



# WindSim簡介和示例專案的呈現

June 2016

windsim

## 概要

---

- WindSimAS簡介
  - 歷史、現狀、市場
  - 軟體組件介紹
- WindSim軟體的功能和優勢
- 台電示例專案的呈現



# WindSim簡介: 業界第一款基於CFD技術的風 資源評估和微觀選址軟體

**WIND KNOWLEDGE**

| **IS WIND POWER**

## WindSim AS: 歷史和現狀，發展成熟穩健

- 1993 成立WindSim公司，為業界提供CFD諮詢服務
- 1998 建立挪威全國的風資源圖譜
- 2003 發布第一款基於PC平台的WindSim軟體
- 2007 WindSim獲得挪威風投基金，開始擴展海外市場
- 2009 成立WindSim Americas公司，專注美洲市場
- 2011 和北京萊維塞爾科技公司合資成了WindSim China
- 2012 成立WindSim印度公司
- 2015 在南美巴西成立WindSim巴西公司



WindSim ● 辦公室      ● 分銷商

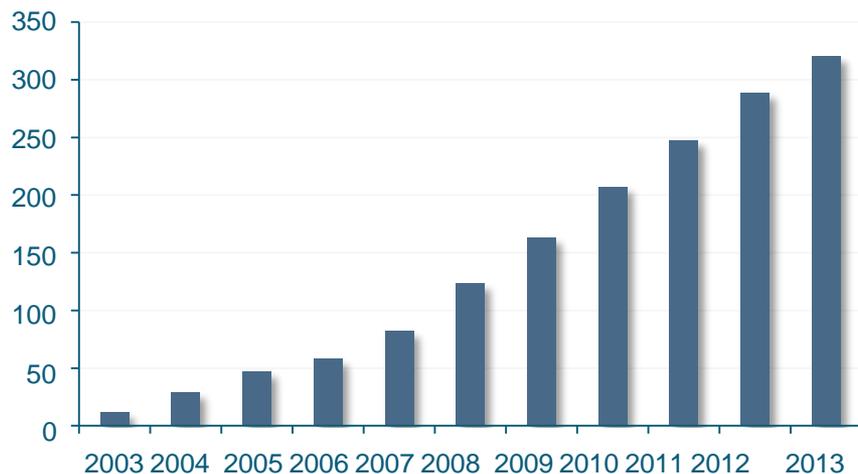


WindSim总部位于挪威Tønsberg

• WindSim AS在以下国家建立有办公室和分销商：在以下國家建立有辦公室和分銷商：阿根廷、巴西、加拿大、中國大陸、哥斯達黎加、芬蘭、希臘、意大利、印度、韓國、墨西哥、挪威、賽比亞、西班牙、土耳其和美國。

## WindSim AS: 市場定位，用戶群龐大

- 第一款WindSim商用軟體發佈於2003年，迄今已發布7個正式版本和10個Beta版。
- 自2003年後，公司發展強勁，已成為最受風機製造商、風電場開發商、諮詢機構和學術研究機構歡迎的風場模擬和微觀選址CFD軟體。
- WindSim軟體的用戶已遍布全世界50多個國家和地區。

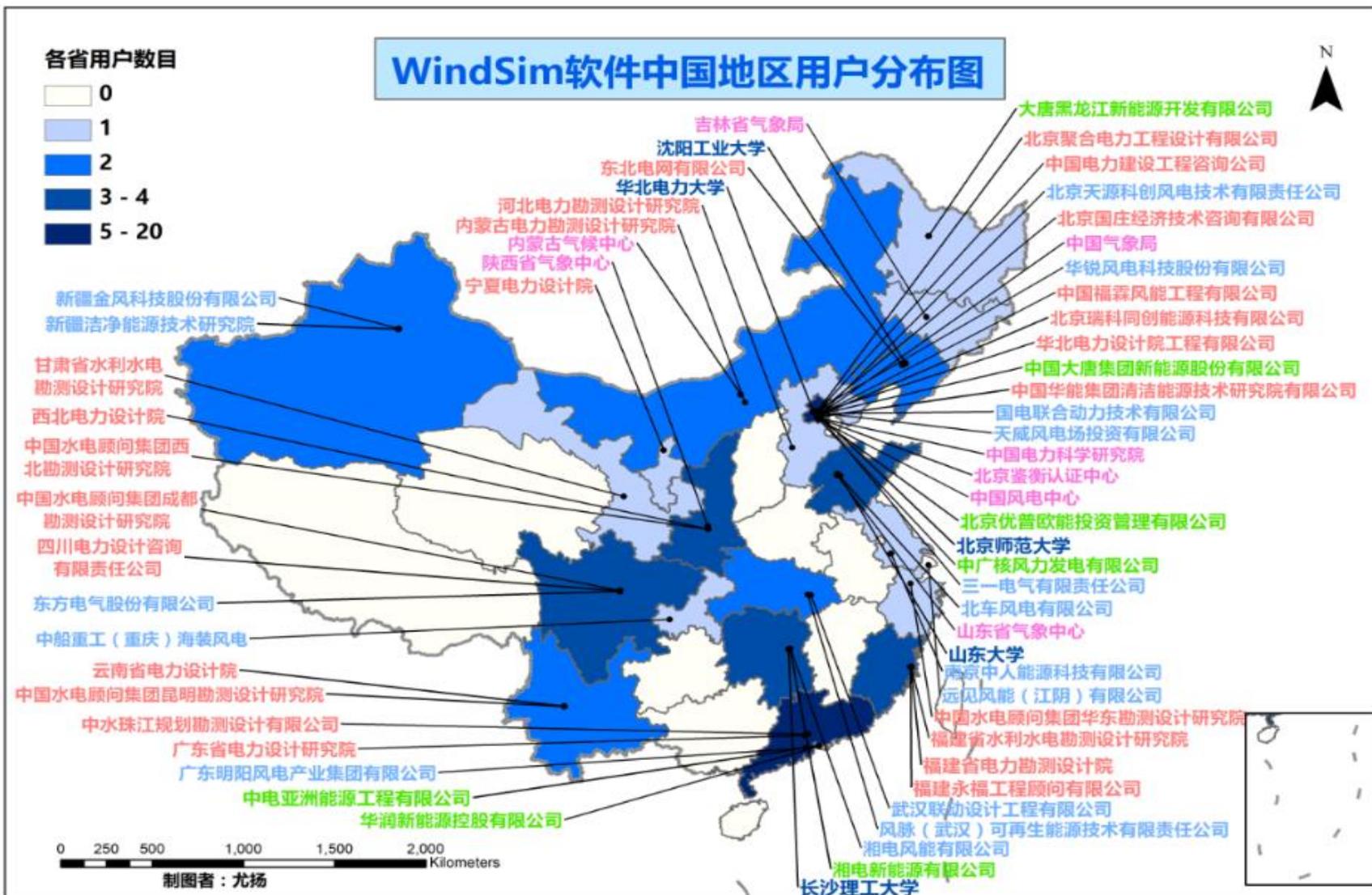


售出的軟體許可數量 (截止至2013年)



幾個主要的用戶，大陸地區的用戶見後頁

# 風場設計和評估軟體及適用性



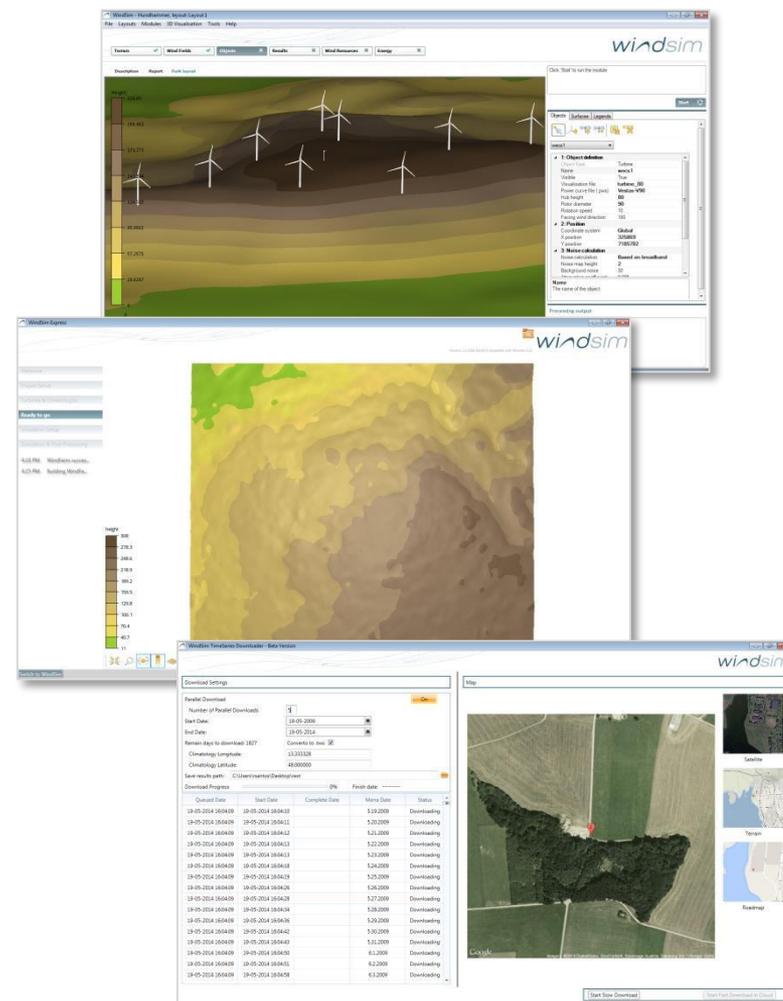
# WindSim AS:軟體組件，功能齊全

## 軟體:

- WindSim
- WindSim 評估版
- WindSim Express/WindSim Express Cloud
- WindSim風電場布機優化模組
- WindSim發電量預報模組

## 工具:

- WindSim地形編輯器
- WindSim分析數據下載器
- WindSim RSCT (激光測風數據修正工具)
- MCU (多核應用模組)



# WindSim AS:軟體 – 項目階段匹配

規劃期

建設期

建成生產期



# WindSim軟體功能

## • 基礎核心模組

### 地形

讀入地形高程、地表粗糙度文件，可建立風場障礙物和森林模型，生成CFD計算所需的網格

### 風場模擬

設定模型邊界條件和湍流模型，進行CFD計算以生成風數據庫；

中尺度(Mesoscale)數據的直接耦合；

大氣熱穩定條件的模擬(基於M-O長度、基於大氣層溫度梯度)

### 對象

設定風機和測風點的位置和參數數據；

互動式3-D介面，可以從任意距離和角度來觀察風電場的佈局情況；

考察不同風向上每個風機葉輪掃風面上的風能資源分佈，製作各種截面圖和等值面圖

### 結果

查看諸如風速各分量、風向、湍流強度、流入角、風切變等特徵量，可設定要顯示的高度或扇區。

### 風資源

生成風能資源分佈圖；

如果有多個可用的測風數據，則風能資源分佈圖將根據所有這些測風數據通過插值得到。

自動進行模擬結果與實際測量成果之間的交互檢驗(cross checking)，量化評價CFD模型的模擬精度。

### 發電量

風機功率曲線的密度修正；

尾流模型的選擇；

風電場年發電量(AEP)的計算評估

風機測風同期的歷史發電功率序列

風機位置處葉輪掃風面上的極大風速、風切變、湍流強度數據集

風機位置點機組適宜性評價及適宜的IEC機組類型推薦

六個模組，一個介面，整體呈現

# WindSim 介面

WindSim 六個基本模組在統一的一個介面下操作，採用流線化操作的方式，能有效地提高工作效率。無需  
在多個軟體之間進行切換。此外，WindSim Express 的嚮導式操作也是風資源計算項目的建模更為順暢。  
WindSim 的操作模式可參閱youtube的WindSim 群組視頻。

The screenshot displays the WindSim software interface. At the top, a menu bar includes File, Layouts, Modules, 3D Visualisation, Tools, Settings, and Help. Below the menu, a series of tabs represent different modules: Terrain, Wind Fields, Objects, Results, Wind Resources, and Energy, each with a green checkmark. The main content area is titled "Description Report" and shows the "Terrain" module. It includes a "Getting started" section with introductory text, a "Digital terrain conversion" section, and a "Properties" section. The "Properties" section is expanded to show five categories: 1: Terrain extension, 2: Roughness, 3: Numerical model, 4: Smoothing, and 5: Forest. A "Refinement/blocking file" section is also visible, providing a description of the file format. On the right side, a "Results are updated" notification and a "Start" button are present. At the bottom, a "Processing output" section is partially visible.

