



**ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ**

Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος

**Συγκριτικά αποτελέσματα των μοντέλων WAsP και Wind Farm  
στο αιολικό πάρκο του ΚΑΠΕ**



Διαμαντής Σέρασλης

Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Καραπιδάκης Μανώλης

Χανιά  
Ιούνιος 2008



## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους του τμήματος των αιολικών στο ΚΑΠΕ για την παροχή πληροφοριών και στοιχείων που μου παρείχαν στο πλαίσιο αυτής της εργασίας.



## Πρόλογος

Η Εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εξάμηνης πρακτικής μου στο ΚΑΠΕ και σκοπό είχε να αποτελέσει ένα εργαλείο για κάποιον που θέλει να κατανοήσει τη διαδικασία που ακολουθείται κατά την χωροθέτηση αιολικών πάρκων.

Παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθούν δύο από τα δημοφιλέστερα εμπορικά προγράμματα που χρησιμοποιούνται στην αγορά και σε ξεχωριστά κεφάλαια αναλύεται η διαδικασία που ακολουθεί το καθένα με σκοπό να γίνουν ποιο κατανοητά, παρουσιάζοντας παράλληλα και τρόπους συνεργασίας μεταξύ τους ώστε να πάρουμε ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα.

Παράλληλα γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων που δίνουν τα δύο λογισμικά και παρουσιάζονται οι διαφοροποιήσεις και οι ιδιαιτερότητες του κάθε εργαλείου. Παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παραπάνω διαδικασία και δίνονται τρόποι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι αβεβαιότητες που προκύπτουν από τα αποτελέσματα μας.

Τέλος γίνονται προτάσεις για μελλοντικές εργασίες με ποιο σύνθετα μοντέλα έτσι ώστε τα αποτελέσματά μας να προσαρμόζονται καλύτερά στις ελληνικές συνθήκες καθώς το προφίλ της ταχύτητας του ανέμου διαφοροποιείτε λόγω της σύνθετης τοπογραφίας που επικρατεί στον ελλαδικό χώρο.



1. Εισαγωγή
  - 1.1. Η επιλογή των θέσεων
  - 1.2. Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας ανεμογεννητριών.
  - 1.3. Συνοπτική περιγραφή της διαδικασίας επιλογής θέσης για εγκατάσταση ανεμογεννητριών
  - 1.4. Μεθοδολογία Επιλογής θέσης Εγκατάστασης ανεμογεννητριών σε σύνθετη τοπογραφία.
  - 1.5. Το Επιδεικτικό Αιολικό Πάρκο ΚΑΠΕ
2. ΤΟ WASP
  - 2.1. Τι είναι το WASP
  - 2.2. Η ιεραρχία του χώρου εργασίας
    - 2.2.1. Η ιεραρχία καθορίζει διαμόρφωση το μοντέλου
    - 2.2.2. Τα Μέλη της ιεραρχίας και τα αρχεία τους
    - 2.2.3. Διαφορετικά μέλη, διαφορετικοί ρόλοι
    - 2.2.4. Εισαγωγή των μελών ιεραρχίας
    - 2.2.5. Διαμόρφωση με τα μέλη ιεραρχίας
      - 2.2.5.α. Μετεωρολογικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν τους άτλαντες αέρα .
      - 2.2.5.β. Οι θέσεις των ανεμογεννητριών χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν τα προβλέψιμο κλίματα αέρα.
      - 2.2.5.γ. Τα αιολικά πάρκα χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν την παραγωγή ισχύος για διάφορες θέσεις
      - 2.2.5.δ. Τα πλέγματα ροής του αέρα χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν την παραγωγή ισχύος της περιοχής
  - 2.3. Εργαλεία του WASP
    - 2.3.1. Το πρόγραμμα WASP OWC Wizard
    - 2.3.2. Το εργαλείο WASP MapEditor
  - 2.4. Ο υπολογιστής της πυκνότητας του αέρα
  - 2.5. The Turbine Editor
  - 2.6. Διόρθωση της ισχύος και του συντελεστή ισχύος (Ct) λόγω της πυκνότητας του αέρα
    - 2.6.α) Για ανεμογεννήτριες με έλεγχο ισχύος λόγω αεροδυναμικής αποκόλλησης (stall)
    - 2.6.β) Για ανεμογεννήτριες μεταβλητής γωνίας πτερυγίου (pitch)
  - 2.7. Ρόδο τραχύτητας
    - 2.7.1. Το παράθυρο ρόδου τραχύτητας
    - 2.7.2. Η παραγωγή ενός ρόδου τραχύτητας από έναν χάρτη
    - 2.7.3. Έκδοση μιας ζώνης τραχύτητας
  - 2.8. Ομάδες εμποδίων
    - 2.8.1.α. Ρύθμιση του σχεδιαγράμματος
    - 2.8.1.β. Συνεργασία με τις ομάδες εμποδίων
    - 2.8.1.γ. Προσθήκη ενός νέου εμποδίου στον κατάλογο
    - 2.8.1.δ. Προσθέτοντας στοιχεία εμποδίων
    - 2.8.1.ε. Προετοιμασία μιας ομάδας εμποδίων

- 2.10 Εργασία με το WASP
  - 2.10.1 Διαδικασία πρόβλεψης της παραγωγής ενέργειας του πάρκου
  - 2.10.2 Άνοιγμα του workspace του WASP
  - 2.10.3 Η Δημιουργία του άτλαντα αέρα
  - 2.10.3.α Η Προσθήκη των παρατηρήσεων αέρα
  - 2.10.4 Η Εγκατάσταση του αιολικού πάρκου
  - 2.10.5 Εγκατάσταση ανεμογεννητριών
  - 2.10.6 Ο Προσδιορισμός αιολικών μηχανών
  - 2.10.7 Πρόβλεψη της παραγωγής του αιολικού πάρκου
  - 2.10.8 Υπολογισμός του αιολικού δυναμικού
- 3. Το υπολογιστικό εργαλείο Wind farm
  - 3.1.Εισαγωγή
    - 3.1.α Έναρξη εργασίας στο Wind farm
  - 3.2 Εργαλεία του wind farm
  - 3.3 Οι ενότητα εμφάνισης πλέγματος και περιγράμματος
    - 3.3.1 Ο ορισμός περιγραμμάτων.
  - 3.4 Η ενότητα μετατροπής χαρτών
    - 3.4.1Ο χάρτης υποβάθρου
    - 3.4.2Μετατροπή χαρτών, καθορισμός θέσης και διεύθυνσης στο χάρτη.
    - 3.4.3Ένωση χαρτών.
  - 3.5 Η ενότητα ροής αέρα
    - 3.5.1 Παράμετροι τρεξίματος
    - 3.5.2 Έκταση της περιοχής
    - 3.5.3 Υπολογισμός της περιοχής
    - 3.5.4.Στοιχεία ύψους και τραχύτητάς
  - 3.6 Η ενότητα ενεργειακής παραγωγής
    - 3.6.1 Διαδικασία υπολογισμού:
  - 3.7 Η ενότητα βελτιστοποίησης
    - 3.7.1 Παράγοντες τυχαιοποίησης
    - 3.7.2Περιορισμοί
    - 3.7.3 Τρεξίματα και αποτελέσματα βελτιστοποίησης.
  - 3.8 Η ενότητα οπτικός-επιρροής ZVI)
    - 3.8.1 Προσδιορισμός των παραμέτρων
    - 3.8.2 Ιδιώτες απεικόνισης
    - 3.8.3 Υπολογισμός και παρουσίαση αποτελεσμάτων .
  - 3.9 Η ενότητα τρεμουλιασμάτων σκιών
  - 3.10 Η ενότητα υπολογισμού θορύβου
    - 3.10.2 Επίπεδα θορύβου.
  - 3.11 Η ενότητα Photomontage
    - 3.11.1Παράμετροι
- 4. Αποτελέσματα των δύο μοντέλων.
  - 4.1Αποτελέσματα παραγωγής
  - 4.2 Επιμέρους αποτελέσματα των δύο μοντέλων
  - 4.3 Συγκριτικά αποτελέσματα για διαφορετικό αριθμό διευθύνσεων
    - 4.3.1 Αποτελέσματα στο κάθε μοντέλο
  - 4.4 Συγκριτικά αποτελέσματα Βέλτιστης χωροθέτησης.
  - 4.5 Αβεβαιότητα παραμέτρων υπολογισμού
  - 4.6 Συμπεράσματα
- 5 Μελλοντικές Εργασίες –Προτάσεις



- 5.1 Οι ιδιαιτερότητες στις Ελληνικές Ανεμολογικές Συνθήκες  
5.2 Στοχαστικά χαρακτηριστικά του ανέμου –Δομή της ατμοσφαιρικής τύρφης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1. Εισαγωγή

#### 1.1. Η επιλογή των θέσεων

Η επιλογή των θέσεων εγκατάστασης ανεμογεννητριών παρουσιάζει τα ίδια προβλήματα με την επιλογή θέσης εγκατάστασης οποιουδήποτε συστήματος παραγωγής ενέργειας. Διαφέρει όμως σένα βασικό σημείο ότι είναι δυνατόν να προσδιοριστεί κατά προσέγγιση η παραγωγή ενέργειας και το κόστος αυτής, αν είναι γνωστή η ακριβής θέση εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η συμπεριφορά του σε μια θέση ,είναι αυτή που μπορεί να καθορίσει και τη συμπεριφορά και λειτουργία των ανεμογεννητριών. Έτσι η οικονομική βιωσιμότητα των ανεμογεννητριών σε μια περιοχή δεν μπορεί να προβλεφθεί χωρίς την ακριβή γνώση της συμπεριφοράς του ανέμου στην περιοχή αυτή. Επομένως η ένταση του ανέμου και οι διακυμάνσεις του στο μέτρο και τη διεύθυνση είναι βασικοί παράμετροι για την επιλογή της θέσης των ανεμογεννητριών .Για να θεωρείται μια θέση βιώσιμη θα πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις.

- ✚ Η παραγωγή ενέργειας να είναι συμφέρουσα οικονομικά (μικρό κόστος /Kw).
- ✚ Η εγκατάστασή να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- ✚ Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας να είναι συμβατή με τη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου.
- ✚ Να έχουν ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό της ανεμογεννήτριας οι πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής(παγετοί, εξαιρετικά ισχυροί άνεμοι).
- ✚ Η περιοχή εγκατάστασης του πάρκου να είναι αποδεκτή από την τοπική κοινωνία.

Η διαδικασία επιλογής της θέσης εγκατάστασης μπορεί να χαρακτηριστεί επιτυχής όταν υπάρχει υψηλό αιολικό δυναμικό στην περιοχή. Αφού γίνει προσεκτικός έλεγχος της περιοχής αυτής ,επιλέγονται οι θέσεις που ικανοποιούν τις παραμέτρους που αριθμήθηκαν προηγουμένως.

Ένας πρωταρχικός παράγοντας που σχετίζεται με την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης είναι το μέγεθος και οι περιοδικές διακυμάνσεις της έντασης του ανέμου .Η συμπεριφορά όμως του ανέμου κοντά στην επιφάνεια της γης είναι περίπλοκη και η ταχύτητα του μπορεί να μεταβληθεί ,τόσο στο οριζόντιο όσο και στο κατακόρυφο επίπεδο. Οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για να ανάγουμε τα υπάρχοντα δεδομένα σε θέσεις που μας ενδιαφέρουν δεν είναι ακριβείς .Έτσι ,δεν μπορούμε να σχεδιάσουμε ένα δίκτυο μετρήσεων ταχυτήτων ανέμου που να μπορεί να μας δώσει το αιολικό δυναμικό σε κάθε θέση μιας μεγάλης περιοχής. Επίσης οι μετρήσεις χρειάζονται χρόνο και χρήμα να πραγματοποιηθούν.

Η πιο πρακτική λύση στο πρόβλημά επιλογή θέσης ανεμογεννήτριας είναι να χρησιμοποιήσουμε υπάρχουσες πληροφορίες για τον προσδιορισμό περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό τέτοιο που να δικαιολογεί τη οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασής. Έπειτα μέσα στις περιοχές αυτές, επιλέγονται τοποθεσίες στις οποίες η εγκατάστασή ανεμογεννητριών είναι πρακτικός εφικτή. Τέλος εκτελούνται μετρήσεις ανέμου στις συγκεκριμένες πλέων θέσεις.

## **1.2 Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας ανεμογεννητριών.**

Ο προσδιορισμός μιας περιοχής στην οποία πνέουν δυνατοί άνεμοι, δε σημαίνει ότι βρήκαμε τη βέλτιστη θέση για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών. Πολλές και σημαντικές είναι οι επιμέρους παράμετροι που πρέπει να έχει υπόψη του ο μηχανικός προκειμένου να καταλήξει στην επιλογή της οριστικής θέσης εγκατάστασης. Και η επιλογή αυτή θα είναι βέλτιστη, είναι βέλτιστη μόνον εφόσον γίνει σωστή και λεπτομερής αξιολόγηση των παραμέτρων αυτών.

### **Οικονομική αξία.**

Ο σημαντικότερος στόχος μιας ανεμογεννήτριας είναι να μειώσει το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας γ'αυτό η οικονομική βιωσιμότητα είναι η πρωταρχική ιδιότητα για την αποδοχή η όχι μιας θέσης. Επειδή παράγει ηλεκτρική ενέργεια μόνο όταν φυσάει άνεμος, χρησιμοποιείται συνήθως σαν εξοικονομητής καυσίμου.

Έτσι το κόστος της παραγόμενης ενέργειας ποικίλει ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την εποχή του έτους. Για να κρίνουμε επομένως την οικονομική βιωσιμότητα μιας θέσης ανεμογεννήτριας, χρειαζόμαστε πληροφορίες για το μέγεθος και τις διακυμάνσεις του ανέμου μέσα σ ένα έτος.

Ένας άλλος οικονομικός παράγοντας πρωταρχικού ενδιαφέροντος είναι το κόστος εγκατάστασης. Τούτο είναι αισθητά μειωμένο αν η εγκατάσταση γίνει κοντά σε υπάρχοντες δρόμους και γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

### **Επιδράσεις στο περιβάλλον.**

Γενικά οι επιδράσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον είναι πολύ μικρές. Ωστόσο σε ορισμένες μεμονωμένες περιπτώσεις μπορεί οι ανεμογεννήτριες να έχουν αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον. Οι επιδράσεις που ενδιαφέρουν περισσότερο είναι.

### **Οπτικοαισθητική επίδραση**

Η εγκατάσταση μιας τεράστιων ανεμογεννητριών σε μια όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί άσχημη οπτική εντύπωση. Αντίθετά η εγκατάσταση της ίδιων ανεμογεννητριών σε μια αχανή έκταση περνά σχεδόν απαρατήρητη.

### **Επίδρασης στα πούλια**

Καλό είναι να αποφεύγεται η εγκατάστασή ανεμογεννητριών σε μέρη που είναι νυκτερινά περάσματα αποδημητικών πουλιών.

### **Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση**

Το πρόβλημα από την ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδρασή δημιουργείται από την ανάκλαση την ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στο πτερύγια τις πτερωτής

### **Γενικοί κανονισμοί και περιορισμοί στη χρησιμοποίηση της γης**

Όταν προσπαθούμε να βρούμε κατάλληλες θέσεις για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών ,πρέπει να έχουμε υπόψη μας κανονισμούς και νόμους που πιθανόν να εμποδίζουν τη χρησιμοποίηση γης για εγκατάσταση μεγάλων ανεμογεννητριών. Τέτοιοι νόμοι μπορεί να είναι σχετικοί με την προστασία του περιβάλλοντος ,με την προστασία ιστορικών μνημείων ,με γειννίαση σε αεροδρόμια ή στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

### **Μετεωρολογικά προβλήματα.**

Κατά την επιλογή θέσεων για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών πρέπει να ληφθούν υπόψη πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες .Ορισμένες από αυτές μπορεί πράγματι να προκαλέσουν σημαντικές ζημίες στην κατασκευή. Άλλες πάλι απλώς επηρεάζουν ,το κόστος συντήρησης κατά τη διάρκεια ζωής της μηχανής.

### **Παγετός**

Η δημιουργία παγετού μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία ανεμογεννήτριας με διάφορους τρόπους. Πρώτα από όλα η επικαθίσει στις κατασκευές αυξάνει τα στατιστικά και δυναμικά φορτία. Ως εκ τούτου ,όλα τα συστήματα της ανεμογεννήτριας και οι γραμμές μεταφοράς πρέπει να έχουν υπολογιστεί ώστε να αντέχουν αυτά τα φορτία. Όταν επικάθονται σημαντικές ποσότητες πάγου στα πτέρυγας εντός του ότι αυξάνεται το φορτίο τους, υπάρχει ο κίνδυνος να εκτοξευθεί κάποιο κομμάτι πάγου καθώς τα πτερύγια θα περιστρέφονται. Σε περίπτωση λοιπόν παγετού θα πρέπει να σταματάμε τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας και να καθαρίζουμε τα πτερύγια. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή ενέργειας ,ιδιαίτερα όταν η περιοχή που έχουμε επιλέξει εμφανίζει συχνά φαινόμενα παγετού. Ακόμα υπάρχει ο κίνδυνος ,με το πάγωμα των ανεμόμετρων ,να χαλάσουν τα συστήματα ελέγχου της ανεμογεννήτριας. Καλό είναι λοιπόν κατά την εκλογή θέσης ανεμογεννήτριας να εκτιμάται από μετεωρολόγο κατά τη συχνότητα εμφάνισης παγετών .Πρέπει να αποφεύγεται εσείς η επιλογή περιοχών που παρουσιάζουν υπερβολικές χιονοπτώσεις γιατί αυξάνεται σημαντικά το κόστος λειτουργίας και συντήρησης των ανεμογεννητριών ,ιδιαίτερα όταν η περιοχή αποκλείεται συχνά από τα χιόνια.

### **Υπερβολικά ισχυροί άνεμοι**

Η συχνότητα με την οποία παρουσιάζονται θυελλώδεις άνεμοι σε μια περιοχή ,καθώς και η ένταση τους ,μπορεί να υπολογιστεί από υπάρχοντα κλιματολογικά δεδομένα. Αυτή η πληροφορία είναι χρήσιμη για το σχεδιασμό κατάλληλης ανεμογεννήτριας που να λειτουργεί όταν επικρατούν τέτοιοι θυελλώδεις άνεμοι. Βλέπουμε λοιπόν ότι ανάλογα με τη θέση που μεταβάλλεται και ο τύπος της ανεμογεννήτριας που θα εγκαταστήσουμε .Επομένως μεταβάλλεται το κόστος κατασκευής αλλά και το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

### **Τύρβη**

Σε μία τυρβώδη ροή ,το άνυσμά της ταχύτητας σε κάθε σημείο του ρευστού υφίστανται διακυμάνσεις στο μέτρο και τη διεύθυνση .Αυτές οι διακυμάνσεις

εκτείνονται σε μέγεθος και διάρκεια και μπορεί να προκαλέσει κόπωση της κατασκευής.

Η τύρβη μπορεί να επηρεάσει τη διάρκεια ζωής ή το κόστος συντήρησης της μηχανής. Οι επιστήμονες γνωρίζουν ότι η τύρβη σε ροή πάνω από τραχύ, ανώμαλο έδαφος (βουνά, κοιλάδες, λόφοι κλπ) είναι διαφορετική από αυτήν που παρατηρείται στη ροή πάνω από επίπεδο, ομαλό έδαφος. Ωστόσο υπάρχουν ελάχιστα δεδομένα που να αποσαφηνίζουν αυτές τις διαφορές.

Η μεγάλη πλειοψηφία των μετρήσεων έχει γίνει πάνω από επίπεδο έδαφος, όπου μπορούν να αναπτυχθούν απλές θεωρίες για να περιγράψουν τη συμπεριφορά της ροής. Αλλά και αν είχαμε μετρήσεις πάνω από ανώμαλο έδαφος θα ήταν δύσκολο να εκτιμήσουμε την επίδρασή της στη διάρκεια ζωής και το κόστος συντήρησης της μηχανής. Κάτι τέτοιο απαιτεί περισσότερη εμπειρία, από τη λειτουργία μεγάλης ποικιλίας ανεμογεννητριών κάτω από ένα ευρύ φάσμα κλιματολογικών και τοπογραφικών συνθηκών.

### **Υλικά μεταφερόμενα από τον αέρα.**

Ανεμογεννήτριες που πρόκειται να εγκατασταθούν σε παραθαλάσσιες περιοχές υπόκεινται σε διάβρωση επειδή ο αέρας σε αυτές τις περιοχές περιέχει σημαντικές ποσότητες αλάτων. Πρέπει λοιπόν ορισμένα τμήματα της κατασκευής να προστατευθούν ώστε να διαθέτουν αντισκωρική προστασία.

Αν μια ανεμογεννήτρια είναι τοποθετημένη σε άγονη περιοχή, είναι πιθανό ο αέρας να μεταφέρει επάνω της σκόνη, άμμο, ψιλό χαλίκι κλπ. Τέτοια τραχιά υλικά μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στα πτερύγια. Τα προστατευτικά καλύμματα τα λιπαντικά και αλλού. Προκειμένου να επιτύχουμε ικανοποιητική συντήρηση της μηχανής κάτω από τέτοιες συνθήκες απαιτούνται σχεδιαστικές τροποποιήσεις και ειδικές διαδικασίες συντήρησης. Τέτοιες διαδικασίες αυξάνουν το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

### **Η σταθερότητα των ανέμων**

Οι διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου κατά το χρονικό διάστημα μιας ώρας, σαφώς επηρεάζουν τη λειτουργία της μηχανής, ενώ μπορούν να επιδράσουν και στη διάρκεια ζωής της. Αλλά και οι αλλαγές στη διεύθυνσή του ανέμου, στη διάρκεια μια ώρα, επηρεάζουν τα λειτουργία και τη συμπεριφορά της μηχανής. Είναι φανερό ότι η λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας σε μια θέση που παρουσιάζει συχνές αλλαγές στη διεύθυνση του ανέμου θα είναι μειονεκτικότερη μιας άλλης που είναι τοποθετημένη σε περιοχή με σταθερότερους ανέμους.

Ένα άλλο ενδιαφέρον αιολικό χαρακτηριστικό είναι η διαχρονική μεταβλητότητα δηλαδή η μεταβολή των αιολικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής από χρόνο σε χρόνο. Βέβαια οι από χρόνο σε χρόνο μεταβολές της ταχύτητάς του ανέμου είναι συνήθως πολύ μικρότερες από τις εποχιακές ή ημερήσιες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου έτους. Όμως η διαχρονική μεταβλητότητα επηρεάζει οπωσδήποτε το μέσο κόστος της ενέργειας που παράγεται σε όλη τη διάρκειά ζωής της μηχανής. Έτσι η διαχρονική μεταβλητότητα μπορεί να αποδειχθεί επικίνδυνη αν οι αποφάσεις για την διαχρονική μεταβλητότητα στηριχθούν σε δεδομένα ενός άσχημου ή πολύ καλού αιολικού έτους.

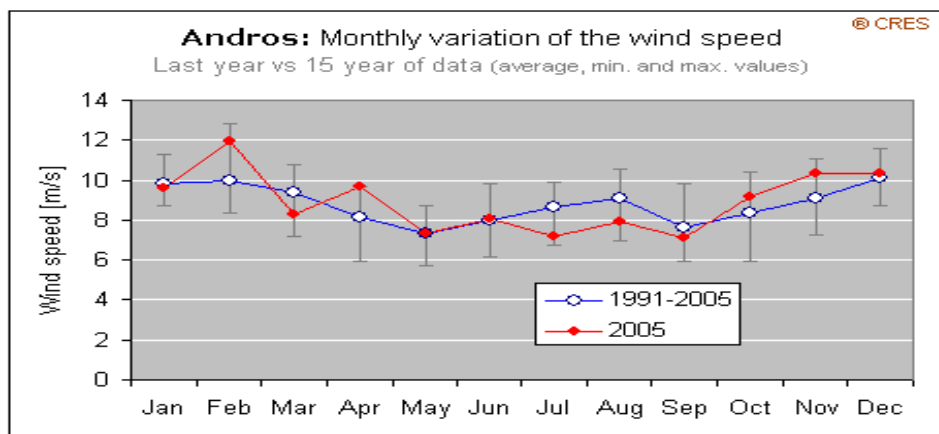
### **Προβλήματα θορύβου.**

Αποτελεί ίσως τη μόνη πραγματική επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την ύπαρξη αιολικών μηχανών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολλών μηχανών μεγάλων

διαστάσεων. Βέβαια πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η εγκατάσταση αιολικών πάρκων γίνεται κυρίως σε απομονωμένες περιοχές, ενώ ο προσεκτικός σχεδιασμός των σύγχρονων ανεμογεννητριών έχει περιορίσει στο ελάχιστο τόσο το αεροδυναμικό όσο και κάθε άλλο ηλεκτρομηχανολογικό θόρυβο.

#### **Αξιοπιστία αιολικών δεδομένων –διάρκεια παρατηρήσεων.**

Τα αιολικά δεδομένα που διαθέσουμε για ένα τόπο πρέπει να είναι αξιόπιστα. Δηλαδή να έχουν προκύψει από μακροχρόνιες μετρήσεις. Από το σχήμα φαίνεται ή μεταβολή της σχετικής αβεβαιότητας της ταχύτητας του ανέμου σαν συνάρτηση του χρόνου παρατήρησης.



**Σχήμα1.1:** Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει τον μ.ο. της ταχύτητας του αέρα των πιο πρόσφατων μηνών, μαζί με τις μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές που προκύπτουν από το σύνολο των μακροχρόνιων μετρήσεων.

Θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι υπάρχει πάντα το στοιχείο του ρίσκου στην επιλογή θέσεων ανεμογεννητριών. Τα μετεωρολογικά φαινόμενα βρίσκονται σε μια κατάσταση διαρκούς μεταβολής. Όσα προσεκτικές μετρήσεις και αν έχουμε πάρει, όσο κι αν έχουν γίνει σοβαρές μελέτες των τοπογραφικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής, είναι πιθανό ή απόφασή που θα παρθεί για τη θέση της εγκατάστασης να μην είναι ορθή. Η πιθανότητα όμως αυτή είναι μικρή.

### **1.3 Συνοπτική περιγραφή της διαδικασίας επιλογής θέσης για εγκατάσταση ανεμογεννητριών**

Ο αντικειμενικός σκοπός της διαδικασίας επιλογής θέσης ανεμογεννητριάς είναι να προσδιοριστούν θέσεις που έχουν τη μέγιστη πιθανότητα να είναι οικονομικά βιώσιμες και αποδεκτές από το κοινό. Ο προσδιορισμός αυτός πρέπει να γίνει σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται όταν πρόκειται να εκλέξουμε θέση εγκατάστασης είτε μίας ανεμογεννητριάς είτε ομάδας ανεμογεννητριών. Η διαδικασία είναι γενική, έτσι ώστε να μπορεί να ακολουθηθεί τόσο μεγάλες όσο και μικρές εγκαταστάσεις. Επειδή οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών του ανέμου είναι πολυέξοδες και χρονοβόρες, η διαδικασία είναι τέτοια που να απαιτεί εκτεταμένη χρήση των δεδομένων πληροφοριών που ήδη υπάρχουν. Η εκτέλεσή μετρήσεων σε συγκεκριμένες θέσεις έχει

προγραμματιστεί να γίνεται όσο το δυνατόν πιο αργά ,δηλαδή κατά τα τελευταία στάδια της διαδικασίας.

Ένα διάγραμμα ροής της διαδικασίας περιγράφεται παρακάτω.Μπορούμε αντί να ερευνούμε για κάποια θέση ,να εκλέξουμε εκ των προτέρων ορισμένες θέσεις και να τις αξιολογήσουμε.

Ορισμένοι από τους σημαντικούς όρους είναι οι ακόλουθοι:

- ✚ Περιοχή Ενδιαφέροντος :Μια μεγάλη έκταση γης στην ποία ψάχνουμε για θέσεις εγκατάστασης ανεμογεννήτριας .
- ✚ Υποψήφια περιοχή: Μια υποδεέστερης της περιοχής Ενδιαφέροντος ,που διαθέτει αρκετά υψηλό δυναμικό ,ώστε να εμφανίζεται οικονομικά βιώσιμη.
- ✚ Προτεινόμενη θέση: Εκείνη η υποψήφια θέση που παρουσιάζει περισσότερες δυνατότητες για εγκατάστασή ανεμογεννήτριας ,έπειτα από επί τόπου επαλήθευση του μεγέθους του αιολικού δυναμικού ,και ανάλυση τεχνικών οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων.

Σε πρώτο στάδιο εφαρμόζεται μια διαδικασία έρευνας μέσα στην περιοχή ενδιαφέροντος ,προκειμένου να καθοριστούν οι Υποψήφιες Περιοχές που παρουσιάζουν υψηλό αιολικό δυναμικό. Η περιοχή ενδιαφέροντος μπορεί να περικλείεται από λίγα μέχρι ορισμένες χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα. Αφού τελειώσει η διαδικασία έρευνας ,η οποία χρησιμοποιεί υπάρχουσες πληροφορίες παραμένει μια πολύ μικρότερη περιοχή μέσα στην οποία η εγκατάσταση ανεμογεννητριών φαίνεται να είναι οικονομικά βιώσιμη και κοινωνικά αποδεκτή .Αυτή η περιοχή υποδιαιρείται σε Υποψήφιες Περιοχές .

Κάθε υποψήφια περιοχή πληροί τις ακόλουθες ιδιότητες.

- ✚ Επαρκές αιολικό δυναμικό για δυνατή οικονομική βιωσιμότητα .
- ✚ Σταθερούς ανέμους για καλά εκτιθέμενες θέσης (ανοιχτές θέσεις ,όχι δέντρα)
- ✚ Ομογενή τοπογραφικά χαρακτηριστικά
- ✚ Προσιτό μέγεθος

Το μέγεθος αυτών των περιοχών ποικίλει .Εξαρτάτε από το πόσες λεπτομέρειες διαθέτουμε για τις υπάρχουσες πληροφορίες για το αιολικό δυναμικό από την υποκείμενη κρίση του ερευνητή. Όταν τοποθετηθούν οι Υποψήφιες Περιοχές ,ταξινομούμε ανάλογά με τις δυνατότητές τους να περιέχουν μια ή περισσότερες οικονομικά βιώσιμες θέσεις .

Κατά το στάδιο ΙΙ γίνεται έλεγχος στις Υποψήφιες περιοχές ,για πιθανές ,υποψήφιες θέσεις.

Διακρίνουμε δύο τρόπους ελέγχου:

Τρόπος Α

1: Προσδιορίζουμε τις καλύτερες αιολικές ζώνες μέσα στην Υποψήφια Περιοχή.

2: Ερευνούμε αυτές τις ζώνες χρησιμοποιώντας μη μετεωρολογικές παραμέτρους και επιλέγουμε τις Πιθανές Υποψήφιες θέσεις.

Τρόπος Β

1:Ερευνούμε την Υποψήφια Περιοχή χρησιμοποιώντας μη μετεωρολογικά κριτήρια .

2:Προσδιορίζουμε τις τοποθεσίες με τα υψηλότερα αιολικά δυναμικά και επιλέγουμε τις Πιθανές Υποψήφιες θέσεις.

#### ***1.4 Μεθοδολογία Επιλογής θέσης Εγκατάστασης ανεμογεννητριών σε σύνθετη τοπογραφία.***

Η εκτίμηση διαθέσιμου Αιολικού δυναμικού ,το οποίο προσφέρεται σε μια περιοχή αποτελεί βασικό κριτήριο για την επιτυχή εκλογή θέσεων εγκατάστασης ανεμογεννητριών. Είναι γνωστό πως στον Ελλαδικό χώρο υπάρχουν περιοχές οι οποίες προσφέρονται για τη δέσμευση και αξιοποίηση της ενέργειας του ανέμου. Οι μέσες ταχύτητες στα νησιά και στα παράλια του Αιγαίου πελάγους είναι μεγαλύτερες από 5m/sec με το νησιωτικό χώρο να περιβάλλεται από ισοταχή των 7μ/ sec.

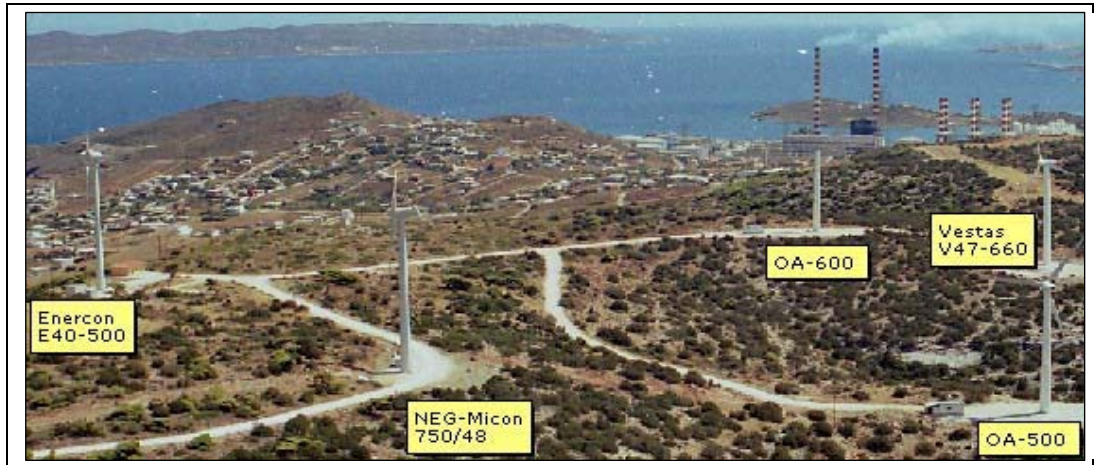
Ο βαθμός αξιοποιήσεις και εκμετάλλευσης της διαθέσιμης ενέργειας του ανέμου εξαρτάτε τόσο από τα χαρακτηριστικά της χρησιμοποιούμενης αιολικής μηχανής ,όσο και από την επιτυχή επιλογή της θέσης εγκατάστασης .Ο δεύτερος παράγοντας από τους δύο που προαναφέρθηκαν ,δηλαδή επιλογή θέσεις εγκατάστασης ανεμογεννητριών είναι πιο σημαντικός από τον πρώτο. Τα χαρακτηριστικά εκείνα γνωρίσματα ,που καθιστούν μια περιοχή κατάλληλη για εγκατάσταση ανεμογεννητριών, μπορούν να συνοψισθούν τα εξής:

- ✚ Υπαρξή υψηλών ταχυτήτων ανέμου για μεγάλο χρονικό διάστημα μέσα στη διάρκεια του έτος
- ✚ Μεγάλη σε έκταση περιοχή σε περίπτωση εγκατάστασής μεγάλου αριθμού μηχανών (Αιολικό πάρκο).
- ✚ Εύκολη πρόσβαση ,δηλαδή ύπαρξή οδικού δικτύου κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος.
- ✚ Όχι μεγάλο υψόμετρο ώστε να μην υπάρχουν περιορισμοί στη λειτουργία των ανεμογεννητριών λόγω καιρικών συνθηκών (παγετοί, καθίσεις χιονιού στα πετύγια του δρομέα).
- ✚ Κύριος στόχος είναι ο εντοπισμός των θέσεων που παρουσιάζουν αυξημένες ταχύτητες ανέμου ,δηλαδή υψηλό στάδιο με τη βοήθεια των στοιχείων του γεωφυσικού χάρτη της περιοχής.

Ο κύριος στόχος είναι η εύρεση των θέσεων εκείνων ,που παρουσιάζουν, αυξημένες ταχύτητες ανέμου ,δηλαδή υψηλό Αιολικό Δυναμικό ,η ικανοποίηση δε των υπόλοιπων κριτηρίων γίνεται σε δεύτερο στάδιο με τη βοήθεια του γεωφυσικού χάρτη της περιοχής.

### 1.5 Το Επιδεικτικό Αιολικό Πάρκο ΚΑΠΕ

Το επιδεικτικό Αιολικό Πάρκο του ΚΑΠΕ ισχύος 3,01MW βρίσκεται στην περιοχή της Λαυρεωτικής στην Αττική και αποτελείται από πέντε Α/Γ, εκ των οποίων οι τρεις αγοράστηκαν από το εξωτερικό (NEG-Micon 750kW, Enercon E-40 500kW και Vestas V47/660kW) και οι δύο είναι ελληνικής προέλευσης (ΑΟΑ500kW και ΑΟΑ 600kW, κατασκευής ΠΥΡΚΑΛ)



**Εικόνα: 1.2:**φωτογραφία από τον 100μ μετεωρολογικό ιστό, ΒΒΔ του Α/Π, πριν την εγκατάσταση της ατράκτου της ΟΑ-600 )

Βασικός στόχος του Α/Π είναι η αξιολόγηση ανεμογεννητριών με διαφορετικές αρχές λειτουργίας, σε συνθήκες σύνθετης τοπογραφίας, που είναι οι κατ' εξοχήν χώροι εγκατάστασης Α/Π στην χώρα μας. Συγκεκριμένα υπάρχουν οι εξής τύποι Α/Γ: α) με έλεγχο ισχύος λόγω αεροδυναμικής αποκόλλησης (stall) ή λόγω μεταβλητής γωνίας πτερυγίου (pitch), β) με σταθερές ή μεταβαλλόμενες στροφές δρομέα γ) με σύγχρονες ή ασύγχρονες ηλεκτρογεννήτριες.

Επίσης, το γεγονός ότι το Α/Π βρίσκεται εντός της Αττικής, αποτελεί μία πρώτη τάξης ευκαιρία για την επίδειξη σε ένα μεγάλο μέρος του ελληνικού πληθυσμού, της τεχνολογίας των Α/Γ, της αιολικής ενέργειας και των ΑΠΕ γενικότερα

#### Πίνακας ιστορικού παραγωγής

	Best Day		Best 7 Days		Best Month	
<b>WP</b>	52724	26/12/2002	253640	5/10/05-12/10/05	627934	2/2003
<b>NEG</b>	18016	12/2/2003	92587	5/10/05-12/10/05	232794	2/2003
<b>ΟΑ5</b>	9781	3/4/2004	42028	29/03/04-5/04/04	75703	3/2004
<b>E40</b>	5402935	23/2/2006	5403548	17/02/06-24/02/06	5444994	2/2006
<b>V47</b>	15652	12/12/2005	94290	8/01/06-15/01/06	244238	7/2006
<b>ΟΑ6</b>	2477	7/7/2004	9375	2/09/04-9/09/04	15985	9/2004



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2. TO WASP

#### 2.1 Τι είναι το WASP

Το WASP είναι ένα υπολογιστικό πρόγραμμα που αναπτύχθηκε για την εκτίμηση του αιολικού δυναμικού περιοχών, οι οποίες είναι υποψήφιες για την εγκατάστασή αιολικών πάρκων. Έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει νομολογικά στοιχεία όπως μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου και ετήσια παραγωγή ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη την τοπογραφία του εδάφους και τα ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής καθώς και άλλες σχετικές παραμέτρους που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του ανέμου. Η εισαγωγή των αναγκαίων δεδομένων καθώς και των υπολογισμών των μεγεθών που μας ενδιαφέρουν αναφέρονται παρακάτω.

**Ανάλυση ανεμολογικών δεδομένων.** Ο Μετεωρολογικός ιστός χρησιμοποιείται για να υπολογίσει ένα ανεμολογικό άτλαντα της περιοχής. Αντιπροσωπεύει ένα μέρος συλλογής δεδομένων που βρίσκονται κάπου στο χάρτη. Ένας ιστός συλλέγει δεδομένα μόνο από την θέση που βρίσκεται πάνω στο χάρτη και σχετίζεται με τις ανεμολογικές συνθήκες που παρατηρούνται στο ιστό. Μπορεί όμως να σχετίζεται και με μια λίστα από εμπόδια τα οποία βρίσκονται γύρο από το σταθμό αλλά και με την περιγραφή της τραχύτητας της γύρο περιοχής.

**Άτλαντας Αέρα.** Ένας ανεμολογικός άτλαντας του WASP περιέχει δεδομένα που περιγράφουν ανεξάρτητα χαρακτηριστικά για τις συνθήκες αέρα της περιοχής. Το μοντέλο του WASP προσομοιώνει την ανάλυσή των ανεμολογικών δεδομένων που συλλέγονται από τους μετεωρολογικούς ιστούς για να παραχθεί ένας άτλαντας αέρα ο οποίος στη συνέχεια θα υπολογίσει τις συνθήκες ανέμου (και την παραγωγή ενέργειας) για την περιοχή τοποθέτησής των ανεμογεννητριών. Ένας ανεμολογικός άτλαντας είναι απλά ένα στατικό αρχείο δεδομένων.

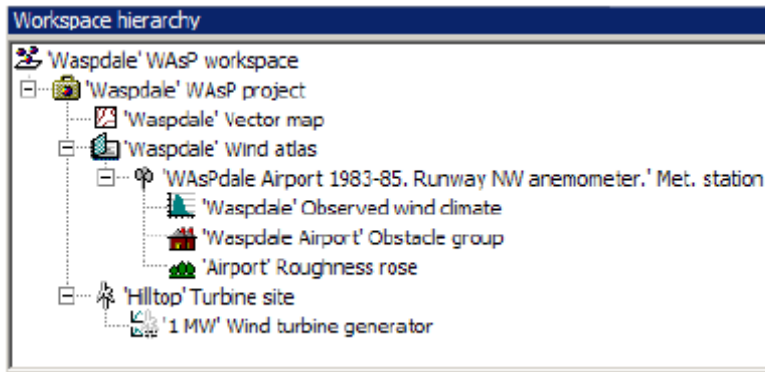
**Εκτίμηση της αιολική ισχύος.** Η συνολική ενεργειακή απόδοση που αναλογεί στη μέση τιμή του αέρα υπολογίζεται από το WASP. Επιπλέον, μια εκτίμηση της πραγματικής, ετήσιας μέσης ενεργειακής παραγωγής μιας ανεμογεννήτριας μπορεί να ληφθεί δίνοντας στο WASP τα χαρακτηριστικά της καμπύλης ισχύος μιας ανεμογεννήτριας.

**Υπολογισμός της παραγωγής αιολικών πάρκων.** Λαμβάνοντας υπόψη την καμπύλη ισχύος τον συντελεστή ισχύος (Ct) της ανεμογεννήτριας και την χωροθέτηση του αιολικού πάρκου, το WASP μπορεί τελικά να υπολογίσει τις απώλειες ομόρου για κάθε ανεμογεννήτρια και με αυτόν τον τρόπο να υπολογίσει την καθαρή ετήσια ενεργειακή παραγωγή κάθε ανεμογεννήτριας αλλά και ολόκληρου του πάρκου, δηλ. η ακαθάριστη παραγωγή μείον τις απώλειες ομόρου.

## 2.2 Η ιεραρχία του χώρου εργασίας

Όταν ένας χώρος εργασίας είναι ανοικτός στο WASP, το περιεχόμενο του χώρου εργασίας οργανώνεται σε μια ιεραρχία. Τα στοιχεία στην ιεραρχία καλούνται μέλη της ιεραρχίας.

Η ιεραρχία αντιπροσωπεύεται οπτικά σε ένα ιεραρχικό δέντρο, παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται στον Windows Explorer. Κάθε μέλος αντιπροσωπεύεται από μια εικόνα και κάποιο κείμενο. Η ρίζα καλεί την ιεραρχία χώρου εργασίας, σε είναι σαφές πλαίσιο(παράδειγμα Εικόνα: 2.1)



Εικόνα 2.2.1) Η ιεραρχία του χώρου εργασίας

Στην κορυφή της ιεραρχίας είναι η ρίζα χώρου εργασίας. Τα μέλη μπορούν να είναι γονείς ή παιδιά το ένα του άλλο. Δύο μέλη που μοιράζονται τον ίδιο γονέα καλούνται αμφιθαλείς, ή συνομήλικα. Η ρίζα χώρου εργασίας δεν μπορεί να έχει έναν γονέα, αλλά όλα τα άλλα μέλη έχουν πάντα έναν γονέα.

### 2.2.1 Η ιεραρχία καθορίζει διαμόρφωση το μοντέλου

Η οργάνωση των μελών στην ιεραρχία διαμορφώνει την ένωση μεταξύ των μελών. Τα μέλη και οι ενώσεις τους αντιπροσωπεύουν μαζί μια περιγραφή της κατάστασης, η οποία διαμορφώνεται. Η εργασία στο WASP γίνεται με την προσθήκη, την απομάκρυνση, την κίνηση και το χειρισμό των μελών της ιεραρχίας για να αλλάξει η διαμορφωμένη κατάσταση.






Η ιεραρχία επιβάλλει τους κανόνες που κυβερνούν τις πιθανές ενώσεις γονέα-παιδιών μεταξύ των διαφορετικών τύπων μελών ιεραρχίας. Μερικοί τύποι μελών δεν μπορούν ποτέ να είναι παιδιά μερικών άλλων τύπων μελών, και μερικοί τύποι μελών δεν μπορούν να έχουν καθόλου παιδιά.

Κατά τη λειτουργία του WASP, όλοι σημαντικοί στόχοι της διαμόρφωσης πρέπει να γίνουν σε ένα project και όχι στο χώρο εργασίας. Ένα project είναι ένα περιβάλλον διαμόρφωσης. Η περιοχή του χώρου εργασίας είναι μια περιοχή διαμόρφωσης, ή ένας τρόπος εργασίας διάφορων projects συγχρόνως.

### 2.2.2 Τα Μέλη της ιεραρχίας και τα αρχεία τους

Το WASP χρησιμοποιεί τα αρχεία μελών για να μπορέσει να εξαγωγή τα αποτελέσματα. Τα περισσότερα μέλη ιεραρχίας αντιπροσωπεύουν τα αρχεία στοιχείων του WASP στον υπολογιστή. Τα μέλη μπορούν να θεωρηθούν ως αντίγραφα αυτών των αρχείων και σκοπός της ιεραρχίας αυτής είναι να αντιπροσωπεύσει τις σχέσεις διαμόρφωσης μεταξύ των μελών. Η οργάνωση των μελών στην ιεραρχία δεν συσχετίζεται με τη ρύθμιση των αντίστοιχων στοιχείων των αρχείων τους στον υπολογιστή.

Τα μέλη μπορούν να είναι:

-  εισερχόμενα στην ιεραρχία (π.χ νέα αρχεία)
-  εισερχόμενα στην ιεραρχία από το κάποιο αρχείο
-  σωζόμενα ή εξαγόμενα ως αρχεία
-  σωζόμενα σε ένα αρχείο με ένα διαφορετικό όνομα
-  αφαιρούμενα από την ιεραρχία

Όταν στο WAsP εργαζόμαστε με τα μέλη ιεραρχίας, τίποτα δεν γράφεται στο αρχικό περιεχόμενο αρχείων των μελών μέχρι να οριστούν οι αλλαγές . Αυτό γίνεται επειδή η εργασία στο WAsP γίνεται με τα αντίγραφα των αρχείων των στοιχείων , για μερικά μέλη της ιεραρχίας, τα οποία αποθηκεύονται μαζί με όλες τις πληροφορίες στη μνήμη.

### **2.2.3 Διαφορετικά μέλη, διαφορετικοί ρόλοι**

Μερικά μέλη συντηρούν τις πληροφορίες για τη ρύθμιση των παιδιών τους. Όταν αυτά τα μέλη ανοίγονται πάλι, ανοίγουν αυτόματα και όλα τα παιδιά τους στο χώρο εργασίας. Η ίδια η ρίζα χώρου εργασίας είναι ένα τέτοιο μέλος, έτσι όταν ανοίγουμε πάλι ένα χώρος εργασίας, όλα τα μέλη που ήταν στο χώρο εργασίας την τελευταία φορά που σώθηκαν θα ανοιχτούν πάλι με όλα την ιεραρχία. Τα Projects συντηρούν επίσης τις πληροφορίες για τα παιδιά στο μετά από κάθε υπολογισμό.

όλα τα μέλη είναι κατά ένα μεγάλο μέρος αρμόδια για τα στοιχεία εκμετάλλευσης, και δεν συντηρούν τις πληροφορίες για την οργάνωση της ιεραρχίας. Αυτά τα μέλη της ιεραρχίας έχουν παράθυρα και μπορούν να ανοιχτούν στη δεξιά πλευρά του κύριου παραθύρου, που επιτρέπει στα στοιχεία τους για να εμφανιστούν και, σε μερικές περιπτώσεις, να διαχειριστούν.

### **2.2.4 Εισαγωγή των μελών ιεραρχίας**

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μελών ιεραρχίας, οι οποίοι μπορούν να εμφανιστούν στο χώρο εργασίας, παρακάτω δίνεται μια συνοπτική περιγραφή τους.

#### **Workspace root**

Υπάρχει πάντα μια ρίζα σε κάθε χώρο εργασίας. Τοποθετείτε στην κορυφή της ιεραρχίας και δεν έχει κανέναν γονέα. Η ρίζα του χώρου εργασίας μπορεί να έχει ως μέλη οποιουδήποτε τύπου παιδιά , αλλά. όταν ένα προηγουμένως σωζόμενος χώρος εργασίας ανοίξει τότε, όλα τα παιδιά του χώρου εργασίας θα ανοίξουν μαζί της.

