4.4 Modello digitale del Terreno

Il sito eolico, senza considerare il percorso del cavidotto, di Cairo Montenotte 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 4 – caratteristiche modello digitale del terreno realizzato con il software Windsim

NESTING

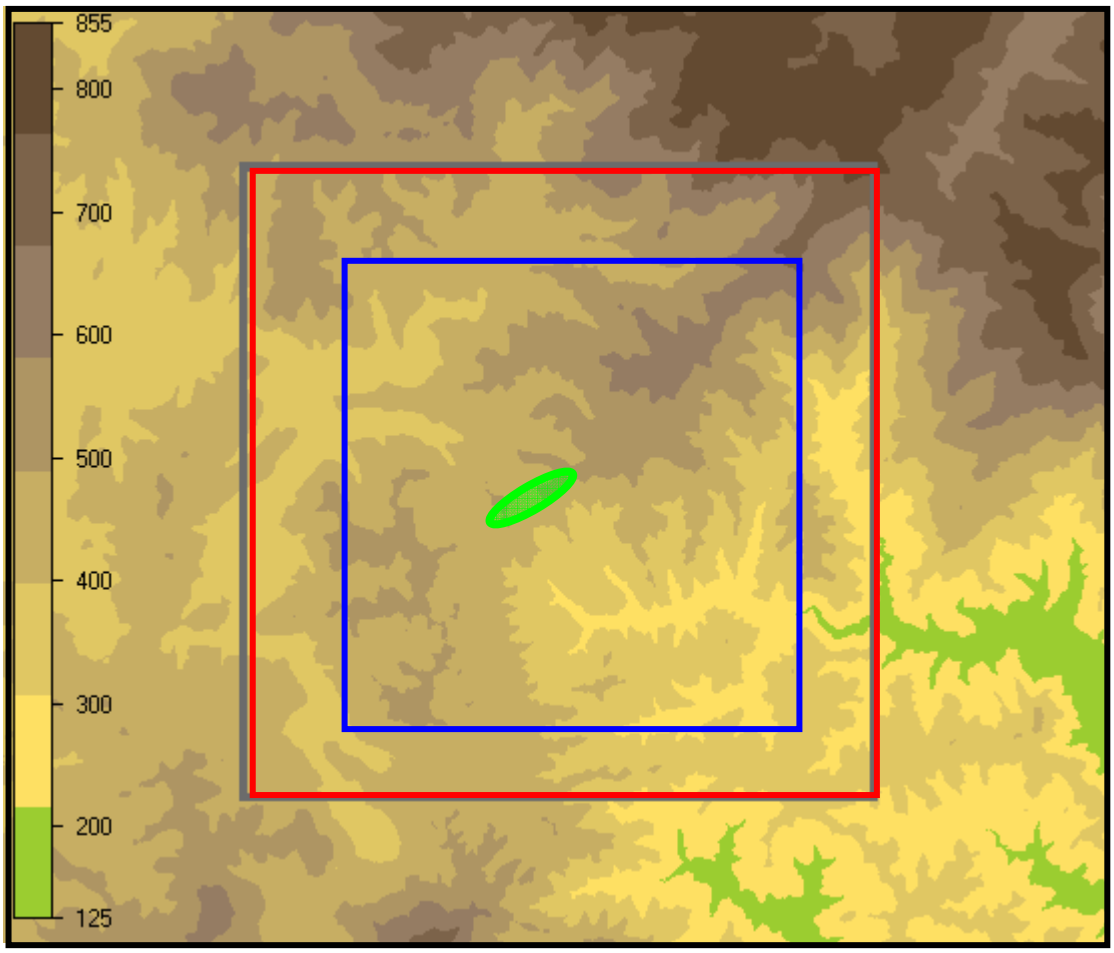


Figura 11 - Rappresentazione grafica delle porzioni studiate nei tre modelli descritti: l'area complessiva nella figura rappresenta il modello di partenza "COARSE" , la cornice rossa e la cornice blu rappresentano le porzioni di area considerata nel modello "NESTING" e nel terzo "NESTING del NESTING". 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.