**File** Layouts Modules 3D Visualisation Tools Settings Help

Terrain Wind Fields Objects Results Wind Resources Energy

Description Report Back Forward Results are updated

Description: Terrain Version: 8.0.0 Updated: 20.08.14 windsim

### Terrain

#### Getting started

The first step in the set-up of flow field simulations, is the generation of a 3D model of the area of interest. This is done in the *Terrain* module. But first the basis for the 3D model must be available, which is a 2D dataset with elevation and roughness data in .gws format.

#### Digital terrain conversion

When starting a new project a grid.gws file is copied into the project. This file serves as a demo. The .gws format contains elevation and roughness data in a regular grid, the file can be viewed by using the *Tools->View terrain model* menu item.

Conversion from other formats is performed by clicking the *Tools->Convert terrain model* menu item. The *Convert terrain model* is subject to continuous development, so please contact WindSim AS if you need extensions in order to perform the conversion of your specific data, see examples of supported formats: [third party formats](#) Alternatively, you can convert your terrain model directly to the .gws format by using your own tools, see: [terrain field data](#).

#### Properties

##### 1: Terrain extension

###### Coordinate system

The coordinates in the grid.gws file can refer to any global orthogonal system. This coordinate system is called system 3 in the grid.gws file. After generation of the 3D model, a local coordinate system is introduced in the lower left-hand corner. Later in the *Objects* module the placements of objects can be referenced to by either the global or local coordinate systems.

Extension of terrain model used in current project

##### 2: Roughness

Roughness height	Read from grid.gws
------------------	--------------------

##### 3: Numerical model

Automatic gridding	False
Refinement type	Use refinement file
Refinement/blocking file	simple_refinement_60.bws
Height above terrain	Automatic
Height distribution factor	0.1
Orthogonalize 3-D grid	False
Number of cells in Z direc	20

##### 4: Smoothing

Smoothing type	No smoothing
----------------	--------------

##### 5: Forest

Forest	Disregard forest
--------	------------------

#### Refinement/blocking file

The name of the refinement/blocking file (.bws format) that contains the specification of blocked surfaces and volume...

#### Processing output

# WindSim軟體功能

---

## • 地形編輯器模組

利用WindSim基礎模組附帶的地形編輯器Terrain Editor，可以方便地導入、編輯以下多種格式的地形圖和地面粗糙度地圖：`.xyz`、`.map`、`.dxf`、`.dem`、`.shp`、`.grd`、`.tar.gz`，實現特殊地形粗糙度的邊界和整合

## • WindSim Express 和WindSim Express Cloud 模組

利用WindSim基礎模組附帶的WindSim Express模塊可以快速下載地形、地面粗糙度數據：

(1) 可用的在線數據包括：

ASTER (30 m) – 地形高程

SRTM (90 m) – 地形 高程

CORINE Europe (100m) – 地表粗糙度

NLCD 2006 US (30m) – 地表粗糙度

VCF (500m) – 地表粗糙度

(2) 可用的離線數據包括：

SRTM (90m) – 地形高程

Globcover 2009 (300m) – 地表粗糙度

WindSim可提供歐洲、北美、中國大陸和台灣地區的30米分辨率的地形高程和粗糙度數據。

\* WindSim Express Cloud還可實現雲計算功能，為缺乏計算資源的客戶提供快速高效的CFD計算。計算費用需另計。

如需進一步了解WindSim Express的使用流程，可參閱網路視頻教程

[http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XMTQ4NTg2Nzg5Ng==.html?from=s1.8-1-1.2](http://v.youku.com/v_show/id_XMTQ4NTg2Nzg5Ng==.html?from=s1.8-1-1.2)

# WindSim 軟體功能

---

## • 可選模組

### 多核應用模組(MCU)

多核應用模組用於實現CFD的並行計算，可以顯著減少CFD計算的時間，能夠運行更大的模型和使用更多的可用計算資源，加速計算進程，更快地獲得計算結果。

### 風電場布機優化模組

風電場優化模組將WindSim CFD 仿真與新的優化技術結合，通過交互的方式設定風況標準和可排佈區域，全面自動地考慮尾流影響，以設計出經濟效益最好，並符合IEC設計規範的機組排布方案。可考慮費用和收入，根據場址的地理條件確定最優的風機數目和每颱風機的位置，使風場的收益最大化。

### 激光測風數據修正模組

基於LIDAR的遙感測量技術在測量風速時的一些假設在山地或複雜地形條件下可能是錯誤的。利用WindSim的遙感數據修正模組可以改善這個不足，修正測量數據。

### 風電場功率預測模組

兩步人工神經網絡技術；  
先進的CFD降尺度技術；  
先進的尾流模型；  
實際功率曲線修正；  
實現準確的各機位點功率預測。

## WindSim軟體優勢之一：準確性高

Bolund島實驗是由Risø組織的用於驗證風電場數值模型的盲測實驗。 WindSim 參加了這次盲測實驗,並取得了優秀結果

提交了50個結果,根據所使用軟體不同,分為四類: 線性工具, LES (大渦類比) 以及單方程和雙方程RANS (雷諾平均Navier-Stokes)

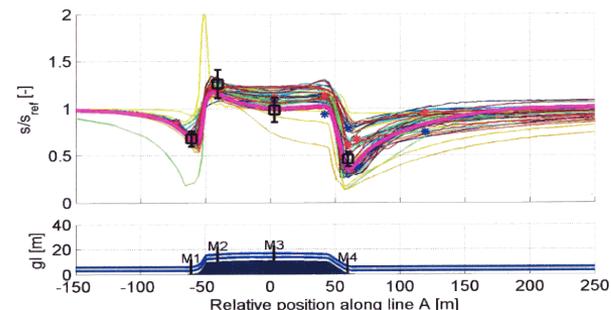
WindSim採用的CFD模型獲得了最佳的表現,是業界表現最好的商務軟體



Bolund

線性	35%
大渦類比	26%
單方程	25%
雙方程	20%

所有點的平均誤差  
WindSim 属于RANS 2



類比風速和實際測量結果的對比

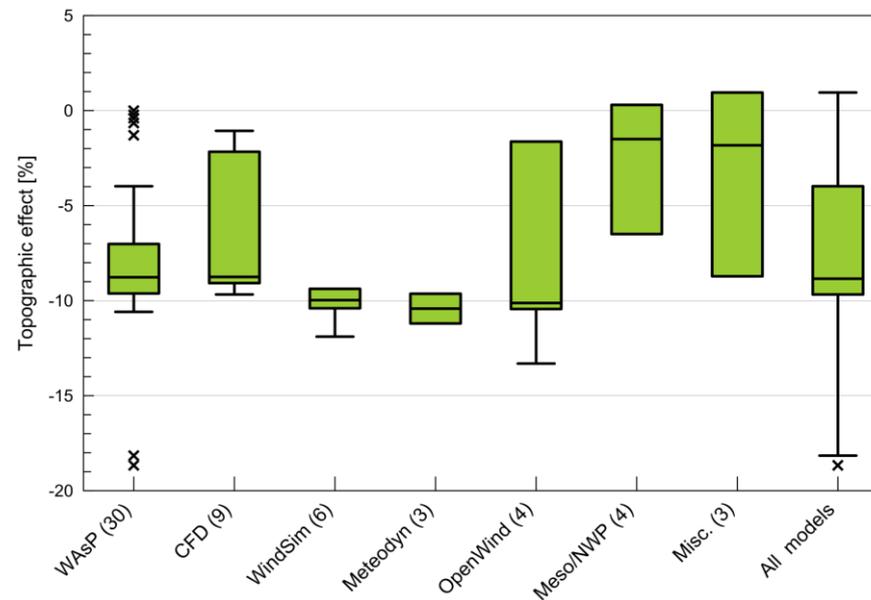
Source: Meissner C., Gravidahl A.R., Weir D., "CFD Validation – A Simple Approach", European Wind Energy Conference, Brussels, 2011

有關BOLUND島盲測實驗詳情,請查閱網址:[HTTP://www.windsim.com/library/the-bolund-experiment.aspx](http://www.windsim.com/library/the-bolund-experiment.aspx)中丹麥Risø實驗室公開的正式資料。

## WindSim 軟體優勢之一: 準確性高

### CREYAP (Comparative Resource and Energy Yield Assessment Procedures) Exercise Part II

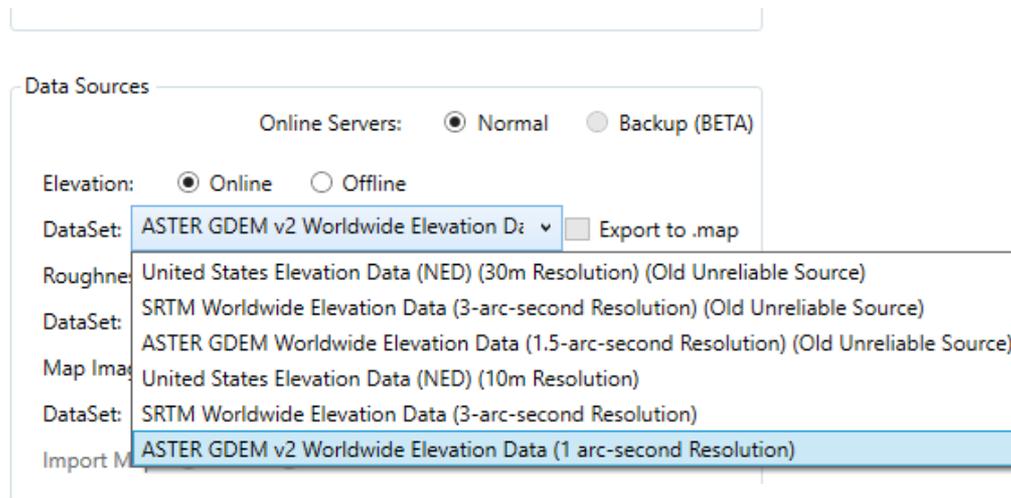
- The results obtained from WindSim illustrates the highest consistency in topographic effect.  
WindSim 類比地形影響結果的一致性最好
- Assessment result from WindSim team differs only 1% from the real production data.  
WindSim 團隊的評估結果與實際運行相差僅1%



