



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος



Σημειώσεις εργαστηρίου
“Σχεδιασμός & Διαχείριση
Συστημάτων ΑΠΕ”

<http://ape.chania.teicrete.gr> e-mail: karapidakis@chania.teicrete.gr

Δρ Μ. ΚΑΡΑΠΙΔΑΚΗΣ Επίκουρος Καθηγητής

Δρ Δ. ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ Επίκουρος Καθηγήτρια

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΣΗΜΕΙΩΣΕΩΝ: Γ. ΣΑΡΙΔΑΚΗΣ, Ε. Χ. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ

Χανιά 2006

Περιεχόμενα Εργαστηριακών Ασκήσεων

1. Μελέτη επένδυσης εκμετάλλευσης βιομάζας.....	2
1.1. Θεωρητικό μέρος	2
1.2. Πειραματικό μέρος	2
1.2.1 Γενικές οδηγίες για το πρόγραμμα	2
1.2.2 Μελέτη απόδοσης επένδυσης βιομάζας	3
2. Μελέτη επένδυσης υδροηλεκτρικής ενέργειας	6
2.1 Θεωρητικό μέρος	6
2.2 Πειραματικό μέρος	7
2.2.1 Μελέτη απόδοσης μηχανών υδροηλεκτρικής ενέργειας	7
3. Εκπόνηση μελέτης αιολικού δυναμικού	9
3.1 Θεωρητικό μέρος	9
3.1.1 Αιολικό δυναμικό.....	9
3.1.2 Κατανομή του ανέμου και εκθετικός νόμος	11
3.2 Πειραματικό μέρος	13
3.2.1 Υπολογισμοί.....	13
3.2.2 Υπολογισμοί κατανομής ανέμου	14
4. Υπολογισμός παρεχόμενης ενέργειας από ανεμογεννήτρια.....	15
4.1 Θεωρητικό μέρος	15
4.2 Πειραματικό μέρος.....	17
5. Αξιολόγηση επένδυσης αιολικής ενέργειας.....	18
5.1 Θεωρητικό μέρος	18
5.1.1 Γενικά	18
5.1.2 Ενεργειακό μοντέλο (Energy model).....	19
5.1.3 Δεδομένα εξοπλισμού (Equipment data).....	19
5.1.4 Ανάλυση κόστους (Cost analysis)	19
5.1.5 GHG analysis	20
5.1.6 Financial summary	20
5.2 Πειραματικό μέρος	21
6 Χωροθέτηση ανεμογεννητριών	22
6.1 Θεωρητικό μέρος	22
6.1.1 Γενικά	22
6.1.2 Μελέτη εξασθένισης όμορου	23
6.2 Πειραματικό μέρος	25
7 Πρόγραμμα ανάλυσης παραμέτρων αιολικών πάρκων WASP	28
7.1 Θεωρητικό μέρος	28
7.1.1 Γενικά για το πρόγραμμα Wasp	28
7.1.2 Υπολογισμός αιολικής ενέργειας	36
8 Υπολογισμός παραγόμενης ενεργειακής παραγωγής από μία Ανεμογεννήτρια σε διάφορες θέσεις στο WASP	44
8.1 Πειραματικό μέρος	44
8.1.1 Ενεργειακή παραγωγή από μια ανεμογεννήτρια	44
9 Υπολογισμός παραγόμενης ενεργειακής παραγωγής από αιολικό πάρκο, στο WASP	45
10 Διαστασιολόγηση Φωτοβολταϊκού Συστήματος	49
10.1 Θεωρητικό μέρος	49
10.2 Πειραματικό Μέρος.....	65

1. Μελέτη επένδυσης εκμετάλλευσης βιομάζας

1.1. Θεωρητικό μέρος

Για πολλά χρόνια, οι άνθρωποι έχουν χρησιμοποιήσει συστήματα βιομάζας (ξύλα, κλπ.) ως πηγή ενέργειας για θέρμανση χώρων. Αυτά τα συστήματα τροφοδοτούνται συνήθως με το χέρι. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα διαφέρουν στο ότι οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται έχουν υποβληθεί σε επεξεργασία και τροφοδοτούνται αυτόματα σ' έναν καυστήρα. Η ανάπτυξη των αυτοματοποιημένων ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης με βιομάζα άρχισε στην περιοχή της Σκανδιναβίας στη δεκαετία του '70, όταν ανέβηκαν στα ύψη οι τιμές του πετρελαίου. Σήμερα, τα αυτοματοποιημένα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες σε όλο τον κόσμο για να θερμάνουν κτίρια και κοινότητες ή για να υποστηρίξουν διαδικασίες θέρμανσης στη βιομηχανία. Τα προγράμματα θέρμανσης με βιομάζα έχουν διάφορες ιδιότητες, όπως η δημιουργία θέσεων εργασίας στην περιοχή που εγκαθίστανται. Τα συστήματα θέρμανσης με βιομάζα μπορούν επίσης να ενσωματωθούν με τα συστήματα επανάκτησης θερμότητας από απόβλητα (WHR-Waste Heat Recovery) που συλλαμβάνουν τη θερμότητα των αποβλήτων από παραγωγικές μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα βιομάζας μπορούν αποτελεσματικά να κάψουν ξύλα μικρής διαμέτρου που δεν έχουν καμία άλλη πιθανή χρήση. Παρέχουν επίσης έναν κατάλληλο τρόπο να χρησιμοποιηθούν τα γεωργικά απόβλητα και τα μικρά κλαδιά σε μεμονωμένα κτίρια ή σε ομάδες κτιρίων μέσω των συστημάτων θέρμανσης μιας περιοχής, η θέρμανση των οποίων δεν θα ήταν εφικτή με άλλους τρόπους.

1.2 Πειραματικό μέρος

Η αξιολόγηση επένδυσης βιομάζας θα πραγματοποιηθεί με το πρόγραμμα Retscreen.

1.2.1 Γενικές οδηγίες για το πρόγραμμα

Το πρόγραμμα Retscreen αποτελείται από τα εξής φύλλα Excel:

- Εισαγωγή
- Ενεργειακό μοντέλο
- Δεδομένα εξοπλισμού
- Κόστος
- Ανάλυση συνεισφοράς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Περίληψη προϋπολογισμού

Διακρίνουμε τους εξής τύπους κελιών:

1. Τα λευκά κελιά περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα που βγάζει το μοντέλο και συμπληρώνονται από αυτό.
2. Τα κίτρινα κελιά είναι απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο και είναι δεδομένα που τα εισάγει ο χρήστης.
3. Τα γαλάζια κελιά είναι απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο, υπάρχουν πληροφορίες από τη βάση δεδομένων του προγράμματος και τα εισάγει ο χρήστης.
4. Τα γκρι κελιά δεν είναι απαραίτητα για να τρέξει το μοντέλο και τα βάζει ο χρήστης μόνο για απλή αναφορά.

Η επεξεργασία του προγράμματος, χρησιμοποιείται σαν πρώτο φύλλο το ενεργειακό μοντέλο (energy model). Συμπληρώνεται το φύλλο ανά στήλες και πάντα απ' την κορυφή προς τη βάση της σελίδας. Στη συνέχεια το φύλλο cost analysis, μετά το φύλλο GHG analysis και τέλος το financial summary.

1.2.2 Μελέτη απόδοσης επένδυσης βιομάζας

1.2.2.1 Γενικά για το πρόγραμμα

Energy model

Στο φύλλο ενεργειακού μοντέλου συμπληρώνονται το όνομα του έργου και η τοποθεσία του. Στη συνέχεια συμπληρώνονται κάποια στοιχεία σχετικά με τα πλησιέστερα μετεωρολογικά δεδομένα, τον αριθμό των κτιρίων που θα μπουν στο πρόγραμμα, το μήκος των σωληνώσεων και την ενέργεια σε θέρμανση που απαιτείται. Επίσης συμπληρώνονται στοιχεία σχετικά με τον τύπο του καυστήρα και τα χαρακτηριστικά του, καθώς και αν υπάρχει σύστημα ανάκτησης θερμότητας αποβλήτων (WHR).

Heating load calculation and district heating network design

Σε αυτό το κομμάτι που αναφέρεται στον υπολογισμό των φορτίων θέρμανσης και το σχεδιασμό δικτύου θέρμανσης, υπολογίζονται θέματα που έχουν να κάνουν με το σχεδιασμό ενός προγράμματος θέρμανσης με βιομάζα. Καταγράφονται τα βασικά τμήματα του έργου,

τεχνικές παρατηρήσεις, κριτήρια σχεδίασης καθώς και τα μηνιαία κέρδη ενός συστήματος θέρμανσης με βιομάζα.

Cost analysis

Το φύλλο εργασίας ανάλυσης δαπανών (Cost analysis) χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στην εκτίμηση των δαπανών που συνδέονται με ένα σύστημα θέρμανσης με βιομάζα. Χαρακτηριστικά αναφέρονται μέθοδοι κοστολόγησης και διάφορα οικονομικά χαρακτηριστικά που συνδυάζονται με μια εγκατάσταση θέρμανσης με βιομάζα.

GHG analysis

Το φύλλο αυτό είναι προαιρετικό. Καταγράφονται διάφορες παράμετροι σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που μειώνονται αν χρησιμοποιείται η ενέργεια από βιομάζα.

Financial summary

Στο φύλλο αυτό καταγράφονται διάφορες οικονομικές παράμετροι σχετικά με την ενέργεια από βιομάζα που αξιοποιείται και τα οικονομικά οφέλη που απορρέουν χρησιμοποιώντας την.

Βήματα εκτέλεσης άσκησης

- Ονομάστε το όνομα του project.
- Δώστε project location: Greece
- Επιλέξτε το Complete HL and Network sheet:
 - Στο Weather Database επιλέξτε δεδομένα από Αθήνα
 - Πατήστε το κουμπί Paste Data
 - Επιλέξτε να έχετε 5 building clusters και τύπο καυσίμου #6 oil για όλα.
- Στο energy model επιλέξτε στο system type : biomass και WHR.
- Μεταβάλλετε το biomass fuel type και καταγράψτε την απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας σε τόνους (μεταφράστε τους τύπους βιομάζας). Ποια μορφή βιομάζας έχει την μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση; (Επιλέξτε τις μπάρες σαν τύπο γραφικής παράστασης)

- Επιλέξτε πέντε τύπους biomass fuel type και μεταβάλλετε την υγρασία από 20% έως 60 % με βήμα 5%. Τι παρατηρείτε σε σχέση με την απαιτούμενη ποσότητα βιομάζας για την παραγωγή δεδομένης απολαβής ενέργειας; Συγκρίνετε τα αποτελέσματά σας.
- Μεταβάλλετε τον τύπο καυσίμου στα 5 building clusters από #6 oil σε natural gas, κλπ. και καταγράψτε την αντίστοιχη μείωση σε εκπομπές CO₂ που επιτυγχάνεται για κάθε τύπο καυσίμου. Κάντε το αντίστοιχο διάγραμμα. Σχολιάστε για τα αρχικώς χρησιμοποιούμενα καύσιμα.

2. Μελέτη επένδυσης υδροηλεκτρικής ενέργειας

2.1 Θεωρητικό μέρος

Συνήθως τα έργα από 100 KW μέχρι 1 MW αναφέρονται ως mini-υδροηλεκτρικά (mini hydro) και τα έργα κάτω από τα 100 KW αναφέρονται ως micro-υδροηλεκτρικά (micro hydro).

Οι μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις απαιτούν μικρή συντήρηση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, η οποία μπορεί να είναι ικανοποιητική και πάνω από 50 έτη. Κανονικά, η λειτουργία και η συντήρηση μικρών υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων μπορούν να αντιμετωπιστούν εύκολα από έναν χειριστή μερικής απασχόλησης. Η περιοδική συντήρηση των μεγαλύτερων μονάδων της εγκατάστασης θα απαιτήσει συνήθως τη βοήθεια από ειδικούς.

Η ανάπτυξη των μικρών υδροηλεκτρικών έργων παίρνει από δύο έως πέντε έτη από τη σύλληψη στην τελική ανάθεση, για να ολοκληρωθούν. Αυτή η περίοδος απαιτείται για να γίνουν οι μελέτες και το σχεδιαστικό έργο, για να λάβει τις απαραίτητες εγκρίσεις και για να κατασκευαστεί το έργο.

Η τεχνική και οικονομική βιωσιμότητα κάθε προγράμματος είναι πολύ συγκεκριμένη. Η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από το διαθέσιμο νερό (ροή) και το μέτωπο (πτώση στην ανύψωση). Το ποσό ενέργειας που μπορεί να παραχθεί εξαρτάται από την ποσότητα νερού που είναι διαθέσιμη και τη μεταβλητότητα της ροής καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Τα οικονομικά μιας περιοχής εξαρτώνται από το δυναμικό (ικανότητα) και την ενέργεια που ένα έργο μπορεί να παραγάγει, εάν η ενέργεια μπορεί να πωληθεί, και η τιμή για την ενέργεια που πωλείται. Σε μια απομονωμένη περιοχή η αξία της ενέργειας που παράγεται για την κατανάλωση είναι γενικά σημαντικά περισσότερη απ' ό,τι για τα συστήματα που συνδέονται με ένα κεντρικό δίκτυο. Εντούτοις, οι απομονωμένες περιοχές μπορούν να μην είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν όλη τη διαθέσιμη ενέργεια από τις μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, ή μπορεί να είναι ανίκανες να χρησιμοποιήσουν την ενέργεια όταν είναι διαθέσιμη λόγω των εποχιακών αλλαγών στη ροή του νερού και την κατανάλωση της ενέργειας.

Μια κλασική σχέση (γενικός κανόνας), είναι ότι η ισχύς είναι ίση με επτά φορές το προϊόν της ροής (Q) επί την υψομετρική διαφορά (H) του τόπου [$P(KW)=7 Q(m^3/sec)* H(m)$]. Η παραγωγή 1 KW σε έναν τόπο με υψόμετρο 100 μέτρων θα απαιτήσει το ένα δέκατο της ροής του νερού που θα απαιτούσε μια περιοχή με υψόμετρο 10 μέτρων. Το μέγεθος των υδρο-

γεννητριών εξαρτάται πρώτιστα από τη ροή του νερού που πρέπει να εξυπηρετήσει. Κατά συνέπεια, ο παραγωγικός εξοπλισμός για τις εγκαταστάσεις με μεγαλύτερα υψόμετρα χαμηλής ροής είναι γενικά λιγότερο ακριβά απ' ό,τι για τις εγκαταστάσεις χαμηλότερου υψόμετρου με υψηλή ροή. Το ίδιο πράγμα δεν μπορεί απαραίτητως να ειπωθεί για τμήματα εργασιών της κατασκευής ενός έργου, καθώς συσχετίζεται πολύ περισσότερο με την τοπική τοπογραφία και το φυσικό χαρακτήρα μιας περιοχής.

2.2 Πειραματικό μέρος

Η αξιολόγηση επένδυσης υδροηλεκτρικής ενέργειας θα πραγματοποιηθεί με το πρόγραμμα Retscreen.

2.2.1 Μελέτη απόδοσης μηχανών υδροηλεκτρικής ενέργειας

Το πρόγραμμα Retscreen αποτελείται από τα εξής φύλλα Excel:

- Εισαγωγή
- Ενεργειακό μοντέλο
- Υδρολογικά δεδομένα και δεδομένα φορτίου
- Δεδομένα εξοπλισμού
- Κόστος
- Ανάλυση συνεισφοράς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Περίληψη προϋπολογισμού

Η διαδικασία που θα ακολουθήσετε είναι η εξής:

- Στο φύλλο ενεργειακού μοντέλου συμπληρώνετε το όνομα του έργου και την τοποθεσία του.
- Στη συνέχεια συμπληρώνονται τα στοιχεία Hydrology and Load Sheet με μεταφορά στο αντίστοιχο φύλλο εργασίας.
 - Gross head είναι το υδροδυναμικό ύψος
 - Run-of river είναι η υδρολογική εγκατάσταση που χρησιμοποιεί μόνο τη ροή ποταμού χωρίς αποθηκευτικές λίμνες ενώ το reservoir έχει αποθηκευτικές λίμνες.
 - Residual flow είναι το ποσό της ροής του ποταμού που δεν είναι εκμεταλλεύσιμο για ενεργειακούς σκοπούς και για περιβαλλοντικούς λόγους.
 - Design flow είναι η μέγιστη ροή που μπορεί να αναλάβει η τουρμπίνα.

- Firm flow είναι η ροή που βασισμένη στο Flow Duration Curve θα την έχουμε τουλάχιστον στο 95% του χρόνου.
- Δεκαπλασιάστε τη ροή και υπο-δεκαπλασιάστε το ύψος. Καταγράψτε την ενέργεια που παίρνουμε και συγκρίνεται με την ενέργεια που παίρνουμε από τον προσεγγιστικό τύπο. Κάντε την ίδια διαδικασία και αντίστροφα. Τι παρατηρείτε?
- Μεταβαίνετε στο Equipment Data Sheet. Μεταβάλλοντας τον τύπο της τουρμπίνας (Pelton, Francis, κλπ.) καταγράφετε την ενέργεια που παίρνουμε από το μικρό υδροηλεκτρικό (renewable energy available και renewable energy delivered). Αποτυπώστε τα αποτελέσματα σε ένα διάγραμμα. Τι παρατηρείτε?
- Αναζητείστε στοιχεία στο διαδίκτυο για το κόστος των 2 καλύτερων μηχανών (π.χ. Pelton και Francis). Ποια μηχανή είναι η πιο οικονομικά βιώσιμη;
- Δώστε την οικονομική ανάλυση του έργου σας από το φύλλο cost analysis για τις δύο καλύτερες μηχανές.
- Μεταβάλετε το Residual Flow από 0,05 ως 0,3 με βήμα 0,01. Ποια η αντίστοιχη μεταβολή στην υδροηλεκτρική ενέργεια (renewable energy available και renewable energy delivered)

3. Εκπόνηση μελέτης αιολικού δυναμικού

3.1 Θεωρητικό μέρος

3.1.1 Αιολικό δυναμικό

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι του ανέμου είναι:

- Ταχύτητα ανέμου (μέση και στιγμιαία)
- Διεύθυνση ανέμου
- Επικρατούσα ανατάραξη ανέμου
- Στροβιλισμός ανέμου
- Κατανομή ανέμου

Για την μεταβλητότητα του ανέμου απαιτούνται οι εξής υπολογισμοί:

- Υπολογισμός μέσων ετήσιων ταχυτήτων ανέμου
- Υπολογισμός μέσων μηνιαίων ταχυτήτων ανέμου
- Υπολογισμός μέσων ωριαίων ταχυτήτων ανέμου

Η ανατάραξη του ανέμου καθορίζεται από την ένταση της ανατάραξης I:

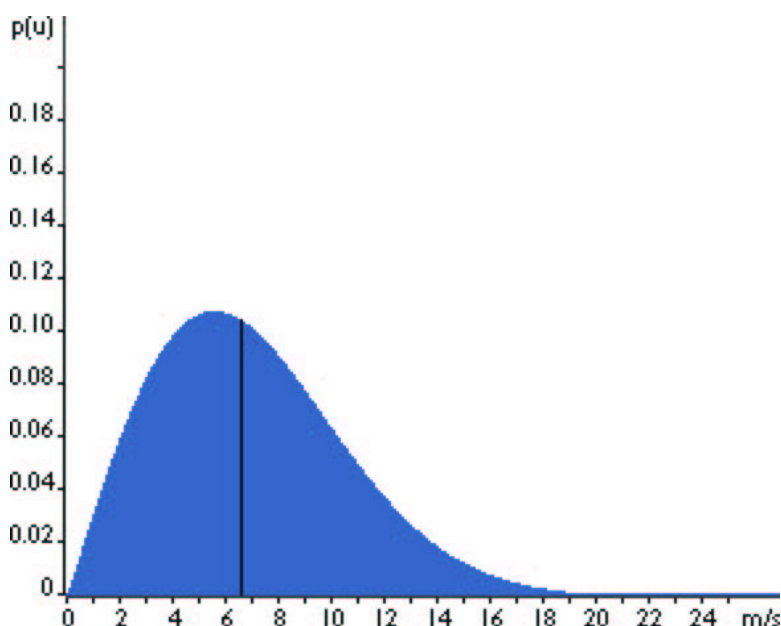
$$I = \frac{\sigma_v}{\bar{V}} \quad (3.1)$$

όπου σ_v η διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου και \bar{V} η μέση ταχύτητα ανέμου. Η κατανομή ταχυτήτων ανέμου προσδιορίζεται με συνδυασμό μετρήσεις ταχύτητας ανέμου και διεύθυνσης ανέμου.

Η μαθηματική ανάλυση των πειραματικών ανεμολογικών δεδομένων γίνεται με χρήση της κατανομής Weibull. Η κατανομή Weibull $P(v)dv$ εκφράζει την πιθανότητα να φυσάει άνεμος στην περιοχή ταχύτητας μεταξύ $v+dv/2$ και $v-dv/2$ (Σχ. 3.1.) Κάθε κατανομή έχει μια συγκεκριμένη παράμετρο σχήματος c (shape parameter) όπου $1 < c < 3$ και ένα συντελεστή κλίμακας k .

