

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ  
ΑΡΙΘ. ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ..... 38239 .....  
ΗΜΕΡ. ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ..... 13/6/2007 .....  
ΤΑΞΙΝ. ΑΡΙΘΜΟΣ ..... 62145 .....

Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ  
ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ



**ΖΑΡΑΛΗ ΟΛΓΑ - ΠΑΠΑΔΑΚΗ ΕΛΕΝΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΚΑΒΑΛΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

ΣΕΡΡΕΣ , ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
<i>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup></i> :.....	2
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....	2
1.1 Ο άνεμος .....	2
1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	2
1.3 Διεθνής & Ελληνική πραγματικότητα .....	3
1.4 Σύγχρονες ανεμογεννήτριες.....	4
1.5 Περιγραφή μιας Ανεμογεννήτριας (Α/Γ).....	4
1.6 Διασυνδεδεμένες και μη εφαρμογές.....	4
1.7 Αιολικά Πάρκα –Α/Π (Wind Farms) .....	5
1.8 Ανάπτυξη αιολικού πάρκου .....	5
1.9 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	6
<i>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup></i> :.....	8
ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	8
2.1. Γενικά οφέλη.....	8
2.2 Πίστωση ικανότητας.....	9
2.3 Αναμενόμενη ανάπτυξη της αιολικής ισχύος .....	9
2.4 Η περίπτωση των νησιών.....	12
2.5 Αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα.....	13
<i>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup></i> :.....	15
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ .....	15
3.1. Προβλήματα θορύβου.....	15
3.2. Προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών .....	16
3.3. Αισθητικά προβλήματα και προσβολή του φυσικού τοπίου.....	17
3.4. Επίδραση στις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες.....	18
3.5. Επιπτώσεις στον πληθυσμό των πουλιών .....	18
<i>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup></i> :.....	20
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ .....	20
4.1. Κύρια μέρη ανεμογεννήτριας .....	20
4.2 Κατηγορίες ανεμογεννητριών.....	21
4.3 Παραδείγματα ανεμογεννητριών .....	27
4.4 Βασικά υποσυστήματα Α/Γ .....	30
<i>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup></i> :.....	32
ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ .....	32
5.1. Διαθέσιμη αιολική δύναμη.....	32
5.2 Διαθεσιμότητα εξοπλισμού.....	32
5.3 Τοποθεσία (Παράκτια ή στο έδαφος) .....	32
<i>Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup></i> :.....	34
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	34
6.1 Παράγοντες του κόστους.....	34

6.2 Συγκριτικά διαγράμματα.....	35
Κεφάλαιο 7 <sup>ο</sup> :.....	37
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ .....	37
7.1 Εφαρμογές άντλησης .....	37
7.2. Εφαρμογές θερμότητας .....	37
7.3 Εφαρμογές παραγωγής ηλεκτρισμού .....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 <sup>ο</sup> :.....	39
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ .....	39
8.1 Το πρόγραμμα RETScreen .....	39
8.2. Διαδικασία ανάπτυξης μελέτης.....	39
8.2.1 Επιλογή τεχνολογίας ΑΠΕ (ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ).....	40
8.2.2 Περιγραφή ενεργειακού μοντέλου.....	40
8.2.3 Περιορισμοί λογισμικού.....	41
8.3 Μοντέλο αιολικού ενεργειακού έργου.....	42
8.3.1 Γενικές αρχές - Παραδοχές.....	42
8.4 Διάγραμμα ροής μελέτης.....	42
8.4.1 Ενεργειακοί υπολογισμοί .....	43
8.5 Οικονομικοί υπολογισμοί – ανάλυση κόστους.....	50
8.6. Αρχικά κόστη.....	50
8.7 Ετήσιες δαπάνες.....	60
8.8. Ισοζύγιο ενέργειας (Energy balance).....	62
Κεφάλαιο 9 <sup>ο</sup> : .....	64
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ .....	64
9.1 Ανάλυση οικονομικής σκοπιμότητας (Financial feasibility).....	67
Κεφάλαιο 10 <sup>ο</sup> :.....	70
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	71

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η εκπόνηση μελέτης με τεχνικοοικονομική ανάλυση ενός αιολικού πάρκου με την χρήση ενός συγκεκριμένου προγράμματος ,το οποίο λαμβάνει υπόψη του ενεργειακά και οικονομικά στοιχεία και αποφαίνεται για την βιωσιμότητα ή όχι της συγκεκριμένης επένδυσης.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν τα αναζητήσαμε κυρίως από το διαδίκτυο και συγκεκριμένα τη σελίδα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) και αντίστοιχες ιστοσελίδες του εξωτερικού. Από μια τέτοια σελίδα προμηθευτήκαμε και το λογισμικό του προγράμματος που χρησιμοποιήσαμε και το οποίο διατίθεται ελεύθερο.