詳情可查閱:[HTTP://www.ewea.org/events/workshops/past-workshops/resource-assessment-2013/](http://www.ewea.org/events/workshops/past-workshops/resource-assessment-2013/)歐洲風能協會正式公佈的資料。

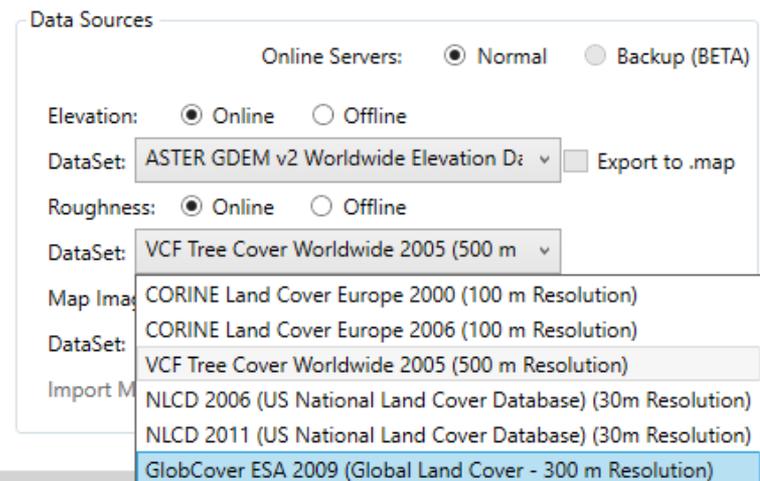
## WindSim 軟體優勢之二:線上資料庫齊全

WindSim Express線上資料庫齊全,可免費獲取多種地形高程、地表粗糙度資料,創建專案快捷方便。



Switch to WindSim

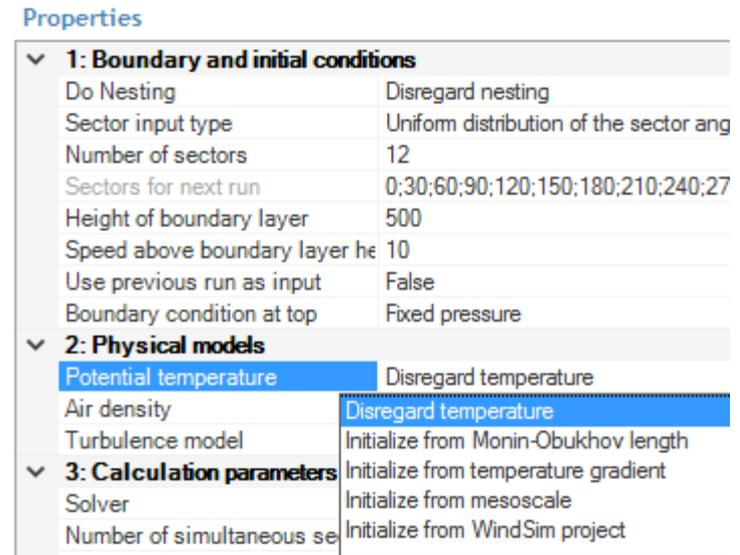
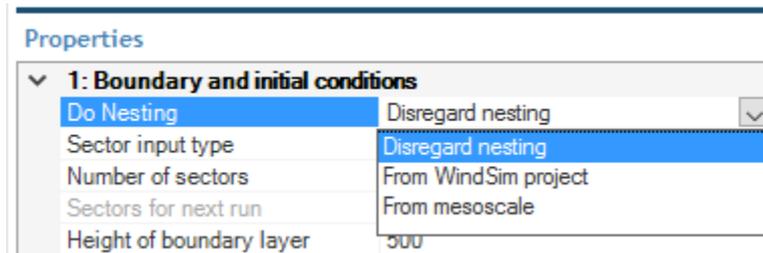
在WindSim Express獲取  
地形高程和粗糙度資料



Switch to WindSim

## WindSim 軟體優勢之三:中尺度嵌套類比

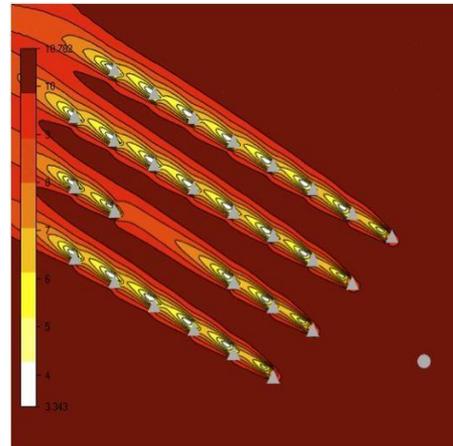
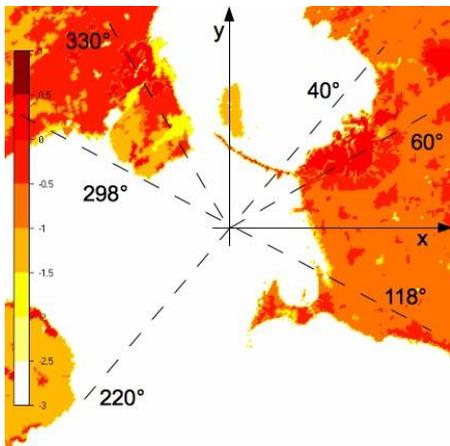
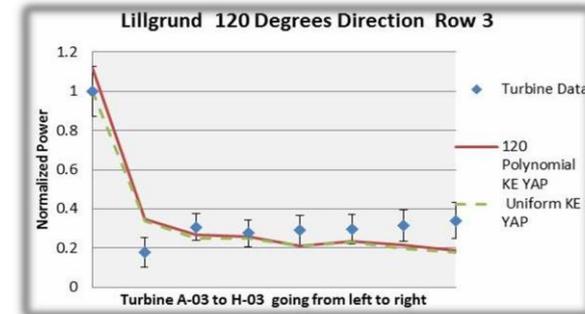
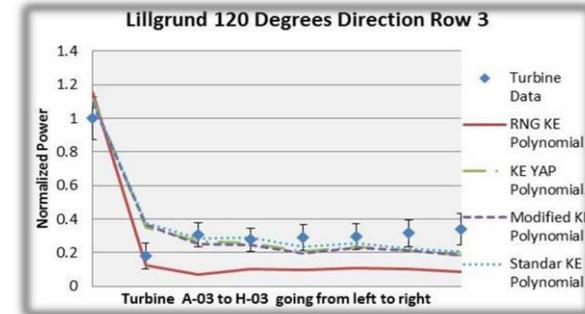
WindSim 提供直接嵌套和虛擬測風塔兩種降尺度模式,方便使用者將中尺度結果,如WRF模型結果進行CFD降尺度分析和計算。中尺度模式WRF的結果,可以直接導入處理為CFD模型的邊界條件進行耦合計算,或者作為虛擬測風塔(virtual met mast),參與風資源的計算和評估。



中尺度直接耦合計算

# WindSim 軟體優勢之四:驅動盤模型

傳統的尾流解析模型在海上風機尾流計算中精度難以保證。 WindSim 獨有的驅動盤模型(Actuator Disc)可用於更準確地類比海上風電場的尾流效應。 尾流不只是可以通過解析式來計算,更可以通過CFD直接類比。



# WindSim 軟體優勢之四:驅動盤模型

---



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**SciVerse ScienceDirect**

Energy Procedia 00 (2014) 000–000

Energy

**Procedia**

[www.elsevier.com/locate/procedia](http://www.elsevier.com/locate/procedia)

EERA DeepWind'2014, 11th Deep Sea Offshore Wind R&D Conference

## Numerical CFD comparison of Lillgrund employing RANS

N. Simisiroglou<sup>a,b</sup>, S.P. Breton<sup>b</sup>, G. Crasto<sup>a</sup>, K.S. Hansen<sup>c</sup>, S. Ivanell<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*WindSim AS, Fjordgaten 15, Tønsberg N-3125, Norway*

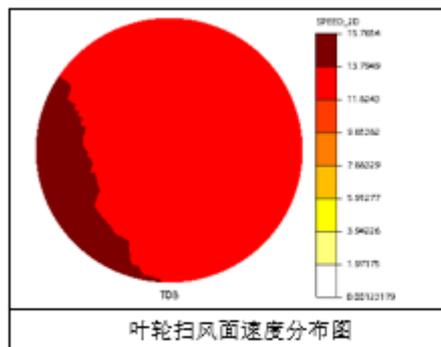
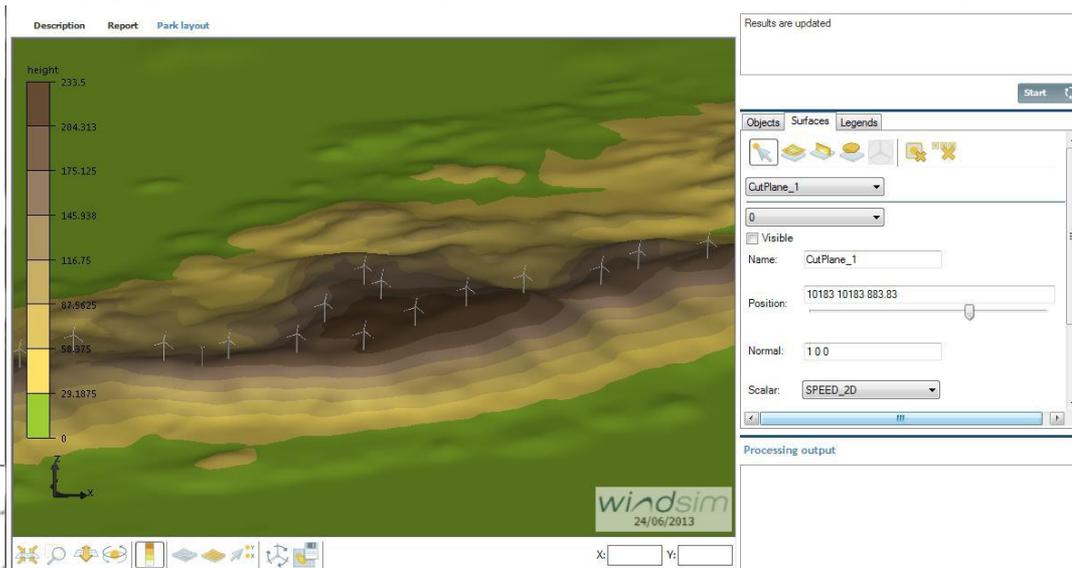
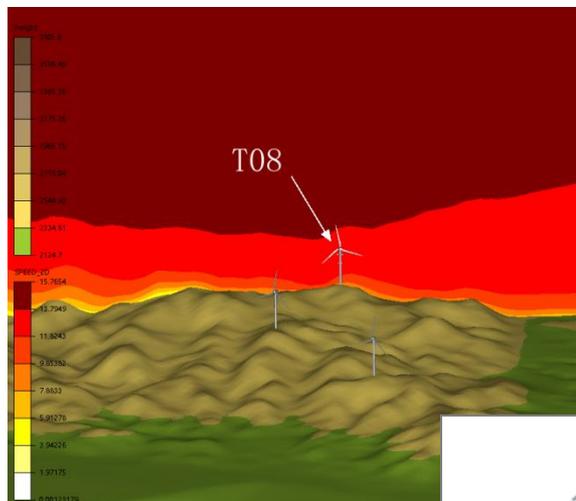
<sup>b</sup>*Uppsala University Campus Gotland, Visby SE 621 67, Sweden*