Για να σχεδιαστεί μια καμπύλη Weibull θα πρέπει να βρεθεί η πιθανότητα για κάθε ταχύτητα από 0 m/sec μέχρι 24 m/sec χωρίζοντας τις ταχύτητες σε κλάσεις εύρους 1 m/s, όπου τελικά συνθέτουν την κατανομή συχνότητας. Όταν μετρηθούν όλες οι ταχύτητες του ανέμου σε μια συγκεκριμένη περιοχή για έναν χρόνο, τότε μπορεί να παρατηρηθεί στις περισσότερες περιπτώσεις ότι πολύ ισχυροί άνεμοι είναι σπανιότερο να εμφανιστούν από ότι οι μέτριοι ή

ασθενείς άνεμοι, όπως επίσης σπάνιο είναι να επικρατεί πλήρης άπνοια. Έτσι λοιπόν η πιθανότητα να επικρατούν άνεμοι μηδενικής έντασης είναι πολύ κοντά στο μηδέν όπως επίσης η πιθανότητα να επικρατούν άνεμοι πολύ ισχυροί είναι επίσης πολύ μικρή. Όσοι είναι εξοικειωμένοι με την στατιστική θα διαπιστώσουν ότι το γράφημα της κατανομής Weibull δείχνει μια κατανομή πυκνότητας πιθανότητας. Η περιοχή (εμβαδόν) που σχηματίζει η κατανομή είναι πάντοτε ίση με την μονάδα (Το άθροισμα των συνολικών πιθανοτήτων θα ισούται με το 100%). Αν παρατηρηθεί το γράφημα διαπιστώνει κανείς ότι δεν είναι συμμετρικό. Σύμφωνα με το σχήμα, η μισή επιφάνεια βρίσκεται αριστερά της γραμμής της κατανομής και η υπόλοιπη μισή βρίσκεται στα δεξιά της. Η γραμμή στα 6.6 m/sec λέγεται μέση της κατανομής. Αυτό σημαίνει ότι τον μισό χρόνο θα υπάρχει άνεμος με ταχύτητα μικρότερη από 6.6 m/sec και τον υπόλοιπο μισό με μεγαλύτερη από 6.6 m/sec. Η ταχύτητα των 5.5 m/sec είναι οι πιο συχνή (μεγαλύτερη πιθανότητα να εμφανιστεί) και λέγεται τυπική τιμή κατανομής. Η μορφή της κατανομής διαφέρει από τόπο σε τόπο και εξαρτάται από τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, το ανάγλυφο του εδάφους και άλλους γεωγραφικούς παράγοντες.



Σχήμα 3.1 Χαρακτηριστική κατανομή συχνοτήτων ταχυτήτων ανέμου (Διάγραμμα Weibull)

Η σχέση της κατανομής Weibull είναι:

$$P(u) = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{u}{c}\right)^k} \quad (3.2)$$

Οι παράμετροι k και c της κατανομής Weibull υπολογίζονται προσεγγιστικά από τις σχέσεις:

$$c = \frac{2\bar{u}}{\sqrt{\pi}} \quad (3.3)$$

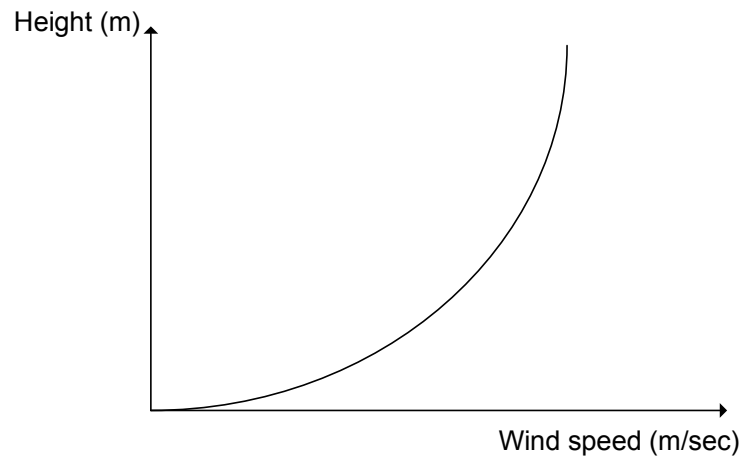
$$k = \frac{\sqrt{\pi} 3c^3}{2\bar{U}^3}$$

3.1.2 Κατανομή του ανέμου και εκθετικός νόμος

Η κατανομή του ανέμου επηρεάζει:

- Την αιολική ενέργεια που απορροφά η αιολική μηχανή
- Την κόπωση της αιολικής μηχανής
- Την αντοχή του πύργου στήριξης

Η κατανομή του ανέμου εκφράζει τις μεταβολές του ανέμου καθ' ύψος (Σχήμα 3.2)



Σχήμα 3.2 Κατανομή ταχύτητας του ανέμου καθ' ύψος

Η μεταβολή της μέσης ταχύτητας με το ύψος δίνεται από τον λογαριθμικό νόμο:

$$V(z) = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z_0 + z}{z_0} \quad (3.4)$$

όπου u^* : η ταχύτητα τριβής που εξαρτάται από την πυκνότητα του αέρα και την επιφανειακή τάση Reynolds.

z : Το ύψος από το έδαφος σε m

$k \approx 0.4$: η σταθερά von Karman (σταθερά αναλογίας)

z_0 : το μήκος τραχύτητας του εδάφους σε m

Ο εκθετικός νόμος δίνεται από:

$$\frac{u_{z_1}}{u_{z_2}} = \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^n \quad (3.5)$$

όπου V_{z_1} (m/sec): Η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος z_1

V_{z_2} (m/sec): Η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος αναφοράς z_2

n : Δείκτης τραχύτητας εδάφους και παίρνει τιμές από 0.1 έως 0.4

Ο εκθετικός νόμος εφαρμόζεται σε μεγάλο πλήθος μετρήσεων και εμφανίζει καλή ακρίβεια σε περιπτώσεις που η διαφορά ύψους είναι περισσότερο από 30-50 m. Η ακρίβεια όμως ελαττώνεται πολύ για μεγάλες διαφορές υψών.

Για ύψος αναφοράς 10m οι τιμές του n δίνονται από πίνακες.

Για ύψος αναφοράς είναι διαφορετικό από τα 10m το n δίνεται από τη σχέση:

$$n = 0.04 \ln z_0 + 0.003 (\ln z_0)^2 + 0.24 \quad (3.6)$$

Για ουδέτερες συνθήκες έχουμε:

$$n = \frac{1}{\ln \sqrt{\frac{z_1 z_2}{z_0}}} \quad (3.7)$$

Τα ύψη z_1, z_2 λαμβάνονται από τη ζώνη μηδενικής ταχύτητας ανέμου.

Για τη μεταβολή του ανέμου καθ' ύψος σε σχέση με την ταχύτητα ανέμου στα 10m έχουμε τη σχέση:

$$\frac{U(z)}{U(10)} = a \ln \frac{z}{z_0} \quad (3.8)$$

Οι τιμές του z_0 δίνονται από τον Πίνακα 3.1 και οι αντίστοιχες του a από τον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.1.

Κατηγορία τραχύτητας	ΕΙΔΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	z_0 (m)	n
0	Εξομαλυμένο (θάλασσα, χιόνι, άμμος)	0.001-0.02	0.10-0.13
1	Μέτρια τραχύτητα (χαμηλή βλάστησης, και καλλιέργειες, αγροτικές περιοχές)	0.02-0.30	0.13-0.20
2	Τραχύ έδαφος (Δάση, προάστια πόλεων)	0.30-2.0	0.20-0.27
3	Πολύ τραχύ έδαφος (ασπικές, περιοχές, υψηλά κτίρια)	2.0-10.0	0.27-0.40

Πίνακας 3.2: Τιμές του α

z_0	α
0.005	0.166
0.020	0.182
0.070	0.202
0.250	0.229
0.400	0.240
1.000	0.266

3.2 Πειραματικό μέρος

3.2.1 Υπολογισμοί

Δίνονται μετρήσεις αιολικού δυναμικού για ένα έτος από μετεωρολογικό ιστό που έχει εγκατεστημένο ένα ανεμόμετρο και ένα ανεμοδείκτη σε ύψος 10 m.

(α) Με χρήση φύλλων Excel να υπολογιστούν τα εξής:

1. Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου
2. Μέσες και μέγιστες ωριαίες ταχύτητες ανέμου
3. Μέσες και μέγιστες μηνιαίες ταχύτητες ανέμου
4. Ανατάραξη του ανέμου

5. Σταθερές k και c της κατανομής Weibull

(β) Να χαραχθούν τα εξής διαγράμματα:

1. Διάγραμμα μέσης ωριαίας ταχύτητας ανέμου
2. Διάγραμμα μέσης μηνιαίας ταχύτητας ανέμου
3. Διάγραμμα κατανομής Weibull

3.2.2 Υπολογισμοί κατανομής ανέμου

Το είδος του εδάφους στην περιοχή εγκατάστασης του μετεωρολογικού ιστού αποτελείται από θάμνους και χαμηλή βλάστηση.

1. Ποια η κατηγορία τραχύτητας του εδάφους της περιοχή;
2. Υπολογίστε την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος εγκατάστασης ανεμογεννήτριας (45 m).

4. Υπολογισμός παρεχόμενης ενέργειας από ανεμογεννήτρια

4.1 Θεωρητικό μέρος

Μια τυπική ανεμογεννήτρια έχει περιοχή εργασίας από περίπου 4 μέχρι 24 m/s με καθορισμένη μη γραμμική χαρακτηριστική (Σχήμα. 4.1). Εξαιτίας του μεγάλου φορτίου κατά τη διάρκεια μεγάλων ταχυτήτων ανέμου η αιολική εγκατάσταση αποσυνδέεται π.χ. μέσω μετακίνησης της φτερωτής με τέτοιο τρόπο ώστε ο δρομέας να περιέλθει σε θέση αποκλεισμού του ανέμου.

Όταν γνωρίζουμε την συχνότητα εμφάνισης ταχυτήτων ανέμου και την καμπύλη ισχύος, η μέση παραγόμενη ισχύς από την αιολική μηχανή υπολογίζεται από την σχέση:

$$P_g = \int_{V=0}^{V_{out}} P_g(V) P(u) dV \quad (4.1)$$

όπου:

$$P_g(V) = \begin{cases} 0 \\ A + BV + CV^2 \\ P_R \\ 0 \end{cases} \left. \vphantom{P_g(V)} \right\} \text{αντίστοιχα για όταν το } V: \begin{cases} V < V_{in} \\ V_{in} < V < V_R \\ V_R < V < V_{out} \\ V > V_{out} \end{cases} \quad (4.2)$$

και $P(u)$ η κατανομή Weibull.

Τα A, B, C υπολογίζονται από τη σχέση:

$$\begin{aligned} A + BV_{in} + CV_{in}^2 &= 0 \\ A + BV_R + CV_R^2 &= P_R \\ A + BV_c + CV_c^2 &= P_R \frac{(V_c)^3}{(V_R)^3} \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\text{με } V_c = \frac{V_{in} + V_R}{2} \quad (4.4)$$

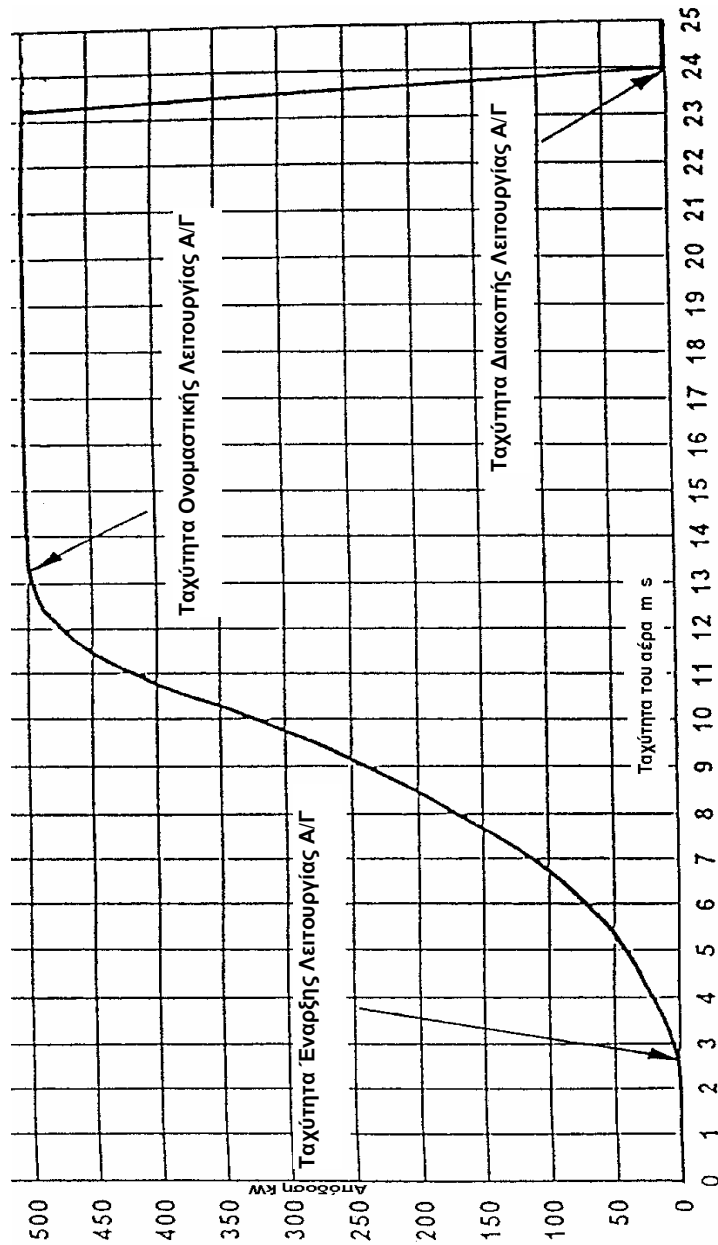
όπου V_{in} : η ταχύτητα έναρξης λειτουργίας της ανεμογεννήτριας

V_R : η ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας της ανεμογεννήτριας

V_{out} : η ταχύτητα παύσης λειτουργίας της ανεμογεννήτριας

Αντικαθιστώντας έχουμε:

$$P_g = \int_{V_{in}}^{V_R} (A + BV + CV^2) \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{V}{c}\right)^k\right) dV + P_R [P(V \leq V_{out}) - P(V \leq V_R)] \quad (4.5)$$



Σχήμα 4.1 Χαρακτηριστική ισχύος σύγχρονης ανεμογεννήτριας(Α/Γ) με ονομαστική ισχύ 500 KW

4.2 Πειραματικό μέρος

Για τον υπολογισμό της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής από το αιολικό δυναμικό του ιστού που δίνεται, συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 4.3). Η ισχύς αφορά ανεμογεννήτρια 600 KW.

Πίνακας 4.3

Εύρος ταχυτήτων (m/s)	Πλήθος μετρήσεων	Ισχύς (KW)
[0-1)		0
[1-2)		0
[2-3)		0
[3-4)		0
[4-5)		0
[5-6)		45
[6-7)		100
[7-8)		135
[8-9)		206
[9-10)		287
[10-11)		371
[11-12)		450
[12-13)		514
[13-14)		558
[14-15)		582
[15-16)		594
[16-17)		598
[17-18)		600
[18-19)		600
[19-20)		600
[20-21)		600
[21-22)		600
[22-23)		600
[23-24)		600
[24-25)		600
[25-26)		600

1. Ο υπολογισμός της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής γίνεται με πολλαπλασιασμό της στήλης 2 με την στήλη 3. Ποια η ετήσια ενεργειακή παραγωγή από ανεμογεννήτρια 600 KW;
2. Υπολογίστε την ετήσια ενεργειακή παραγωγή με τη μέθοδο που περιγράφεται στο θεωρητικό μέρος της άσκησης.
3. Συνοψίστε τα ανωτέρω σε μια μελέτη αιολικού δυναμικού για τη δεδομένη θέση.

5. Αξιολόγηση επένδυσης αιολικής ενέργειας

5.1 Θεωρητικό μέρος

5.1.1 Γενικά

Η κινητική ενέργεια του ανέμου είναι μια ελπιδοφόρα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με σημαντική δυνατότητα σε πολλά μέρη του κόσμου. Η ενέργεια που μπορεί να συλληφθεί από τις ανεμογεννήτριες εξαρτάται ιδιαίτερα από την τοπική μέση ταχύτητα αέρα. Οι περιοχές που παρουσιάζουν την ελκυστικότερη δυνατότητα βρίσκονται κοντά στις ακτές, σε εγχώριες περιοχές με ομαλό πεδίο και στις κορυφογραμμές. Παρά αυτούς τους γεωγραφικούς περιορισμούς για την τοποθέτηση, υπάρχει άφθονη έκταση στις περισσότερες περιοχές του κόσμου για να καλύπτεται μια σημαντική μερίδα των τοπικών αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας από επενδυτικά έργα αιολικής ενέργειας.

Η παγκόσμια ζήτηση για τις ανεμογεννήτριες έχει αυξηθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 15 ετών. Κατά τη διάρκεια του 1999 μόνον η βιομηχανία ανεμογεννητριών εγκατέστησε 3.600 MW. Πάνω από 14.200 MW ανεμογεννήτριες υπολογίζεται τώρα ότι είναι σε λειτουργία σε όλο τον κόσμο. Ένα μεγάλο μέρος αυτής της απαίτησης έχει οδηγηθεί από την ανάγκη για λειτουργία εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν "καθαρότερα καύσιμα." Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες μεγάλης κλίμακας εκτιμώνται μεταξύ 500 KW και 2 MW της ηλεκτρικής ικανότητας παραγωγής ανά γεννήτρια. Τα αιολικά πάρκα που χρησιμοποιούν πολλαπλάσιες γεννήτριες κατασκευάζονται σε σειρά πολυ-μεγαβάτ. Τα χαρακτηριστικά μεμονωμένα μεγέθη γεννητριών έχουν αυξηθεί από περίπου 100 KW σε 750 KW κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας και συνεχίζουν να αυξάνονται στο μέγεθος. Οι επενδύσεις μεγάλης κλίμακας σε αιολική ενέργεια παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με δαπάνες ανταγωνιστικές με τις συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας (π.χ. πυρηνικός, πετρέλαιο και άνθρακας). Εκτός από αυτές τις εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας, υπάρχουν διάφορες άλλες εφαρμογές για τις ανεμογεννήτριες, όπως οι εφαρμογές μέσης κλίμακας στις χρήσεις για την άντληση νερού και την παροχή των μικρότερων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας για τους αυτόνομους σταθμούς φόρτισης μπαταριών.

Οι επενδύσεις αιολικής ενέργειας είναι γενικά οικονομικά βιώσιμες στις περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλές ταχύτητες ανέμου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το δυναμικό της ενέργειας του αέρα συσχετίζεται με τον κύβο της ταχύτητας αέρα. Εντούτοις, η απόδοση παραγωγής ενέργειας μιας ανεμογεννήτριας είναι χαρακτηριστικά ανάλογη προς το τετράγωνο της μέσης ταχύτητας αέρα. Η διαφορά υπολογίζεται από την αεροδυναμική, τα

μηχανικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της μετατροπής της ενέργειας και τις αποδόσεις των ανεμογεννητριών. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί από μια ανεμογεννήτρια θα αυξηθεί κατά περίπου 20% για κάθε αύξηση 10% της ταχύτητας του αέρα. Συνεπώς η κατάλληλη αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τις επενδύσεις αιολικής ενέργειας. Η αξιολόγηση επένδυσης αιολικής ενέργειας θα πραγματοποιηθεί με το πρόγραμμα Retscreen.

5.1.2 Ενεργειακό μοντέλο (Energy model)

Στο φύλλο ενεργειακού μοντέλου συμπληρώνετε το όνομα του έργου και την τοποθεσία του. Στη συνέχεια παίρνετε τα κλιματολογικά δεδομένα που υπάρχουν στο πρόγραμμα απ' τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό, τη μέση ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή, το ύψος της μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου, και δεδομένα για την ατμοσφαιρική πίεση της περιοχής.

Επίσης συμπληρώνονται τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας που θέλουμε να τοποθετήσουμε, την ισχύ της, το ύψος της, τον αριθμό τους αν πρόκειται για αιολικό πάρκο και τέλος συμπληρώνονται διάφοροι συντελεστές που έχουν να κάνουν με την απόδοση της ανεμογεννήτριας, τις απώλειες του συστήματος και την τελική ενέργεια που παραδίδεται στο σύστημα.

5.1.3 Δεδομένα εξοπλισμού (Equipment data)

Σε αυτό το φύλλο συμπληρώνονται στοιχεία που έχουν σχέση με τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιούμε, όπως τη διάμετρο των πτερυγίων, το μοντέλο της, την ισχύ που παράγει και στοιχεία που είναι εν μέρει κοινά με το φύλλο του ενεργειακού μοντέλου.

5.1.4 Ανάλυση κόστους (Cost analysis)

Το φύλλο εργασίας ανάλυσης δαπανών (Cost analysis) χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στην εκτίμηση των δαπανών που συνδέονται με ένα ενεργειακό πρόγραμμα αέρα. Ο χρήστης μπορεί να αναφερθεί στην απευθείας σύνδεση της βάσης δεδομένων των προϊόντων RETScreen για τα στοιχεία των προμηθευτών προκειμένου να ληφθούν οι τιμές ή άλλες πληροφορίες που απαιτούνται.

Προκειμένου να παρασχεθούν οι οδηγίες για την εκτίμηση των δαπανών που συνδέονται με την εφαρμογή μιας επένδυσης αιολικής ενέργειας, έχει υιοθετηθεί η ακόλουθη ταξινόμηση. Οι κατηγορίες επενδύσεων δημιουργήθηκαν βασισμένες στον αριθμό ανεμογεννητριών, περιλαμβάνοντας το αιολικό πάρκο (Πίνακας 5.1.) και στο μέγεθος των γεννητριών (Πίνακας 5.2).

Πίνακας 5.1. Ταξινόμηση αιολικών πάρκων

Τάξη αιολικού πάρκου	Αριθμός γεννητριών
Μια ανεμογεννήτρια	1
Μικρό αιολικό πάρκο	2 με 5
Μεγάλο αιολικό πάρκο	Πάνω από 5

Πίνακας 5.2. Ταξινόμηση μεγεθών ανεμογεννητριών

Μέγεθος Α/Γ	Ισχύς εξόδου (KW)	Διάμετρος ρότορα (m)	Επιφάνεια σάρωσης (m ²)
micro	0 με 1.5	Μικρότερη από 3	Μικρότερη από 7
Μικρό	1.5 με 20	3 με 10	7 με 80
Μεσαίο	20 με 200	10 με 25	80 με 500
Μεγάλο	200 με 2000	Πάνω από 25	Πάνω από 500

Σε αυτό το φύλλο συμπληρώνεται ο τύπος του έργου, οι δαπάνες αναφοράς, οι ισοτιμίες και διάφορες άλλες οικονομικές παράμετροι.

