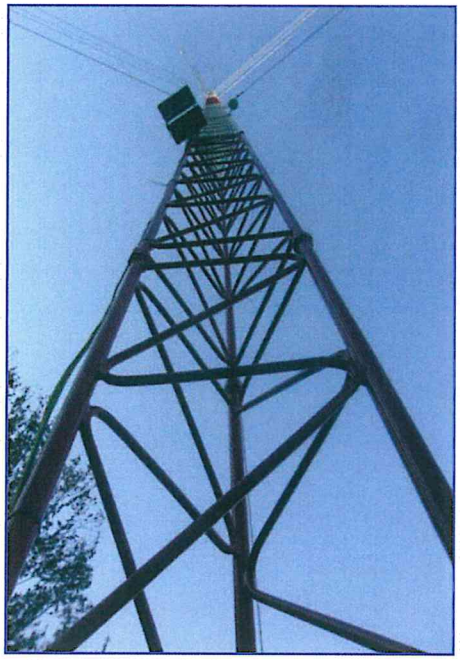


Figura 2 – Stazione anemometrica Soimar_60, presso Località Surite del Cuculo – Comune di Cairo Montenotte

Tabella 1 – Descrizione stazione anemometrica Soimar_60, presso Località Surite del Cuculo – Comune di Cairo Montenotte

La stazione storica utilizzata come riferimento per la correlazione con i dati misurati in sito appartiene all'Arpa Liguria ed è quella del colle di Cadibona. La sua installazione risale al marzo 2001.

I dati sono stati regolarmente acquistati dall'Arpa Liguria.

Posizione della Stazione CCADB del Colle di Cadibona

Longitudine Gradi° Primi' Secondi'' 8° 22' 58.404''

Latitudine Gradi° Primi' Secondi'' 44° 19' 58.692''

Altezza sul livello del mare (m) 385

Quota di misura dell'anemometro e del sensore di direzione del vento: 10 [m].

La distanza reciproca tra le due stazioni anemometriche è di 3,5 Km circa, e la situazione orografica molto simile.

4.3 Elaborazione e validazione dei dati vento

I periodi di dati vento che vennero inizialmente utilizzati dalle stazioni anemometriche descritte Soimar 60 e CCADB, erano rispettivamente di 6 mesi e 24 mesi (il periodo complessivo è superiore

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

ai 10 anni, ma per il presente studio si sono utilizzati gli ultimi 24 mesi). Il periodo di concorrenza era comunque di 6 mesi.

La tecnologia usata per questa stazione anemometrica è quella standard: i dati sono rilevati dalla centralina di acquisizione Nomad Desktop della Second Wind, e quotidianamente inviati su un indirizzo mail dedicato e periodicamente archiviati in database di back-up.

4.3.1 Analisi dati vento delle stazioni anemometriche

Il periodo considerato, per redigere il primo studio anemologico, andava complessivamente dal marzo 2010 al marzo 2012. Relativamente alla stazione Soimar_60, per ottenere i dati vento reali del sito, i dati di velocità del vento registrati sono stati corretti con i coefficienti di calibrazione, sulla base dei certificati di calibrazione degli anemometri NRG Systems forniti dalla OTECH (**Allegato 2**). È stata verificata la validità delle misure per ognuno dei parametri e dall'operazione di filtraggio non sono risultati periodi di malfunzionamento o gelo della strumentazione.

I dati ottenuti dalle due stazioni sono stati poi confrontati e relativamente al periodo di concorrenza sono risultati coerenti.

Nel prosieguo vengono utilizzati i dati provenienti dalla stazione da 60 [m] poiché più prossimo all'altezza degli aerogeneratori e la serie risultante dalla correlazione con i dati della CCADB.

In Tabella 3, è riportata una sintesi dei dati di velocità rilevati a diverse quote: 60 [m] e 50[m] per la stazione Soimar 60 e 10 [m] per la CCADB. I valori medi indicano un ottima ventosità del sito, inoltre le serie temporali risultano complete, non vi sono periodi in cui i dati sono mancanti.

	Anemometro 60m			
Year	Month	Recovery Rate (%)	Mean (m/s)	Max (m/s)
2011	Oct	99,16	8,2170	13.3867
2011	Nov	100	7,4416	14.9728
2011	Dec	100	5,9087	17.9642
2012	Jan	100	6,7609	16.562
2012	Feb	100	8,2563	17.538
2012	Mar	100	6,3359	14.3405

	Anemometro 50m			
Year	Month	Recovery Rate (%)	Mean (m/s)	Max (m/s)
2011	Oct	99,16	8.2111	13.1806
2011	Nov	100	7.3446	14.8507
2011	Dec	100	5.8165	17.5228
2012	Jan	100	6.6321	16.2445
2012	Feb	100	8.0838	17.1678
2012	Mar	100	6.198	13.9782

	Stazione CCADB – Anemometro 10 [m]			
Year	Month	Recovery	Mean	Max
2010	Apr	**100**	**3.61**	8,6
2010	May	**99.93**	**3.11**	8,9

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

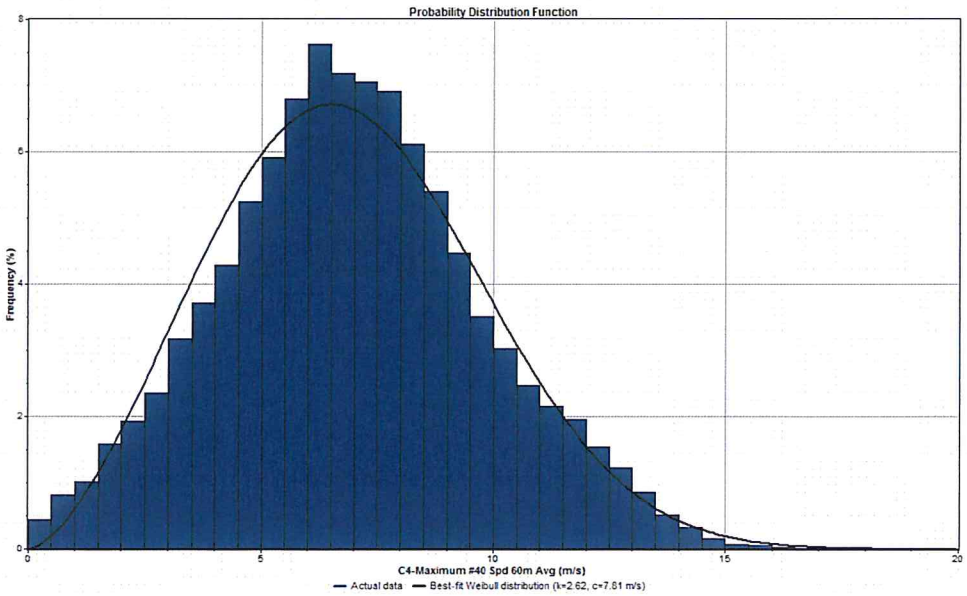
2010	Jun	**99.72**	**2.75**	7,6
2010	Jul	**100**	**2.83**	7,5
2010	Aug	**100**	**2.91**	10,4
2010	Sep	**99.93**	**3.01**	7,9
2010	Oct	**98.72**	**4.03**	13,9
2010	Nov	**100**	**4.04**	10,3
2010	Dec	**99.71**	**4.81**	10
2011	Jan	**99.19**	**4.60**	10
2011	Feb	**100**	**3.71**	11
2011	Mar	**100**	**4.06**	10,4
2011	Apr	**99.93**	**2.76**	8
2011	May	**99.93**	**2.88**	7,3
2011	Jun	**99.93**	**3.03**	9,1
2011	Jul	**99.87**	**3.20**	11,7
2011	Aug	**100**	**2.77**	8,7
2011	Sep	**100**	**2.88**	8,4
2011	Oct	**100**	**3.97**	10,8
2011	Nov	**99.84**	**5.22**	11,1
2011	Dec	**100**	**4.13**	9,6
2012	Jan	**100**	**4.04**	10,9
2012	Feb	**76.01**	**5.33**	12,2

Tabella 2 – Sintesi dei dati acquisiti dalle stazioni anemometriche considerate per lo studio

Nelle immagini seguenti sono rappresentate le distribuzioni in frequenza delle misure di velocità rilevate in sito, nel periodo in esame, 60 [m] e 50 [m] di altezza rispetto al terreno.

Queste sono ottenute considerando il periodo di dati da ottobre 2011 ad aprile 2012.

a) Anemometro a 60 [m]



Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

b) Anemometro a 50 [m]

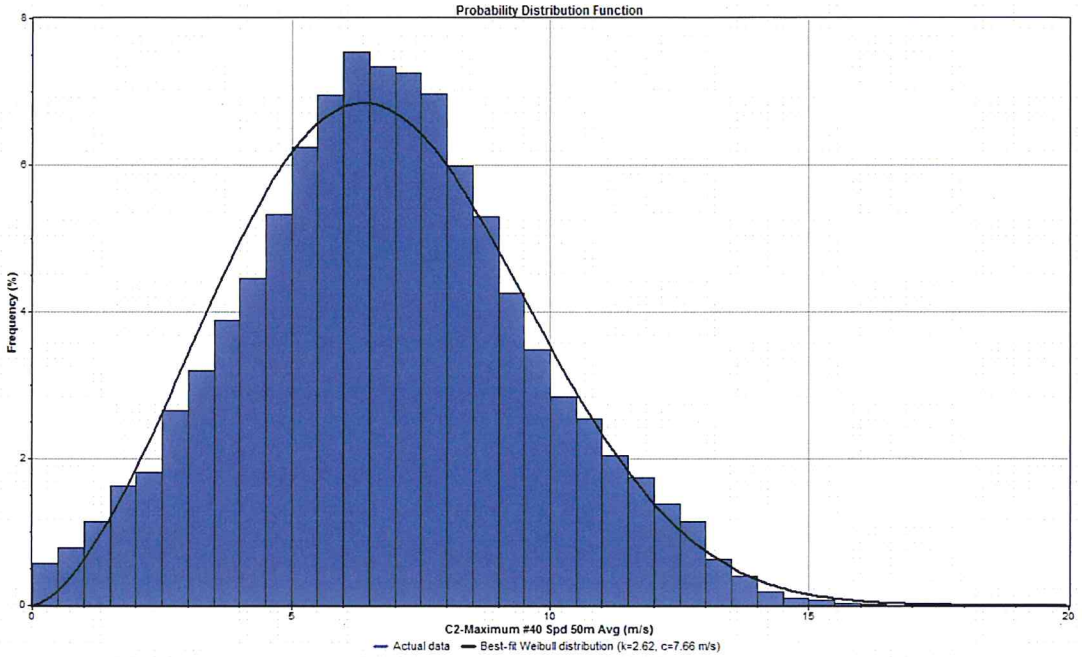


Figura 3 – Distribuzione in frequenza delle velocità del vento a 60 [m], 50 [m], Cairo Montenotte Soimar_60. Periodo considerato: 6 mesi.

Così come si presentano le distribuzioni in frequenza appaiono regolari, con un picco di frequenza intorno ai 7 - 8 [m/s]. Le distribuzioni di frequenza in Figura 3, rappresentano la situazione di 6 mesi, tra ottobre ed aprile. Come si evince dalle immagini, il sito è caratterizzato da scarsi periodi di calma e al tempo stesso da velocità non troppo elevate. Situazione ottimale per lo scopo del progetto considerando le attuali tecnologie impiegate per lo sfruttamento della risorsa eolica. L'elevata frequenza di valori di velocità intorno a valori non eccessivamente elevati fa presumere la possibilità di impiegare aerogeneratori con una potenza nominale elevata e un grande rotore, in modo tale da sfruttare al massimo l'energia eolica presente nel sito.

Di seguito è riportata la distribuzione di frequenza (DF) delle velocità registrate dalla stazione meteo CCADB di Colle di Cadibona nello stesso periodo.

Si riportano dapprima le DF relative allo stesso periodo dei dati monitorati in sito e successivamente quella di un anno.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

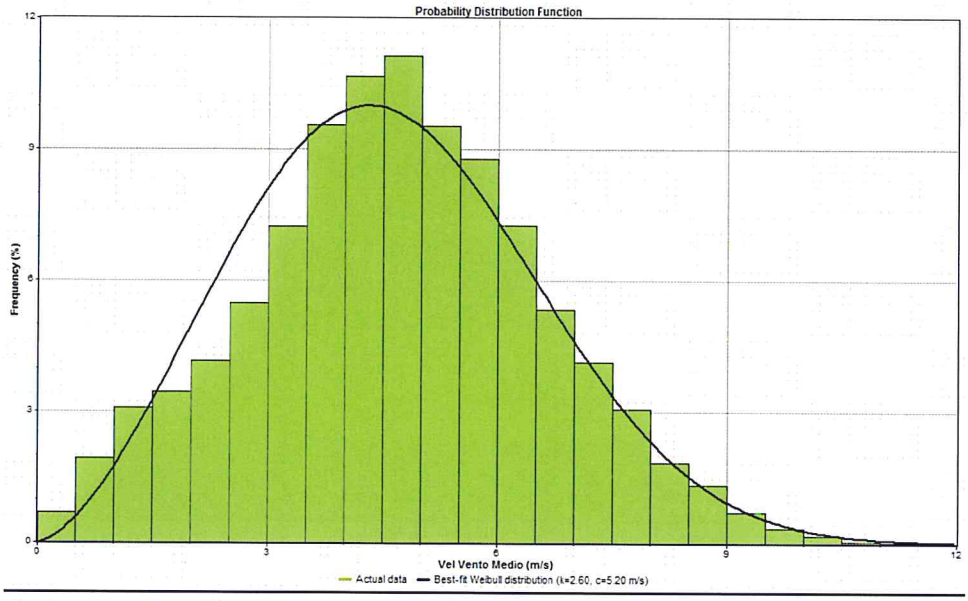


Figura 4 – Distribuzione in frequenza delle velocità del vento a 10 [m], stazione CCADB di Colle di Cadibona. Periodo considerato: 6 mesi

L'analogia delle distribuzioni è evidente. Di seguito la distribuzione in frequenza della stessa stazione relativamente ad un periodo di 1 anno per eliminare gli effetti stagionali (Seasonal Bias). Analoga sarà la caratteristica della stazione Soimar 60 relativamente a 12 mesi. Come evidenziato precedentemente non ci si aspettano velocità massime eccessive, e nemmeno molti periodi di calma. Si tratta di condizioni ideali di funzionamento, che non stressano eccessivamente le macchine durante la fase di esercizio con ovvi vantaggi relativamente alla manutenzione.