<sup>c</sup>*Technical University of Denmark, Nils Koppels Alle 403, Kgs. Lyngby DK 2800, Denmark*

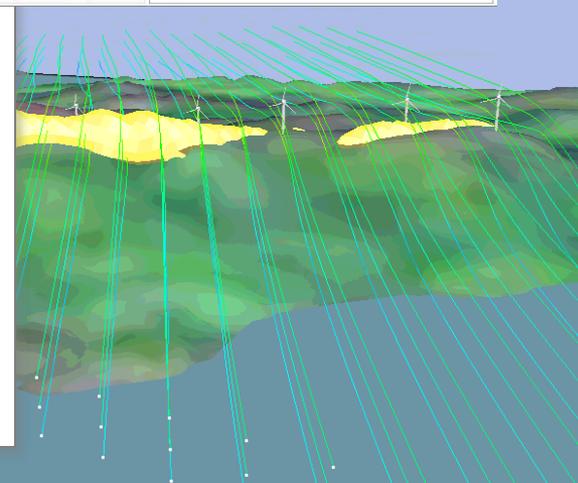
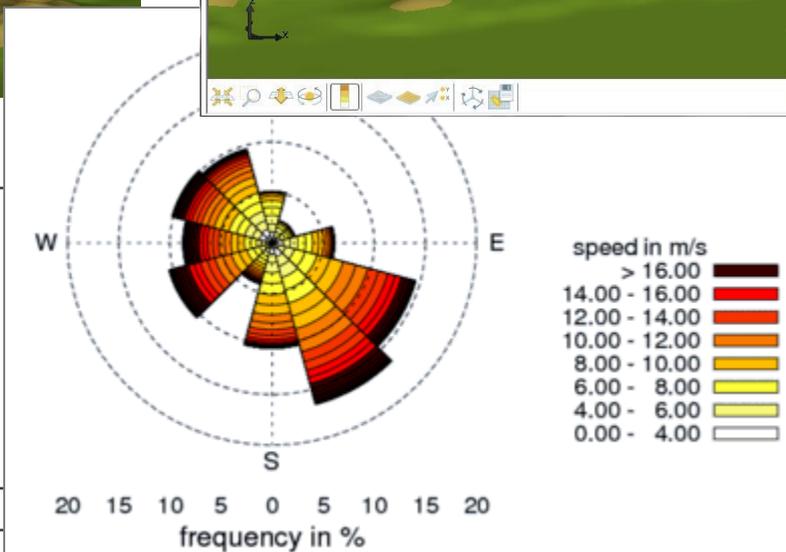
---

# WindSim 軟體優勢之五:穩健的視覺化效果

WindSim在各個模組中都提供了穩健的視覺化介面和效果,方便使用者理解、展示計算結果,實現良好的人際互動性。

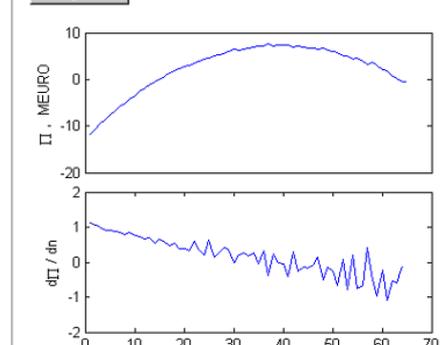
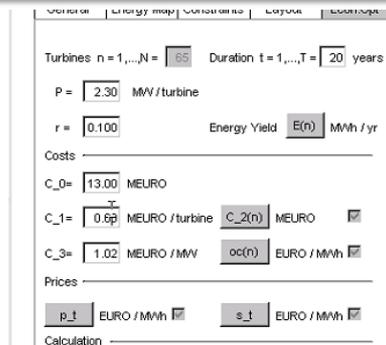
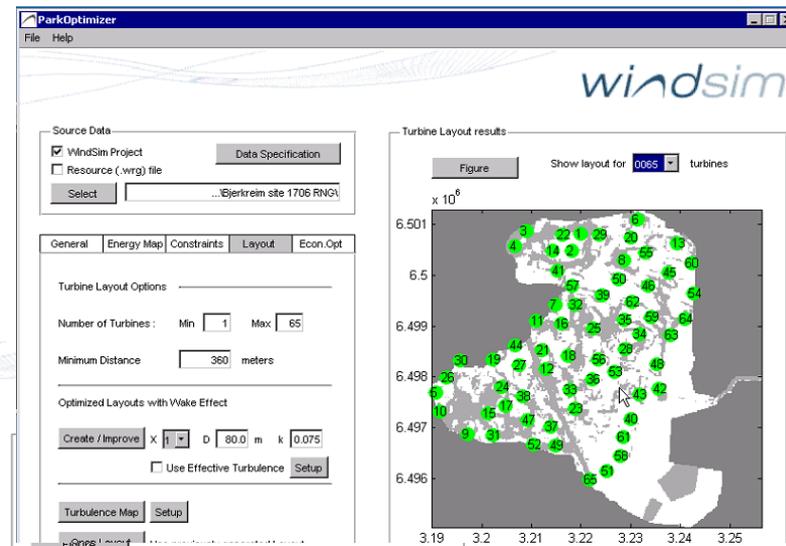
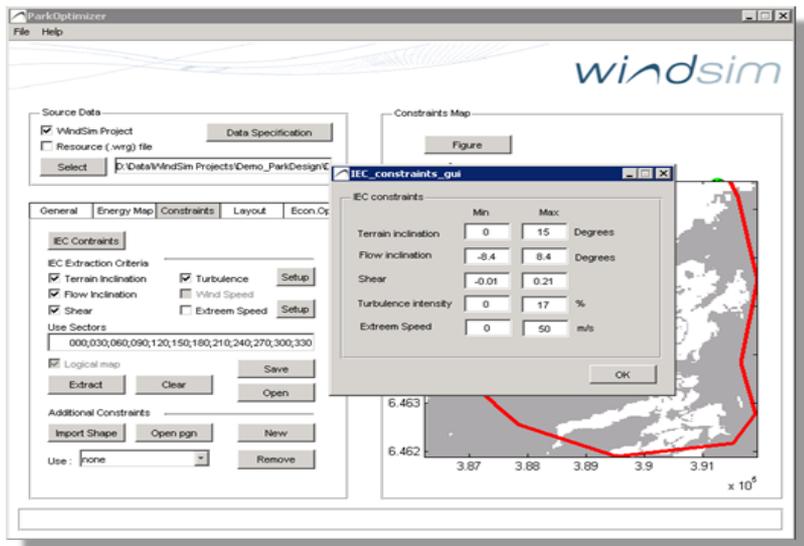


叶轮扫风面速度分布图



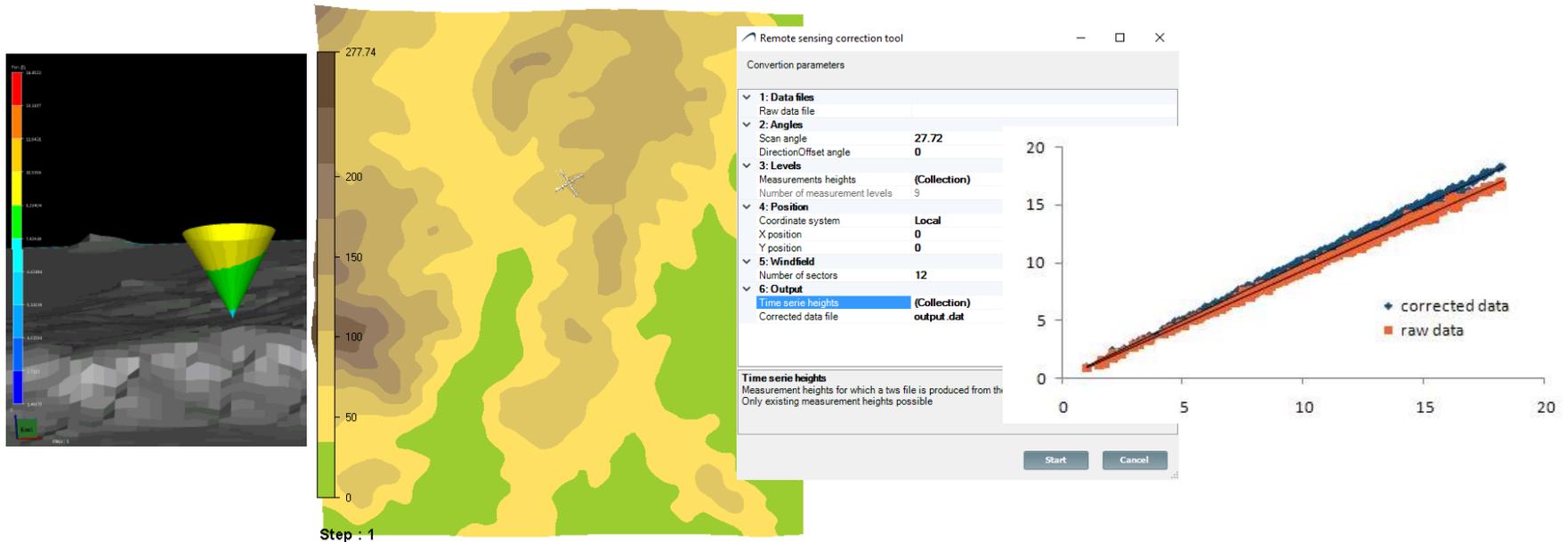
# WindSim 軟體優勢之六:符合IEC規範的布機優化模組

風電場優化模組將WindSim CFD 模擬與新的優化技術結合,通過交互的方式設定風況標準和可排布區域,自動地考慮尾流影響,以設計出經濟效益最好,並符合IEC設計規範的機組排布方案。可考慮費用和收入,根據場址的地理條件確定最優的風機數目和每颱風機的位置,使風場的收益最大化。



## WindSim 軟體優勢之七:獨特的雷達測風修正模組

雷射Lidar測風資料獲取和計算基於平坦地形的假設,在複雜地形下會出現誤差。WindSim提供基於CFD模型的雷達資料修正模組,可完美地解決鐳射測風雷達在複雜地形下的資料誤差。



在複雜地形下,利用WindSim雷達測風修正模組,測風資料平均相對誤差由 3% 降低到0.3%

Paper: Bradley, Stuart. "Wind Speed Errors for LIDARs and SODARs in Complex Terrain." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Volume 1 (2008): Web.*

## WindSim 軟體優勢之八:其它

---

- 既可根據風機位置實現計算網格的自動生成,也跟根據使用者的經驗手工調整,能全面掌控計算網格的生成。
- 在建模時可引入風場區域的障礙物和森林,並能詳細類比和分析大氣熱穩定性的影響。
- **WindSim**軟體的**CFD**模型的上表面可選擇固定壓力或者固定壁面的邊界條件,分別對應于複雜地形和簡單地形的應用場合;而下表面邊界條件目前採用壁面函數的方法來處理,這是目前業界通用的方法。對於海面邊界,目前**WindSim**公司正在研發**Charnock**模型,將把海面的風速和波浪,以及海面的粗糙度相關聯。該功能目前處於研發階段,需要更多的驗證,我們希望能與消費者合作驗證這項功能。而側面邊界條件分為入流和出流兩部分,入流處根據邊界處的粗糙度、可由消費者設置的風速和大氣邊界層高度計算出當前位置的風廓線用作入流,如考慮大氣熱穩定性條件,則入流也會根據**M-O**長度自動做相應的調整。而出流則為自由出流,出口流動符合完全發展條件。總之,**WindSim**軟體的邊界條件採用了業界普遍認可的方式。
- 既可實現同個風向磁區的同時計算,也可實現同一磁區的多核平行計算,能有效提高**CFD**計算的速度。並能通過點值、殘差和場值等的圖表對**CFD**計算反覆運算過程全面監控。
- 提供了基於**Phoenics**商用求解器的**Segregated**、**GCV**、**Segregated Parallel**和**GCV Parallel**等四種**CFD**求解器,湍流模型可選用標準**k-epsilon**、**modified k-epsilon**、**k-epsilon with Yap correction**、**RNG k-epsilon**、**Wilcox k-omega**等多種湍流模型供選擇,其中**Wilcox k-omega**湍流模型能提高湍流強度計算精度,使計算結果更精準。