Το θέμα της εργασίας υποδείχθηκε από τον κ. Γκαβαλιά Βασίλειο, ο οποίος είχε και την επίβλεψή της. Τον ευχαριστούμε θερμά για την καθοδήγηση και τις συμβουλές του κατά την εκπόνηση της εργασίας, καθώς και για τις εύστοχες παρατηρήσεις του κατά τη συγγραφή της.

Καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι το πρόβλημα κατασκευής ενός αιολικού πάρκου είναι αρκετά σύνθετο και πολύπλοκο και απαιτεί ιδιαίτερη μελέτη και βαθιά γνώση τόσο τεχνικών όσο και οικονομικών στοιχείων, έτσι ώστε να λαμβάνονται αποφάσεις με το δυνατόν μικρότερο ρίσκο.

Τελειώνοντας την εργασία ίσως να μην είμαστε σε θέση να αντεπεξέλθουμε στην ανάπτυξη μιας πραγματικής ενεργειακής-οικονομικής μελέτης ενός αιολικού πάρκου. Ωστόσο μας δόθηκε η δυνατότητα να αποκομίσουμε σημαντικές γνώσεις που μπορούν να αποτελέσουν βάση για να προχωρήσουμε στον τομέα αυτό σε πρακτικό και θεωρητικό επίπεδο. Επίσης νιώθουμε ικανοποιημένες που ασχοληθήκαμε με ένα τομέα παραγωγής ενέργειας που βοηθά να προστατεύσουμε το περιβάλλον μας από την αλόγιστη καταστροφή που έχει υποστεί τα τελευταία χρόνια.

*Σέρρες, Οκτώβριος 2005*

*Ζαράλη Όλγα*

*Παπαδάκη Ελένη*

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>:

# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 1.1. Ο άνεμος

Από τότε που ο άνεμος άρχισε να φυσά πάνω από τη στεριά και τη θάλασσα, οι άνθρωποι κατάλαβαν ότι θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν την ορμή του για διάφορες καθημερινές ανάγκες. Έτσι είδαμε πρώτα την ενέργεια του ανέμου να κινεί τα πλοία. Στην αρχή μικρές βάρκες, αργότερα μεγαλύτερα ιστιοφόρα και τέλος τεράστια εμπορικά πλοία άρχισαν να φέρνουν όλο και πιο γρήγορα ανθρώπους και εμπορεύματα σε κάθε γωνιά της γης. Με τη βοήθεια της αιολικής ενέργειας έγιναν όλες σχεδόν οι ανακαλύψεις και το εμπόριο γνώρισε την πιο μεγάλη του ανάπτυξη.

Με τη βοήθεια του ανέμου επίσης, ο άνθρωπος μπόρεσε να κάνει αρκετές εργασίες πιο εύκολες και πιο αποδοτικές, όπως για παράδειγμα το άλεσμα του σιταριού με τους ανεμόμυλους, η άντληση του νερού από υπόγειες δεξαμενές και πηγάδια κτλ.



### 1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Εδώ και είκοσι περίπου χρόνια έχει γίνει πολύς λόγος για τις λεγόμενες ήπιες μορφές ενέργειας και την αξιοποίησή τους. Η κρίση του πετρελαίου η επικείμενη εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, η αυξανόμενη μόλυνση του περιβάλλοντος και η βούληση των κρατών για εθνική και ανεξάρτητη ενεργειακή πολιτική και αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας

οδηγούν στη χρήση ήπιων μορφών ενέργειας που δίνουν σε μεγάλο βαθμό τη λύση στα παραπάνω προβλήματα. Επιπλέον πηγές ενέργειας όπως η αιολική, η ηλιακή κ.α. έχουν ένα χαρακτηριστικό που τους δίνει την ονομασία ANANEΩΣΙΜΕΣ ότι δηλαδή από τη φύση τους ανανεώνονται διαρκώς και προσφέρονται στον άνθρωπο με δωρεάν σχεδόν εκμετάλλευση εφόσον υπάρχουν τα κατάλληλα μέσα για τη δέσμευση και μετατροπή της ενέργειας.