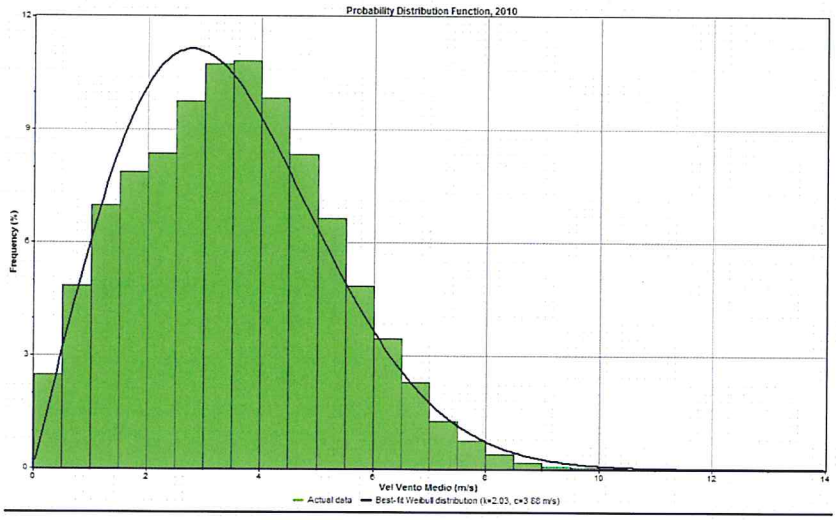
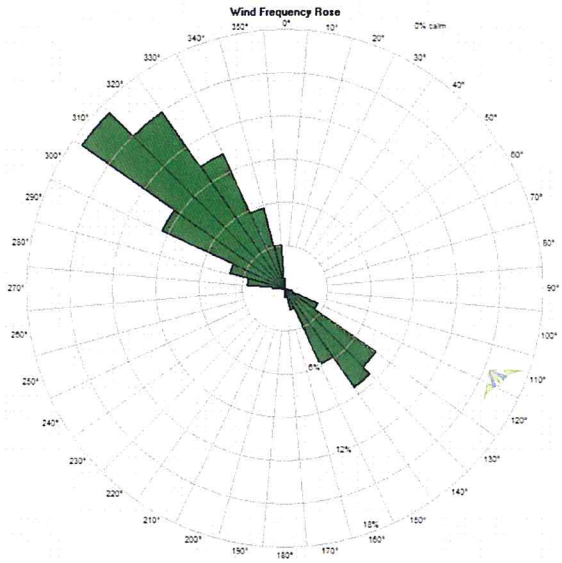


Figura 5 – Distribuzione in frequenza delle velocità del vento a 10 [m], stazione CCADB di Colle di Cadibona. Periodo considerato: 12 mesi

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

Relativamente alle direzioni si sono dapprima confrontate le misure delle bandierine collocate a 40 e 60 metri di altezza. Non ci sono divergenze, se non in limitatissimi periodi di calma.

a) Banderuola a 60 [m]



b) Banderuola a 40 [m]

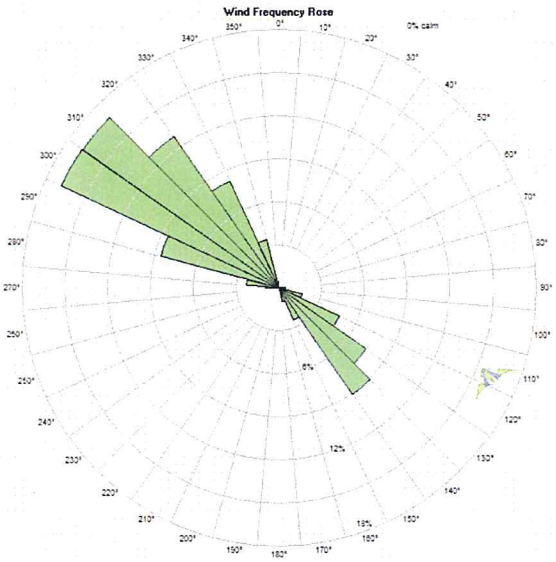
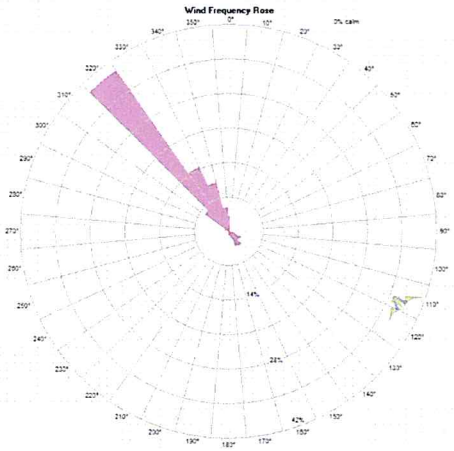


Figura 6 – Rose dei venti a 60 [m] e 40 [m], Soimar_60. Elaborazione con Windographer. Periodo Considerato: 6 mesi

a) Periodo 6 mesi concorrenti tra le stazioni considerate. Stazione CCADB di Colle di Cadibona



b) Periodo di 12 mesi della stazione CCADB di Colle di Cadibona

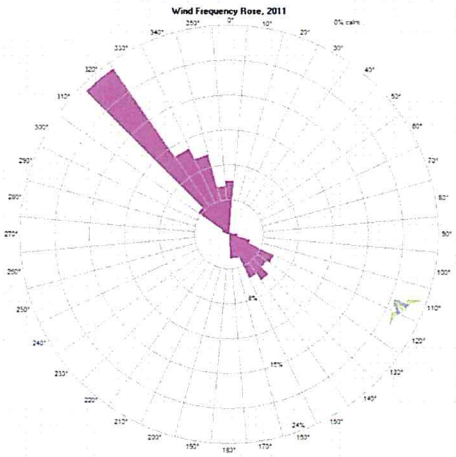


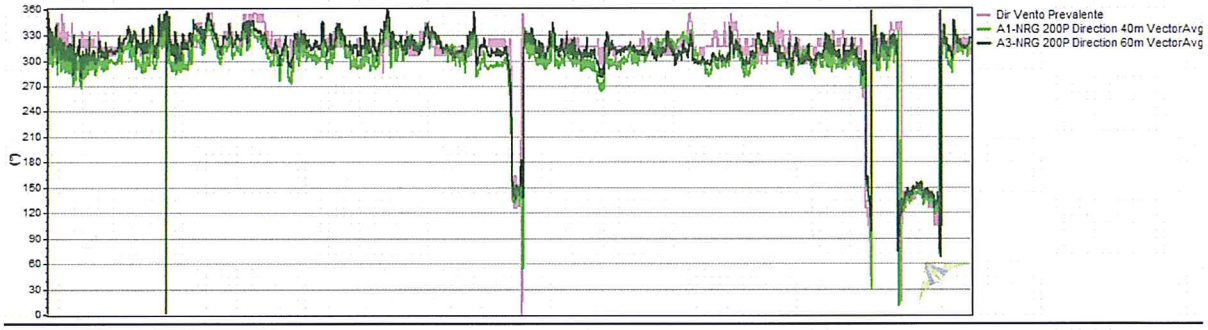
Figura 7 – Rose dei venti a 10[m] CCADB di Colle di Cadibona. Elaborazione con Windographer. Periodo Considerato: a) 6 mesi concorrenti con Soimar_60; b) 12 mesi

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

Considerando i 12 mesi si ha un incremento dei venti provenienti da Sud Est. Comunque considerando sia i 6 mesi che i 12, o addirittura tutti i mesi dell'anno singolarmente, si vede come le direzioni prevalenti sono sempre e solo due: Nord – Ovest (310 / 320°) e Sud Est (140°).

Le rose dei venti relative alle direzioni monitorate, a 60 e 40 [m] di altezza, sono coerenti tra loro e anche rispetto a quelle misurate dalla stazione ARPAL.

A ulteriore riprova della coerenza dei dati tra stazione meteo CCADB e Soimar 60 si riportano gli screenshot relativi a tutto il mese di Novembre 2011 (a titolo di esempio) per le direzioni (in rosa quella della stazione CCADB):



e per le velocità (in verde quella della stazione CCADB):

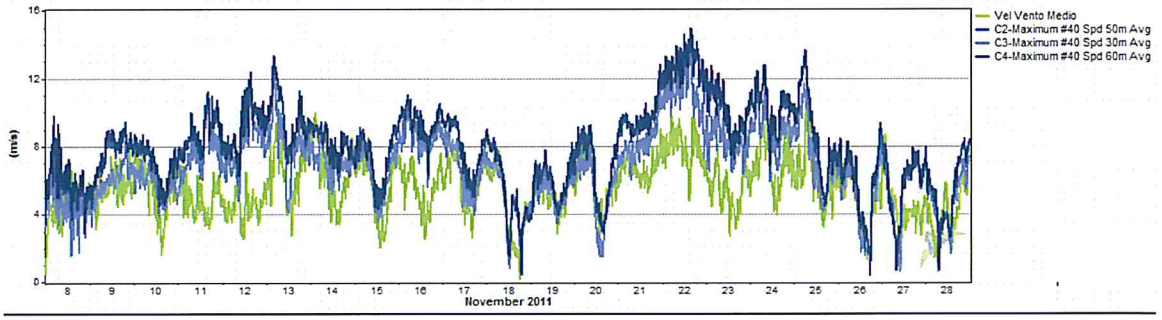


Figura 8 – Screenshots di velocità e direzioni (mese di Novembre 2011) per entrambe le stazioni. Elaborazione con Windographer.

Le direzioni forniscono una prima ed utile informazione su un possibile orientamento del layout che si andrà a realizzare, orientamento che dovrà prevedere, dunque, una direzione di massima distanza tra gli aerogeneratori in direzione Sud-Est / Nord-Ovest per minimizzare le interferenze di scia tra gli aerogeneratori del parco. Tale distanza sarà funzione dei diametri dei rotori degli aerogeneratori scelti per l'impianto in questione. Nel layout di progetto che si andrà a realizzare il riferimento definitivo sarà quello di diametro massimo tra le soluzioni possibili individuate al fine di non penalizzare la scelta dell'aerogeneratore nella futura fase esecutiva dei lavori. Le

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

dimensioni massime della macchina individuata a valle del presente studio anemologico forniranno i criteri per il corretto dimensionamento dell'Impianto e delle opere accessorie.

Anche per quanto riguarda la distribuzione delle direzioni si tratta di una situazione ottimale per l'aerogeneratore in fase di esercizio. Avere due direzioni nette rispetto alle altre, implica inoltre una miglior efficienza nella conversione dell'energia cinetica del vento in energia meccanica e poi elettrica (poiché la navicella non si deve riposizionare continuamente).

Verificata dunque, la similitudine nelle misurazioni di entrambe le stazioni anemometriche, si è proceduto ad effettuare una correlazione dei dati ottenendo quindi una serie di dati di due anni da marzo 2010 a marzo 2012. Di seguito viene rappresentata graficamente la correlazione tra i dati delle due stazioni che presenta un coefficiente r^2 = 0.80, quindi sufficiente per ritenere la serie ottenuta utilizzabile per il presente studio.

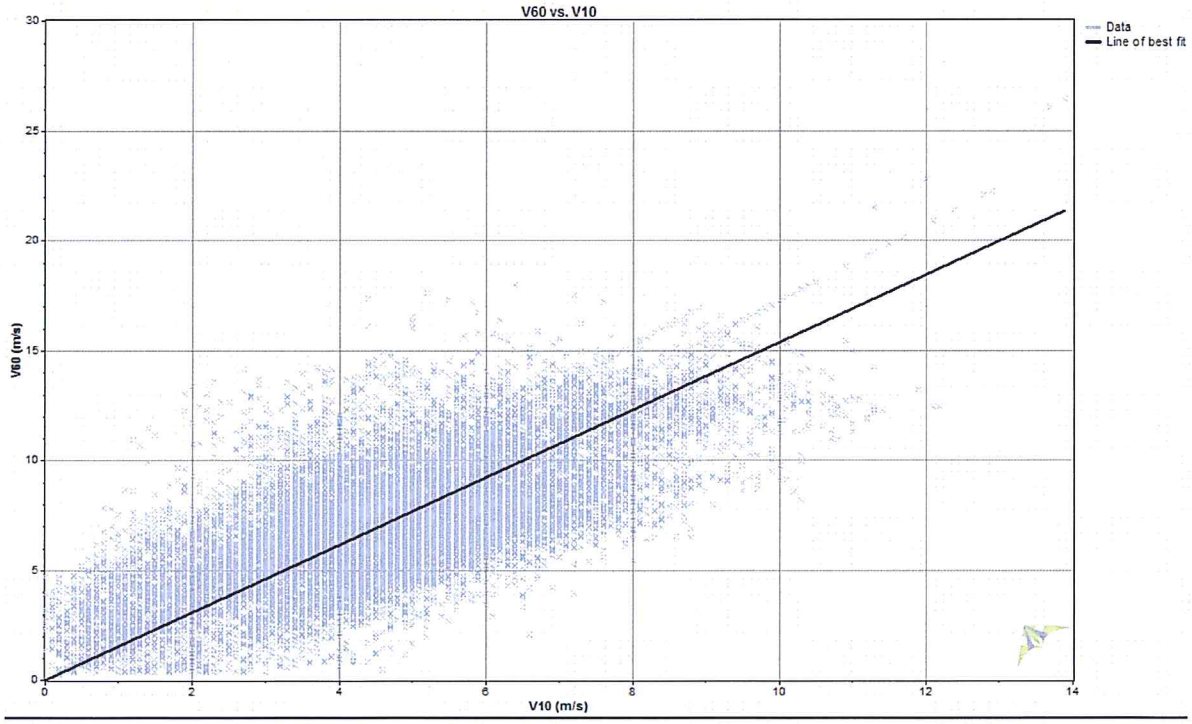


Figura 9 – Grafico risultante dalla correlazione della V10 di Colle di Cadibona e V60 di Soimar_60.