#### **Project**

Τα Projects χρησιμοποιούνται για να διαχειριστούν τις σχετικές ομάδες των μελών της ιεραρχίας. Τα Projects προσφέρουν διάφορες εκδοχές, οι οποίες θα καθορίσουν εύκολα την εκτέλεση της διαδικασίας που είναι σχετική με όλα τα μέλη του προγράμματος. Τα Projects είναι πάντα παιδιά της ρίζας χώρου

εργασίας. Όταν ένα σωζόμενο Project ανοίξει, τότε εμφανίζονται και όλα τα παιδιά του. Τα Project μπορούν να σωθούν και να χρησιμοποιηθούν σε άλλους χώρους εργασίας.

#### **Vector map**

WAsP χρησιμοποιεί χάρτες για να πάρει πληροφορίες για την τοπογραφία και τα χαρακτηριστικά τραχύτητας της περιοχής. Οι χάρτες μπορούν να εμφανιστούν σε διάφορες θέσεις στην ιεραρχία του χώρου εργασίας, αλλά το κάθε project έχει ένα μόνο χάρτη.

#### **Wind atlas (regional wind climate)**

Οι άτλαντες αέρα (ή περιφερειακό κλίμα αέρα) είναι κεντρικά μέλη στην ιεραρχία. Ένας άτλαντας αέρα WAsP περιέχει τα στοιχεία περιγραφής της περιοχής-ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά του κλίματος αέρα. Το WAsP χρησιμοποιεί στην ανάλυση των μετρήσεων του αέρα που συλλέγονται από τους μετεωρολογικούς σταθμούς για να παραγάγουν τους άτλαντες αέρα (και την παραγωγή ισχύος) στη θέση του πάρκου.

Ένας άτλαντας αέρα με τη χρήση μια κλειστής εικόνα βιβλίου είναι απλά ένα στατικό αρχείο στοιχείων. Μια ανοικτή εικόνα βιβλίου χρησιμοποιείται όταν άτλαντας αέρα συνδέεται με έναν μετεωρολογικό σταθμό που θα υπολογίσει εκ νέου τα χαρακτηριστικά του αέρα αλλάζοντας τον άτλαντα.

#### **Met. station**

Ένας μετεωρολογικός σταθμός χρησιμοποιείται για να υπολογίσει έναν άτλαντα αέρα. Αντιπροσωπεύει μια περιοχή συλλογής δεδομένων που βρίσκεται κάπου στο χάρτη. Ένας μετεωρολογικός σταθμός δεν έχει άλλη πληροφορία εκτός από τη θέση και το ύψος του και συνδέεται με το κλίμα αέρα που έχει παρατηρηθεί στο σταθμό. Μπορεί να συνδεθεί και με έναν κατάλογο εμποδίων που μπορεί να τον περιβάλλουν καθώς και με ένα ρόδο τραχύτητας για τη θέση.

#### **Observed wind climate**

Μια παρουσίαση των στοιχείων του κλίματος του αέρα που καταγράφηκε από έναν μετεωρολογικό σταθμό ονομάζεται (παρατηρούμενο κλίμα αέρα OWC). Αποτελείται από ένα ρόδο ανέμου (ρόδο συχνότητας Διεύθυνσης αέρα) σε διάφορες κατανομές συχνότητας ταχύτητας αέρα - μια για κάθε τομέα.

#### **Turbine site**

Μια θέση ανεμογεννήτριας χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την παραγωγή ισχύος που θα προέκυπτε από την τοποθέτησή της σε μια θέση στο χάρτη. Μια θέση ανεμογεννήτριας δεν έχει κανένα άλλο στοιχείο εκτός από τη θέση της στο χάρτη και το ύψος πλήμνης. Η θέση μιας ανεμογεννήτριας μπορεί να συνδεθεί με μια λίστα εμποδίων που την περιβάλλουν καθώς επίσης και με μια περιγραφή της τραχύτητας της θέσης.

#### **Wind farm**

Με Αιολικό πάρκο συμβολίζουμε το σύνολο ανεμογεννητριών που αποτελούν μια ομάδα μηχανών. Τα αιολικά πάρκα μας βοηθούν να εργαστούμε σε διάφορες περιοχές από κοινού. Εκτός από τις εκτιμήσεις του κλίματος αέρα και της

παραγωγής ισχύος του αιολικού πάρκου και των ανεμογεννητριών, τα μέλη του αιολικού πάρκου αποθηκεύουν επίσης πληροφορίες για τις απώλειες ομόρου στο αιολικό πάρκο.

### Resource grid

Το πλέγμα του αέρα είναι μια χρωματική συλλογή των στοιχείων του αέρα για την περιοχή των ανεμογεννητριών. Εδώ οι περιοχές οροθετούνται σε ένα κανονικό πλέγμα που καλύπτει μια περιοχή. Η επέκταση του πλέγματος και του μεγέθους των κυττάρων που το αποτελούν μπορεί να επιλεγεί για να χαρτογραφήσει το κλίμα του αέρα οπουδήποτε στο χάρτη - και με περισσότερη λεπτομέρεια όπου απαιτείται.

### Wind turbine generator

Η καμπύλη ισχύος σαν μέλος ανεμογεννητριών περιγράφει τον τρόπο που μεταβάλλεται η παραγωγή ισχύος σε μια ανεμογεννήτρια σε σχέση με την επιτάχυνσή του αέρα. Παράλληλα δίνει πληροφορίες για τον συντελεστή ισχύος (Ct) της μηχανής. Μπορεί να συνδεθεί με μια ή με πολλές θέσεις ανεμογεννητριών ή με αιολικά πάρκα.

### Obstacle group



Μια ομάδα εμποδίων είναι μια περιγραφή μερικών εμποδίων που μπορούν να συνδέονται με μια ή περισσότερες θέσεις.

### Roughness rose

Μια εναλλακτική λύση της παροχής των πληροφοριών τραχύτητας σε έναν χάρτη είναι να παρασχεθεί μια θέση με ένα συγκεκριμένο, ρόδο για σαφέστερη περιγραφή. Οι θέσεις των μηχανών και μετεωρολογικοί οι σταθμοί συνδέονται με την περιγραφή της τραχύτητας (ρόδα).

## 2.2.5 Διαμόρφωση με τα μέλη ιεραρχίας



Η μοντελοποίηση στο WAsP περιλαμβάνει:



-  ανάλυση των μετρήσεων του αέρα για να υπολογιστεί το ευρύτερο κλίμα του αέρα (άτλαντας αέρα)
-  εφαρμογή των άτλαντων αέρα στις θέσεις των ανεμογεννητριών για να υπολογίσει μια εκτίμηση του κλίματος και την ισχύος του αέρα σε αυτές.







Στην ιεραρχία του χώρου εργασίας, αυτές οι εργασίες υπολογισμού εκτελούνται από τους μετεωρολογικούς σταθμούς, τις θέσεις των μηχανών, τα αιολικά πάρκα και το πλέγμα της ροής του αέρα.

### 2.2.5.a Μετεωρολογικοί σταθμοί χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν τους άτλαντες αέρα .

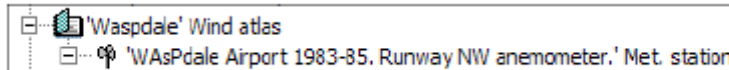
Για να υπολογιστεί ένας άτλαντας αέρα, από ένα μετεωρολογικό σταθμό χρησιμοποιεί τα ακόλουθα μέλη της ιεραρχίας:

-  ένα κλίμα αέρα
-  το χάρτης στον οποίο βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός

-  (προαιρετικά) ένας κατάλογος των εμποδίων που περιβάλλουν την θέση συλλογής των μετρήσεων.
-  (προαιρετικά) μια περιγραφή της τραχύτητας επιφάνειας για την περιοχή που περιβάλλει την θέση.

Σε συντομία  χρήση  +  +  +  παράγεται 






Οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι πάντα παιδιά των άτλαντων που υπολογίζουν, και έτσι η παραγωγή "κινείται επάνω" στην ιεραρχία στον άτλαντα γονέων, κατά συνέπεια:









### 2.2.5.β Οι θέσεις των ανεμογεννητριών χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν τα προβλέψιμο κλίματα αέρα.

Ένα προβλέψιμο κλίμα αέρα υπολογίζεται με την ιεράρχηση των στοιχείων από έναν άτλαντα αέρα επηρεάζοντας τα αποτελέσματα της περιοχής των ανεμογεννητριών.

Για να υπολογίσει ένα προβλέψιμο κλίμα αέρα, μιας περιοχή ανεμογεννητριών χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα μέλη ιεραρχίας:




-  ένας άτλαντας αέρα.
-  ο χάρτης στον οποίο βρίσκεται η περιοχή μηχανών.
-  (προαιρετικά) μια καμπύλη ισχύος/ώθησης που περιγράφει τα παραγωγικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας.
-  (προαιρετικά) ένας κατάλογος των εμποδίων που περιβάλλουν την θέση την μηχανών.
-  (προαιρετικά) μια περιγραφή της τραχύτητας επιφάνειας για την περιοχή που περιβάλλει την θέση.






Εάν καμία καμπύλη ισχύς δεν χρησιμοποιείται, κατόπιν η παραγωγή θα είναι απλά ένα προβλέψιμο κλίμα αέρα που περιγράφει τις διευθύνσεις, της ταχύτητας και της ενέργειας του αέρα.

Σε συντομία  χρήση  +  +  +  παράγεται 

### 2.2.5.γ Τα αιολικά πάρκα χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν την παραγωγή ισχύος για διάφορες θέσεις




Τα αιολικά πάρκα υπολογίζουν συνοπτικά τα στοιχεία κλίματος αέρα για κάθε θέση μηχανής με τη ρύθμιση των παραμέτρων ενός άτλαντα αέρα συνυπολογίζοντας παράλληλα και την επιρροή της κάθε θέσης μηχανής στον υπολογισμό των αποτελεσμάτων. Για να υπολογιστεί συνοπτικά η παραγωγή ενέργειας από ένα αιολικό πάρκο χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα μέλη της ιεραρχίας:






-  ένας άτλαντας αέρα.
-  ο χάρτης στον οποίο βρίσκεται η θέση του αιολικού πάρκου.
-  μια ή περισσότερες καμπύλες ισχύος/ώθησης που περιγράφουν τα παραγωγικά χαρακτηριστικά των μηχανών .

Σε συντομία  χρήση  +  +  για να παραγάγουν τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στο .

### 2.2.5.δ Τα πλέγματα ροής του αέρα χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν την παραγωγή ισχύος της περιοχής

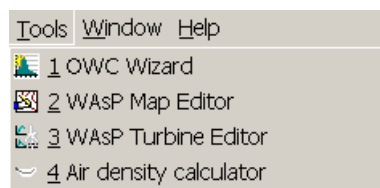
Τα πλέγματα ροής του αέρα υπολογίζουν τα κλίμα του αέρα για κάθε μια θέση με τη χρήση των δεδομένων από έναν άτλαντα. Για να υπολογιστούν συνοπτικά τα δεδομένα, ενός πλέγματος χρησιμοποιείται η ακόλουθη ιεραρχία:

-  ένας άτλαντας αέρα .
-  ο χάρτης στον οποίο συμπεριλαμβάνεται το πλέγμα.
-  μια καμπύλη ισχύος που περιγράφει τα παραγωγικά χαρακτηριστικά του πλέγματος .

Σε συντομία,  χρήση  +  +  για να παραγάγουν τα συνοπτικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται κοντά. .





## 2.3 Εργαλεία του WAsP

Από το μενού tools χρησιμοποιούμε τα προκαταρκτικά προγράμματα που χρησιμοποιούνται για να ξεκινήσουμε να δουλεύουμε στο WAsP:



Εικόνα: 2.3.1 Εργαλεία χρήσης του WAsP

Τα παρακάτω εργαλεία είναι διαθέσιμα:

-  WAsP OWCWizard
-  WAsP MapEditor
-  WAsP TurbineEditor.
-  WAsP AirDensityCalculator

### 2.3.1 Το πρόγραμμα WAsP OWC Wizard

Τα γνωμολογικά δεδομένα (raw data) που προέρχονται από μετρήσεις μπορούν να εισαχθούν στο πρόγραμμά με τη μορφή αρχείων δεδομένων (.dat), αρχείων η κειμένου (.prn). Η εισαγωγή γίνεται με τη βοήθειά του OWC Wizard (Εικόνα: 2.3.1), ενός προγράμματός ειδικά για αυτό το σκοπό, το οποίο συνοδεύει το WAsP. Το OWC Wizard δημιουργεί έτσι ένα ρόδο ανέμου που αντιστοιχεί στις μετρήσεις. Για την εισαγωγή των raw data πρέπει να γνωρίζουμε το ύψος του ανεμομέτρου από το οποίο προέρχονται οι μετρήσεις και το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της θέσης μέτρησης.

Η διαδικασία που ακολουθήτε είναι η εξής:

- ✚ Καθορισμός ύψους ιστού ανεμομέτρου, γεωγραφικό πλάτος και μήκος του και περιγραφή της περιοχής (προαιρετικά) (Εικόνα: 2.3.2)
- ✚ Εισαγωγή των raw data με την επιλογή Add (Εικόνα: 2.3.3)
- ✚ Καθορισμός των raw data για την σωστή ανάγνωσή τους από το πρόγραμμά. (Εικόνα: 2.3.4)

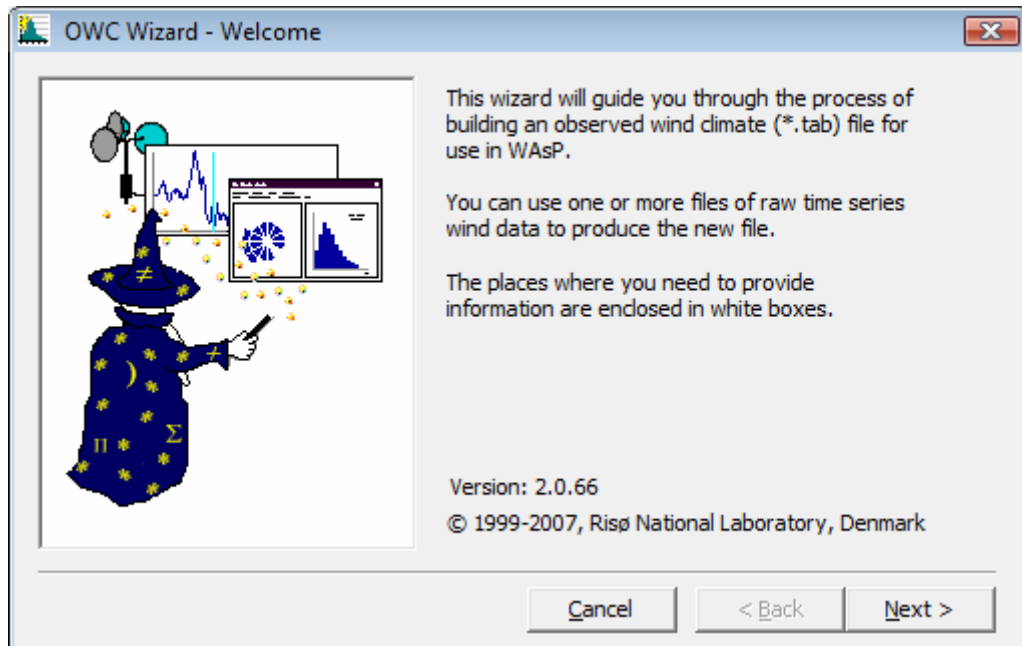
(καθορισμός της στήλης δεδομένων που αντιστοιχούν στην ταχύτητά του ανέμου κλπ) (Εικόνα: 2.3.5, 2.3.6)

Το πρόγραμμά δίνει μια μικρή αναφορά για τα δεδομένα και στη συνέχεια ζητάει τυχόν προσαρμογές που πρέπει να γίνουν στα δεδομένα της ταχύτητάς του ανέμου και της διεύθυνσης. (Ζητούνται δύο συντελεστές που καθορίζουν τυχόν αυξομειώσεις ή αποκλίσεις των μεγεθών αυτών από τα δεδομένα) (Εικόνα: 2.3.8) Μπορούμε να επιλέξουμε το εύρος των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσει το πρόγραμμά (Εικόνα: 2.3.7)

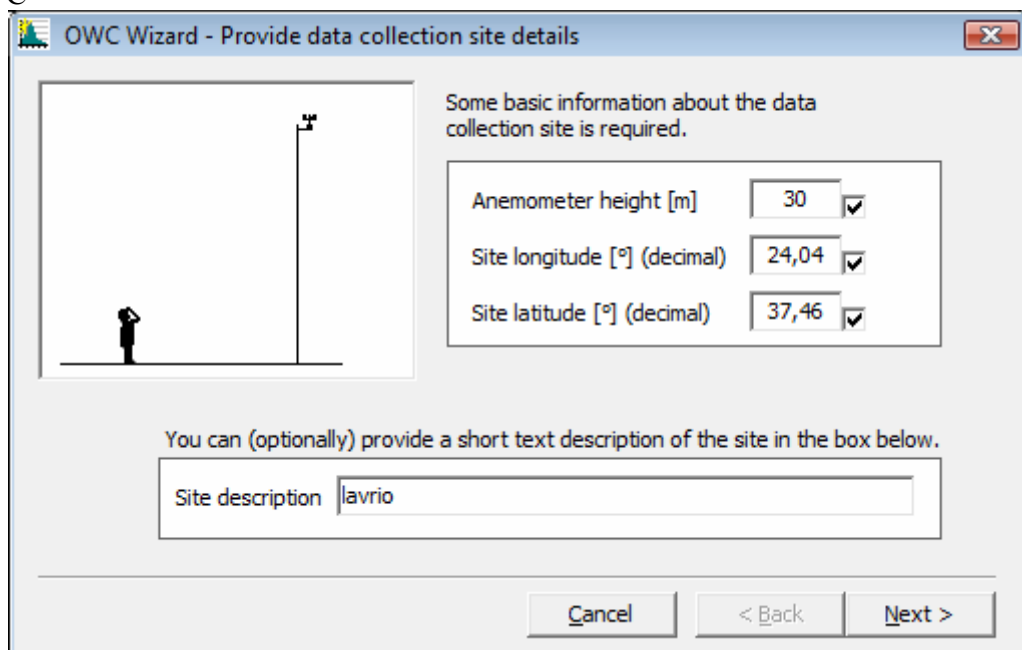
(Εικόνα: 2.9.8) Αποκλίσεις από τις τιμές του αρχείου. Επίσης μπορούμε να δώσουμε την τιμή 0 σε τιμές ταχύτητας για τις οποίες θεωρούμε ότι έχουμε άπνοιά. Καθορισμός μέγιστης ταχύτητάς και διεύθυνσής ανέμου (Εικόνα: 2.3.9). Σύντομη περιγραφή των δεδομένων από το πρόγραμμα (Εικόνα: 2.3.10). Επιλογή για την εισαγωγή επόμενου αρχείου raw data (Εικόνα: 2.3.11). Καθορισμός αριθμού τομέων (sectors) ρόδο ανέμου και γωνίας διεύθυνσής πρώτου sector (Εικόνα: 2.3.12)

Η μετάβασή από την αρχή προς το τέλος της διαδικασίας και αντίστροφα γίνεται με τα κουμπιά next και back που βρίσκονται στην κάτω δεξιά άκρη του 'παραθύρου' που εμφανίζει το πρόγραμμα.

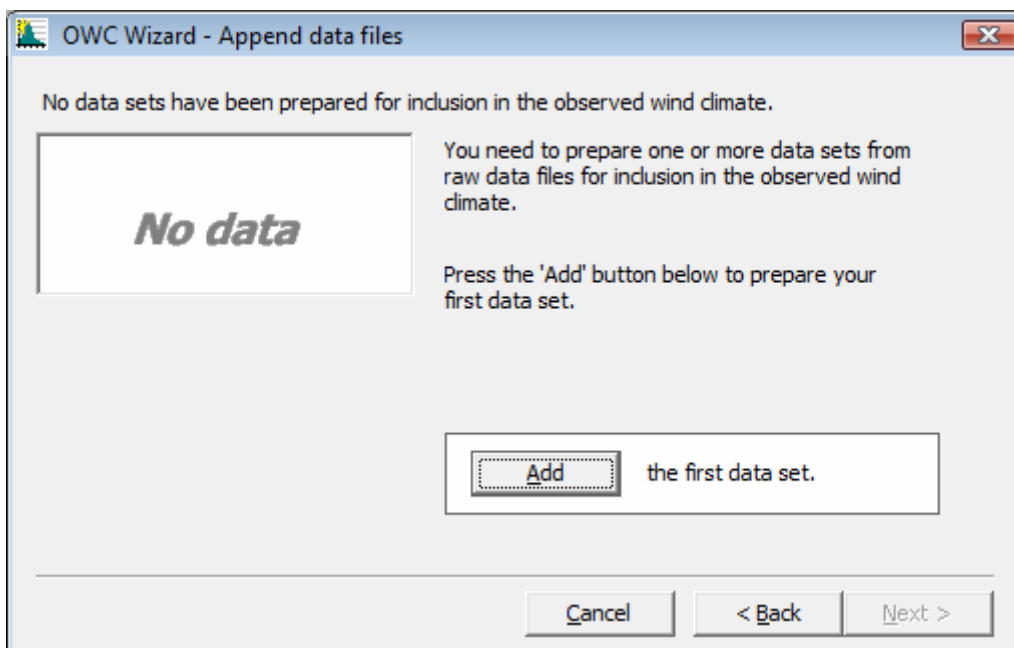




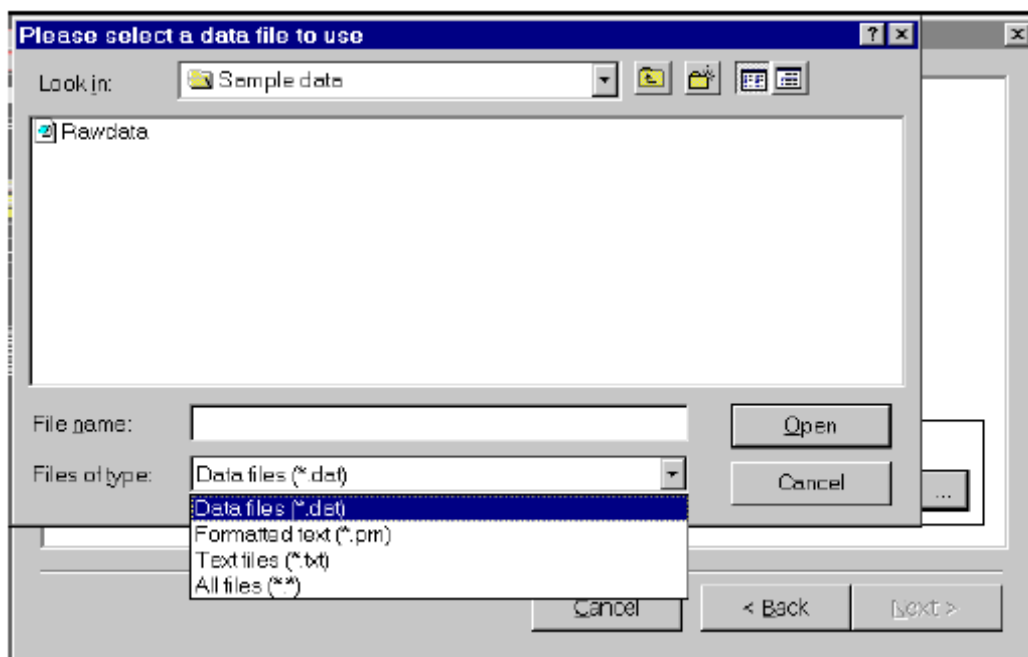
Εικόνα: 2.3.1: Το παράθυρό διαλόγου που εμφανίζεται με την εκκίνηση του OWC



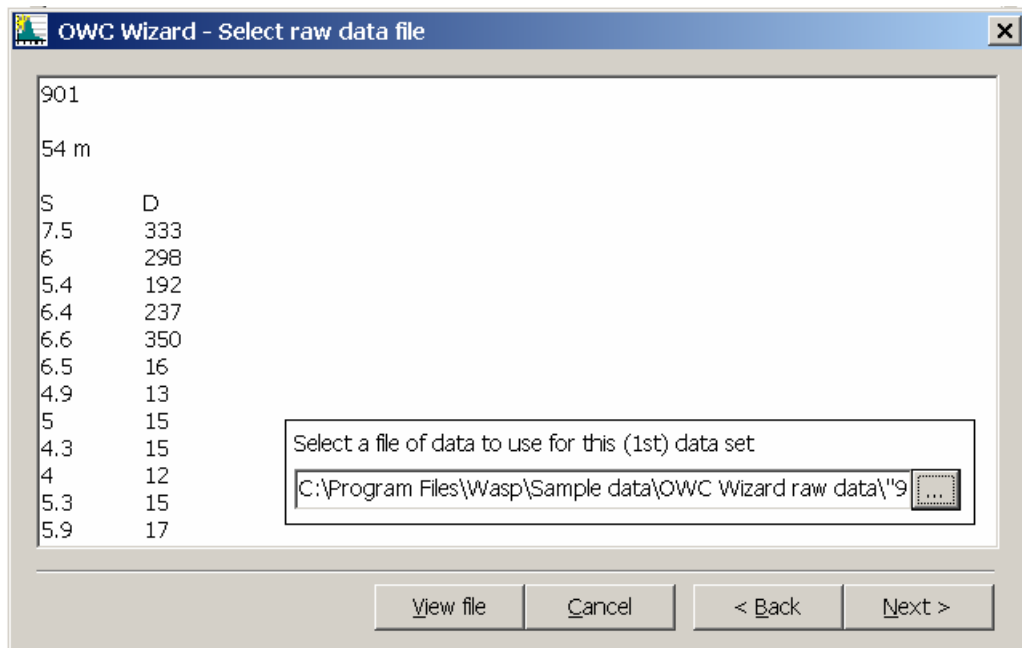
Εικόνα: 2.3.2: Εισαγωγή ύψους ανεμομέτρου κα γεωγραφικού πλάτους και μήκους της θέση



Εικόνα: 2.3.3 : Πατώντας την επιλογή Add μπορούμε να εισάγουμε το πρώτο αρχείο των μετρήσεων (raw data)



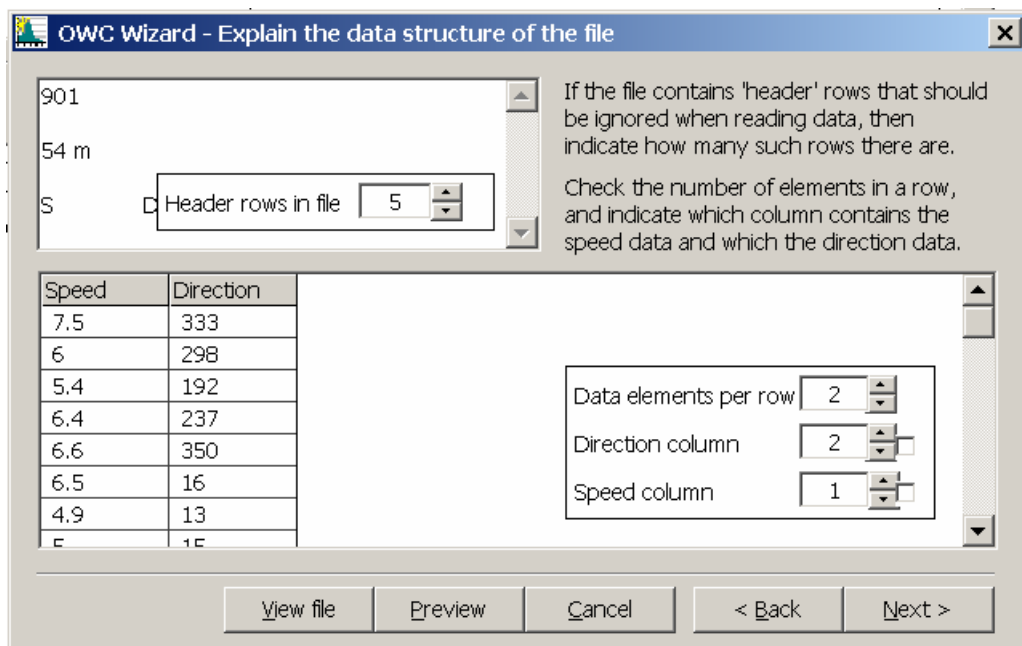
Εικόνα: 2.3.4: Επιλογή είδους αρχείου



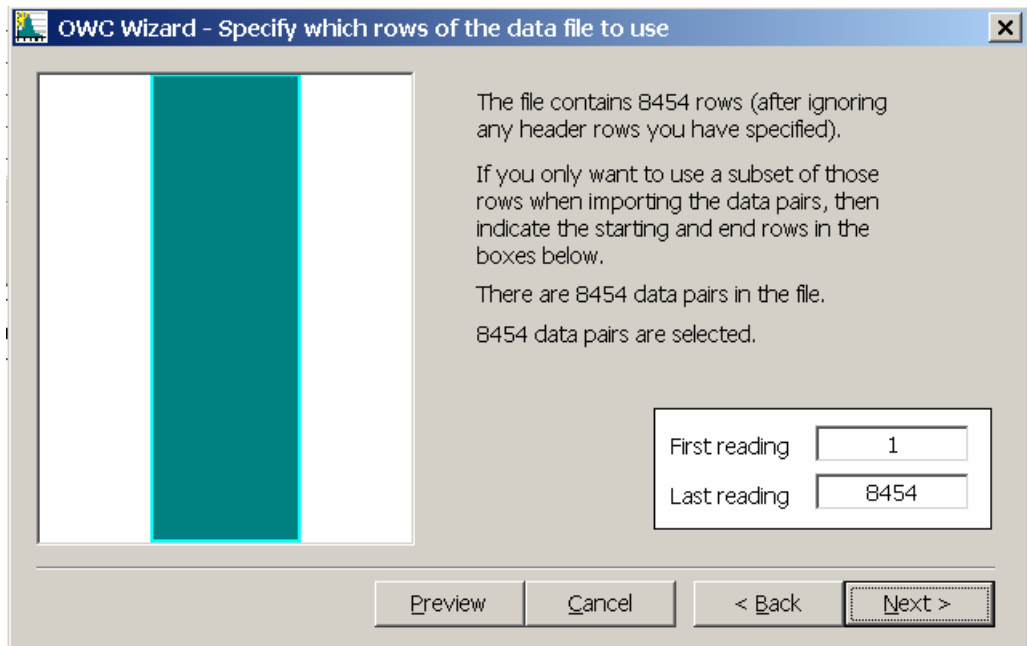
Εικόνα: 2.3.5: Το αρχείο έχει επιλεγεί και μπορούμε να δούμε τις στήλες των δεδομένων.

Η πρώτη στήλη περιέχει τιμές ανέμου και η δεύτερη διεύθυνση ανέμου (σε μοίρες).

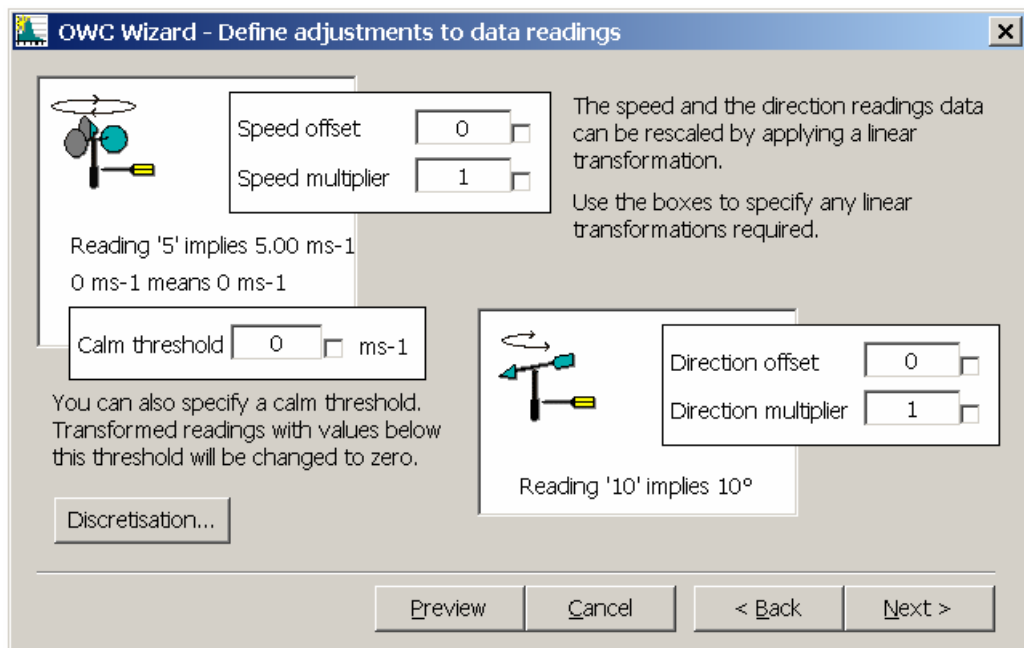
Οι στήλες σε αυτό το αρχείο χωρίζονται με κενό.



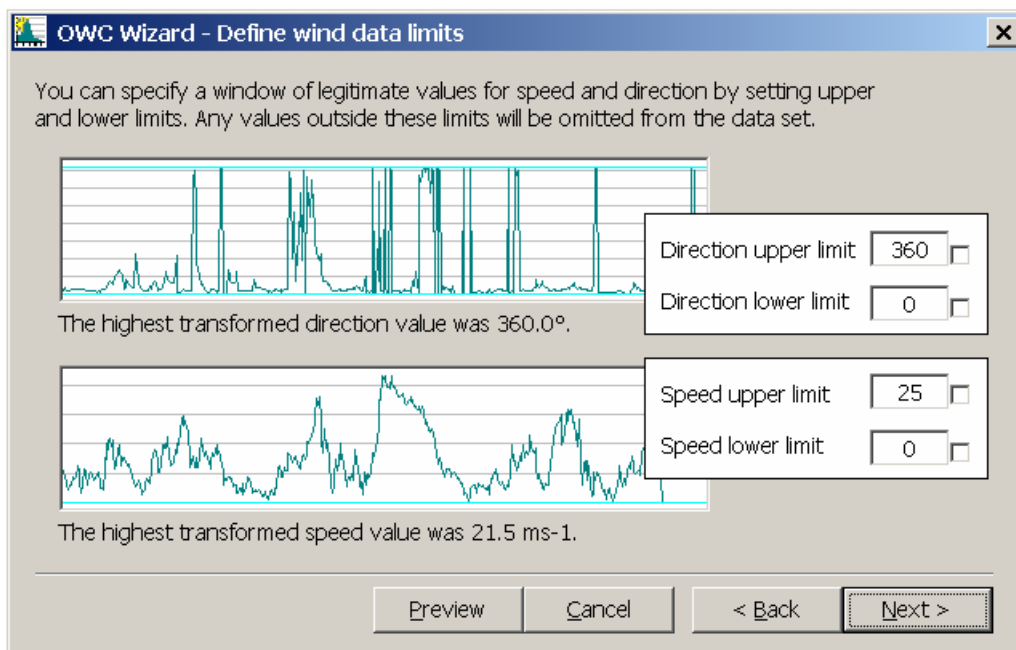
Εικόνα: 2.9.6: Διαχωρισμός στηλών δεδομένων: Ορίζουμε τυχόν γραμμές που δεν περιέχουν δεδομένα ή άλλες πληροφορίες. Έπειτα καθορίζουμε τον αριθμό στηλών και τη ταυτότητα των δεδομένων. (Διεύθυνση και Ταχύτητα).



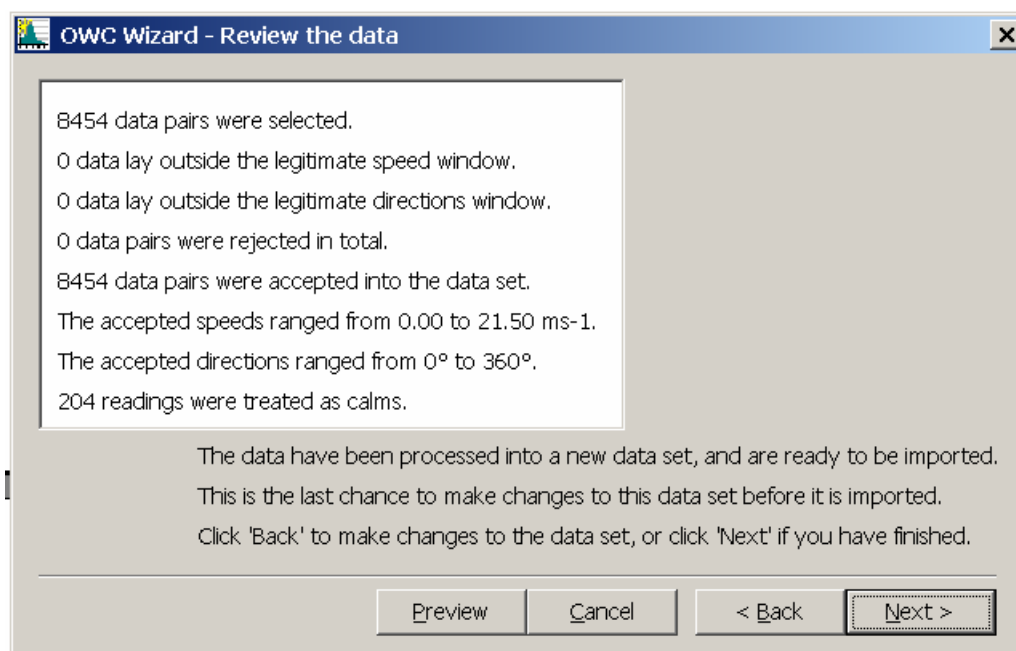
Εικόνα: 2.9.7: Αναφορά του OWC για το αρχείο. Μπορούμε να επιλέξουμε το εύρος των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα .



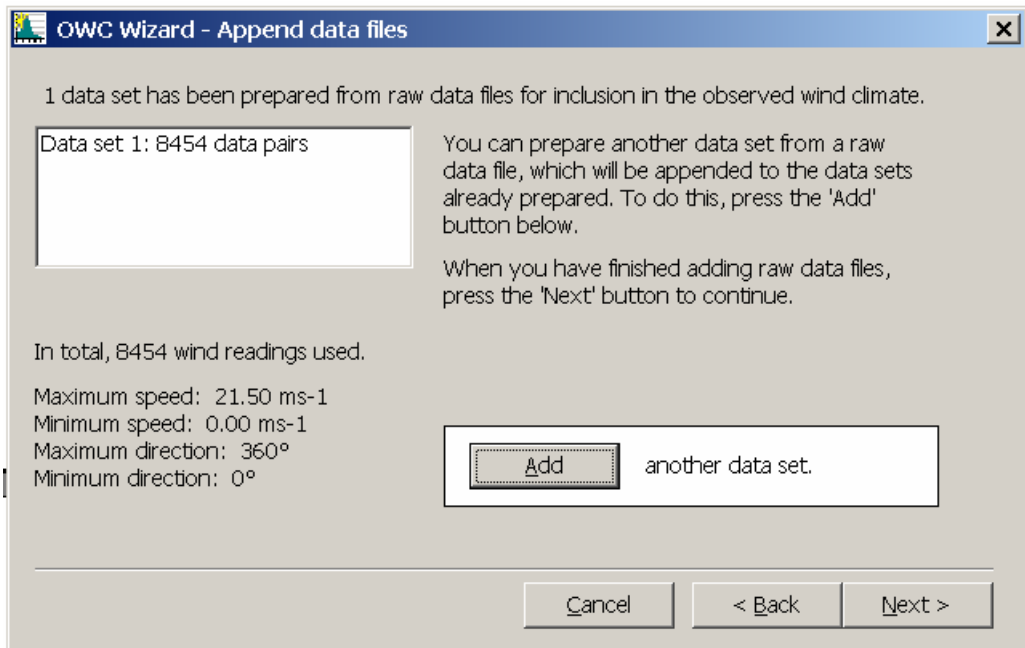
Εικόνα: 2.9.8: Εισαγωγή τυχόν αποκλίσεων από τις τιμές του αρχείου (για την ταχύτητά και την διεύθυνση του ανέμου).Επίσης μπορούμε να δώσουμε την τιμή 0 σε τιμές ταχύτητας για τις οποίες θεωρούμε ότι έχουμε άπνοιά (Επιλογή Calm threshold).Τέλος με την επιλογή Dscretisation δηλώνουμε τυχόν διακριτοποίηση των δεδομένων του αρχείου (δηλ. χωρισμός τους σε bin).



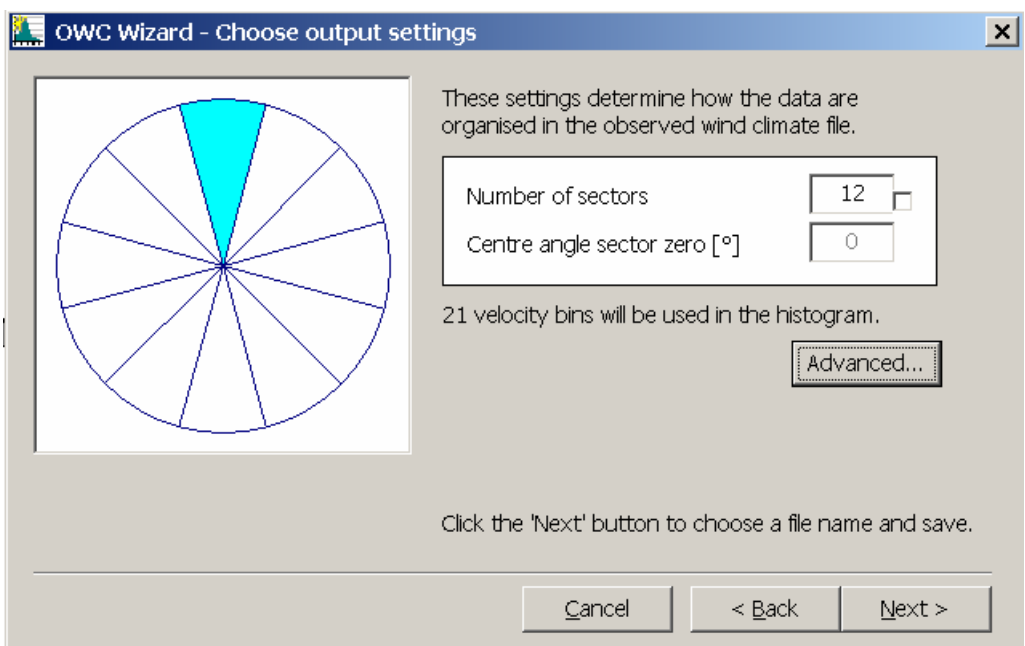
Εικόνα: 2.9.9: Ορισμός μέγιστης και ελάχιστης τιμής για τα δεδομένα ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου.



Εικόνα: 2.9.10: Αναφορά για το αρχείο δεδομένων.



Εικόνα: 2.9.11: Μπορούμε να εισάγουμε και κάποιο άλλο αρχείο δεδομένων εφόσον υπάρχει Διαφορετικά επιλέγουμε next



Εικόνα: 2.9.12: Μορφοποίηση του ρόδο ανέμου που θα χρησιμοποιήσει το WAsP

Επιλέγουμε αριθμό τομέων διεύθυνσης ανέμου(sectors) και από ποια γωνία θα αρχίσει να μετατρέπει ο πρώτος τομέας. Η επιλογή advanced επιτρέπει τον καθαρισμό του βήματος της ταχύτητας.

### 2.3.2 Το εργαλείο WAsP MapEditor

Οι ψηφιακοί χάρτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το WAsP είναι διαφόρων μορφών αρχεία όπως .dxf ,srf(AutoCAD,Surfer).κ.α. Η μετατροπή αυτών των ψηφιοποιημένων χαρτών σε αναγνώσιμη από το WAsP μορφή ,γίνεται μέσα από το πρόγραμμα WAsP Map Editor και τα αρχεία που δημιουργούνται από αυτό το πρόγραμμα έχουν κατάληξη .map.

Μέσω του map editor μπορούμε να κάνουμε όλες τις απαραίτητες αλλαγές στο χάρτη και να ορίσουμε χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα. Ένα από αυτά είναι και η τραχύτητα του εδάφους . Ο ορισμός της τραχύτητας του εδάφους γίνεται μέσω των ισοϋψών και η διαδικασία έχει ως εξής:

Από το μενού file -Open εισάγουμε τον ψηφιοποιημένο χάρτη.

Όταν γίνει η εισαγωγή του χάρτη ο map editor εμφανίζει κάποιες πληροφορίες στα πλαίσια που φαίνονται στην (Εικόνα:2.3.1.)Οι πληροφορίες αυτές είναι χρήσιμες για τον έλεγχο της ορθότητά του χάρτη

Για να δούμε τον χάρτη επιλέγουμε το μενού View.( Εικόνα: 2.3.2)

Το παράθυρό του ψηφιοποιημένου χάρτη που εμφανίζεται διαθέτει ένα μενού επιλογών από όπου μεταξύ άλλων μπορούμε να κάνουμε zoom σε σημεία που μας ενδιαφέρουν επιλέγοντας την κλίμακα από το μενού zoom control και κάνοντας αριστερό κλικ στο σημείο που μας ενδιαφέρει .(Εικόνα: 2.3.3).

Επιλέγοντας από το μενού edit-selected line -line properties μπορούμε να διορθώσουμε τα χαρακτηριστικά των ισοϋψών( υψός ,τραχύτητα) και να τα προσαρμόσουμε με περισσότερη ακρίβεια στις ιδιαιτερότητες της περιοχής (Εικόνα: 2.3.4).

Επιλέγοντας property change εμφανίζεται το μενού contour property change που θα μας επιτρέψει να κάνουμε τις απαραίτητες αλλαγές.

Για να καθορίσουμε την τραχύτητα τσεκάρουμε την επιλογή roughness.Το πρόγραμμα μας ζητάει δύο τιμές τραχύτητας δεξιά και αριστερά της ισοϋψούς που επιλέξαμε. Ο λόγος που δίνουμε δύο τιμές είναι ότι μπορεί να χρειαστεί να ξεχωρίσουμε τα γεωγραφικά όρια της περιοχής .(π.χ. την στεριά από τη θάλασσα) στα οποία οι τιμές της τραχύτητάς διαφέρουν.

Εάν θέλουμε να δώσουμε την ίδια τιμή τραχύτητάς σε όλη την περιοχή τότε δίνουμε την τιμή αυτή δεξιά και αριστερά της ισοϋψούς (Εικόνα: 2.3.5)

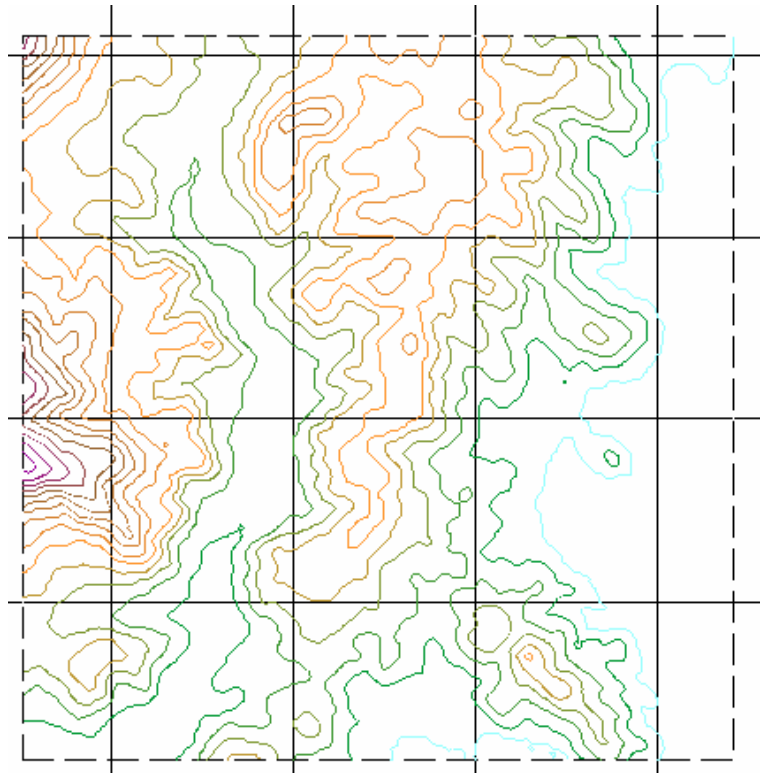
Αφού οριστεί η τραχύτητά σώζουμε το αρχείο του χάρτη αλλιώς οι αλλαγές θα χαθούν.