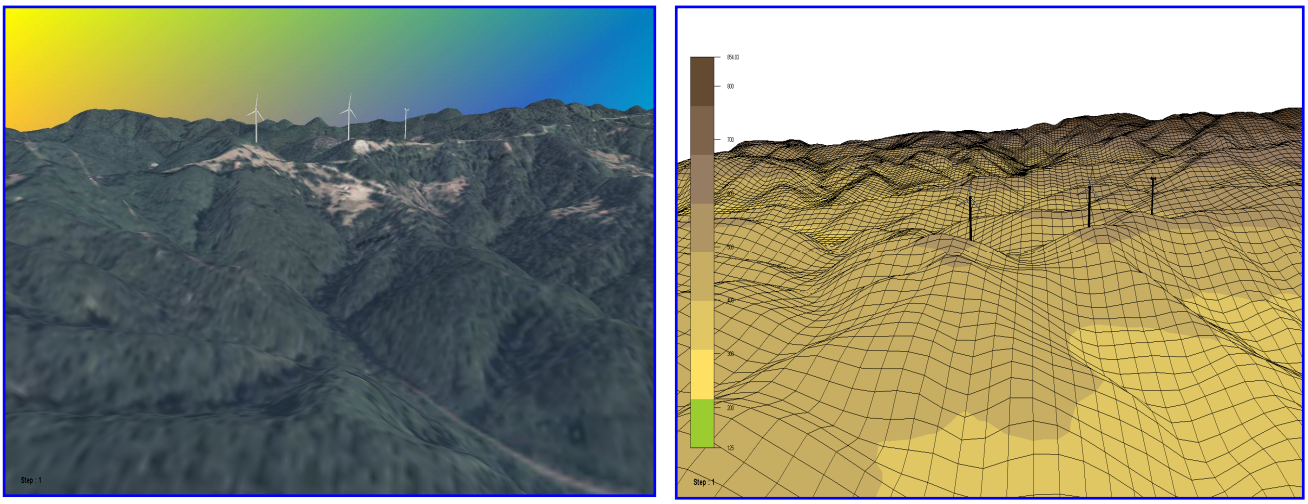


Figura 12 – Modello digitale del terreno, con visualizzazione celle di calcolo e su ortofoto. Realizzate con il software WindSim

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.