Pertanto la rosa dei venti, intesa come distribuzione di frequenza delle velocità nelle varie direzioni, relativa a 24 mesi, risultante dalla correlazione, delle due stazioni anemometriche descritte, è riportata in Figura 12. Peraltro l'orografia dell'area come si vedrà nel capitolo successivo conferma i risultati ottenuti.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

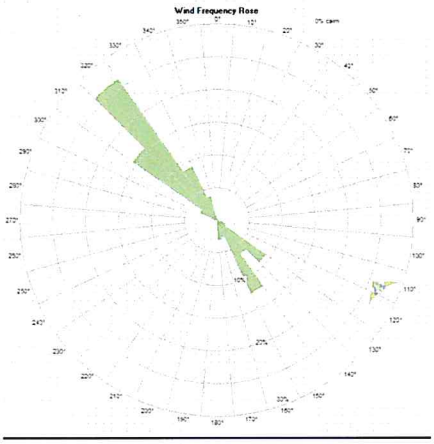


Figura 10 –Rosa dei venti relativa alla correlazione delle due stazioni anemometriche, ottenuta da una serie temporale di 24 mesi. Elaborazione con Windographer.

Come già accennato precedentemente, nel portare avanti il presente studio è stato scelto quindi di utilizzare il periodo di dati marzo 2010 a marzo 2012, frutto della correlazione delle due stazioni anemometriche descritte.

Nell'ambito dello studio del vento questa procedura è molto frequente poiché scongiura la presenza di effetti stagionali (Seasonal Bias).

Le informazioni monitorate sono sufficienti per una stima attendibile del potenziale anemologico dell'area. I risultati ottenuti dallo studio accurato effettuato, convergeranno quindi nella definizione di un layout ottimale, andando in questo modo a costituire una solida base di partenza su cui si andranno ad integrare le altre argomentazioni tecniche (bilancio tra aspetti geomorfologici, vegetazionali, faunistici, etc…), che sono parti complementari del progetto eolico.

A conferma di quanto a suo tempo previsto e ad oggi monitorato realmente, si riportano i grafici delle misure dopo 24 mesi di monitoraggio in sito. Ciò a testimonianza della bontà dei metodi di studio utilizzati nella valutazione del grande potenziale anemologico dell'area.

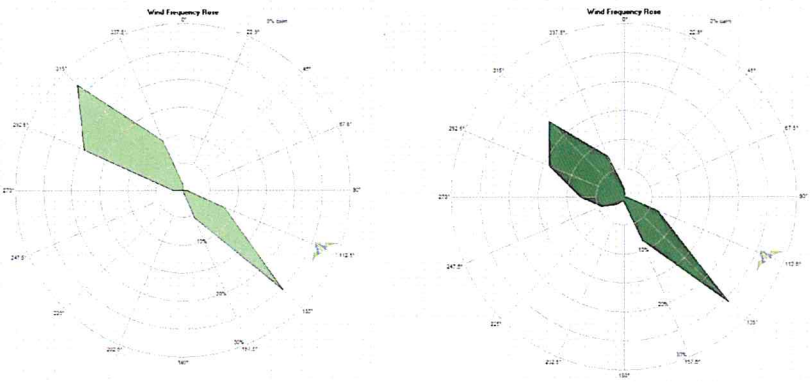
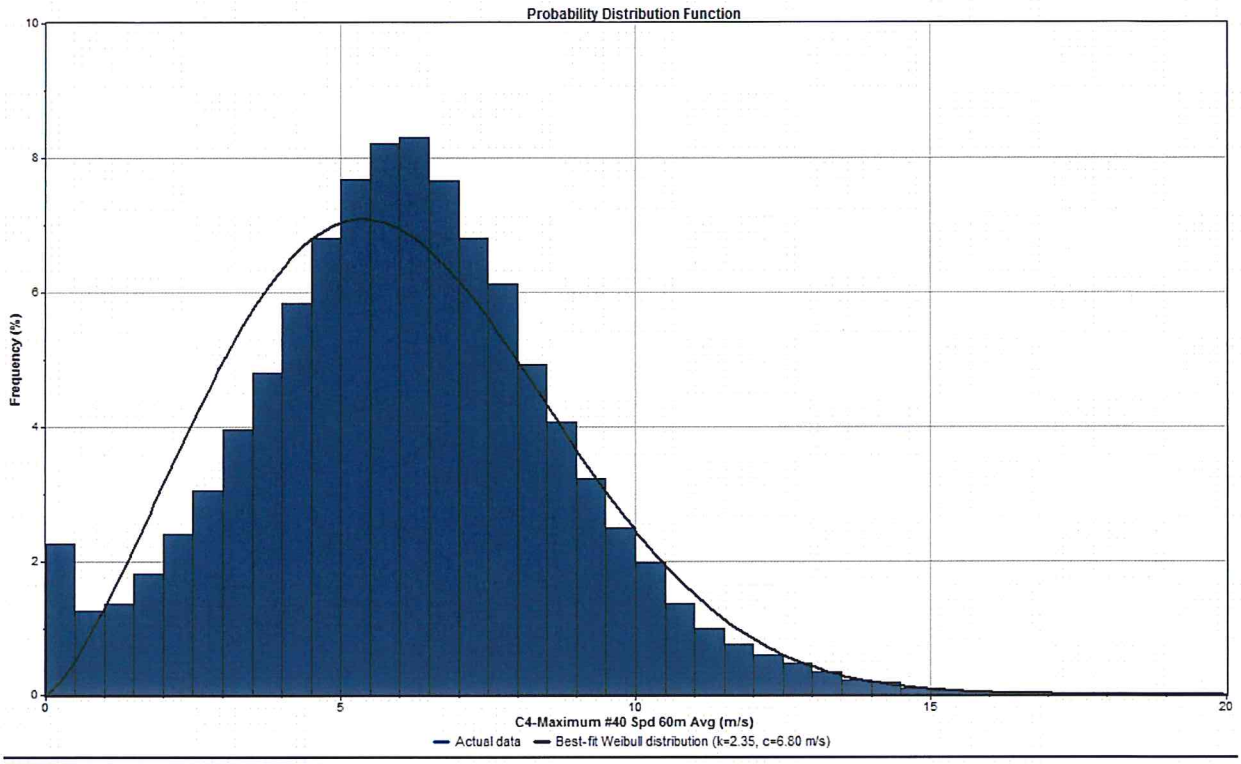


Figura 11–Rose dei venti relative agli strumenti a 40 m e 60 m, ottenute da 24 mesi di monitoraggio in sito. Elaborazione con Windographer.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.



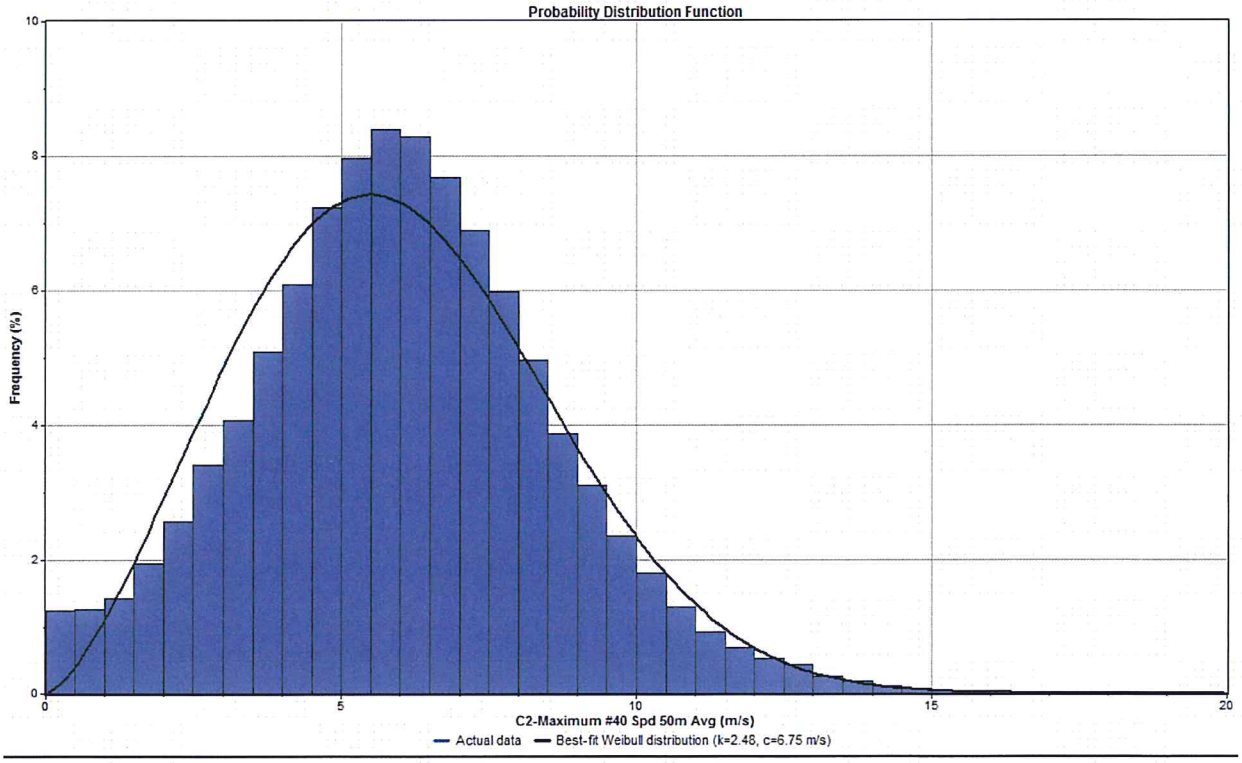


Figura 12–Distribuzione di Frequenza a 60 m e 50 m, ottenute da 24 mesi di monitoraggio in sito. Elaborazione con Windographer.

Gli andamenti sono del tutto simili a quelli previsti con le valutazioni e correlazioni precedenti.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

4.4 Modello digitale del Terreno

Il sito eolico, senza considerare il percorso del cavidotto, di Cairo Montenotte e Savona si estende su una striscia di circa 400 [m], su un crinale a Sud-Est del centro abitato di Cairo Montenotte.

L'orografia dell'area oggetto di studio è complessa; per questo motivo, nel calcolo della ventosità con il software Windsim, al fine di ottenere delle soluzioni alle equazioni di Navier Stokes convergenti, il modello del terreno realizzato è stato ottimizzato in tre fasi:

- Modello COARSE con una minor risoluzione spaziale, su un'area più ampia
- Modello NESTING ottenuto dal precedente, sfruttando le soluzioni ottenute dal modello COARSE come dati in ingresso
- Modello NESTING del NESTING ottenuto dal precedente, sfruttando le soluzioni ottenute dal modello NESTING come dati in ingresso

Il modello digitale del terreno presenta le seguenti caratteristiche:

- Modello COARSE: Area di 10,700 x 9,200 [Km], discretizzata con 2.279.700 celle complessive di calcolo e con una risoluzione spaziale su X e Y di 36 [m]
- Modello NESTING: Area di 6,000 x 6,000 [Km], discretizzata con 3.356.700 celle complessive di calcolo e con una risoluzione spaziale su X e Y di 18 [m]
- Modello NESTING del NESTING: Area di 4,000 x 4,000 [Km], discretizzata con 3.356.700 celle complessive di calcolo e con una risoluzione spaziale su X e Y di 12 [m]

Il calcolo iterativo delle equazioni di Navier – Stokes (in tutti e tre i modelli), atto a definire la soluzione fluidodinamica del flusso del vento sul terreno, ha portato a soluzioni convergenti su tutti e 12 i settori di direzione con valori residui nulli, a riprova della correttezza della soluzione aerodinamica ottenuta. Ciò diminuisce, dunque, anche l'incertezza legata al calcolo finale della producibilità.