5.1.5 GHG analysis

Το φύλλο αυτό όπως προαναφέρθηκε είναι προαιρετικό. Καταγράφονται διάφορες παράμετροι σχετικά με τα αέρια του θερμοκηπίου που μειώνονται χρησιμοποιώντας την αιολική ενέργεια.

5.1.6 Financial summary

Στο φύλλο αυτό καταγράφονται διάφορες οικονομικές παράμετροι σχετικά με την αιολική ενέργεια που αξιοποιείται και τα οικονομικά οφέλη.

5.2 Πειραματικό μέρος

Με την εκκίνηση του προγράμματος και την ενεργοποίηση των μακροεντολών εκτελέστε τα ακόλουθα βήματα:

- Στο ενεργειακό μοντέλο εισαγάγετε νέο project και project name.
- Στη συνέχεια μεταβείτε στο *'See Weather Database'* και εισάγετε τα απαραίτητα μετεωρολογικά δεδομένα (ελάχιστη ταχύτητα 4,5 m/sec). Σε περίπτωση έλλειψης δεδομένων συμπληρώστε στα αντίστοιχα κελιά: για ύψος μέτρησης βάλτε 10 m, Πίεση 100 kPa, θερμοκρασία 20 °C, στο *energy model*.
- Στο τμήμα *equipment datasheet*, συμπληρώστε τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας.
- Μελετήστε την επίδραση του ύψους πύργου (*equipment data*) στην παραγωγή ενέργειας και σχεδιάστε το διάγραμμα παραγωγή ενέργειας = f(ύψος πύργου από 60m έως 100 m με βήμα 5). Τι παρατηρείτε;
- Μελετήστε την επίδραση της πίεσης (*energy model*) στην παραγωγή ενέργειας και σχεδιάστε το διάγραμμα παραγωγή ενέργειας = f(πίεση στα 60, στα 80 και στα 100 kPa). Τι παρατηρείτε;
- Αναλύστε την επίδραση του έργου στη μείωση εκπομπών CO₂ από το φύλλο GHG analysis λαμβάνοντας υπόψη το είδος του καυσίμου (fuel type) που αντικαθιστά το έργο εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας. Να γίνει το διάγραμμα fuel type = f(emission reduction) από το ίδιο φύλλο εργασίας. Σχολιάστε τα αποτελέσματα για το κάθε καύσιμο χωριστά.

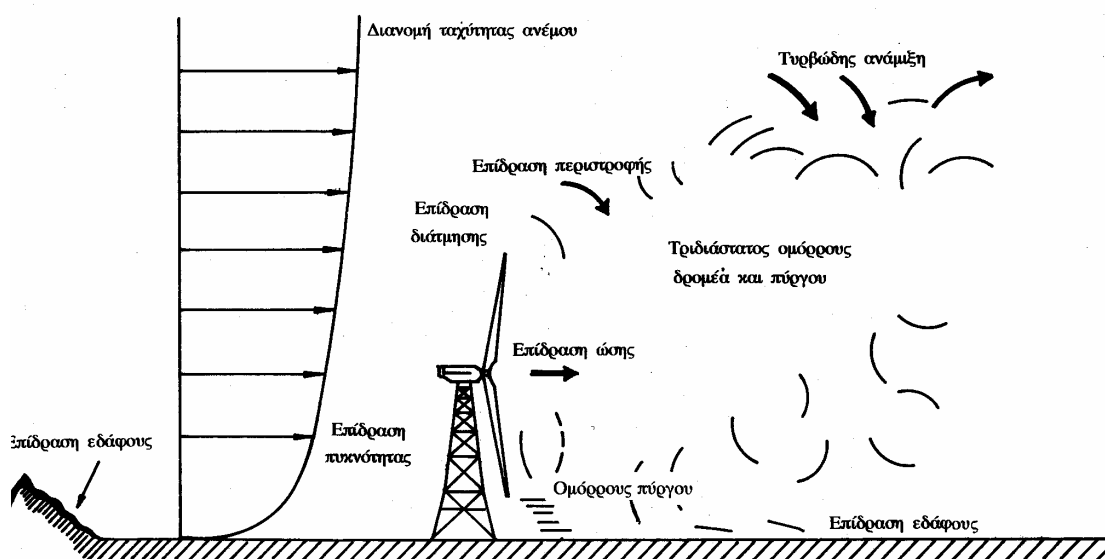
6 Χωροθέτηση ανεμογεννητριών

6.1 Θεωρητικό μέρος

6.1.1 Γενικά

Η θέση εγκατάστασης αιολικών μηχανών, η διάταξη μεταξύ τους και σε σχέση με την επικρατούσα διεύθυνση ανέμου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αντικείμενα μελέτης στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση της αλληλεπίδρασης των ανεμογεννητριών που μπορούν να εγκατασταθούν σε δεδομένη έκταση και στην μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του αιολικού πάρκου.

Η ενεργειακή απόδοση αιολικού πάρκου εξαρτάται από το ρυθμό ανάπτυξης όμορου (Σχ. 6.1) και την ενέργεια του ομόρου όταν φτάσει στη πίσω αιολική μηχανή.



Σχήμα 6.1. Πεδίο ροής όμορου ανεμογεννήτριας

Η φύση της ροής του ομόρου επηρεάζεται από την ώθηση που ασκείται από τη σαρωτή στο ρευστό. Ο όμορος δεν είναι αξονοσυμμετρικός (λόγω της ύπαρξης του πύργου) για τις μηχανές οριζόντιου άξονα. Η ταχύτητα ανέμου σε διαδοχικές σειρές αιολικών μηχανών φθίνει με γεωμετρική πρόοδο.

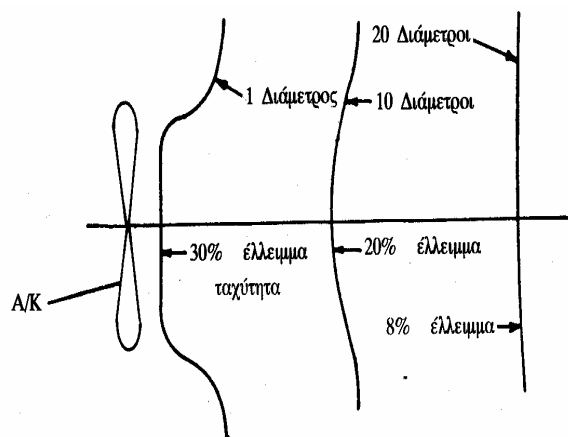
6.1.2 Μελέτη εξασθένησης όμορου

Η ανεμογεννήτρια επιβραδύνει τον αέρα που προσπίπτει σε αυτή και δημιουργείται ένα όμορος χαμηλής ταχύτητας που ανοίγει βαθμιαία λόγω συνεκτικής και τυρβώδους ανάμιξης. Αν αυτό το ρεύμα αέρα συναντήσει δεύτερη ανεμογεννήτρια πριν ολοκληρωθεί η επαναφορά του στις τιμές πριν από την πρόσπτωση με την ανεμογεννήτρια, τότε η απόδοση της δεύτερης ανεμογεννήτριας μειώνεται αισθητά. Η απόδοση της δεύτερης μηχανής εξαρτάται από τη θέση της ως προς την πρώτη (Σχ. 6.2). Το έλλειμμα ταχύτητας εξαρτάται και από τον τύπο της σαρωτής. Η διανομή ταχύτητας κάθετα στον άξονα του ομόρου δίνεται από τη σχέση:

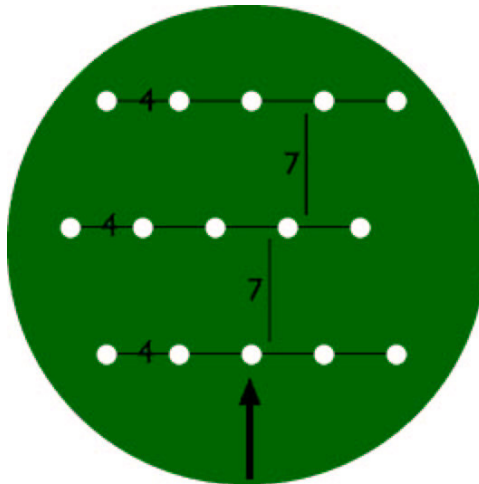
$$\frac{U - U_r}{U - U_c} = \exp\left(-0.693 \frac{r^2}{b^2}\right) \quad (6.1)$$

όπου U η ταχύτητα του αδιατάρακτου ρεύματος, U_r η ταχύτητα σε ακτίνα r από τον άξονα του ομόρου, U_c η ταχύτητα στον άξονα της μηχανής στον όμορο, b το μέσο εύρος του όμορου δηλαδή η ακτίνα στην οποία το έλλειμμα ταχύτητας είναι το μισό του ελλείμματος στην γραμμή πίσω από τη σαρωτή.

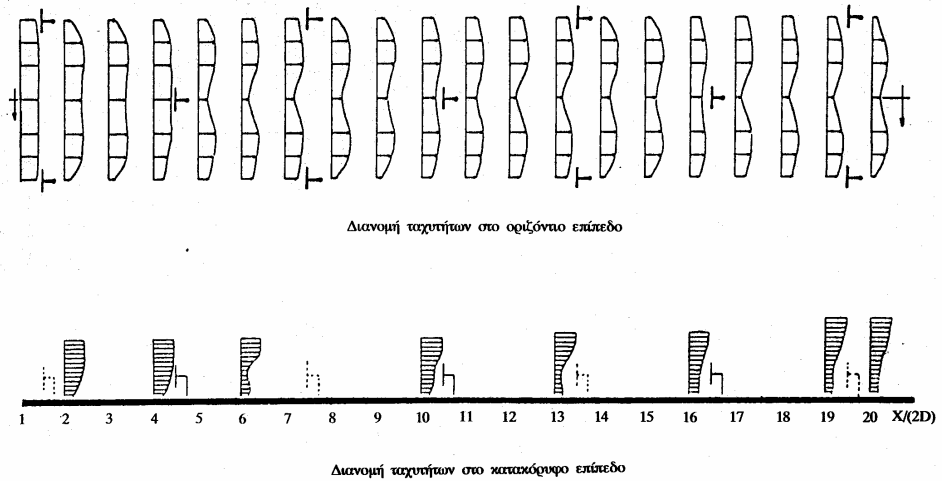
Ο κενός χώρος σε μια συστοιχία δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 2-4 διαμέτρους σαρωτής και ο κενός χώρος μεταξύ των συστοιχιών δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 7-10 διαμέτρους σαρωτής. (Σχ. 6.3.)



Σχήμα 6.2. Διανομή ταχυτήτων σε διάφορες αποστάσεις στο πίσω μέρος της σαρωτής



Σχήμα 6.3. Χωροθέτηση ανεμογεννητριών

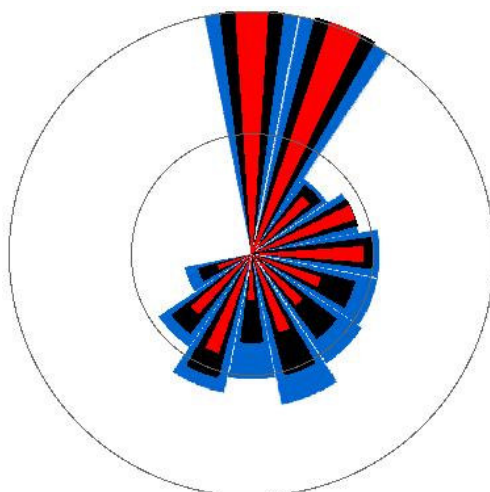


Σχήμα 6.4. Τριγωνική χωροθέτηση ανεμογεννητριών φαίνεται η αλληλεπίδραση αιολικών μηχανών τριγωνικής διάταξης.

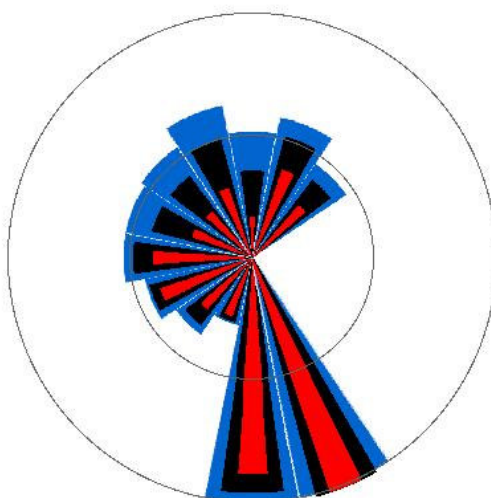
6.2 Πειραματικό μέρος

Δίνονται οι χάρτες Α,Β κλίμακας 1:5000 υποψήφιων περιοχών για εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Θεωρήστε ότι δεν υπάρχουν εμπόδια στις περιοχές γύρω από αυτές που απεικονίζονται στους χάρτες.

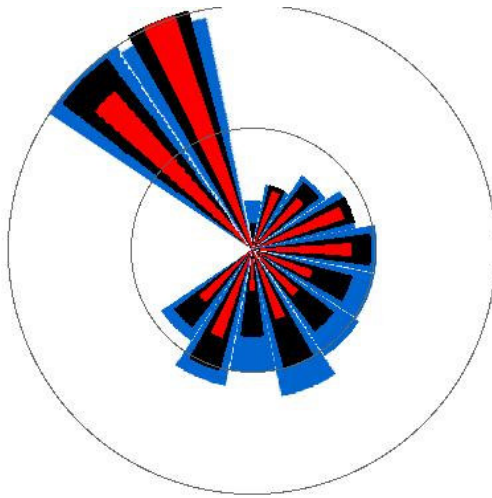
Δίνεται επίσης και η απεικόνιση αιολικού δυναμικού όπως αποτυπώνεται με τα ρόδα ανέμου. Το κάθε ρόδο ανέμου είναι χωρισμένο σε 16 τομείς. Το μπλε τμήμα απεικονίζει τη συχνότητα εμφάνισης του κάθε τομέα. Το μαύρο τμήμα προκύπτει από το γινόμενο της ταχύτητας του κάθε τομέα επί τη συχνότητα εμφάνισής του και το κόκκινο τμήμα με την ενέργεια του ανέμου ανά τομέα. Το μήκος του μέγιστου μπλε τμήματος αντιστοιχεί σε συχνότητα εμφάνισης 15%. Δίνονται 5 ρόδα ανέμου (Σχ.6.5 – 6.9).



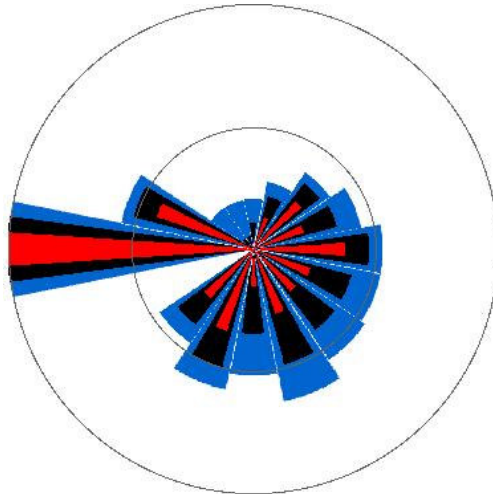
Σχ. 6.5. Ρόδο ανέμου 1 (Εχουν συμπληρωθεί οι 12 από τους 16 τομείς)



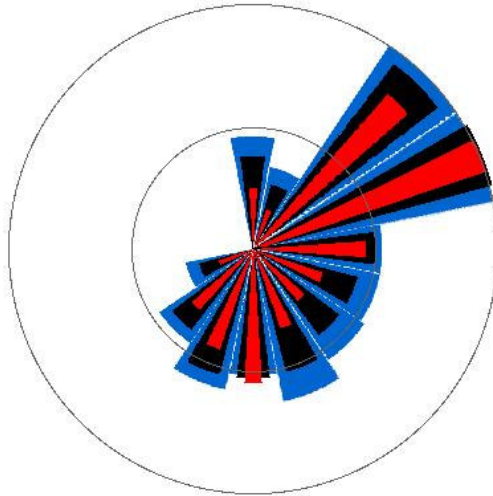
Σχ. 6.6. Ρόδο ανέμου 2



Σχ. 6.7. Ρόδο ανέμου 3



Σχ. 6.8. Ρόδο ανέμου 4



Σχ. 4.9. Ρόδο ανέμου 5

Να γίνουν οι παρακάτω χωροθετήσεις:

Στους χάρτες Α, Β τοποθετήσετε τρεις συστοιχίες (Αιολικά πάρκα) ανεμογεννητριών (ελάχιστος αριθμός Α/Γ ανά συστοιχία: 3, σε δύο σειρές) διαμέτρου σαρωτής: α) $D=40m$, $H=60m$, 500 kW (δύο Αιολικά πάρκα) και β) $D=70m$, $H=100m$ 1MW (ένα Αιολικό πάρκο) χρησιμοποιώντας αντίστοιχα τα ρόδα ανέμου 1, 2, και 4, ακολουθώντας την κλίμακα του τοπογραφικού στον σχεδιασμό της διαμέτρου σαρωτής, του ύψους πύργου και των αποστάσεων μεταξύ τους.

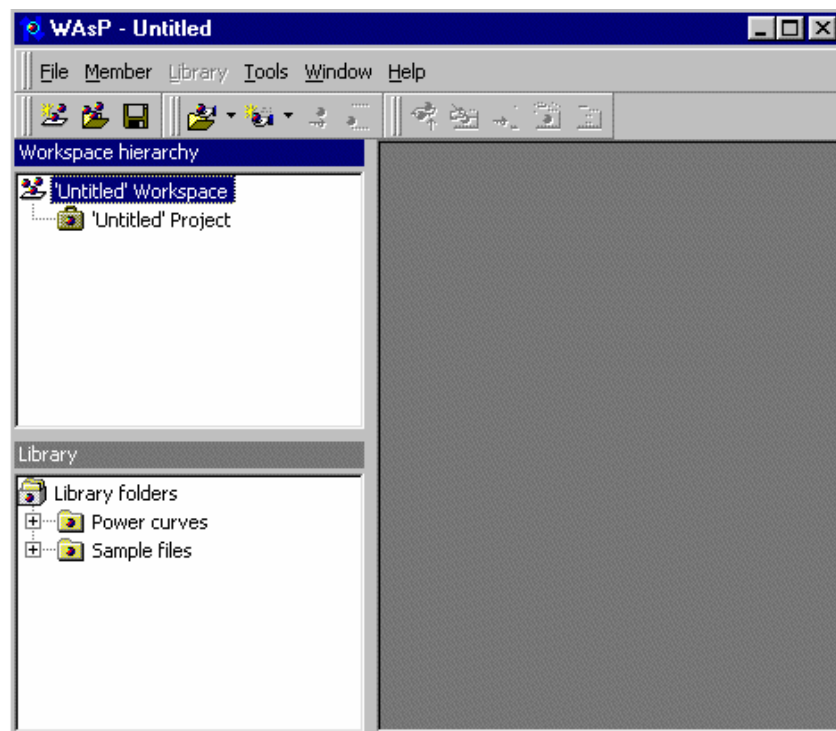
7 Πρόγραμμα ανάλυσης παραμέτρων αιολικών πάρκων WASP (ΔΕΝ ΠΑΡΑΔΙΔΕΤΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ)

7.1 Θεωρητικό μέρος

7.1.1 Γενικά για το πρόγραμμα Wasp

Άνοιγμα workspace του WASP

Όταν ανοίγετε για πρώτη φορά ένα έγγραφο του WASP, παρουσιάζεται με ένα κενό παράθυρο. Για να αρχίσετε την εργασία, πρέπει να ανοίξετε ένα workspace . Στο WASP, όλη η εργασία εκτελείται μέσα στο πλαίσιο ενός χώρου εργασίας (workspace). Τα workspaces μπορούν να δημιουργηθούν, να σωθούν και να ανοιχτούν πάλι. Για να ανοίξετε ένα νέο workspace, το επιλέγετε από τις επιλογές αρχείων.



Δύο νέα άσπρα παράθυρα έχουν εμφανιστεί στην αριστερή πλευρά του κύριου παραθύρου: το workspace hierarchy (η ιεραρχία του χώρου εργασίας) και η βιβλιοθήκη (library). Το παράθυρο της βιβλιοθήκης ανιχνεύει γρηγορότερα τα αρχεία. Προς το παρόν, αγνοήστε το

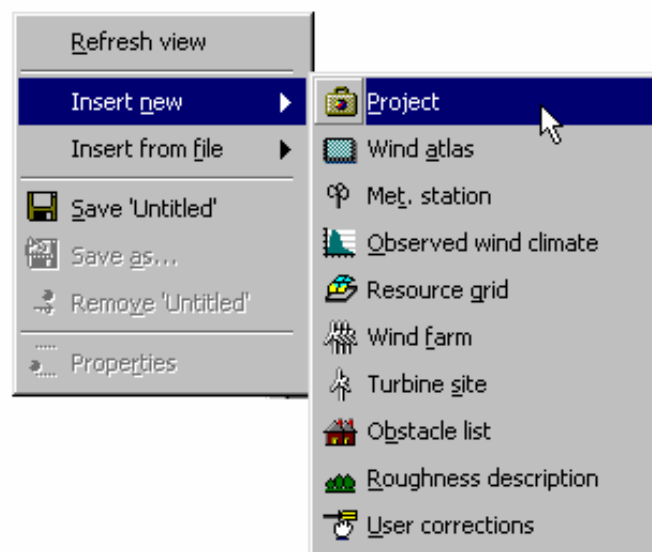
παράθυρο της βιβλιοθήκης και επικεντρωθείτε στην ιεραρχία χώρου εργασίας, η οποία είναι ο σημαντικότερος τομέας του προγράμματος.