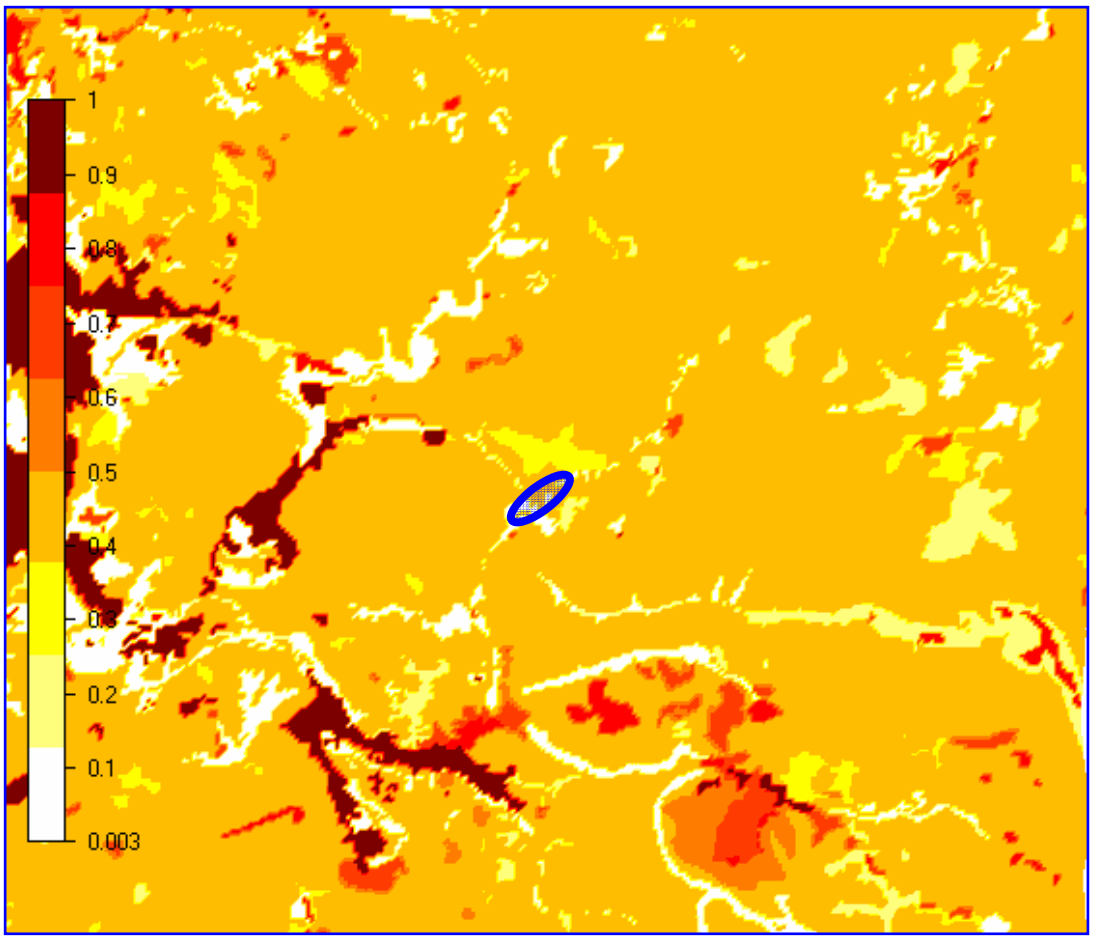


Figura 13 – Mappa di rugosità dell'area utilizzata in input per la realizzazione del modello digitale del terreno con Windsim. In blu si è indicata l'area del sito

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, 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:

- 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:

- Ottima viabilità d'accesso e conseguente facilità di trasporto
- 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 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:

- Direzione dei venti prevalenti della zona
- Morfologia e vincoli ambientali
- Impatto acustico sui recettori circostanti

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.

- 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.

In Figura 14 sono riportate le varie configurazioni studiate, compresa quella definitiva che sono anche riportate nella tabella seguente.

<table>
<tr><td rowspan="11">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="7">1448369</td><td rowspan="7">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>
</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
	1447837	4911892	1448283	4911943