La rugosità del terreno, nell'area presa in considerazione, è un aspetto importante ed influente sul profilo dei venti di bassa quota quali quelli considerati nello studio anemologico di un impianto eolico. Proprio per tale motivo e per ottenere valori ancor più realistici, a valle dei sopralluoghi effettuati in loco, e dall'esame delle immagini in ortofoto dell'area, si è realizzata una mappa di rugosità variabile da zona a zona. Nella seguente tabella sono riassunte le caratteristiche dei modelli del terreno utilizzati:

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

Modello	Estensione Area [Km]	Numero di celle	Z_0 [m]	Risoluzione spaziale [m]
COARSE	10,750 x 9,200	2.279.700	variabile tra 0,003 ÷ 1	X = 36
				Y = 36
NESTING	6,000 x 6,000	3.356.700		X = 18
				Y = 18
NESTING del NESTING	4,000 x 4,000	3.356.700		**X = 12**
				Y = 12

Tabella 3 – caratteristiche modello digitale del terreno realizzato con il software Windsim

NESTING

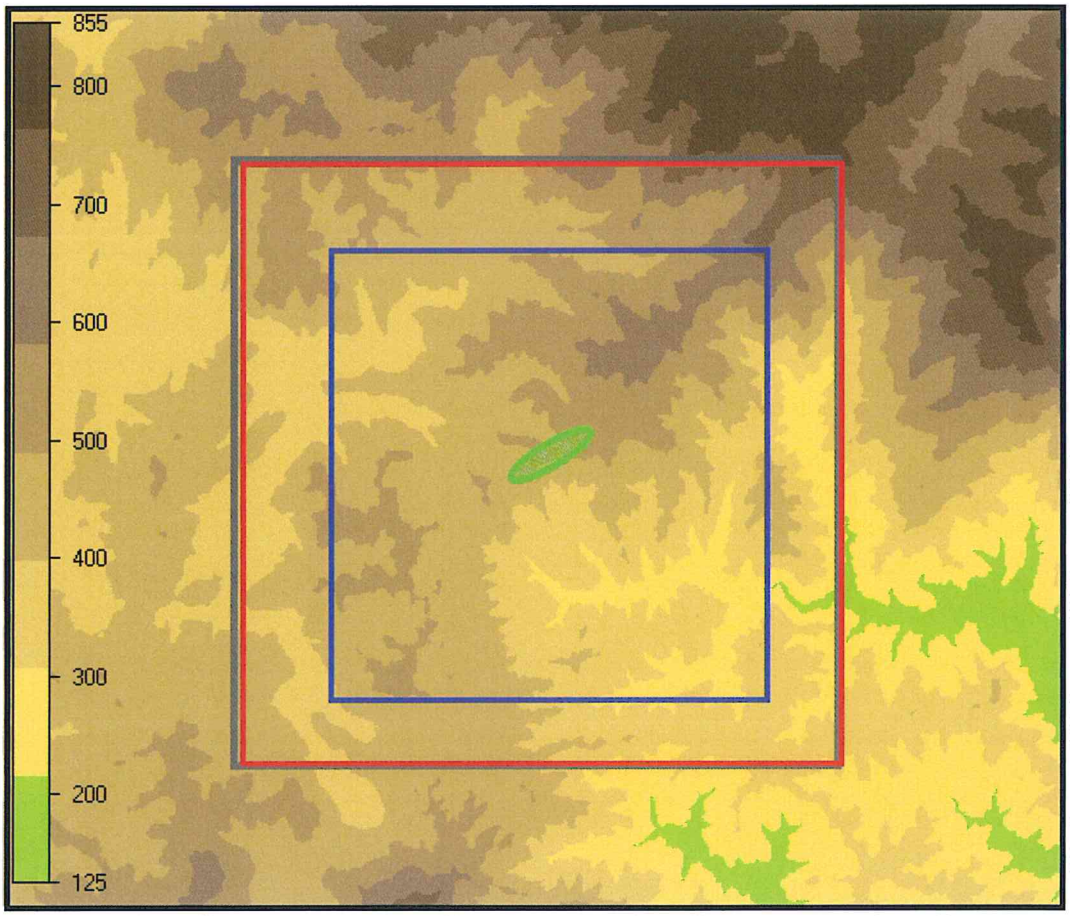


Figura 13 - Rappresentazione grafica delle porzioni studiate nei tre modelli descritti: l'area complessiva nella figura rappresenta il modello di partenza "COARSE" , la cornice rossa e la cornice blu rappresentano le porzioni di area considerata nel modello "NESTING" e nel terzo "NESTING del NESTING". In verde è evidenziata l'area oggetto dello studio.

Nella seguente immagine, è rappresentato il modello digitale del terreno, in 3D, insieme alla localizzazione del sito del progetto, con e senza ortofoto.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

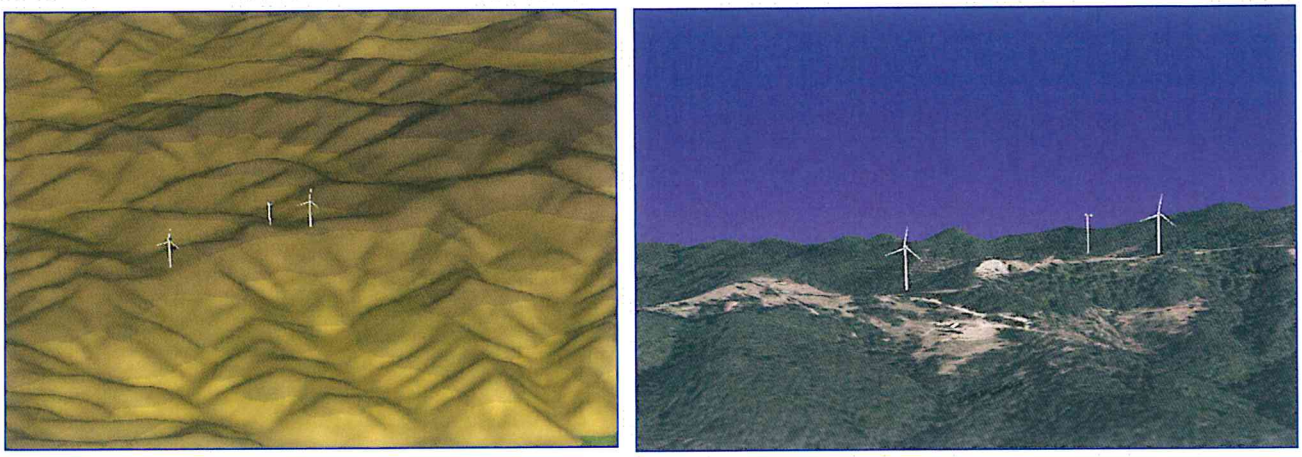


Figura 14 – Modello digitale del terreno, con visualizzazione 3D e su ortofoto. Realizzate con il software WindSim

Di seguito si riporta la mappa di rugosità realizzata come input per il calcolo del flusso del vento. Sono stati considerati valori di rugosità per z_0 da 0,5 [m], per l'area del sito ed i terreni limitrofi, fino a 0,8 m – 1 m, per i centri abitati – aree industriali, con tutti i valori intermedi necessari.

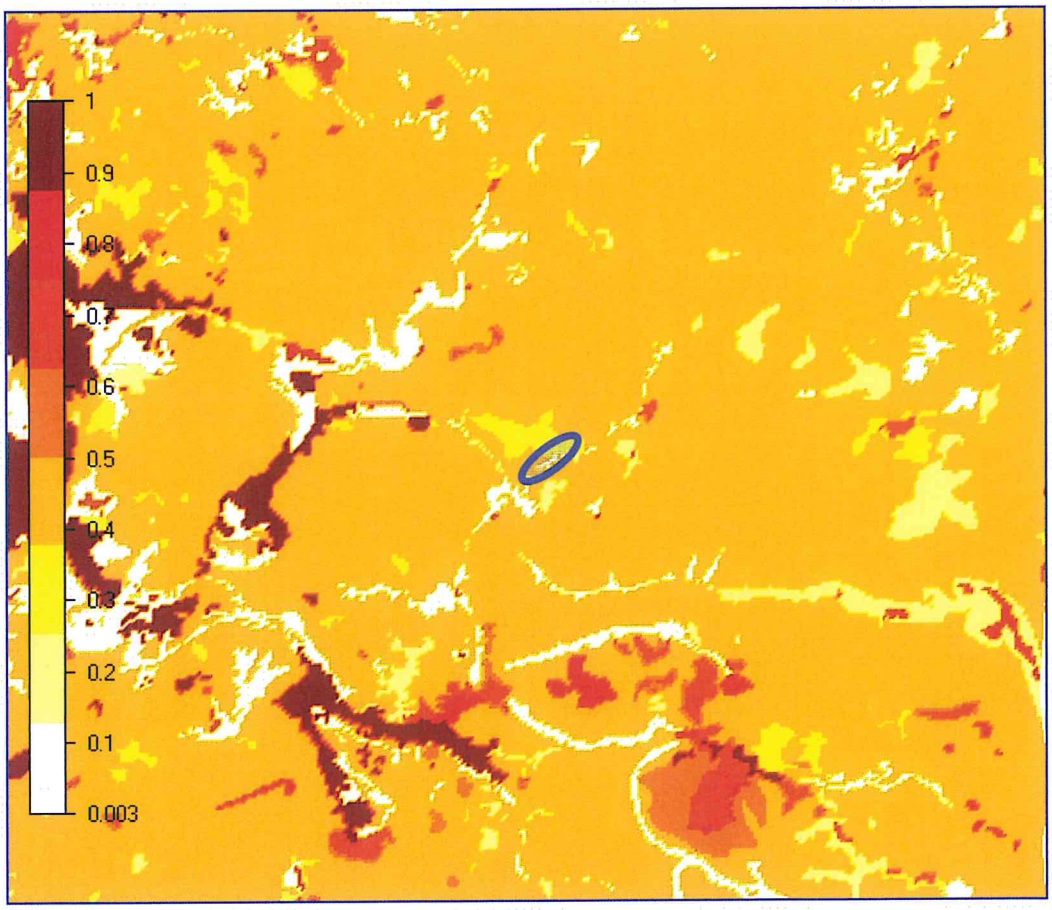


Figura 15 – Mappa di rugosità dell'area utilizzata in input per la realizzazione del modello digitale del terreno con Windsim. In blu si è indicata l'area del sito

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

4.5 Layout di progetto del Parco Eolico e Alternative

Il sito di Cairo Montenotte - Savona, in Località Surite del Cuculo, prevede quindi un layout definitivo di progetto formato da 2 aerogeneratori. Per realizzare il layout definitivo ottimizzato, si sono prospettate varie possibilità. Di seguito si illustra dapprima il ragionamento che ha portato al vecchio layout e successivamente le migliorie apportate con la scelta definitiva del layout di progetto. L'utilizzo di una serie di dati piuttosto che un'altra ha portato come discusso in precedenza a valori del tutto simili di stima della producibilità, pertanto ciò non sarà ulteriormente oggetto di discussione.

Configurazione A (in premessa):

Potenza nominale, 2000 ÷ 2500 [KW]

Altezza torre, fino a 100 [m]

Diametro rotore, fino a 103 [m]

La scelta di queste caratteristiche deriva principalmente dalle seguenti considerazioni:

Massimizzazione della Produzione Specifica

Disponibilità di allaccio (5 MW)

Sulla base di queste considerazioni, la scelta fra i modelli di aerogeneratori disponibili sul mercato, e testati nelle simulazioni con il software Windsim, è stata fatta nel 2012 fra i seguenti modelli:

VESTAS V90 da 2 [MW], con altezza torre 80 - 105 [m], diametro rotore 90[m]

ENERCON E82 da 2 [MW], con altezza torre 85 [m], diametro rotore 82[m]

ENERCON E82 da 2350 [KW], con altezza torre 85 [m], diametro rotore 82[m]

ENERCON E92 da 2350 [KW], con altezza torre 85 [m], diametro rotore 92 [m]

GE100 da 2,5 [MW], con altezza torre 85 [m], diametro rotore 100[m]

GE103 da 2,5 [MW], con altezza torre 85 [m], diametro rotore 100[m]

REPOWER MM92 da 2 [MW], con altezze torre 80 [m], diametro rotore 92 [m]

DEWIND D9.3 da 2 [MW], con altezza torre 80 [m], diametro rotore 93 [m]

Il numero di aerogeneratori del layout di progetto e la loro posizione sono stati definiti in base alle seguenti considerazioni:

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

- Direzione dei venti prevalenti della zona
- Morfologia e vincoli ambientali
- Impatto acustico sui recettori circostanti
- Non Appartenenza alle aree considerate non idonee alle installazioni eoliche sancite dalla Regione Liguria
- Accessibilità
- Disponibilità dei terreni
- Tipologia e dimensioni degli aerogeneratori installabili, nell'ottica di massimizzare la potenza specifica

I possibili layout sono stati realizzati nel rispetto dei vincoli suddetti (come si può vedere dalle tavole allegate al progetto) e in base alla risorsa eolica misurata (mappe isovento). L'area dell'impianto è risultata essere in generale ideale.

Lo studio effettuato sul territorio e le successive elaborazioni hanno portato alla definizione di diverse possibili configurazioni; tali configurazioni sono state verificate in base all'accessibilità, alla morfologia del terreno e soprattutto al fine di ottimizzare la produzione energetica del parco eolico, sia in termini di energia prodotta, sia di ore equivalenti alla massima produzione, nel rispetto dei vincoli precedentemente illustrati, sia di minimizzazione delle perdite per scia e quindi di ottimizzazione del funzionamento delle macchine.

Le configurazioni testate sono differenti. Seppur paragonabili dal punto di vista anemologico, aspetto non trascurabile, dato il progetto in questione, si è effettuata la scelta di una configurazione che meglio ottimizza costi, benefici, impatti. Dove per impatti si intendono nuova viabilità, movimenti terra, rumore, visibilità.