## WindSim 軟體優勢之八:其它

---

- 如果使用者需要輸入資料期限內之模式各網格點上的風場資料，那麼可以通過WindSim Express導入，也可以通過Windographer處理以後匯出成WindSim的格式再讀入。
- WindSim軟體提供了交叉檢驗(Cross Checking)功能，使使用者能夠直觀的瞭解其模式的精確度。利用交叉檢驗功能，使用者可以對多個測風塔資料和模型的計算結果進行對比和分析，驗證當前模式，為進一步修正模式提供說明。
- 可得到風場各機位點全面詳細的風資源特性值,各高度上的50年一遇最大風速、年平均風速、風速頻率參數、空氣密度、環境湍流強度和受尾流影響的有效湍流強度、入流角、風切變指數等,以便於各機位點風機載荷分析並確定風機的適應性。
- 可生成與測風資料同期的各機位10分鐘歷史類比發電量序列,可用於建設前電網接入研究、風功率預測、後評估和運行維護優化等。
- 可綜合考慮各種不確定性因素,計算P50、P75、P90發電量,便於財務分析和投資決策。

總之,WindSim軟體是一套成熟的軟體體系,軟體功能齊備、基於同一的軟體介面,使用便捷,並且模型豐富和演算法穩健,代表了CFD在風資源評估領域的最先進的成果。如果您對WindSim軟體功能和特點有任何疑問,可接洽我們詳細諮詢。

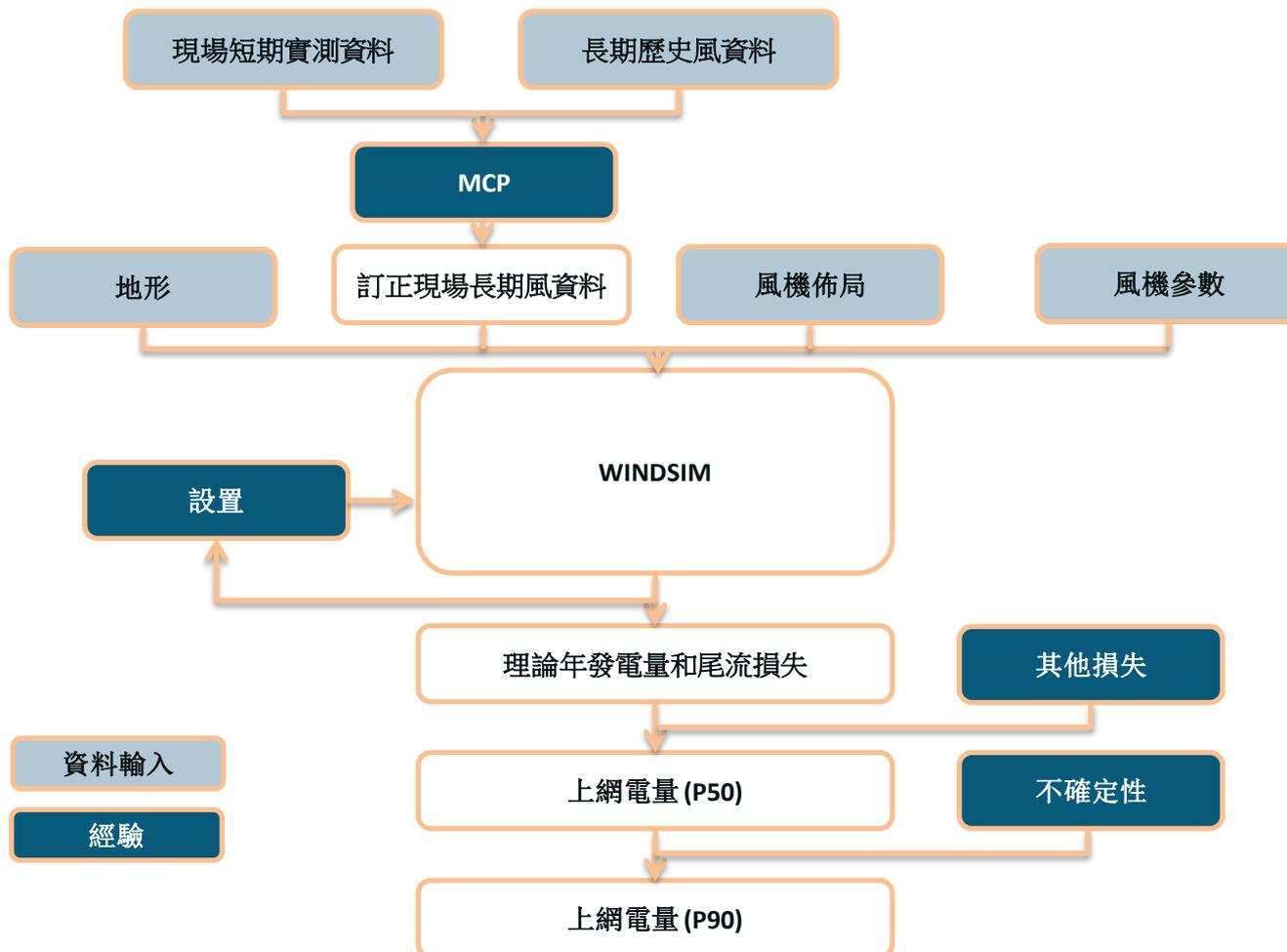


# 台電示例專案的呈現 ——台中西南海域風電場專案

**WIND KNOWLEDGE**

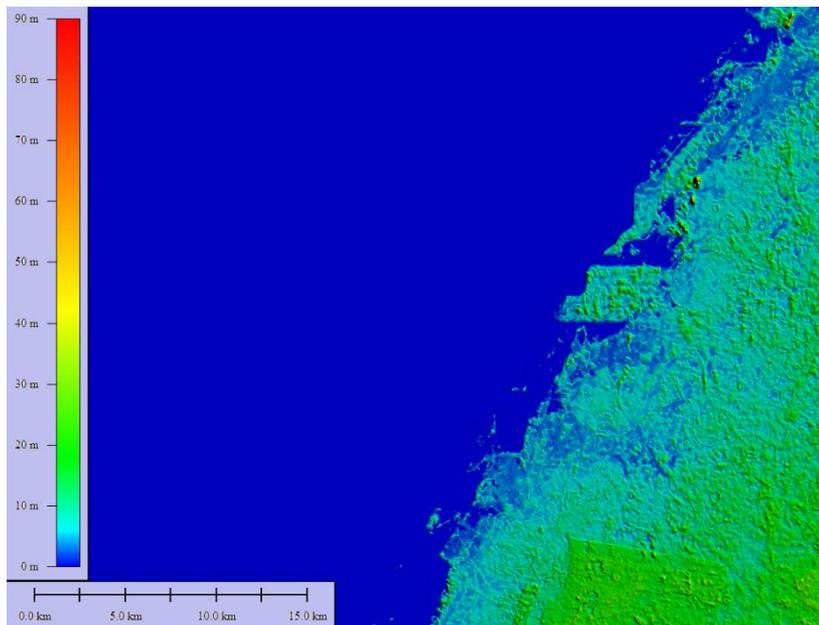
**IS WIND POWER**

# WindSim 建模計算流程

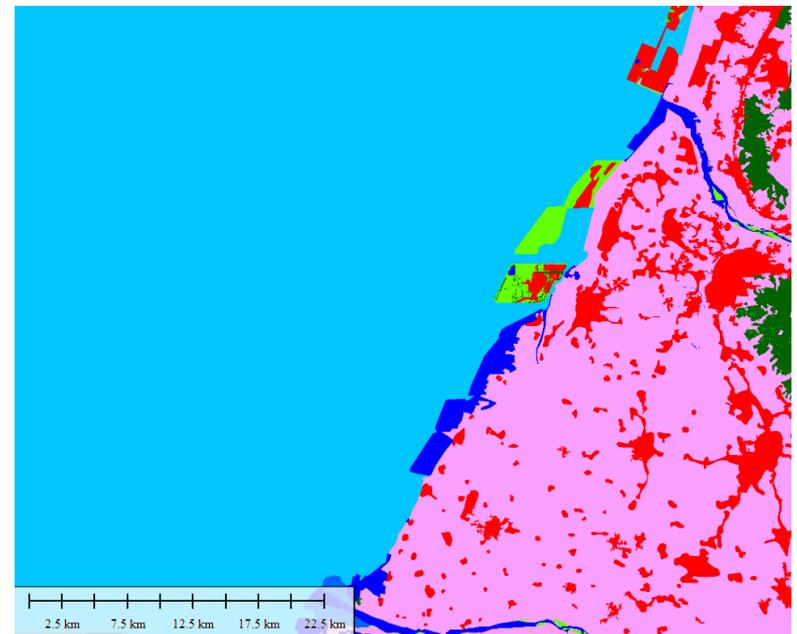


## WindSim 建模:地形

風場地形資料由兩部分構成:1 數位高程檔(Elevation File)2 粗糙度檔(Roughness File)  
數位高程檔採用了通過WindSim Express下載的ASTER 30m解析度的數位地圖,而粗糙度檔主要採用經過處理後的GLC30資料,確保地表粗糙度的解析度也可達到30m。地形高程和地表粗糙度資料經過輸出轉換為WindSim軟體能讀入的檔。利用WindSim Express等工具處理地形高程和粗糙度用時僅半小時。



數位高程圖

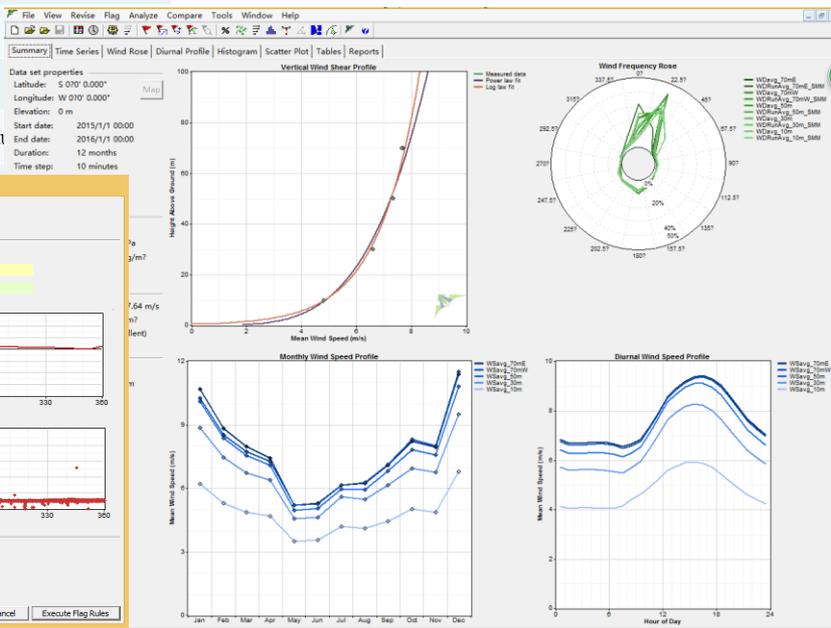


地表粗糙度圖

# WindSim 建模:測風資料處理 (Windographer)

現有測風塔位於岸邊,經緯度座標為:(120.392693°E,24.107228°N),離目標場址中心距離約23公里,實際測風位置不能完全代表目的地區域的實際風資源狀況。因而本計算過程僅供參考。採用Windographer 4讀入原始測風資料,並進行資料清理、無效資料剔除、塔影效應消除,整理出一年完整的短期測風資料序列。這部分資料處理的時間跟工程師的水準及原始資料的品質有關,通常耗時在數小時至一兩天不等。