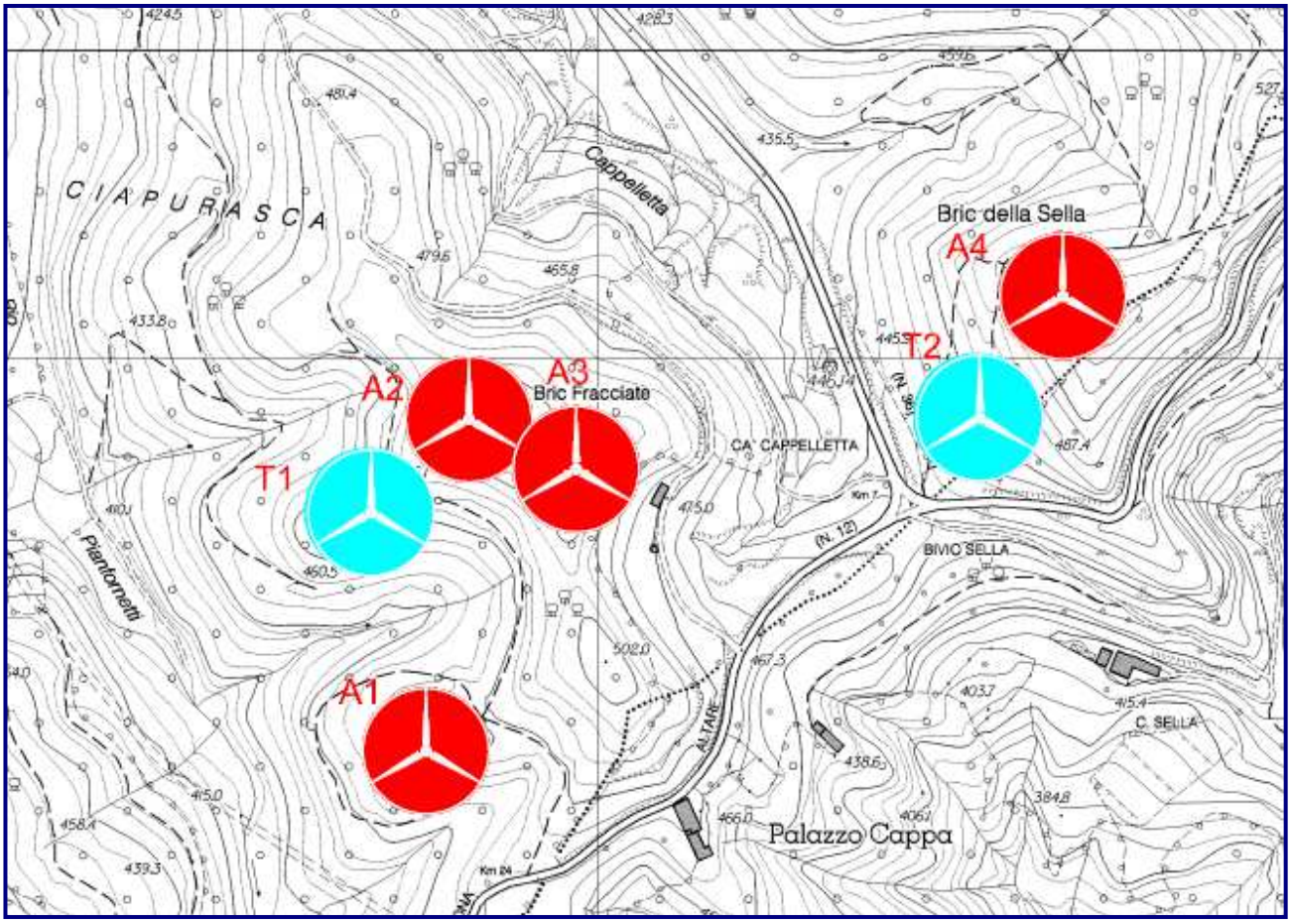


Figura 14 – Configurazioni analizzate. A1, A2, A3 in rosso sono le possibili alternative a T1 definitiva, mentre A4 rappresenta una alternativa a T2.

Sono riportate graficamente le possibilità che sono state valutate dal punto di vista anemologico e il layout finale scelto.

Chiaramente la definizione del layout di progetto deriva dal miglior compromesso tra i principali aspetti e non tiene conto solo di quelle che sono le potenzialità anemologiche 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.

5. Risultati dello studio

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

5.1. Risorsa eolica dell'area

La risorsa eolica disponibile nel sito di Cairo Montenotte, 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 80 e 90 [m] (a seconda delle possibili quote di progetto degli aerogeneratori) e riportano anche la posizione degli aerogeneratori nel layout definitivo.