<table>
<tr><td rowspan="8">ALTERNATIVE</td><td colspan="2">A1</td><td colspan="2">A4</td></tr>
<tr><td>X</td><td>Y</td><td>X</td><td>Y</td></tr>
<tr><td>1447863</td><td>4911688</td><td rowspan="5">1448369</td><td rowspan="5">4912049</td></tr>
<tr><td colspan="2">A2</td></tr>
<tr><td>X</td><td>Y</td></tr>
<tr><td>1447898</td><td>4911952</td></tr>
<tr><td colspan="2">A3</td></tr>
</table>

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

	X	Y		
	1447983	4911912		
DEFINITIVO	T1		T2	
	X	Y	X	Y
	1447837	4911892	1448283	4911943

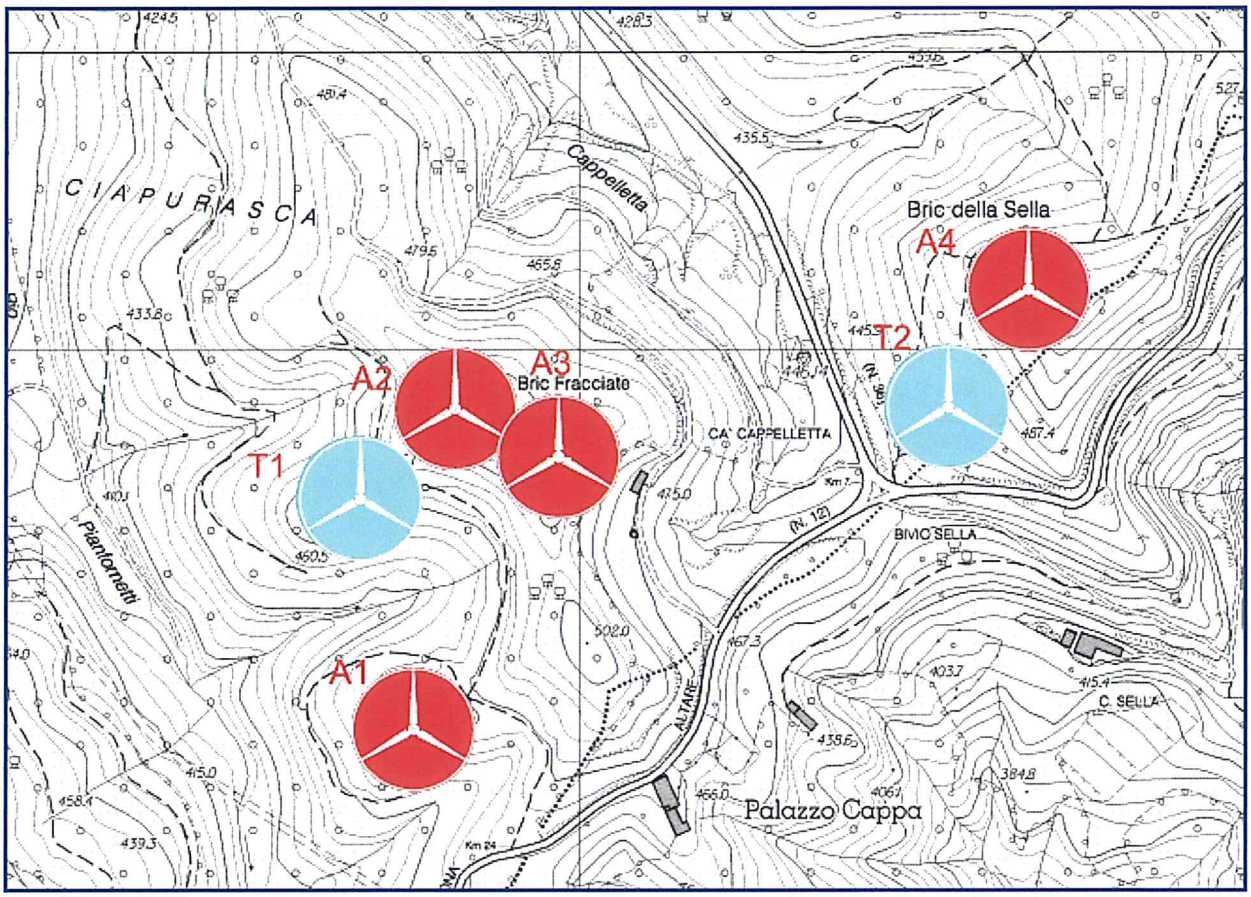


Figura 16 – CONFIGURAZIONE A: Valutazioni che hanno portato al vecchio LAYOUT. Configurazioni analizzate. A1, A2, A3 in rosso sono le possibili alternative a T1 definitiva, mentre A4 rappresenta una alternativa a T2. La figura non è in scala.(Estratto CTR)

Successivamente, a seguito anche di un confronto costruttivo con l'Ente Regione Liguria a seguito della presentazione del primo progetto si è cercato di recepire le indicazioni volte alla riduzione dell'impatto dell'impianto. Dal punto di vista pratico si è individuata una nuova area per uno dei due aerogeneratori: T1 e si è modificata anche se di pochi metri la posizione di T2.

Le caratteristiche della CONFIGURAZIONE B sono dunque:

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

Potenza nominale, 2000 ÷ 2500 [KW]

Altezza torre, fino a 85 [m]

Diametro rotore, fino a 108 [m]

Vantaggi in termini di impatto della configurazione B rispetto alla A. Per maggiori dettagli si faccia riferimento alle Relazioni specifiche e al SIA - Studio di Impatto Ambientale.

- riduzione eccezionale di movimento terra
- annullamento della viabilità di accesso
- adeguamento alla morfologia preesistente
- riduzione delle dimensioni massime degli aerogeneratori in progetto:
  - riduzione altezza mozzo pari al 15%
  - incremento dimensione diametro del rotore pari a 4,8%
  - complessivamente l'altezza totale (mozzo + pala) è ridotta da 151,5 metri a 139 metri, pari all'8,2%
- incremento della producibilità complessiva

In Figura 16 sono riportate le varie configurazioni studiate, compresa quella definitiva che sono anche riportate nella tabella seguente.

<table>
<tr><td rowspan="12">ALTERNATIVE</td><td colspan="2">A1</td><td colspan="2">A4</td></tr>
<tr><td>X</td><td>Y</td><td>X</td><td>Y</td></tr>
<tr><td>1447863</td><td>4911688</td><td rowspan="10">1448369</td><td rowspan="10">4912049</td></tr>
<tr><td colspan="2">A2</td></tr>
<tr><td>X</td><td>Y</td></tr>
<tr><td>1447898</td><td>4911952</td></tr>
<tr><td colspan="2">A3</td></tr>
<tr><td>X</td><td>Y</td></tr>
<tr><td>1447983</td><td>4911912</td></tr>
<tr><td colspan="2">A5</td></tr>
<tr><td>X</td><td>Y</td></tr>
<tr><td>1447837</td><td>4911892</td></tr>
</table>

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

	T1		T2	
DEFINITIVO	X	Y	X	Y
	1448736	4912192	1448270	4911941

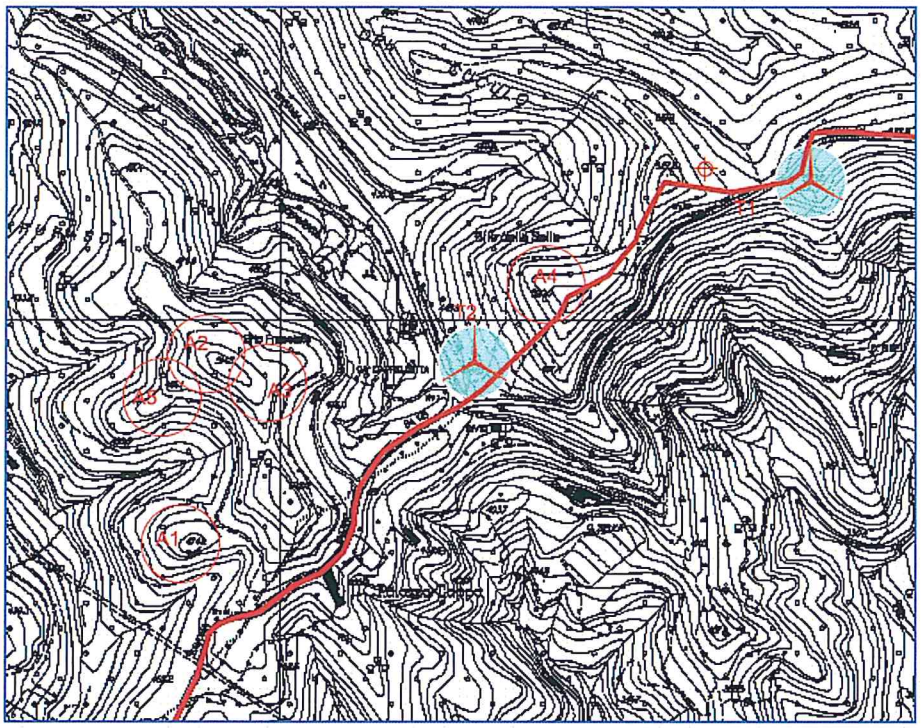


Figura 17– CONFIGURAZIONE B: Configurazioni analizzate. A1, A2, A3, A5 in rosso sono le possibili alternative a T2 definitiva, mentre A4 rappresenta una alternativa a T1.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

4.6 Risultati dello studio

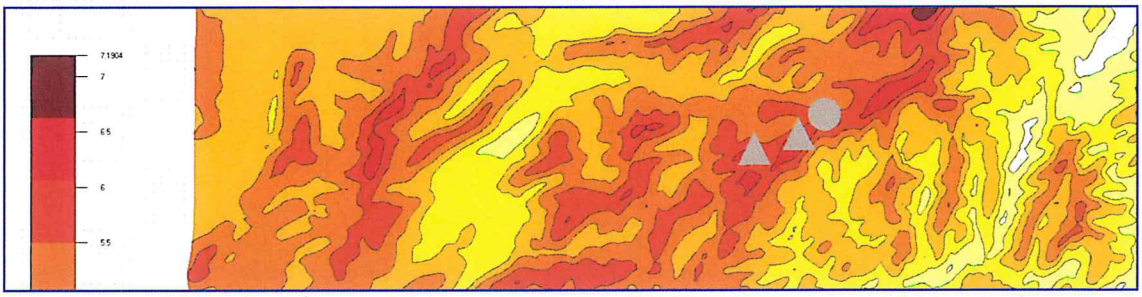
Utilizzando i dati ottenuti dalle elaborazioni descritte in precedenza, si è potuto arrivare alla definizione di una configurazione ottimale di impianto attraverso prove di producibilità complessiva ma, prendendo nella massima considerazione anche molti aspetti pratici che interverranno poi per l'effettiva realizzabilità dell'opera.

4.6.1 Risorsa eolica dell'area

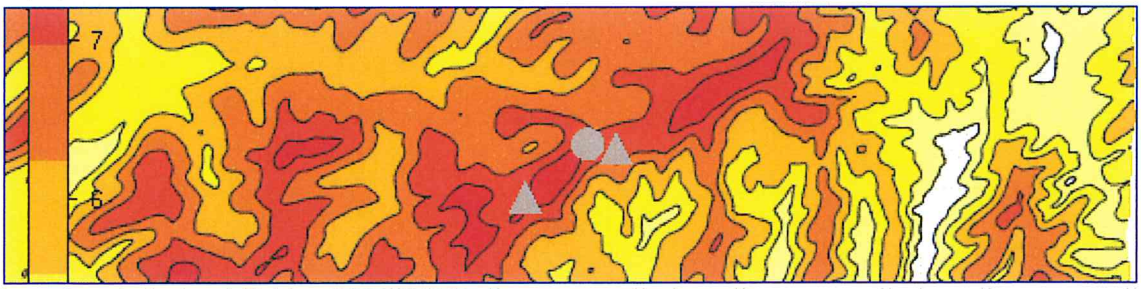
La risorsa eolica disponibile nel sito di Cairo Montenotte e Savona, in località Surite del Cuculo, è stata valutata elaborando i seguenti dati con il software WindSim:

- Dati vento rilevati dalla stazione anemometrica Soimar_60 in sito
- Dati vento misurati dalla stazione dell'ARPAL del Colle di Cadibona
- Correlazione dei due anemometri
- Caratteristiche del terreno, quota e mappa di rugosità dell'area, densità media dell'aria ottenuta dalle misure di temperatura in prossimità del sito

Le seguenti figure illustrano le mappe di ventosità dell'area a 85 [m] e riportano anche la posizione degli aerogeneratori nel layout definitivo sia nella vecchia che nella nuova configurazione (B).