Για να φορτώσουμε ένα χάρτη υποβάθρου πρέπει να πρώτα να του δώσουμε γνωστές συντεταγμένες ώστε να είναι συμβατός με τον ψηφιακό χάρτη. Τα σημεία που επιλέγουμε είναι γνωστοί κόμβοι πάνω στο χάρτη και επιλέγονται από το μενού (Εικόνα: 2.3.6. )

Με την επιλογή enable \_digitizing μπορούμε να ψηφιοποιήσουμε τα γνωστά σημεία στο χάρτη με διαφορετικούς συντελεστές τραχύτητας (Εικόνα: 2.3.7

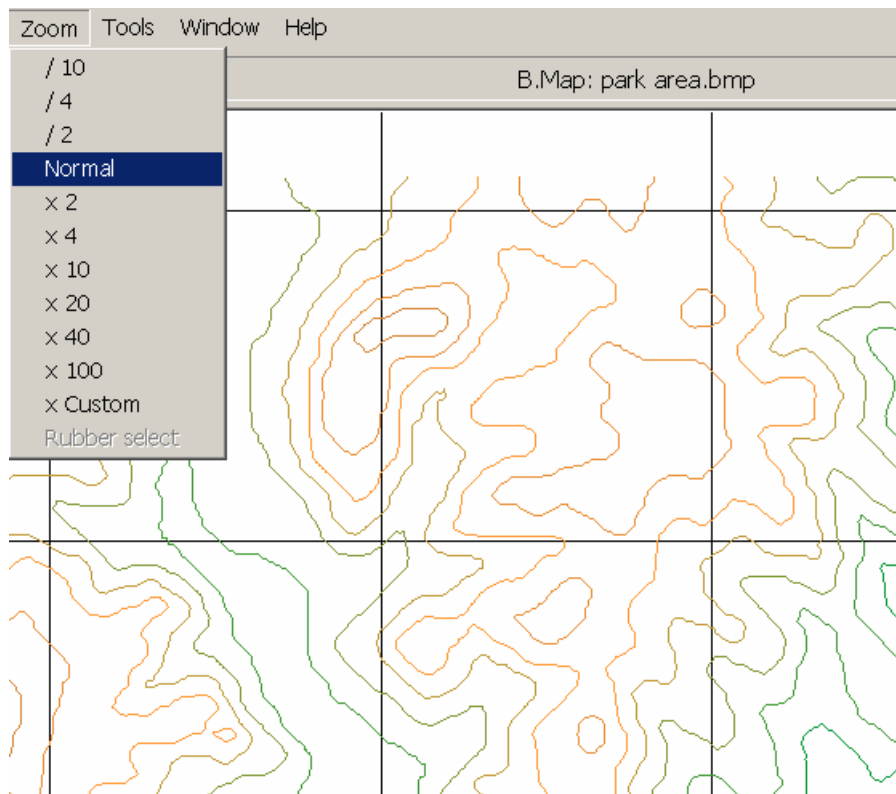
Map Description						Map Projection Description		
DXF created from Surfer v7.00 clipped Outside						Details		
Lines	H.Contours	R.Lines	N/A.Lines	E.Lines	File Type	Projection Type		
36	36	2	0	0	BIN32	Hellenic Geodetic Reference System 87		
Points	Nodes	Webs	Dead-ends	CrossPoints	Datum		Cent. Merid.(E)	
2489	1	?	1	0	GGRS'87		+24.0000C	
Spher. Geodetic Reference System 1980								
Xmin	Ymin	Zmin	Roughnesses (m)		Z-values (m)			
E 504036.4 m	N 4177847.3 m	0.00 m	0.0200		0.00			
Xmax	Ymax	Zmax	0.1500		5.00			
E 507068.3 m	N 4180892.0 m	180.00 m	20.00					
Rmin	Rmax	40.00						
0.0200 m	0.1500 m	60.00						
						80.00		
						100.00		
						120.00		
						140.00		
						160.00		
						180.00		
Status								
MyMap: OK;								

Εικόνα: 2.3.1.Το WASP map editor.

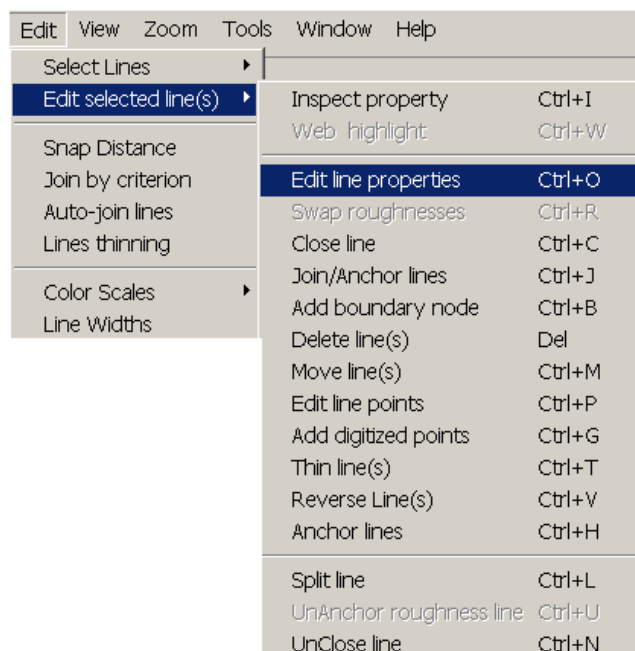


Εικόνα:2.3.2.Ψηφιοποιημένος χάρτης όπως φαίνεται από το map editor.

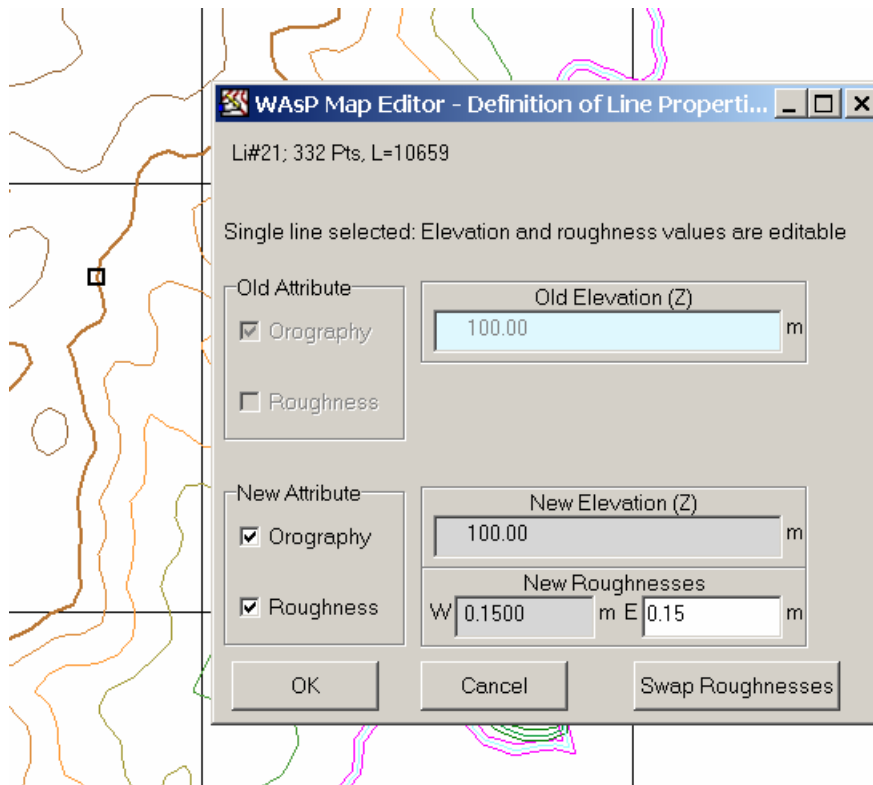




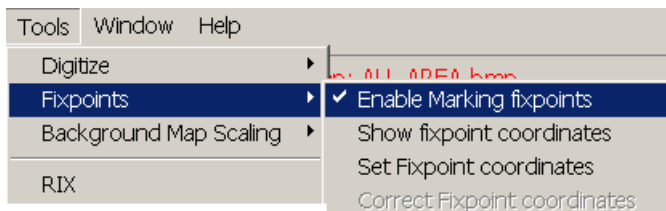
Εικόνα: 2.3.3.Επιλογή κλίμακας από το μενού zoom control.



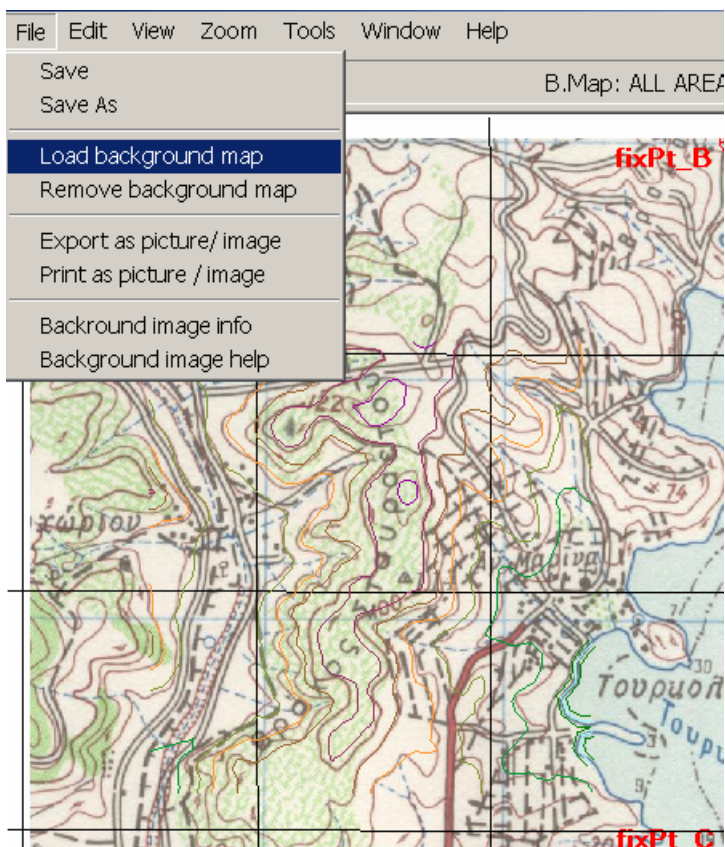
Εικόνα: 2.3.4.Το μενού Line edit options.



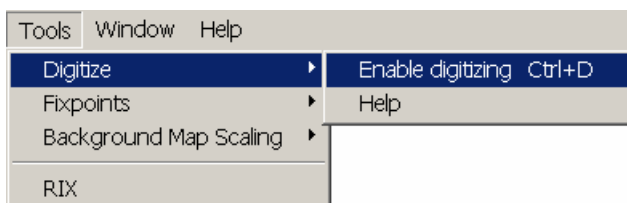
Εικόνα: 2.3.5. Το μενού Contour change property. Για την εισαγωγή των τιμών τραχύτητας τσεκάρουμε την επιλογή Swap roughness στο τελευταίο κουτί και εισάγουμε τις τιμές τραχύτητας



Εικόνα: 2.3.6 Με την επιλογή fixpoints \_enable marking fix point οριοθετούμε τρία γνωστά σημεία πάνω στο χάρτη υποβάθρου ώστε αυτός να είναι συμβατός με τον ψηφιακό χάρτη



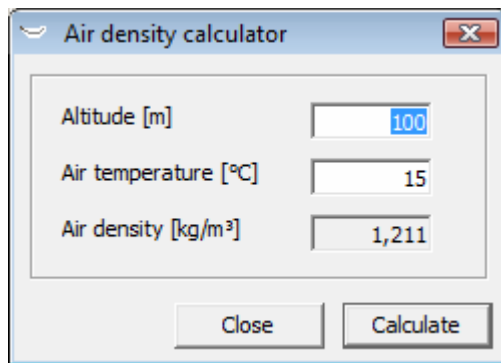
Εικόνα: 2.3.7 Από το μενού file\_load background map φορτώνουμε το χάρτη υποβάθρου της περιοχής με σκοπό να ορίσουμε σημεία στο χάρτη με διαφορετικό συντελεστή τραχύτητας.



Εικόνα: 2.3.8. Από το μενού tools\_Digitize\_Enable digitizing ενεργοποιούμε την ψηφιοποίηση για να ορίσουμε την περιοχή της θάλασσας με διαφορετικό συντελεστή τραχύτητας.

## 2.4 Ο υπολογιστής της πυκνότητας του αέρα

Ο υπολογιστής της πυκνότητας στο WASP υπολογίζει την πυκνότητα του αέρα σε  $[kg/m^3]$  ως συνάρτηση του ύψους  $h$  και της μέσης θερμοκρασία του αέρα στο ίδιο ύψος. Ένα ποσοστό σφάλματος 6,5 K/km και μια ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας 1013.25 hPa έχει ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό.



Εικόνα: 2.4.1. Το παράθυρο υπολογισμού της πυκνότητας

Η εκτίμηση είναι βασισμένη σε μια αποκαλούμενη τυποποιημένη κατάσταση της ατμόσφαιρας και εάν υπάρχουν μακροχρόνιες πληροφορίες για τη βαρομετρική πίεση και τη θερμοκρασία στη θέση ενδιαφέροντος, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της μέσης πυκνότητας αέρα.

Ο κατάλληλος τρόπος να περιληφθεί η επίδραση της πυκνότητας του αέρα στην παραγωγή ισχύος είναι να ληφθούν για τις συγκεκριμένες θέσης- (δηλ. για μια συγκεκριμένη πυκνότητα αέρα ) οι καμπύλες ισχύος και ώθησης από τον κατασκευαστή των ανεμογεννητριών.

## 2.5 *The Turbine Editor*

Ο Turbine Editor του WASP μας βοηθά να δώσουμε τα σωστά χαρακτηριστικά ισχύος και ώθησης των μηχανών που θα χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να μπορέσει το WASP να υπολογίσει την παραγόμενη ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες αλλά και τις απώλειες ορόρου του πάρκου.

Η παραγόμενη ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι μηδενική, όταν η ταχύτητά του ανέμου είναι μικρότερη από την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας " $V_c$ " δεδομένου ότι η παραγόμενη ισχύς δεν αρκεί να καλύψει τις απώλειες κενού φορτίου. Συνεπώς για ταχύτητες ανέμου μικρότερες του " $V_c$ ", δεν έχουμε αξιοποίηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Οι τιμές της ταχύτητας έναρξης λειτουργίας κινούνται μεταξύ 3m/sec και 5m/sec.

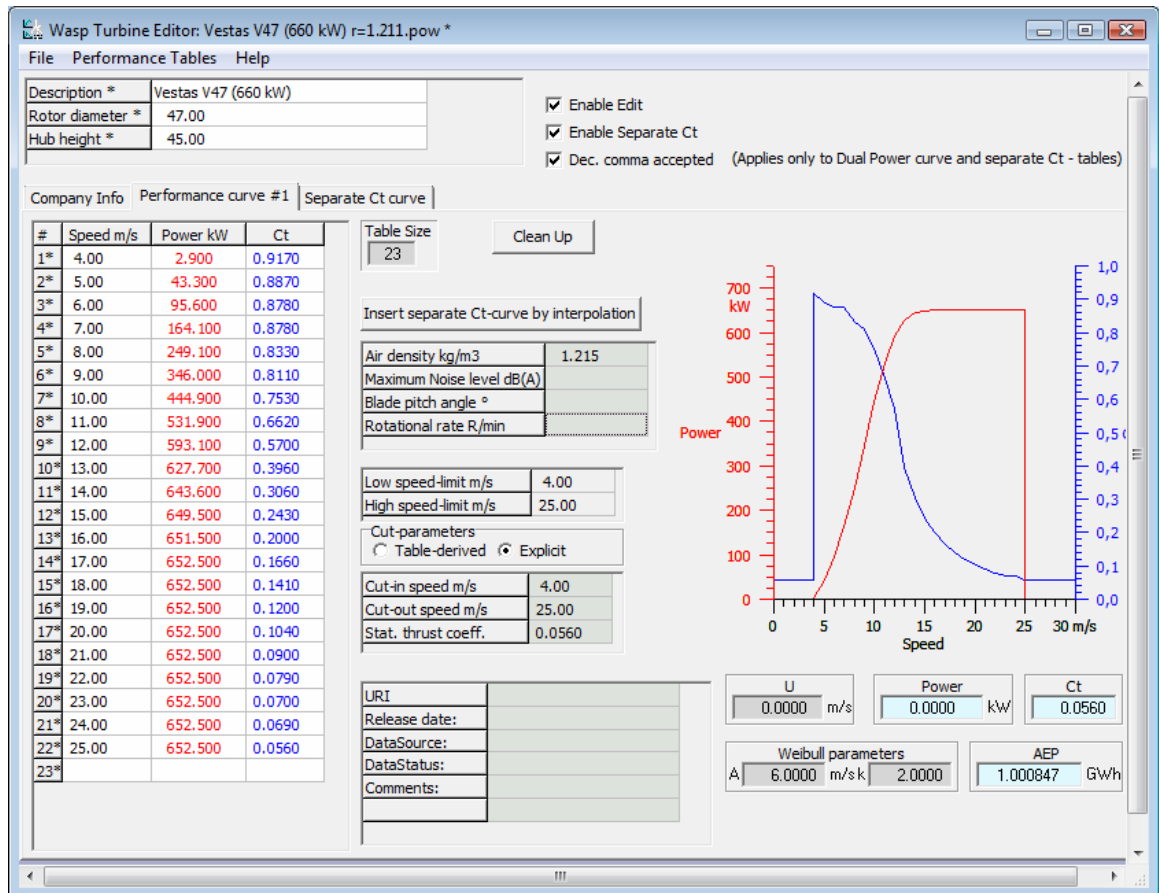
Όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας και μέχρι την ταχύτητα ονομαστικής ισχύος " $V_r$ ", η ισχύς της ανεμογεννήτριας αυξάνεται η ταχύτητά του ανέμου. Ο ρυθμός αύξησης της ισχύος στη λεγόμενη "μεταβατική" περιοχή λειτουργίας της ανεμογεννήτριας ποικίλει, και εκτός από τη γραμμική μορφή έχουμε παραβολικούς ή και εκθετικούς ρυθμούς μεταβολής, ανάλογα με τον τύπο της συγκεκριμένης μηχανής.

Από την ταχύτητα ονομαστικής λειτουργίας " $V_f$ " μιας ανεμογεννήτριας επιχειρείται η παραγόμενη ισχύς να είναι κατά το δυνατόν σταθερή και ίση με την ονομαστική τιμή της μηχανής ανεξάρτητα από τη διαθέσιμη ισχύ του ανέμου. Οι τιμές της ταχύτητας διακοπής λειτουργίας μεταβάλλονται από 25m/sec έως 30m/sec

Τα στοιχεία ισχύος για κάθε τύπο ανεμογεννήτριας δίνονται από την κατασκευαστή

Έτσι συμπληρώνοντας τον πίνακα προκύπτει ή καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας

Παράλληλα με την καμπύλη ισχύος πρέπει να συμπληρωθεί και η στήλη της που δίνει το συντελεστή ισχύος  $C_p$  για κάθε τιμή της ταχύτητας άνεμου.



Εικόνα: 2.5.1: Το περιβάλλον εργασίας του turbine editor στο οποίο ορίζουμε τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των ανεμογεννητριών.

## 2.6 Διόρθωση της ισχύος και του συντελεστή ισχύος ( $C_t$ ) λόγω της πυκνότητας του αέρα

Όπως προαναφέραμε και παραπάνω η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται λόγω της διαφορετικής πυκνότητας του αέρα η οποία επηρεάζει την καμπύλη ισχύος της μηχανής. Οι μεταβολές που παρατηρούνται εξαρτώνται και από τον τύπο της ανεμογεννήτριας του χρησιμοποιείται.

Για να έχουμε καλύτερη προσέγγιση στα αποτελέσματά μας θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε διορθωμένες καμπύλες ισχύος ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία.

Η τιμή της καμπύλης ισχύος προκύπτει από τη σχέση ισχύος

$$P = P(V, n) = C_p \left( \frac{1}{2} \rho V^3 A \right) \quad (2.1)$$

Η τιμή του συντελεστή ισχύος  $C_p$  προκύπτει από τη σχέση

$$C_p = \frac{2N}{n * \rho * A * V^3} \quad (2.2)$$

$$\text{οπού } A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (2.3)$$

Όπου:

$C_p$ : Ο συντελεστής ισχύος

$\omega$ : Η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα

$\rho$ : Η πυκνότητα του αέρα ( $\rho=1.225$  στη θάλασσα)

R: Η ακτίνα του φτερού

V: Η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του άξονα του δρομέα.

A: Το εμβαδόν επιφάνεια σάρωσης της πτερωτής

n: Οι στροφές του δρομέα της ανεμογεννήτριας

D: Η διάμετρός της πτερωτής

Προσοχή πρέπει να δοθεί στη τιμή της πυκνότητας του αέρα η οποία πρέπει να αντιπροσωπεύει το υψόμετρο της περιοχής που θα εγκατασταθούν οι ανεμογεννήτριες.

### 2.6.α) Για ανεμογεννήτριες με έλεγχο ισχύος λόγω αεροδυναμικής αποκόλλησης (stall)

ισχύει η σχέση

$$P(V_1, \rho) = P(V_1, \rho_{ref}) \frac{\rho}{\rho_{ref}} \quad (2.4)$$

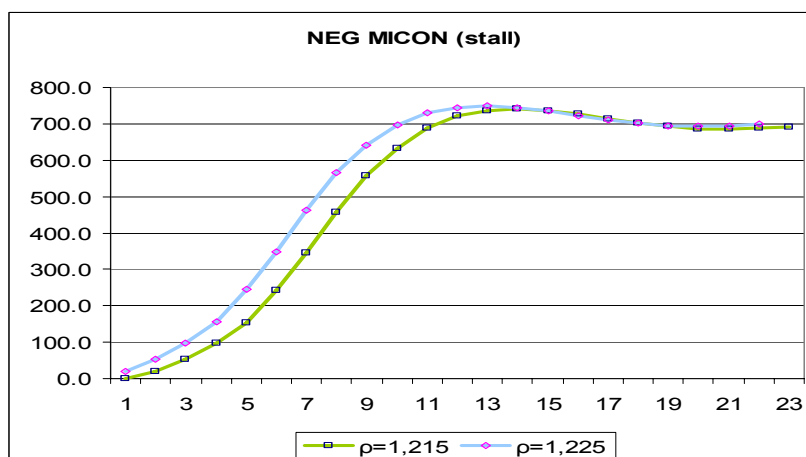
$$\rho_{ref} = \frac{2P}{C_p V^3 A} \quad (2.5)$$

P η πυκνότητα του αέρα στο ύψος του πάρκου ( $\rho=1.211$ )

$\rho_{ref}$  η πυκνότητα του αέρα στο επίπεδο της θάλασσας ( $\rho=1.225$ )

$\rho$ : Η πυκνότητα του αέρα στο υψόμετρο της περιοχής εγκατάστασής

P: η ισχύς που προκύπτει για διαφορετικές πυκνότητες αέρα



Εικόνα:(2.6.1) καμπύλη ισχύος stall μηχανής(για διαφορετική πυκνότητα αέρα)

## 2.6.β Για ανεμογεννήτριες μεταβλητής γωνίας πτερυγίου (pitch)

Για το 70% της καμπύλης ισχύει η σχέση:

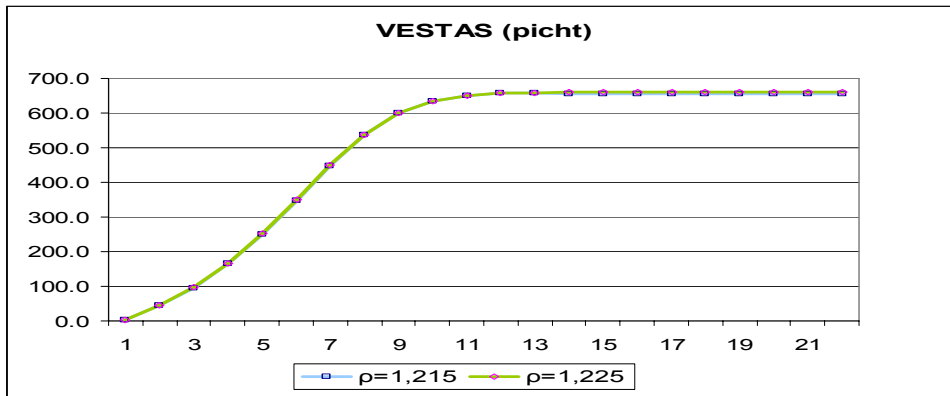
$$P(V_1\rho) = P(V_1\rho_{ref}) \frac{\rho}{\rho_{ref}} \quad (2.6)$$

Από τι 70% μέχρι τη μέγιστη τιμή της καμπύλης ισχύος η τιμή της ταχύτητας δίνεται από τη σχέση

$$V = V \left( \frac{\rho}{\rho_{ref}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.7)$$

Από τη μέγιστη τιμή της καμπύλης ισχύος μέχρι την ταχύτητα αποκοπής η ισχύς δίνεται από τη σχέση:

$$P(V_1\rho) = P(V_1\rho_{ref}) \frac{\rho}{\rho_{ref}} \quad (2.8)$$



Εικόνα:(2.6.2) καμπύλη ισχύος pitch μηχανής(για διαφορετική πυκνότητα αέρα)

## 2.7 Ρόδο τραχύτητας

Κατά υπολογισμό ενός άτλαντα αέρα από ένα μετεωρολογικό σταθμό, για την προβλέψει του κλίματος αέρα στη θέση των μηχανών το WAsP μπορεί να προσαρμόσει τα μήκη τραχύτητας της έκτασης γύρω από την θέση ενδιαφέροντος. Φυσικά το WAsP χρειάζεται τις πληροφορίες για το περιβάλλον τραχύτητας για να το κάνει αυτό.

Εάν ο χάρτης που συνδέεται με την θέση περιέχει τις γραμμές αλλαγής τραχύτητας, τότε το WAsP μπορεί να παραγάγει τις πληροφορίες για το περιβάλλον τραχύτητας αυτόματα. ,έτσι δεν χρειάζεται να δοθούν οποιεσδήποτε άλλες πληροφορίες.

Εντούτοις, εάν ο χάρτης περιέχει μόνο τα στοιχεία ύψους, τότε ένας εναλλακτικός τρόπος να παρασχεθούν στο WAsP οι πληροφορίες για το περιβάλλον τραχύτητας είναι να συνδεθεί η τιμή της τραχύτητας με την θέση, με την

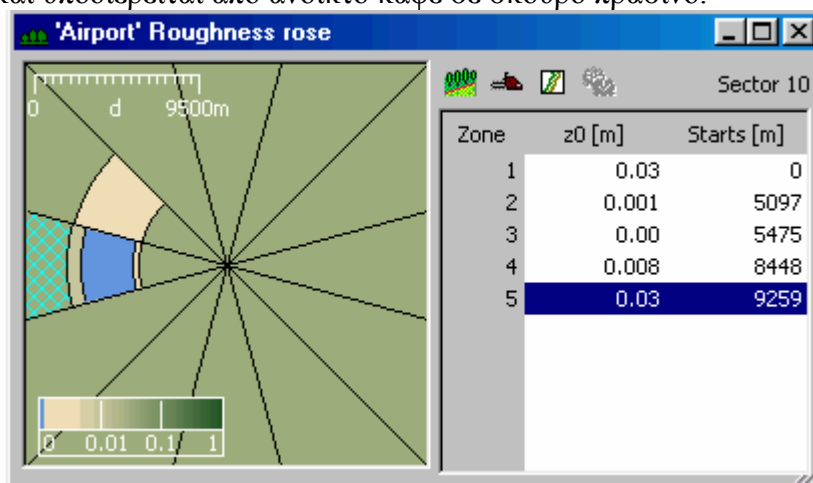
παρεμβολής ενός άλλου παιδιού μέλος της θέσης στην ιεραρχία του χώρου εργασίας.

Η τραχύτητα υποδιαιρεί την θέση σε τομείς. Κάθε τομέας διαιρείται στη συνέχεια σε "ζώνες" διαφορετικού μήκους τραχύτητας.

### 2.7.1 Το παράθυρο ρόδου τραχύτητας

Η παράθυρο τραχύτητας επεξηγεί την τραχύτητα της έκτασης που περιβάλλει τη θέση μιας ανεμογεννήτριας ή έναν μετεωρολογικό σταθμό.

Το περίγραμμα του χάρτη εμφανίζει το περιβάλλον της θέσης. Η θέση διαιρείται σε τομείς και κάθε τομέας μπορεί να διαιρεθεί σε ζώνες με διαφορετικά μήκη τραχύτητας. Οι ζώνες χωρίζονται από τις γραμμές αλλαγής τραχύτητας και είναι χρωματισμένες σύμφωνα με μια λογαριθμική κλίμακα που αρχίζει με μπλε (που είναι διατηρημένο για τις περιοχές με ένα μήκος τραχύτητας ακριβώς μηδενός) και υποδιαιρείται από ανοικτό καφέ σε σκούρο πράσινο.



Εικόνα: 2.7.1: Η κλίμακα χρώματος τραχύτητας και η κλίμακα απόστασης παρουσιάζονται στο χάρτη.

Για να βρούμε την ακριβή τιμή για μια θέση, κινούμε το δείκτη του ποντικιού αργά πέρα από το χάρτη. Η ετικέτα που θα εμφανιστεί δείχνει την τιμή της τραχύτητας στη θέση ενδιαφέροντος, την απόσταση (ακτίνα) από την θέση της τρέχουσας θέσης ενδιαφέροντος, και το μήκος τραχύτητας στην περιοχή.

Για να επιλέξετε έναν τομέα, κάνουμε κλικ στο χάρτη. Τα στοιχεία για την επιλεγμένη ζώνη παρουσιάζονται στο πλέγμα δεξιά του χάρτη. Κάθε σειρά στο πλέγμα περιέχει το δείκτη ζωνών, το μήκος τραχύτητας της ζώνης και την απόσταση από την θέση στην έναρξη της ζώνης.

### 2.7.2 Η παραγωγή ενός ρόδου τραχύτητας από έναν χάρτη

Εάν ο μετεωρολογικός σταθμός στην θέση των μηχανών βρίσκεται σε έναν χάρτη που περιέχει τις πληροφορίες τραχύτητας (γραμμές αλλαγής τραχύτητας), κατόπιν δεν υπάρχει καμία ανάγκη να χρησιμοποιηθεί ένα ρόδο τραχύτητας ως μέλος για εκείνη την θέση. Ακόμα, είναι μερικές φορές χρήσιμο ή ενδιαφέρον να αποκτηθεί μια διορατικότητα στο πώς το WAsP ερμηνεύει τα στοιχεία χαρτών για εκείνη την θέση. Αυτή την πληροφορία μπορεί να την πάρει το WAsP για να παραγάγει μια τραχύτητα για την θέση από τις πληροφορίες τραχύτητας χαρτών.



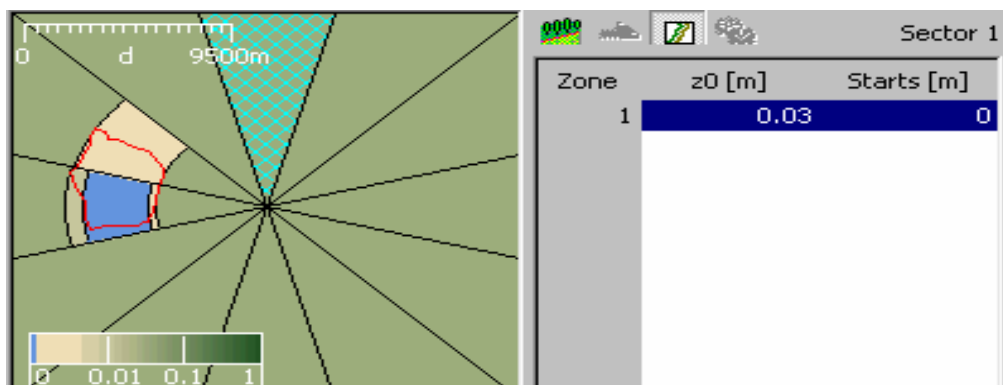
Γιατί γίνεται αυτό

- 1) Για να Ελέγξουμε ότι η θέση βρίσκεται σωστά στο χάρτη
- 2) Για να παρεμβάλουμε μια νέα τιμή τραχύτητα προσθέτοντας την σαν νέο μέλος στην ιεραρχία ως παιδί της θέσης.

Από το ρόδο τραχύτητας, επιλέγουμε εμφάνιση

Το ρόδο τραχύτητας αυτόματα απεικονίζεται το χάρτη. Η προκύπτουσα περιγραφή μπορεί να εξεταστεί, να εκδοθεί και να σωθεί.

Εάν μια τιμή τραχύτητας αυξήθηκε παρεμβάλλουμε τι νέα τιμή ενεργοποιώντας τον υπολογισμό προτού να μπορέσει να υπολογιστεί εκ νέου από την τρέχουσα θέση στο χάρτη .



Εικόνα: 2.7.2:Οι γραμμές αλλαγής τραχύτητας στο χάρτη μπορούν να αλλάξουν την τραχύτητα κάνοντας κλικ στην εικόνα γραμμών τραχύτητας στη ράβδο εργαλείων.

### 2.7.3 Έκδοση μιας ζώνης τραχύτητας

Επιλέγουμε το κελί που περιέχει το στοιχείο που εμφανίζει την τιμή της ταχύτητας και πατάμε Enter στο πληκτρολόγιο ή με διπλό κλικ στο πλαίσιο. Ένα κελί εμφανίζεται στο πλέγμα που επιτρέπει στον αριθμό για να εκδοθεί.

Zone	z0 [m]	Starts [m]
1	0.03	0
2	0.001	5097
3	0.00	5475
4	0.008	8448
5	0.03	9259

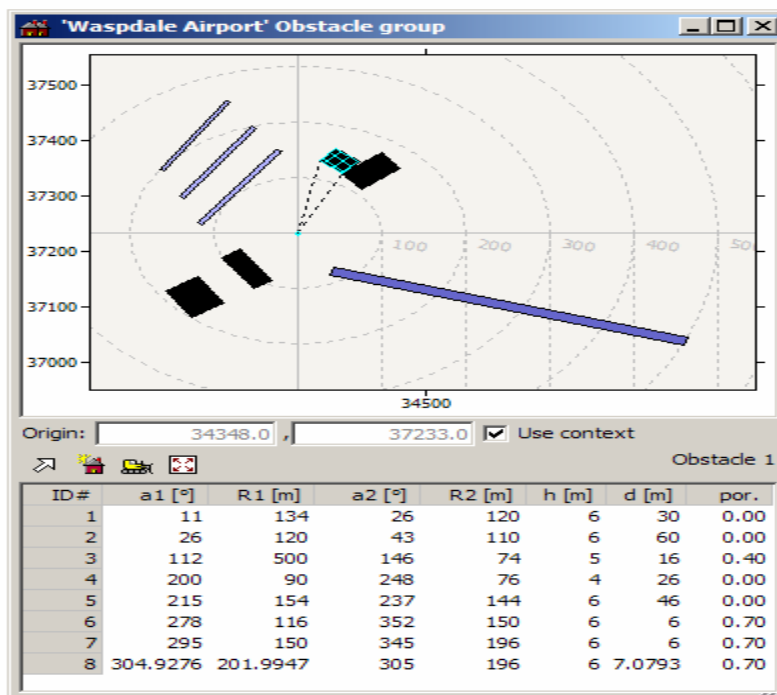
Εικόνα: 2.7.3 Πληκτρολογούμε τη νέα τιμή στο παράθυρο και πατάμε εισαγωγή για να κλείσει το παράθυρο.

## 2.8 Ομάδες εμποδίων

Οι ομάδες εμποδίων χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα αντικείμενα κοντά σε μια ή περισσότερες θέσεις υπολογισμού (μετεωρολογικοί σταθμοί ή θέσεις ανεμογεννητριών) που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στη συμπεριφορά του αέρα στην θέση. Τα εμπόδια περιλαμβάνουν τα κτήρια, δάση ή και ομάδες δέντρων.

Τα στοιχεία στις ομάδες εμποδίων του WAsP περιγράφουν τα εμπόδια χρησιμοποιώντας μια σχετικά ισότιμη θέση και τα εμπόδια αντιπροσωπεύονται ως τρισδιάστατα κιβώτια με ένα ορθογώνιο ίχνος και μια διατομή. Ένα μέγιστο αριθμός 50 εμποδίων μπορεί να διευκρινιστεί σε έναν κατάλογο.


Μια ομάδα εμποδίων μπορεί να είναι παιδί (δηλ. να έχει επιπτώσεις στον αέρα) ενός μετεωρολογικού σταθμού, μιας θέσης ανεμογεννήτριας ή ενός αιολικού πάρκου. Στο αιολικό πάρκο, όλες οι περιοχές μηχανών θα επηρεαστούν από την ομάδα εμποδίων. Εντούτοις, μια ομάδα εμποδίων δεν μπορεί να έχει επιπτώσεις στον αέρα ενός πλέγματος αέρα, δεδομένου ότι οι κόμβοι του πλέγματος δεν είναι σε περιοχές ανεμογεννητριών.



Σχημα2.8.1:Το σχεδιάγραμμα των εμποδίων είναι διευκρινισμένο σε έναν χάρτη, με τα εμπόδια που χρωματίζονται σύμφωνα με το πορώδες τους.

Τα πραγματικά στοιχεία που περιγράφουν τα εμπόδια επιδεικνύονται σε ένα πλέγμα στο οποίο κάθε σειρά περιέχει τα στοιχεία περιγράφοντας ένα εμπόδιο. Κάνοντάς κλικ σε μια σειρά στο πλέγμα θα αναγκάσει το αντίστοιχο εμπόδιο για να τονιστεί στο χάρτη.


### 2.8.1.α Ρύθμιση του σχεδιαγράμματος

Το παράθυρο μπορεί να επαναταξινομηθεί. Εάν η θέση που εμφανίζεται στο χάρτη είναι ψηλή και στενή, μπορεί να είναι καταλληλότερο να επιδειχθεί το πλέγμα δεξιά του χάρτη. Είναι δυνατό να κινηθεί το πλέγμα αέρα μετακινώντας το κουμπί πλέγματος  στη ράβδο εργαλείων.

### 2.8.1.β Συνεργασία με τις ομάδες εμποδίων

Είναι δυνατό να προστεθούν, να εμφανισθούν και να αφαιρεθούν τα εμπόδια δουλεύοντας με το πλέγμα.

#### 2.8.1.γ Προσθήκη ενός νέου εμποδίου στον κατάλογο <>

 Κλατάροντας Add στο κουμπί εμποδίων στη ράβδο εργαλείων, ένα νέο εμπόδιο προστίθεται στο κατώτατο σημείο του καταλόγου με τον αριθμό ταυτότητας  $n + 1$ . Το νέο εμπόδιο δημιουργείται με τα υπάρχοντα στοιχεία και μια σειρά προστίθεται στο κατώτατο σημείο του πλέγματος. Προσθέτουμε το πλέγμα προσθέτοντας τα στοιχεία που περιγράφουν το νέο εμπόδιο.

#### 2.8.1.δ Προσθέτοντας στοιχεία εμποδίων

Επιλέγουμε το κελί πλέγματος που περιέχει το στοιχείο που προστίθεται και στη συνέχεια Enter και διπλό κλικ στο κελί. Ένα κουτί εμφανίζεται στο πλέγμα που επιτρέπει στον αριθμό να προστεθεί:

ID#	a1 [°]	R1 [m]	a2 [°]	R2 [m]	h [m]	d [m]	por.
1	11	134	26	120	6	30	0.00
2	26	120	43	110	6	60	0.00
3	112	500	146	74	5	16	0.40
4	200	90	248	76	4	26	0.00
5	<input type="text" value="215"/>	154	<input type="text" value="237"/>	144	6	46	0.00
6	278	116	352	150	6	6	0.70
7	295	150	345	196	6	6	0.70
8	304.9276	201.9947	305	196	6	7.0793	0.70

2.8.3 Πλυκτρολογούμε τη νέα τιμή στο κουτί και στη συνέχεια πατάμε enter.Ο χάρτης εμφανίζει το εμπόδιο απεικονίζοντας τις αλλαγές

#### 2.8.1.ε Προετοιμασία μιας ομάδας εμποδίων

Η εμφάνιση των εμποδίων μπορεί να προσδιοριστεί από έναν λεπτομερή χάρτη, από μια αεροφωτογραφία ή από μια επίσκεψη. Εάν η θέση αφορά είναι η θέση του μετεωρολογικού σταθμού τότε, μόνο τα εμπόδια που υπήρχαν εκεί κατά τη διάρκεια συλλογής των μετρήσεων πρέπει να περιγραφούν.

Οι πληροφορίες εμποδίων μπορούν να συνταχθούν σ ένα χωριστό φύλλο το οποία θα χρησιμοποιηθεί αργότερα για να καθορίσει την λίστα των εμποδίων

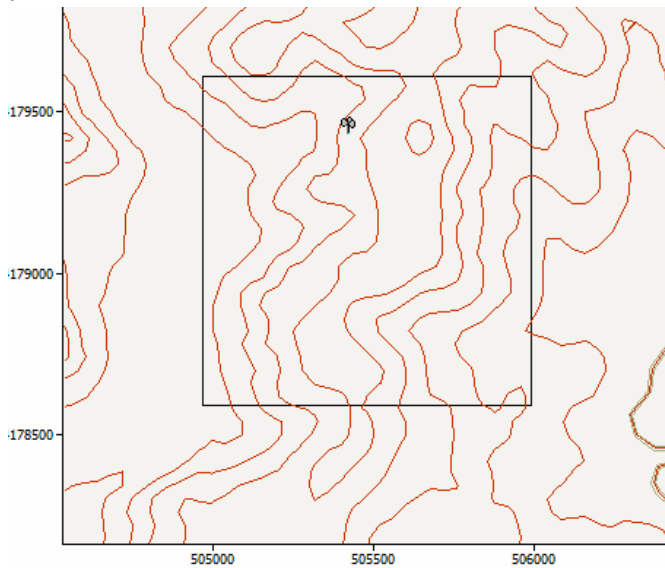
#### 2.8.1.ζ Τομείς

Ο προσανατολισμός της γωνίας θέσης ενός εμποδίου λαμβάνεται χρησιμοποιώντας μια πυξίδα. Οι αποστάσεις στις ίδιες γωνίες υπολογίζονται με "το μέτρημα" των αποστάσεων ή τη χρησιμοποίηση ενός οδομέτρου ή ενός αποστασιομέτρου. Οι διαστάσεις και το πορώδες του εμποδίου πρέπει να υπολογιστούν με μια μετροταινία που μπορεί φανεί πρακτικό σε αυτή τη φάση. Οι φωτογραφίες λαμβάνονται από την θέση για κάθε 30° του αζιμούθιου, που αρχίζει από το Βορρά (0°).

## 2.10 Εργασία με το WAsP

Παρακάτω περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε με σκοπό να προβλεφθεί η παραγωγή ενεργείας στη διάρκεια ενός έτους από το αιολικό πάρκο του ΚΑΠΕ στη θέση "Σταυραετός" με σκοπό τα αποτελέσματα να συγκριθούν με την πραγματική παραγωγή που έδωσε το Πάρκο κατά τη διάρκεια του ίδιου ημερολογιακού έτους.

Τα στοιχεία μέτρησης του ανέμου ελήφθησαν από τον τριαντάμετρο μετεωρολογικό ιστό(Εικόνα: 2.4.1.1) που υπάρχει πλησίον του πάρκου σε μικρή σχετικά απόσταση από τις ανεμογεννήτριες



Εικόνα: 2.10.1 Ο χάρτης της περιοχής μαζί με τη θέση του ιστού.

Τα στοιχεία που διαθέτουμε είναι σε ψηφιακή μορφή και θα μας βοηθήσουν στην ολοκλήρωση της διαδικασίας.

- ✚ Ένας ψηφιακός χάρτης υψομέτρου και τραχύτητας της περιοχής.
- ✚ Ένα αρχείο που περιέχει μετρήσεις αέρα της περιοχής.
- ✚ Ένα αρχείο που περιγράφει το κτήριο του πάρκου.
- ✚ Τα αρχεία που περιγράφουν τις καμπύλες ισχύος των μηχανών.

### 2.10.1 Διαδικασία πρόβλεψης της παραγωγής ενέργειας του πάρκου

Από την εξέταση του χάρτη είναι προφανές ότι η περιοχή των ανεμογεννητριών είναι διαφορετική από αυτή του μετεωρολογικού σταθμού. Επιπλέον, οι ιδιότητες της θέσης το ιστού έχουν διαφορετική επίδραση στον τρόπο όπου ο αέρας συμπεριφέρεται κοντά στις ανεμογεννήτριες. Επίσης το ύψος πλημνών των μηχανών είναι διαφορετικό σε σχέση με το ύψος του ιστού.

Αυτό που χρειαζόμαστε είναι να βρεθεί ένας τρόπος να αναλυθεί το κλίμα του αέρα που καταγράφεται στο μετεωρολογικό σταθμό, και να χρησιμοποιηθεί για να προβλεφθεί το κλίμα αέρα στη θέση των μηχανών. Αυτό είναι που κάνει το WAsP .

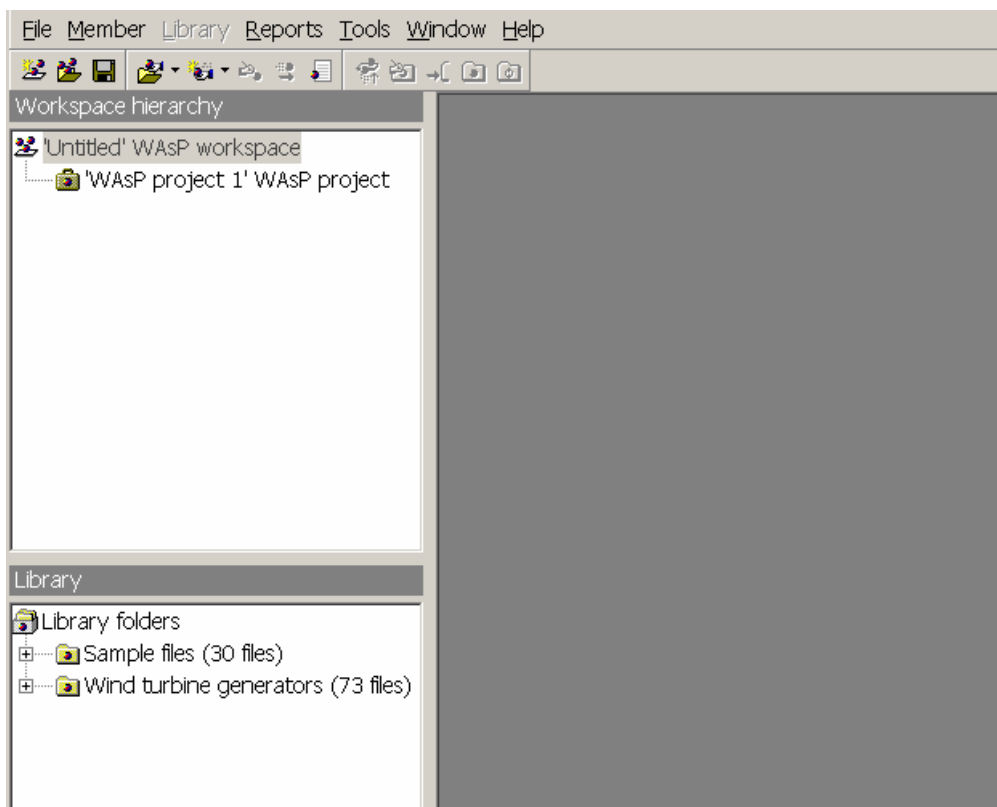
Χρησιμοποιώντας το WAsP, μπορούμε να αναλύσουμε τα καταγεγραμμένα στοιχεία του αέρα, της περιοχής για να εμφανισθούν ως ανεξάρτητα χαρακτηριστικά του τοπικού κλίματος αέρα. Αυτή η περιοχή-(ανεξάρτητος

χαρακτηρισμός του τοπικού κλίματος αέρα) καλείται στο σύνολο των στοιχείων της άτλαντας αέρα ή περιφερειακό κλίμα αέρα. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσετε το WASP για να εφαρμόσουμε τα αποτελέσματα μιας ευρύτερης περιοχής στα στοιχεία άτλαντα αέρα για μια -συγκεκριμένη περιοχή ερμηνεύοντας το τοπικό κλίμα αέρα.

Η παροχή μιας πρόβλεψης στην περίπτωση μας επομένως είναι μια διπλή διαδικασία. Κατ' αρχάς, τα στοιχεία από το μετεωρολογικό σταθμό πρέπει να αναλυθούν για να παράγουν έναν άτλαντα αέρα, και έπειτα ο άτλαντας αέρα που θα προκύψει πρέπει να εφαρμοστεί στην περιοχή των ανεμογεννητριών για να υπολογίσει τη ετήσια παραγωγή ενέργειας του πάρκου.

### 2.10.2 Άνοιγμα του workspace του WASP

Όταν ανοίγουμε για πρώτη φορά ένα το WASP ,παρουσιάζεται ένα κενό παράθυρο (Εικόνα:2.10.2)



Εικόνα:2.10.2Το περιβάλλον εργασίας του WASP

Το περιβάλλον εργασίας του WASP χωρίζεται σε τρεις περιοχές



- ✚ Στην περιοχή εισαγωγής των εικονιδίων που περιγράφουν τη διαδικασία υπολογισμού (αριστερά πάνω στην οθόνη)
- ✚ Στην περιοχή όπου βρίσκονται οι βιβλιοθήκες του προγράμματός (κάτω αριστερά)
- ✚ Στην περιοχή όπου δίνονται τα αποτελέσματά των υπολογισμών (δεξιά πλευρά της οθόνης)

Σε γενικές γραμμές το WAsP λειτουργεί δημιουργώντας χώρους εργασίας (Workspaces) οι οποίοι αποτελούνται από υποκατηγορίες υπολογισμών που ονομάζονται Project.