Οι συμβατικές μέθοδοι της ηλεκτρικής ενέργειας καίνε καύσιμα για την παροχή ενέργειας, τη λειτουργία μιας γεννήτριας (συνήθως με τη χρήση θερμότητας), την παροχή ατμού και την περιστροφή ενός στροβίλου. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα απολιθωμένα καύσιμα - άνθρακας, πετρέλαιο ή αέριο - και τα πυρηνικά καύσιμα. Η χρησιμοποίηση των απολιθωμένων καυσίμων δημιουργεί ρύπανση, όπως οξείδια του θείου και του αζώτου ( $SO_x$ ,  $NO_x$ ) που συμβάλλουν στην όξινη βροχή, και του διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ) που συμβάλλει στη σφαιρική αλλαγή κλίματος (φαινόμενο του θερμοκηπίου).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχουν αυτήν την περίοδο σχεδόν 5,4% της αρχικής αναγκαίας ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης και έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν πολύ περισσότερο.

Όμως η μεγαλύτερη βοήθεια του ανέμου στον άνθρωπο ήρθε με τη μορφή των ανεμογεννητριών. Πράγματι, όταν ανακαλύφθηκε ο ηλεκτρισμός, σε πολλά μέρη δεν ήταν εύκολη η χρήση του πετρελαίου ή του άνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Γι' αυτό καθώς η χρήση του ηλεκτρισμού και επομένως η εξάρτηση του ανθρώπου από τις εφαρμογές του μεγάλωνε με αλματώδεις ρυθμούς, ήρθε η βοήθεια του ανέμου με τη χρήση της ανεμογεννήτριας.

### 1.3 Διεθνής & Ελληνική πραγματικότητα

Η παγκόσμια ζήτηση ανεμογεννητριών έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία 20 χρόνια. Στην Ελλάδα, πριν από την ενεργοποίηση του ΕΠΕ (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Έρευνας) η εγκατεστημένη ισχύς αιολικών σταθμών έφτανε τα 27,8 MW (1997) και σήμερα μετά την διαδικασία αξιολόγησης των προτάσεων για χρηματοδότηση από το ΕΠΕ εγκρίθηκαν επενδύσεις ηλεκτροπαραγωγής ύψους 129 MW από αιολικά.

## 1.4 Σύγχρονες ανεμογεννήτριες

Το μέγεθος των ανεμογεννητριών αυξήθηκε από 100 KW σε 600 KW κατά την τελευταία δεκαετία και συνεχίζει να αυξάνεται (σήμερα έως 1600 KW και 2000KW ).

## 1.5 Περιγραφή μιας Ανεμογεννήτριας (Α/Γ)

Τα τελευταία χρόνια σημειώθηκε ραγδαία βελτίωση της τεχνολογίας και της αξιοπιστίας των Α/Γ. Συνήθως λειτουργούν σε ένα εύρος ταχυτήτων ανάμεσα σε μια ελάχιστη απαιτούμενη ταχύτητα ανέμου (cut in wind speed) και μια μέγιστη (cut- out wind speed). Στους υπολογισμούς λαμβάνεται υπόψη και το μέγεθος της ονομαστικής ταχύτητας ανέμου της Α/Γ

Σημαντικό τμήμα είναι ο ρότορας με 2 ή 3 πτερύγια, ο οποίος μετατρέπει την ενέργεια του ανέμου σε μηχανική ενέργεια στον άξονα.

Ο πύργος στήριξης ο οποίος συγκρατεί τον ρότορα ψηλά πάνω από το έδαφος ώστε να εκμεταλλεύεται τις υψηλότερες ταχύτητες ανέμου και το κιβώτιο ταχυτήτων για την προσαρμογή του αργά περιστρεφόμενου άξονα του ρότορα με την γεννήτρια, ολοκληρώνουν τα μηχανικά μέρη του συστήματος.

Πολύ μεγάλη βάση δίνεται στην ανάπτυξη του συστήματος ελέγχου για την εκκίνηση και διακοπή της λειτουργίας τη Α/Γ καθώς και για την παρακολούθηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών της εγκατάστασης. Επίσης απαιτείται σταθερή θεμελίωση ώστε να αποφευχθεί η καταστροφή της Α/Γ στην περίπτωση ισχυρών ανέμων ή συνθήκες παγετού [ Can WEA, 1996].