Workspace hierarchy

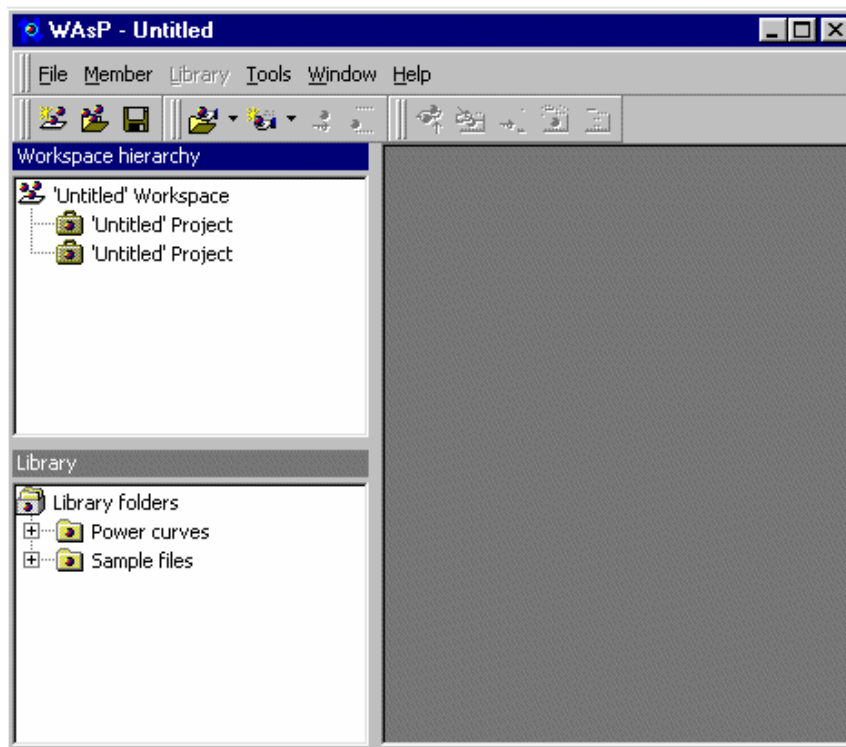
Το workspace hierarchy περιέχει μια ενιαία εικόνα, που αντιπροσωπεύει τη "ρίζα" του χώρου εργασίας. Αυτός ο χώρος εργασίας περιέχει περαιτέρω ένα "Untitled" πρόγραμμα. Για να εργαστείτε με το WAsP, πρέπει να προσθέσετε τα νέα στοιχεία στο χώρο εργασίας. Αυτά τα στοιχεία τακτοποιούνται σε μια ιεραρχία. Η ρίζα του χώρου εργασίας είναι πάντα στην κορυφή της ιεραρχίας. Όλα τα τμήματα του χώρου εργασίας είναι «παιδιά» της ρίζας του χώρου εργασίας.

Για να παρεμβάλετε ένα νέο τμήμα στην ιεραρχία, κάνετε τα εξής:

- Χτυπήστε με το δεξί κουμπί του ποντικιού στην εικόνα χώρου εργασίας.
- Εμφανίζονται κάποιες επιλογές. Επιλέξτε το Insert new.
- Εμφανίζονται και άλλες επιλογές. Επιλέξτε το Project.



Ένα τμήμα της ιεραρχίας του προγράμματος παρεμβάλλεται ως «παιδί» της ρίζας του χώρου εργασίας.



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

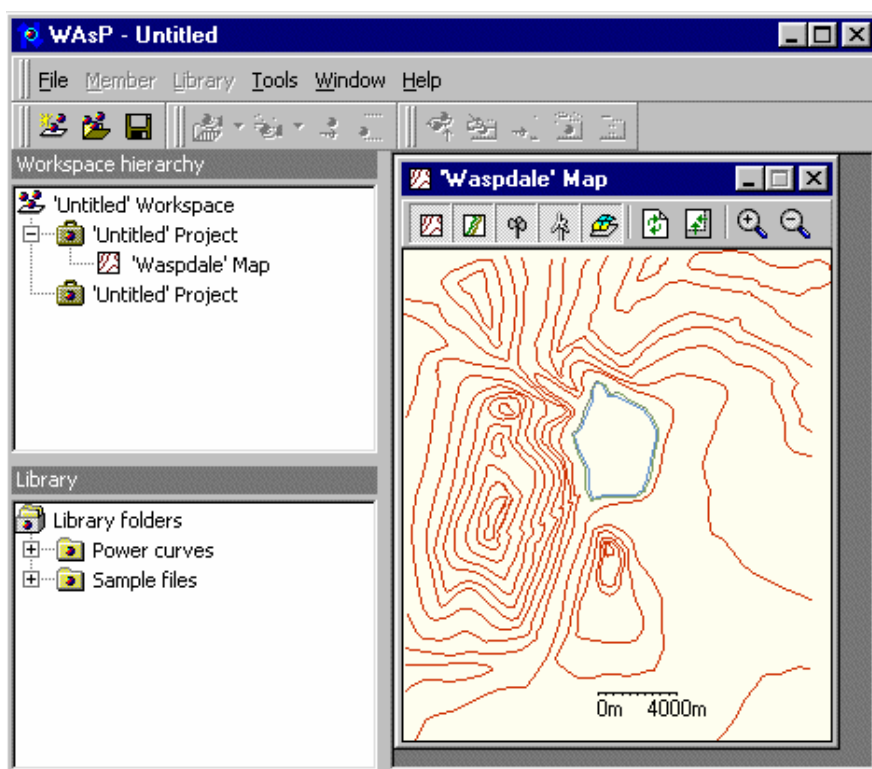
Για να παρεμβάλετε ένα άλλο τμήμα στην ιεραρχία:

- Επιλέξτε Insert from file από τις πρώτες εμφανιζόμενες επιλογές του μενού.
- Επιλέξτε το Map από το δευτερεύον μενού εισαγωγής.
- Ένα πλαίσιο διαλόγου με αρχεία επιλογής εμφανίζεται. Επιλέξτε το αρχείο αποκαλούμενο "Waspdale.map".

Ο χάρτης είναι τώρα τμήμα της ιεραρχίας, ως «παιδί» του πρώτου προγράμματος.

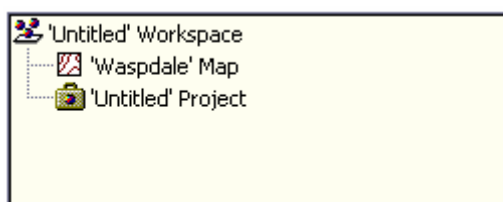
Για να δείτε το χάρτη:

- Επιλέξτε το View από το μενού δεξιού κλικ της εικόνας χαρτών.
- Το παράθυρο χαρτών εμφανίζεται στη δεξιά πλευρά του κύριου παραθύρου.



Τα περισσότερα τμήματα στην ιεραρχία έχουν ένα σχετικό παράθυρο εκτός από την απλή εικόνα, η οποία επιδεικνύεται η ίδια στην ιεραρχία.

Όλα τα τμήματα της ιεραρχίας (εκτός από τη ρίζα ιεραρχίας) μπορούν να παρεμβληθούν, να κινηθούν γύρω ή να διαγραφούν. Μπορείτε να αναδιοργανώσετε τα υπάρχοντα τμήματα της ιεραρχίας με το να τα σύρετε με το ποντίκι. Για να κινήσετε το χάρτη έτσι ώστε να είναι «παιδί» της ρίζας του χώρου εργασίας, απλά κινείστε την εικόνα των χαρτών επάνω στην εικόνα του χώρου εργασίας.



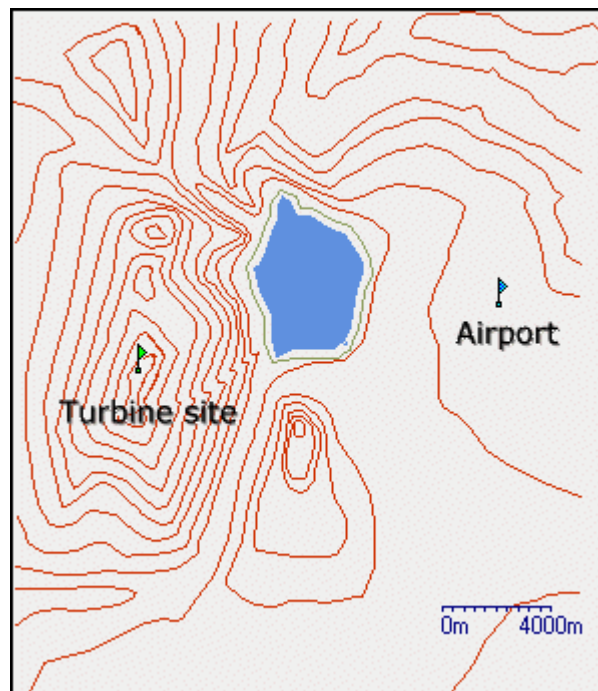
Ο χάρτης και το πρόγραμμα είναι τώρα και τα δύο «παιδιά» της ρίζας του χώρου εργασίας. Υπάρχουν περιορισμοί όπου οι διαφορετικοί τύποι μελών ιεραρχίας μπορούν να τοποθετηθούν στην ιεραρχία, αλλά οι περισσότεροι τύποι μελών (συμπεριλαμβανομένων των χαρτών) επιτρέπονται να είναι «παιδιά» της ρίζας του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

Παράδειγμα

Το παράδειγμα αρχίζει από ανεμολογικά δεδομένα και δίνει μια πρόβλεψη της παραγωγής ενέργειας από την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας 200kW στο συγκεκριμένο σημείο (στην κορυφή του λόφου).

Η επιχείρηση «Friends of Wind Energy, Waspdale Ltd.» ζητάει να παρέχετε μια πρόβλεψη της παραγωγής ενέργειας από την τοποθέτηση μιας ανεμογεννήτριας. Προτείνουν να δημιουργήσετε μια ανεμογεννήτρια.

Κανένα ανεμολογικό δεδομένο δεν έχει ληφθεί από το σημείο που θα τοποθετηθεί η ανεμογεννήτρια. Τα στοιχεία έχουν συλλεχθεί από έναν μετεωρολογικό σταθμό που υπάρχει στον κοντινότερο αερολιμένα. Ένας χάρτης παρουσιάζεται παρακάτω.



Δίνονται:

- Χάρτης με τη μορφολογία της περιοχής,
- Ανεμολογικά δεδομένα από τον αερολιμένα,
- Μια απλή περιγραφή της μορφολογίας του εδάφους στην περιοχή,
- Ένα σκίτσο των κτιρίων του αερολιμένα κοντά στο μετεωρολογικό σταθμό,
- Περιγραφή των χαρακτηριστικών της γεννήτριας.

Αυτοί έχουν μετατραπεί στα ψηφιακά αρχεία, ως εξής:

- Ψηφιακός χάρτης της τοπογραφίας και της τραχύτητας του εδάφους,
- Αρχείο στοιχείων που περιέχει τα ανεμολογικά δεδομένα,
- Αρχείο στοιχείων που περιγράφει τα κτίρια του αερολιμένα,
- Αρχείο στοιχείων που περιέχει καμπύλη παραγωγής ενέργειας για την ανεμογεννήτρια.

Από τα ανωτέρω στοιχεία, θεωρείται γνωστή η ενέργεια που θα παραχθεί από τη γεννήτρια με μια δεδομένη ταχύτητα αέρα. Εάν το σχέδιο ήταν να τοποθετηθεί η ανεμογεννήτρια ακριβώς στην ίδια θέση όπου έχουν συλλεχθεί τα μετεωρολογικά δεδομένα, θα ήταν ένας απλός στόχος να επιλυθεί το πρόβλημα της παραγωγής ενέργειας.

Παρόλα αυτά, από την εξέταση του χάρτη είναι προφανές ότι η προτεινόμενη περιοχή για τη γεννήτρια είναι τελείως διαφορετική από το μετεωρολογικό σταθμό του αερολιμένα: οι ιδιότητες του ίδιου του μετεωρολογικού σταθμού έχουν επιπτώσεις στα ανεμολογικά δεδομένα που καταγράφονται εκεί. Επιπλέον, οι ιδιότητες της περιοχής που θα τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες έχουν μια επίδραση στον τρόπο συμπεριφοράς του αέρα κοντά στη γεννήτρια. Είναι επίσης απίθανο η ανεμογεννήτρια να βρίσκεται στο ίδιο ύψος με το ανεμόμετρο.

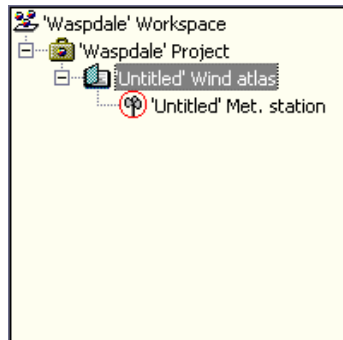
Χρησιμοποιώντας το WAsP, αναλύετε τα μετεωρολογικά δεδομένα και τα στοιχεία της περιοχής, διορθώνετε τα αποτελέσματα λόγω τοπικών χαρακτηριστικών και παράγετε έναν ανεμολογικό άτλαντα της περιοχής και μια πρόβλεψη των ανεμολογικών συνθηκών σε κοντινές περιοχές. Η πρόβλεψη θα είναι διαδικασία δύο σταδίων. Κατ' αρχάς, τα στοιχεία από το μετεωρολογικό σταθμό αναλύονται για να παράγουν έναν άτλαντα, και έπειτα ο άτλαντας εφαρμόζεται στην προτεινόμενη περιοχή ανεμογεννητριών για να υπολογίσει την ανεμολογική ισχύ.

Ανεμολογικός άτλαντας

Ανοίγετε έναν νέο χώρο εργασίας στο WAsP. Ένα νέο πρόγραμμα παρεμβάλλεται αυτόματα σε αυτόν τον χώρο εργασίας. Σώστε το χώρο εργασίας και το πρόγραμμα, ονομάζοντάς το "Waspdale".

Τώρα παρεμβάλετε ένα νέο ανεμολογικό άτλαντα ως «παιδί» του προγράμματος. Ο ανεμολογικός άτλαντας θα παραχθεί από έναν μετεωρολογικό σταθμό. Παρεμβάλετε ένα νέο μετεωρολογικό σταθμό ως «παιδί» του ανεμολογικού άτλαντα.

Ο χώρος εργασίας θα είναι φαίνεται έτσι:



Παρέχετε τα ονόματα για τον ανεμολογικό άτλαντα και το μετεωρολογικό σταθμό σώζοντάς τα. Για να κάνετε αυτό, σώστε απλά ολόκληρο το χώρο εργασίας.

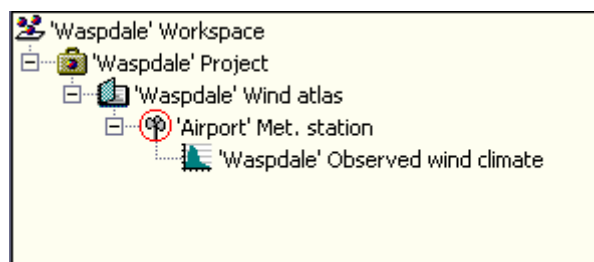
Το WAsP απαιτεί τώρα:

- Μια περιγραφή της περιοχής καταγραφής στοιχείων,
- Μια περίληψη των δεδομένων ανέμου που καταγράφονται στον τόπο.

Χρειάζεται τώρα να προσθέσετε κάποια ανεμολογικά δεδομένα στην ιεραρχία.

Επιλέξτε το μετεωρολογικό σταθμό και χρησιμοποιήστε το Insert from file για να εισάγετε το μέλος Observed wind climate (παρατηρούμενες κλιματολογικές συνθήκες ανέμου). Θα κληθείτε να παρέχετε το όνομα ενός αρχείου για χρήση.

Ο χώρος εργασίας τώρα θα φαίνεται έτσι:



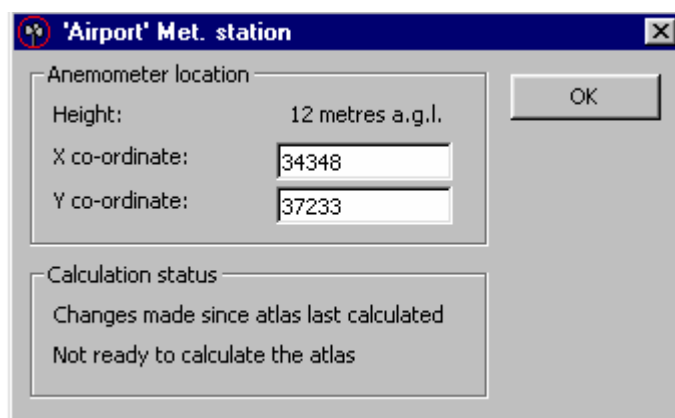
Τώρα το WAsP πρέπει να γνωρίζει για την περιοχή από την οποία τα στοιχεία συλλέχθηκαν. Κατ' αρχάς, εισάγετε έναν χάρτη ως «παιδί» του προγράμματος. Πρέπει να χρησιμοποιήσετε το ένθετο του προγράμματος από τη μέθοδο Insert from file και επιλέξετε το αρχείο αποκαλούμενο "Waspdale.map". Τώρα πρέπει να εντοπίσετε το μετεωρολογικό σταθμό στο χάρτη.

Για να εντοπίσετε το μετεωρολογικό σταθμό:

Από το μενού του μετεωρολογικού σταθμού, επέλεξε Edit location.

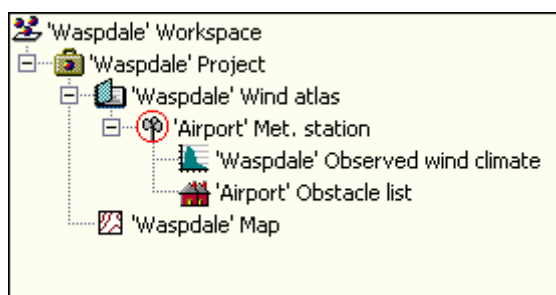
Όταν εμφανιστεί το πλαίσιο διαλόγου, θέστε την τοποθεσία (34348,37233).

Πατήστε OK.



Στο χώρο του μετεωρολογικού σταθμού, ορισμένα κτίρια και συστάδες δέντρων βρέθηκαν κοντά στον ιστό των ανεμόμετρων. Το WASP πρέπει να ξέρει για αυτά. Εισάγετε μια λίστα περιγράφοντας τα εμπόδια, χρησιμοποιήστε το Inset from file του μετεωρολογικού σταθμού για να εισάγετε μια λίστα εμποδίων. Όταν εμφανιστεί το επιλεγμένο κουτί διαλόγου, επιλέξτε το αρχείο 'Airport.obs'.

Ο χώρος εργασίας πρέπει τώρα να φαίνεται κάπως έτσι:



Το WASP είναι τώρα έτοιμο να υπολογίσει τον ανεμολογικό άτλαντα, αλλά πριν προχωρήσει, κάνει μια μικρή διακοπή για να εξεταστούν τα μέλη της ιεραρχίας που συμβάλλουν στην ανάλυση. Ο χάρτης, τα κλιματικά δεδομένα και ο κατάλογος των εμποδίων περιέχουν τα στοιχεία και μπορούμε να τα δούμε. Κάθε ένας έχει μια εντολή τη View στο μενού που το καλείς με δεξί κλικ, και η οποία θα ανοίξει το παράθυρο που έχει σχέση με το μέλος. Ανοίξτε το καθένα και δείτε τα. Για να δείτε που είναι ο μετεωρολογικός σταθμός στο χάρτη, επιλέξτε την εντολή Highlight location in map από τις επιλογές δεξιού κλικ του μετεωρολογικού σταθμού, ή πατήστε πάνω στο σχέδιο του ανεμομέτρου στη γραμμή εργαλείων του χάρτη.

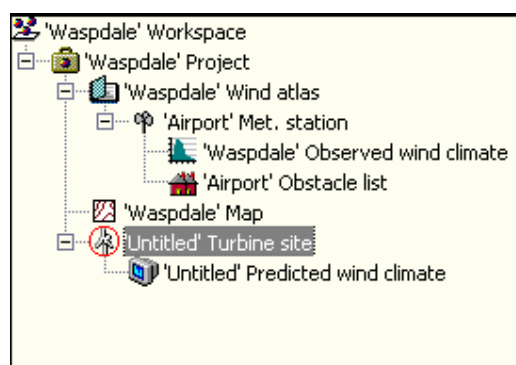
Τώρα με WAsP για να παράγετε τον ανεμολογικό άτλαντα. Από τις επιλογές δεξιού κλικ του μετεωρολογικού σταθμού, επιλέξτε την εντολή Calculate atlas. Όταν τελειώνει ο υπολογισμός, το μικρό κόκκινο δαχτυλίδι που περιβάλλει το εικονίδιο του μετεωρολογικού σταθμού έχει φύγει. Αυτό δείχνει ότι οι υπολογισμοί για τον μετεωρολογικό σταθμό είναι ενημερωμένοι.

Για να δείτε τα αποτελέσματα του υπολογισμού, επιλέξτε την εντολή View από τις επιλογές δεξιού κλικ του ανεμολογικού άτλαντα. Ο ανεμολογικός άτλαντας επιδεικνύεται. Αυτό είναι ένας ανεξάρτητος χαρακτηρισμός του κλίματος αέρα για την περιοχή. Μπορείτε επίσης να το δείτε από το regional wind climate.

7.1.2 Υπολογισμός αιολικής ενέργειας

Τώρα που το πρόγραμμα περιέχει έναν ανεμολογικό άτλαντα με τα στοιχεία κλίματος αέρα ανεξάρτητα της περιοχής, μπορούμε να εφαρμόσουμε εκείνα τα στοιχεία στην προτεινόμενη περιοχή ανεμογεννητριών. Το WAsP θα ρυθμίσει τα στοιχεία για την κατάσταση που επικρατεί στον τόπο των ανεμογεννητριών, και θα παραγάγει μια πρόβλεψη του κλίματος αέρα για την περιοχή.