Κάθε Project αποτελείται από μια σειρά δεδομένων και υπολογισμών. Κάθε μέρος υπολογισμού ή εισαγωγή δεδομένων μπορεί να ανήκει σε συγκεκριμένη ομάδα και μπορεί να εισαχθεί μόνο ιεραρχικά. Π.χ Ένα Project σε ένα Workspace αλλά δεν μπορεί να ανήκει σε άλλο Project.

Για την διευκόλυνση μας η δημιουργία μιας σειράς υπολογισμών ή δεδομένων εισάγονται. Κάνοντας δεξί κλικ σε κάθε εικονίδιο μπορούμε να δούμε τις επιλογές που έχουμε. Επίσης τα εικονίδια δίνονται με τέτοιο τρόπο στην οθόνη ώστε να φαίνεται η σειρά των υπολογισμών.

Η γενική αρχή για οποιονδήποτε υπολογισμό στο WAsP είναι ότι χρειάζονται δύο βασικά δεδομένα:




-  Η μορφολογία του εδάφους
- και
-  Οι μετρήσεις ανέμου

### Η ρίζα του χώρου εργασίας

Πάντα υπάρχει μια μόνο ρίζα σε κάθε χώρο εργασίας. Βρίσκεται στην κορυφή της ιεραρχίας και δεν έχει «γονέα» Το workspace root μπορεί να έχει οποιουδήποτε τύπου μέλη σαν «παιδιά». Όταν ανοίγεται ένα σωσμένο workspace, ανοίγουν και όλα τα «παιδιά» του χώρου εργασίας.

Αυτός ο χώρος εργασίας περιέχει περαιτέρω ένα 'Untitled' πρόγραμμα. Για να εργαστούμε στο WAsP, πρέπει να προσθέσουμε τα νέα στοιχεία στο χώρο εργασίας. Αυτά τα στοιχεία τακτοποιούνται σε μια ιεραρχία.

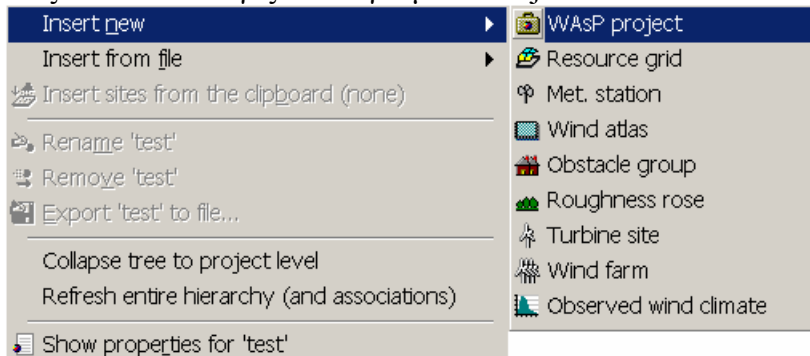
Για να παρεμβάλουμε ένα τμήμα στην ιεραρχία, κάνουμε τα εξής:

-  Κλικάρουμε με το δεξί κουμπί του ποντικιού στην εικόνα του χώρου εργασίας.
-  Εμφανίζονται κάποιες επιλογές
-  Επιλέγουμε το Insert new

### Project

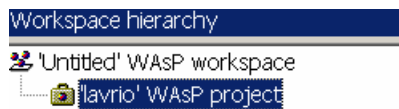
Το project το χρησιμοποιούμε για να διαχειριστούμε τις σχετικές ομάδες των μελών της ιεραρχίας. Το project είναι πάντα «παιδί» του workspace root.

Εμφανίζονται οι επιλογές. Επιλέγουμε το Project:



Εικόνα:2.10.3 Επιλέγουμε το Project

Κάθε τμήμα της ιεραρχίας έχει μενού που μπορεί να επιλέγει με δεξί κλικ. Οι επιλογές που γίνονται με δεξί κλικ των περισσότερων τμημάτων περιλαμβάνουν τα δευτερεύοντα μενού εισαγωγής.



Εικόνα:2.10.4 Το τμήμα της ιεραρχίας του προγράμματός παρεμβάλλεται ως «παιδί»της ρίζας του χώρου εργασίας.

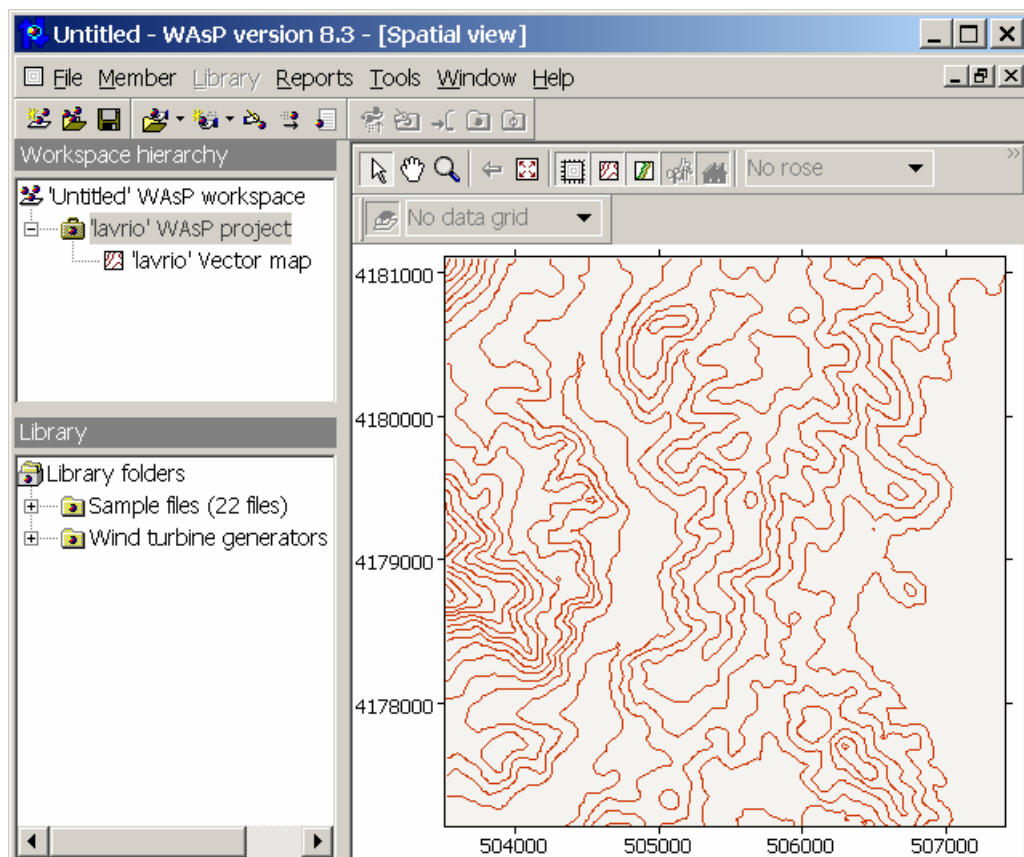
Για να παρεμβάλλουμε ένα δεύτερο τμήμα στην ιεραρχία:

Επιλέγουμε: Insert\_from file από τις πρώτες εμφανιζόμενες επιλογές του μενού.

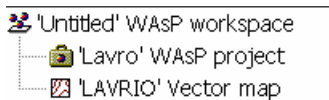
### Ο Χάρτης

Το WASP θα χρησιμοποιήσει το χάρτη για να πάρει πληροφορίες σχετικά με το γήινο ανάγλυφο και τα χαρακτηριστικά τραχύτητας της περιοχής. Ο χάρτης μπορεί να εμφανιστεί σε πολλά σημεία στην ιεραρχία του χώρου εργασίας, αλλά τυπικά το πρόγραμμά θα έχει έναν χάρτη.

Για να δούμε το χάρτη: Επιλέγουμε το View από το μενού δεξιού κλικ της εικόνας χαρτών.



(Εικόνα: 2.10.4)Το παράθυρό χαρτών εμφανίζεται στη δεξιά πλευρά του κύριου παραθύρου.



Εικόνα:2.10.4.Ο χάρτης και το project είναι και τα δύο «παιδιά»της ρίζας του χώρου εργασίας. Υπάρχουν περιορισμοί όπου οι διαφορετικοί τύποι μελών ιεραρχίας μπορούν να τοποθετηθούν στην ιεραρχία ,αλλά οι περισσότεροι τύποι μελών (συμπεριλαμβανομένων των χαρτών επιτρέπονται να είναι «παιδιά» της ρίζας του χώρου εργασίας .

### Ο Άτλαντας Αέρα

Ο ανεμολογικός άτλαντας είναι από τα κεντρικά τμήματά της ιεραρχίας .Ο γνωμολογικός άτλαντας του WAsP θα μας παρέχει δεδομένα που περιγράφουν τα ανεξάρτητα χαρακτηριστικά για τις συνθήκες αέρα της περιοχής. Το μοντέλο του WAsP προσομοιώνει την ανάλυσή των ανεμολογικών δεδομένων που συλλέγονται από το μετεωρολογικό ιστό για να παραχθεί ο άτλαντας αέρα ο οποίος στη συνέχεια θα υπολογίσει τις συνθήκες ανέμου (και την παραγωγή ενέργειας)στη θέση των ανεμογεννητριών.

### 2.10.3 Η Δημιουργία του άτλαντα αέρα

Ο ανεμολογικός άτλαντας θα παραχθεί από τα στοιχεία του μετεωρολογικού ιστού γ `αυτό και παρεμβάλλουμε τον ιστό ως «παιδί»του ανεμολογικού άτλαντα.



Εικόνα 2.10.5 Ο χώρος εργασίας θα έχει αυτή τη μορφή έτσι.

Για να καθορίσουμε τη θέση του ιστού στο χάρτη:

Με διπλό κλικ πάνω στο σταθμό εμφανίζεται ο διάλογος που μας επιτρέπει να ορίσουμε τις θέση του στο χάρτη.

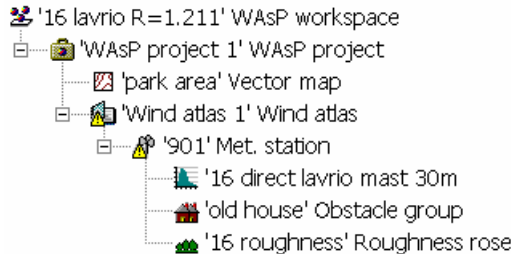
Anemometer location	
Height a.g.l.	30.0 m
X co-ordinate:	<input type="text" value="505430.0"/> m
Y co-ordinate:	<input type="text" value="4179432.0"/> m
Elevation a.s.l.	87.0 m
<input checked="" type="checkbox"/> Require and use a map location	

Εικόνα:2.10.6Όταν εμφανιστεί το πλαίσιο διαλόγου ορίζουμε τις συντεταγμένες του.



### 2.10.3.α Η Προσθήκη των παρατηρήσεων αέρα

Πρέπει τώρα να παρεμβάλουμε τα στοιχεία του αέρα στην ιεραρχία. Επιλέγουμε το μετεωρολογικό σταθμό και το ένθετο χρήσης από το αρχείο για να το παρεμβάλουμε σαν μέλος του ιστού. Το αρχείο του κλίματος το αρχείο εμποδίων του ιστού καθώς και ένα αρχείο που σχετίζεται με την τραχύτητα της περιοχής παρεμβάλλονται ως μέλη της ιεραρχίας και ο χώρος εργασίας πρέπει τώρα να μοιάζει με αυτό:

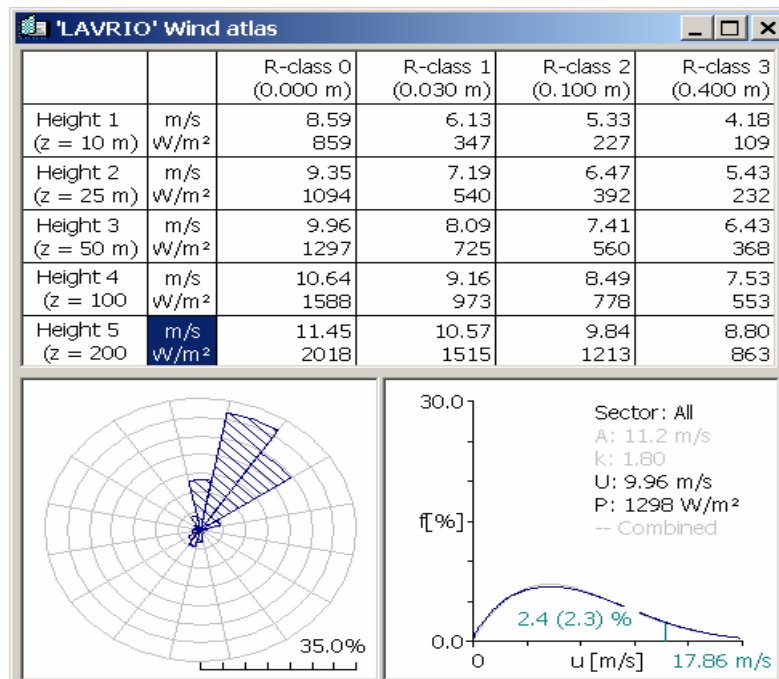


Εικόνα: 2.10.7Η ιεραρχία του μετεωρολογικού ιστού

### 2.10.3.β Ο υπολογισμός του ατλαντα

Το WASP είναι τώρα είναι έτοιμο να αναπαράγει των ανεμολογικό άτλαντα της περιοχής. Από τις επιλογές δεξιού κλικ του ανεμολογικού ιστού, επιλέγουμε την εντολή calculate atlas. Όταν τελειώσει ο υπολογισμός, το μικρό δαχτυλίδι που περιβάλλει το εικονίδιο του ανεμολογικού ιστού θα φύγει. Αυτό δείχνει ότι οι υπολογισμοί για τον ανεμολογικό ιστό είναι ενημερωμένοι.

Για να δούμε τα αποτελέσματα του υπολογισμού, επιλέγουμε την εντολή View από τις επιλογές δεξιού κλικ του ανεμολογικού άτλαντα.

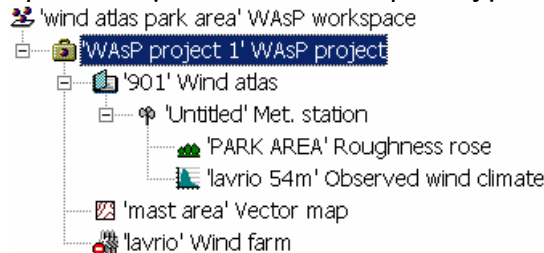


Εικόνα: 2.10.8 Ο ανεμολογικός άτλαντας εμφανίζεται ως ανεξάρτητος χαρακτηρισμός του κλίματός για την περιοχή και περιλαμβάνει τιμές της ταχύτητας και της ισχύος για διαφορετικά ύψη και μήκη τραχύτητας.

Σε ένα σύνολο στοιχείων άτλαντα αέρα οι παρατηρήσεις αέρα «έχουν καθοριστεί» όσον αφορά την περιοχή με συγκεκριμένους όρους. Τα συνολικά στοιχεία άτλαντα αέρα είναι ανεξάρτητα της περιοχής και οι κατανομές του αέρα έχουν μειωθεί σε μερικούς τυποποιημένους όρους δηλ. τέσσερις τυποποιημένες κατηγορίες τραχύτητας και πέντε τυποποιημένα ύψη επάνω από την επιφάνεια της γης.

#### 2.10.4 Η Εγκατάσταση του αιολικού πάρκου

Για να τοποθετήσουμε τις ανεμογεννήτριες που βρίσκονται στο πάρκο, πρέπει να προσθέσουμε ένα αιολικό πάρκο ως μέλος της ιεραρχίας στο χώρο εργασίας.



Εικόνα: 2.10.9 Παρεμβάλλοντας ένα αιολικό πάρκο ως παιδί του προγράμματος και ο χώρος εργασίας παίρνει αυτή τη μορφή

Το WAsP τώρα απαιτεί:

- ✚ Να ορίσουμε τις θέσεις των ανεμογεννητριών του πάρκου στο χάρτη.
- ✚ Μια περιγραφή των χαρακτηριστικών των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται.
- ✚ Να ορίσουμε τα χαρακτηριστικά τραχύτητας της περιοχής.

Δεν υπάρχει ακόμα κανένα εμπόδιο κοντά, έτσι δεν υπάρχει καμία ανάγκη να προστεθεί ένας κατάλογος εμποδίων σε αυτό το αιολικό πάρκο.

#### 2.10.5 Εγκατάσταση ανεμογεννητριών

Αρχικά κάνουμε δεξί κλικ στο μέλος της ιεραρχίας «αιολικό πάρκο» και επιλέγουμε insert new \_ turbine site.

Προσθέτουμε τις ανεμογεννήτριες με τον ακόλουθο τρόπο:

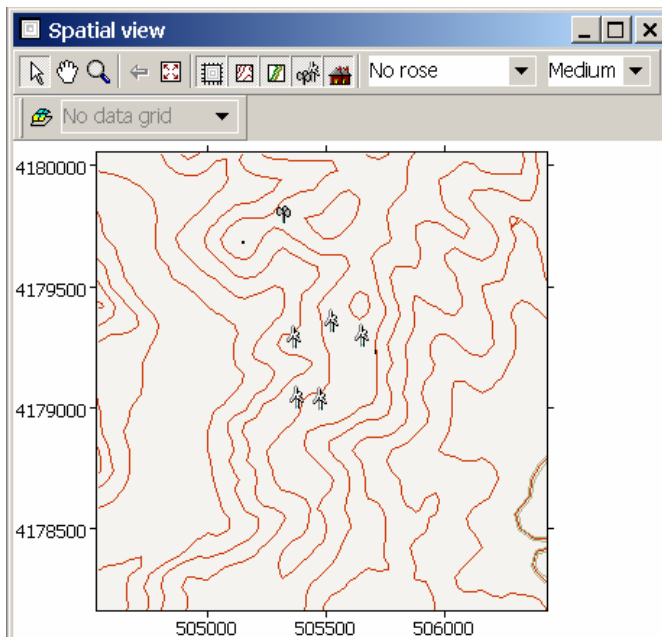
Επιλέγουμε την περιοχή των ανεμογεννητριών με τον αριστερό-κλικ (ένα μικρό δαχτυλίδι εμφανίζεται γύρω από το εικονίδιο), Έχουμε δημιουργήσει τώρα μια νέα περιοχή ανεμογεννητριών στο πάρκο. Προσθέτουμε τις πέντε ανεμογεννήτριες και τις οριοθετούμε σύμφωνα με τις γνωστές συντεταγμένες όπως περιγράψαμε και παραπάνω.

Turbine location	
Hub height a.g.l.	45 m
X co-ordinate:	505517.0 m
Y co-ordinate:	4179324.0 m
Elevation a.s.l.	101.0 m
<input checked="" type="checkbox"/> Require and use a map location	

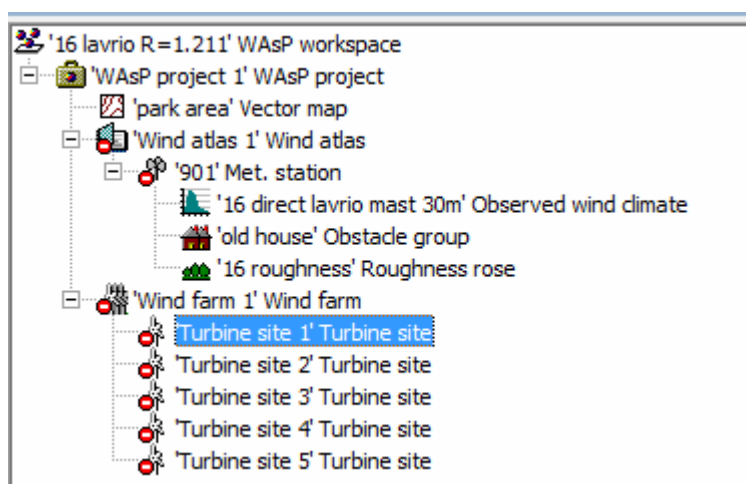
Εικόνα: 2.10.10 Δίνουμε το ύψος πλήμνης και τις συντεταγμένες της κάθε ανεμογεννήτριας.

Για να μετακινήσουμε τις ανεμογεννήτριες στο χάρτη με δεξί κλικ\_CTRL πάνω στη μηχανή μπορούμε να τις σύρουμε σε μια νέα θέση στο χάρτη.

Έτσι το πάρκο στο χάρτη μας θα πάρει αυτή τη μορφή:



Εικόνα:2.10.11 Οι θέσεις των ανεμογεννητριών και του ιστού .

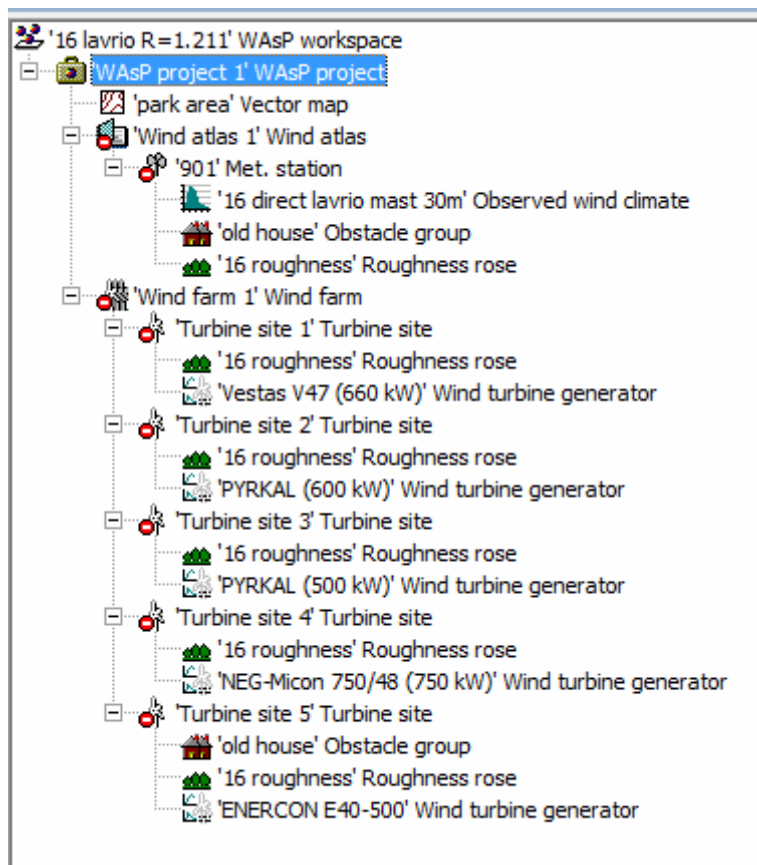


Εικόνα: 2.10.12Η ιεραρχία τώρα θα πάρει αυτή τη μορφή.

### 2.10.6 Ο Προσδιορισμός αιολικών μηχανών

Για να υπολογίσουμε πόση ενέργεια θα παραχθεί από το αιολικό πάρκο το WASP θα πρέπει να γνωρίζει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μηχανών. Για να παρασχεθούν αυτές οι πληροφορίες στο WASP δημιουργούμε για κάθε μέλος της ιεραρχίας ,την καμπύλη ισχύος της κάθε μηχανής αλλά και τα χαρακτηριστικά της τραχύτητας για κάθε θέση.

Από το μενού δεξιού κλικ της περιοχής των ανεμογεννητριών ,επιλέγουμε insert from file και μετά wind turbine generation όπου εμφανίζεται η λίστα με τις καμπύλες ισχύος των μηχανών που έχουμε δημιουργήσει.



Εικόνα: 2.10.13Η ιεραρχία πάρνει αυτή τη μορφή:

Επειδή όλες οι ανεμογεννήτριες του πάρκου έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά από τις υπόλοιπες, πρέπει αυτά να τα ορίσουμε ξεχωριστά για κάθε μέλος της ιεραρχίας.

Η καμπύλη ισχύος ο κατάλογος των εμποδίων αλλά και τα χαρακτηριστικά τραχύτητας που αντιστοιχούν στην κάθε μηχανή μπορούν να εμφανιστούν και να τροποποιηθούν από την εντολή view με με δεξί κλικ πάνω στο κάθε μέλος. Ανοίγοντας το παράθυρο που εμφανίζει τις παραμέτρους που έχουν σχέση με το κάθε μέλος. Σε αυτήν την περίπτωση, τα χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών παρεμβάλλονται σαν παιδιά της περιοχής των μηχανών.

### 2.10.7 Πρόβλεψη της παραγωγής του αιολικού πάρκου

Το WAsP είναι τώρα έτοιμο να προβλέψει την παραγωγή ενέργειας του αιολικού πάρκου. Από τις επιλογές δεξιού κλικ του αιολικού πάρκου, επιλέγουμε τον υπολογισμό όλων των στοιχείων καθώς και τις απώλειες ορόρου για το αιολικό πάρκο. Έτσι, τα μικρά κίτρινα σημάδια στις εικόνες περιοχών στροβίλων και αιολικών πάρκων εξαφανίζεται μόλις εκτελείται ο υπολογισμός.

Στη συνέχεια ανοίγουμε το παράθυρο που εμφανίζονται τα αποτελέσματα για το σύνολο των πάρκου.

Variable	Total	Mean	Min	Max
Total gross AEP [GWh]	7.361	1.472	1.116	1.877
Total net AEP [GWh]	7.021	1.404	1.085	1.859
Proportional wake loss [%]	4.62	-	-	-

Εικόνα: 2.10.14 Η προσληφθείσα παραγωγή ενέργειας του αιολικού πάρκου είναι 7.021 GWh.

Τα αποτελέσματα του ομόρου είναι σχετικά μικρά δεδομένου ότι η ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε αρκετή απόστασή μεταξύ τους. Οι αριθμοί που παρουσιάζονται επάνω από τη ισχύ διαφέρουν ελαφρώς από εκείνους που παίρνουμε εμείς, επειδή η ισχύς των θέσεων μπορεί να μην είναι ακριβώς η ίδια.

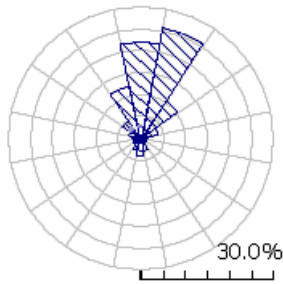
Περισσότερες λεπτομέρειες είναι διαθέσιμες στον πίνακα παραγωγής για κάθε θέση. Η ακριβής θέση κάθε μηχανής, το υψόμετρο της θέσης, το ύψος πλυνμών, η ακαθάριστη και καθαρή παραγωγή ενέργειας και η απώλειες ομόρου.

Site ID	Site x [m]	Site y [m]	El [m]	Ht [m]	U	Gross [GWh]	Net. [GWh]	Wk [%]
Turbine site 1	505373.0	4179005.0	96.0	45.0	6.86	1.821	1.664	8.64
Turbine site 2	505469.0	4178999.0	100.0	38.0	6.66	1.269	1.156	8.91
Turbine site 3	505358.0	4179252.0	82.0	38.0	6.44	1.116	1.085	2.82
Turbine site 4	505517.0	4179324.0	101.0	45.0	6.79	1.877	1.859	0.96
Turbine site 5	505649.0	4179257.0	102.0	44.0	6.71	1.278	1.258	1.57

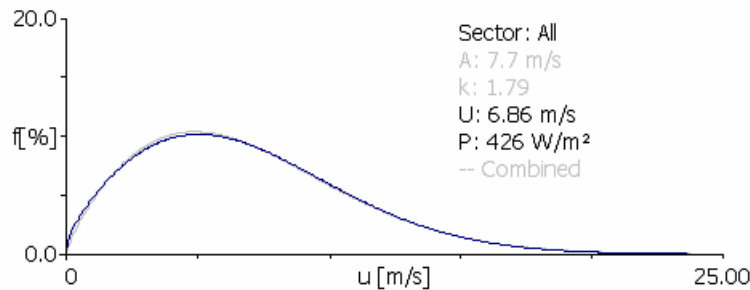
Εικόνα: 2.10.15 Αναλυτικότερα λεπτομερέστερη ανάλυση των αποτελεσμάτων για κάθε ανεμογεννήτρια εμφανίζεται από το παράθυρό διαλόγου της κάθε μηχανής.

Sector		Wind climate					Power		
#	angle [°]	freq. [%]	W-A [m/s]	Weibull-k	U [m/s]	P [W/m <sup>2</sup> ]	AEP [GWh]	wake [%]	
1	0	22.0	8.7	1.94	7.69	551	0.420	13.4	
2	23	25.7	8.1	2.01	7.22	437	0.436	14.26	
3	45	10.3	8.3	2.19	7.34	425	0.199	4.76	
4	68	3.8	6.7	1.67	5.96	306	0.050	6.09	
5	90	1.5	3.8	1.34	3.45	82	0.003	45.42	
6	113	1.0	4.4	2.08	3.92	68	0.003	23.58	
7	135	1.4	5.5	1.77	4.94	161	0.013	0.0	
8	158	2.8	7.1	1.95	6.28	297	0.042	0.0	
9	180	3.9	7.1	1.73	6.32	346	0.060	0.0	
10	203	2.8	6.9	1.59	6.18	362	0.042	0.0	
11	225	1.8	5.4	1.37	4.93	229	0.018	0.0	
12	248	1.5	5.1	1.38	4.69	196	0.013	0.0	
13	270	1.8	6.1	1.29	5.68	388	0.024	0.0	
14	293	2.7	5.1	1.10	4.93	350	0.029	0.0	
15	315	4.9	6.7	1.49	6.06	373	0.071	0.0	
16	338	12.1	8.2	1.86	7.32	494	0.241	1.24	
All		(7.7)	(1.79)		6.86	426	1.664	8.64	

Εικόνα: 2.10.16 Πίνακας χαρακτηριστικών ανέμου στη θέση 1 (Vestas V47)



Εικόνα: 2.10.1 Ρόδο ανέμου στη θέση της (Vestas V47)



Εικόνα:2.10.18 Κατανομή weibull των ταχυτήτων αέρα στη θέση της (Vestas v47)

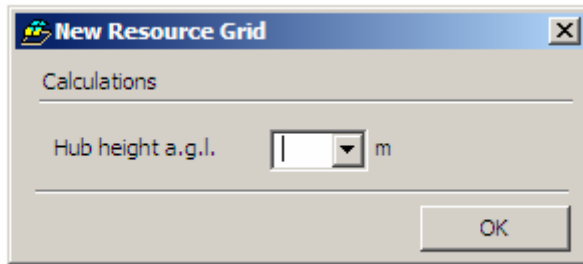
### 2.10.8 .Υπολογισμός του αιολικού δυναμικού

Για τον υπολογισμό του αιολικού δυναμικού θα ορίσουμε την περιοχή ενδιαφέροντος ,το ύψος από το έδαφος όπου θέλουμε να γνωρίζουμε το αιολικό δυναμικό και την ακρίβεια των υπολογισμών. Το WAsP δημιουργεί ένα πλέγμα πάνω από την περιοχή υπολογισμού όπου αποδίδει τα διάφορα μεγέθη ,όπως η ταχύτητά του ανέμου ισχύς κατανομές Weibull κλπ, με χρωματική κλίμακά. Ο βαθμός διαφοροποίησης της περιοχής υπολογισμού είναι ανάλογός της ακρίβειας της χρωματικής απόδοσης .Η ανάλυσή πρέπει να συμφωνεί με τις διαστάσεις του πλέγματός .

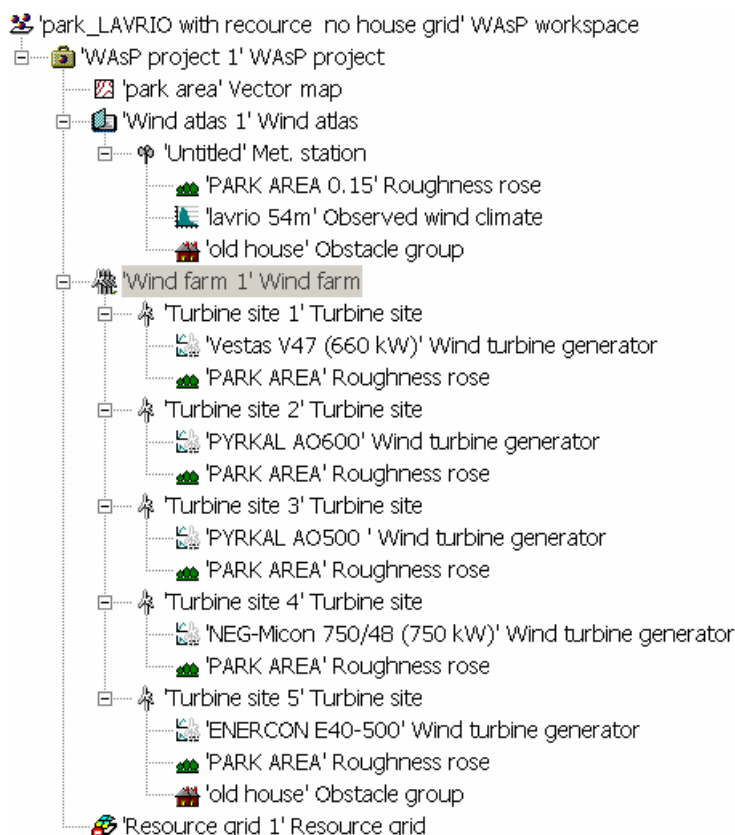
Τα μέρη του Workspace που δεν έχουν υπολογιστεί έχουν τα εικονίδια τους με ένα κόκκινο κύκλο. Ο κάθε υπολογισμός γίνεται επιλέγοντας calculate από το μενού του αντίστοιχού εικονιδίου .Μετά τον υπολογισμό μπορούμε να δούμε το αιολικό δυναμικό είτε πάνω στο χάρτη (επιλέγοντας την αντίστοιχη εντολή από το μενού του resource grid) είτε μεμονωμένα κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο του resource grid.

#### Δημιουργία πλέγματός ροής αέρα:

Για να δημιουργήσουμε έναν χάρτη ροής αέρα της ευρύτερης περιοχής, πρέπει να προσθέσουμε ένα μέλος ιεραρχίας πλέγματος ροής αέρα στο χώρο εργασίας.



Εικόνα: 2.10.19 παράθυρο πλέγματος ροής εμφανίζεται για το ύψος πλήμνης  
Παρεμβάλουμε το πλέγμα της ροής του αέρα ως παιδί του προγράμματος.



Εικόνα: 2.10.20 Ο χώρος εργασίας θα πάρει αυτή τη μορφή:

Επισημαίνεται ότι και τα μέλη της ιεραρχίας δηλαδή ο ανεμολόγικος άτλαντας, οι ανεμογεννήτριες και ο χάρτης υποβάθρου αντιπροσωπεύουν μια κοινή περιοχή. Μπορούμε να δώσουμε ένα διαφορετικό όνομα για το χάρτη της ροής αέρα με τον αριστερό κλικ στην εικόνα πλέγματος ροής και επιλέγοντας μετονομασία. Ονομάζουμε «park area», δεδομένου ότι το πλέγμα αέρα αντιπροσωπεύει την περιοχή του πάρκο.

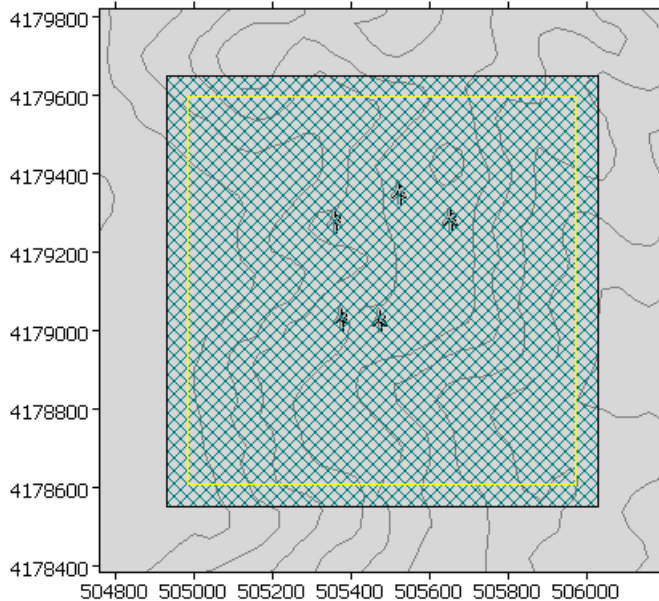
Αυτό που χρειάζεται τώρα είναι να ορίσουμε τη θέση αλλά και τη δομή του πλέγματος πάνω στο χάρτη.

Αρχικά με αριστερό κλικ στο μέλος ιεραρχίας πλέγματος ροής αέρα επιλέγουμε show και στη συνέχεια “sparial view”.

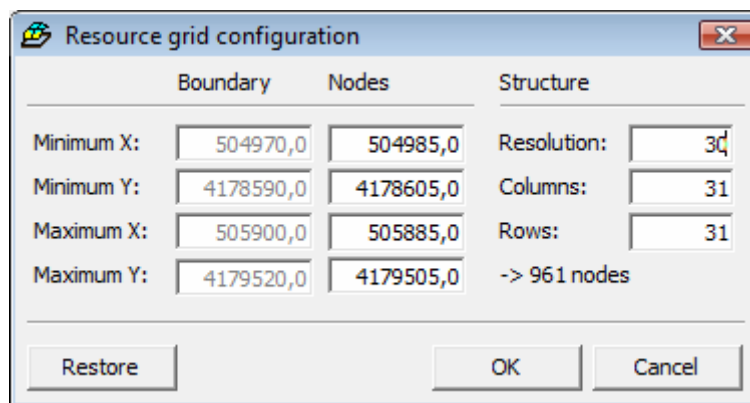
Μπορούμε να μεγιστοποιήσουμε ή να μικραίνουμε το παράθυρο.

Συνήθως «μεγιστοποιούμε» την εικόνα στην πάνω δεξιά γωνία του παραθύρου.

Έπειτα, πατάμε τη Edit εικόνα οργάνωσης πλέγματος αερα.



Εικόνα: 2.10.21 Το παράθυρο διαμόρφωσης πλέγματος της ροής του αέρα ανοίγει και ένα πλέγμα προεπιλογής παρουσιάζεται στο χάρτη και στο παράθυρο διαμόρφωσης



Εικόνα: 2.10.22 Οριοθετούμε το πλέγμα ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Εάν το σχεδιάγραμμα και τη δομή προεπιλογής, καλύπτει την περιοχή ενδιαφέροντος τότε πατάμε απλά OK και το πλέγμα αέρα είναι έτοιμο να υπολογιστεί.

Εντούτοις, σε αυτήν την περίπτωση επιθυμούμε το πλέγμα των πόρων για να καλύψει το λόφο που είναι εγκατεστημένο το αιολικό πάρκο καθώς επίσης και τη θέση που είναι εγκατεστημένος ο ιστός. Υπάρχουν τρεις τρόποι να αλλάξει το σχεδιάγραμμα του πλέγματος των πόρων:



1)Κλικάροντας μέσα στο πλέγμα που βρίσκεται πάνω στο χάρτη και μετακινώντας το στη θέση που επιθυμούμε

2)Η εισάγοντας τις νέες τιμές για τα σημεία και τους κόμβους πλέγματος:

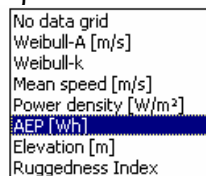
3)Η εισάγοντας τα όρια των συντεταγμένων της περιοχής που μας ενδιαφέρει.

Το WASP είναι τώρα έτοιμο να προβλέψει την ροή του αέρα πέρα από την επιλεγμένη περιοχή. Από τις επιλογές δεξιού-κλικ του πλέγματος των πόρων, κάνουμε όλους τους επιλεγμένους υπολογισμούς πλέγματος.

Όπως και στα άλλα υπολογιζόμενα μέλη της ιεραρχίας, τα μικρά κίτρινα σημάδια προειδοποίησης στην εικόνα πλέγματος αέρα εξαφανίζονται μόλις εκτελείται ο υπολογισμός.

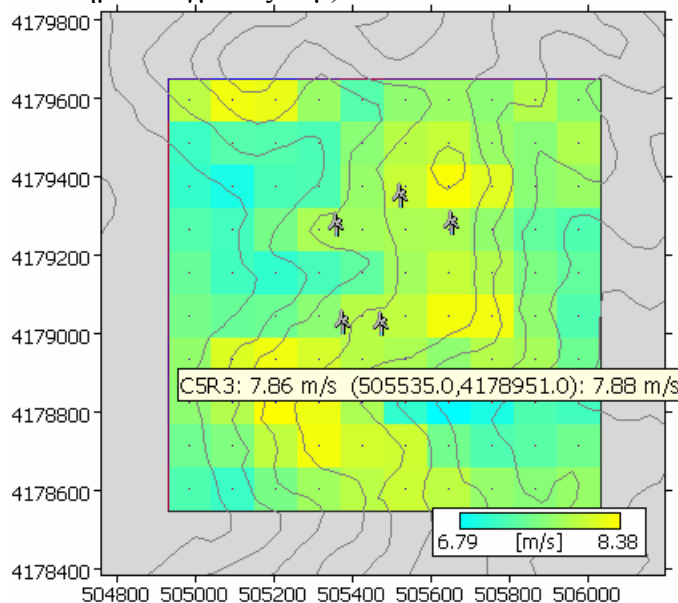
Ανοίγουμε το παράθυρο πλέγματος αέρα για να δούμε τα αποτελέσματα. Με αριστερό κλικ στο πλέγμα αέρα, επιλέγουμε παρουσίαση και κάνουμε κλικ στη χωρική ετικέτα :

Το «no data grid» δεν παρουσιάζει σημεία ορίου και κόμβων του πλέγματος αέρα.



(Εικόνα: .2.10.23) Χρησιμοποιούμε τις μεταβλητές επιλογών για να επιλέξουμε ποια μεταβλητή θα εμφανιστεί, π.χ. ενεργειακή πυκνότητα (W/m):

Το παράθυρο πλέγματος των αέρα φαίνεται τώρα κάτι παρεμφερές (με ένα διάστημα πλέγματος 30μ):



Εικόνα: .2.10.2 Η απόδοσή του αιολικού δυναμικού σε χρωματική κλίμακά με ελάχιστη τιμή το γαλάζιο και μέγιστη το κίτρινό, Αφήνοντας τον κέρσορα

πάνω σε κάποιο σημείο μπορούμε να δούμε την τιμή της ταχύτητας του ανέμου στις αντίστοιχες συντεταγμένες .Μπορούμε να δούμε επίσης και τη μεταβολή άλλων μεγεθών όπως η ενέργεια του ανέμου κ.λ.π

Εάν κινήσουμε το ποντίκι αργά πέρα από το χάρτη, μπορούμε να διαβάσουμε τις τιμές της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής από μια κίτρινη ετικέτα. Όπως αναμένεται, ο αέρας είναι σχετικά υψηλός κατά μήκος των λόφων . Επιπλέον, ο αέρας παρουσιάζει μικρότερες τιμές ανατολικά κοντά στις περιοχές της θάλασσας .

Weibull-A	7.3 m/s	6.5 m/s	8.3 m/s
Weibull-k	1.76	1.73	1.79
Mean speed	6.50 m/s	5.82 m/s	7.38 m/s
Power density	371 W/m <sup>2</sup>	261 W/m <sup>2</sup>	535 W/m <sup>2</sup>
RIX	0.4%	0.1%	1.0%
Elevation	66.1 m	3.1 m	120.0 m

Εικόνα:2.10.25Μερικές απλές στατιστικές του πλέγματος του αέρα εμφανίζονται κατά τη διάρκεια των υπολογισμών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3. Το υπολογιστικό εργαλείο Wind farm

#### 3.1.Εισαγωγή

Το wind farm εμφανίζεται στον υπολογιστή μέσω του σχεδιαστή Wind Farm. Διαθέτει δύο ράβδους εργαλείων με την πρώτη να έχει τις γενικές πληροφορίες ενώ η δεύτερη έχει τα διάφορα εργαλεία και τις ενότητες που απαιτούνται για την ανάπτυξη ενός αιολικού πάρκου.

Ο σχεδιαστής wind farm ενεργεί ως πλαίσιο προγράμματός για την ανάπτυξη ενός αιολικού πάρκου και χρησιμοποιείται για να παρουσιάσει ένα ψηφιακό υπόβαθρο του αιολικού πάρκου εμφανίζοντας την επιλεγμένη περιοχή. Υπάρχουν δύο ράβδοι κλίμακας που εμφανίζουν τις συντεταγμένες της περιοχής του χάρτη και αφορούν αντικείμενα που μπορούν να παρουσιαστούν ως τμήματα του σχεδιαγράμματος του αιολικού πάρκου.

Το πιο ορατό τμήμα είναι ένας χάρτης υποβάθρου της περιοχής του αιολικού πάρκου.

Τα επιμέρους τμήματα που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία σχεδιασμού του αιολικού πάρκου είναι

- ✚ Ένας χάρτης υποβάθρου της περιοχής που είναι ένα διάδικο αρχείο εικόνας (\*.bmp)
  
- ✚ Τα στοιχεία ύψους και τραχύτητας της περιοχής

Παράλληλα ως τμήμα του προγράμματός δημιουργούμε ένα ψηφιακό υπόβαθρο (layer) που το χρησιμοποιούμε για να εμφανιστούν πάνω στον χάρτη οι θέσεις των μηχανών, των μετεωρολογικών ιστών αλλά και των άλλων των χαρακτηριστικών της περιοχής (σπίτια) που θα αποτελέσουν μέρος του σχεδιασμού.

#### 3.1.α Έναρξη εργασίας στο Wind farm

Πριν από τη έναρξη μιας εργασίας σχεδιασμού του αιολικού πάρκου συνήθως ο φάκελος δεν υπάρχει επόμενος δημιουργούμε ένα φάκελο που θα αποθηκεύουμε τα στοιχεία του χάρτη υποβάθρου σχετικά με το ύψος και την τραχύτητα της περιοχής.

Κατά τη ανάπτυξη του αιολικού πάρκου του ακολουθούμε τη παρακάτω διαδικασία

- ✚ Διευκρινίζουμε το όνομα προγράμματος και το φάκελο προγράμματος.
- ✚ Διευκρινίζουμε τον τίτλο έργου.
- ✚ Διευκρινίζουμε την περιοχή χαρτών που θα χρησιμοποιήσουμε.
- ✚ Διευκρινίζουμε τη σχέση μεταξύ του πλέγματος και του γεωγραφικού μήκους και γεωγραφικού πλάτους.
- ✚ Διευκρινίζουμε τα αρχεία στοιχείων ύψους εκτάσεων.
- ✚ Διευκρινίζουμε το αρχείο τραχύτητας
- ✚ Διευκρινίζουμε τα αρχεία στοιχείων χαρτών και χαρακτηριστικών γνωρισμάτων υποβάθρου.
- ✚ Συνοψίζουμε τα στοιχεία του προγράμματος.

### 3.2 Εργαλεία του wind farm

Τα Wind farm διαθέτει μια σειρά από εργαλεία που επικοινωνούν μεταξύ τους ανάλογα με τις ανάγκες. Κάποια Από αυτά έχουν βοηθητικό ρόλο ενώ κάποια άλλα σχετίζονται με την ενεργειακή παραγωγή



Εικόνα: 3.2.1 Η μπάρα εργαλείων που χρησιμοποιούμε στο wind farm

Τα εργαλεία που διαθέτει το wind farm είναι τα εξής .

- ✚ Ενότητα ενεργειακής παραγωγής που υπολογίζει την ενεργειακή παραγωγή του πάρκου.
- ✚ Ενότητα βελτιστοποίησης που βελτιστοποιεί τη χωροθέτηση των μηχανών για μέγιστη παραγωγή ή το ελάχιστο κόστος ενέργειας.
- ✚ Ενότητα ροής αέρα που υπολογίζει τη ροή σε μια ευρύτερη περιοχή.
- ✚ Ενότητα υπολογισμού θορύβου που υπολογίζει το επίπεδο θορύβου των μηχανών στην ευρύτερη περιοχή.
- ✚ Ενότητα ανάλυσης αέρα που προβλέπει την ανάλυση στοιχείων αέρα της περιοχής για να λάβει μια πρόβλεψη των μακροπρόθεσμων χαρακτηριστικών αέρα.
- ✚ Ενότητα photomontage που κάνει μια ρεαλιστική απεικόνιση του πάρκου.
- ✚ Ενότητα οπτικής όχλησης που χρησιμοποιείται για να παράγει χάρτες που εμφανίζουν το οπτικό αντίκτυπο του πάρκου η διαφόρων αιολικών πάρκων στην περιοχή .

- ✚ Ενότητα σκιών που χρησιμοποιείτε για να υπολογίσει τη επίδρασή των σκιών από της ανεμογεννήτριες σε κοντινές κατοικίες.
- ✚ Στούντιο μηχανών που χρησιμοποιείτε για να εισάγουμε τα χαρακτηριστικά στοιχεία των μηχανών.
- ✚ Ενότητά μετατροπής στοιχείων που χρησιμοποιείτε για να μετατρέψει διάφορα στοιχεία ύψους ,τραχύτητας ,μηχανών αέρα) στη μορφή του Wind farm.
- ✚ Ενότητα μετατροπής χαρτών που χρησιμοποιείται για γεωδαισία μιας ανιχνευμένης εικόνας (δυναδικών αρχείων εικόνας) και διορθώνει τις στρεβλώσεις.
- ✚ Ενότητά πλέγματος και περιγράμματος που χρησιμοποιείται για την εμφάνιση στοιχεία πλέγματός και περιγράμματός. Αυτά μπορεί να είναι στοιχεία ύψους, τραχύτητας η ροής αέρα.