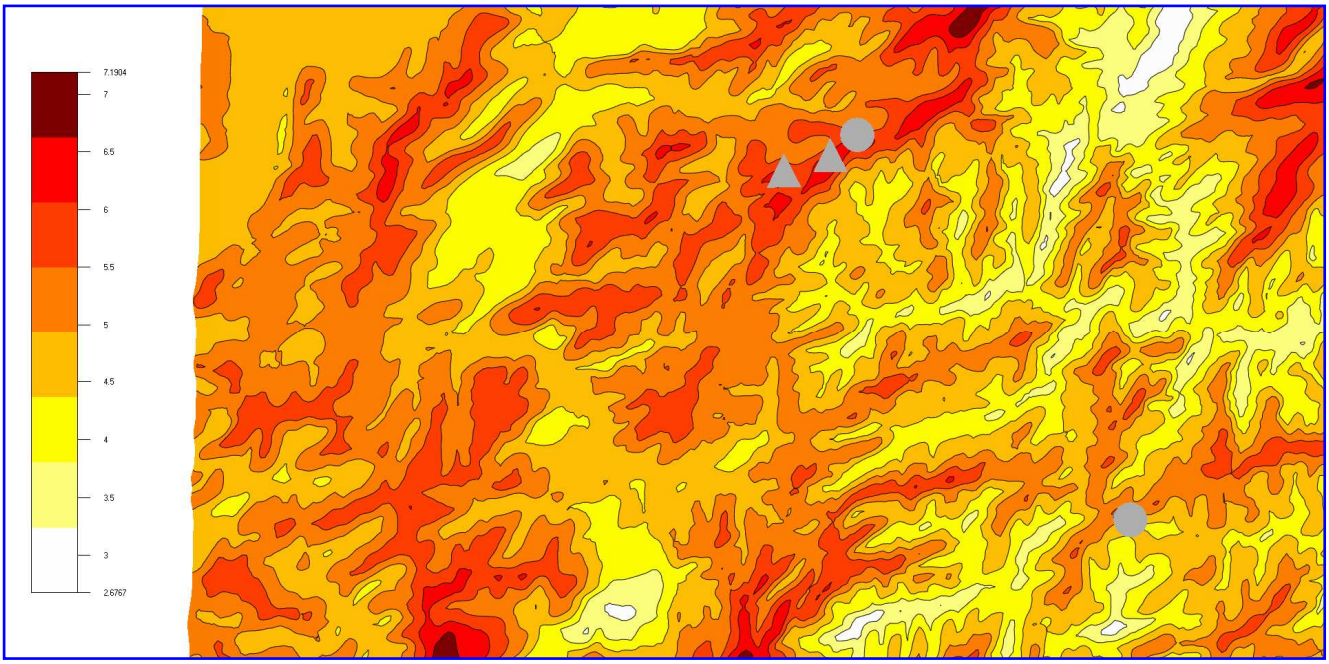


Figura 14 – Mappe isovento a 80 [m] di altezza, software Windsim

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.