Πρέπει να προσθέσετε ένα μέλος ιεραρχίας περιοχών ανεμογεννητριών στο χώρο εργασίας. Παρεμβάλετε μια νέα περιοχή ανεμογεννητριών ως «παιδί» του προγράμματος. Ο χώρος εργασίας μοιάζει τώρα με αυτό:



Το WAsP έχει προσθέσει αυτόματα ένα νέο μέλος ιεραρχίας που καλείται predicted wind climate ως «παιδί» της περιοχής ανεμογεννητριών. Αυτό το μέλος θα χρησιμοποιηθεί για να περιέχει όλες τις προβλέψεις, τις οποίες το WAsP παράγει για την περιοχή των ανεμογεννητριών. Δεν μπορεί να χωριστεί από την αρχική περιοχή ανεμογεννητριών.

Σώστε το χώρο εργασίας. Θα κληθείτε να δώσετε ένα όνομα για την περιοχή των ανεμογεννητριών. Καλέστε το 'Hilltop', δεδομένου ότι το σχέδιο είναι να δημιουργηθεί η ανεμογεννήτρια σ' ένα λόφο.

Το WAsP απαιτεί τώρα:

- Τη θέση της περιοχής στο χάρτη
- Μια περιγραφή του τύπου της ανεμογεννήτριας που προτείνετε να χρησιμοποιήσετε.

Αρχικά, εντοπίστε την περιοχή ανεμογεννητριών στο χάρτη. Επειδή ο χάρτης και η περιοχή ανεμογεννητριών είναι στο ίδιο πρόγραμμα, το WAsP αυτόματα ξέρει ότι η περιοχή βρίσκεται στην περιοχή που καλύπτεται από το χάρτη. Αυτό που πρέπει να κάνετε είναι να δώσετε τις συντεταγμένες.

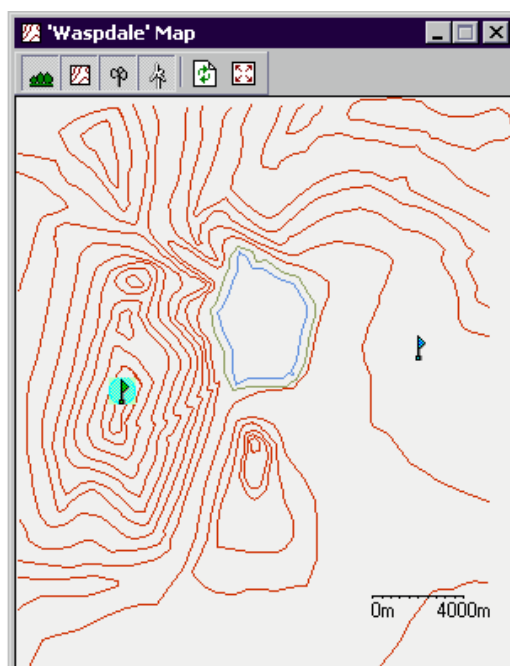
Αυτό θα μπορούσε να γίνει με την ακολουθία της ίδιας διαδικασίας όπως χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση του μετεωρολογικού σταθμού (δακτυλογραφήστε τις συντεταγμένες στο πλαίσιο διαλόγου περιοχών). Εντούτοις, δεδομένου ότι η θέση της περιοχής των ανεμογεννητριών δεν έχει αποφασιστεί ακριβώς, δεν πρέπει να είμαστε τόσο ακριβείς σε αυτή τη φάση. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια διαφορετική μέθοδο.

Από το μενού δεξιού κλικ της περιοχής των ανεμογεννητριών (Turbine Site), επιλέξτε το Locate in map. Το παράθυρο των χαρτών θα εμφανιστεί, και η περιοχή των ανεμογεννητριών θα τονιστεί στη μέση της περιοχής των χαρτών.

Εάν η περιοχή των ανεμογεννητριών εξαφανιστεί καθώς εργάζεστε με αυτή, ελέγξτε ότι το κουμπί των περιοχών των ανεμογεννητριών στη γραμμή εργαλείων είναι στην κάτω θέση, όπως αυτό:



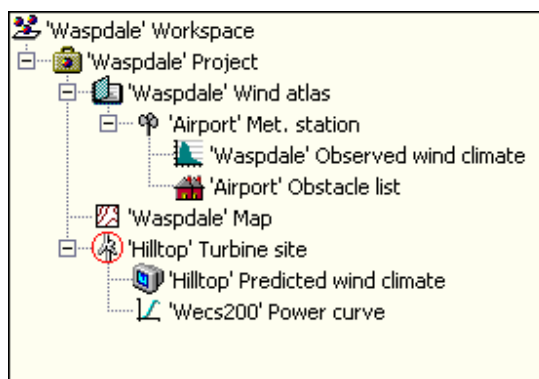
Μπορείτε τώρα να σύρετε την περιοχή των ανεμογεννητριών στο χάρτη, στην τοποθεσία που θέλετε. Τοποθετήστε την στην κορυφή του λόφου δυτικά του χώρου, όπως φαίνεται:



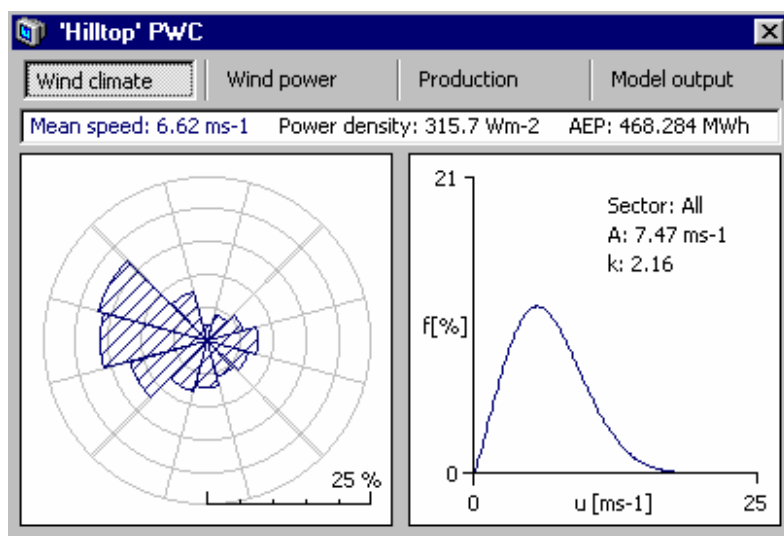
Εάν θέλετε να ρυθμίσετε τη θέση της περιοχής σε μια ακριβώς διευκρινισμένη θέση, χρησιμοποιήστε το πλαίσιο διαλόγου των περιοχών, το οποίο μπορεί να επιτευχθεί οποιαδήποτε στιγμή από τις επιλογές δεξιού κλικ της εικόνας των περιοχών των ανεμογεννητριών στην ιεραρχία του χώρου εργασίας. Μπορείτε επίσης να καλέσετε επάνω το πλαίσιο διαλόγου με το δεξί κλικ στην εικόνα σημαιών στο χάρτη.

Για να υπολογίσετε πόση ενέργεια θα παραχθεί από την ανεμογεννήτρια, το WAsP πρέπει να γνωρίζει τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γεννήτριας. Θα παρέχετε αυτές τις πληροφορίες στο WAsP δημιουργώντας ένα μέλος ιεραρχίας καμπύλης ενέργειας στην περιοχή των ανεμογεννητριών (Turbine Site). Από το μενού δεξιού κλικ της περιοχής των ανεμογεννητριών, επιλέξτε Insert from file, και μετά το 'Wecs200.pow'.

Η ιεραρχία θα είναι τώρα ως εξής:



Το WAsP είναι τώρα έτοιμο να προβλέψει τις ανεμολογικές συνθήκες για την περιοχή των ανεμογεννητριών. Από το μενού δεξιού κλικ της περιοχής των ανεμογεννητριών, επιλέξτε Calculate wind climate. Όπως και στο μετεωρολογικό σταθμό, το μικρό κόκκινο δαχτυλίδι που είναι γύρω από το εικονίδιο της περιοχής των ανεμογεννητριών θα εξαφανιστεί καθώς θα εκτελεστεί ο υπολογισμός. Μπορείτε τώρα να ανοίξετε το παράθυρο με το προβλεπόμενο ανεμολογικό προφίλ και να δείτε τα αποτελέσματα:

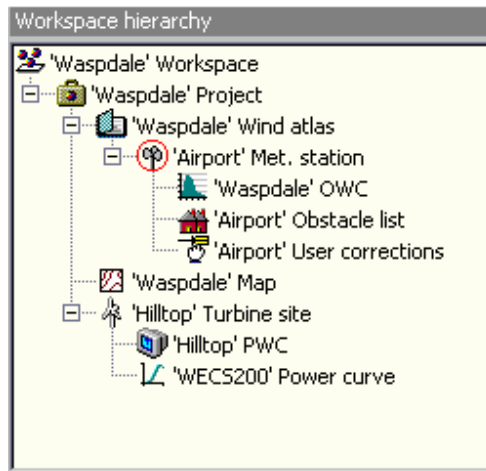


Τα νούμερα που φαίνονται παραπάνω μπορεί να διαφέρουν από αυτά που θα βγάλετε εσείς, επειδή μπορεί να μην είναι ακριβώς ίδιες οι τοποθεσίες. Το WAsP έχει υπολογίσει ότι περίπου 470 MWh το χρόνο θα παραχθούν τοποθετώντας μια ανεμογεννήτρια στην κορυφή του λόφου. Αυτό το νούμερο αναφέρεται Annual Energy Production (AEP) στο παράθυρο προβλεπόμενου ανεμολογικού προφίλ (PWC).

Η ιεραρχία του χώρου εργασίας

Το περιεχόμενο χώρου εργασίας στο Wasp οργανώνεται σε μια ιεραρχία. Τα στοιχεία στην ιεραρχία καλούνται hierarchy members, ή απλά members εάν το πλαίσιο είναι σαφές. Το γενικό σύμβολο για ένα μέλος ιεραρχίας είναι μια μικρή χρωματισμένη σφαίρα.

Η ιεραρχία αντιπροσωπεύεται οπτικά σε μια διάταξη δέντρου, παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται στο Windows Explorer. Κάθε μέλος αντιπροσωπεύεται από μια εικόνα και κάποιο κείμενο. Το δέντρο καλείται workspace hierarchy, ή απλά hierarchy εάν το πλαίσιο είναι σαφές. Ακολουθεί ένα παράδειγμα



Στην κορυφή της ιεραρχίας είναι το workspace root. Τα μέλη μπορούν να είναι «γονείς» και «παιδιά» ο ένας του άλλου. Δύο μέλη μπορούν να μοιράζονται τον ίδιο «γονέα». Το workspace root δεν μπορεί να έχει έναν «γονέα», αλλά όλα τα άλλα μέλη έχουν πάντα έναν «γονέα».

Η οργάνωση των μελών στην ιεραρχία διαμορφώνει τις ενώσεις 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 ιεραρχίας για να αλλάξει τη 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 «παιδιά».

Περιγραφή των μελών της ιεραρχίας

Workspace root

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

Project

Τα projects χρησιμοποιούνται για να διαχειρίζονται σχετικές ομάδες μελών της ιεραρχίας. Τα projects προσφέρουν πολλές δραστηριότητες, οι οποίες το καθιστούν εύκολο να εκτελέσει

διαδικασίες που είναι σχετικές με όλα τα μέλη του προγράμματος. Τα projects είναι πάντα «παιδιά» του workspace root. Όταν ανοίγεται ένα σωσμένο project, ανοίγονται και όλα τα «παιδιά» του.

Map

Το WASP χρησιμοποιεί χάρτες για να πάρει πληροφορίες σχετικά με το γήινο ανάγλυφο και τα χαρακτηριστικά τραχύτητας του τοπίου στο οποίο πραγματοποιείται το μοντέλο. Οι χάρτες μπορούν να εμφανιστούν σε πολλά σημεία στην ιεραρχία του χώρου εργασίας, αλλά τυπικά κάθε πρόγραμμα θα έχει έναν χάρτη.

Wind atlas

Ο ανεμολογικός άτλαντας είναι τα κεντρικά τμήματα της ιεραρχίας. Ένας ανεμολογικός άτλαντας του WASP περιέχει δεδομένα που περιγράφουν ανεξάρτητα χαρακτηριστικά για τις ανεμολογικές συνθήκες ενός τόπου. Τα μοντέλα του WASP προσηλώνονται στην ανάλυση ανεμολογικών δεδομένων που συλλέγονται από μετεωρολογικούς σταθμούς για να παράγουν άτλαντες αέρα και να ζητάνε από τον άτλαντα να υπολογίζει τις ανεμολογικές συνθήκες (και την παραγωγή ενέργειας) για τις περιοχές τοποθέτησης ανεμογεννητριών.

Ένας ανεμολογικός άτλαντας εξηγεί χρησιμοποιώντας ένα κλειστό βιβλίο σαν εικονίδιο αν ο άτλαντας είναι απλά ένα στατικό αρχείο δεδομένων. Ένα εικονίδιο ανοιχτού βιβλίου χρησιμοποιείται αν ο ανεμολογικός άτλαντας σχετίζεται με έναν μετεωρολογικό σταθμό ο οποίος μπορεί να ξαναυπολογίσει τον άτλαντα.

Meteorological station

Ένας μετεωρολογικός σταθμός χρησιμοποιείται για να υπολογίσει έναν ανεμολογικό άτλαντα. Αντιπροσωπεύει ένα μέρος συλλογής δεδομένων που βρίσκεται κάπου στο χάρτη. Ένας σταθμός δεν έχει δεδομένα εκτός από την τοποθεσία του στο χάρτη. Σχετίζεται με τις ανεμολογικές συνθήκες που παρατηρείται στο σταθμό. Μπορεί να σχετίζεται με μια λίστα από εμπόδια τα οποία βρίσκονται γύρω απ' το σταθμό και με μια περιγραφή της τραχύτητας της γύρω περιοχής.

Όταν ένας μετεωρολογικός σταθμός ξανανοίγει, όλα τα «παιδιά» του ανοίγουν επίσης. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να σώσουμε τον μετεωρολογικό σταθμό και τα «παιδιά» του σαν έναν ολοκληρωμένο κλάδο της ιεραρχίας και να το χρησιμοποιήσουμε σε άλλους χώρους εργασίας.

Observed wind climate

Μια περίληψη των καταγεγραμμένων ανεμολογικών δεδομένων από έναν μετεωρολογικό σταθμό καλούμε observed wind climate (OWC για συντομία).

Turbine site

Ένας χώρος ανεμογεννητριών χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την παραγωγή ενέργειας που θα προκύψει από την τοποθέτηση μιας ανεμογεννήτριας οπουδήποτε στο χάρτη. Κάθε χώρος ανεμογεννητριών έχει ένα προβλεπόμενο κλίμα αέρα. Ένας χώρος ανεμογεννητριών δεν έχει δεδομένα εκτός από την τοποθεσία στο χάρτη και το ύψος του άξονά της. Ένας χώρος ανεμογεννητριών μπορεί να σχετίζεται με μια λίστα από εμπόδια που περιβάλλουν το σταθμό και μια περιγραφή της τραχύτητας της γύρω περιοχής.

Όταν ξανανοίγεται ένας χώρος ανεμογεννητριών, ανοίγουν και όλα τα «παιδιά» του. . Αυτό δίνει τη δυνατότητα να σώσουμε τον χώρο των ανεμογεννητριών και τα «παιδιά» του σαν έναν ολοκληρωμένο κλάδο της ιεραρχίας και να το χρησιμοποιήσουμε σε άλλους χώρους εργασίας.

Predicted wind climate

Ένα προβλεπόμενο κλίμα αέρα περιέχει την παραγωγή που υπολογίζεται από μια περιοχή ανεμογεννητριών. Αντιστοιχεί σε ένα παρατηρούμενο κλίμα αέρα δεδομένου ότι είναι μια περιγραφή του κλίματος αέρα σε συγκεκριμένη περιοχή, αλλά και περιέχει τις πρόσθετες πληροφορίες για την πυκνότητα ισχύος και την ετήσια ενεργειακή παραγωγή.

Wind farm

Τα αιολικά πάρκα είναι συλλογές από «ελαφριές» ανεμογεννήτριες οι οποίες υπολογίζονται. Η παραγωγή είναι λιγότερο λεπτομερής από μια περιοχή ανεμογεννητριών και είναι λιγότερο εύκαμπτη, αλλά προσφέρει έναν εύκολο τρόπο για να δουλευτούν αρκετές περιοχές συγχρόνως.

Resource grid

Τα πλέγματα των πόρων είναι επίσης συλλογές των "ελαφριών" περιοχών των ανεμογεννητριών, αλλά εδώ οι περιοχές τακτοποιούνται σε ένα κανονικό πλέγμα που καλύπτει μια περιοχή. Η επέκταση του πλέγματος και του μεγέθους κυττάρων πλέγματος μπορεί να επιλεχτεί για να χαρτογραφήσει τις ανεμολογικές συνθήκες ή τον πόρο αέρα οπουδήποτε στο χάρτη – και με τόσο πολλή λεπτομέρεια όπως απαιτείται.

Power curve

Μια καμπύλη ενέργειας περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο η παραγωγή ενέργειας μιας ανεμογεννήτριας αλλάζει με την ταχύτητα του αέρα. Μπορεί να συσχετιστεί με μια ή και περισσότερες ανεμογεννήτριες ή αιολικά πάρκα

Obstacle list

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί και (λιγότερο) οι περιοχές ανεμογεννητριών μπορούν να έχουν εμπόδια τριγύρω τους. Μια λίστα εμποδίων είναι μια περιγραφή μερικών εμποδίων που σχετίζονται με το χώρο.

Roughness description

Ένας εναλλακτικός τρόπος της παροχής των πληροφοριών τραχύτητας σε έναν χάρτη είναι να παρασχεθεί μια συγκεκριμένη περιγραφή για την περιοχή. Οι περιοχές και οι μετεωρολογικοί σταθμοί μπορούν και οι δύο να συνδεθούν με τις περιγραφές τραχύτητας.

User corrections

Ένα σύνολο διορθώσεων χρηστών μπορεί να συνδεθεί με μια περιοχή μετεωρολογικών σταθμών ή ανεμογεννητριών. Παρέχει έναν τρόπο το WAsP για μερικές συγκεκριμένες ρυθμίσεις μιας περιοχής που δεν μπορούν να περιγραφούν χρησιμοποιώντας τα άλλα μέλη ιεραρχίας.

8 Υπολογισμός παραγόμενης ενεργειακής παραγωγής από μία Ανεμογεννήτρια σε διάφορες θέσεις στο WASP

8.1 Πειραματικό μέρος

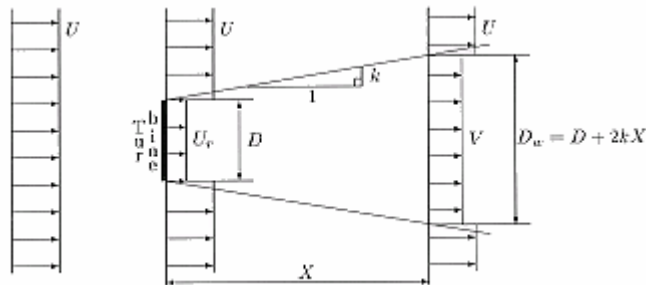
8.1.1 Ενεργειακή παραγωγή από μια ανεμογεννήτρια

Σε αυτήν την εργαστηριακή άσκηση γίνεται εξοικείωση με το πρόγραμμα Wasp. Εισαγάγετε μια ανεμογεννήτρια ακολουθώντας τις οδηγίες του θεωρητικού μέρους που περιγράφεται αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο.

1. Χρησιμοποιώντας τα ανεμολογικά δεδομένα που δίνονται από το πρόγραμμα καταγράψτε την ετήσια παραγωγή ενέργειας της ανεμογεννήτριας.
2. Μεταβάλλετε τη θέση της ανεμογεννήτριας στο χάρτη, σε τρεις πιθανές 'καλές' θέσεις και σε τρεις 'άσχημες'. Πως μεταβάλλεται η ετήσια παραγωγή ενέργειας με τη μεταβολή της θέσης στο χάρτη. Δώστε τις δικές σας εκτιμήσεις για την διαφοροποίηση στην παραγωγή ενέργειας ανά θέση ενδιαφέροντος.

9 Υπολογισμός παραγόμενης ενεργειακής παραγωγής από αιολικό πάρκο, στο WASP

Το μοντέλο του αιολικού πάρκου του προγράμματος Wasp βασίζεται στο μαθηματικό μοντέλο όμορου του N.O. Jensen (1984). Ο όμορος θεωρείται ότι αναπτύσσεται γραμμικά πίσω από την πτερωτή. Άρα οι μεταβλητές που επηρεάζουν τον όμορο είναι η αρχική ταχύτητα του ανέμου και ο συντελεστής εξασθένησης του όμορου k (wake decay constant) που εκφράζει το ρυθμό ανάπτυξης του όμορου. Το μοντέλο αποτυπώνεται στο σχήμα 9.1



Σχήμα 9.1 Το μοντέλο του όμορου

Η ταχύτητα του ανέμου σε απόσταση X από την πτερωτή δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$V = U \left[1 - \left(1 - \sqrt{1 - C_t} \right) \left(\frac{D}{D + 2kX} \right)^2 \right] \quad (6.1)$$

όπου $(1 - C_t) = (U_w/U)^2$, V είναι η ταχύτητα ανέμου στον όμορο, U είναι η ταχύτητα του ανέμου πριν την πτερωτή, C_t ο συντελεστής ώσης, D η διάμετρος της πτερωτής και k ο συντελεστής εξασθένησης.

$$C_t = \frac{2F_T}{\rho \pi R^2 U^2}$$

Ο συντελεστής ώσης δίνεται από την εξίσωση:

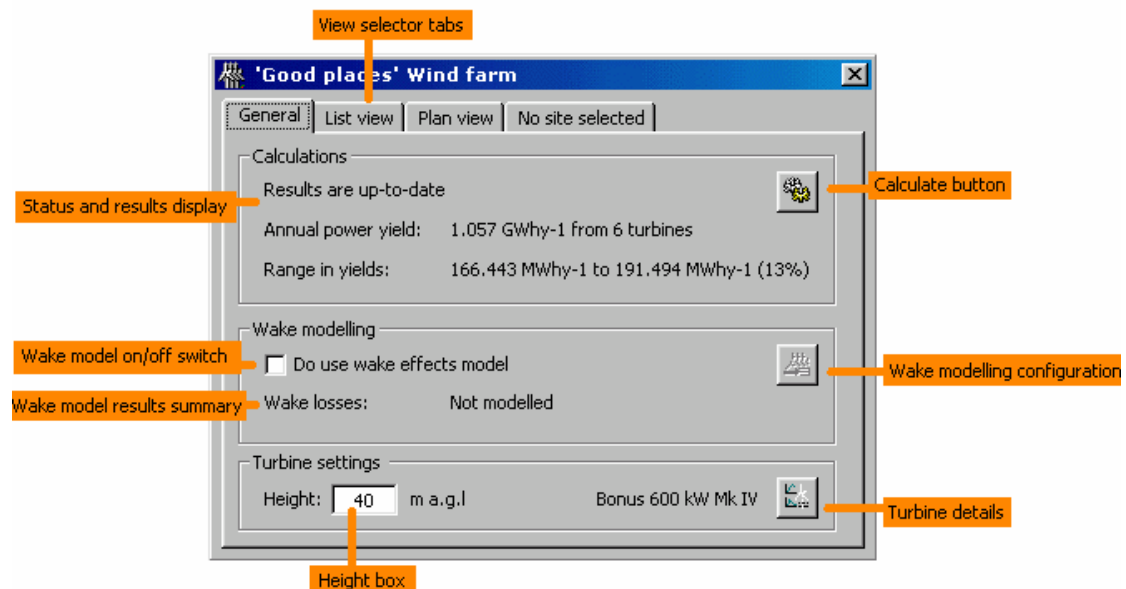
Όπου F_T η ώση, ρ η πυκνότητα του αέρα και R η διάμετρος της πτερωτής.