### 3.3 Οι ενότητα εμφάνισης πλέγματος και περιγράμματος

Η ενότητα εμφάνισης πλέγματος και περιγράμματος του wind farm περιγράφει τα αρχεία υψομέτρου ,τραχύτητας ή ροής αέρα. Στο χάρτη υποβάθρου που χρησιμοποιούμε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εμφανισθεί η ροή του αέρα με μορφή περιγράμματος. Στην ενότητα αυτή μπορούμε να φορτώσουμε αλλά και να φτιάξουμε νέα αρχεία περιγράμματος.

Αρχεία πλέγματος μπορούν να δημιουργηθούν στην ενότητα ροής αέρα και να εμφανισθούν ως περιγράμματα επιστρώνοντας το χάρτη υποβάθρου της περιοχής του αιολικού πάρκου. Όλα αυτά τα αρχεία παίρνουν το όνομα του αρχείου στοιχείων τρεξίματος ροής αέρα.

Τα αρχεία πλέγματός από τα μεμονωμένα τρεξίματα ροής αέρα για κάθε διεύθυνση μπορούν επίσης να εξετασθούν χρησιμοποιώντας το θεατή πλέγματος. Τα αρχεία ροής αέρα δημιουργούνται για μεμονωμένες διευθύνσεις υπολογισμού. Αυτοί οι υπολογισμοί γίνονται ανά διεύθυνση και πάντα με τον αέρα παράλληλο στον άξονα του χ και επόμενος τα στοιχεία και η παραγωγή περιστρέφονται.

Η ενότητα ακόμη μας δίνει τη δυνατότητα να επεξεργαστούμε μια διάφορους τόπους τα αρχεία μέσω των διαφόρων εργαλείων που μας παρέχει.

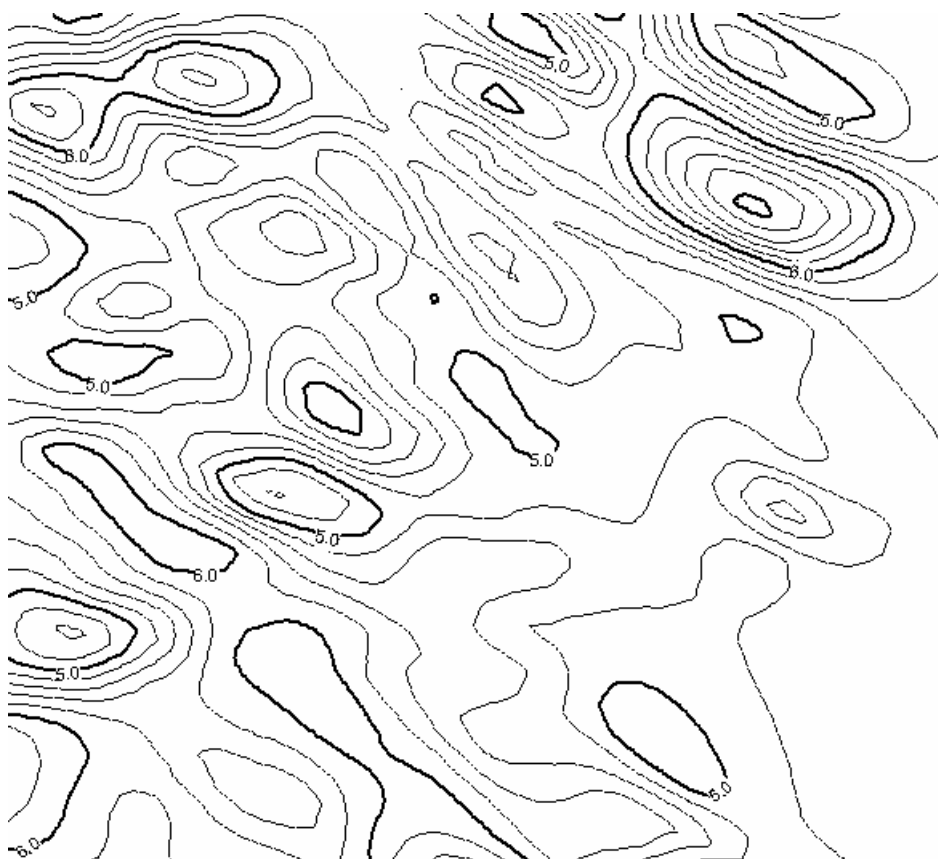
Έτσι μπορούμε να:

- ✚ Επιλέξουμε την κλίμακα του χάρτη.
- ✚ Καθορίσουμε το πλέγματα.
- ✚ Παρουσιάσουμε ή να κρύψουμε ετικέτες πλέγματος.
- ✚ Επιλέξουμε πολυδιάστατο πλέγμα για διάφορα ύψη και διευθύνσεις.
- ✚ Παρουσιάσουμε η να κρύψουμε την εμφάνιση περιγράμματος ύψους και τραχύτητας.
- ✚ Εμφανίσουμε ή να κρύψουμε το χάρτη υποβάθρου.
- ✚ Παρουσιάσουμε ή να κρύψουμε πρόσφατα μεταλλαγμένα στοιχεία.
- ✚ Ψηφιοποιήσουμε τα περιγράμματα από το χάρτη υποβάθρου.
- ✚ Αλλάξουμε τη εντολή περιγράμματος (σημαντική για τα στοιχεία τραχύτητας)
- ✚ Σώσουμε τα αρχεία πλέγματος σε ένα μορφή surfer.
- ✚ Δημιουργήσουμε ένα αρχείο δυναδικών αρχείων εικόνας(\*BMP)
- ✚ Δημιουργήσουμε ένα αρχείο WindFarm ή ένα αρχείο περιγράμματος WAsP από τα στοιχεία πλέγματος.
- ✚ Ψηφιοποιήσουμε δεδομένα.

Η ψηφιοποίηση δημιουργεί αρχεία περιγράμματος στο Wind farm για το ύψος (\*CTH) και την τραχύτητα (\*CTR). Η ψηφιοποίηση μπορεί να γίνει και από ένα χάρτη υποβάθρου αλλά και από ένα αρχείο υψομέτρου χωρίς τη χρήση χάρτη υποβάθρου. Μπορεί να γίνει μια προεπιλογή του ύψους και του συντελεστή τραχύτητας όπου τα περιγράμματα διευκρινίζουν κλειστές περιοχές με συγκεκριμένες τιμές τραχύτητας. Για τις μη καθορισμένες περιοχές ισχύει η προκαθορισμένη τιμή τραχύτητας που έχουμε προεπιλέξει. Δεδομένου ότι ένα περίγραμμα μεταλλάσσετε τα σημεία εμφανίζονται με μορφή μικρών τετραγώνων.

### 3.3.1 Ο ορισμός περιγραμμάτων.

Ο ορισμός περιγραμμάτων τραχύτητας είναι σημαντικός δεδομένου ότι διαμορφώνουν κλειστές περιοχές, οι οποίες μπορούν να επικαλυφθούν. Επομένως εάν υπάρχει ένα νησί μέσα σε μια λίμνη ή ένα δάσος τα περιγράμματα που τα αντιπροσωπεύουν πρέπει να εμφανισθούν στην ανάλογη τάξη μεγέθους ώστε το ένα να μην κρύβει το άλλο.



(Εικόνα: 3.3.1) Περίγραμμα ροής αέρα της περιοχής για ύψος στα 45μ και διεύθυνση 22.4μοιρες (αρχείο\*FDV).

### 3.4 Η ενότητα μετατροπής χαρτών

Η ενότητά μετατροπής χαρτών του Wind Farm χρησιμοποιείται για να επεξεργαστεί ένα ανιχνευμένο χάρτη έτσι ώστε να μπορέσουμε στη συνέχεια να τον χρησιμοποιήσουμε ως χάρτη υποβάθρου. Το δυαδικό αρχείο εικόνας (\*BMP) που επιλέγουμε το χρησιμοποιείται ως χάρτη υποβάθρου. Επομένως θα πρέπει το επεξεργαστούμε πριν το χρησιμοποιήσουμε.

Τα δυαδικά αρχεία εικόνας μπορούν να επεξεργαστούν να ενωθούν αλλά να μετατραπούν από 8bit η 24bit και αντίστροφα.

#### 3.4.10 χάρτης υποβάθρου

Ένας χάρτης υποβάθρου είναι μόνο μια γραφική εικόνα και δεν περιέχει κανένα άλλο στοιχείο ύψους εκτός από αυτά που παρουσιάζονται γραφικά. Ο χάρτης που πρόκειται να ανιχνευθεί περιέχει δείκτες που καθορίζουν το σύστημα πλέγματός. Η ενότητα χρησιμοποιεί αυτά τα σημάδια για να οργανώσει τη μετατροπή ή οποία θα αποβάλει τις διαστρεβλώσεις και θα μετατρέψει το δυαδικό αρχείο εικόνας στο σύστημα πλέγματος χαρτών.

#### 3.4.2 Μετατροπή χαρτών, καθορισμός θέσης και διεύθυνσης στο χάρτη.

Αν οι θέσεις (των άκρων) Βορρά, Νότου, Ανατολής και Δύσης είναι γνωστές τότε αυτές οι τιμές μπορούν να διευκρινιστούν άμεσα από τις επιλογές action\_Edit Map Location

Οι νέες θέσεις (άκρων) αποθηκεύονται στο ανοικτό δυαδικό αρχείο εικόνας το οποίο μπορεί να σωθεί.

Point	Bitmap locations		Easting	Northing
	X	Y		
1	20	20	0	0
2	120	20		
3	120	120	0	0

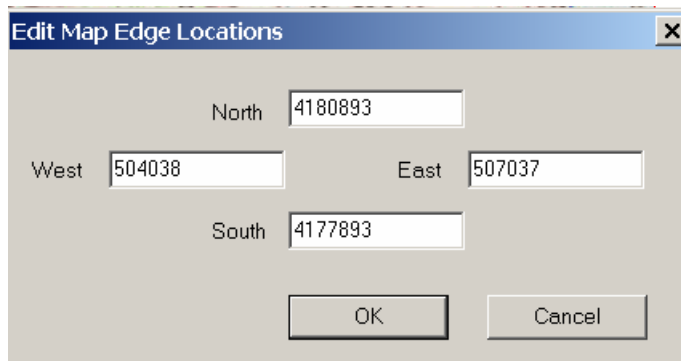
Non-Rectangular Grid

OK Cancel

Εικόνα: 3.4.1 Ανοίγοντας ένα ανιχνευμένο διάδικο αρχείο εικόνας εμφανίζονται οι εντόπισες που είναι ένα τρίγωνό 3 σημείων (1,2,3,)

Για να προσδιοριστούν σωστά τα σημεία θα πρέπει να τοποθετηθούν σε γνωστούς κόμβους πάνω στο χάρτη. Για να γίνει ποιο εύκολος ο προσδιορισμός των θέσεων τοποθετούμε τα σημεία στις τρεις γωνιές του χάρτη και ορίζουμε τις συντεταγμένες αυτών των σημείων.

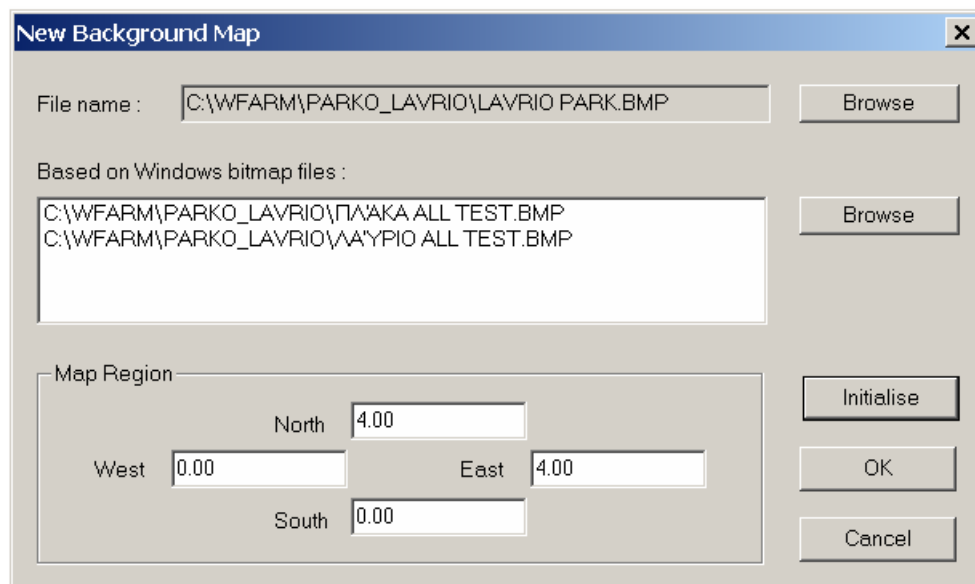
Όσο μεγαλύτερη είναι η περιοχή του χάρτη που χρησιμοποιείται τόσο ακριβέστερη θα είναι η μετατροπή.



Εικόνα:3.4.2 Ορίσουμε τους γνωστές συντεταγμένες για το δυαδικό αρχείο εικόνας

Όταν κάνουμε την μετατροπή το πρόγραμμα θα επεξεργαστεί τις πληροφορίες και θα δημιουργήσει ένα δυαδικό αρχείο εικόνας το οποίο θα είναι μια τετραγωνική περιοχή που περιέχει πληροφορίες που διευκρινίζουν τις συντεταγμένες των γωνιών του δυαδικού αρχείου εικόνας.

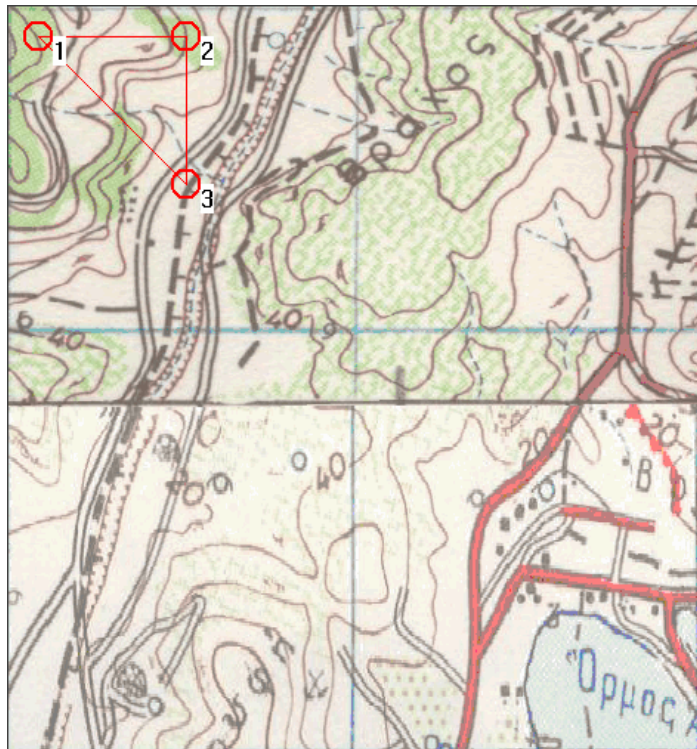
### 3.4.3 Ένωση χαρτών.



Εικόνα: 3.4.3 Το περιορισμένο μέγεθος μιας εικόνας μπορεί μας αναγκάσει να ενώσουμε δύο εικόνες που περιέχουν την περιοχή που απαιτείται.

Από τις επιλογές new επιλέγουμε τα δυαδικά αρχεία εικόνας στα οποία θα βασιστεί ο νέος χάρτης. Τα αρχεία εικόνας που επιλέγονται πρέπει να έχουν μετατραπεί ήδη σε ένα σύστημα συντεταγμένων. Δίνουμε ένα όνομα στο νέο χάρτη που προκύπτει, έτσι η νέα περιοχή που θα προκύπτει περιλαμβάνει ενωμένα και τα δύο αρχεία που έχουμε επιλέξει.





Εικόνα: 3.4.4 Το νέο αρχείο εικόνας που δημιουργείται είναι βασισμένο στα χαρακτηριστικά του πρώτου αρχείου εικόνας και γ' αυτό επιλέγουμε πρώτα αυτό που περιέχει την περιοχή του αιολικού πάρκου.

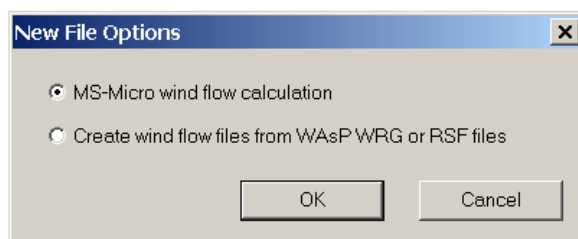
### 3.5 Η ενότητα ροής αέρα

Η ενότητα ροής αέρα του wind farm υπολογίζει τη ροή του αέρα πέρα από την περιοχή ενδιαφέροντος συμπεριλαμβανομένων των τοπογραφικών ανωμαλιών και της παραλλαγής του αέρα λόγω υψομέτρου.

Η ενότητα έχει το χαρακτηριστικό αρχείο τρεξίματος (WWF\*)

Οι παράμετροι για τον υπολογισμό ροής αέρα που χρησιμοποιούνται στο παράθυρο στοιχείων ροής αέρα περιλαμβάνουν γενικές επιλογές, για την περιοχή του πάρκου, τα στοιχεία ύψους και τραχύτητας και το προφίλ της ταχύτητας.

Αφού διευκρινίσουμε τις διάφορες παραμέτρους μπορούμε να υπολογίσουμε την ανάλυση του σχεδιαγράμματος του αέρα στη θέση του μετεωρολογικού ιστού.

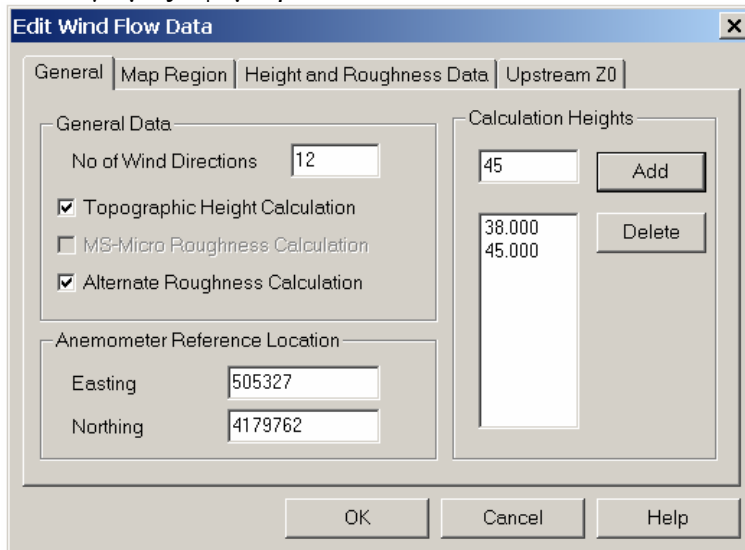


Εικόνα: 3.5.1 Από τις επιλογές file\_new δημιουργούμε ένα νέο έγγραφο που μας δίνει την δυνατότητα να δημιουργήσουμε νέα αρχεία τρεξίματος ή να μετατρέψουμε αρχεία WAsP.

Αφού επιλέξουμε ένα νέο αρχείο τρεξίματος επιλέγουμε το όνομα του και στη συνέχεια συμπληρώνουμε το στοιχείο που απαιτούνται.

### 3.5.1 Παράμετροι τρεξίματος

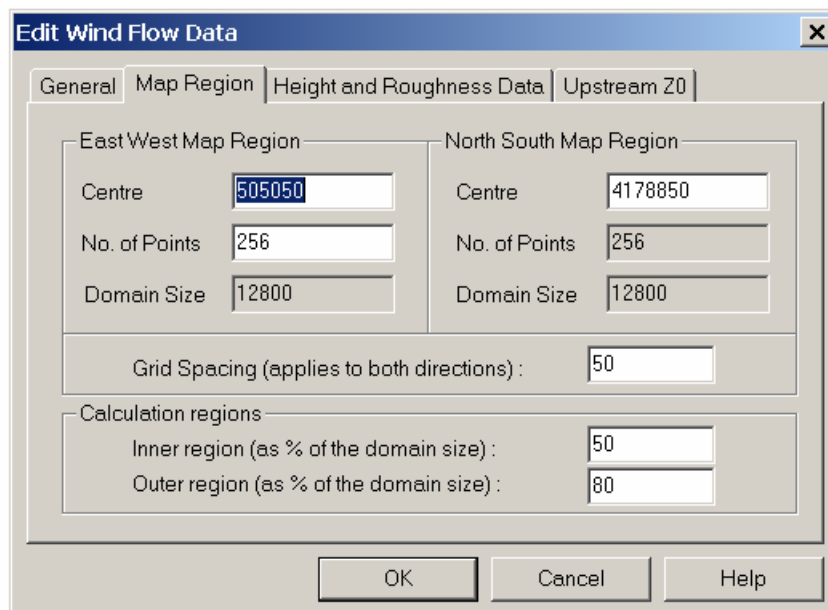
Υπάρχουν τέσσερα παράθυρα στα οποία διευκρινίζουμε τις διάφορες παραμέτρους εισαγωγής για τον υπολογισμό της ροής του αέρα. Υπολογισμός υψομέτρου.



Εικόνα: 3.5.2 Γενικοί παράμετροι υπολογισμού.

- ✚ Επιλέγουμε 12 διευθύνσεις για τον συνυπολογισμό των τοπογραφικών παραμέτρων ύψους και τραχύτητας .
- ✚ Ένας υπολογισμός της ροής του αέρα σε ένα ενιαίο ύψος το οποίο θα αντιπροσωπεύει το ύψος πλήμνης των μηχανών. (Τα ύψη υπολογισμού πρέπει γενικά να απεικονίσουν τα ύψη πλημνών των μηχανών και όχι αυτά των ανεμόμετρων).
- ✚ Η θέση του αναφοράς χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η ροή του αέρα.

### 3.5.2 Έκταση της περιοχής



Εικόνα: 3.5.3 Διευκρινίζουμε το κέντρο της περιοχής υπολογισμού τον αριθμό των σημείων και το διάστημα πλέγματός

Ο αριθμός σημείων πρέπει να είναι μια δεύτερη δύναμη μεταξύ 16 και 1024. Εάν το διάστημα του πλέγματος αλλάξει η έκταση της περιοχής θα ρυθμιστεί αναλόγως. Χρησιμοποιούμε ένα διάστημα πλέγματος περίπου 50m. Η περιοχή βορρά-νότου τίθεται ως στόχος να έχει τον ίδιο αριθμό σημεία στο πλέγμα χωρίζοντας κατά διαστήματα με την ανατολή-Δύση. Επομένως η περιοχή τίθεται αυτόματα τετραγωνική.

### 3.5.3 Υπολογισμός της περιοχής

Διευκρινίζουμε τις εσωτερικές και εξωτερικές περιοχές για τον υπολογισμό. Στην εσωτερική περιοχή η τοπογραφία αντιπροσωπεύεται όσο το δυνατόν ακριβέστερα τα δεδομένα εισόδου και είναι αυτή που αντιπροσωπεύει τη θέση του πάρκου.

Για μικρές περιοχές της τάξης των 3km χρησιμοποιούμε ένα διάστημα 256 σημείων με διάστημα πλέγματος 50m.

Αυτό δίνει μια εσωτερική περιοχή 6.5km και μία εξωτερική 10.24km.

Για μεγαλύτερες περιοχές διπλασιάζουμε την εσωτερική περιοχή έτσι προκύπτει μια περιοχή 4 φορές το μέγεθος της αρχικής περιοχής.

Όταν τα στοιχεία είναι περιορισμένα δημιουργούμε μια μικρή περιοχή τις τάξης του 1.5km γύρω από την περιοχή του πάρκου στην άκρη της εσωτερικής περιοχής όπως παρουσιάζεται σχηματικά παρά κάτω. (Εικόνα 3.5.4)

Σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουμε προσπαθούμε να προσαρμόσουμε την περιοχή στις ανάγκες μας με σκοπό να καλύτερες αναλογίες της περιοχής υπολογισμού



Εικόνα: 3.5.4 Σχηματική απεικόνιση μοντελοποίησης της ευρύτερης περιοχής σε σχέση με την έκταση που μας ενδιαφέρει.(ανάλογα και με τα στοιχεία που διαθέτουμε)

### 3.5.4.Στοιχεία ύψους και τραχύτητάς

General | Map Region | Height and Roughness Data | Upstream Z0

Height data

Minimum Height: 0

Edge Height: 100

Roughness data

Minimum Roughness: 0.0001

Edge Roughness: 0.15

OK Cancel Help

Εικόνα: 3.5.5 Ορίζουμε τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές υψομέτρου και τραχύτητας της περιβάλλουσας περιοχής

General | Map Region | Height and Roughness Data | Upstream Z0

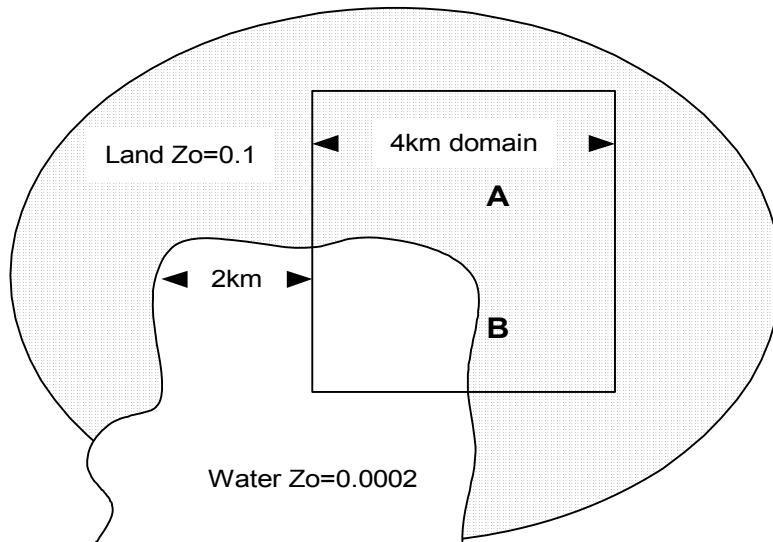
Included angle for Z0 averaging (degrees): 30

**Edit values in the shaded cells or uncheck use box.  
Only used for alternate roughness calculation.**

Upstream Values			
Direction	Z0	Distance (m)	Use
0.00	0.0000	0	<input type="checkbox"/>
30.00	0.0000	0	<input type="checkbox"/>
60.00	0.0000	0	<input type="checkbox"/>
90.00	0.0000	0	<input type="checkbox"/>
120.00	0.0000	0	<input type="checkbox"/>
150.00	0.0000	0	<input type="checkbox"/>
180.00	0.0000	0	<input type="checkbox"/>

OK Cancel Help

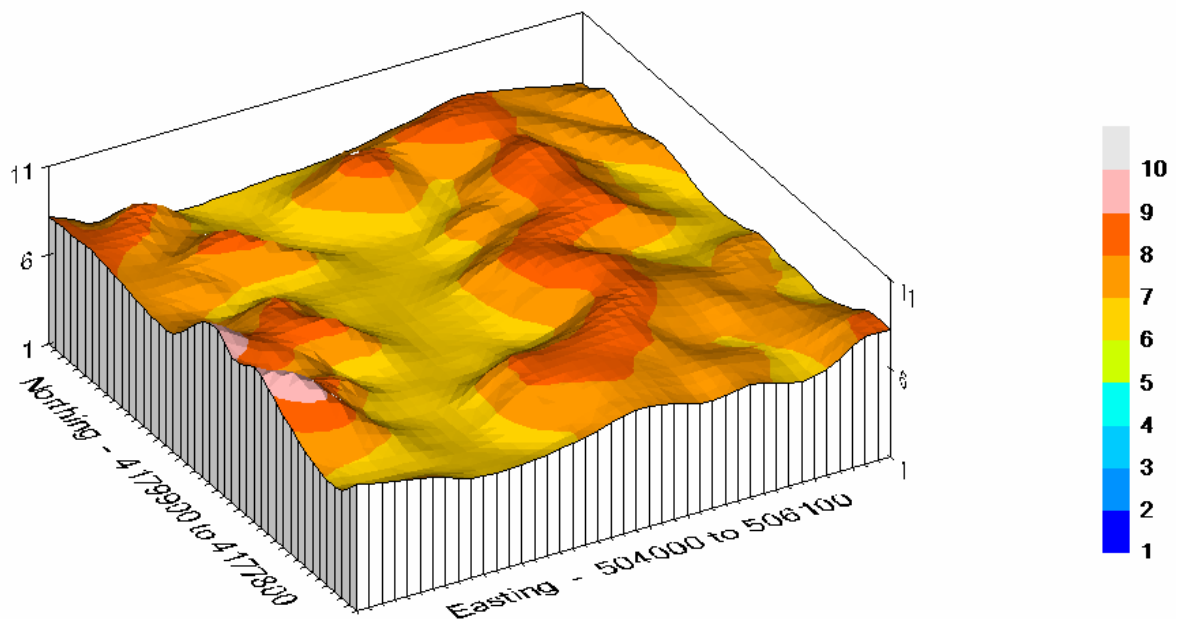
Εικόνα: 3.5.6 διευκρινίζουμε τις τιμές της τραχύτητά και την καθορισμένη απόστασή σε σχέση με την γωνία  $30^{\circ}$  (κυρία διεύθυνση ανέμου) που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του μέσου όρου τραχύτητας.



Εικόνα: 3.5.7 Πχ. Για μια τετραγωνική περιοχή 4km με  $z=0.1$ . Νοτιοδυτικά υπάρχει μία λίμνη με  $z=0.0002$  και με τον αέρα να έχει δυτική διεύθυνση. Η λίμνη δεν φτάνει μέχρι το βορρά αλλά έχει μια ακτή 2km δυτικά της άκρης της περιοχής. Επομένως για 4km προς τα πάνω (του κέντρου της περιοχής) η τραχύτητα είναι ομοιόμορφη  $z=0.1$ . Στη θέση A η ταχύτητα του αέρα θα είναι 1 αλλά στη θέση B θα είναι μεγαλύτερη από 1 λόγω του ότι επιταχύνεται μετά τη λίμνη.

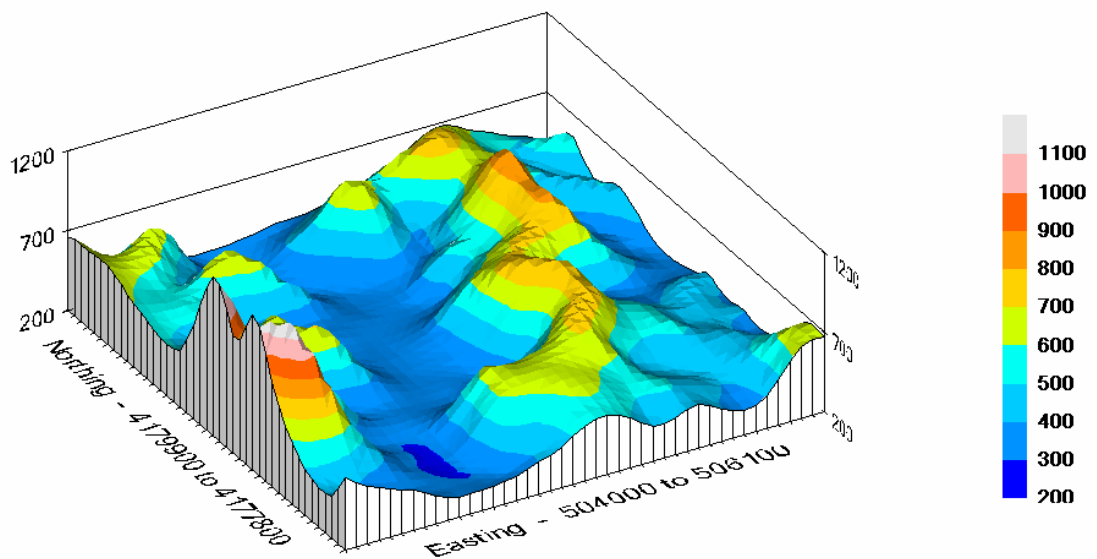
Με την ολοκλήρωσή του υπολογισμού το πρόγραμμα αυτόματα κάνει μια ανάλυσή του πλέγματός αέρα σε σχέση με στη θέση του ιστού για κάθε διεύθυνση. Τα στοιχεία τρεξίματός μπορούν να εμφανισθούν σε ένα αρχείο (Εικόνατος ASCII με χαρακτηριστεί \*RUF.

#### Mean Wind Speed for 45.0m Height



(Εικόνα: 3.5.8) Μέση ταχύτητα αέρα σε ύψος 45μ

Mean Watts/m<sup>2</sup> for 45.0m Height



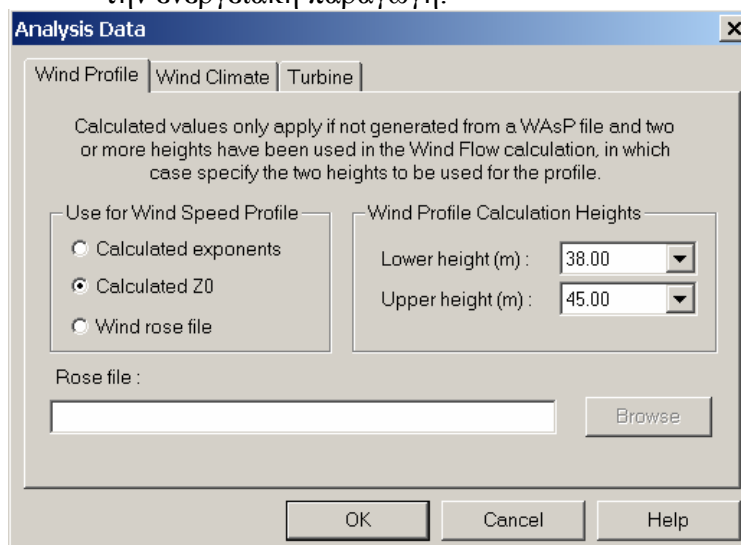
(Εικόνα: 3.5.9) Μέση ισχύς watts/m<sup>2</sup> στα 45μ

Ανάλυση μετρήσεων αέρα:

Από τις επιλογές edit ενεργοποιούμε το διάλογο παραμέτρων.

Υπάρχουν τρία παράθυρα στα οποία διευκρινίζουμε

- ✚ Τα ύψη υπολογισμού και τον καθορισμό του πλέγματός
- ✚ Τα χαρακτηριστικά και την πυκνότητας του αέρα
- ✚ Τον τύπο των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται για να εκτιμήσει την ενεργειακή παραγωγή.



Εικόνα: 3.5.10 Για να ορίσουμε το προφίλ του αέρα καθορίζουμε του τα δύο ύψη υπολογισμού που χρησιμοποιούνται και επιλέγουμε ο υπολογισμός να γίνει σε σχέση με το μήκος τραχύτητας του έχουμε προκαθορίσει.

Εναλλακτικά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα ρόδο ανέμου όποτε να νέα χαρακτηριστικά στην απεικόνιση του αέρα χρησιμοποιείται για να αριθμηθούν οι μέσες τιμές του αέρα στο ανεμόμετρο.

Εικόνα:3.5.11 Διευκρινίζουμε την κατανομή του αέρα, επιλέγοντας κατανομή Weibull στο ύψος που αυτή ισχύει και διορθώνουμε την πυκνότητα του αέρα σύμφωνα με το ύψος της περιοχής.

Επιλέγουμε το αρχείο της αιολικής μηχανής που χρησιμοποιείται (όταν έχουμε ένα τύπο μηχανής για όλο το πάρκο)για να υπολογίσουμε την μεταβολή της ενεργειακής παραγωγής των ανεμογεννητριών.

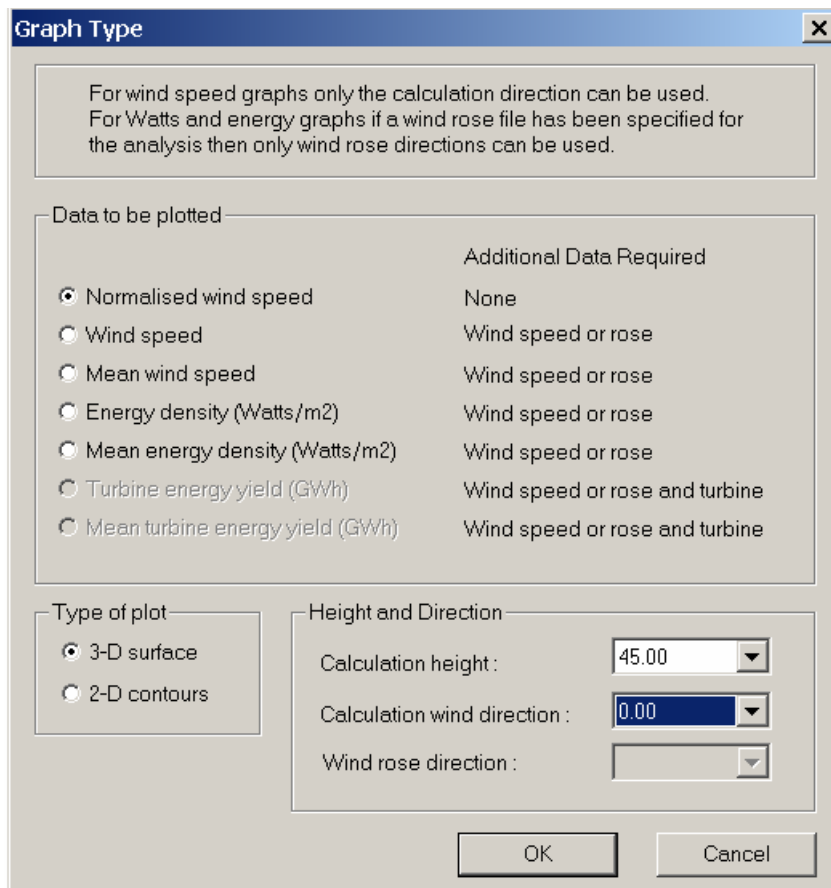
#### **Εξέταση των αποτελεσμάτων.**

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται σε μορφή γραφικών παραστάσεων ή σε μορφή λίστας με το χαρακτηριστικό \*WFX.

#### **Γραφική απεικόνιση**

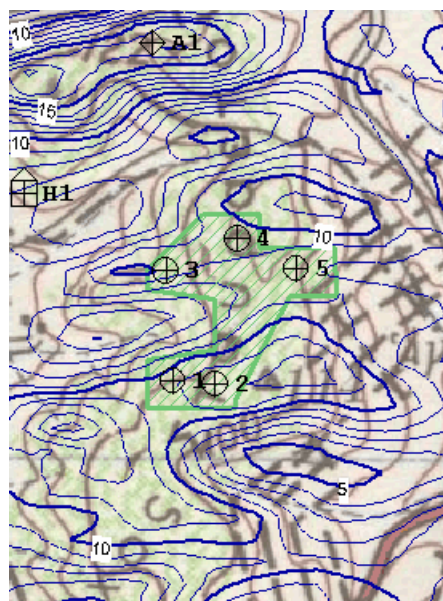
Ενεργοποιώντας το μενού των γραφικών παραστάσεων από τις επιλογές edit εμφανίζεται ένα παράθυρο με τις γραφικές απεικονίσεις που έχουν δημιουργηθεί.

- ✚ Ομαλοποιημένη ταχύτητα για κάθε διεύθυνση και ύψος.
- ✚ Ταχύτητα αέρα (m/s) για κάθε διεύθυνση και ύψος.
- ✚ Σημειακή ταχύτητα αέρα (m/s) για κάθε ύψος.
- ✚ Ενεργειακή πυκνότητα (Watts/m<sup>2</sup>) για κάθε διεύθυνση και ύψος .
- ✚ Σημειακή την ενεργειακή πυκνότητα (Watts/m<sup>2</sup>) για κάθε ύψος.
- ✚ Ενεργειακή παραγωγή μηχανών (GWh) για κάθε διεύθυνση.
- ✚ Σημειακή την ενεργειακή παραγωγή μηχανών (GWh).



Εικόνα: 3.5.12. Επιλεγούμε 2D η 3D γραφική απεικόνιση της επιφάνειας

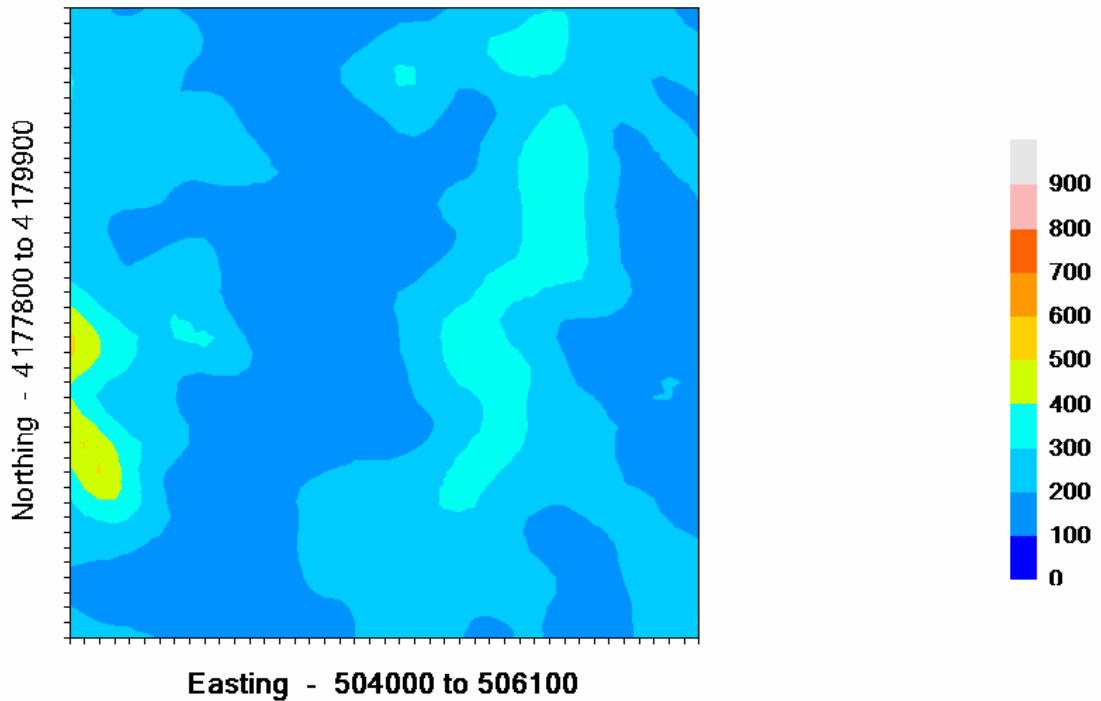
Όλα τα αρχεία μπορούν να εμφανιστούν με τη μορφή περιγράμματος επιστρώνοντας το χάρτη υποβάθρου της περιοχής στο σχεδιαστή του WindFarm. Τα αρχεία αυτά μπορούν να εμφανισθούν για κάθε διεύθυνση αέρα.



Εικόνα: 3.5.13 Σχεδιάγραμμα περιγράμματος watts/m<sup>2</sup> όπως εμφανίζεται στο σχεδιαστή του wind farm.

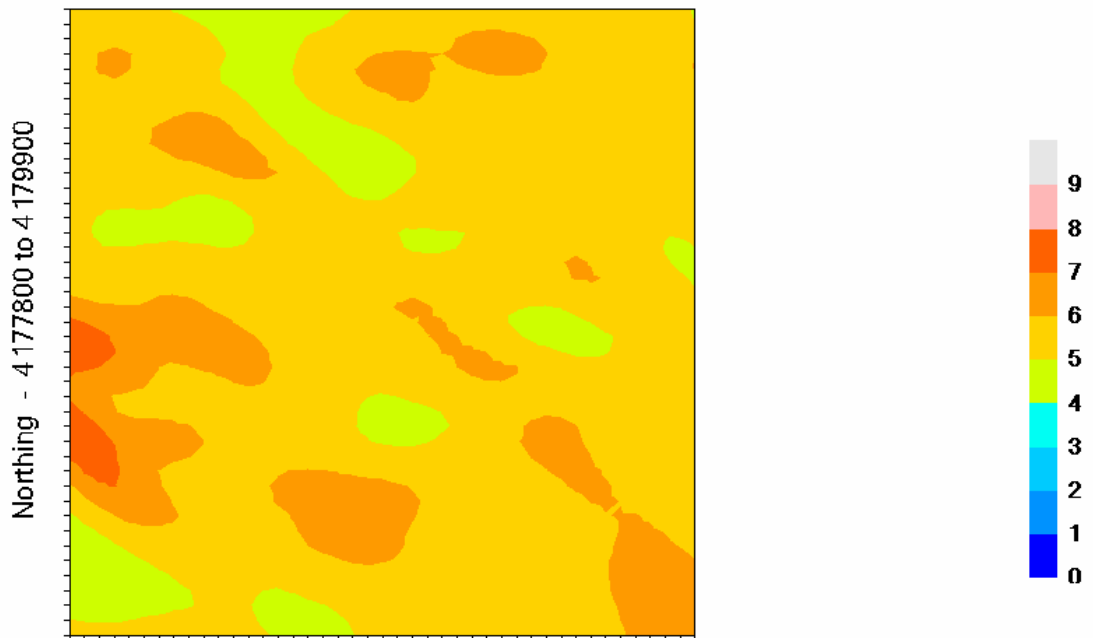


### Mean Watts/m2 for 45.0m Height



Εικόνα: 3.5.14 2D Απεικόνιση της μέσης ισχύς του ανέμου για τα 45μ

### Wind Speed for 22.5 degs Direction, 45.0m Height



Εικόνα: 3.5.15 2D Απεικόνιση της ροής του αέρα για την κύρια διεύθυνσή 22.5 σε ύψος 45μ

### 3.6 Η ενότητα ενεργειακής παραγωγής

Η ενότητά ενεργειακής παραγωγής του wind farm υπολογίζει την ετήσια ενεργειακή παραγωγή του αιολικού πάρκου συμπεριλαμβανομένων των τοπογραφικών χαρακτηριστικών και των απωλειών ομίχρου.

Κάθε αρχείο που δημιουργείται στην ενότητα αυτή έχει το χαρακτηριστικό (\*WFY)

Κατά τη διαδικασία της ενεργειακής παραγωγής ενός αιολικού πάρκου απαιτούνται:

Στοιχεία **κατανομής αέρα** –ένα ρόδο ανέμου που αντιπροσωπεύει την περιοχή του αιολικού πάρκου σε μια συγκεκριμένη θέση.

Στοιχεία **ανεμογεννητριών** –η γεωμετρία μαζί με τα στοιχεία ισχύς και ώθησης σε σχέση με την αυξανόμενη ροή του αέρα

**Τοπογραφικά** στοιχεία μιας αντιπροσωπευτικής τοπογραφία (που περιλαμβάνει τα στοιχεία ύψους και τραχύτητας)της περιοχής του αιολικού πάρκου αλλά και της ευρύτερης περιοχής.

Παρακάτω αξιγήτε η διαδικασία που ακολουθήθηκε στο wind farm για να υπολογίσει την ενεργειακή παραγωγή ενός αιολικού πάρκου

- ✚ Συγκεντρώνουμε τα στοιχεία κατανομής αέρα(το ρόδο ανέμου της περιοχής)
- ✚ Τα στοιχεία των ανεμογεννητριών(γεωμετρίας, στοιχεία ώθησης καμπύλες ισχύος)
- ✚ Τοπογραφικά στοιχεία (ύψους και τραχύτητας της περιοχής του πάρκου)
- ✚ Μετατρέπουμε τα στοιχεία ανάλογα με τις ανάγκες του προγράμματος
- ✚ Διευκρινίζουμε την περιοχή που εξετάζουμε και το πλέγμα που χρησιμοποιούμε
- ✚ Δημιουργούμε μία πλατφόρμα πάνω στην οποία σχεδιάζουμε το σχεδιάγραμμα των ανεμογεννητριών συμπεριλαμβανομένου και ενός ιστού
- ✚ Υπολογίζουμε τη ροή του αέρα
- ✚ Δημιουργούμε μια νέα ενότητα για το σύνολο της ενεργειακής παραγωγής
- ✚ Δημιουργούμε ή ανοίγουμε ένα παλιό αρχείο αέρα
- ✚ Ενεργοποιούμε το υπολογισμό της ενεργειακής παραγωγής

#### Κατανομή του αέρα

Η κατανομή του αέρα διευκρινίζεται σε κάθε ένα από τους διάφορους τομείς. Ενδείκνυται να χρησιμοποιούνται 16 διευθύνσεις αέρα. Τα στοιχεία των κατανομών πρέπει να διευκρινιστούν ως πίνακας συχνότητας που δίνει τον αριθμό ωρών σε κάθε ταχύτητα αέρα και για κάθε διεύθυνση. Επιπλέον το ύψος

αναφοράς των στοιχείων κατανομής του αέρα, η ένταση τύρβης και οι πληροφορίες σχεδιαγράμματος αέρα(ομοιόμορφος , λογαριθμικός ή εκθετικός)και διευκρινίζονται για κάθε τομέα

#### Δεδομένα αιολικών μηχανών

Το Wind Farm επιτρέπει στις ανεμογεννήτριες να ενσωματωθούν σε μία περιοχή ή θα μπορούσαν να εγκατασταθούν σε διαφορετικό ύψος πύργου. Τα στοιχεία αυτά αφορούν τη γεωμετρία ,τη ισχύ και την ώθηση, μαζί με τις ταχύτητες έναρξης και αποκοπής για κάθε μηχανή και την πυκνότητα αέρα στη συγκεκριμένη περιοχή.