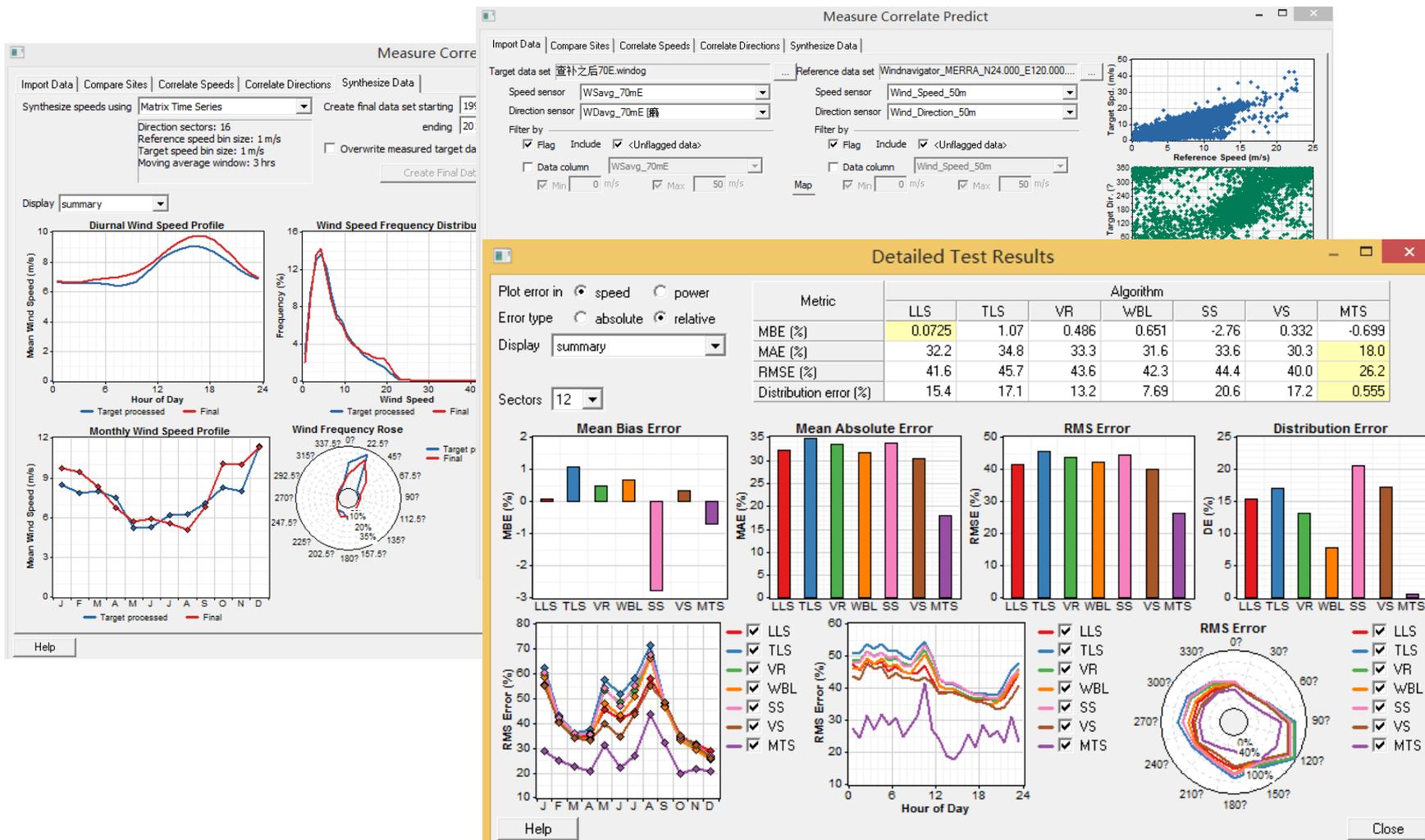
70m E/W	50m	30m	10m
WSavg_70mE/W	WSavg_50m	WSavg_30m	WSavg_10m
WDavg_70mE/W	WDavg_50m	WDavg_30m	
WDstd_70mE/W	WDstd_50m	WDstd_30m	
WSRunAvg_70mE/W_Max	WSRunAvg_50m_Max	WSRunAvg_30m_Max	WSRunAvg_10m_Max
WDRunAvg_70mE/W_Max			
WS_70mE/W			
AT_70m			
RH_70m			
BP_70m			



測風資料通道、風資料統計視覺化和測風資料塔影效應的處理

# WindSim 建模:測風資料處理 (Windographer)

由於計算風機發電量需要長期的資料,所以需要對短期的(1年)實測資料進行MCP。我們下載了臨近區域長期Merra資料,對現場的一年短期資料進行MCP處理,得到20年的長期風資料。並輸出供WindSim使用。



# WindSim 建模:地形模組處理

讀入地形檔,建立地形模型,設置水準及垂直方向上的網格分佈參數,生成符合要求的計算網格。WindSim通過參數調節,使使用者對網格的生成具有完全的把控。

The screenshot displays the WindSim software interface. On the left, a 'Terrain' panel shows a 3D elevation map with a color scale from 0 to 25.324 meters. Below it, a 'Properties' panel lists various settings for the terrain model, organized into five sections: 1: Terrain extension, 2: Roughness, 3: Numerical model, 4: Smoothing, and 5: Forest. The '3D Model' tab is active, showing a 3D grid visualization. A 'Refinement/blocking file' section is also visible, containing text about the .bws file format.

**Properties**

- 1: Terrain extension**
  - Coordinate system: Global
  - X-range: 20386
  - Y-range: 26592
- 2: Roughness**
  - Roughness height: Read f
- 3: Numerical model**
  - Automatic gridding: False
  - Refinement type: Use r
  - Refinement/blocking file: simpl
  - Height above terrain: Automa
  - Height distribution factor: 0.1
  - Orthogonalize 3-D grid: False
  - Number of cells in Z direc: 20
- 4: Smoothing**
  - Smoothing type: No smo
- 5: Forest**
  - Forest: Disreg

**Refinement/blocking file**  
 The name of the refinement/blocking file (.bws format) that contains the specification of blocked surfaces and volume...

Fig 1. Digital terrain model - Grid (x)

Fig 1. Digital terrain model - Grid (z).

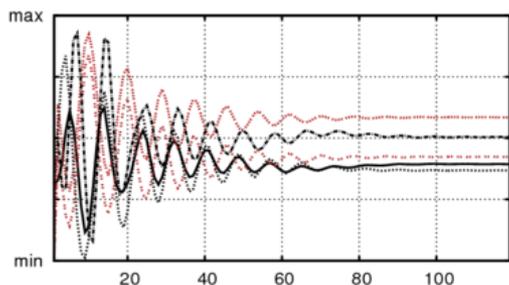
# WindSim 建模:風場的CFD計算

設置好相應的邊界條件、湍流模型,根據硬體設定選擇合適的求解方案以後就可以對風場區域進行CFD計算。在該模組中可實現中尺度計算嵌套和大氣熱穩定性設置計算等功能。計算過程中可監控反覆運算的收斂狀況。採用本地求解器、多核運行,本專案在數小時內可以完成CFD計算。若使用雲端計算,則時間將進一步縮短。



## Wind Fields

Spot Values Residual Values Field Value  
Sector: 022 °



U1\_Max = -1.000E+00  
U1\_Min = -3.000E+00  
V1\_Max = -3.000E+00  
V1\_Min = -7.000E+00  
W1\_Max = 5.000E-03  
W1\_Min = -5.000E-03  
KE\_Max = 6.000E-01  
KE\_Min = 1.000E-10  
EP\_Max = 3.000E-02  
EP\_Min = 9.000E-11

Results are updated

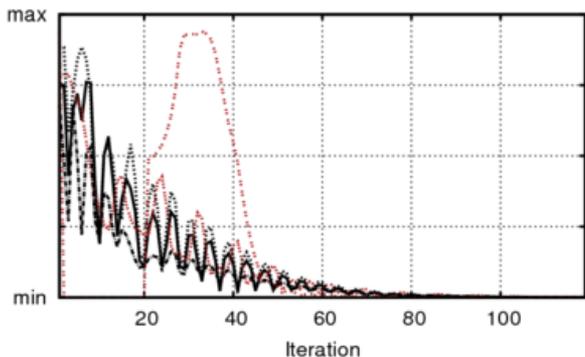
Start

Properties

- 1: Boundary and initial conditions
  - Do Nesting: Disregard nesting
  - Sector input type: Manually set sector angles
  - Sectors for start run: 90;112;270;292
  - Height of boundary layer: 500
  - Speed above boundary layer: 10
  - Use previous run as input: False
  - Boundary condition at top: No-friction wall
- 2: Physical models
  - Potential temperature: Disregard temperature
  - Air density: 1.225
  - Turbulence model: RNG k-epsilon
- 3: Calculation parameters
  - Solver: CVX
  - Number of simultaneous sec: 4
  - Number of iterations: 500
  - Convergence wizard: False
  - Convergence criteria: 0.001
- 4: Convergence monitoring
  - Coordinate system: Global
  - Spot value X position: 220920
  - Spot value Y position: 266650
  - Field value to monitor: Speed scalar XYZ
- 5: Output
  - Height of reduced wind dat: 300
  - Run in batch mode: False

## Wind Fields

Spot Values Residual Values Field Value  
Sector: 022 °



U1 ——— V1 ..... W1 - - - - -  
KE ..... EP .....

## Wind Fields

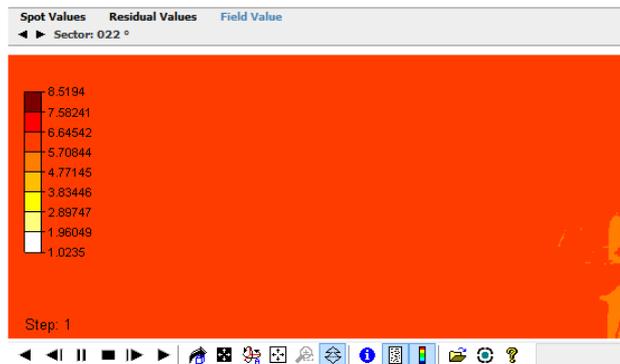


Fig 1. Convergence monitoring: Wind speed 3D (u,v,w)

# WindSim 建模:測風資料導入

WindSim可直接讀入Windographer輸出的測風資料,包括短期一年的實測風速和經MCP操作後二十年的長期風資料。並生成測風資料的風玫瑰圖和擬合的weibull分佈。

site name	002.windog		
filename	mast-1year		
measurement period	01/01/2015 00:00 - 01/01/2016 00:00	# records = 52559	
position	x = 234966.0	y = 2668562.0	z (agl) = 70.0
Weibull param., average speed	k = 1.44	A = 8.24	average = 7.70

Table 1. Climatology characteristics, including Weibull (k,A) and average wind speed (m/s) of all sectors.

site name	fianl.windog		
filename	mast-20year		
measurement period	01/01/1996 08:00 - 30/12/2015 00:00	# records = 175264	
position	x = 234966.0	y = 2668562.0	z (agl) = 70.0
Weibull param., average speed	k = 1.39	A = 8.25	average = 7.91

Table 1. Climatology characteristics, including Weibull (k,A) and average wind speed (m/s) of all sectors.