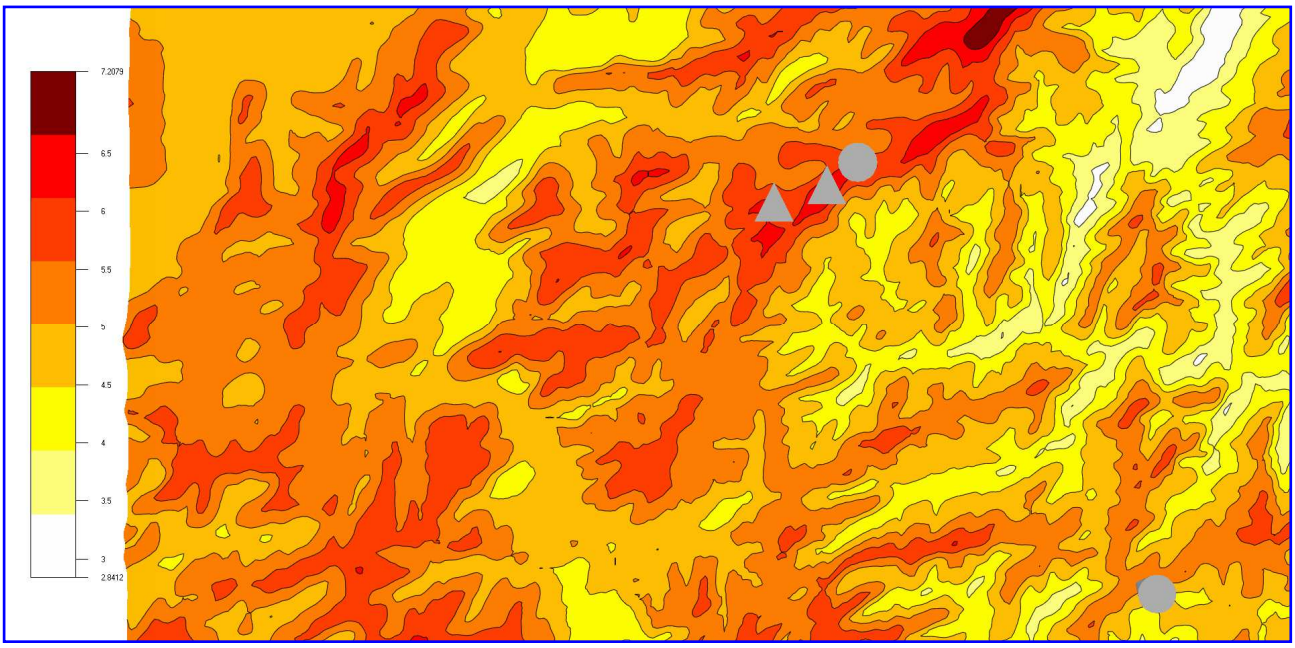


Figura 15 – Mappe isovento a 90 [m] di altezza, software Windsim

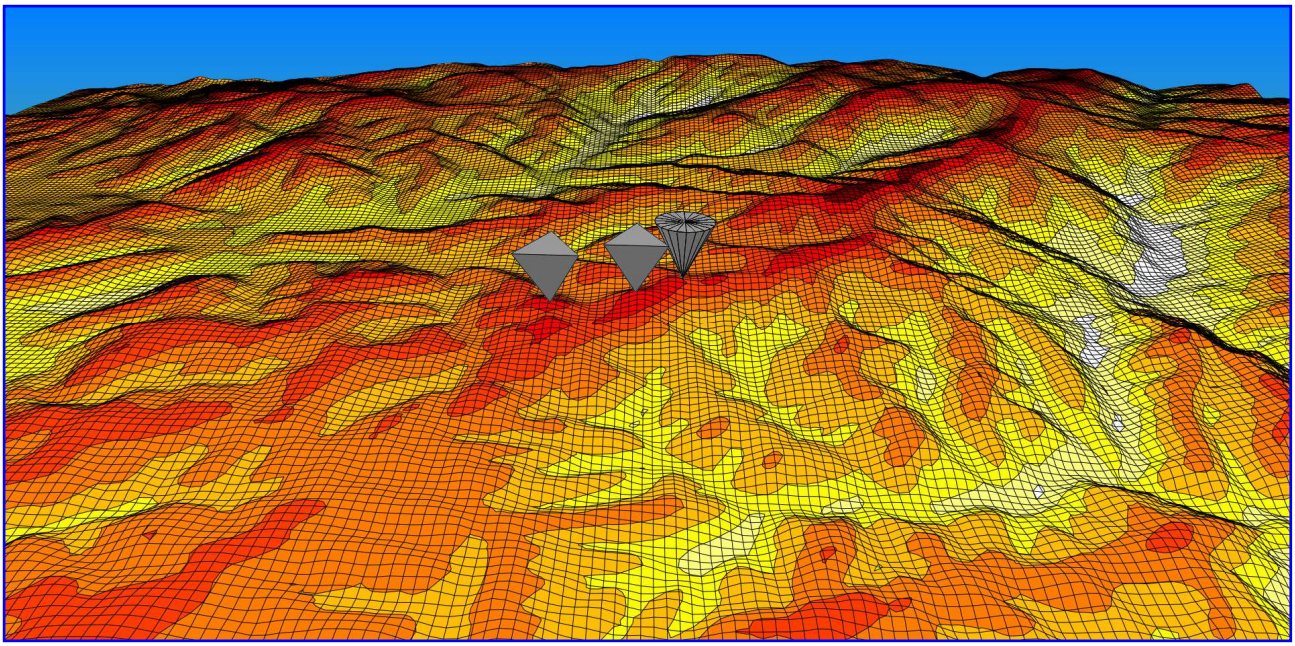


Figura 16 – Mappe isovento a 80 [m] di altezza, visto in 3D, software Windsim

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 / 90 [m] di quota, è di circa 6,5 [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.