Το παράθυρο διαλόγου για το αιολικό πάρκο

Οι υπολογισμοί αιολικού πάρκου του προγράμματος Wasp λαμβάνουν υπόψη την επίδραση του όμορου. Η διαδικασία εισαγωγής αιολικού πάρκου στο πρόγραμμα είναι η ακόλουθη:

- Δημιουργία νέου workspace
- Εισαγωγή νέου project στο workspace
- Εισαγωγή ανεμολογικού άτλαντα στο project
- Εισαγωγή χάρτη στο project
- Εισαγωγή νέου αιολικού πάρκου στο project
- Στο παράθυρο του αιολικού πάρκου επιλέξτε το κουμπί new site για να εισαγάγετε την 1^η θέση.
- Στο παράθυρο του αιολικού πάρκου πατήστε το κουμπί new site για να εμφανίσετε τη θέση στο χάρτη.
- Στο παράθυρο του χάρτη πηγαίνετε την ανεμογεννήτρια σε επιθυμητή θέση.

Γενικές πληροφορίες



Στο παράθυρο αυτό φαίνονται:

- Το status των υπολογισμών. Κάθε φορά που αλλάζει κάτι στο αιολικό πάρκο οι υπολογισμοί πρέπει να ξαναγίνουν με πάτημα του «calculate».
- Η ετήσια ενεργειακή παραγωγή (AEP) του αιολικού πάρκου με και χωρίς υπολογισμούς του όμορου.
- Το μοντέλο του όμορου (να είναι on). Το παράθυρο ρυθμίσεων του όμορου ελέγχει την επίδραση του όμορου καθορίζοντας το k ανά τομέα.
- Το τμήμα ρυθμίσεων της ανεμογεννήτριας (ύψος πύργου των θέσεων στο πάρκο).

Υπολογισμοί

- Εισαγάγετε 7 ανεμογεννήτριες σε 2 σειρές κατά την κρίση σας και αιτιολογώντας την χωροθέτηση που επιλέξατε (ακολουθώντας τον κανόνα των ελαχίστων αποστάσεων).
- Στο αιολικό πάρκο των 7 α/γ που έχετε εισάγει καταγράψτε την ενεργειακή παραγωγή χωρίς την επίδραση του όμορου (GROSS AEP).
- Δώστε τις απαραίτητες ρυθμίσεις για την επίδραση του όμορου. Ποια είναι η επίδραση του όμορου στην ενεργειακή παραγωγή; Ποια η % μείωση της παραγωγής με την επίδραση του όμορου (wake loss %).
- Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 9.1. Ενεργειακή παραγωγή με την επίδραση του όμορου

A/A Ανεμ/νήτριας	Ενεργειακή παραγωγή Gross AEP ₁	WAKE LOSS %	Ενεργειακή παραγωγή NET AEP ₁
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
ΣΥΝΟΛΟ		-----	

Μεταβάλετε τις θέσεις μεταξύ των α/γ αυξάνοντας τις αποστάσεις κατά 25%. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας στον Πίνακα 9.2

**Πίνακας 9.2. Μεταβολή Ενεργειακής παραγωγής με την επίδραση των αποστάσεων
μεταξύ των α/γ**

A/A Ανεμ/νήτριας	Ενεργειακή παραγωγή Gross AEP ₂	Ενεργειακή παραγωγή NET AEP ₂	Ποσοστιαία μεταβολή σε σχέση με NET AEP ₁
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
ΣΥΝΟΛΟ			

Μεταβάλετε τις θέσεις των δύο χειρότερων από άποψη ενεργειακής παραγωγής α/γ.
Καταγράψετε τις παρατηρήσεις σας στον Πίνακα 9.3

Πίνακας 9.3. Μεταβολή Ενεργειακής παραγωγής με βελτίωση θέσης δύο α/γ

A/A Ανεμ/νήτριας	Ενεργειακή παραγωγή Gross AEP ₃	Ενεργειακή παραγωγή NET AEP ₃	Ποσοστιαία μεταβολή σε σχέση με NET AEP ₂
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
ΣΥΝΟΛΟ			

Σχολιάστε τις αρχικές ενεργειακές παραγωγές για κάθε μία Α/Γ, και μετά τις αλλαγές που παρατηρήσατε και προσπαθήστε να δώσετε εξήγηση για την μεταβολή της ενεργειακής παραγωγής για κάθε μία Α/Γ χωριστά.

10 Διαστασιολόγηση Φωτοβολταϊκού Συστήματος

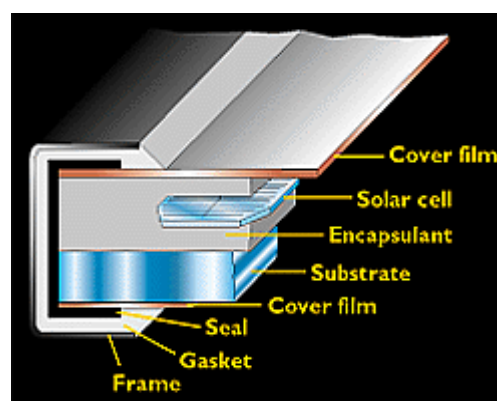
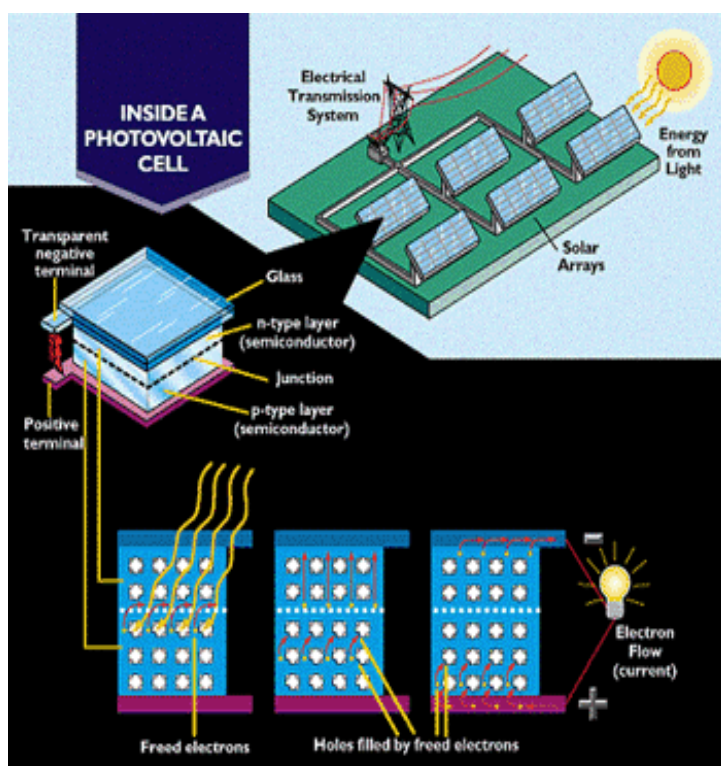
10.1 Θεωρητικό μέρος

10.1.1 Εισαγωγή

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες (ή φωτοβολταϊκά στοιχεία) μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένα στοιχειώδες μέσον άμεσης μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική. Το βασικό υλικό κατασκευής των φωτοβολταϊκών κυψελών είναι ημιαγωγοί οι οποίοι στις περισσότερες περιπτώσεις βασίζονται στο πυρίτιο (Si), το οποίο μπορεί να είναι άμορφο ή κρυσταλλικό.

Όπως κάθε σύστημα μετατροπής ενέργειας από την μία μορφή στην άλλη, ο βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων έχει συγκεκριμένα όρια, εξαρτώμενος κατά κύριο λόγο από το υλικό κατασκευής των κυψελών. Η ηλεκτρική ισχύς που παρέχει κάθε ανεξάρτητο φωτοβολταϊκό στοιχείο, εκτεθειμένο πλήρως στην ηλιακή ακτινοβολία, είναι της τάξεως των μερικών εκατοντάδων mWatt υπό τάση 0.4-0.8 Volts (για τις κυψέλες Si). Ισχύς πολύ μικρή για οποιαδήποτε πρακτική χρήση. Για την επίτευξη πρακτικού αποτελέσματος τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους δημιουργώντας τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, συστήματα τα οποία έχουν την ικανότητα να παράσχουν ηλεκτρική ισχύ άμεσα αξιοποιήσιμη.

Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελεί μια στιβαρή κατασκευή με σημαντικές αντοχές σε ισχυρές καταπονήσεις, την υπερθέρμανση, την υγρασία και τη διάβρωση. Αποτελείται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τη διαφανή επιφάνεια κάλυψης, το πλαίσιο και τους ακροδέκτες (Σχήμα 10.1)

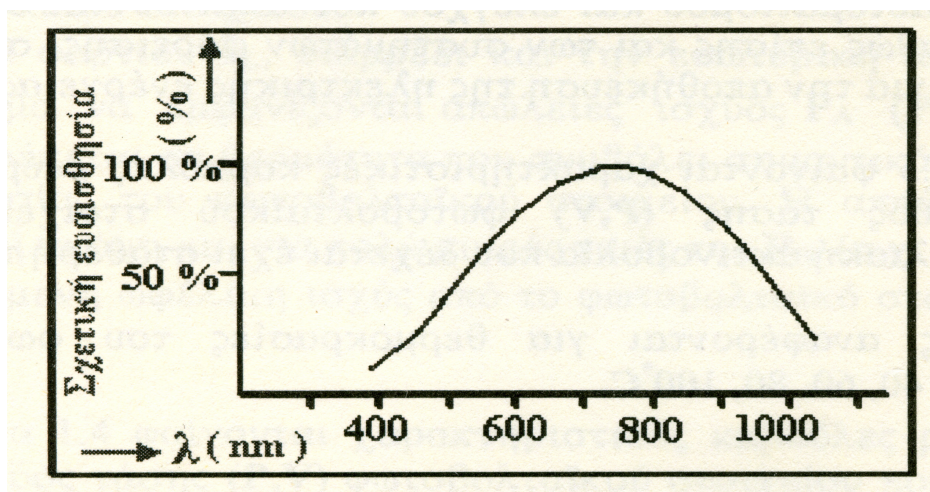




Σχ. 10.1: Τα τμήματα του φωτοβολταϊκού πλαισίου

10.1.2 Ανάλυση των φωτοβολταϊκών συστημάτων

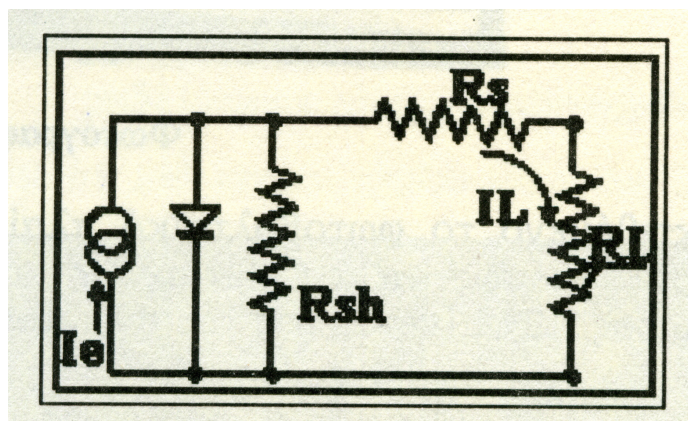
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από το φωτοβολταϊκό πλαίσιο και μετατρέπεται σε θερμότητα με επιπτώσεις στην απόδοσή του. Γενικά όταν η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού πλαισίου αυξάνεται, ο συντελεστής απόδοσής του μειώνεται. Έτσι κατά την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε παράγοντες που σχετίζονται με την ψύξη τους, όπως για παράδειγμα να υπάρχει ελεύθερος χώρος στην πίσω πλευρά τους για την κυκλοφορία του αέρα. Στο Σχήμα 10.2 δίνεται η φασματική απόκριση ενός τυπικού πλαισίου πυριτίου. Με βάση το διάγραμμα παρατηρούμε ότι υπάρχει έντονη εξάρτηση της ευαισθησίας του στοιχείου με το μήκος κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό, με την μεγαλύτερη ευαισθησία να παρουσιάζεται στην περιοχή των 800nm.



Σχ. 10.2: Η φασματική απόκριση ενός τυπικού φωτοβολταϊκού στοιχείου Si

Ο βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων, ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους κυμαίνεται από 12-15% για το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, 10-13% για το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο και μέχρι 7% για τα ηλιακά στοιχεία του άμορφου πυριτίου.

Αναπτύσσοντας μια ενεργειακή εφαρμογή θα πρέπει να γνωρίζουμε τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά των στοιχείων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ως ημιαγωγοί μπορούν να περιγραφούν από το ισοδύναμο κύκλωμα του Σχήματος 10.3.



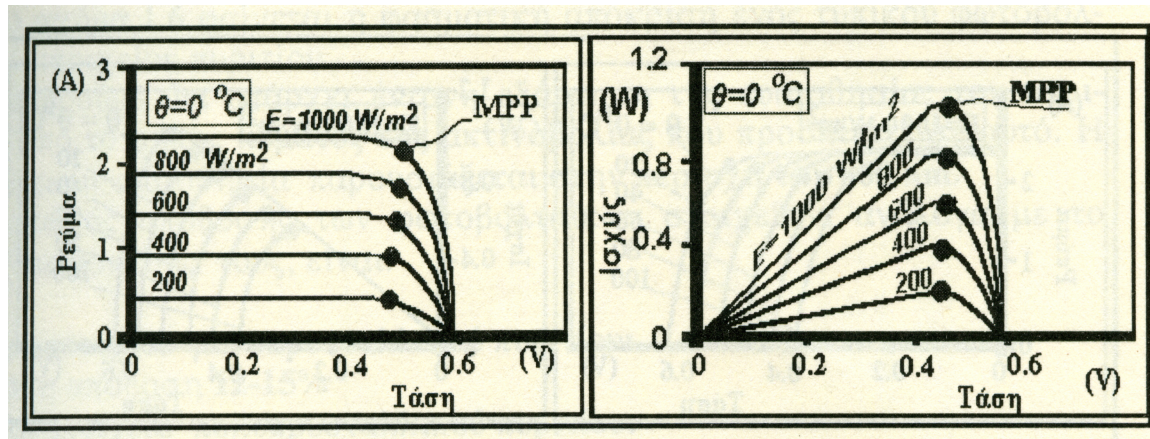
- R_{sh} : Αντίσταση επαφής
- R_s : Εσωτερική αντίσταση
- R_L : Αντίσταση φορτίου
- I_L : Ρεύμα φορτίου

Σχ. 10.3: Το ισοδύναμο κύκλωμα ενός φωτοβολταϊκού

στοιχείου σε λειτουργία

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αντίσταση R_{sh} δεν έχει πρακτικά επίδραση στην απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Το ρεύμα φορτίου I_L διαρρέει και την εσωτερική αντίσταση R_s με αποτέλεσμα να εμφανίζονται απώλειες ισχύος $P_A = R_s \times I_L^2$, οι οποίες μετατρέπονται σε θερμότητα, φαινόμενο που συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Η παρεχόμενη ωφέλιμη ισχύς από το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι $P_o = R_L \times I_L^2$.

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες του ρεύματος και της τάσης [$I=f(V)$] καθώς και της ισχύος συναρτήσει της τάσης [$W=f(V)$] ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου σε θερμοκρασία 0°C παρουσιάζονται στο Σχήμα 10.4.

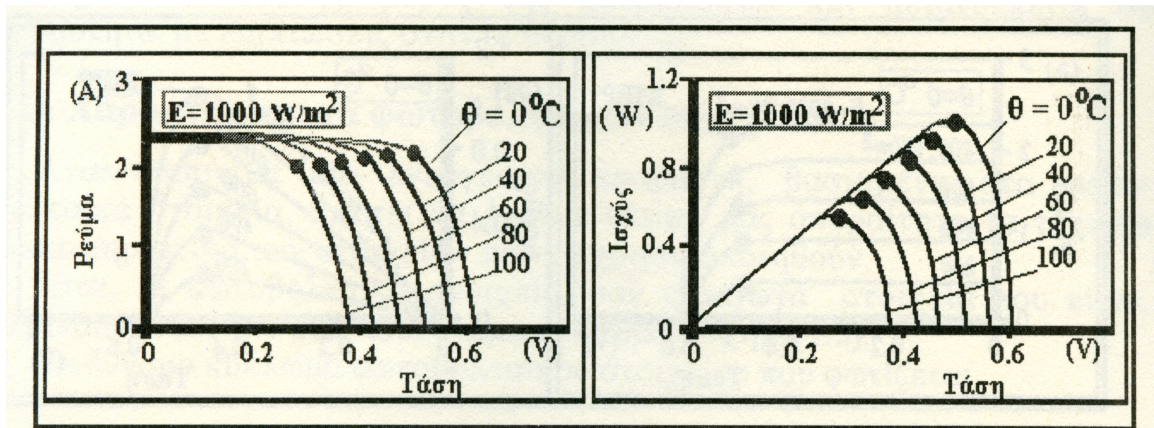


Σχ. 10.4: Χαρακτηριστικές καμπύλες $I=f(V)$ και $W=f(V)$ φωτοβολταϊκού στοιχείου σε θερμοκρασία 0°C

Με βάση το Σχήμα 10.4 παρατηρούμε ότι η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων εξαρτάται άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνειά τους. Συνεπώς είναι σημαντική η επιλογή της θέσης εγκατάστασης, ο προσανατολισμός και η κλίση των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Η μέγιστη ισχύς παρέχεται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία όταν λειτουργούν στο σημείο MPP (Maximum Power Point). Το MPP αποτελεί χαρακτηριστική τιμή του φωτοβολταϊκού στοιχείου και λαμβάνεται υπ' όψιν κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων αυτοματισμού και ελέγχου καθώς και των συστημάτων φόρτισης των συσσωρευτών.

Στο Σχήμα 10.5 παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες του ρεύματος και της τάσης [$I=f(V)$] καθώς και της ισχύος συναρτήσει της τάσης [$W=f(V)$] ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου για σταθερή τιμή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ($E=1000\text{ W/m}^2$).

Παρατηρούμε ότι η απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων, όταν η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται είναι σταθερή (στην περίπτωση μας $E=1000\text{ W/m}^2$), εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία στην οποία ευρίσκονται. Έτσι όταν η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού στοιχείου αυξάνεται η απόδοσή του μειώνεται. Γι' αυτό τον λόγο κατά την εγκατάστασή τους θα πρέπει να φροντίζεται η όσο το δυνατόν καλύτερη φυσική τους ψύξη (να μην τοποθετούνται στην πίσω πλευρά τους μονωτικά υλικά και να υπάρχει ελεύθερος χώρος για την κυκλοφορία του αέρα).