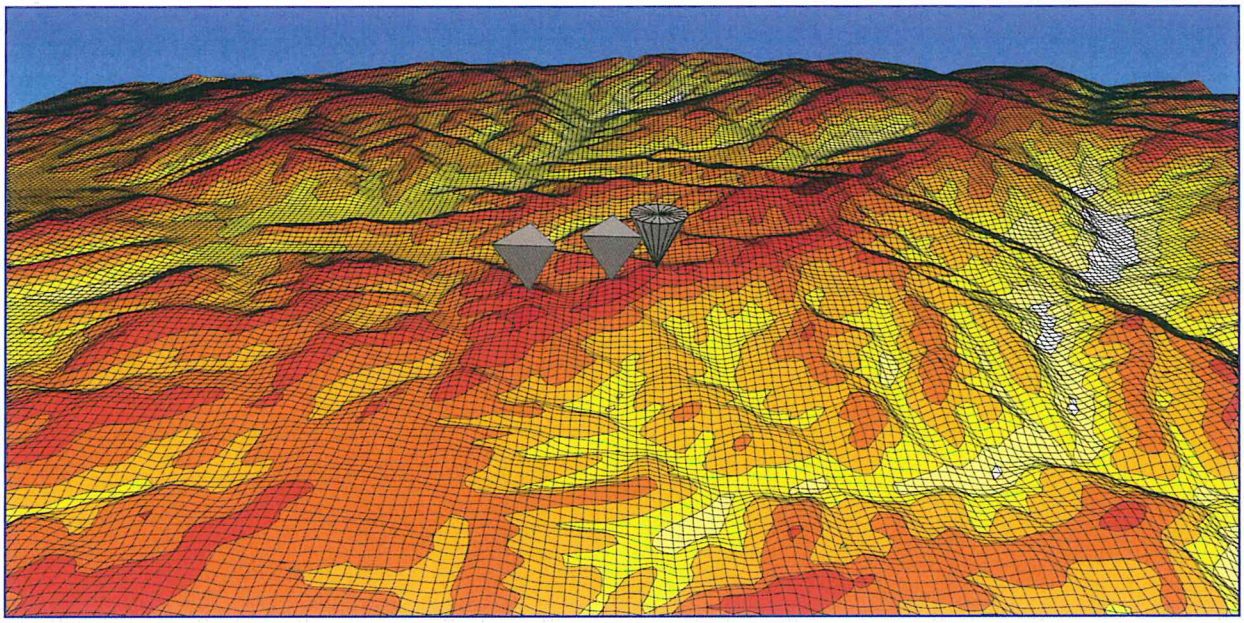
configurazione A



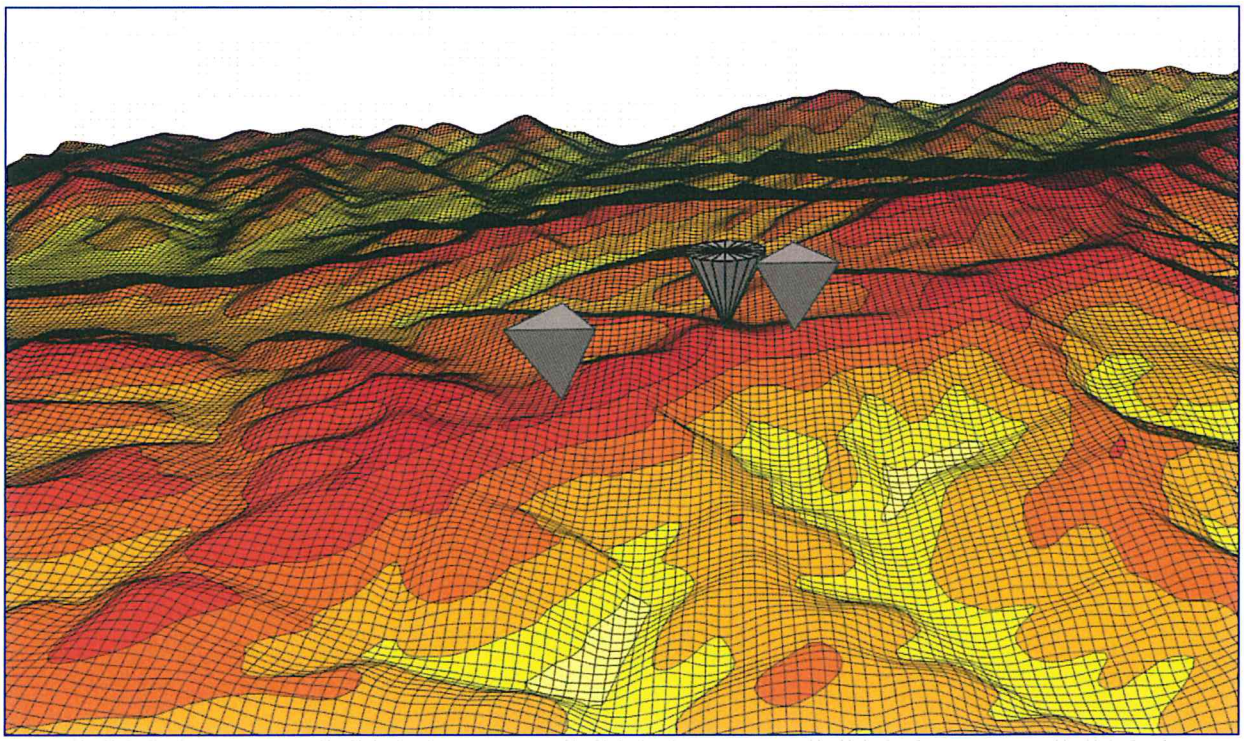
configurazione B: layout definitivo di PROGETTO

Figura 18 – Mappe isovento a 80 [m] di altezza, software Windsim. A confronto il vecchio Layout in alto e quello nuovo di progetto, in basso

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.



configurazione A



configurazione B

Figura 19 – Mappe isovento a 80 [m] di altezza, visto in 3D, software Windsim. Rappresentazione dei due layout come in figura 17.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

Come si vede dalle figure, gli aerogeneratori sono posizionati nelle aree maggiormente ventose, e tutti insistono su un'area in cui la velocità media bidimensionale del vento, a 80 [m] di quota, è di circa 6,5 - 7 [m/s].

4.6.2 Risultati di produzione

Di seguito, si riportano i risultati del calcolo della produzione del parco eolico, secondo il layout definitivo della configurazione A e dei tre layout alternativi indicati nel capitolo precedente, per tutti i modelli di macchine applicabili. Si riporta poi nel dettaglio per ogni macchina il layout definitivo della Configurazione B con il solo modello più grande.

Sono state fatte le seguenti assunzioni:

- Per il calcolo della produzione, si sono prese in considerazione le curve di potenza, certificate dal produttore
- Per la stima della densità dell'aria, disponendo di misure valide di temperatura sul sito, si è tenuto conto della quota media del sito, pari a circa 490 [m], e dell'altezza hub degli aerogeneratori tra 80 e 100 [m]. Si è misurata su un periodo di 1 anno un valore di Temperatura Media di **12.87 [°C].**
- Il calcolo ha determinato un valore medio di densità dell'aria in sito, nel corso dell'anno di **1,185 [Kg/m^3]**
- I dati di produzione sono integrati con le perdite di scia, calcolate con l'ausilio del software WindSim
- Il modello digitale del terreno è quello di cui al paragrafo 4.4

Le **perdite tecniche generali**, considerate in aggiunta alle perdite per scia, sono state così calcolate:

→ **Perdita per disponibilità delle macchine:**

3% o 5% (a seconda della macchina) - dato coerente con le prestazioni delle moderne Wind Farm già operative. È un dato legato alla garanzia rilasciata dal singolo fornitore per siti non eccessivamente complessi e/o particolarmente isolati

→ **Perdite elettriche:**

2% - valore di massima, una definizione più precisa sarà fatta, in fase esecutiva, quando potranno essere definiti esattamente tutti i sistemi elettrici dell'Impianto

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

→ **Degrado delle pale:**

1% - la produzione delle turbine può essere influenzata da diversi fattori (es.: usura e/o variazione profilo delle pale, stratificazione di insetti, sporco sulle pale, sfogliamento delle pale dovuto al loro naturale degrado etc.). Questi fenomeni, col tempo, vanno a variare il profilo aerodinamico delle pale e, conseguentemente le loro prestazioni e la produttività della turbina.

→ **Manutenzione della Sottostazione:**

0,2% - La produzione netta di un impianto eolico può essere ridotta a causa dell'impossibilità di consegnare l'energia prodotta in rete per fuori servizio della sottostazione. Usualmente si considera equivalente ad un giorno di manutenzione ordinaria all'anno.

→ **Interruzione della Rete:**

La produzione dell'Impianto potrebbe altresì essere influenzata dall'impossibilità di immettere in rete l'energia prodotta per cause esterne all'impianto. Questa perdita non è stata considerata in questa analisi.

N°	Modello	Potenza [MW]	Rotore [m]	Hub [m]	AEP scia [MWh/Anno]	AEP P50 [MWh/Anno]	Ore equivalenti P50 [h]
2	Enercon E82-2	2000	82	85	0.10	9853	2463
2	Enercon E82-2	2000	82	98	0.10	10195	2548
2	Enercon E82-2.3	2350	82	85	0.10	10168	2163
2	Enercon E82-2.3	2350	82	98	0.10	10533	2241
2	Enercon E92-2.3	2350	92	85	0.11	11464	2439
2	Enercon E92-2.3	2350	92	98	0.12	11852	2521
2	Vestas V90-2	2000	90	80	0.11	10220	2555
2	Repower MM92	2050	92	80	0.11	10999	2749
2	Repower MM92	2050	92	100	0.12	11509	2877
2	General Eletric GE100	2500	100	85	0.19	12310	2461

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

2	General Eletric GE100	2500	100	100	0.21	12730	2546
2	General Eletric GE103	2500	103	85	0.17	12879	2575
2	General Eletric GE103	2500	103	100	0.17	13308	2661
2	Dewind D9.3	2000	93	80	0.11	10929	2732
2	Dewind D9.3	2000	93	100	0.12	11425	2856

Tabella 4 – Risultati produzione con VARI modelli di aerogeneratori Vecchio Layout - CONFIGURAZIONE A

Si noti come non sono state considerate le perdite per formazione di ghiaccio sulle pale, nonostante la localizzazione geografica dell'impianto, anche perché, nella fase esecutiva sarà valutata la possibilità di installare aerogeneratori equipaggiati con tecnologie che ne inibiscono la formazione (con sistemi cogenerativi di recupero del calore rilasciato dal trasformatore BT/MT, vernici speciali, etc).

Si arriva così ad un totale del 6 - 8% circa di perdite generali oltre alle perdite per scia: il valore che ne deriva costituisce un valore calcolato al P50. Le perdite per scia sono praticamente ininfluenti, considerando la configurazione dell'impianto in rapporto alle direzioni prevalenti dei venti.

Considerando ora la Configurazione B e quindi un modello diverso di aerogeneratore e le nuove posizioni. Per un confronto a livello di producibilità, si riportano anche i dati di produzione con lo stesso aerogeneratore (quello ipotizzato per il layout di progetto) nella vecchia posizione (Layout di Configurazione A).

N°	Modello	Potenza [MW]	Rotore [m]	Hub [m]	AEP scia [MWh/Anno]	AEP P50 [MWh/Anno]	Ore equivalenti P50 [h]
2	STW 2.3 -108	2300	108	85	0.20	14113	3068

Si fa presente per altro che il trasporto e il montaggio dell'aerogeneratore suddetto nella precedente posizione T1 sarebbe stato possibile solo con un aggravio dell'impatto sull'ambiente circostante e un conseguente incremento di costi per la realizzazione e il ripristino.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

Si fa notare inoltre che la produzione complessiva in termini di energia prodotta a parità di layout con l'impiego del modello di aerogeneratore SWT 2.3 - 108 è superiore del 6% rispetto al GE103.

	SAWT 2.3 - 108	GE 103
Potenza installata (kw)	2300	2500
Energia totale prodotta	14113	13308
Altezza Mozzo	85	100
Diametro Rotore	108	103
Altezza Complessiva	139	151.5

Di seguito si riporta la producibilità per l'aerogeneratore SAWT nella configurazione di progetto, la configurazione B.

N°	Modello	Potenza [MW]	Rotore [m]	Hub [m]	AEP scia [MWh/Anno]	AEP P50 [MWh/Anno]	Ore equivalenti P50 [h]
2	STW 2.3 -108	2300	108	85	0.00	14065	3058

Come si può notare, la producibilità, cambiando il layout a parità di aerogeneratore, STW 2.3 - 108, è rimasta praticamente invariata e la scia rispetto alla configurazione A, seppur fosse già trascurabile si è addirittura annullata.

Quindi il modello migliore prevede 85 m di altezza mozzo e 108 m di diametro di rotore nella Configurazione B di progetto.

Considerando la dimensione dell'area disponibile, nel rispetto dei vincoli, la disponibilità dell'allaccio si è optato fin dal principio per l'ottimizzazione della Potenza Specifica. La scelta dunque, dato i risultati di producibilità, di installare due soli aerogeneratori di potenza compresa tra 2 e 2,5 [MW].

I valori di ventosità medi rilevati sono ritenuti decisamente soddisfacenti. In particolare, dagli studi effettuati, si è rilevata una distribuzione di frequenza delle velocità molto buona dal punto di vista eolico, perché pur non essendoci velocità massime rilevate elevatissime, si ha un'elevata frequenza delle velocità per le quali le curve di potenza degli aerogeneratori commercializzati risultano avere 0<P<Pnominale(mediamente 3- 25 [m/s]).

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

5 Considerazioni finali

Dati Vento

I dati vento disponibili sono sufficienti per valutare la producibilità del sito. Sono disponibili oltre 36 mesi di monitoraggio in sito.

Nell'approccio descritto i dati di vento sono stati elaborati mediante WindSim, in particolare per il calcolo della ventosità del sito e della produzione degli aerogeneratori e dell'analisi delle grandezze aerodinamiche coinvolte.

I valori di ventosità medi rilevati sono ritenuti buoni. Infatti vi è una buona frequenza di rilevazioni di velocità del vento comprese tra 3 e 25 [m/s], e queste sono particolarmente interessanti poiché corrispondenti al range di funzionamento degli aerogeneratori commercializzati.

Layout del sito:

Il layout del parco eolico prevede dunque l'installazione di 2 aerogeneratori della potenza massima di 2,5 [MW] cadauno con rotore di diametro massimo di 108 [m] e altezza torre (hub) massima di 85 [m], per una potenza complessiva massima del Parco eolico di 5 [MW]. Di fatto si è verificato che tra gli aerogeneratori testati la produzione di energia massima si ha con due aerogeneratori di 2,3 MW cadauno.

Nel processo di ottimizzazione del layout si sono considerati vari aspetti oltre quello prettamente anemologico, di seguito indicati:

Anemologia:

Si è ottimizzata la posizione degli aerogeneratori in modo opportuno, con l'obiettivo di minimizzare le perdite per effetto scia (layout perpendicolare alle direzioni prevalenti del vento) e di avere un adeguato valore di produzione di energia netta.

Morfologia e geologia:

A valle di differenti sopralluoghi in sito, si sono circoscritte delle aree di fattibilità per l'installazione delle turbine, la relativa realizzazione delle piazzole nella fase di cantiere e la successiva rimozione prima dell'entrata in esercizio. Studi geologici - geotecnici più approfonditi (carotaggi in fase esecutiva), contribuiranno alla corretta definizione e al dimensionamento delle

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

fondazioni da utilizzare e quindi alla scelta dell'aerogeneratore più indicato per il sito oggetto del presente studio.

Indagine floro – vegetazionale:

Le aree prescelte sono quelle a minor impatto sull'ambiente circostante.