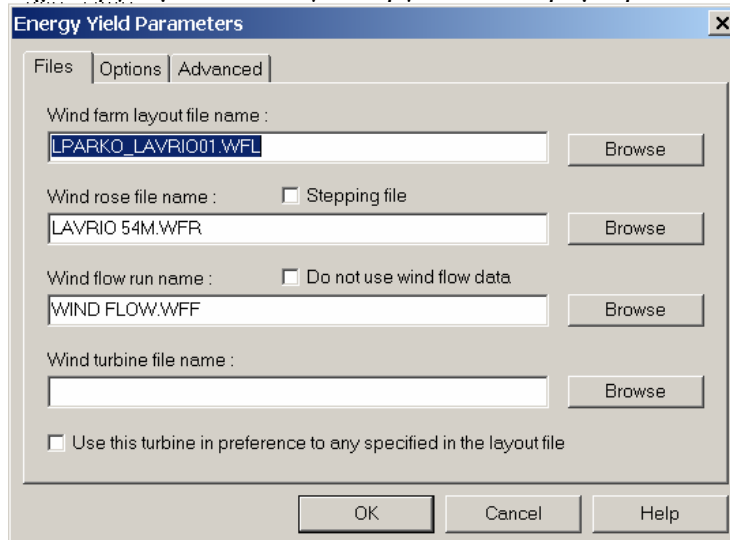
Οι πληροφορίες ισχύος απαιτούνται για να υπολογίσουν την ενεργειακή παραγωγή μίας ανεμογεννήτριας Τα στοιχεία της ώθησής ,αφορούν την απώλεια της ορμής στη διεύθυνση του αέρα και χρησιμοποιείται για να υπολογίσει τη μείωση της ταχύτητας του αέρα πίσω από τις ανεμογεννήτριες Η ενεργειακή αυτή απώλεια ονομάζεται απώλεια ομόρου και στοιχεία που χρησιμοποιούμε λαμβάνονται από τους κατασκευαστές

#### Τοπογραφικά στοιχεία

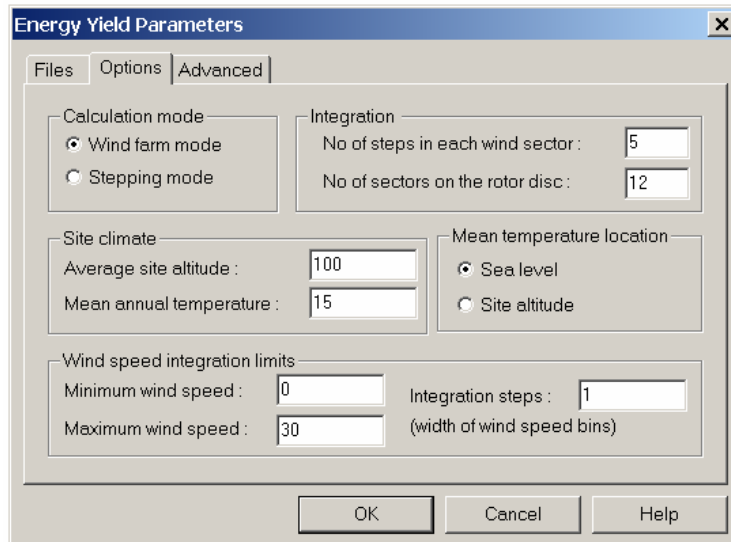
Η αλλαγή του ύψους και της τραχύτητας της περιοχής έχει επιπτώσεις στις ταχύτητες αέρα πέρα από το αιολικό πάρκο, και επομένως τα τοπογραφικά στοιχεία είναι απαραίτητα. Εάν το τοπίο είναι επίπεδο και ομοιόμορφο τότε κανένα στοιχείο δεν θα απαιτείται για τον υπολογισμό της ροής αέρα.

### 3.6.1 Διαδικασία υπολογισμού:

Επιλέγουμε το όνομά του που θέλουμε να δημιουργήσουμε στο νέο διάλογο αρχείων, έτσι ένα νέο αρχείο τρεξίματος να δημιουργηθεί από τις επιλογές edit δημιουργούμε το διάλογο ενεργειακών παραμέτρων.



Εικόνα: 3.6.1 Τα αρχεία που χρησιμοποιούμε είναι το ψηφιακό υπόβαθρο του πάρκου (layer) ,το αρχείο του ρόδου ανέμου το αρχείο ροής του ανέμου και το αρχείο με τα χαρακτηριστικά των μηχανών που χρησιμοποιούνται(μπορεί και να παραληφθούν όταν χρησιμοποιούνται διαφορετικού τύπου μηχανές).



Εικόνα: 3.6.2 Το παράθυρό των επιλογής παραμέτρων ενεργειακής παραγωγής χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε τις κύριες επιλογές υπολογισμού.

### Τρόπος υπολογισμού

Διευκρινίζουμε έναν υπολογισμό ενεργειακής παραγωγής για ένα αιολικό πάρκο ή τη βηματική μέθοδο. Αυτή περιλαμβάνει μια σειρά σημείων ταχύτητας και διεύθυνσης αέρα, που υπολογίζονται στη σειρά για να δώσουν τη σημειακή ισχύ (σε MW). Η χρήση της μεθόδου αυτής είναι να συγκρίνει τα μετρημένα στοιχεία του αιολικού πάρκου σε συγκεκριμένες συνθήκες αέρα.

### Ολοκλήρωση

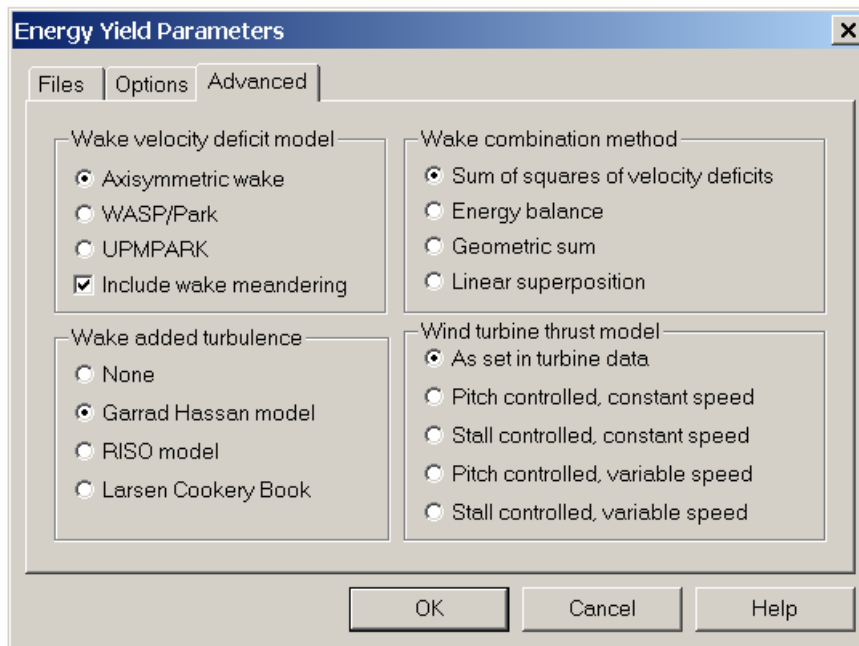
Διευκρινίζουμε τον αριθμό βημάτων σε κάθε διεύθυνση αέρα που χρησιμοποιούμε για να ενσωματώσουμε την ενεργειακή παραγωγή. Για 60 βήματα γύρω από το ρόδο ανέμου έχουμε ακριβή αποτελέσματά επομένως επιλέγουμε 5 βήματα για μια κατανομή 12 διευθύνσεων.

### Κλίμα θέσης

Μια διόρθωση της πυκνότητά του αέρα κατά τον υπολογισμό της ενεργειακής παραγωγής πρέπει να συμπεριληφθεί έτσι είναι απαραίτητο να διευκρινίσουμε το ύψος της περιοχής που βρίσκεται το αιολικό πάρκο μαζί με μια μέση θερμοκρασία της περιοχής.

### Όρια ολοκλήρωσης

Τα όρια ολοκλήρωσης ορίζονται με σκοπό να εξασφαλιστεί όλο το φάσμα ενεργειακής παραγωγής των μηχανών. Το βήμα ολοκλήρωσης που χρησιμοποιούμε είναι 1m/sec.



Εικόνα: 3.6.3 Το παράθυρο προόδου χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε τις παραμέτρους διαμόρφωσης ορόρου για τον υπολογισμό παραγωγής .

Σε αυτή την ενότητα συστήνεται να χρησιμοποιούνται οι προεπιλογές του προγράμματος

Χρησιμοποιούμε το αξιοσημετρικό μοντέλο ορόρου (η μέθοδος UPMPARK υποτιμά τις απώλειες)

Προστιθέμενη τύρβη όμορου

Η μέθοδος garrad –Hassan παράγει τη χαμηλότερη ενεργειακή παραγωγή είναι η πιο συντηρητική και συστήνεται.

Αν το στοιχείο της τύρβης και όχι η ενεργειακή παραγωγή μας ενδιαφέρει περισσότερο τότε χρησιμοποιούμε τη μέθοδο Larsen .

Η αυξανόμενη τύρβη (ριπή ανέμου) παράγει γρηγορότερη εξασθένησή του ορόρου με αποτέλεσμα να μειώνονται και οι απώλειές ορόρου.

Συνδυασμός μοντέλου ορόρου

Για ένα αιολικό πάρκο με τις μηχανές σε σειρά ως προς την κύρια διεύθυνση ανέμου και για μεγάλο διάστημα μεταξύ των σειρών οι απώλειες στην κύρια διεύθυνση του αέρα μπορεί να είναι παρά πολύ μεγάλες. Επόμενος γ'αυτή την μορφή χωροθέτησης η μέθοδος RSS είναι η καλύτερη και συνίσταται να χρησιμοποιούμε.

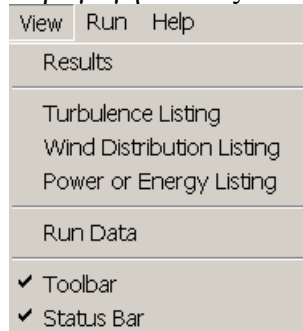
Για χαμηλές ταχύτητες και ευθυγραμμισμένη χωροθέτηση συστήνεται η μέθοδος ενεργειακής ισορροπίας.

Για αιολικά πάρκα που υπάρχει πληθώρα διευθύνσεων χωρίς κύρια διεύθυνση αέρα και η δύο μέθοδοι μπορούν χρησιμοποιηθούν(ενεργειακής ισορροπίας ,RSS)

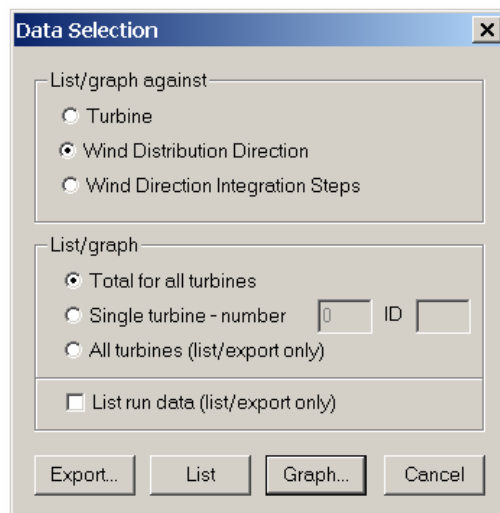
Προτιμάτε να χρησιμοποιήσουμε τα στοιχεία ώθησής του κατασκευαστή ενώ μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα σε μηχανές σταθερού( pitch ) ή μεταβλητού βήματός στοφών(Stall) .

#### Αποτελέσματα υπολογισμού

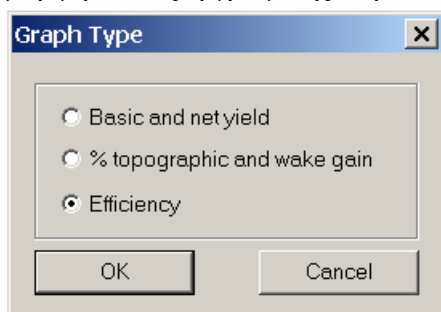
Αφού ορίσουμε τις παραμέτρους μπορούμε να υπολογίσουμε την ενεργειακή παραγωγή από τις επιλογές Run energy yeldy



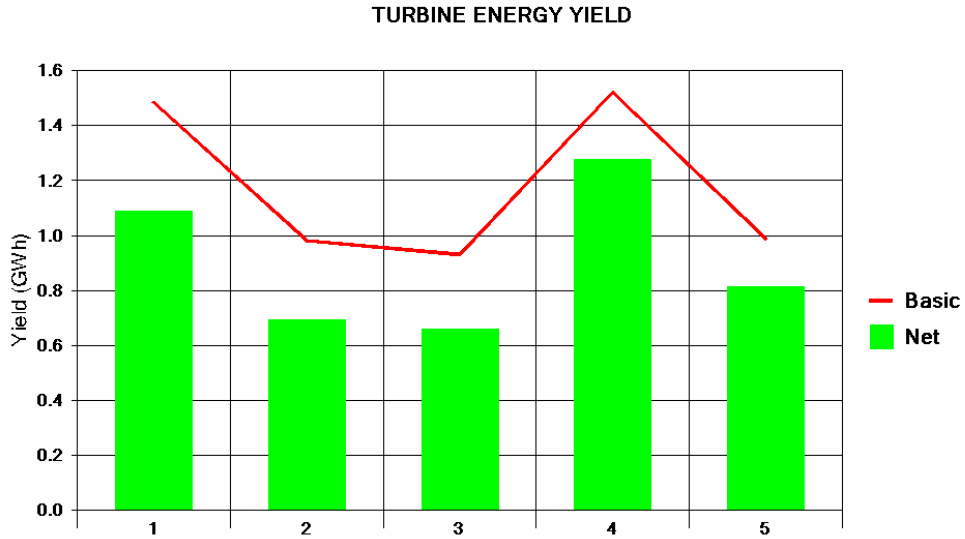
Εικόνα:3.6.4 Τα αποτελέσματα του υπολογισμού εμφανίζονται από τις επιλογές view είτε σε μορφή λίστας ή ως γραφική και στη συνέχεια μπορούν να τυπωθούν.



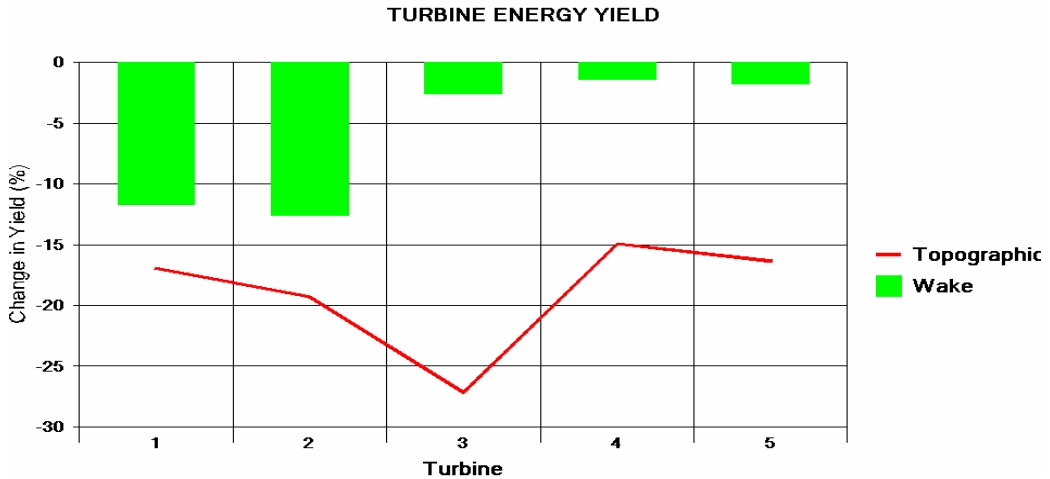
Εικόνα:3.6.5 Τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούν να απεικονιστούν ανεξάρτητα για κάθε αιολική μηχανή ή συνολικά για όλες τις αιολικές μηχανές με μορφή λίστας ή γραφικής παράστασης



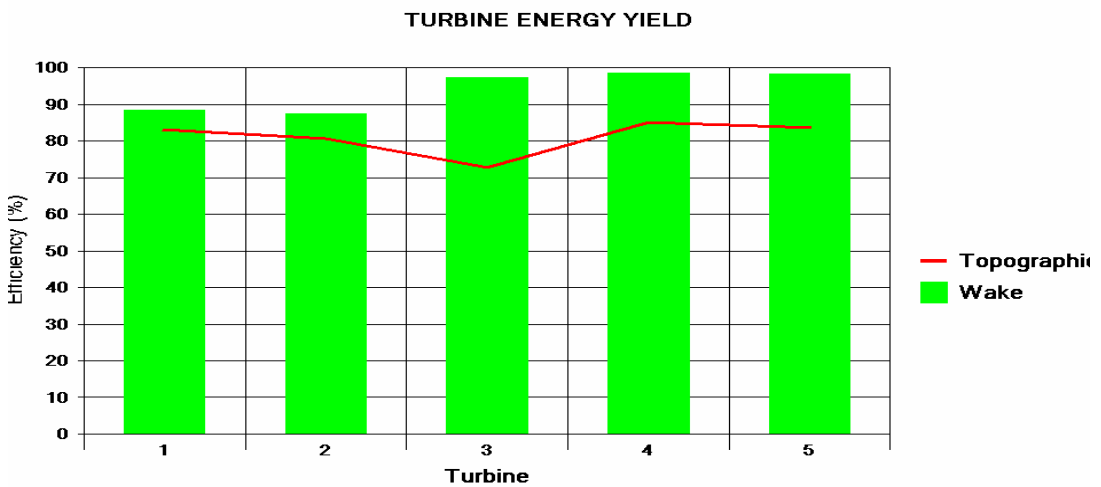
Εικόνα:3.6.6 Αφού επιλέξουμε τη μορφή γραφικής παράστασής επιλέγουμε τη μορφή που θέλουμε να έχουν τα αποτελέσματα



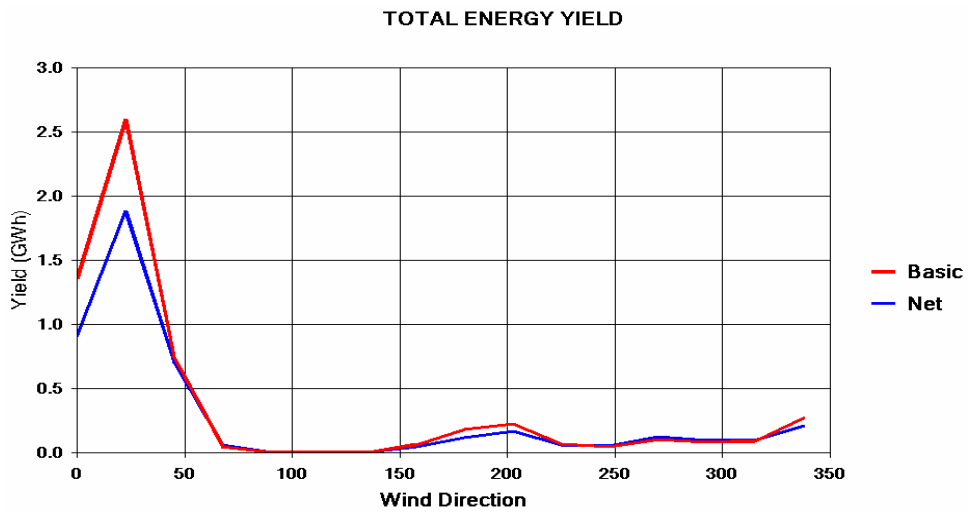
Εικόνα:3.6.7 Διάγραμμα ενεργειακής παραγωγής του πάρκου χωρίς τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά και τις απώλειες ομόρου.



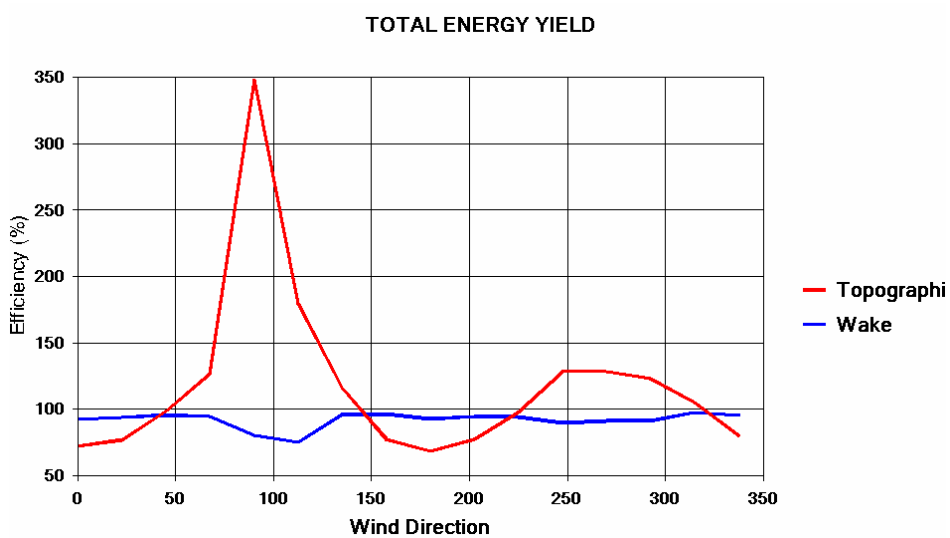
Εικόνα:3.6.8 Η % απώλειες ομόρου για κάθε μηχανή σε σχέση με την τοπογραφία



Εικόνα:3.6.9 Διάγραμμα των % μεταβολή της παραγωγής σε σχέση της τοπογραφίας κα του ομόρου σε σχέση με την συνολική παραγωγή.

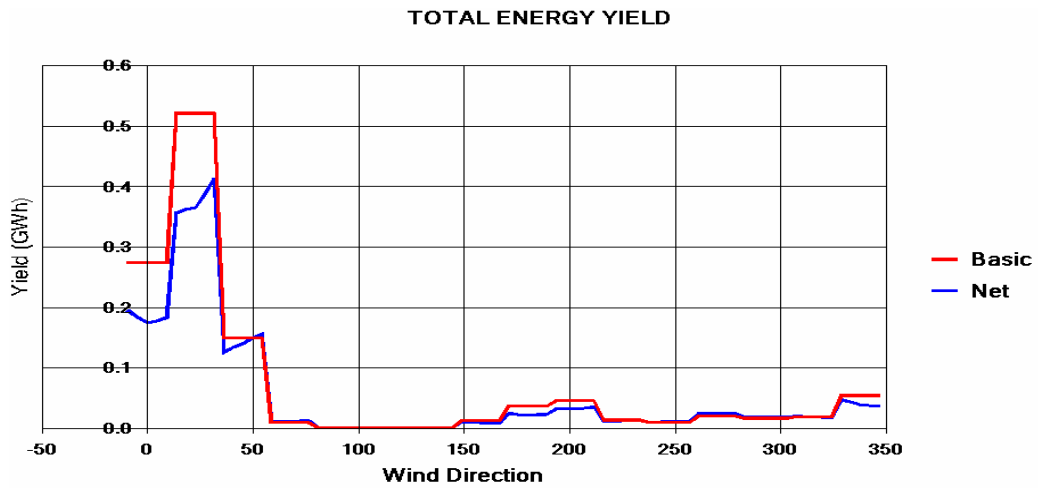


Εικόνα:3.6.10 Διάγραμμα κατανομής του αέρα ανά διεύθυνση χωρίς τοπογραφικές ανωμαλίες

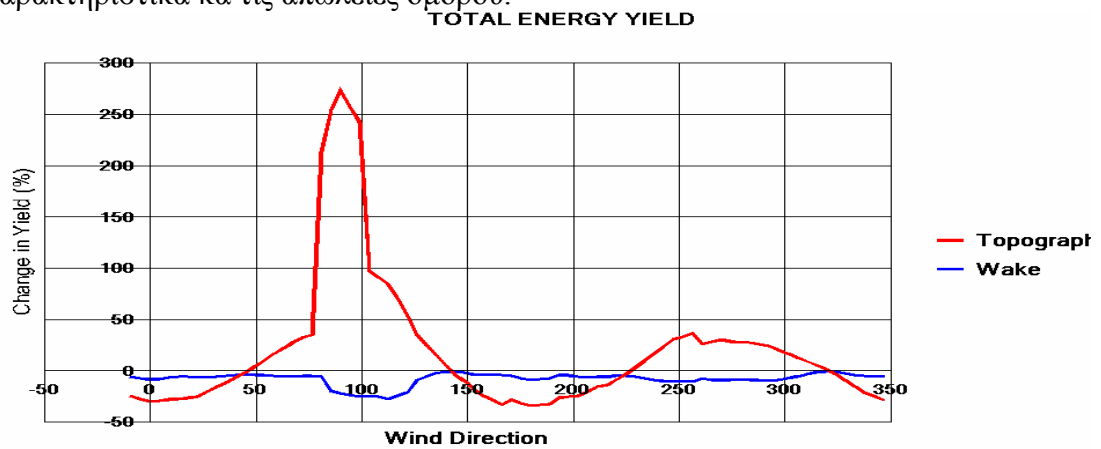


Εικόνα: 3.6.11 Διάγραμμα κατανομής ενέργειας για την % μεταβολή λόγω τοπογραφικών φαινομένων και της επίδρασης ομόρου σε σχέση με μέγιστη ενεργειακή παραγωγή

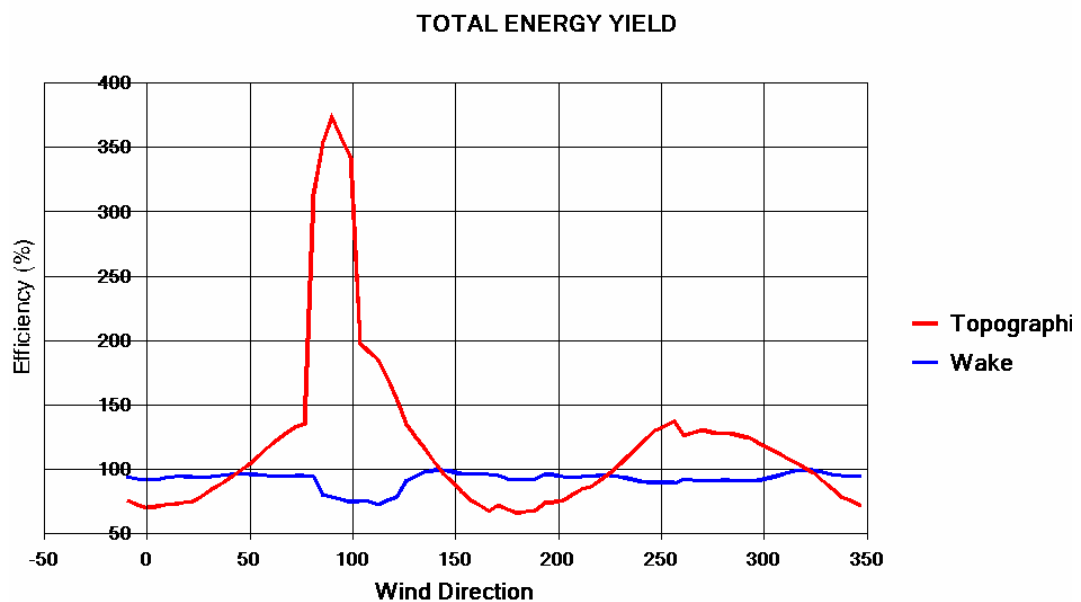




Εικόνα: 3.6.12 Τα βήματα ολοκλήρωσης ανά διεύθυνση χωρίς τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά και τις απώλειες ομόρου.



Εικόνα: 3.6.13 Τα βήματα ολοκλήρωσης σε σχέση με την τοπογραφία και τις απώλειες ομόρου για την % μεταβολή λόγω του κάθε παράγοντα.



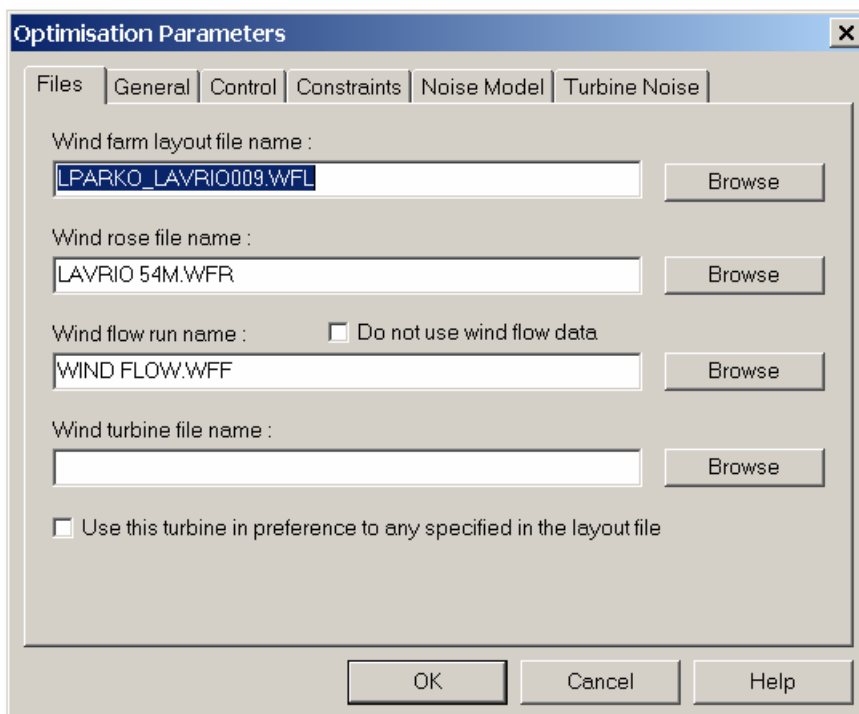
Εικόνα: 3.6.14 Τα βήματα ολοκλήρωσής σε σχέση με την τοπογραφία και τις απώλειες ομόρου για τη μέγιστη ενεργειακή παραγωγή

### 3.7 Η ενότητα βελτιστοποίησης

Η ενότητα βελτιστοποίησης του WindFarm καθορίζει τη βέλτιστη χωροθέτηση των ανεμογεννητριών στην πραγματική περιοχή του αιολικού πάρκου και περιλαμβάνει φυσικούς και πρακτικούς περιορισμούς που ισχύουν κατά την κατασκευή αιολικών πάρκων. Η βελτιστοποίηση αποσκοπεί στη μέγιστη ενεργειακή παραγωγή και στο ελάχιστο κόστος της ενέργειας και η ενότητά χρησιμοποιεί τη γεωμετρία των μηχανών τις πληροφορίες ισχύος λαμβάνοντας υπόψη τη κατανομή της ταχύτητας και διεύθυνσης του αέρα, την τύρβης, την τοπογραφία αλλά και τα αποτελέσματα του ομίρου.





Η εφαρμογή των αλγορίθμων βελτιστοποίησης στην περιοχή ενδιαφέροντος αποτελούν την ενσωμάτωση πολλών ορίων που ισχύουν σε αυτές τις περιοχές. Οι περιορισμοί περιλαμβάνουν τα όρια ιδιοκτησίας, την αλληλεπίδραση των ανεμογεννητριών και το επίπεδο θορύβου σε κοντινές κατοικίες και φυσικούς περιορισμούς όπως απότομες κλήσεις, ποτάμια κλπ. Στις περιοχές σύνθετης τοπογραφίας πρέπει να περιλαμβάνουμε και ένα αρχείο ροής αέρα.

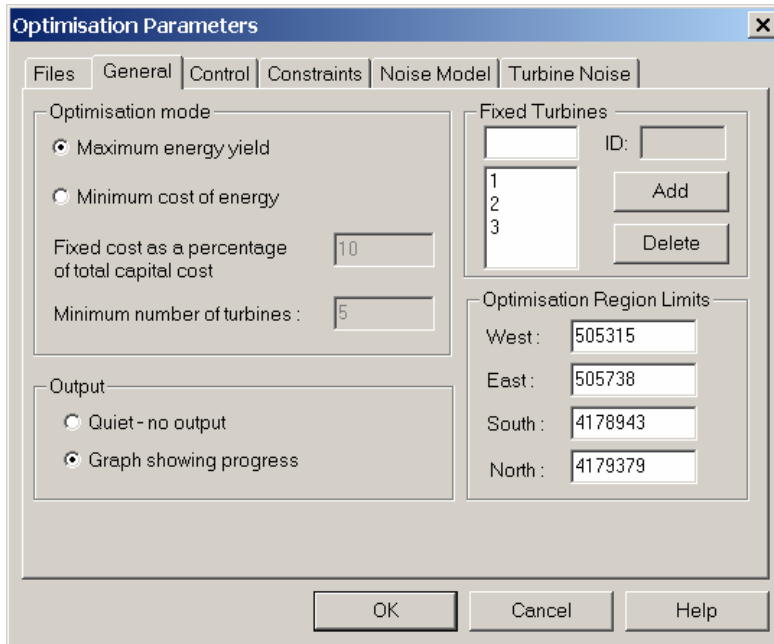
Τα παραπάνω στοιχεία μπορούν να τροποποιηθούν αλλά τα σημαντικά τρεξίματα συνίσταται να διατηρούνται. Όταν οι παράμετροι τεθούν τότε ξεκινάμε τον υπολογισμό της βελτιστοποίησης. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εφαρμόζεται μια γραφική πρόοδος της διαδικασίας.



Εικόνα:3.7.1 Το παράθυρο παραμέτρων βελτιστοποιήσεως χρησιμοποιείται για να επιλέξει τα αρχεία που απαιτούνται για να κάνουμε έναν υπολογισμό βελτιστοποίησης.

Αυτά είναι:

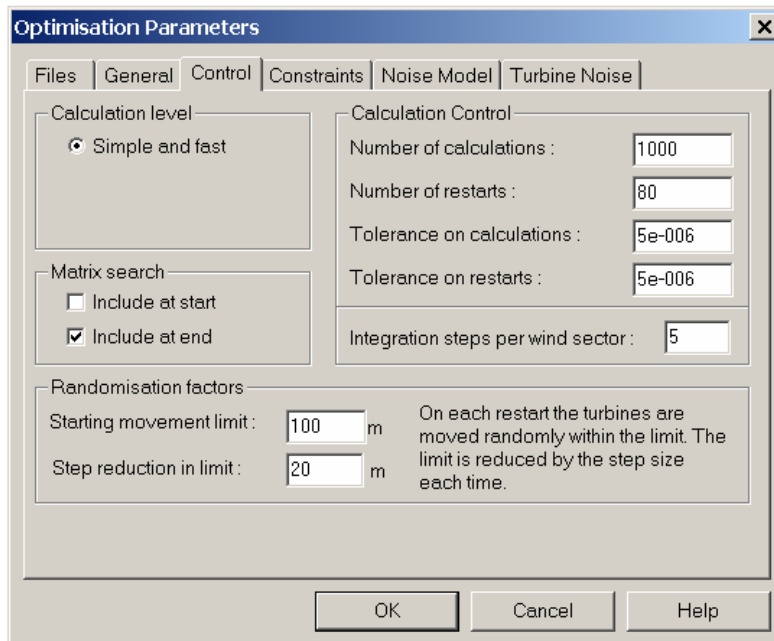
-  Το Αρχείο ψηφιακού υποστρώματος (layer)
-  Το Αρχείο κατανομής του αέρα
-  Το Αρχείο ροής αέρα
-  Το Αρχείο μηχανών(αγνοείται όταν χρησιμοποιούμε διαφορετικό τύπο μηχανών)



Εικόνα: 3.7.2 Παράθυρό που οροθετούνται τα κριτήρια της βελτιστοποίησης

- ✚ Επιλέγουμε ανάμεσα στη μέγιστη παραγωγή ή στο ελάχιστο κόστος της ενέργειας
- ✚ Οριοθετούμε την έκταση του πάρκου έτσι μέσα στην οποία θα γίνει η βελτιστοποίηση.

Μπορούμε να Καθορίσουμε ποιες ανεμογεννήτριες δε θα μετακινηθούν κατά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης αν υπάρχει κάποιος περιορισμός όπως απότομη κλίση κλπ.



Εικόνα: 3.7.3 Η σελίδα ελέγχου του διαλόγου παραμέτρων βελτιστοποίησης που χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε τις παραμέτρους ελέγχου.

Η διαδικασία της βελτιστοποίησης χρειάζεται μια βοήθεια για να αποφύγει η (υπολογισμένη) συνάρτηση τα τοπικά μέγιστα και ελάχιστα.

Η μέθοδος για να επιτευχθεί αυτό είναι να ξανά ξεκινήσει επανειλημμένα ο υπολογισμός. Ο αριθμός υπολογισμών είναι ο μέγιστος αριθμός που γίνεται μετά από κάθε καινούργιο ξεκίνημα.

Ένας μικρός αριθμός καινούριων ξεκινήματων (π.χ 30) είναι συχνά επαρκής για να πάρει τιμές αρκετά κοντά στο βέλτιστο, και συστήνεται ως πρώτο βήμα στη βελτιστοποίηση. Ένας μεγαλύτερος αριθμός (π.χ. 100) θα έδινε πιθανός τη βέλτιστη λύση.

### 3.7.1 Παράγοντες τυχαιοποίησης

Για να αποφευχθούν τα τοπικά ελάχιστα σε κάθε καινούργιο ξεκίνημα κάθε ανεμογεννήτριας κινείται τυχαία μέσα στα διευκρινισμένα όρια μετακίνησης. Το όριο μειώνεται από το διευκρινισμένο μέγεθος βημάτων σε κάθε καινούργιο ξεκίνημά έως ότου το όριο μετακίνησης να μετακινηθεί στο μηδέν.

Ένα μεγάλο όριο (200,300μ) με μέγεθος βήματος (20μ) συστήνεται ως πρώτο βήμα με κανένα στην τελική διαδικασία συντονισμού.

Εάν η περιοχή του αιολικού πάρκου είναι μικρή είναι χρησιμότερο να χρησιμοποιηθεί ένα μικρότερο όριο μετακίνησης.

Επίσης θέτουμε το αρχικό μέγεθος ορίου βημάτων έτσι ώστε το όριο να φθάνει σε μηδέν προτού να γίνουν όλα τα καινούργια ξεκινήματα. (Κάτι τέτοιο επιτρέπει, μερικά καινούργια ξεκινήματά να εκτελεστούν στο τέλος της βελτιστοποίησης.

Για να αποφευχθούν τα τοπικά μέγιστα και ελάχιστα της συνάρτησης μας επιτρέπει να το πρόγραμμά να εκτελέσει μια συστηματική αναζήτηση πέρα από την περιοχή βελτιστοποίησης. Έτσι ένα υπολογισμός γίνεται για κάθε μηχανή και μπορεί να είναι αρκετά αργός. Μπορούμε να επιλέξουμε ο υπολογισμός αυτός να γίνεται για κάθε ανεμογεννήτρια πριν ή μετά από τη σειρά των καινούργιων ξεκινήματων και τυχαιοποιήσεων. Κανονικά θα πρέπει να επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί μόνο πριν. Για στρογγυλευμένους λόφους και επίπεδες περιοχές καλά είναι η τεχνική αυτή να αποφεύγεται.

Στα πρώτα στάδια μια βελτιστοποίησης επιλεγούμε μικρά βήματα π.χ 2μ για γρηγορότερο υπολογισμό. Ενώ πρέπει πάντα να δίνουμε μεγαλύτερο αριθμό δυνατών βημάτων (5 βήματα) στα τελευταία στάδια μιας βελτιστοποίησης.

### 3.7.2 Περιορισμοί

Οι περιορισμοί μπορούν να μειώσουν την ενεργειακή παραγωγή

Τα θετικά όρια αυξάνουν τη μέγιστη τιμή ενώ ένα αρνητικό όριο τη μειώνει.

Πχ. Ένα περιθώριο θορύβου 2db με ένα μέγιστο 35db θα παρήγαγε έναν έλεγχο για περιθώριο μεταξύ 35db και 37db

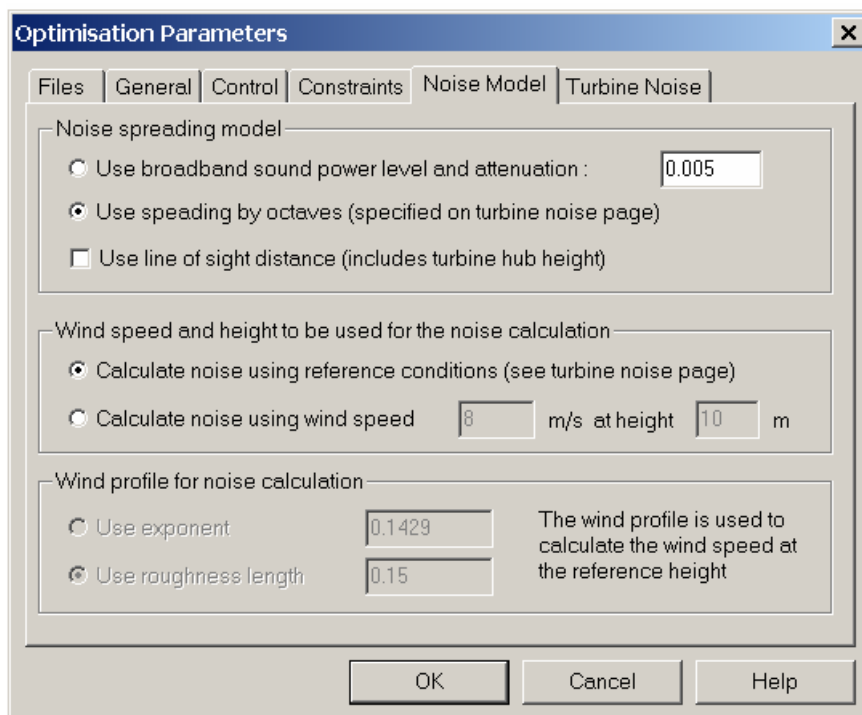
#### Όρια περιοχών

Οι μηχανές μπορούν να τοποθετηθούν μέσα ή έξω από ένα γεωγραφικό όριο που έχουμε ορίσει. Τα όρια αυτά μπορούν να είναι όρια ενός οικοπέδου μια αρχαιολογική περιοχή ή άλλα.

Στην πράξη η απόσταση μεταξύ των ανεμογεννητριών ορίζονται μεταξύ 3 έως 4 διαμέτρων. Ένας μικρότερος χωρισμός θα προκαλέσει μεγαλύτερη αβεβαιότητα στον υπολογισμό του όμορου. Το όριο της μέγιστη κλίση εδάφους πρέπει να είναι της τάξης του 10%.

### Περιορισμός θορύβου

Το πρόγραμμα βελτιστοποίησης υπολογίζει τα επίπεδα θορύβου σε κάθε μια από τις κοντινές κατοικίες για κάθε σύνολο θέσεων ανεμογεννητριών. που δοκιμάζει.



(Εικόνα: 3.7.4) Το παράθυρό θορύβου της βελτιστοποίησης χρησιμοποιείται για να διευκρινίσει τους όρους προτύπων και αναφοράς θορύβου που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του θορύβου

Επιλέγουμε ανάμεσα στο ευζωνικό σύστημά και τη διάδοση από οκτάβες. Ο επισήμως καθορισμός της απόστασης από το δέκτη στην πηγή είναι «γραμμική θέα» και περιλαμβάνει το ύψος των πηληνών των ανεμογεννητριών. Διευκρινίζουμε το ύψος εκθέτη και την τραχύτητά εάν οι πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε διαφορετικούς όρους αναφοράς.

Η σελίδα θορύβου στις παραμέτρους βελτιστοποίησης χρησιμοποιείται για να διευκρινίσει του όρους αναφοράς και τα πρότυπα θορύβου που χρησιμοποιούνται σε ένα υπολογισμό βελτιστοποίησης.

### 3.7.3 Τρεξίματα και αποτελέσματα βελτιστοποίησης.

Τα στοιχεία τρεξίματος μπορούν να εξαχθούν σαν αρχείο ASCII με τη χαρακτηριστική κατάληξη \*.RUO

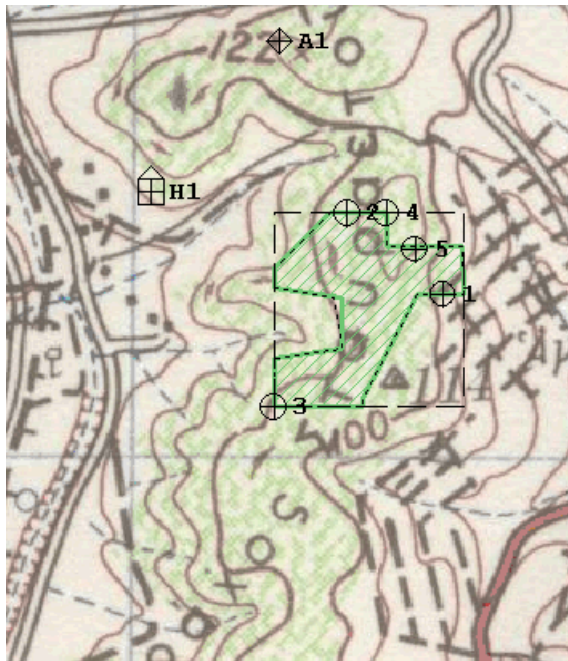
Από τις επιλογές τρεξίματος αρχίζει ο υπολογισμός της βελτιστοποίησης. Με την ολοκλήρωσή του υπολογισμού εμφανίζεται μια περίληψη του υπολογισμού που απαριθμεί τις νέες θέσεις των ανεμογεννητριών και τις ενεργειακές παραγωγές που θα μας δώσουν.

Παρουσιάζονται επίσης παράγοντες μείωσης για κάθε περιορισμό που εφαρμόζεται σε κάθε ανεμογεννήτρια. Ένας αριθμός μικρότερος της μονάδας δείχνει ότι κάποιος περιορισμός έχει παραβιαστεί .

#### Εξέταση των αποτελεσμάτων

Με την ολοκλήρωση του υπολογισμού μια περίληψη του υπολογισμού να εμφανίζεται από το μενού edit.

Αυτή απαριθμεί τις θέσεις των ανεμογεννητριών και τις ενεργειακές παραγωγές που υπολογίζονται πριν και μετά τη βελτιστοποίηση. Εμφανίζονται επίσης παράγοντες μείωσης για κάθε περιορισμό που εφαρμόζετε σε κάθε μηχανή



Εικόνα: 3.7.4Οι Νέες θέσεις των ανεμογεννητριών μετά τη διαδικασία της βελτιστοποίησης.

#### Παρατηρήσεις

- ✚ Δεν εφαρμόζουμε περιορισμούς αν δεν απαιτούνται
- ✚ Το αρχείο ροής αέρα πρέπει να παρεμβάλετε διαρκώς καθώς δοκιμάζονται η νέες θέσεις των ανεμογεννητριών έτσι είναι καλό για καλύτερη απόδοσή το αρχείο ροής να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο.
- ✚ Αν χρησιμοποιείται ένα ενιαίο ύψος πλημνών ανεμογεννητριών είναι σημαντικό να υπολογιστεί η ροή του αέρα μόνο σε αυτό το ύψος

- ✚ Για περιοχές που είναι εξαπλωμένες σε διάφορους μικρούς ή κυκλικούς λόφους ή έχουμε διάφορα χωρισμένα όρια μπορεί να είναι απαραίτητα να χρησιμοποιούμε μεγάλα όρια τυχαιοποίησης
- ✚ Κάνουμε τρεξίματα συνέχειας με τις διαφορικές τοποθετήσεις με σκοπό να εξασφαλίσουμε ότι τα τοπικά μέγιστα και ελάχιστα που δεν έχουν βρεθεί.

### 3.8 Η ενότητα οπτικής-επιρροής (ZVI)

Η ενότητα οπτικής-επιρροής ZVI του WindFarm δημιουργεί τους χάρτες ζώνης οπτικής όχλησης του αιολικού πάρκου

Ο συνηθέστερος τρόπος είναι να μετρηθεί ο αριθμός των ορατών ανεμογεννητριών από ένα σημείο του αιολικού πάρκου με το σημεία που είναι ορατά και μπορεί να είναι η άκρη των πτερυγίων ,η άτρακτος της μηχανής ή ένα σημείο του πύργου.

Μόνο η τοπογραφία χρησιμοποιείται κανονικά για τον υπολογισμό ,αγνοώντας δέντρα ,κτήρια ή άλλες δομές και επομένως αντιπροσωπεύει τη μέγιστη θεωρητική ορατότητα του αιολικών μηχανών από ένα συγκεκριμένο σημείο. Οι ζώνες αποκλεισμού μπορούν να διευκρινιστούν.