Σχήμα 10.5: Χαρακτηριστικές καμπύλες $I=f(V)$ και $W=f(V)$ φωτοβολταϊκού στοιχείου όταν η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι 1000 W/m^2

Σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά μεγέθη των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα πρέπει να γνωρίζουμε τις ακόλουθες χαρακτηριστικές παραμέτρους:

- Τη μέγιστη ισχύ πλαισίου. [P_m (Watts)]
- Την τάση μέγιστης ισχύος. [V_m (Volts)]
- Την ένταση μέγιστης ισχύος. [I_m (Amperes)]
- Την τάση ανοικτού κυκλώματος [V_{oc} (Volts)]
- Την ένταση βραχυκυκλώματος. [I_{sc} (Amperes)]
- Την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. [E (Watts/m²)]
- Την αέρια μάζα. [M]
- Τη θερμοκρασία του πλαισίου. [Θ_s (°C)]
- Τις διαστάσεις του πλαισίου (Μήκος, Πλάτος, Πάχος) [L, h, S , (m)]
- Το βάρος του πλαισίου [B (Kg)]

Στο Σχήμα 10.6 παρουσιάζεται η χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος, τάσης (I, V) ενός ηλιακού πλαισίου αποτελούμενου από φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Πίνακα 10.1:

Πίνακας 10.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου

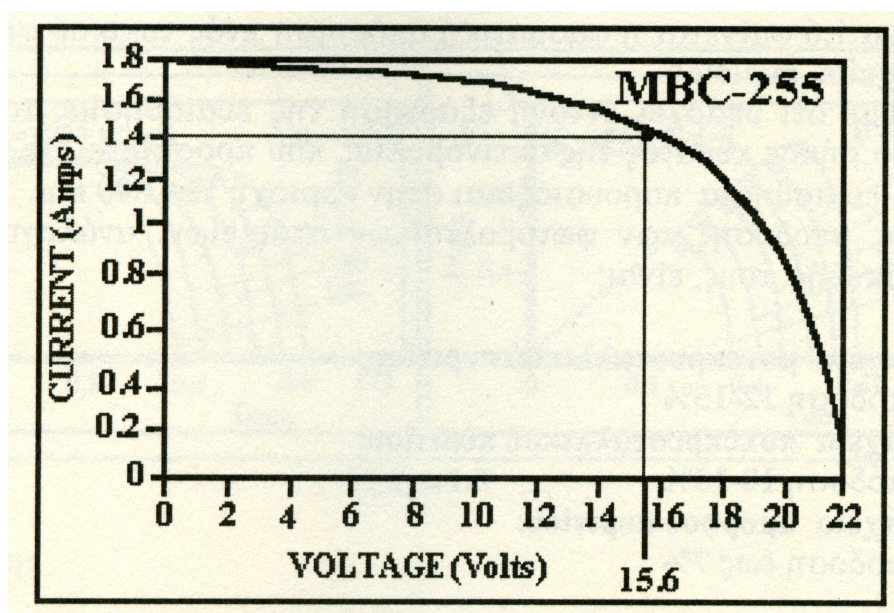
Μέγιστη ισχύς	$P_m = I_m \times V_m = 22 \text{ Watts}$
Τάση μέγιστης ισχύος	$V_m = 15.6 \text{ Volts}$
Ένταση μέγιστης ισχύος	$I_m = 1.4 \text{ Amps}$
Τάση ανοικτού Κυκλώματος	$V_{oc} = 22 \text{ Volts}$
Ένταση βραχυκυκλώματος	$I_{sc} = 1.8 \text{ Amps}$
Μήκος	$L = 1,3 \text{ m}$
Πλάτος	$h = 0,41 \text{ m}$

Πάχος	S =0,036 m
Βάρος	B =1.9 Kg

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου πλαισίου έχουν προσδιορισθεί με τις συνθήκες του Πίνακα 10.2.

Πίνακας 10.2: Συνθήκες αναφοράς των τεχνικών χαρακτηριστικών του Πίνακα 10.1

Ηλιακή ακτινοβολία	E=1000 W/m ²
Αέρια μάζα	M=1.5
Θερμοκρασία στοιχείου	Θ _s =25°C



Σχήμα 10.6: Η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου με τα χαρακτηριστικά του Πίνακα 10.1

10.1.3 Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκών πλαισίων

Ο βαθμός απόδοσης (η) ενός ηλιακού πλαισίου μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$\eta = \frac{P_m}{E \cdot F} \quad (10.1)$$

όπου:

$$P_m = V_m \cdot I_m \quad (10.2)$$

και F η επιφάνεια του πλαισίου (m²):

$$F = L \cdot h \quad (10.3)$$

Για το πλαίσιο του Πίνακα 10.1 έχουμε:

$$F = 1.3 \times 0.41 = 0.533 \text{ m}^2$$

και

$$\eta = 22 / (1000 \times 0.533) = 0.041 \quad \text{ή} \quad \eta = 4.1\%$$

Βαθμός απόδοσης μάλλον καλός για πλαίσιο φωτοβολταϊκών στοιχείων άμορφου πυριτίου.

Έχει αναφερθεί ήδη, ότι ο βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή πλαισίων) εξαρτάται από τη θερμοκρασία τους. Ένας επιπλέον παράγοντας που επιδρά αρνητικά στο βαθμό απόδοσης τους, είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος στο οποίο είναι εγκατεστημένα. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά, η σχέση (10.1) γίνεται:

$$\eta = \frac{P_{\phi}}{E \cdot F \cdot \sigma_{\theta} \cdot \sigma_{\rho}} \quad (10.4)$$

όπου: P_{ϕ} η ισχύς που αποδίδει το φωτοβολταϊκό στοιχείο στο φορτίο (Watt).

σ_{θ} αδιάστατος συντελεστής που έχει σχέση με τη θερμοκρασία λειτουργίας του πλαισίου και δίνεται από τον κατασκευαστή.

σ_{ρ} αδιάστατος συντελεστής που σχετίζεται με τη ρύπανση του

περιβάλλοντος στο οποίο είναι τοποθετημένα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ($\sigma_{\rho}=1$ για περιβάλλον χωρίς ρύπανση, $\sigma_{\rho}=0.9$ για περιβάλλον με μέτρια επίπεδα ρύπανσης και $\sigma_{\rho}=0.8$ για περιβάλλον με υψηλά επίπεδα ρύπανσης).

Η σχέση (10.4) μας δίνει το βαθμό απόδοσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου λαμβάνοντας υπόψη την ισχύ που αυτό αποδίδει στο φορτίο (P_{ϕ})

Στην περίπτωση που δεν είναι γνωστός ο συντελεστής σ_{θ} , μπορεί για τα πλαίσια πυριτίου, να χρησιμοποιηθεί η ακόλουθη σχέση:

$$\sigma_{\theta} = 1 - \left[\frac{\theta_{\alpha} + 10}{200} \right] \quad (10.5)$$

όπου: θ_{α} η μέση θερμοκρασία αέρα (°C) στη διάρκεια της ημέρας

Είναι φανερό ότι θα πρέπει να πραγματοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα καθαρισμός της γυάλινης επιφάνειας των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι

τα φωτοβολταϊκά πλαίσια παράγουν συνεχές ρεύμα χαμηλής τάσης όταν εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία.

10.1.4 Συστοιχίες φωτοβολταϊκών πλαισίων

Στις περισσότερες περιπτώσεις ηλεκτροδότησης με τη χρήση φωτοβολταϊκών πλαισίων, η ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται παρέχεται από περισσότερα του ενός πλαίσια κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Έτσι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορούν να συνδεθούν σε σειρά, παράλληλα είτε ταυτόχρονα και με τους δύο τρόπους.

Στην περίπτωση της εν σειρά σύνδεσης ο στόχος είναι να επιτευχθεί τάση μεγαλύτερη από την τάση που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χωριστά. Έτσι ο θετικός πόλος του ενός στοιχείου συνδέεται με τον αρνητικό πόλο του επομένου και η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να συνδεθούν μεταξύ τους όλα (σύνδεση του τομέα O_1 στο Σχήμα 10.7). Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα συνδεθούν σε σειρά πρέπει να έχουν το ίδιο ρεύμα βραχυκυκλώματος (I_{sc}) και το ίδιο ρεύμα μέγιστης ισχύος (I_m).

Η συνολική τάση της συστοιχίας είναι το άθροισμα των τάσεων του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου και προφανώς από το κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο κυκλοφορεί το ίδιο ρεύμα. Για «v» φωτοβολταϊκά πλαίσια, έχουμε:

$$\text{Τάση ανοικτού κυκλώματος: } V_{oc} = V_{oc1} + V_{oc2} + V_{oc3} + \dots + V_{ocv} \quad (10.6)$$

$$\text{Τάση μέγιστης ισχύος: } V_m = V_{m1} + V_{m2} + V_{m3} + \dots + V_{mv} \quad (10.7)$$

Η σύνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων παράλληλα χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που θέλουμε να επιτύχουμε ρεύμα μεγαλύτερο από το ρεύμα που παρέχει κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο χωριστά. Η σύνδεση πραγματοποιείται συνδέοντας τον θετικό πόλο του ενός στοιχείου με τον θετικό πόλο του άλλου και ο αρνητικός πόλος με τον αρνητικό του άλλου. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να συνδεθούν μεταξύ τους όλα (σύνδεση των τομέων O_1 , O_2 και O_3 μεταξύ τους στο Σχήμα 10.7). Προσοχή θα πρέπει να δοθεί ώστε τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα συνδεθούν παράλληλα να έχουν την ίδια τάση ανοικτού κυκλώματος (V_{oc}).

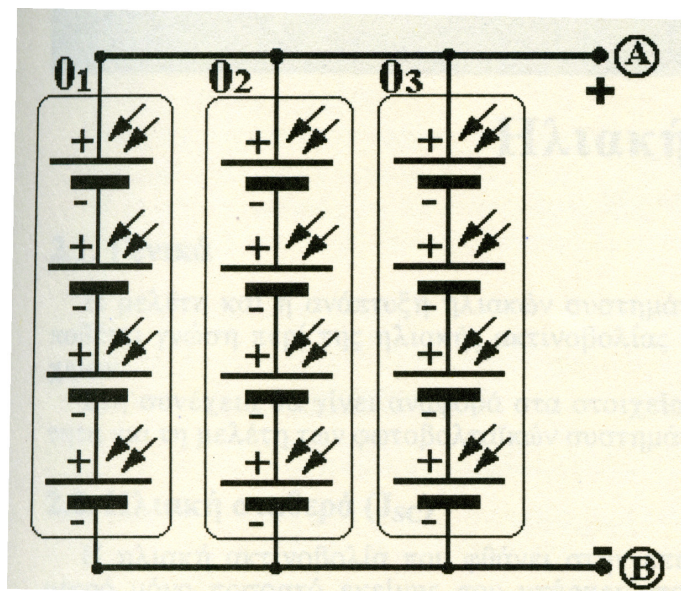
Το συνολικό ρεύμα της συστοιχίας είναι το άθροισμα των ρευμάτων του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου. Προφανώς οι τάσεις ανοικτού κυκλώματος V_{oc} και μέγιστης ισχύος V_m της συστοιχίας είναι ίδιες με τις αντίστοιχες τάσεις των πλαισίων. Για «v» φωτοβολταϊκά πλαίσια, έχουμε:

$$\text{Ένταση βραχυκυκλώματος: } I_{sc} = I_{sc1} + I_{sc2} + I_{sc3} + \dots + I_{scv} \quad (10.8)$$

$$\text{Ένταση μέγιστης ισχύος: } I_m = I_{m1} + I_{m2} + I_{m3} + \dots + I_{mv} \quad (10.9)$$

Τέλος με την μικτή σύνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορούμε να αυξήσουμε το ρεύμα και την τάση ταυτόχρονα, σε τιμές που δεν είναι διαθέσιμες από απλά φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η μικτή σύνδεση στην ουσία είναι συνδυασμός της σύνδεσης σε σειρά και της παράλληλης

σύνδεσης και κατά συνέπεια ισχύει ότι ισχύει σε αυτές τις συνδέσεις. Η τάση της συστοιχίας αυτής καθορίζεται από τα στοιχεία που είναι συνδεδεμένα σε σειρά ενώ το συνολικό ρεύμα από τις παράλληλες ομάδες (Σχήμα 10.7). Σε αυτή την περίπτωση η συνολική ισχύ του συστήματος είναι το άθροισμα της ισχύος κάθε φωτοβολταϊκού χωριστά.



Σχ. 10.7: Συνδυασμός εν σειρά και παράλληλης σύνδεσης φωτοβολταϊκών πλαισίων

10.1.5 Περιγραφή του Λογισμικού PV SIZE

Το PV SIZE αποτελεί εργαλείο διαστασιολόγησης συστημάτων Ανανεώσμων Πηγών Ενέργειας. Σας επιτρέπει να διαστασιολογήσετε ένα σύστημα ΑΠΕ το οποίο αποτελείται από:

- Φωτοβολταϊκά Πλαίσια (Photovoltaic Modules). Διαθέτει βιβλιοθήκη με τα προϊόντα των κατασκευαστών. Η Βιβλιοθήκη είναι ανοικτή (μπορεί δηλαδή να συντηρηθεί από το χρήστη) και διαθέτει Τεχνικά και Οικονομικά Δεδομένα.
- Μικρές Ανεμογεννήτριες (έως 25 kW). Διατίθεται ανοικτή Βιβλιοθήκη Τεχνικών και Οικονομικών χαρακτηριστικών.
- Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος, του οποίου η ενεργειακή προσφορά καθορίζεται από το χρήστη, ώστε να συνεπικουρείται το σύστημα ΑΠΕ.

Το Λογισμικό λειτουργεί σε τρία απλά βήματα:

1. Καθορίστε τις ενεργειακές σας ανάγκες, επιλέγοντας συσκευές, ώρες λειτουργίας, εποχή ζήτησης, τοποθεσία του συστήματος.
2. Επιλέξτε τα είδη που θέλετε να απαρτίζουν το σύστημά σας (Φωτοβολταϊκά πλαίσια, Ανεμογεννήτριες, συνεπικούρηση από Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος) .

3. Το Λογισμικό υπολογίζει και σας προτείνει το βέλτιστο σύστημα. Η πρόταση αποτελείται από Τεχνικό και Οικονομικό μέρος και έχετε τη δυνατότητα να την τροποποιήσετε.

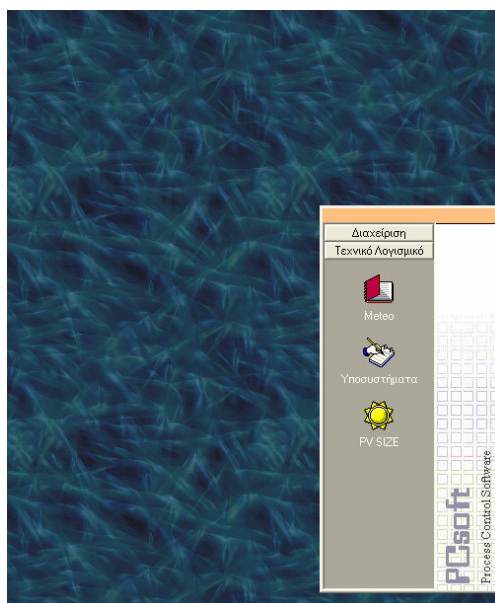
Το Λογισμικό συνοδεύεται από τις παρακάτω βιβλιοθήκες Περιβαλλοντικών Δεδομένων:

- Ηλιακή ακτινοβολία.
- Θερμοκρασία.
- Ταχύτητα ανέμου.

Οι βιβλιοθήκες Τεχνικών χαρακτηριστικών περιλαμβάνουν:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια.
- Ανεμογεννήτριες.
- Ρυθμιστές Φόρτισης συσσωρευτών από Φ/Β πλαίσια.
- Συσσωρευτές.
- Αντιστροφείς Ισχύος.
- Φορτιστές συσσωρευτών από πηγές εναλλασσόμενου ρεύματος.

Στην παρούσα άσκηση θα μελετήσουμε μόνο την διαστασιολόγηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Για την εκκίνηση του προγράμματος αρχικά επιλέξτε το μενού «Τεχνικό Λογισμικό» από την βασική φόρμα του προγράμματος (Σχήμα 10.8).

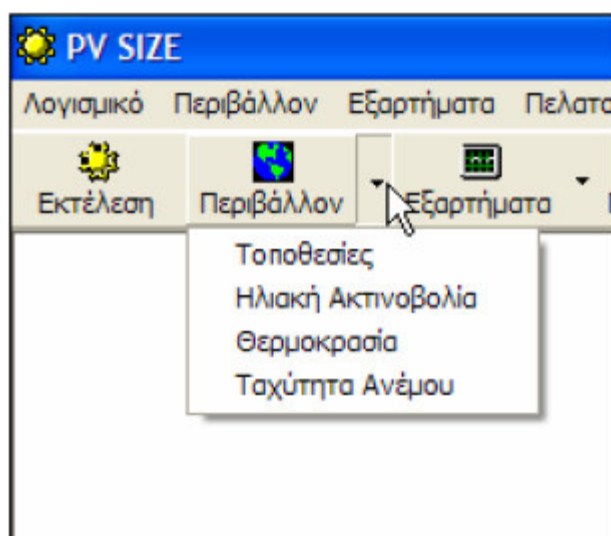


Σχήμα 10.8: Εκκίνηση του προγράμματος PV SIZE

10.1.6 Μετεωρολογικά Δεδομένα

Η εφαρμογή διαθέτει Βιβλιοθήκη Μετεωρολογικών Δεδομένων, η οποία συντηρείται από το χρήστη. Η Βιβλιοθήκη είναι διαθέσιμη απ' ευθείας από το αναδυόμενο μενού (εφαρμογή "METEO"), είτε μέσα από το πρόγραμμα διαστασιολόγησης (PV SIZE). Κάντε κλικ στο

εικονίδιο "Μετεωρολογικά Δεδομένα" οποιουδήποτε από τα προαναφερόμενα modules, για να εμφανισθεί η φόρμα με τα Tabs των Μετεωρολογικών Δεδομένων (Σχήμα 10.9).



Σχήμα 10.9: Κλήση του εργαλείου των μετεωρολογικών δεδομένων

Τα Μετεωρολογικά Δεδομένα οργανώνονται σε 4 Tabs, με πρώτο αυτό των τοποθεσιών. Για να προσθέσετε μία νέα τοποθεσία κάντε δεξί κλικ σε αυτό το grid και επιλέξτε "Νέα εγγραφή". Συμπληρώστε τη νέα Τοποθεσία (δώστε στοιχεία για την Ονομασία της, το Γεωγραφικό της πλάτος και το συντελεστή Αντανάκλασης) στην κενή γραμμή που προστίθεται στο τέλος του grid και πιάστε Enter.

Τοποθεσία	Γεωγραφικό Πλάτος	Συντελεστής Αντανάκλασης
ΑΡΑΞΟΣ	38.166	0.2
ΑΡΓΟΣΤΩΛΙ		0.2
ΑΡΤΑ		0.2
ΗΡΑΚΛΕΙΟ		0.2
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	40.55	0.2
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	35	0.2
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	39.7	0.2
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	37.066	0.2
ΚΕΡΚΥΡΑ	39.616	0.2
ΚΟΜΟΤΗΝΗ	41.116	0.2
ΚΟΝΙΤΣΑ	40.05	0.2
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	37.933	0.2
ΚΥΘΗΡΑ	36.15	0.2
ΛΑΜΙΑ	38.9	0.2
ΛΑΡΙΣΑ	39.633	0.2

Σχήμα 10.10: Διαχείριση των μετεωρολογικών δεδομένων

Η γραμμή αυτή χρωματίζεται με πορτοκαλί χρώμα στην αριστερή της άκρη, διότι έχει μη αποθηκευμένο περιεχόμενο. Κάντε κλικ σε καθένα από τα Tabs της Ηλιακής Ακτινοβολίας,

Θερμοκρασίας και Ταχύτητας Ανέμου και συμπληρώστε τα δεδομένα για τη νέα τοποθεσία που εισάγατε τη οποία θα τη βρείτε στο τέλος του κάθε grid (Σχήμα 10.11).

ΚΑΛΑΜΑΤΑ	66	76	116	135	192	209
ΚΕΡΚΥΡΑ	54	65	103	137	178	201
ΚΟΜΟΤΗΝΗ	50	61	92	128	165	183
ΚΟΝΙΤΣΑ	52	61	100	118	163	174
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	54	69	110	139	185	199
ΚΥΒΗΡΑ	67	77	94	143	190	212
ΛΑΜΙΑ	51	62	105	137	180	198
ΛΑΡΙΣΣΑ	47	62	100	138	179	189
ΛΗΜΝΟΣ	45	62	101	140	174	200
ΜΕΘΩΝΗ	59	73	113	136	186	202
ΜΗΛΟΣ	53	60	107	159	200	227
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	51	65	102	138	189	207
ΝΑΞΟΣ	54	69	107	142	183	199
ΠΑΡΟΣ	58	75	114	151	198	216
ΠΑΤΡΑ	53	67	113	129	177	199
ΠΥΡΓΟΣ	64	73	117	158	191	206
ΡΕΒΥΜΝΟ	59	76	106	145	194	206
ΡΟΔΟΣ	64	77	122	155	196	214
ΣΑΜΟΣ	60	74	111	144	188	210
ΣΕΡΡΕΣ	47	60	97	130	170	185
ΣΗΤΕΙΑ	60	75	115	149	175	212
ΣΚΥΡΟΣ	45	61	95	139	187	205
ΣΟΥΔΑ ΚΡΗΤΗΣ	59	75	112	149	196	206
ΣΥΡΟΣ	56	75	109	154	198	208
ΤΥΜΠΑΚΙ	69	83	128	152	193	213
ΧΑΝΙΑ	59	65	112	149	196	215
ΧΙΟΣ	53	67	108	144	195	214
ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ	58	75				

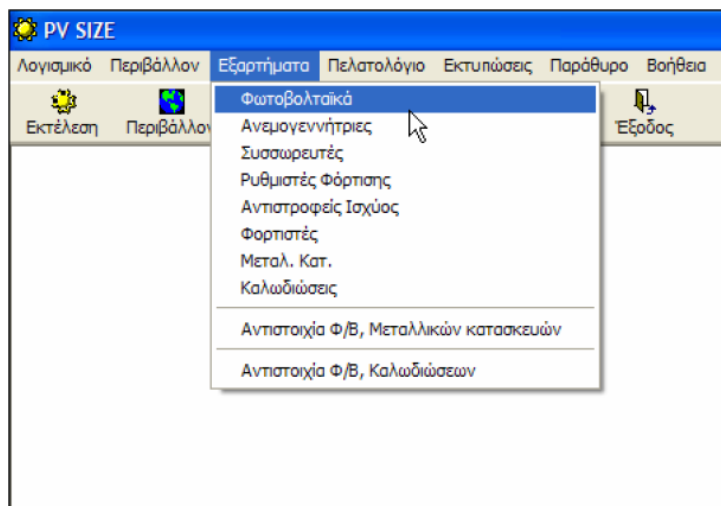
Μονάδα Μέτρησης: kWh/(month*m2)

Σχήμα 10.11: Εισαγωγή νέας εγγραφής

Οι γραμμές που έχουν υποστεί μεταβολή, η οποία δεν έχει αποθηκευτεί, χρωματίζονται με πορτοκαλί χρώμα (στην αριστερή άκρη). Πιέστε στο εικονίδιο της "Δισκέτας" για να οριστικοποιήσετε τις αλλαγές. Οι γραμμές που αποθηκεύτηκαν επιτυχώς χρωματίζονται με λευκό χρώμα στην αριστερή άκρη. Γραμμές που δεν αποθηκεύονται, χρωματίζονται κόκκινες και το περιεχόμενό τους πρέπει να ελεγχθεί.