Produzione parco eolico:

La stima di produzione del parco eolico è stata ottenuta mediante utilizzo del software WindSim, che per le sue caratteristiche di non-linearità nel metodo di calcolo meglio si adatta ad un sito mediamente complesso come quello oggetto del presente studio.

Sono state considerate le perdite dovute alla scia e le perdite tecniche generali (disponibilità macchine, perdite elettriche ed altro).

Dal layout definitivo con una potenza installabile massima di 5 [MW] complessivi, si ha una produzione media netta complessiva (P50) piuttosto buona che porta a un soddisfacente numero di ore equivalenti.

Sulla base di queste considerazioni, e dello studio effettuato, si ritiene che considerando gli spazi disponibili, i limiti e i vincoli presenti, il sito in oggetto abbia un potenziale eolico più che soddisfacente.

Si ritiene soprattutto decisamente soddisfacente la nuova Configurazione B rispetto alla precedente A come descritta in premessa, per l'impatto decisamente minore che questa ha sull'ambiente in cui viene inserita sotto tutti gli aspetti e soprattutto per l'incremento di producibilità dei nuovi aerogeneratori considerati.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

Allegati

Allegato 1 – Report d'installazione della stazione anemometrica

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

REPORT FINE LAVORI TORRE ANEMOMETRICA	Codice: Data Emissione: Revisione: Pagina	RFL REPORT 28/10/2011 Pagina 1 di 12

COMMITTENTE:	**SOIMAR ENERGY S.R.L.** via Montello 23, 10014 Caluso(TO) Tel:011.9891738 Fax:011.9891274 e-mail:info@soimar.it P.IVA:10311390016
TORRE ANEMOMETRICA	**TIPOLOGIA INTERVENTO:** INSTALLAZIONE **ALTEZZA TORRE:** 60 METRI **TIPOLOGIA TORRE:** TRALICCIO STRALLATO **COMUNE:** CAIRO MONTENOTTE (SV) **COORDINATE SITO:** 44° 21,541 N – 8° 11,43 E **INSTALLAZIONE TRALICCIO:** 04-05-06/10/2011 **INSTALLAZIONE SENSORISTICA:** 20-21/10/2011 **REFERENTE SITO:** ING. SAMUELE VIARA **PERSONALE SMEA IMPIEGATO:** 5 UNITA' **ABDELALI FOUZIR** **GIANCARLO CIASULLO** **LUCA INTENZO** **GIUSEPPE ANZIVINO** **ARSHAD MOHAMMAD**

REPORT FINE LAVORI - ALLEGATO A1: STRUMENTAZIONE INSTALLATA

SENSORISTICA

DESCRIZIONE	QUOTA	MARCA
ANEMOMETRO	60	NRG#40C
ANEMOMETRO	50	NRG#40C
ANEMOMETRO	30	NRG#40C
DIREZIONE	60	NRG#200P
DIREZIONE	30	NRG#200P
TEMPERATURA	15	NRG#110S

DATA LOGGER	NUMERO DI SERIE	9644	MARCA-MODELLO	SECONDWIND-NOMAD2
NUMERO SIM	3425639862		OPERATORE	VODAFONE
PIN	XXX		PUK	XXX
NOME UTENTE	XXX		PASSWORD	XXX

DATA CARD	Compact Flash 32 MB		
CAVO SEGNALE TRIPOLARE	AWG 3X20 BELDEN	metri: 368,0	
CAVO MESSA A TERRA TORRE	Bobina giallo-verde (ø 10 mm)	metri: 60,0	
CAVO MESSA A TERRA DATA LOGGER	Bobina giallo-verde (ø 10 mm)	metri: 3,50	
CAPTATORE FULMINI	Asta in rame	metri: 2,00	
DISPERSORE DI TERRA	N° 2 Puntaze di acciao zincaato	metri:	1,00 ~~1,50~~
AVVIO DATA LOGGER	Data 21/10/2011 Ora 19:00		
CONTROLLO DELLA CORRETTA INSTALLAZIONE E DELLA REGISTRAZIONE DEI DATI (Come da Allegato A9)	~~SI~~	NO	

REPORT FINE LAVORI - SEGUE ALLEGATO A1

COMPONENTI TORRE - MATERIALE INTERVENT

DESCRIZIONE	FORNITORE	NOTE
N°19 SEZIONI DA 3 METRI	SMEA	
N°1 SEZIONE DI PUNTA	SMEA	
60 M CAVO GIALLO/VERDE	SMEA	
N°3 ANEMOMETRI NRG#40C	NRG	
N°2 SENSORI DI DIREZIONI NRG#200P	NRG	
N°1 SENSORE TEMPERATURA NRG#110S	NRG	
N° 1 BRACCETTO PER PARAFULMINE	SMEA	
N°5 BRACCI PER SENSORI	SMEA	
N°1 ASTA PARAFULMINE	SMEA	
N°18 STRALLI Ø 8 mm	SMEA	
N°18 TENDITORI	SMEA	
N°1 PIASTRA DI BASE	SMEA	
N°1 DATA LOGGER - PANNELLINO FOTOVOLTAICO	SMEA	NOMAD2
N°1 BASE TRIANGOLARE FISSA	SMEA	
N°6 PIASTRE DI ANCORAGGIO	SMEA	
N°54 MORSETTI M8	SMEA	
N°2 DISPERZORE DI TERRA	SMEA	

FIRMA RESPONSABILE SMEA	FIRMA CLIENTE

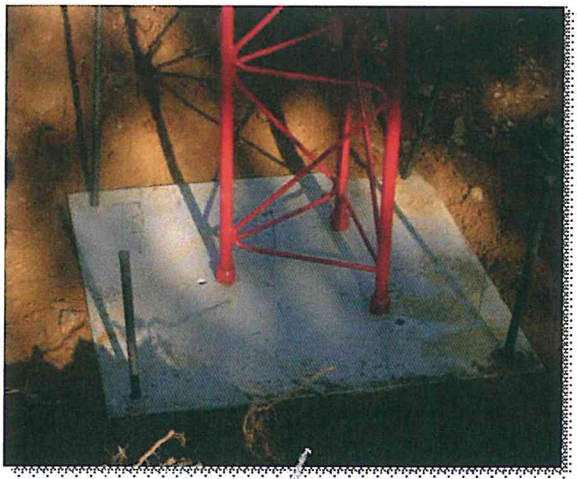
SMEA s.r.l.
Via A. Guarriglia, 32 - 84127 Salerno
Fax 178 6038235
P.IVA: 04736040657

REPORT FINE LAVORI - ALLEGATO A2: FOTO INTERVENTO









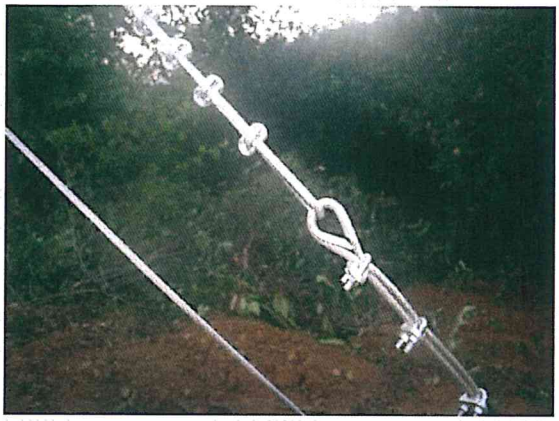


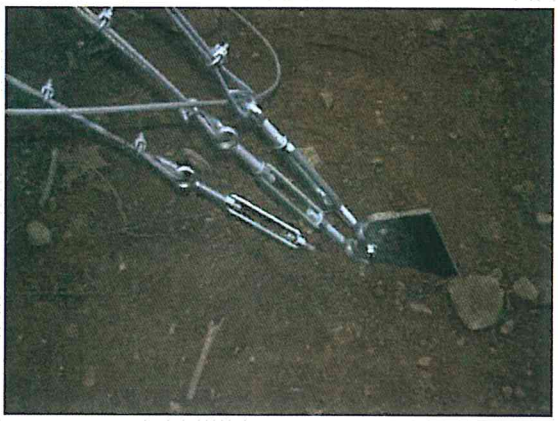
FIRMA RESPONSABILE SMEA	FIRMA CLIENTE

SMEA s.r.l.
Via A. Guariglia, 12 - 84127 Salerno
Fax 178 6038235
P.IVA: 04736040657

REPORT FINE LAVORI - ALLEGATO A3: FOTO INTERVENTO

REPORT FOTOGRAFICO







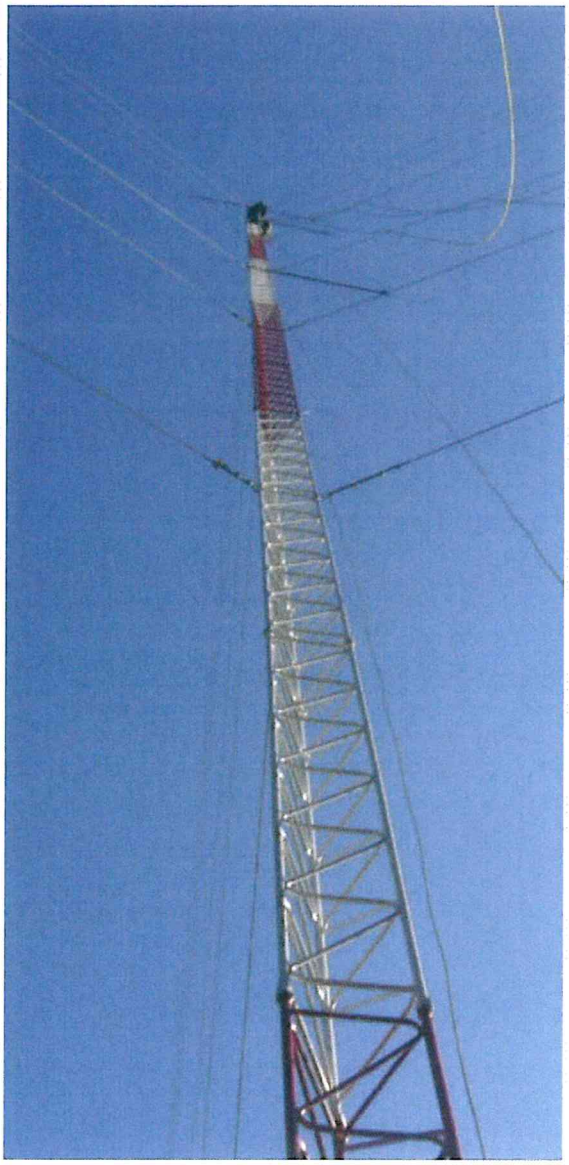


FIRMA RESPONSABILE SMEA	FIRMA CLIENTE

SMEA s.r.l.
Via A. Guariglia, 12 - 84127 Salerno
Fax 178 6038235
P.IVA: 04276040657

REPORT FINE LAVORI - ALLEGATO A4: FOTO INTERVENTO

REPORT FOTOGRAFICO



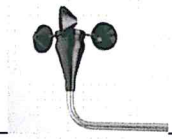
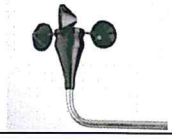


FIRMA RESPONSABILE SMEA	FIRMA CLIENTE

SMEA s.r.l.
Via A. Guariglia, 12 - 84127 Salerno
Fax 178 6038235
P.IVA. 04238840657

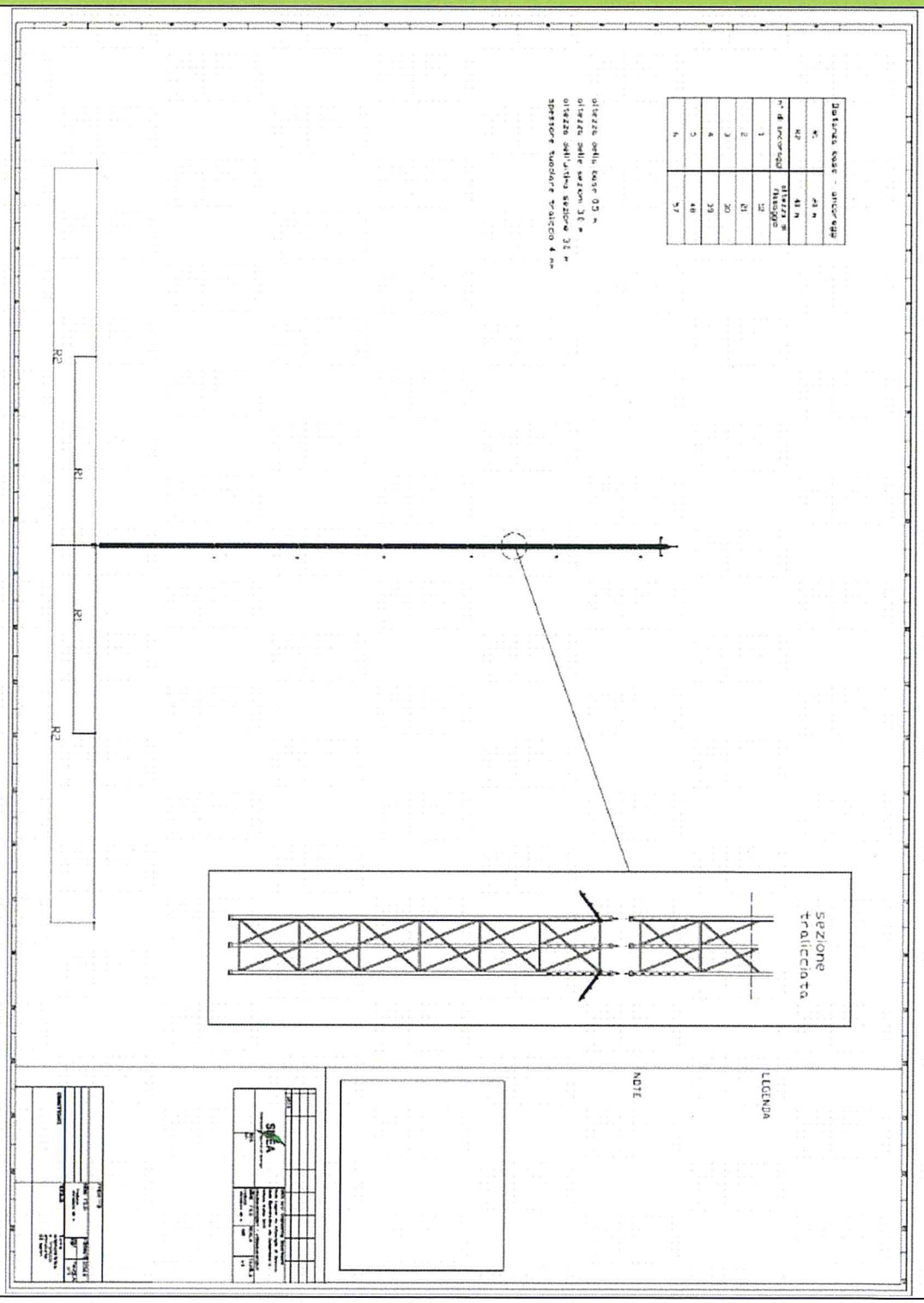
REPORT FINE LAVORI - ALLEGATO A5: COLLEGAMENTI DATA LOGGER