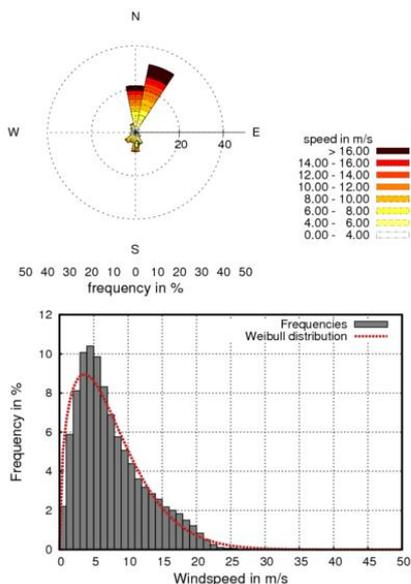


Fig 1. Above: Climatology - 002.windog. Below: Frequency distribution - 002.windog.

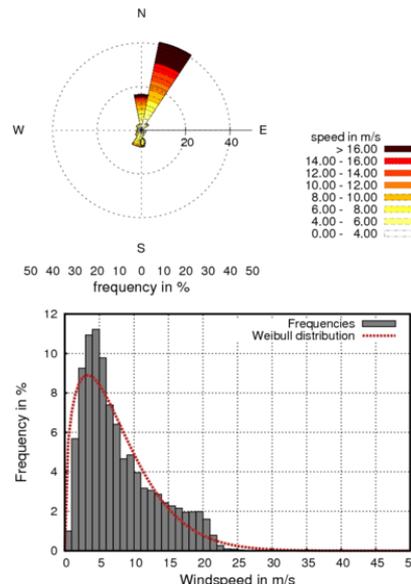


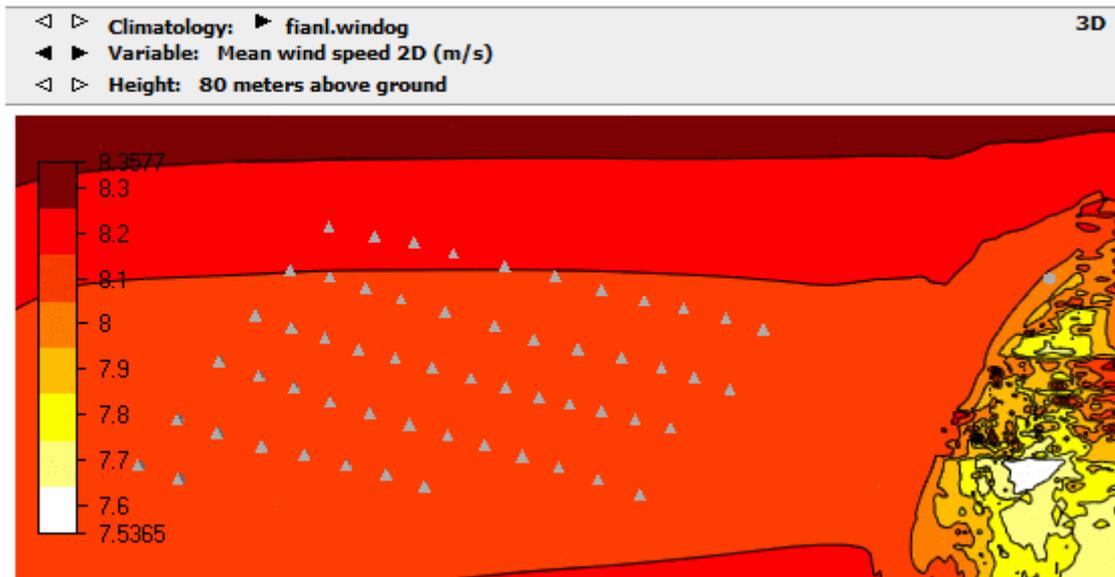
Fig 1. Above: Climatology - fianl.windog. Below: Frequency distribution - fianl.windog.

一年實測風和MCP長期風速的對比, 平均風速由7.7m/s增至7.91m/s

## WindSim 建模:風資源檔生成

WindSim讀入測風資料後進入Wind Resources模組可生成計算區域的風資源圖和風資源檔(WRG和RSF),以便通過Park Optimizer進行風場布機優化。

### Wind Resources



目標場址區域80m高度的風資源圖譜

# WindSim 建模:微觀選址和風機點位優化

利用風資源檔,並設定相應的約束條件,自動地考慮尾流影響,通過Park Optimizer模組優選合適的風機點位和風機台數,以設計出經濟效益最好,並符合IEC設計規範的機組排布方案。在實際操作中,我們需要準確的測風資料和相應的風機的推力係數,我們才能進行優化,而此次初算的資料中未提供這些必要條件,因而我們只是進行了簡單的布機優選,優選了57個機位。

The screenshot displays the WindSim ParkOptimizer interface, which is used for wind turbine layout optimization. The interface is divided into several sections:

- Source Data:** This section allows users to specify the source of the wind resource data. It includes checkboxes for "WindSim Project" (checked) and "Resource (.wrg) file". A "Data Specification" button is also present.
- Turbine Layout Options:** This section provides a list of turbine layout options, including "Minimum", "Optimize", and "Create".
- Economic Optimization Results:** This section displays the optimization results, including the objective function to be maximized:
 
$$\Pi(x) = -C_0 - C_1x - C_2(x) - C_3Px + \sum_{t=1}^T (1+r)^{-t} E(x)(p_t + s_t - oe(x))10^{-6}$$
 The results are visualized in a graph showing the net present value over time (0 to 70 years).
- Turbine Layout Table:** A table listing the optimized turbine locations and their parameters. The table has columns for name, coord, x-pos, y-pos, z-pos, rotor, and visualisation.

name	coord	x-pos	y-pos	z-pos	rotor	visualisation
maat-20year	3	234966.0	2668562.0	70	60	climatology_80
weca1	3	211718.625	2667498.75	80	90	turbine_80
weca2	4	210623.765625	2666125.5	80	90	turbine_80
weca3	4	209417.5625	2664399.75	80	90	turbine_80
weca4	4	208248.46875	2663026.5	80	90	turbine_80
weca5	4	212757.828125	2667109.0	80	90	turbine_80
weca6	4	211811.40625	2665680.25	80	90	turbine_80
weca7	4	210586.65625	2663991.5	80	90	turbine_80
weca8	4	209454.671875	2662618.25	80	90	turbine_80
weca9	3	213741.34375	2666812.25	80	90	turbine_80
weca10	3	214724.875	2666478.25	80	90	turbine_80
weca11	3	212832.046875	2665346.25	80	90	turbine_80
weca12	4	213889.796875	2664919.25	80	90	turbine_80
weca13	4	215819.734375	2666218.25	80	90	turbine_80
weca14	4	216896.046875	2665940.0	80	90	turbine_80
weca15	4	215058.890625	2664604.0	80	90	turbine_80
weca16	4	216227.984375	2664251.25	80	90	turbine_80
weca17	4	218028.015625	2665624.5	80	90	turbine_80
weca18	4	217359.96875	2663917.25	80	90	turbine_80
weca19	3	219048.65625	2665346.25	80	90	turbine_80
weca20	3	220013.625	2665049.25	80	90	turbine_80
weca21	4	220922.921875	2664845.25	80	90	turbine_80
weca22	4	221850.765625	2664641.0	80	90	turbine_80
weca23	3	222834.296875	2664399.75	80	90	turbine_80
weca24	3	223873.484375	2664140.0	80	90	turbine_80
weca25	3	218436.28125	2663639.0	80	90	turbine_80
weca26	3	219531.140625	2663305.0	80	90	turbine_80
weca27	3	220588.890625	2662971.0	80	90	turbine_80
weca28	4	221739.421875	2662618.25	80	90	turbine_80
weca29	3	222966.296875	2662184.75	80	90	turbine_80
weca30	3	216667.171875	2662415.25	80	90	turbine_80
weca31	4	211891.828125	2663590.5	80	90	turbine_80
weca32	3	213141.328125	2663330.75	80	90	turbine_80
weca33	3	214378.46875	2663021.5	80	90	turbine_80
weca34	3	215541.375	2662761.5	80	90	turbine_80
weca35	3	212726.890625	2668948.25	80	90	turbine_80
weca36	3	213877.4375	2670110.25	80	90	turbine_80
weca37	3	213895.984375	2668625.5	80	90	turbine_80
weca38	3	215213.53125	2669850.5	80	90	turbine_80
weca39	3	214953.734375	2668310.25	80	90	turbine_80
weca40	3	216364.078125	2669646.25	80	90	turbine_80
weca41	3	215974.375	2667976.25	80	90	turbine_80
weca42	3	217514.609375	2669307.75	80	90	turbine_80
weca43	3	217273.375	2667586.5	80	90	turbine_80

# WindSim 建模:計算發電量

導入優選的風機點位資訊和風機的功率曲線,結合當地的空氣密度條件,並選擇相應的尾流模型,即可計算風場的潛在發電量。針對該區域,我們僅選擇了57個機位點,平均風速達8.11m/s,平均尾流為1.11%,潛在發電量AEP為412.75GWh/y。從資料上看,我們可以進一步優選,獲得更多的風機點位,進一步提高潛在發電量。此外,要獲得更準確的尾流結果,我們也可啟用WindSim的Actuator Disc模型進行詳細的類比,但需要花費更多的時間。實際對比後,我們也發現一年的測風期實測的風速比20年長期訂正風速小,直接用一年的實測風速計算發電量有可能低估該風場的發電潛力。

Turbine - wecs1

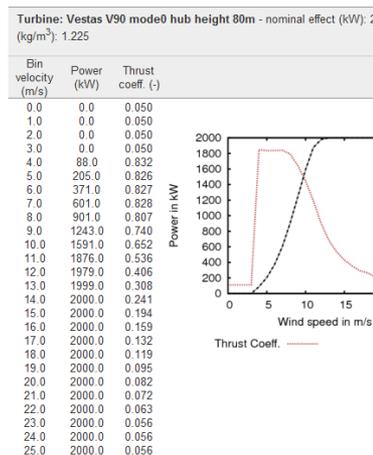


Table 1. Turbine characteristics.