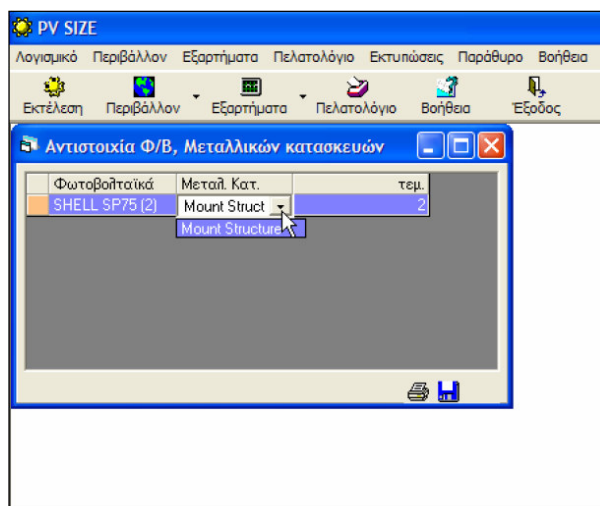
10.1.7 Υποσυστήματα

Η εφαρμογή διαθέτει Βιβλιοθήκη Εξαρτημάτων, η οποία συντηρείται από το χρήστη. Η βιβλιοθήκη είναι διαθέσιμη απ' ευθείας από το αναδυόμενο menu (εφαρμογή "ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ"), είτε μέσα από το πρόγραμμα διαστασιολόγησης (PV SIZE). Κάντε κλικ στο εικονίδιο "Εξαρτήματα" οποιουδήποτε από τα προαναφερόμενα modules, για να εμφανισθεί η φόρμα με τα Tabs των υποσυστημάτων και εξαρτημάτων που απαρτίζουν μία υβριδική εγκατάσταση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Σχήμα 10.12).



Σχήμα 10.12: Κλήση των υποσυστημάτων

Η Βιβλιοθήκη εξαρτημάτων οργανώνεται σε 8 Tabs, με πρώτο αυτό των Φωτοβολταϊκών πλαισίων. Για να προσθέσετε μία νέα εγγραφή κάντε δεξί κλικ σε αυτό το grid και επιλέξτε "Νέα εγγραφή". Συμπληρώστε τα στοιχεία της νέας εγγραφής στην κενή γραμμή που προστίθεται στο τέλος του grid και πιάστε Enter. Οι γραμμές που έχουν υποστεί μεταβολή, η οποία δεν έχει αποθηκευτεί, χρωματίζονται με πορτοκαλί χρώμα (στην αριστερή άκρη). Πιέστε στο εικονίδιο της "Δισκέττας" για να οριστικοποιήσετε τις αλλαγές. Οι γραμμές που αποθηκεύτηκαν επιτυχώς χρωματίζονται με λευκό χρώμα στην αριστερή άκρη. Γραμμές που δεν αποθηκεύονται, χρωματίζονται κόκκινες και το περιεχόμενό τους πρέπει να ελεγχθεί.



Σχήμα 10.13: Αντιστοίχιση εξαρτημάτων

Πέραν των 8 Tabs με Τεχνικά Δεδομένα εξαρτημάτων, έχετε και τη δυνατότητα να καταγράψετε την ποσότητα καλωδίων και μεταλλικών στηριγμάτων που απαιτεί κάθε Φ/Β πλαίσιο (βλ. Σχήμα 10.12). Για την αντιστοίχιση αυτή, πιέστε δεξί κλικ στο grid της αντιστοίχης φόρμας και επιλέξτε "Νέα Εγγραφή". Κάθε τέτοια αντιστοιχία υλοποιείται ως

φαίνεται στο Σχήμα 10.13. Για να αποθηκεύσετε τις αλλαγές, πιάστε στο εικονίδιο της "Δισκέττας".

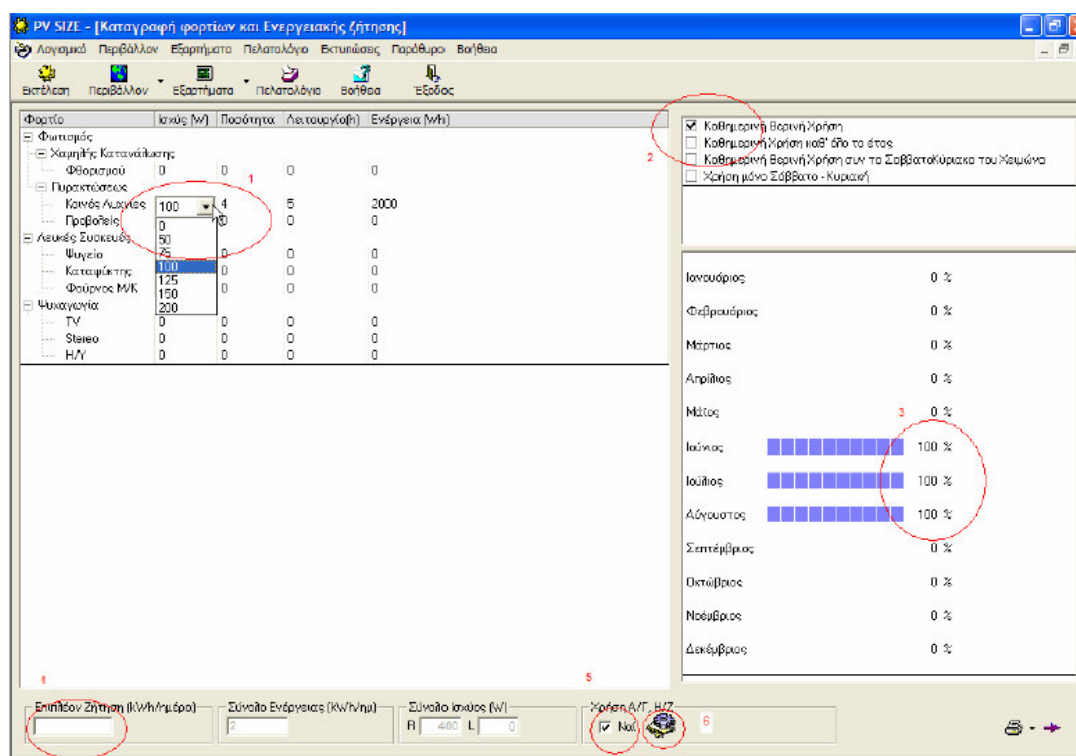
10.1.8 Διαστασιολόγηση Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Οι υπολογισμοί του λογισμικού πραγματοποιούνται σε 3 βασικά βήματα:

1. Καθορισμός των ενεργειακών αναγκών.
2. Επιλογή του συστήματος.
3. Υπολογισμός των τεχνικών και οικονομικών παραμέτρων.

Καταγραφή ενεργειακής ζήτησης

Η χρήση του PV SIZE για τη Διαστασιολόγηση Συστημάτων ΑΠΕ έχει ως εξής: Πιέστε στο εικονίδιο "Εκτέλεση". Εμφανίζεται η φόρμα καταγραφής Ενεργειακής Ζήτησης (Σχήμα 10.14).



Σχήμα 10.14: Καταγραφή της ενεργειακής ζήτησης

Εργαστείτε σε αυτή τη φόρμα ως εξής:

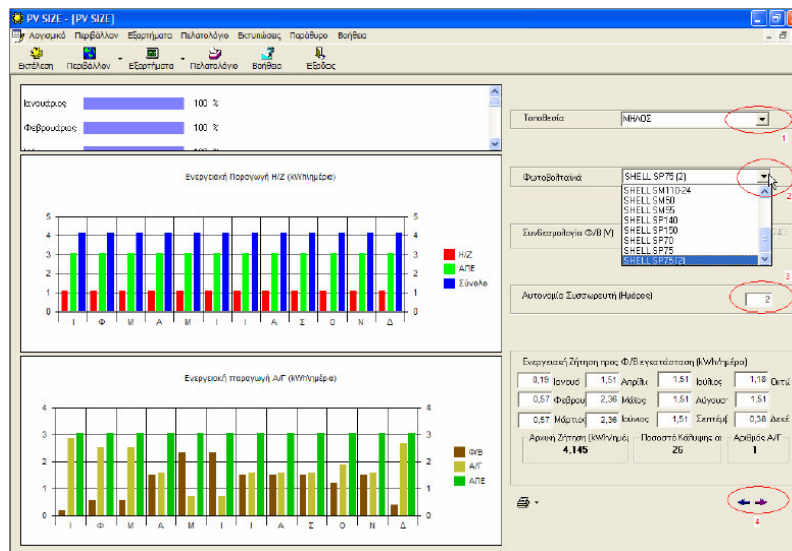
- Καθορίστε τις χρησιμοποιούμενες συσκευές (ισχύς, ποσότητα, ώρες λειτουργίας).
- Καθορίστε την Εποχή ζήτησης: όλο το χρόνο.
- Για λεπτομερέστερη καταγραφή της ζήτησης ανά μήνα, χειριστείτε τα αντίστοιχα ποσοστά (πραγματοποιώντας διπλό κλικ στο αντίστοιχο ποσοστό).
- Επιπλέον ενεργειακή ζήτηση, που δεν προβλέπεται από την υπάρχουσα λίστα συσκευών, πληκτρολογείται στο αντίστοιχο πλαίσιο (Ηλεκτρικό θερμοσίφωνα).

- Αν το σύστημα περιλαμβάνει Ανεμογεννήτρια (Α/Γ) ή Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος (Η/Ζ), επιλέξτε το checkbox.
- Κάντε κλικ στο εικονίδιο για να ρυθμίσετε τις ιδιότητες της Α/Γ ή/και του Η/Ζ (αν το σύστημά σας περιέχει κάτι από αυτά). Αν κατά τη συνέχεια θέλετε να αφαιρέσετε την Α/Γ ή/και το Η/Ζ από το σύστημα, αρκεί να επιστρέψετε σε αυτή τη φόρμα (από τα βέλη πλοήγησης που εικονίζονται στο δεξί κάτω άκρο κάθε φόρμας) και να αφαιρέσετε το check από το checkbox.

Συνεχίστε στο επόμενο βήμα από τα βέλη πλοήγησης (κάτω δεξί σημείο της φόρμας).

Επιλογή Φωτοβολταϊκού Πλαισίου

Στη φόρμα αυτή καθορίζετε το Φ/Β που θα χρησιμοποιηθεί στην εγκατάσταση, καθώς και άλλα χρήσιμα δεδομένα (Σχήμα 10.15).



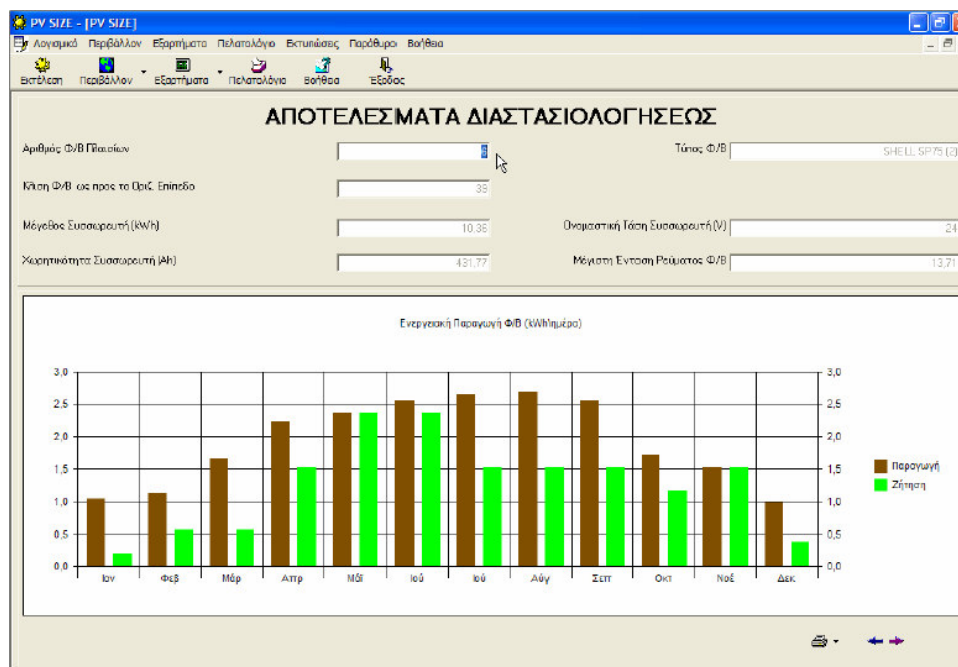
Σχήμα 10.15: Καταγραφή της ενεργειακής ζήτησης

- Καθορίστε την Τοποθεσία. Αν είχατε κάνει τέτοια επιλογή σε προηγούμενο βήμα, τότε το σημείο αυτό είναι συμπληρωμένο.
- Επιλέξτε τύπο Φ/Β πλαισίου.
- Απαιτούμενη αυτονομία (ημέρες λειτουργίας της εγκατάστασης με φορτισμένους συσσωρευτές, χωρίς ΑΠΕ).
- Πλοήγηση στο επόμενο/προηγούμενο βήμα.

Αποτελέσματα Διαστασιολόγησης

Το Λογισμικό υπολογίζει και σας προτείνει ένα σύστημα ΑΠΕ, που καλύπτει την Ενεργειακή ζήτηση που αρχικώς πληκτρολογήσατε στο σύστημα. Η φόρμα αυτή αφορά αποκλειστικώς στην απόδοση των Φ/Β πλαισίων, που αποτελούν το πλέον δαπανηρό τμήμα της εγκατάστασης. Η ενεργειακή συμμετοχή των υπολοίπων ειδών φαίνεται γραφικώς στην προηγούμενη φόρμα (όπου ορίσατε τον τύπο Φ/Β πλαισίου). Η οικονομική (από πλευράς

κόστους) συμμετοχή των υπολοίπων ειδών φαίνεται γραφικώς στην επόμενη φόρμα. Μπορείτε να μειώσετε τον προτεινόμενο αριθμό Φ/Β πλαισίων, τροποποιώντας τον προτεινόμενο αριθμό τους. Πιέζοντας Enter (με το cursor εντός του πλαισίου με τον αριθμό των Φ/Β), βλέπετε την απόδοση του διαμορφωμένου από το χρήστη συστήματος Φ/Β πλαισίων.

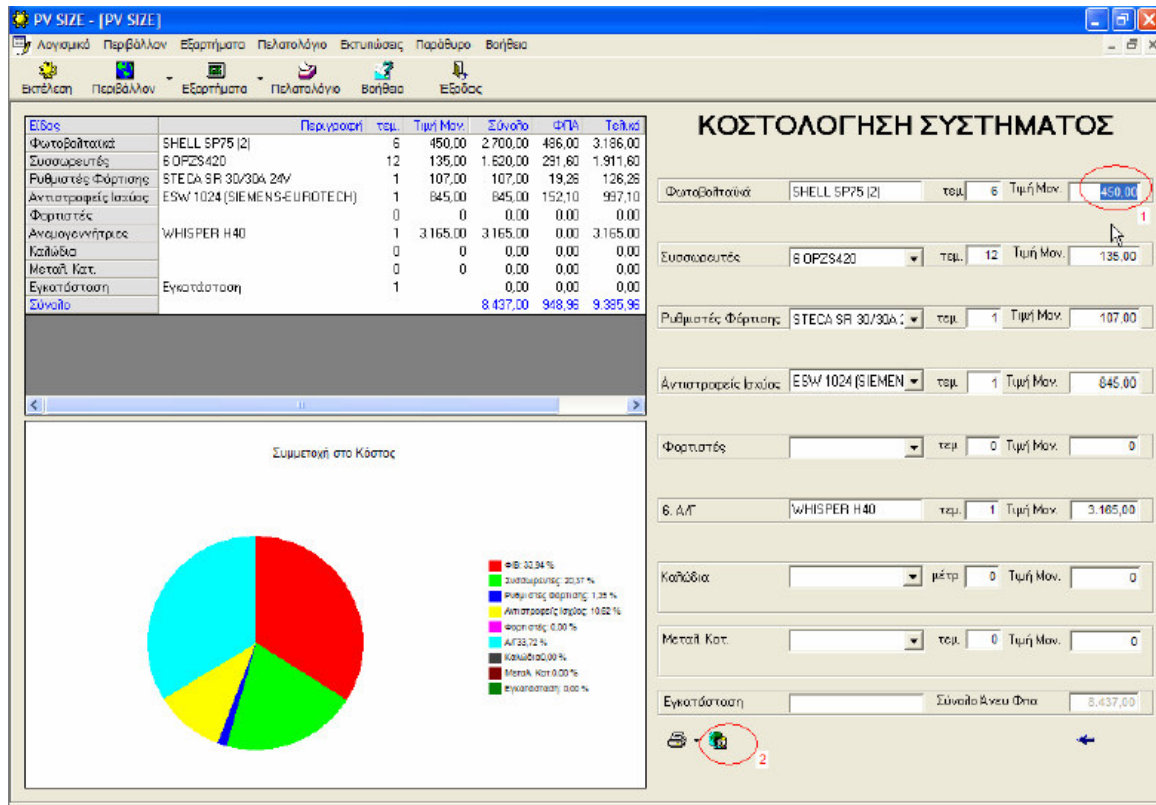


Σχήμα 10.16: Αποτελέσματα διαστασιολόγησης

Το επόμενο βήμα σχετίζεται με τη κοστολόγηση του προτεινόμενου συστήματος. Χρησιμοποιείτε τα βέλη πλοήγησης στο δεξί κάτω άκρο της φόρμας για να συνεχίσετε.

Κοστολόγηση του Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Τα διαθέσιμα Οικονομικά στοιχεία για το προτεινόμενο σύστημα ΑΠΕ αποτελούν την επόμενη φόρμα που εμφανίζεται στο χρήστη. Υπάρχει η δυνατότητα τροποποίησης της τιμής μονάδος κάθε εξαρτήματος, οπότε η συνολική κοστολόγηση αναδιαμορφώνεται αυτομάτως (σημείο 1 της εικονιζόμενης φόρμας). Επίσης ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τον αριθμό τεμαχίων, αλλά και τον τύπο αρκετών υλικών (π.χ. συσσωρευτές, αντιστροφείς ισχύος), με αριστερό κλικ στο κατακόρυφο βέλος των αντίστοιχων πλαισίων κειμένου (combo box). Αυτά τα πλαίσια κειμένου περιέχουν εκείνα τα είδη της Βιβλιοθήκης Εξαρτημάτων, που ταιριάζουν στα Τεχνικά Χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Αλλαγή τύπου Φ/Β δεν επιτυγχάνεται από αυτή την οθόνη, καθώς θα επηρεάσει την ενεργειακή παραγωγή του συστήματος ΑΠΕ.



Σχήμα 10.17: Κοστολόγηση του συστήματος

10.2 Πειραματικό Μέρος

Για την ολοκλήρωση της άσκησης ακολουθήστε τα επόμενα βήματα:

- Ξεκινήστε το PV SIZE και επιλέξτε από το μενού «Τεχνικό Λογισμικό» το PV SIZE
- Πατήστε το κουμπί «Εκτέλεση» ή επιλέξτε το μενού «Λογισμικό» και στην συνέχεια «Εκτέλεση»
- Στην φόρμα «Καταγραφή Φορτίων και Ενεργειακής Ζήτησης» καθορίστε την εγκατεστημένη ισχύ των συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια με βάση τις δικές σας καταναλώσεις.

Πίνακας 10.3: Εγκατεστημένη ισχύ συσκευών και συστημάτων καθώς και ωράρια λειτουργίας

		Ισχύς (Watt)	Ποσότητα	Λειτουργία (h)
Φωτισμός	Φθορισμού			
	Πυρακτώσεως			
Λευκές Συσκευές	Ψυγείο			12
	Φούρνος Μ/Κ			
Ψυχαγωγία	Τηλεόραση			

- Στην συνέχεια επιλέξτε ως ωράριο λειτουργίας «Καθημερινή Χρήση όλο το χρόνο» και καταγράψτε τα αντίστοιχα ποσοστά των φορτίων
- Συνεχίστε στην επόμενη φόρμα και επιλέξτε την τοποθεσία και τον τύπο του φωτοβολταϊκού πλαισίου (μπορείτε να δείτε αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων επιλέγοντας από το βασικό μενού «Τεχνικό Λογισμικό» → «Υποσυστήματα» → «Εξαρτήματα» → «Φωτοβολταϊκά»)
- Επιλέξτε το είδος της συνδεσμολογίας (την τάση εξόδου του φωτοβολταϊκού συστήματος 24 V) και την αυτονομία που παρέχουν οι συσσωρευτές (5 μέρες)
- Καταγράψτε την ενεργειακή ζήτηση από τον σχετικό πίνακα και συνεχίστε στην επόμενη φόρμα
- Καταγράψτε τα αποτελέσματα της φόρμας «Αποτελέσματα Διαστασιολογήσεως» και σχολιάστε το γράφημα της ενεργειακής παραγωγής
- Συνεχίστε στην φόρμα «Κοστολόγηση Συστήματος» και καταγράψτε τα αποτελέσματα της κοστολόγησης (και τα ποσοστά συμμετοχής των στοιχείων)
- Η εργασία που θα παραδώσετε θα πρέπει να παρουσιάζει μία μελέτη που να βασίζεται στα δεδομένα της άσκησης και στα αποτελέσματα που καταγράψατε ακολουθώντας τα προηγούμενα βήματα.
- **Κάντε την εξής αλλαγή:** τοποθετείστε στην επιπλέον ζήτηση έναν ηλεκτρικό θερμοσίφωνα 2 kWh. Ποια μεγέθη αλλάζουν, πώς και γιατί. Επαναφέρεται το σύστημα στην αρχική του κατάσταση.
- **Κάντε την εξής αλλαγή:** αλλάξτε τοποθεσία εγκατάστασης από Νότια περιοχή σε Βόρεια. Ποια μεγέθη αλλάζουν, πώς και γιατί.
- Συγκρίνετε μεταξύ τους τις δύο περιπτώσεις.