Η επιλογή της ενότητας γίνεται από τις επιλογές 'tools/ZVI' και κάθε σχετικό αρχείο τρεξίματος έχει τον χαρακτηριστή \*WFZ

Δημιουργώντας ένα νέο αρχείο ορίζουμε ένα όνομα και στη συνέχεια ενεργοποιείται ο διάλογος παραμέτρων ZVI .Υπάρχουν 6 ετικέτες διαλόγου που διευκρινίζουμε τις διάφορες παραμέτρους εισαγωγής γ'αυτο τον υπολογισμό.

#### 3.8.1 Προσδιορισμός των παραμέτρων

**ZVI Parameters**

Legend | Circles | Cumulative ZVI

Definition | Calculation | Display Options | Display Region

Wind farm layout file name :

ZVI Location

Centre - east :   
 Centre - north :   
 Radius (m) :   
 Resolution (m) :   
 View height (m) :

This is the primary layout for the ZVI. Use the cumulative page to specify other wind farm layouts.

Geometry

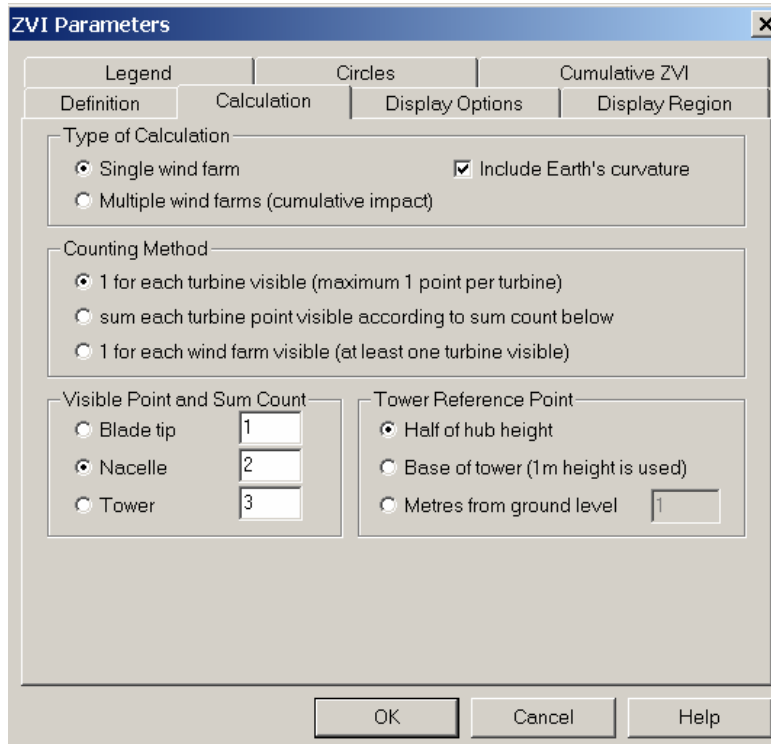
Override layout turbine data - use geometry specified here

Hub height (m) :   
 Rotor diameter (m) :

Symbol :  Size (0.1mm) :  Weight :

Position symbol at wind farm centre  
 Position symbol at ZVI centre

Εικόνα:3.8.1 Η σελίδα προσδιορισμού του διαλόγου παραμέτρων ZVI χρησιμοποιείται για να διευκρινίσει το αρχικό αρχείο σχεδιαγράμματος στροβίλων, τις συντεταγμένες της περιοχής την ακτίνα ενδιαφέροντος και το ύψος αναφοράς που εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Ακόμη ορίζουμε το ύψος των πύργων και τη διάμετρο των πτερυγίων ενώ όταν έχουμε διαφορετικού τύπου μηχανές η επιλογή παραλείπεται και το πρόγραμμα κάνει του υπολογισμούς σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά μεγέθη της κάθε αιολικής μηχανής.



Εικόνα:3.8.2 Η σελίδα υπολογισμού του διαλόγου παραμέτρων ZVI χρησιμοποιείται για να διευκρινίσει τον τρόπο υπολογισμού που περιλαμβάνουν τη μέθοδο ορατού σημείου και του σημείου αναφοράς πύργων.

Ο τύπος υπολογισμού μπορεί να περιλαμβάνει ένα ενιαίο αιολικό πάρκο είτε πολλαπλάσια αιολικά πάρκα (συσσωρευτικό αντίκτυπο.)

Η μέθοδος που εφαρμόζεται στον υπολογισμό μπορεί να είναι

- ✚ 1 για κάθε ορατή ανεμογεννήτρια (1 σημείο ανά μηχανή).
- ✚ Άθροισμά κάθε ορατού σημείου της ανεμογεννήτριας σύμφωνα με το άθροισμα υπολογισμού του κατώτερου σημείου.
- ✚ 1 για κάθε ορατό αιολικό πάρκο.

Σαν ορατό σημείο της ανεμογεννήτριας επιλέγεται η άτρακτος ,η άκρη των φτερών (ύψος πλημνών συν την ακτίνα) ή σημείο κάποιο σημείο του πύργου.

Σημείο του πύργου μπορεί να είναι το μισό από το ύψος πλημνών η βάση της ανεμογεννήτριας ή ένα διευκρινισμένο ύψος πάνω από το επίπεδο της γης .

Στη δεύτερη μέθοδο μια αρίθμησης μπορούμε να δώσουμε στα ακροπτερήγια ,την άτρακτο ,ή το σημείο των πύργων .Αυτό θα ήταν 1 για τον καθένα αλλά αν θέλουμε να δώσουμε περισσότερη έμφαση στην άτρακτο ή τον πύργο τότε μπορούμε πχ να θέσουμε 1 για τα ακροπτερήγια ,2,για την άτρακτο και τρια για το σημείο των πύργων.



### 3.8.2 Ιδιώτες απεικόνισης

Το ZVI υπολογίζεται για μια τετραγωνική περιοχή ,ή μπορούμε να περιοριστούμε σε μια κυκλική περιοχή. Ακόμη για περισσότερα αιολικά πάρκα ,μπορούμε να ορίσουμε μια κυκλική περιοχή για κάθε αιολικό πάρκο ,έξω από το οποίο η αρίθμηση διαφάνειάς για εκείνο το αιολικό πάρκο θα τεθεί 0.

Ο αριθμός των ορατών αιολικών μηχανών σε οποιοδήποτε σημείο μπορεί να διαιρεθεί με μέγιστο διαχωρισμό 8 ομάδων που εμφανίζονται με διαφορετικό χρώμα εμφάνισης .

#### Εμφάνιση περιοχής ενδιαφέροντος

Διευκρινίζουμε την περιοχή που εμφανίζεται πραγματικά και μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την ακτίνα ZVI ή να έχει αντισταθμιστεί.

Για περισσότερα αιολικά πάρκα στην περιοχή πρέπει να ορίσουμε καινούργιο layer όπου διευκρινίζεται το ύψος των πύργων και κα η διάμετρος των φτερών.

#### Ζώνες αποκλεισμού.

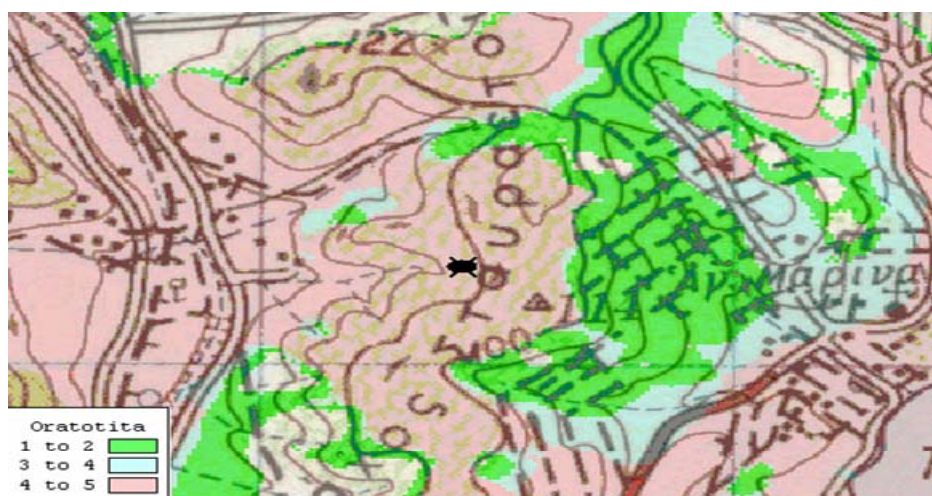
Συχνά δέντρα ή κτήρια μπορούν να κρύψουν ένα αιολικό πάρκο καθώς αυτό δεν είναι ορατό μέσα από το δάση ή τις πόλεις. Οι ζώνες αποκλεισμού μπορούν να διευκρινιστούν γραφικά ως πολύγωνα .Επιλέγουμε «ζώνες αποκλεισμού» για να παρουσιάσουμε ή να κρύψουμε ζώνες.

Οι ζώνες αποκλεισμού περιλαμβάνουν ευθείες γραμμές που ενώνουν σημεία ή κόμβους .

### 3.8.3 Υπολογισμός και παρουσίαση αποτελεσμάτων .

Με την ολοκλήρωση του υπολογισμού της οπτικής όχλησης εμφανίζεται ένας δείκτης που αντιπροσωπεύει το μέσο όρο των θέσεων των ανεμογεννητριών στο χάρτη.

Ο χρόνος υπολογισμού αυξάνεται με τον αριθμό σημείων στην περιοχή ZVI και τον αριθμό των ανεμογεννητριών.



Εικόνα: 3.8.3Απεικόνιση της οπτικής όχλησης του αιολικού πάρκου στην ευρύτερη περιοχή όπου εμφανίζεται ως σημείο στο χάρτη η μέση θέση των

αιολικών μηχανών και με χρωματική διαβάθμιση της οπτικής επιρροής στο χάρτη.

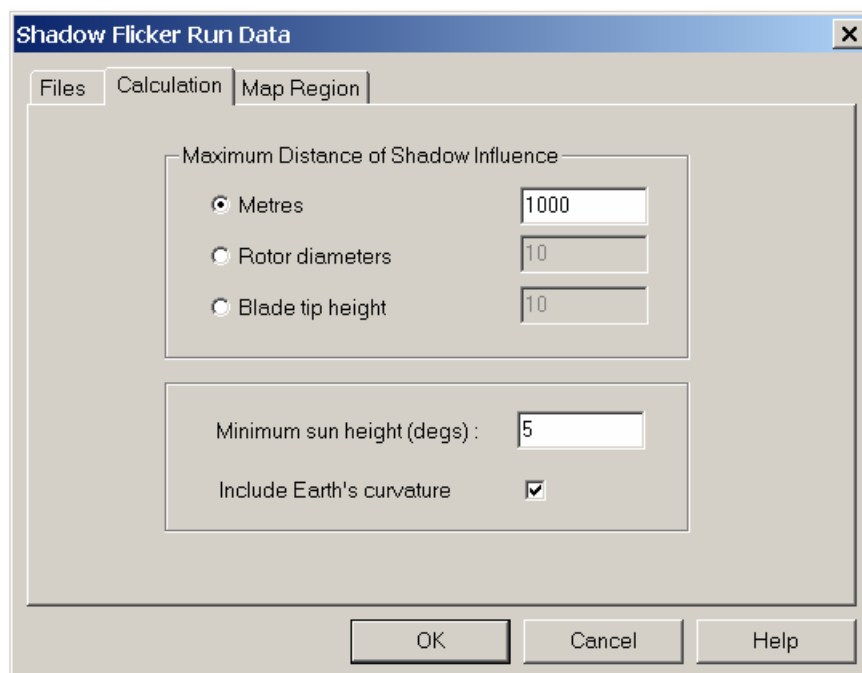
### 3.9 Η ενότητα τρεμουλιασμάτων σκιών

Η ενότητα τρεμουλιάσματος σκιών του Wind farm υπολογίζει τη χρονική περίοδο που η κίνηση των πτερυγίων αλληλεπιδρά με το ηλιακό φως και έτσι εμφανίζεται το φαινόμενο των σκιών.

Για να υπολογιστεί η θέση του ήλιου σχετικά με τα παράθυρα σε όλη τη διάρκεια ενός έτους θα πρέπει να ορίσουμε το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος της περιοχής έτσι ώστε να ενεργοποιηθεί η ενότητα τρεμουλιάσματος σκιών. Το χαρακτηριστικό αρχείο που αποθηκεύει τις παραμέτρους τρεξίματος είναι (\*WFK).

Για την επιλογή ενός νέου αρχείου τρεξίματος ,υπάρχουν 3 παράθυρα όπου διευκρινίζουμε τις διάφορες παραμέτρους εισαγωγής για τον υπολογισμό.

Φορτώνουμε το layer που χρησιμοποιούμε στο σχεδιαστή. Διευκρινίζουμε το ύψος και τη διάμετρο των ανεμογεννητριών. Η επιλογή αυτή μπορεί να παραληφθεί αν το πάρκο χρησιμοποιεί διαφορετικού τύπου αιολικές μηχανές.



Εικόνα: 3.9.1Η σελίδα υπολογισμού του διαλόγου παραμέτρων τρεμουλιάσματος σκιών χρησιμοποιείται για να οριστούν οι παράμετροι υπολογισμού.

Επιλέγουμε μια ορισμένη απόσταση σε μέτρα για την οποία μας ενδιαφέρει η επίδραση των σκιών από τις ανεμογεννήτριες ,καθώς επίσης και τα πολλαπλάσια της διαμέτρου των πτερυγίων ή του μέγιστου ύψους των ακροπτεριγίων (χαρακτηριστικά 10) είναι κοινοί κανόνες και εφαρμόζονται.

Ο υπολογισμός της διατομή με τον ήλιο γίνεται χρησιμοποιώντας έναν κύκλο που αντιπροσωπεύει τον ρότορα .Αν είμαστε κάτω από το ρότορα ή γωνία θέσης τον

κάνει να εμφανίζεται σαν μια έλλειψη. Αυτό είναι σημαντικό όταν βρισκόμαστε κοντά στην ανεμογεννήτρια και οδηγεί σε ποιο συντηρητικούς υπολογισμούς .

Καθώς ο ήλιος πλησιάζει προς τον ορίζοντα ή επιρροή των σκιών μειώνεται .Επόμενος είναι καλό να διευκρινίζουμε τη γωνία κάτω από την οποία η επιρροή των σκιών δε θα υπολογισθεί. Η γήινη κυρτότητα μπορεί να συνυπολογιστεί σε περιπτώσει που υπάρχουν απόμακρα βουνά πίσω από μια ανεμογεννήτρια και μπορεί να κρύψουν τον ήλιο.

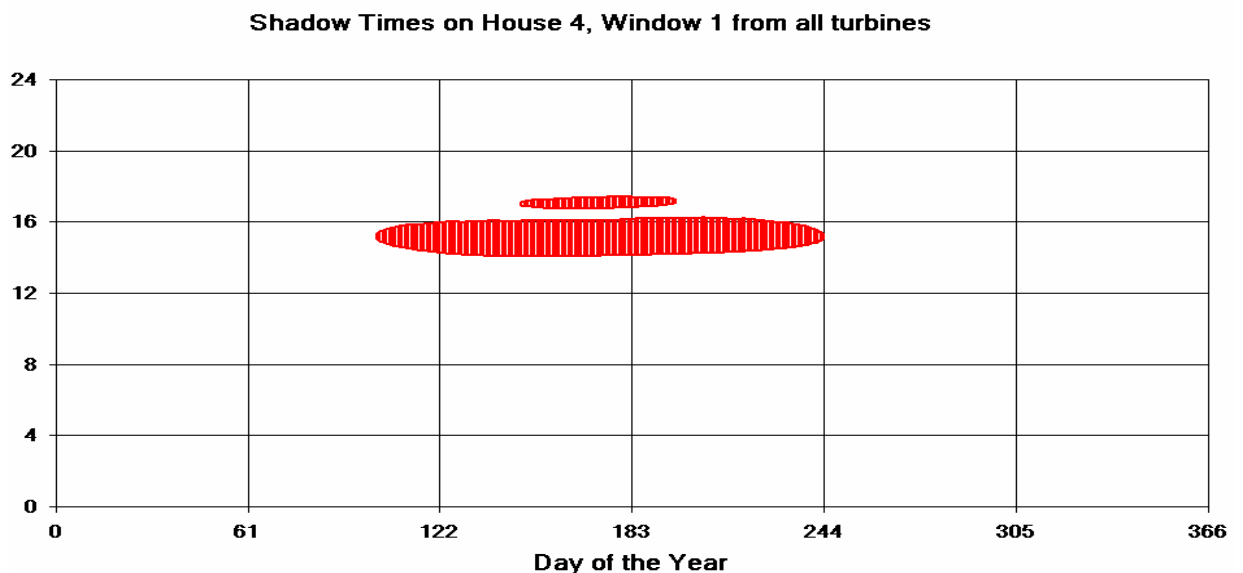
Η περιοχή που ορίζουμε πρέπει να περιλαμβάνει τις θέσεις όλων των ανεμογεννητριών και των παραθύρων. Εντούτοις το τρεμούλιασμα σκιών μπορεί να επηρεαστεί από λόφους ή βουνά που είναι πίσω από τις ανεμογεννήτριες και στη γραμμή θέας όταν παρουσιάζεται σ ένα παράθυρο.

Αφού ολοκληρώσουμε τον καθορισμό των παραμέτρων κάνουμε τον υπολογισμό από τις επιλογές Run όπου εμφανίζεται μια συνοπτική λίστα που δίνει τα γενικά αποτελέσματα τρεμουλιασμάτων σκιών σε κάθε παράθυρο.

House/ Window	Easting	Northing	Width (m)	Depth (m)	Height (m)	Degrees from North	Tilt angle	Days per year	Max hours per day	Mean hours per day	Total hours
4/ 1	505706	4179221	1.0	1.0	1.0	180.0	0.0	0	0.00	0.00	0.0
4/ 2	505706	4179221	1.0	1.0	1.0	270.0	0.0	129	1.84	1.26	230.0
4/ 3	505706	4179221	1.0	1.0	2.0	90.0	0.0	0	0.00	0.00	0.0
4/ 4	505706	4179221	1.0	1.0	1.0	270.0	0.0	129	1.84	1.26	230.0
4/ 5	505706	4179221	1.0	1.0	2.0	0.0	0.0	127	1.89	1.29	232.3

Εικόνα: 3.9.2:Αποτελέσματα επίδραση σκιών για το σπίτι που βρίσκεται εντός του αιολικού πάρκου με μορφή πίνακα

Μπορούμε επίσης να επιλέξουμε την γραφική απεικόνιση που εμφανίζει γραφικά την επίδραση των σκιών σε τη διάρκεια του έτους.



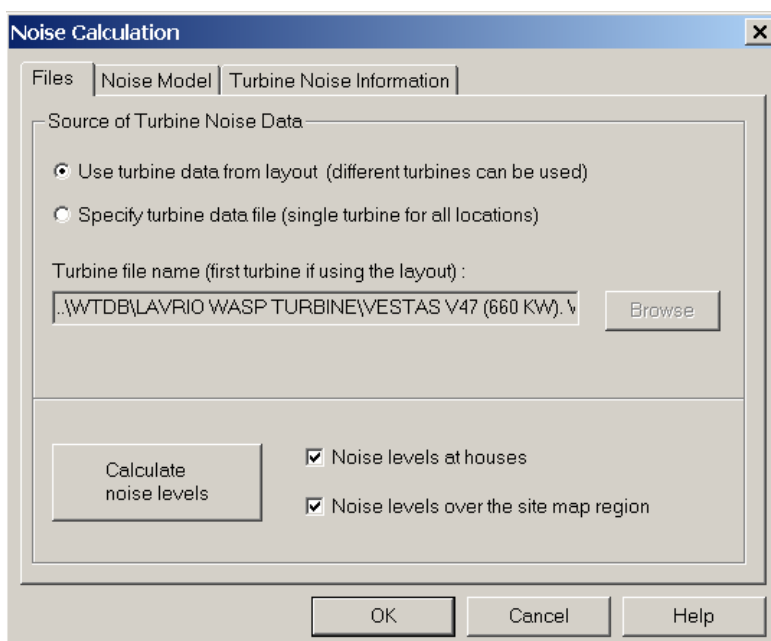
Εικόνα: 3.9.3: Γραφική απεικόνιση της επίδρασης των σκιών από τις αιολικές μηχανές στο σπίτι που βρίσκεται μέσα στο αιολικό πάρκο. Εδώ απεικονίζονται οι ημέρες στη διάρκεια ενός έτους, και η διάρκεια της ημέρας που εμφανίζεται τρεμούλιασμα των σκιών στο συγκεκριμένο παράθυρο.

### 3.10 Η ενότητα υπολογισμού θορύβου

Η ενότητά υπολογισμού θορύβου του WindFarm καθορίζει τα επίπεδα θορύβου την ευρύτερη περιοχή του αιολικού πάρκου και στις κατοικημένες περιοχές..

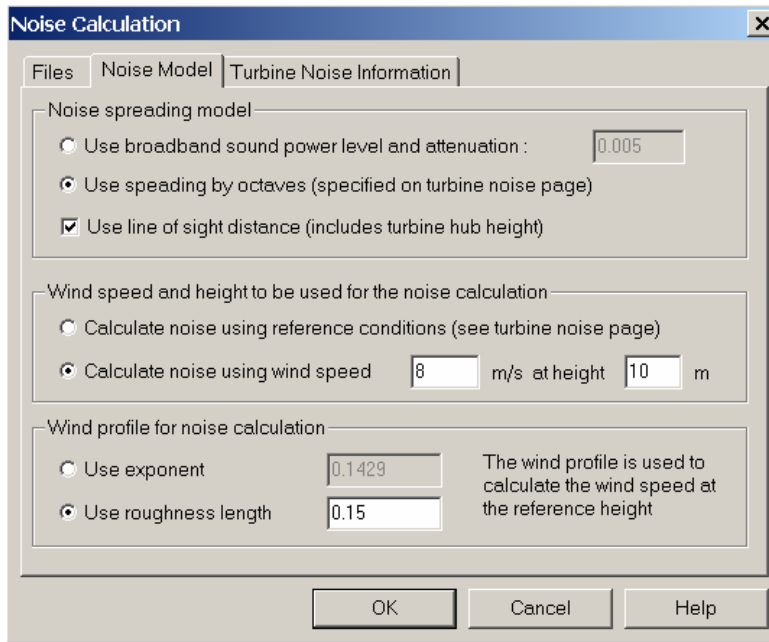
Οι παράμετροι για τον υπολογισμό του θορύβου τίθενται χρησιμοποιώντας την πρότυπη σελίδα θορύβου του στις ετικέτες διαλόγου.

Όταν ο υπολογισμός του θορύβου ολοκληρωθεί ο σχεδιαστής του wind farm παρουσιάζει ένα περίγραμμα θορύβου σε κάθε σπίτι λόγω όλων των ανεμογεννητριών μαζί ή για κάθε ανεμογεννήτρια ξεχωριστά.



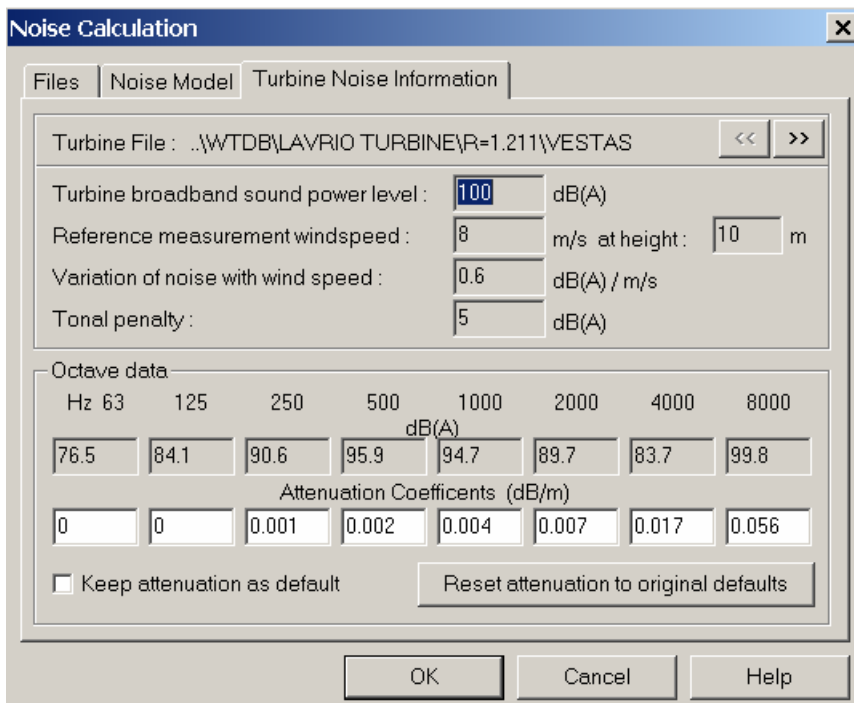
Εικόνα: 3.10.1 Διευκρινίζουμε τη χρήση των στοιχείων θορύβου των ανεμογεννητριών. Μπορούμε να επιλέξουμε για ένα σύνολο μηχανών όταν χρησιμοποιείται διαφορετικός τύπος ανεμογεννητριών ή τη χρήση ενός τύπου μηχανής όταν αυτή χρησιμοποιείται για όλο το πάρκο.

Τα επίπεδα θορύβου υπολογίζονται για μια ευρύτερη περιοχή και πέρα από το αιολικό πάρκο.



Εικόνα: 3.10.2 Το παράθυρο μοντέλου θορύβου χρησιμοποιείται για να διευκρινίσει τους όρους προτύπων και αναφοράς θορύβου που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του θορύβου

Επιλέγουμε ανάμεσα στο ευζωνικό μοντέλο η στην διάδοση του ήχου σε οκτάβες. Ο επισήμως καθορισμός της απόστασής από το δέκτη στην πηγή είναι «γραμμή θέας» και επομένως περιλαμβάνει το ύψος πλημνών των ανεμογεννητριών.



Εικόνα: 3.10.3 Η σελίδα πληροφοριών στροβίλων του διαλόγου υπολογισμού θορύβου παρουσιάζει τα στοιχεία θορύβου μηχανών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό θορύβου. Τα στοιχεία θορύβου λαμβάνονται από τα αρχεία μηχανών που έχουμε επιλέξει

### 3.10.2 Επίπεδα θορύβου.

#### Δανικό πρότυπο θορύβου

Το δανικό πρότυπο θορύβου που χρησιμοποιείται από στην ενότητα υπολογισμού θορύβου είναι βασισμένο στην περιγραφή του πρότυπου διάδοσης του ήχου.

#### Επίπεδο θορύβου αιολικής μηχανής

Το επίπεδο θορύβου σε έναν δέκτη (σπίτι) κατά 1.5μ επάνω από το επίγειο επίπεδο λαμβάνεται χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$L_p = L_{wa} - 10 \log_{10}(2\pi r^2) - \alpha r \quad (3.1)$$

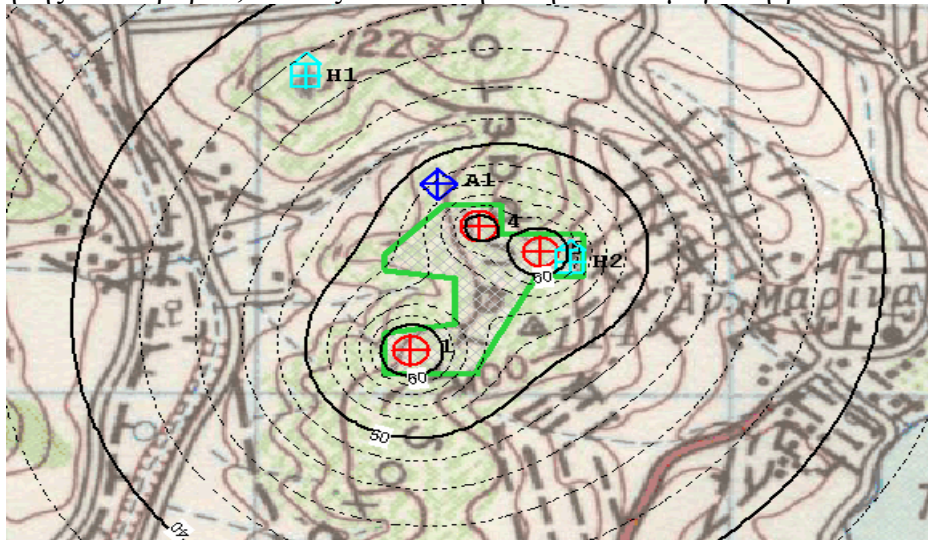
Όπου:

- ✚ Η πηγή (μια ανεμογεννήτρια) μεταδίδει ραδιοφωνικά το θόρυβο σε  $L_{wa}$  dB (A) σχετικά με 1 pW
- ✚  $L_p$  είναι το επίπεδο κανονικής πίεσης στο P σε Db (A)
- ✚  $r$  είναι η ευθεία απόσταση θέας μεταξύ της πηγής και του δέκτη στα 20μ μέτρα.
- ✚  $\alpha$  είναι ο συντελεστής μείωσης σε dB/m.
- ✚ Εάν  $L_{wa}$  υπάρχει ως ενιαίο, ευρυζωνικό επίπεδο υγιούς δύναμης, έπειτα  $\alpha = 0.005$  Db m/s. (3.2)

Τα στοιχεία δύναμης  $L_{wa}$  που εμφανίζονται συνήθως σε συνθήκες αναφοράς, και ορίζονται ως ταχύτητα αέρα 8m/s σε ύψος 10μ.

Αν θέλουμε να διευκρινίσουμε μια ταχύτητά αέρα σε ένα διαφορετικό ύψος από τα 10 μέτρα πρέπει να ορίσουμε τον εκθέτη αποκοπής και το μήκος τραχύτητας που χρησιμοποιείται.

Το  $L_{wa}$ , ποικίλει εάν το ύψος πλημνών διαφέρει. Το επίπεδο θορύβου που εκπέμπεται για μια ανεμογεννήτρια εξαρτάται από τη ροή του αέρα στη θέση μέτρησης του θορύβου, καθώς και από τη θέση των ανεμογεννητριών στο πάρκο.



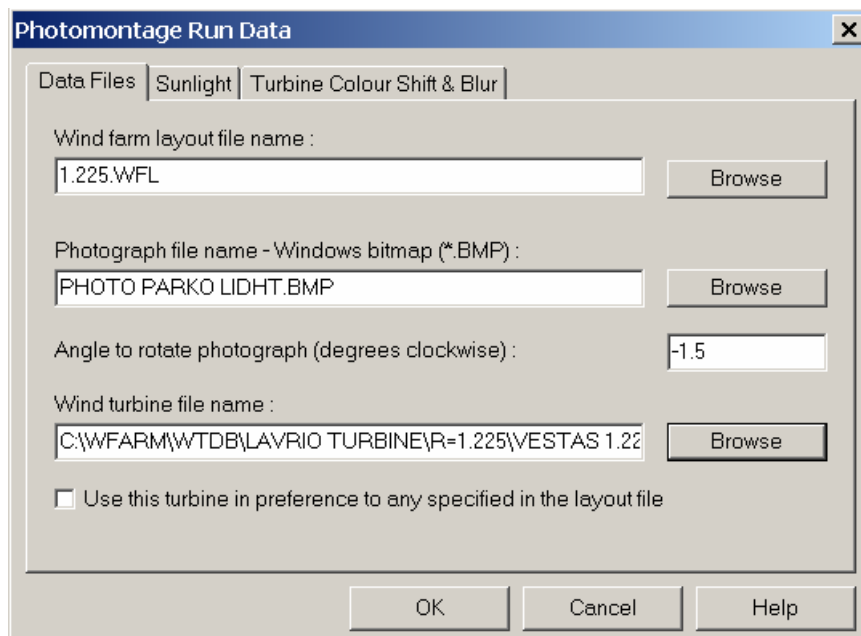
Εικόνα: 3.10.4 Διάδοση επιπέδων θορύβου σε οκτάβες στην ευρύτερη περιοχή του αιολικού πάρκου από τις τρεις αιολικές μηχανές που βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία.

### 3.11 Η ενότητα Photomontage

Η ενότητα photomontage χρησιμοποιείται για να παρουσιάσει μια τρισδιάστατη φωτορεαλιστική εικόνα της περιοχής του αιολικού πάρκου μια τρισδιάστατη φωτορεαλιστική εικόνα της περιοχής του αιολικού πάρκου. Όταν δημιουργούμε ένα νέο αρχείο τρεξίματος photomontage τότε φορτώνουμε μια σχετική φωτογραφία η οποία χρησιμοποιείται ως υπόβαθρό.

#### 3.11.1 Παράμετροι

Οι παράμετροι που λαμβάνονται για την ενότητας photomontage περιλαμβάνουν τα αρχεία των στοιχείων ,πληροφορίες για το φως του ήλιου κα τη ρύθμισή της ευκρίνειας των ανεμογεννητριών. Ακόμη μπορούν να επιλεγούν ορατά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της περιοχής όπως δέντρα και κτήρια τα οποία μπορεί να κρύψουν μια ανεμογεννήτρια.



Εικόνα: 3.11.1 Το παράθυρο αρχείων του photomontage χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε τα αρχεία που απαιτούνται για να δημιουργηθεί μια φωτορεαλιστική απεικόνιση του αιολικού πάρκου.

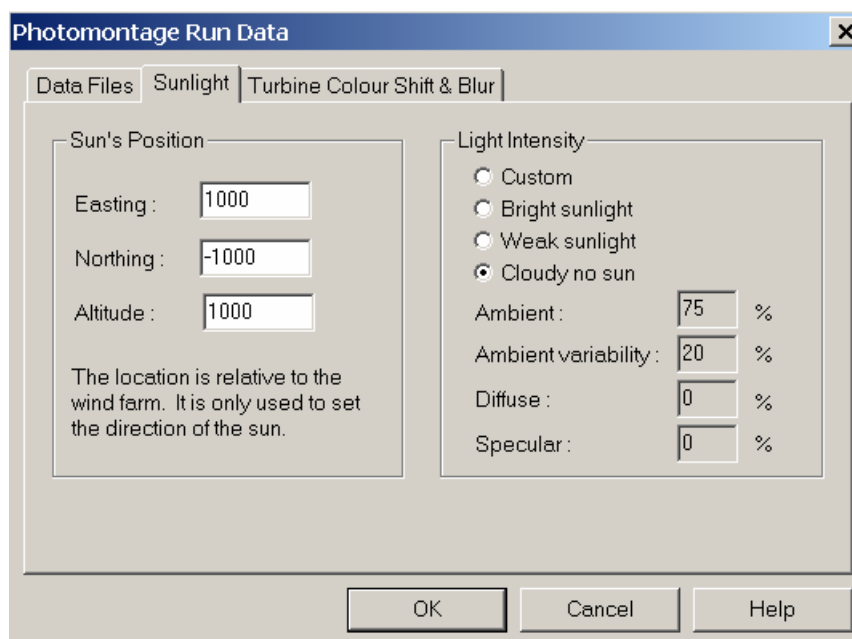
- ✚ Το αρχείο σχεδιαγράμματος προκαθορίζει τις θέσεις των ανεμογεννητριών
- ✚ Το αρχείο φωτογραφίας είναι ένα (\*.bmp 24bit)αρχείο εικόνας που απεικονίζει τη θέση του πάρκου από μια προκαθορισμένη οπτική γωνία
- ✚ Το αρχείο μηχανής όταν χρησιμοποιείται καθορίζει τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιείται στο πάρκο.

Στα χαρακτηριστικά του φωτός ορίζουμε το σχετικό ύψος και τη θέση του ήλιου έτσι ώστε να διευκρινιστεί ή διεύθυνση του ήλου σε σχέση με το αιολικό πάρκο. Τα χαρακτηριστικά του φωτισμού είναι παρόμοια με ένα τυποποιημένο πρότυπο φωτισμού αλλά με την προσθήκη της περιβαλλοντικής μεταβλητότητας.

Η περιβαλλοντική μεταβλητότητα μπορεί να επιλέγει έτσι ώστε να υπάρχει μια παραλλαγή σε σχέση με το περιβαλλοντικό επίπεδο.





Τα χαρακτηριστικά φωτισμού μπορούν να απεικονιστούν και είναι παρόμοια με ένα πρότυπο φωτισμού αλλά με την προσθήκη της περιβαλλοντικής μεταβλητότητας.

Τα περιβαλλοντική μεταβλητότητα έχει προστεθεί για να γίνει κάποια ελαφριά παραλλαγή σε αυτό το περιβαλλοντικό επίπεδο.



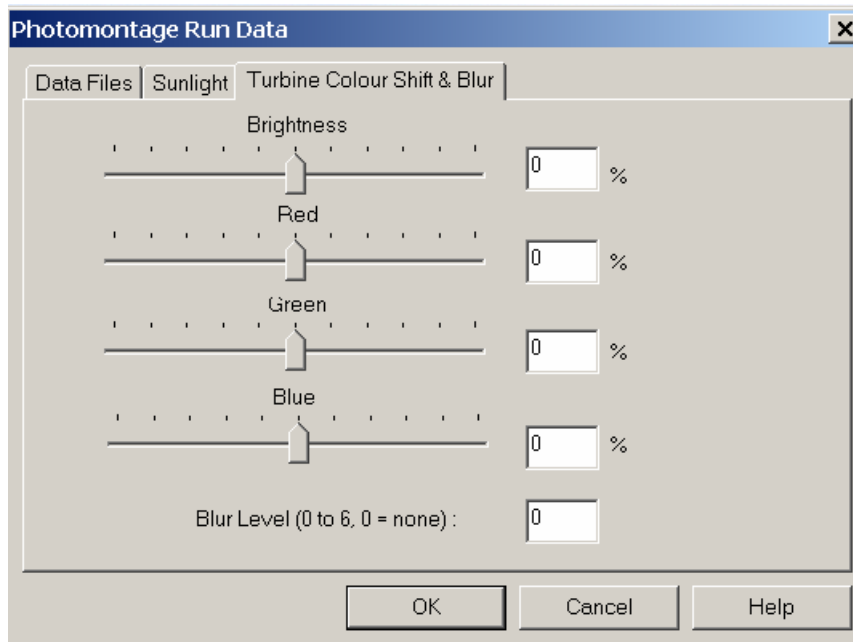
Εικόνα: 3.11.2 Το παράθυρο παραμέτρων του ηλιακού φωτός

Μπορούμε να επιλέξουμε τα χαρακτηριστικά φωτεινότητας ανάμεσα σε

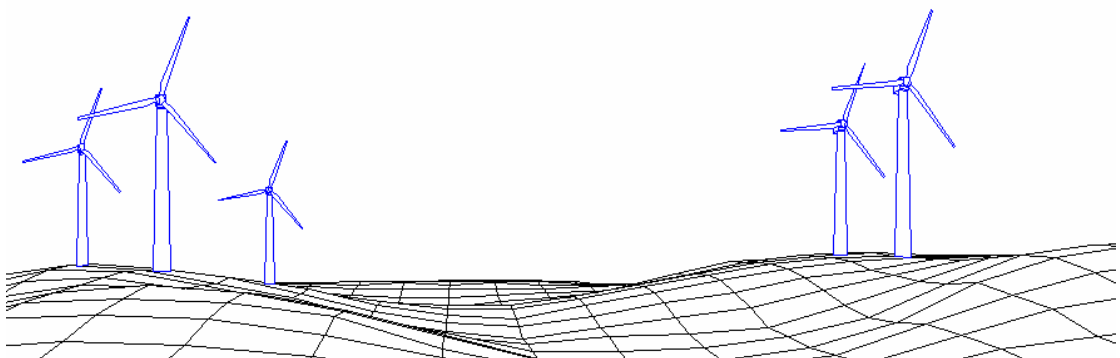
-  καθορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες
-  έντονο δυνατό φωτισμό
-  αδύναμου φωτός
-  νεφελώδεις συνθήκες χωρίς ήλιο

Αυτοί οι προσδιορισμοί εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες ,έτσι συχνά το αδύναμο φως ή η νεφελώδες κατάσταση δίνει ρεαλιστικότερες απεικονίσεις Έτσι οι προκαθορισμένες τιμές μπορούν τροποποιηθούν ανάλογα με τις την περίπτωση.



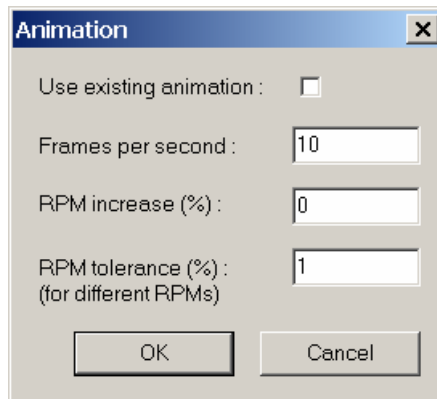


Εικόνα: 3.11.3 Στην ενότητα αυτή μπορούμε να ρυθμίσουμε τα επίπεδα φωτεινότητας και χρωματισμού των ανεμογεννητριών



Εικόνα: 3.11.4 Μια τρισδιάστατη φωτορεαλιστική εικόνα της περιοχής του αιολικού πάρκου

Όταν ενεργοποιήσουμε την εξομοίωση ένας μέγιστος αριθμός 25 σχημάτων το δευτερόλεπτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Ακόμη η ταχύτητα περιστροφής των ανεμογεννητριών μπορεί να ρυθμιστεί. Εάν οι ανεμογεννήτριες έχουν διαφορετικό αριθμό στροφών τότε απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός σχημάτων για τη ρεαλιστικότερη απεικόνιση. Μπορούμε να επιλέξουμε μια αύξηση των στροφών/λεπτό με ένα ελάχιστο ποσοστό 1%. Οι στροφές/λεπτό για κάθε ανεμογεννήτρια μπορούν να ρυθμιστούν για ένα όριο ώστε να έχουμε των μικρότερο αριθμό σχημάτων.



Εικόνα: 3.11.5 Το παράθυρο εξομοίωσης

.Αν 2 ανεμογεννήτριες με διαφορετικό αριθμό στροφών έχουν ένα όριο 10% τότε με ένα όριο 5% η παραπάνω θα έχει ως αποτέλεσμα η μηχανές να γυρίζουν με την ίδια ταχύτητα.

Μόλις ολοκληρωθεί ή επιλογή τότε αρχίζει η εξομοίωση η οποία δίνει μια κατά προσέγγιση απεικόνιση των χαρακτηριστικών θέσης και κινήσεις των ανεμογεννητριών.



Εικόνα: 3.11.6 Φωτορεαλιστική απεικόνιση του αιολικού πάρκου όπως παρουσιάζεται μέσα από την ενότητα Photomontage.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4. Αποτελέσματα των δύο μοντέλων.

#### 4.1 Αποτελέσματα παραγωγής

Χρησιμοποιώντας τις υφιστάμενες θέσεις των ανεμογεννητριών και ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράψαμε στα κεφάλαια 2 και 3 για το κάθε μοντέλο ξεχωριστά προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες αποτελεσμάτων.

WASP				
	Παραγωγές	Όμορρος	Vmean	Capacity %
NEG MICON	1859000	0.95%	6.65	28.3
VESTAS	1665000	8.60%	6.35	25.3
ENERGON	1217000	1.61%	6.6	18.5
PYRKAL600kw	1156000	8.86%	6.65	17.6
PYRKAL500kw	1085000	2.82%	6.1	16.5
ΣΥΝΟΛΑ	6982000	4.57%	6.47	21.3

Πίνακας4.1:Αποτελέσματα παραγωγής στο WASP:

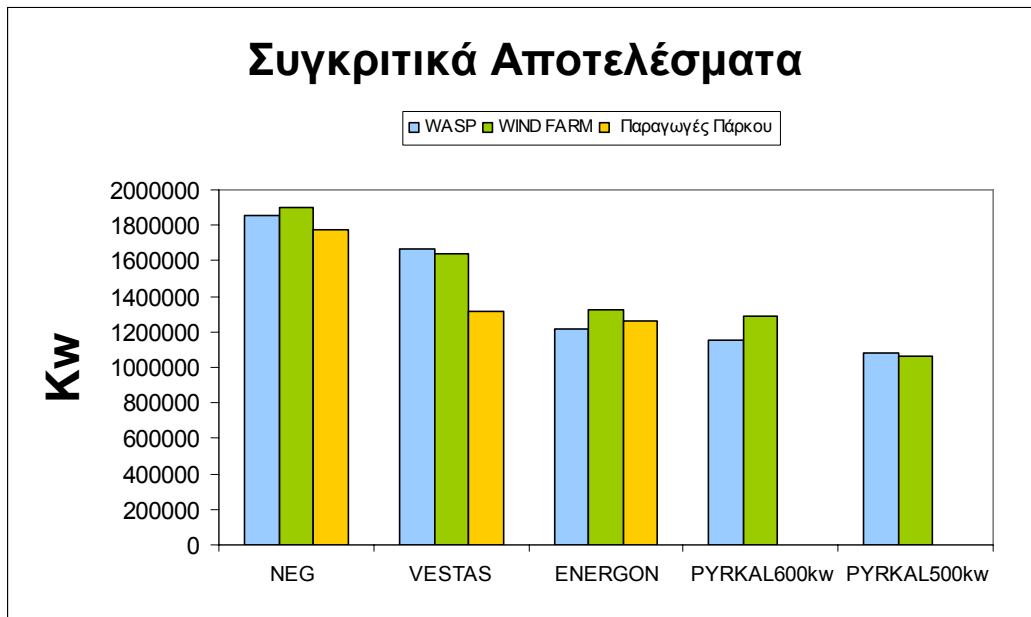
WIND FARM				
	Παραγωγές	Όμορρος	Vmean	Capacity %
NEG MICON	1896600	0.97%	6.79	28.9
VESTAS	1637800	8.58%	6.86	24.9
ENERGON	1321400	1.02%	6.60	20.1
PYRKAL600kw	1289200	8.16%	6.66	19.6
PYRKAL500kw	1065300	2.47%	6.44	16.2
ΣΥΝΟΛΑ	7210300	4.24%	6.67	21.9

Πίνακας4.2:Αποτελέσματα παραγωγής στο Wind Farm:

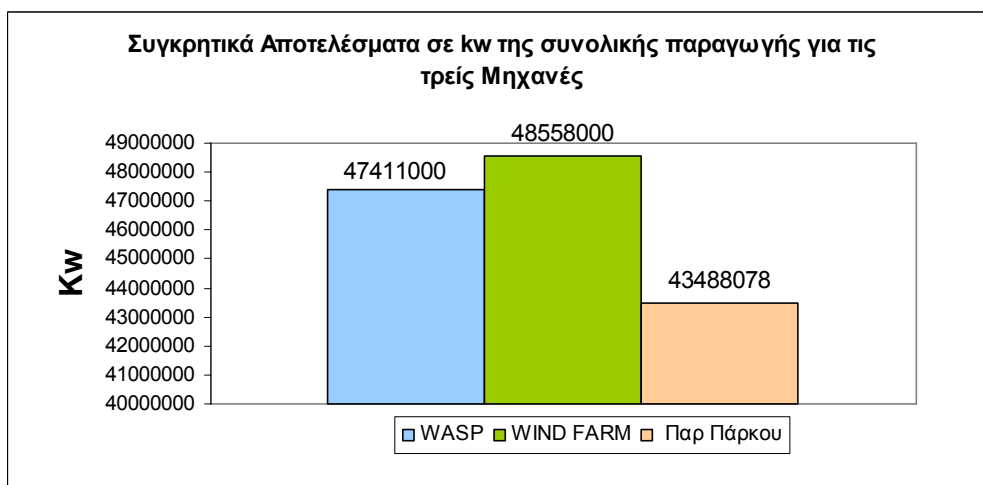
Παραγωγές Πάρκου 2003		Capacity %
NEG Micon	1774738	27.0
VESTAS	1315238	20.0
ENERGON	1258102	19.1
ΣΥΝΟΛΑ	<b>4348078</b>	22.1

Πίνακας4.3:Αποτελέσματα παραγωγής πάρκου 2003:

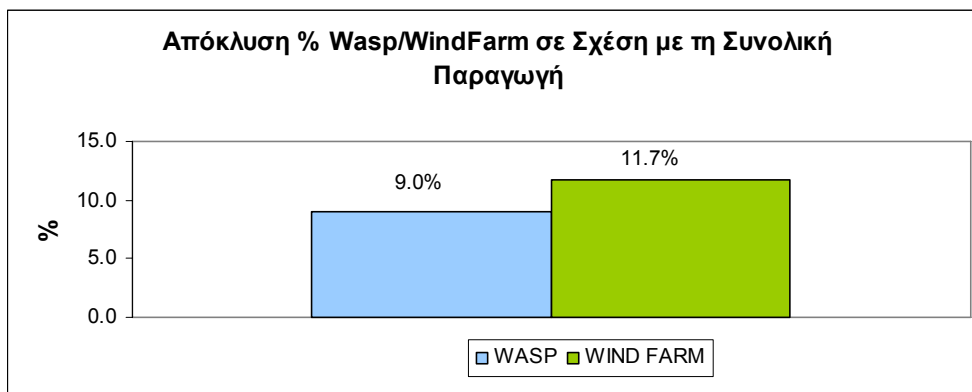
Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα και λαμβάνοντας υπόψη τις πραγματικές παραγωγές του πάρκου προκύπτουν οι παρακάτω συγκριτικές γραφικές παραστάσεις.