COLLEGAMENTI DEI SENSORI

TIPO SENSORE	CANALE	SERIAL NUMBER	NOTE
ANEMOMETRO 50m	C2	180706	
ANEMOMETRO 30m	C3	180702	
ANEMOMETRO 60m	C4	180717	
DIREZIONE 30m	A2	1904	
TEMPERATURA 15m	A3	1906	
DIREZIONE 60m	A4	1904	

REPORT FINE LAVORI - ALLEGATO A6: SCHEMA GRAFICO

SCHEMA GRAFICO TORRE



Allegato 2 – Certificati di Calibrazione degli Anemometri

Il presente documento è di proprietà esclusiva della SOIMAR ENERGY srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La SOIMAR ENERGY srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is SOIMAR ENERGY srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. SOIMAR ENERGY srl reserves the right to modify it at any time.

OTECH ENGINEERING INC.

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Test Date: 23 August 2011 **Revision No: 0**

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

Customer Information

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

Instrument Under Test (IUT)

Model No: NRG #40 Sine
Serial No: 179500180702
Output: Sine Wave
IUT Power: 0 VDC
Heater Power: 0 VDC
Mount Diameter: 12.7 mm
Test Procedure: OTECH-CP-001

Wind Tunnel Test Facility

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

Data Acquisition

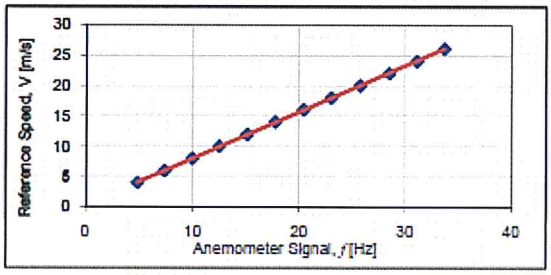
Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
Software: National Instruments LabVIEW 2010
Signal Reduction Method for IUT: FFT Analysis

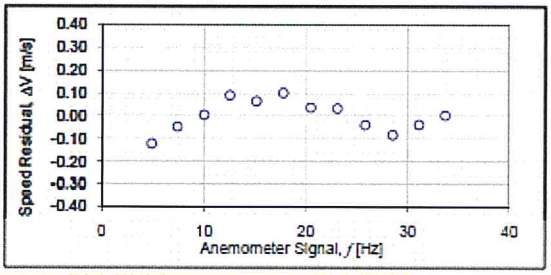
Measuring Equipment

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

Test Conditions

Reference Speed Position Correction = 1
Reference Speed Blockage Correction = 1.00735
Mean Ambient Pressure = 101,009 Pa
Mean Ambient Temperature = 23.3 deg C
Mean Relative Humidity = 41.5% RH
Mean Density = 1.1819 kg/cubic meter



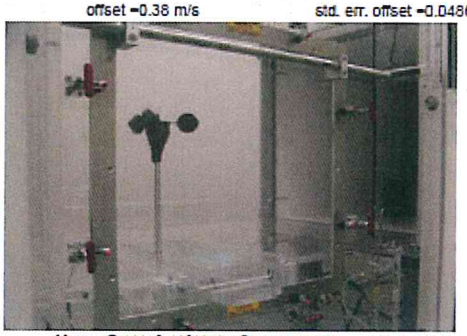


Transfer Function Test Results: **V [m/s] = 0.764 f [Hz] + 0.38**

Regression Parameters

r = 0.99995
slope = 0.764 m/s per Hz
offset = 0.38 m/s
std. err. estimate = 0.0722 m/s
std. err. slope = 0.00230 m/s per Hz
std. err. offset = 0.04869 m/s

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.965	4.853	-0.123	0.630%
8.013	9.986	0.004	0.602%
11.996	15.120	0.065	0.597%
16.022	20.428	0.036	0.601%
20.025	25.768	-0.040	0.603%
24.086	31.083	-0.039	0.593%
26.086	33.647	0.003	0.609%
22.057	28.484	-0.083	0.605%
18.016	23.043	0.033	0.599%
14.046	17.757	0.101	0.599%
10.038	12.524	0.090	0.598%
5.983	7.397	-0.048	0.606%



Note: Generic photo of test set-up

Approved by: Adam Havner, Lab Manager

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

IAS ACCREDITED

References available upon request.

OTECH ENGINEERING INC.

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Test Date: 23 August 2011 **Revision No: 0**

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

Customer Information

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

Instrument Under Test (IUT)

Model No: NRG #40 Sine
Serial No: 179500180706
Output: Sine Wave
IUT Power: 0 VDC
Heater Power: 0 VDC
Mount Diameter: 12.7 mm
Test Procedure: OTECH-CP-001

Wind Tunnel Test Facility

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

Data Acquisition

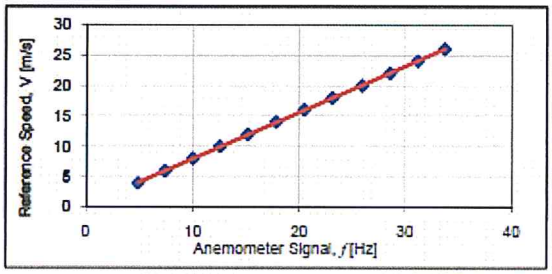
Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
Software: National Instruments LabVIEW 2010
Signal Reduction Method for IUT: FFT Analysis

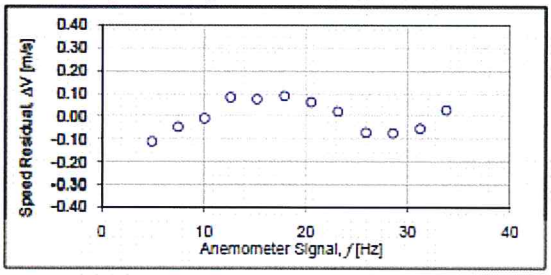
Measuring Equipment

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

Test Conditions

Reference Speed Position Correction = 1
Reference Speed Blockage Correction = 1.00735
Mean Ambient Pressure = 101,016 Pa
Mean Ambient Temperature = 24.1 deg C
Mean Relative Humidity = 41.6% RH
Mean Density = 1.1785 kg/cubic meter



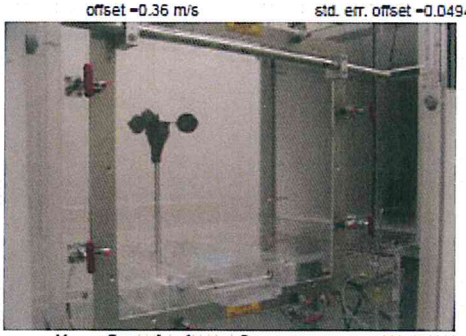


Transfer Function Test Results: **V [m/s] = 0.762 f [Hz] + 0.36**

Regression Parameters

r = 0.99995
slope =0.762 m/s per Hz
offset =0.36 m/s
std. err. estimate =0.0732 m/s
std. err. slope =0.00232 m/s per Hz
std. err. offset =0.04945 m/s

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.966	4.872	-0.111	0.715%
8.012	10.048	-0.008	0.610%
11.994	15.163	0.076	0.596%
16.031	20.479	0.063	0.605%
20.028	25.900	-0.071	0.599%
24.075	31.188	-0.053	0.605%
26.081	33.714	0.028	0.602%
22.049	28.555	-0.073	0.603%
18.003	23.122	0.021	0.606%
14.050	17.843	0.090	0.594%
10.021	12.562	0.084	0.599%
5.984	7.435	-0.046	0.607%



Note: Generic photo of test set-up

Approved by: Adam Havner, Lab Manager

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

IAS ACCREDITED

References available upon request. Page 1 of 1 179500180706_2011-08-23.pdf

OTECH ENGINEERING INC.

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Test Date: 23 August 2011 **Revision No: 0**

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

Customer Information

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

Instrument Under Test (IUT)

Model No: NRG #40 Sine
Serial No: 179500180717
Output: Sine Wave
IUT Power: 0 VDC
Heater Power: 0 VDC
Mount Diameter: 12.7 mm
Test Procedure: OTECH-CP-001

Wind Tunnel Test Facility

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

Data Acquisition

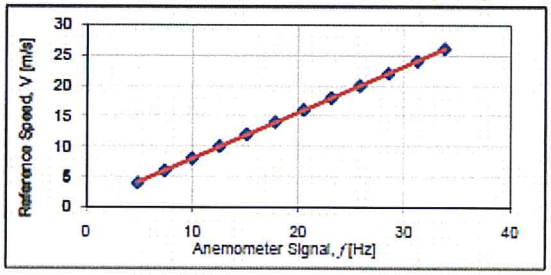
Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
Software: National Instruments LabVIEW 2010
Signal Reduction Method for IUT: FFT Analysis

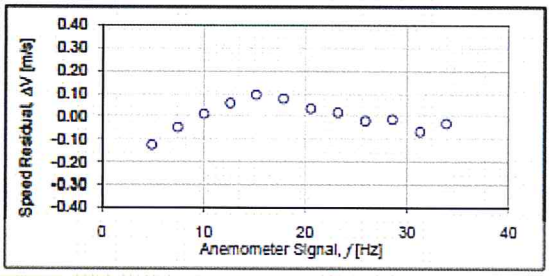
Measuring Equipment

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

Test Conditions

Reference Speed Position Correction = 1
Reference Speed Blockage Correction = 1.00735
Mean Ambient Pressure = 100,950 Pa
Mean Ambient Temperature = 24.6 deg C
Mean Relative Humidity = 45.7% RH
Mean Density = 1.1753 kg/cubic meter



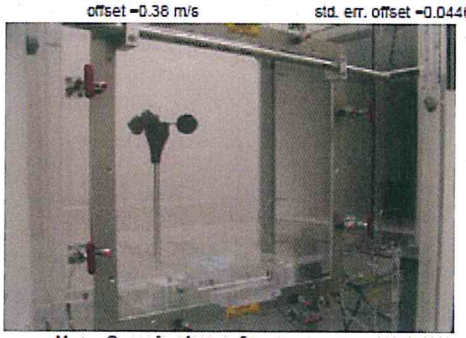


Transfer Function Test Results: **V [m/s] = 0.761 f [Hz] + 0.38**

Regression Parameters

r = 0.99996
std. err. estimate = 0.0662 m/s
slope = 0.761 m/s per Hz
std. err. slope = 0.00209 m/s per Hz
offset = 0.38 m/s
std. err. offset = 0.04460 m/s

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.960	4.863	-0.124	0.619%
8.006	10.004	0.012	0.613%
11.990	15.132	0.095	0.603%
16.020	20.508	0.035	0.599%
20.016	25.834	-0.020	0.601%
24.078	31.235	-0.066	0.597%
26.080	33.818	-0.029	0.606%
22.051	28.499	-0.012	0.602%
18.005	23.141	0.018	0.605%
14.031	17.836	0.079	0.601%
10.012	12.578	0.059	0.607%
5.977	7.414	-0.047	0.614%



Note: Generic photo of test set-up

Approved by: Adam Havner, Lab Manager

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

IAS ACCREDITED

References available upon request.

NOTE CONCLUSIVE:

.

L'INSTALLAZIONE E' AVVENUTA CORRETTAMENTE E IN DUE FASI DISTINTE: INSTALLAZIONE DEL TRALICCIO ED INSTALLAZIONE DEI BRACCI E DELLA SENSORISTICA.

L'ORIENTAZIONE DEI BOOM E DEI SENSORI DI DIREZIONE' SEGUE L'ORIENTAZIONE NORD.

I BRACCI DEI SENSORI SONO STATI COSTRUITI ED INSTALLATI SEGUENDO LA NORMA IEC61400-12.

TEMPORANEAMENTE E' STATO INSTALLATO UN DATA LOGGER NOMAD2 CHE VERRA' SOSTITUITO CON IL KINTECH - EOL ZENITH. CONTESTUALMENTE VERRA' INSTALLATO IL SENSORE DI VELOCITA' TIPO YOUNG SUL BRACCIO VERTICALE IN PUNTA.

LE OPERAZIONI DI SCAVO E POSA DELLE PIASTRE DI ANCORAGGIO HANNO RESO NECESSARIO L'ABBATTIMENTO DI ALCUNI ALBERI AD ALTO FUSTO, PREVIA AUTORIZZAZIONE DEL PROPRIETARIO DEL TERRENO CHE CI HA MESSO A DISPOSIZIONE ESCAVATORE E TAGLIALEGNA.