AEP Climatology: mast-20year

The annual energy production for each wind turbine is based on the power curve and the speed-up adjusted climatology.

name	power (kW)	hub height (m)	density (kg/m <sup>3</sup> )	wind speed (m/s)	power density (W/m <sup>2</sup> )	gross AEP (MWh/y)	AEP with wake losses (MWh/y)	wake loss (%)	full load hours (h)			
wecs1	2000	80.0	1.225	8.13	850.3	7332.7	7284.3	0.66	3642.1			
wecs2	2000	80.0	1.225	8.10	840.3	7318.1	7287.1	0.42	3643.6			
wecs3	2000	80.0	1.225	8.08	829.5	7307.2	7262.2	0.62	3631.1			
wecs4	2000	80.0	1.225	8.07	820.2	7301.0	7296.1	0.07	3648.1			
wecs5	2000	80.0	1.225	8.12	847.7	7326.6	7254.6	0.98	3627.3			
wecs6	2000	80.0	wecs36	2000	80.0	1.225	8.19	874.8	7363.3	7319.8	0.59	3659.9
wecs7	2000	80.0	wecs37	2000	80.0	1.225	8.15	860.0	7344.4	7301.2	0.59	3650.6
wecs8	2000	80.0	wecs38	2000	80.0	1.225	8.18	872.0	7356.5	7314.9	0.57	3657.4
wecs9	2000	80.0	wecs39	2000	80.0	1.225	8.14	857.4	7341.2	7238.7	1.40	3619.4
wecs10	2000	80.0	wecs40	2000	80.0	1.225	8.17	869.9	7351.6	7313.5	0.52	3656.8
wecs11	2000	80.0	wecs41	2000	80.0	1.225	8.13	854.8	7336.0	7209.1	1.73	3604.6
wecs12	2000	80.0	wecs42	2000	80.0	1.225	8.16	866.9	7344.6	7306.2	0.52	3653.1
wecs14	2000	80.0	wecs43	2000	80.0	1.225	8.13	852.2	7330.4	7251.6	1.07	3625.8
wecs15	2000	80.0	wecs44	2000	80.0	1.225	8.15	863.7	7336.8	7302.3	0.47	3651.1
wecs16	2000	80.0	wecs45	2000	80.0	1.225	8.12	849.8	7325.3	7235.9	1.22	3617.9
wecs17	2000	80.0	wecs46	2000	80.0	1.225	8.15	861.5	7331.4	7298.5	0.45	3649.2
wecs18	2000	80.0	wecs47	2000	80.0	1.225	8.11	847.7	7321.0	7189.4	1.80	3594.7
wecs19	2000	80.0	wecs48	2000	80.0	1.225	8.11	846.9	7319.3	7190.7	1.76	3595.4
wecs20	2000	80.0	wecs49	2000	80.0	1.225	8.11	846.5	7318.9	7181.9	1.87	3590.9
wecs21	2000	80.0	wecs50	2000	80.0	1.225	8.11	846.1	7318.8	7187.3	1.80	3593.6
wecs22	2000	80.0	wecs51	2000	80.0	1.225	8.11	846.1	7319.5	7223.9	1.31	3611.9
wecs23	2000	80.0	wecs52	2000	80.0	1.225	8.11	846.0	7320.8	7239.5	1.11	3619.8
wecs24	2000	80.0	wecs53	2000	80.0	1.225	8.14	858.5	7339.5	7304.1	0.48	3652.1
wecs25	2000	80.0	wecs54	2000	80.0	1.225	8.14	857.0	7336.1	7300.6	0.48	3650.3
wecs26	2000	80.0	wecs55	2000	80.0	1.225	8.13	856.0	7334.1	7292.6	0.57	3646.3
wecs27	2000	80.0	wecs56	2000	80.0	1.225	8.13	855.3	7332.1	7296.3	0.49	3648.1
wecs28	2000	80.0	wecs57	2000	80.0	1.225	8.13	854.9	7330.8	7309.3	0.29	3654.6
wecs29	2000	80.0	All	114000	-	-	-	-	417363.9	412751.8	1.11	3620.6
wecs30	2000	80.0	Mean	-	-	1.225	8.11	844.4	-	-	-	-
wecs31	2000	80.0	Reference production at climatology position: mast-20year									
wecs32	2000	80.0	ref.	2000	80.0	1.225	8.05	843.7	7205.3	-	-	3602.6
wecs33	2000	80.0	ref.	2000	70.0	1.225	7.91	803.0	7077.1	-	-	3538.6

Table 1. Energy production based on the frequency table.

# WindSim 建模:更多的計算結果

除潛在發電量外,WindSim可得到風場各機位點全面詳細的風資源特性值,各高度上的50年一遇最大風速、年平均風速、風速頻率參數、空氣密度、環境湍流強度和受尾流影響的有效湍流強度、入流角、風切變指數等,以便於各機位點風機載荷分析並確定風機的適應性。並能生成詳細的Word格式的專案計算報告。

Terrain ✓ Wind Fields ✓ Objects ✓ Results ✓ Wind Resources Energy ✓

Results are updated

Back Forward

Table 3. IEC classification parameters for mast-1-year

sector: 0

IEC classification	climatology name	no	node	name	x (m)	y (m)	z (asl) (m)	z (agl) (m)	z (rth) (m)	Speed2D (m/s)	UCRT (m/s)	VCRT (m/s)	WCRT (m/s)
		1	HUB	wecs1	0.11718	0.06674	0.0	0.0	0.0	0.041	0.001	7.504	0.001
		1	URB	wecs2									0.000
		1	ULB	wecs3									0.000
		1	DLB	wecs4									0.000

Table 4. IEC classification parameters for mast-1-year

energy\_IEC\_classification.1

Export of turbine parameters in AS

turbines\_assessment\_clim\_mas

Export of vertical profiles in ASCII

vertical\_profile.dat  
vertical\_profile.csv

Export of rotor profiles in ASCII

rotor\_profile.dat  
rotor\_profile.csv

Export of power history in ASCII

mast-1-year

powerhistory\_clim\_mast-1-year  
powerhistory\_clim\_mast-1-year  
powerhistory\_clim\_mast-1-year  
powerhistory\_clim\_mast-1-year  
powerhistory\_clim\_mast-1-year  
powerhistory\_clim\_mast-1-year

3 HUB wecs1 Vhub 1 I\_amb\_ref 0.2251 s\_I

3 URB wecs2 2 0.1332

3 ULB wecs3 3 0.1073

3 DLB wecs4 4 0.1051

3 DRB wecs5 5 0.1020

3 URT wecs6 6 0.0967

3 DRT wecs7 7 0.0996

8 0.1003

9 0.0995

10 0.0938

11 0.0871

Figure 3.1. Wind rose (left) and frequency distribution with Weibull fitting (right) for all sectors.

Average wind speed (m/s)	9	10	11	12	13	14	15	16
Frequency (%)	21.61	31.90	2.11	1.19	1.15	1.51	2.80	5.70
Weibull shape, k	1.84	2.13	1.81	1.93	2.12	1.57	1.70	1.83
Weibull scale, A	10.83	12.02	3.11	2.10	2.33	3.16	3.80	5.82

Table 3.1. Climatology characteristics including average wind speed (m/s) for all sectors, Weibull shape (k) and scale (A) parameters for all sectors

Average wind speed (m/s)	9	10	11	12	13	14	15	16
Frequency (%)	21.61	31.90	2.11	1.19	1.15	1.51	2.80	5.70
Weibull shape, k	1.84	2.13	1.81	1.93	2.12	1.57	1.70	1.83
Weibull scale, A	10.83	12.02	3.11	2.10	2.33	3.16	3.80	5.82

# 實景動畫呈現



生成風場實景動畫,提前感受風場建成後的形態。可旋轉、縮放,從各個角度觀察。



## WindSim 建模:一些心得感想

通過此次示例的設立和演算,我們認為利用WindSim軟體可以很好的勝任風電場的發電量評估和微觀選址的工作。整個模型從最開始接收到檔,到最終的結果僅耗費不到一周時間。但由於資料缺失和時間緊迫,我們認為還存在以下問題,需要完成更多的工作,包括:

- 1 場區測風資料缺失。目前現有的測風塔具體場址區域太遠,需要在場值區域設立測風塔獲得更準確的風資料。
- 2 風機在各風速下的推力係數資料缺失。需要聯繫意向風機廠商獲取相應的資料,這樣才能獲得更準確的尾流計算結果
- 3 需要時間進一步進行優化布機方案。由於缺乏必要的參數,加上時間緊張,我們不能完整地運用Park Optimizer工具進行場址風機數量和風機點位的完整優化。
- 4 如果時間許可,且進一步研究的要求,我們建議採用WindSim的Actuator Disc模型,對布機方案進行進一步的詳細研究和分析,獲得更多的尾流損耗的資訊。

總體而言,利用WindSim軟體,我們在較短的時間內完成了建模和計算工作,獲得了一些初步的結果,但精細的分析仍需繼續努力。

由於基於CFD的軟體建模和計算工作在一定程度上依賴于軟體消費者的經驗,因此,WindSim公司提供了全面的配套培訓和售後支援計畫。

## WindSim 培訓和支援計畫

### 培訓計畫:

#### 1 定制培訓計畫:

為滿足此次招標的要求,WindSim提供不少於40小時的現場培訓服務。講解WindSim的理論和實踐操作,並分享專案實施經驗。此後,WindSim也可按照客戶要求定制的現場培訓,按照使用者的需求來設計培訓內容。費用和課程長度由使用者與WindSim公司協商決定。

#### 2 免費培訓:

WindSim每年都會組織1到2次公開培訓課程,時長一天,該課程全程免費,地點一般設在北京,使用者只需自付食宿以及交通費用。每次培訓之前將有技術人員發郵件通知,使用者報名即可。

#### 3 高級培訓:

WindSim每年將組織2次高級應用培訓,內容涉及到軟體的高級應用技能以及使用經驗。費用根據培訓講師的人選和時長有所不同,地點在北京。

#### 4 認證考試

WindSim每年在北京組織2次應用認證考試,測試消費者獨立完成專案的能力和對風資源評估的認識、理解。通過WindSim認證考試的應試者將在WindSim官方網站上公示,使其計算結果更容易獲得業界認可。費用 RMB 8000/人/次,不包括差旅和食宿費用。

### 技術支援:

軟體技術人員對合同範圍內的各種軟體模組,提供終身電話、電子郵件技術支援服務。

電話: 010-84351671

Skype: WindSim.AS、WindSim.Americas、WindSim.China

Email: support@windsim.com

還可通過WindSim使用者QQ群組(103810801)來為使用者提供即時的技術支援,包括遠端桌面協助等。目前,該技術支援群組已有超過400位使用者,不僅能即時解決技術問題,也可共同探討軟體使用經驗和分析專案經驗。

# WIND KNOWLEDGE

| IS WIND POWER

## Thank you

[www.windsim.com](http://www.windsim.com)  
[info@windsim.com](mailto:info@windsim.com)

**WindSim AS**  
Fjordgaten 15  
3125 Tønsberg, Norway  
Tel: +47 33 38 18 00

**WindSim Americas**  
2945 Townsgate Road  
Westlake Village,  
California 91361, USA  
Tel: +1 805 216 0785

**WindSim Brasil**  
Market Place II,  
Av. Doutor Chucri Zaidan, 940  
16º andar, Vila Gertrudes  
São Paulo – SP 04583-110, Brasil  
Tel: +55 11 5095 3430

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

**WindSim India**  
Suite # 617 Regus Milenia Business Park  
Phase 2, Level - 6, Campus 4B, No - 1 43,  
Dr.M.G.R Road Kandanchavady, Perungudi  
Chennai 600 096, India  
Tel: +91 98 4032 2786