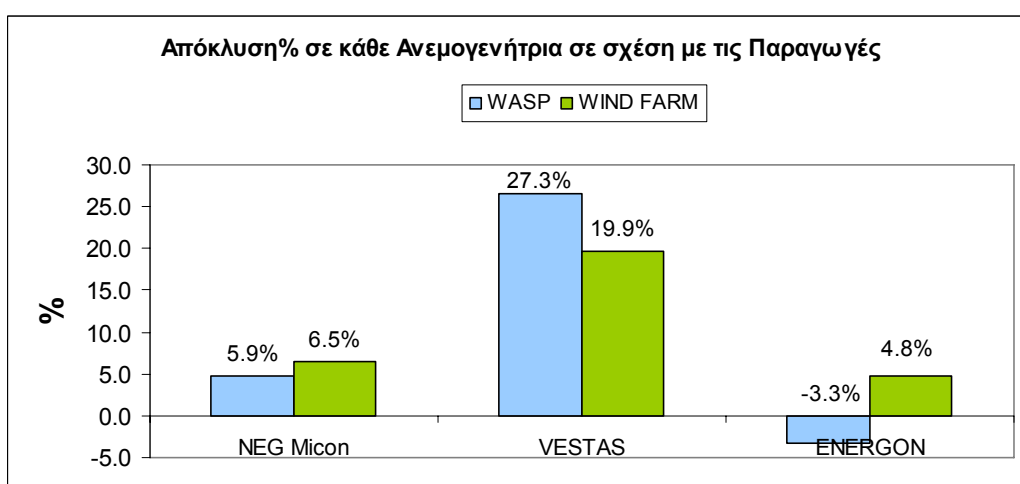
Σχήμα 4.1: Συγκριτικά αποτελέσματα παραγωγής των δύο μοντέλων σε σχέση με την πραγματική παραγωγή.



Σχήμα 4.2: Συγκριτικά αποτελέσματα των συνολικής παραγωγής των τριών μηχανών .



Σχήμα :4.3 Απόκλιση % του κάθε μοντέλου από την πραγματική παραγωγή.



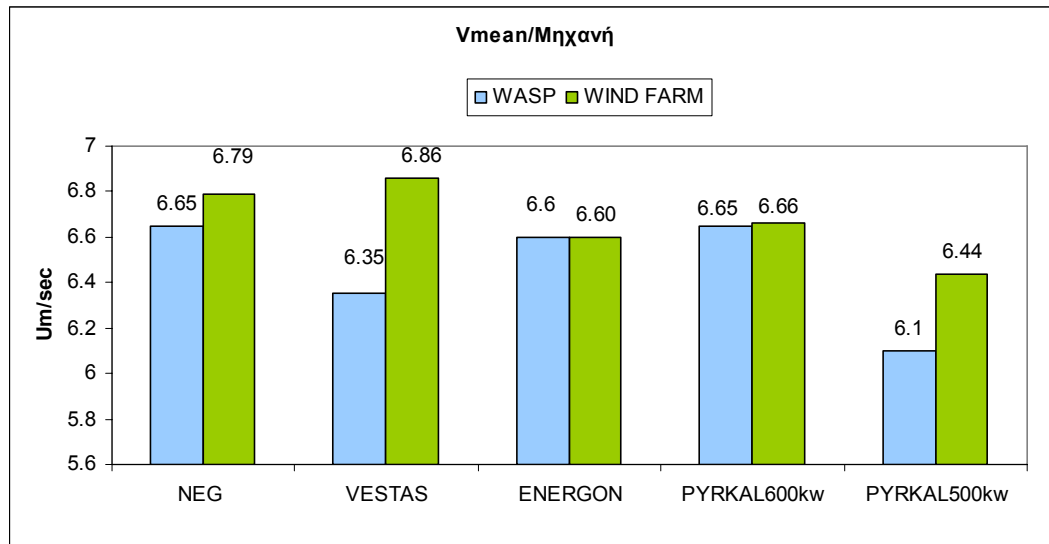
Σχήμα: 4.4 Συγκριτικά αποτελέσματα απόκλισης % για κάθε μηχανή σε σχέση με την πραγματική η παραγωγή ανά μηχανή.

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι:

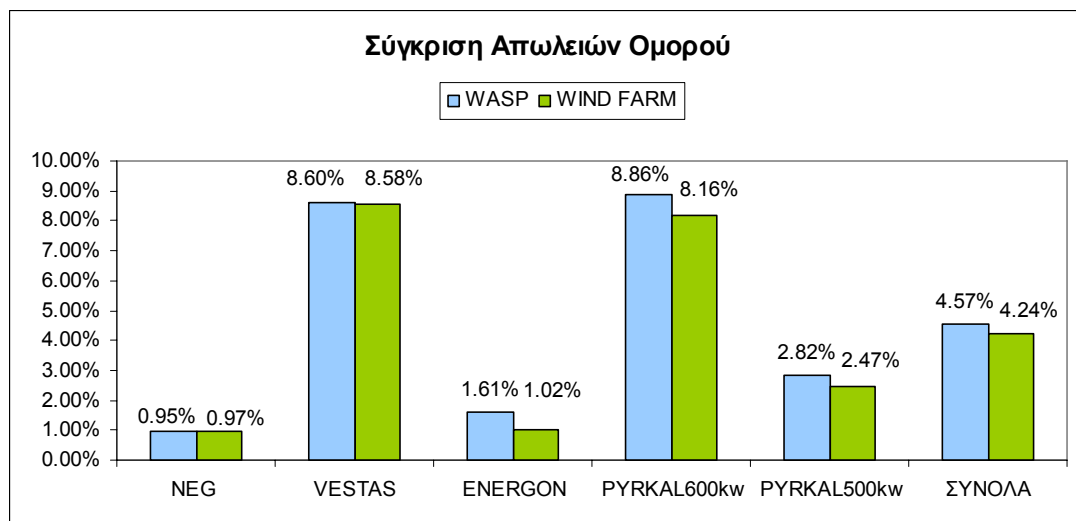
- ✚ Οι παραγωγές που δίνουν τα μοντέλα είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις πραγματικές και είναι της τάξης του 10 %.
- ✚ Τα δύο μοντέλα μεταξύ τους έχουν μικρότερες αποκλίσεις με το WASP να δίνει λίγο πιο συντηρητική λύση σε σχέση με αυτή του Wind farm
- ✚ Οι απόκλισης των δύο μοντέλων για τις επιμέρους μηχανές έχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους
- ✚ Η απόκλιση της παραγωγή για τη μηχανή Vestas στο WASP είναι της τάξης του 27% ενώ αντίστοιχα για το Wind Farm 20% γεγονός που φανερώνει ότι τα δύο μοντέλα αδυνατούν να προβλέψουν τοπογραφικές ιδιαιτερότητες που μπορεί να λαμβάνουν χώρα στη συγκεκριμένη θέση.
- ✚ Στην μηχανή Energon παρουσιάζεται μικρότερη απόκλιση με το μοντέλο του WASP να γίνει μικρότερη παραγωγή κατά -3.3% σε σχέση την πραγματική.

#### 4.2 Επιμέρους αποτελέσματα των δύο μοντέλων

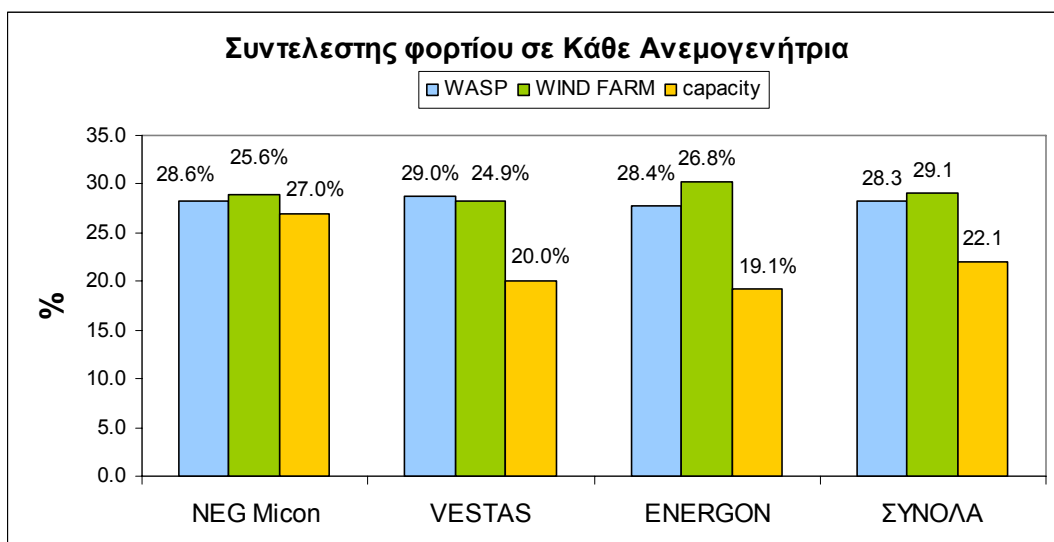
Συγκρίνοντας τα επιμέρους αποτελέσματα μεταξύ τους σε σχέση με τη μέση τιμή τις απώλειες ομόρου και την %capacity προκύπτουν τα παρακάτω συγκριτικά γραφήματα



Σχήμα 4.5: Συγκριτικά αποτελέσματα της μέσης ταχύτητας ανέμου στο ύψος πλήμνης της κάθε μηχανής.



Σχήμα 4.6: Απώλειες ομόρου % για κάθε μηχανή



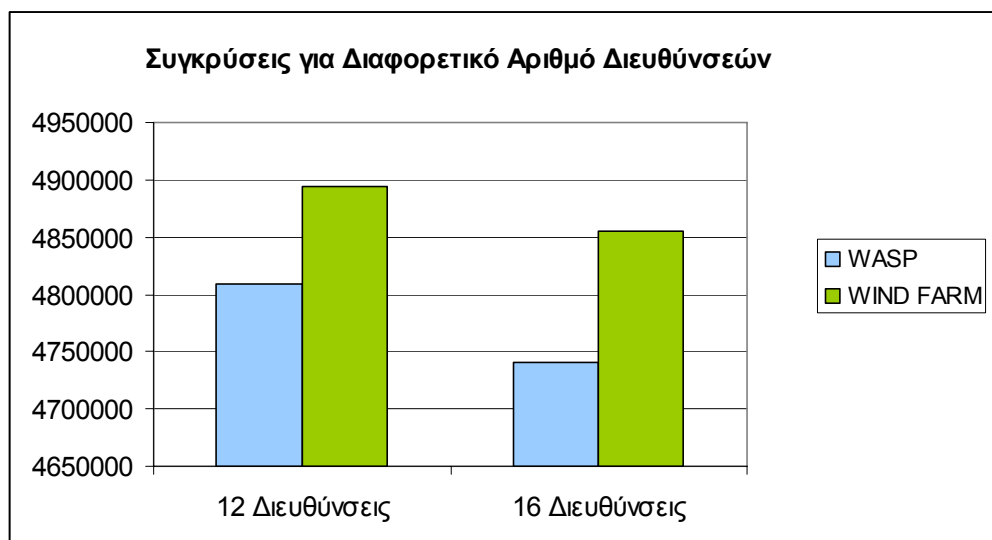
Σχήμα 4.7: Σύγκριση % του βαθμού απόδοσης των τριών μηχανών σε σχέση με τον πραγματικό.

Από τα παραπάνω γραφήματα συμπεραίνουμε ότι:

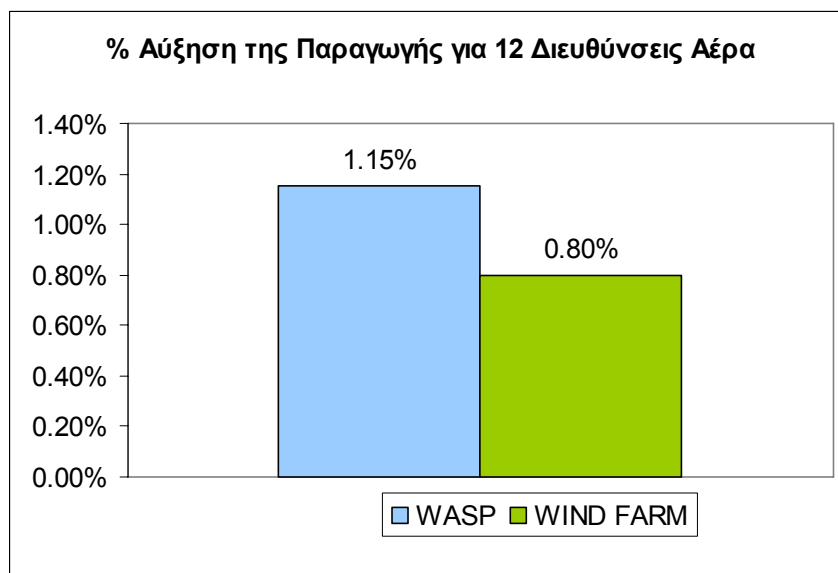
- ✚ Οι τιμές της μέσης ταχύτητας ανέμου στο ύψος πλήμνης των ανεμογεννητριών συγκλητικά στα δύο μοντέλα είναι περίπου οι ίδιες με το Wind farm να είναι λίγο μεγαλύτερες.
- ✚ Στη μηχανές Vestas και Pykal 500kw παρατηρούνται οι μεγαλύτερες αποκλίσεις γεγονός που ερμηνεύεται σαν κάποιο τοπογραφικό φαινόμενο που το μοντέλο δεν μπορεί να προβλέψει.
- ✚ Η μεγαλύτερες απώλειες ομόρου παρατηρούνται στη μηχανές Vestas και Pykal 600kw γεγονός που ερμηνεύεται τόσο από τη θέση τους όσο και από την κύρια διεύθυνση του ανέμου.
- ✚ Η μεγάλη απόκλιση στο συντελεστή φορτίου στην παραγωγή για την μηχανή Vestas ερμηνεύεται και από το γεγονός ότι και τα δύο μοντέλα χρησιμοποιούν παρόμοια θεωρητική προσέγγιση στην αλληλεπίδραση του ομόρου και δεν προσαρμόζονται στην ενδεχόμενη αλλαγή ροής αέρα λόγω τοπογραφίας πίσω από τις μηχανές .
- ✚ Ο συντελεστής φορτίου των δύο μοντέλων είναι 7% μεγαλύτερός σε σχέση με τον πραγματικό
- ✚ Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις συντελεστή φορτίου παρατηρούνται στις μηχανές Vestas και Energon γεγονός που ερμηνεύεται για την μεν πρώτη από το γεγονός ότι πιθανόν τα μοντέλα να μην εκτιμούν σωστά τις απώλειες ομόρου ενώ για τη δεύτερη δεν μοντελοποιείται σωστά η ροή του αέρα λόγω τοπογραφία κάτι που αποδεικνύεται από τις κύριες διευθύνσεις του αέρα όσο και από τη θέση τους στο χάρτη.

### 4.3 Συγκριτικά αποτελέσματα για διαφορετικό αριθμό διευθύνσεων

Χρησιμοποιώντας διαφορετικό αριθμό διευθύνσεων και τις ίδιες παραμέτρους για τους υπολογισμούς της ενεργειακής παραγωγής καταλήγουμε στις ακόλουθες αποκλίσεις.



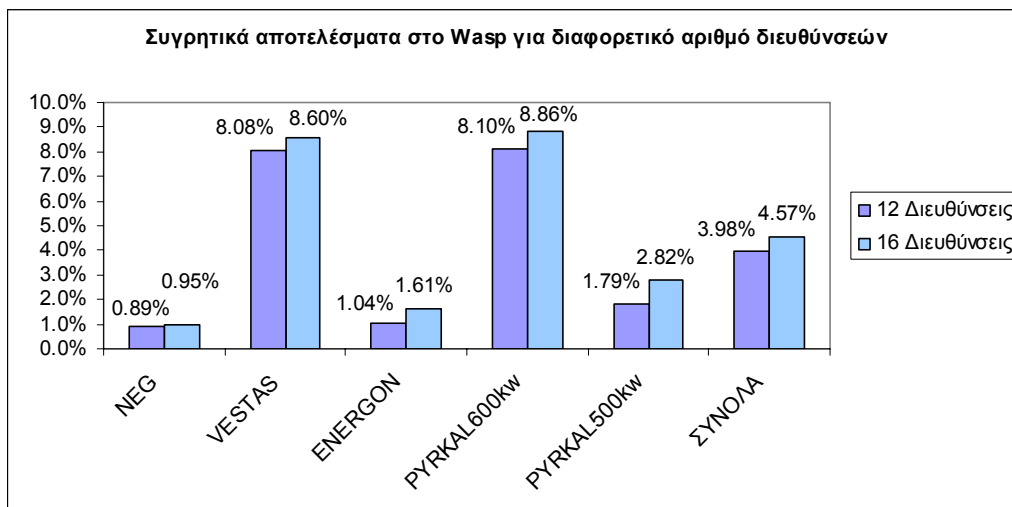
Σχήμα 4.8: Ενεργειακή παραγωγή των δύο μοντέλων για διαφορετικό αριθμό διευθύνσεων.



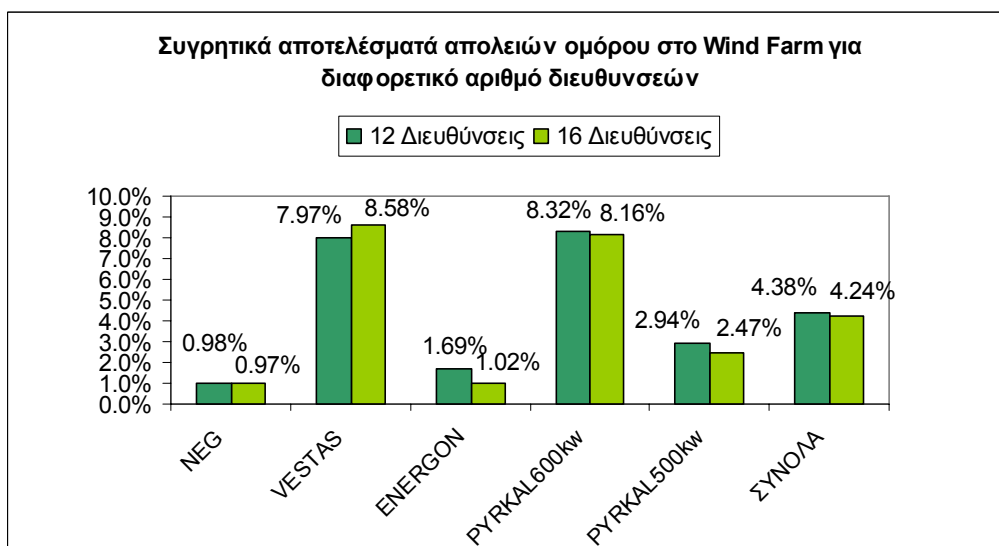
Σχήμα 4.9: Μεταβολή της παραγωγής % του κάθε μοντέλου για 12 διευθύνσεις αέρα.



### 4.3.1 Αποτελέσματα στο κάθε μοντέλο



Σχήμα:4.10 Απόκλιση απωλειών ομόρου στο WASP για διαφορετικό αριθμό διευθύνσεων



Σχήμα:4.11 Απόκλιση απωλειών ομόρου στο Wind Farm για διαφορετικό αριθμό διευθύνσεων

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι:

- ✚ Χρησιμοποιώντας λιγότερες διευθύνσεις αέρα για τον υπολογισμό της ενεργειακή παραγωγής τα μοντέλα καταγράφουν μεγαλύτερες παραγωγές .
- ✚ Η αύξηση της παραγωγής είναι της τάξης του 1% με το WASP να παρουσιάζει μεγαλύτερη απόκλιση.
- ✚ Οι απώλειες ομόρου παρουσιάζονται μεγαλύτερες και στα δυο μοντέλα και είναι της τάξης 0.6%.

- ✚ Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις ομόρου εμφανίζονται στο μοντέλο του WAsP.
- ✚ Μεγαλύτερες αποκλίσεις έχουμε στις μηχανές που εμφανίζουν και τις μεγαλύτερες απώλειες ομόρου

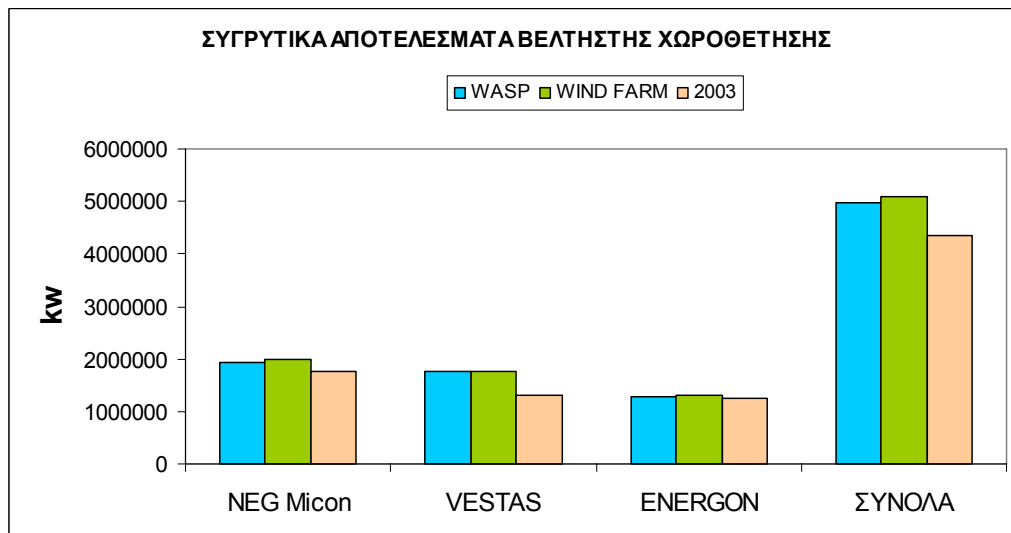
#### 4.4 Συγκριτικά αποτελέσματα Βέλτιστης χωροθέτησης.

Χρησιμοποιώντας το εργαλείο βέλτιστης χωροθέτησης του Wind Farm για το πεδίο ροής του κάθε μοντέλου και λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους για μια βέλτιστη χωροθέτηση όπως πρόβλεψη αιολικού δυναμικού, τοπογραφία, τα επίπεδα θορύβου κλπ και ακολουθώντας τη μεθοδολογία που περιγράψαμε προκύπτουν τα παρακάτω συγκριτικά αποτελέσματα:

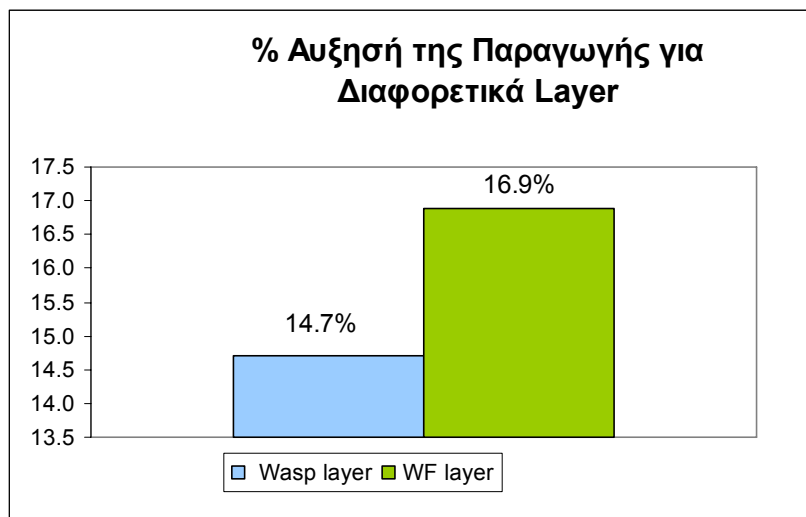
Πίνακας αποτελεσμάτων των δύο μοντέλων για βέλτιστη χωροθέτηση σύμφωνα με το πεδίο ροής του καθενός:

	WASP		WIND FARM	
	Παραγωγες	Ομορος	Παραγωγες	Ομορος
NEG	1938000	0.77%	1998100	1.56%
VESTAS	1774000	5.38%	1772000	6.17%
ENERGON	1276000	2.47%	1312100	1.56%
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>4988000</b>	<b>2.87%</b>	<b>5082200</b>	<b>3.10%</b>
	<b>14.7</b>		<b>16.9</b>	

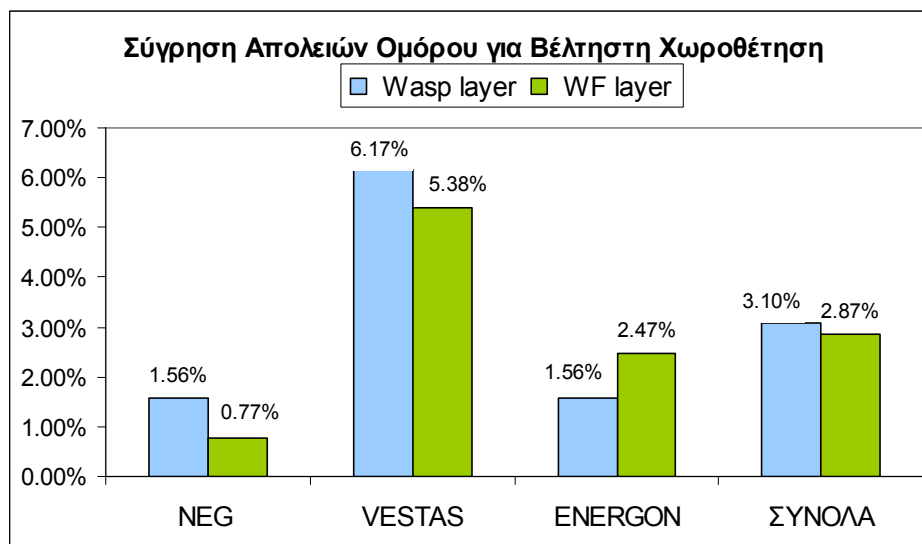
Πίνακας: 4.4 Συγκριτικά αποτελέσματα βέλτιστης χωροθέτησης



Σχήμα:4.12 Σύγκριση αποτελεσμάτων για διαφορετικά layer σε σχέση με την πραγματική παραγωγή



Σχήμα 4.13: Συγκριτικά αποτελέσματα % αύξηση της παραγωγής για τα δύο layer



Σχήμα 4.14: Συγκριτικά αποτελέσματα % απωλειών ομόρου

Από τα παραπάνω διαγράμματα για βέλτιστη χωροθέτηση σε σχέση με τις υφιστάμενες θέσεις των ανεμογεννητριών προκύπτει ότι:

- ✚ Έχουμε μια αύξηση της τάξης του 15% σε σχέση με τη σημερινή παραγωγή.
- ✚ Χρησιμοποιώντας το πεδίο ροής του WASP έχουμε μια αύξηση της τάξης του 14.7%.
- ✚ Χρησιμοποιώντας το πεδίο ροής του Wind Farm έχουμε μια αύξηση της τάξης του 16.9%.
- ✚ Το μοντέλο του WASP δίνει λίγο μεγαλύτερες απώλειες ομόρου.

Με βάση τα παραπάνω συγκριτικά αποτελέσματα προκύπτει ότι το μοντέλο του Wind Farm δίνει μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας κατά 2% περίπου σε σχέση με αυτή του WASP. Ωστόσο θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί όταν

χρησιμοποιούμε ταυτόχρονα και τα δύο μοντέλα ροής του αέρα γιατί δίνουν διαφορετικές εκτιμήσεις και μπορεί να μας οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα. Έτσι προτείνεται να χρησιμοποιούμε πάντα την πιο συντηρητική πρόβλεψη στα αποτελέσματα μας ώστε να έχουμε τις μικρότερες αποκλίσεις από τις πραγματικές παραγωγές.

Το μοντέλο του WASP παρουσιάζει λίγο μεγαλύτερες απώλειες ομόρου ωστόσο και τα δύο μοντέλα που χρησιμοποιούνται δεν προσαρμόζονται στην ενδεχόμενη αλλαγή ροής του αέρα λόγω της τοπογραφίας πίσω από της μηχανές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ότι αθροιστικά σε μια πραγματική τοπογραφία να υπάρχει αβεβαιότητα ως προς το εάν οι γειτονικές μηχανές λειτουργούν στις συνθήκες που προβλέπονται από τα θεωρητικά μοντέλα ανάπτυξης ομόρου. Έτσι λόγω της απλοποιημένης μορφή τους, ακολουθούν παρόμοια θεωρητική προσέγγιση και δεν παρουσιάζουν αξιοσημειώτες διαφορές μεταξύ τους.

#### 4.5 Αβεβαιότητα παραμέτρων υπολογισμού

Οι αβεβαιότητες υπολογισμού που υπάρχουν σε πολλές από τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία υπολογισμού ενός αιολικού πάρκου είναι:

- ✚ Μετρήσεις ανέμου ~ 2% (οι οποίες μεταφράζονται σε απώλειες παραγωγής ~5%)
- ✚ Λόγω της διακύμανσης του ανέμου συχνά υπάρχει αβεβαιότητα στις μετρήσεις (π.χ.  $\pm 3\%$  σφάλμα στην ταχύτητα του ανέμου που μεταφράζεται  $\pm 9\%$  στην αιολική ενέργεια)
- ✚ Καμπύλης ισχύος ~ 5%(6%~3%) ανάλογα με τη μέση ταχύτητα του ανέμου
- ✚ Μοντέλο Ομόρου ~ 20%
- ✚ Αποκλίσεις Μοντέλου 5%~7%
- ✚ Μακροχρόνια ταχύτητας ανέμου 6% (για μετρήσεις 12μηνών) 4%(24μήνες)
- ✚ Προφίλ του ανέμου και της ταχύτης στη θέση της κάθε μηχανής 2%.

Οι παραπάνω παράμετροι μας δίνουν μια συνολική αβεβαιότητα στην προβλεπόμενη παραγωγή που κυμαίνεται από 10~20%

Τέλος θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και την ετήσια διαθεσιμότητα των μηχανών η οποία ξεπερνά το 95%

#### 4.6 Συμπεράσματα

Τα εμπορικά προγράμματα δεν παρουσιάζουν αξιοσημειώτες διαφορές μεταξύ τους οι ιδιαιτερότητες τους είναι ότι χρησιμοποιούν γραμμικά μοντέλα τα οποία ακολουθούν παρόμοια θεωρητική προσέγγιση με αποτέλεσμα να αποτυγχάνουν σε περιοχές με μεγάλες κλίσεις. Οι όροι μεγαλύτερης τάξης γίνονται σημαντικοί, με αποτέλεσμα να υπερεκτιμούν την ταχύτητα.

Η αβεβαιότητα στον υπολογισμό της ενεργειακής παραγωγής εισάγεται κυρίως από τον υπολογισμό της μεταβολής της ταχύτητας και του αέρα λόγω τοπογραφίας και στην επίδρασή του ομόρου μεταξύ των ανεμογεννητριών. Οι

αποκλίσεις από την πραγματική κατάστασή οφείλονται στο γεγονός ότι γενικά τα μοντέλα ομόρρου δεν προσαρμόζονται στην ενδεχόμενη αλλαγή ροής του αέρα λόγω της τοπογραφία πίσω από τις μηχανές .Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ότι ουσιαστικά σε πραγματικές τοπογραφίες υπάρχει αβεβαιότητα ως προς το εάν οι γειτονικές μηχανές λειτουργούν στις συνθήκες που προβλέπονται από τα θεωρητικά μοντέλα ανάπτυξης ομόρου.

Η μείωση της αβεβαιότητας επιτυγχάνεται με την επιλογή κατάλληλης θέσης εγκατάστασης και ύψους του μετεωρολογικού ιστού ενώ απαιτητά η εγκατάστασή περισσοτέρων του ενός ιστού σε μεγάλα αιολικά πάρκα.

Η συνθετότητα της τοπογραφίας ανεβάζει τις απαιτήσεις εκτίμησης του αιολικού δυναμικού, έτσι λοιπόν η χρήση περισσότερων του ενός εργαλείων συμβάλει στη μείωση των αμφιβολιών. Κάνοντας επαρκή χρήση του κάθε εργαλείου υιοθετούμε πάντα την πλέον συντηρητική λύση. Η υιοθετήσει ενιαίου ρόδου για κάθε θέση οδηγεί σε σφάλματα επομένως το ρόδο ανέμου προσαρμόζεται στη θέση της κάθε μηχανής.

Οι μετρήσεις θα πρέπει να συσχετιστούν με μακροχρόνια δεδομένα από γειτονικούς ιστούς εκτός εάν αποδειχθεί ότι αυτές είναι συντηρητικές .Η περίοδος καταγραφής των δεδομένων θα πρέπει να είναι επαρκείς ώστε να συγκεντρωθούν αξιόπιστα στοιχεία, ενώ παράλληλα θα πρέπει η περίοδος καταγραφής να καλύπτει εποχιακές διακυμάνσεις που παρουσιάζει η περιοχή .Αν η ένταση της τύρβης μπορεί να επηρεάζεται από τοπικές διακυμάνσεις της τοπογραφίας θα πρέπει να καταγράφεται και να αξιολογείται κατάλληλα.

Κατά το σχεδιασμό του πάρκου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επίδρασή του ομόρρου από την ροή του αέρα στις γειτονικές ανεμογεννήτριες . Η μέτρηση σχετίζεται με τον τύπο της μηχανής που θα χρησιμοποιηθεί και θα πρέπει να επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη τα σταθερά και τυρβώδη χαρακτηριστικά της ροής που διαμορφώνεται από μια οι περισσότερες γειτονικές ανεμογεννήτριες, για όλες τις πιθανές ταχύτητες και κύριες διευθύνσεις αέρα.

Η διαδικασία της βελτιστοποίησης θα πρέπει να εφαρμόζεται με σκοπό τις λεπτομερέστερες μελέτες χωροθέτησης ιδιαίτερα σε περιοχές με χαμηλότερο αιολικό δυναμικό, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται σημαντικό όφελος στην ενεργειακή παραγωγή με κατάλληλη επιλογή των θέσεων εγκατάστασης. Αυτό μπορεί να επιφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη ,με καλύτερή αξιοποίηση των υποψήφιων περιοχών. μειώνοντας παράλληλα τον επιχειρηματικό κίνδυνο. Θα πρέπει όμως να είμαστε όμως ιδιαίτερα προσεκτικοί καθώς για μεγάλο αριθμό μηχανών σε σύνθετη τοπογραφία

η ύπαρξη τοπικών βέλτιστων μπορεί να οδηγήσει σε όχι βέλτιστη συνολικά λύση).

Τέλος η επιλογή του κατάλληλου λογισμικού κα διερεύνηση όλων των πιθανών σεναρίων κρίνεται απαραίτητη προκειμένου να είναι όσο το δυνατόν πιο ασφαλή τα συμπεράσματα από τη μελέτη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5 Μελλοντικές Εργασίες –Προτάσεις

#### 5.1 Οι ιδιαιτερότητες στις Ελληνικές Ανεμολογικές Συνθήκες

Η χώρα μας χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο ,το οποίο επιδρά σημαντικά στη διαμόρφωση των τοπικών ανεμολογικών συνθηκών. Οι ανεμολογικές αυτές συνθήκες επηρεάζουν την ενεργειακή αποδοχή μια των ανεμογεννητριών .Τόσο ο σχεδιασμός όσο και η εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης μιας ανεμογεννήτριας βασίζονται σε υποθέσεις για τις ανεμολογικές συνθήκες που επικρατούν στις θέσεις εγκατάστασης ,οι οποίες .όμως δεν αντανakλούν τις ιδιαιτερότητες που επάγει η σύνθετη τοπογραφία που χαρακτηρίζει τη χώρα μας.

Το επόμενο βήμα είναι η καταγραφή των ανεμολογικών ιδιαιτεροτήτων που σχετίζονται με τη σύνθετη τοπογραφία. Οι ιδιαιτερότητες αυτές αφορούν τόσο τη διαμόρφωσή του μέσου πεδίου ροής(στοιχεία κατανομής μέσης δεκάλεπτης ταχύτητας καθ' ύψος κατανομή της ταχύτητας .κλπ)όσο και τη διαμόρφωση της δομής της ατμοσφαιρικής τύρβης (τάσεις Reynolds, κλίμακες μήκους)Οι τιμές του k που μετρούμε στην Ελλάδα είναι συχνά πολύ μικρότερες από 2 που σημαίνει ότι η πιθανότητα στην περιοχή υψηλών ταχυτήτων ,για την ίδια μέση ταχύτητα είναι αυξημένη. Η τιμή του k επηρεάζει δραστικά τόσο τις ακραίες ανεμολογικές συνθήκες ,όσο και την κοποτική φόρτιση της μηχανής .

Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας έχει δημιουργήσει την ανάγκη για βελτίωση με στόχο την ελαχιστοποίηση της αβεβαιότητας της εκτίμησης της καμπύλης ισχύος και τη σύγκριση της απόδοσης Α/Γ σε διαφορετικές θέσεις

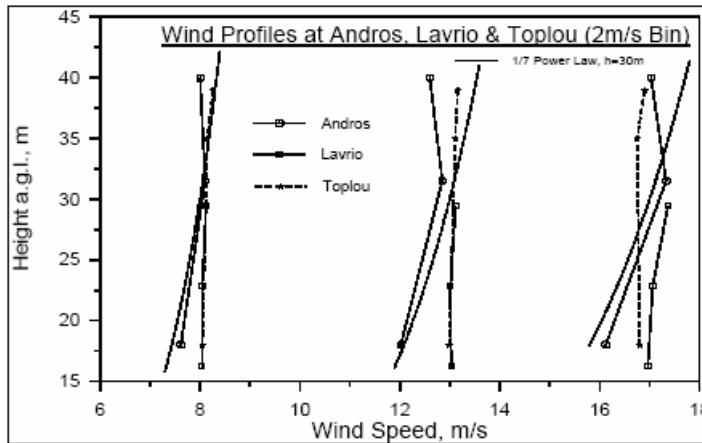
Τα πεδία τα οποία πρέπει να βελτιωθούν

✚ Εκτίμηση της καμπύλης ισχύος σε σύνθετη τοπογραφία

✚ Εκτίμηση καμπύλης ισχύος αιολικού πάρκου

✚ Ντετερμιστικά χαρακτηριστικά του ανέμου –Μέσο πεδίο ροής

Η επίδρασή του σύνθετου ανάγλυφου στη μορφολογία του πεδίου ροής του ανέμου είναι ιδιαίτερα έντονη ,με αποτελέσματα την παρουσία σημαντικών μεταβολών των χαρακτηριστικών της ροής .Η παρουσία της σύνθετης τοπογραφίας για μορφώνει εναλλασσόμενες περιοχές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης της ροής ,προσδίδει δε έντονα τρισδιάστατο χαρακτήρα στο πεδίο του ανέμου. Η έντονη τρισδιάστατη υφή του πεδίου ροής χαρακτηρίζεται από περιοχές σύνθετου ανάγλυφου την καθ ύψος μεταβολής της γωνίας ροής σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, φαινόμενα τα οποία γίνονται εντονότερά κοντά στο έδαφος –η δε καθ ύψος κλίση του πεδίου ροής ελαττώνεται σε σύγκριση με την επίπεδη τοπογραφία(βλέπε σχήμα 5.1για παράδειγμα).



Σχήμα 5.1:Τυπικά προφίλ ταχύτητας στη σύνθετης τοπογραφίας

Η προσομοίωση των φαινομένων που συνδέονται με τη ροή σε τοπογραφίες με έντονο ανάγλυφο οδηγεί στη ν ανάγκη της χρήσης εξελιγμένων υπολογιστικών εργαλείων Στην κατεύθυνση αυτή το ΚΑΠΕ έχει αναπτύξει δύο μεθοδολογίες που ακολουθούν διαφορετικό επίπεδο προσέγγισης του προβλήματος. Η πρώτη χαρακτηρίζεται από ένα επίπεδο προσέγγισης κατώτερο από την δεύτερη αλλά με σημαντικά μικρότερες απαιτήσεις σε υπολογιστικό χρόνο και ισχύ ,επιλύει το τρισδιάστατό μέσο πεδίο ροής βασίζομενη σε ολοκληρωτική μεθοδολογία ατμοσφαιρικού οριακού στρώματός Η δεύτερη βασίζεται σε έναν επιλυτή των τρισδιάστατων ασυμπίεστων εξισώσεων Navier-Stokes.

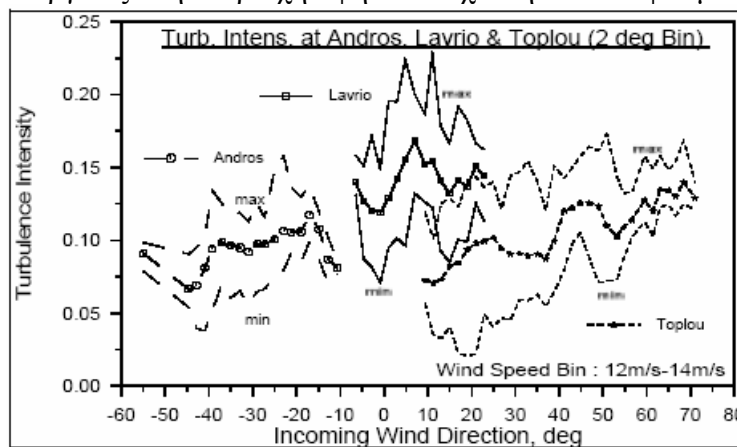
## 5.2 Στοχαστικά χαρακτηριστικά του ανέμου –Δομή της ατμοσφαιρικής τύρφης

Η συστηματική επεξεργασία πειραματικών δεδομένων σε τοπογραφίες που χαρακτηρίζονται από έντονα ανάγλυφο έχει απόδειξη ότι η σημαντική διαφοροποίηση στη συμπεριφορά των στοχαστικών χαρακτηριστικών του ανέμου στις περιοχές αυτές ,σε σχέση με τα ισχύοντα σε επίπεδες εδαφικές διαμορφώσεις .Το επίπεδο της τυρβώδους κινητικής ενέργεια  $\sigma$  είναι υψηλότερο στις περιοχές σύνθετης τοπογραφία σε σύγκριση με την επίπεδη τοπογραφία ενώ σημαντικά διαφορετικός είναι και ο μηχανισμός διανομής στις τρεις κατευθύνσεις .Η διανομή αυτή ,εκφραζόμενη με τους λόγους των τυπικών αποκλίσεων των τριών συνιστωσών της ταχύτητας είναι διαφορετική από τον τυπικό συνδυασμό που ισχύει για την επίπεδη τοπογραφία. Στην περίπτωση της σύνθετης τοπογραφίας η τυρβώδης κινητική ενέργειας διανέμεται εντονότερα στις άλλες δύο κατευθύνσεις του πεδίου ροής (εγκάρσια κα καθ' ύψος συνιστώσα)οι τιμές στην κύρια διεύθυνση του ανέμου και στις περιοχές σημαντικής επιτάχυνσης της ροής λόγω της τοπικής εδαφικής διαμόρφωσης ,είναι δυνατών να παίρνει μικρότερες τιμές σε σύγκριση με τη επίπεδη τοπογραφία.

ΘΕΣΗ	Λαύριο	Ανδρος	Μαρμάρι			
Ύψος από έδαφος (m)	22	31	40			
Μέση Ταχ. $V_{ave}$ (m/s)	7.4	8.7	9.3			
Weibull C(m/s),k	8.3	1.5 3	9.8	1.8 5	10. 0	1.3 2
$\Pi=\sigma_1/U$ (%)	13	9.5	10			
$\sigma_2/\sigma_1$	0.85	0.90	0.97			
$\sigma_3/\sigma_1$	0.72	0.70	0.68			
$L_1$ (m)	20-120	20-120	20-200			
$L_2$ (m)	10-50	10-50	5-150			
$L_3$ (m)	5-20	5-20	4-40			

Πίνακας 5.2:Στοχαστικά μεγέθη στη σύνθετη τοπογραφία

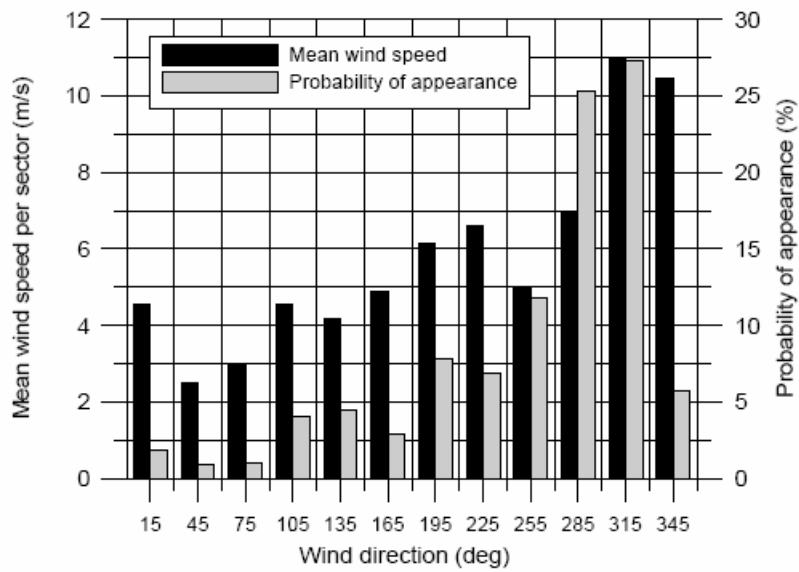
Αξιοσημείωτη είναι επίσης η μεταβολή της έντασης της τύρβης σε σχέση με την διεύθυνση του ανέμου, κάτι που μπορεί να συμβαίνει και στην επίπεδη τοπογραφία λόγω της μεταβολής του επιπέδου τραχύτητας του εδάφους (Σχημα5.3).Η περιγραφή της τυρβώδους κινητικής ενέργειας στο πεδίο συχνοτήτων αναδεικνύει-για τις περιοχές έντονου αναγλύψου –χαρακτηριστικές κλίμακες μήκους οι οποίες είναι εν γένει μικρότερες αυτών που εμφανίζονται σε επίπεδη τοπογραφία γεγονός που υποδηλώνει τη συγκέντρωση περισσότερης ενέργειας στην περιοχή υψηλών συχνοτήτων του φάσματος της τύρβης.



Σχήμα 5.3: Ένταση τύρβης συναρτήσει της διεύθυνσής του ανέμου.

Καθοριστική είναι επίσης η επίδραση της σύνθετης τοπογραφίας στην ανομοιομορφία του ροδογράμματος ανέμου. Η θεωρητική ανάλυση υφιστάμενων μετρήσεων απέδειξε ότι η ανομοιομορφία αυτή είναι η αιτία που οδηγεί σε χαμηλές τιμές στον συντελεστή μορφής k της κατανομής Weibull που χαρακτηρίζει μια θέση. Ένα τέτοιο ροδόγραμμα παρουσιάζεται στο σχήμα 5.4,όπου γίνεται φανερό η συγκέντρωση του αιολικού δυναμικού στην περιοχή διευθύνσεων 270-330,τόσο λόγω της μεγαλύτερης πιθανότητας εμφάνισης των διευθύνσεων αυτών όσο και της υψηλής τους μέσης ταχύτητας του ανέμου.





Σχήμα 5.4: Τυπικό ροδόγραμμα ανέμου στη σύνθετη τοπογραφία .

Η συγκέντρωση περισσότερης ενέργειας στην περιοχή υψηλών συχνοτήτων του φάσματος τύρβης .

Καθοριστική είναι επίσης η επίδραση της σύνθετης τοπογραφίας στην ανομοιομορφία του ροδογράμματος του ανέμου . Η θεωρητική ανάλυση υφιστάμενων μετρήσεων απέδειξε ότι η ανομοιομορφία αυτή είναι η αιτία που οδηγεί σε χαμηλές τιμές τον συντελεστή μορφής  $k$  της κατανομής Weibull που χαρακτηρίζει μια θέση.

## **Βιβλιογραφία**

Εγχειρίδιο χρήσης του λογισμικού WIND Farm

Εγχειρίδιο χρήσης του λογισμικού WASP

Εγχειρίδιο χρήσης του λογισμικού Wind Rose

Π. Χαβιαρόπουλος Γ.Γληνού Δ. Δουβίκας Φ.Μουζάκης  
Οι ανεμογεννήτριες στις Ελληνικές ανεμολογικές συνθήκες.

Χωροθέτηση Αιολικού πάρκου Σ. Τεντζεράκης

Αεροκινητήρες Γ.Μπεργελές

Πρακτικά δεύτερης τεχνικής ημερίδας ΕΛΕΤΑΕΝ

Διαχείρισης της Αιολικής Ενέργειας Ι.Καλδέλης

Σημειώσεις εργαστηρίου ΑΠΕ ΙΙ Τμήμα Φυσικών Πόρων

Σημειώσεις εργαστηρίου ΑΠΕ Τμήμα Μηχανολογίας ΤΕΙ Κρήτης

Δ. Θεοφιλογιαννάκος, «*Θόρυβος από Ανεμογεννήτριες*», Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου Ακουστική 2002, 30 Σεπτεμβρίου έως 1 Οκτωβρίου 2002, Πάτρα, Ελλάδα.

Π.Κ.Χαβιαρόπουλος, «*Τεχνολογίες ΑΠΕ και η Εφαρμογή τους στην Ελλάδα*», RENES: Εθνικό Συνέδριο «Εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας – Εθνικές Προτεραιότητες και Ευρωπαϊκή Στρατηγική»

[www.cres.gr](http://www.cres.gr)