## 1.6 Διασυνδεδεμένες και μη εφαρμογές

Διακρίνονται δύο τύποι διασυνδεδεμένων αιολικών συστημάτων:

1. Αυτόνομα υβριδικά αιολικά – ντίζελ συστήματα, με Α/Γ ονομαστικής ισχύος από 10 KW έως 200 KW
2. Κεντρικά διασυνδεδεμένα αιολικά συστήματα, με Α/Γ ονομαστικής από 200 KW έως 1,5 MW.

Μη διασυνδεδεμένες εφαρμογές (αυτόνομα αιολικά συστήματα) έχουμε όταν οι απαιτήσεις ισχύος είναι μικρότερες από 10 KW.

## 1.7 Αιολικά Πάρκα –Α/Π (Wind Farms)

Ένα αιολικό πάρκο αποτελείται:

- ❖ από έναν αριθμό Α/Γ (οι οποίες συνήθως εγκαθίστανται σε σειρές κάθετες στην κατεύθυνση του ανέμου)
- ❖ έργα οδοποιίας για πρόσβαση στο χώρο
- ❖ ηλεκτρικές συνδέσεις και υποσταθμό
- ❖ ένα σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου της λειτουργίας του αιολικού πάρκου
- ❖ και συνήθως ένα κτήριο για την συντήρηση των μηχανημάτων.

## 1.8 Ανάπτυξη αιολικού πάρκου

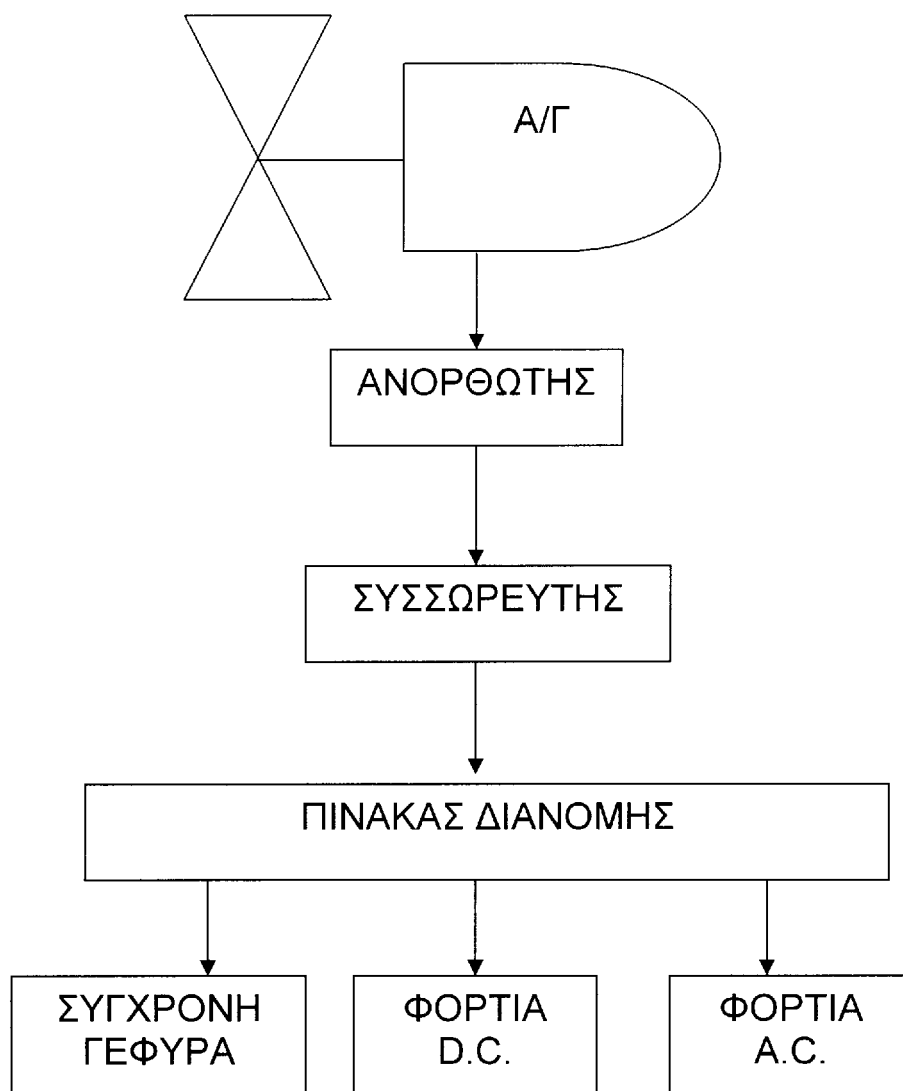
Η ανάπτυξη ενός αιολικού ενεργειακού έργου περιλαμβάνει:

- ❖ τον προσδιορισμό του αιολικού δυναμικού
- ❖ την απόκτηση των απαραίτητων εξουσιοδοτήσεων και δικαιολογητικών
- ❖ τον πολιτικό, ηλεκτρικό και μηχανολογικό σχεδιασμό των εγκαταστάσεων
- ❖ την διάταξη των Α/Γ
- ❖ την αγορά του εξοπλισμού και τέλος
- ❖ την κατασκευή των εγκαταστάσεων

Η παραγόμενη από την ανεμογεννήτρια ενέργεια μπορεί μεμονωμένα ή σε συνδυασμό με φωτοβολταϊκά στοιχεία:

- ❖ να χρησιμοποιηθεί
- ❖ να αποθηκευτεί
- ❖ και τα δύο.





Σχ. 1 Εκμετάλλευση της ενέργειας της ανεμογεννήτριας

## 1.9 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξης της. Από το 1982, οπότε εγκαταστάθηκε από τη ΔΕΗ το πρώτο αιολικό πάρκο στην Κύθνο, μέχρι και σήμερα έχουν κατασκευασθεί στην Άνδρο, στην Εύβοια, στη Λήμνο, Λέσβο, Χίο, Σάμο και στην Κρήτη εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο συνολικής ισχύος πάνω από 30 MW. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης δείχνει και ο ιδιωτικός τομέας για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα στην Κρήτη,

όπου το Υπουργείο Ανάπτυξης έχει εκδώσει άδειες εγκατάστασης για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος δεκάδων MW.

Αν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα (Αιολική ενέργεια, ΚΑΠΕ 1998). Υπολογίζεται ότι στο 25 % της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 m/sec, σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την " πρώτη " περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Είναι λοιπόν εύκολο να αντιληφθούμε γιατί οι επιστήμονες προσπαθούν να βρουν συνεχώς όλο και πιο αποτελεσματικές διατάξεις εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αυτόν τον τρόπο είναι πολύ εύκολη, με μικρό κόστος και κυρίως δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον με τα υπόλοιπα της καύσης, για παράδειγμα, του άνθρακα ή του πετρελαίου, ούτε με επικίνδυνα πυρηνικά απόβλητα και βέβαια δεν υπάρχουν κίνδυνοι για τους εργαζόμενους στις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο όπως υπάρχουν στους πυρηνικούς ή θερμοηλεκτρικούς σταθμούς.

Στην Ελλάδα ειδικότερα, που όπως όλοι ξέρουμε ο αέρας σε πολλά μέρη δεν σταματά σχεδόν ποτέ, η χρήση της αιολικής ενέργειας είναι και η πιο συμφέρουσα λύση για την ηλεκτροδότηση μικρών νησιών και οικισμών σε μέρη όπου υπάρχουν επίπεδες εκτάσεις για την άνετη τοποθέτηση των συστημάτων των ανεμογεννητριών. Ήδη έχει αρχίσει σε μικρή κλίμακα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αυτόν τον τρόπο και όπως φαίνεται σε λίγα χρόνια ένα καλό ποσοστό των ενεργειακών αναγκών της χώρας μας, θα καλύπτεται με την βοήθεια αυτού του δώρου, σε τελική ανάλυση, της φύσης στον άνθρωπο.

Όταν, λοιπόν, με τη συνδρομή της επιστήμης, η παραγωγή ενέργειας με την δύναμη του αέρα θα είναι μια αποτελεσματική, ανέξοδη και χωρίς επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και τον άνθρωπο λειτουργία, αποκλείεται να υπάρχει έστω και ένας που να έχει παράπονα για τον αέρα που φυσάει χωρίς να σταματάει.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>:

### ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### 2.1. Γενικά οφέλη

Τα γενικότερα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της αιολικής ενέργειας:

- ❖ Ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία μάλιστα παρέχεται δωρεάν.
- ❖ Η Αιολική ενέργεια είναι μια τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή.
- ❖ Προστατεύει τη Γη καθώς κάθε μία κιλοβατώρα που παράγεται από τον άνεμο αντικαθιστά μία κιλοβατώρα που παράγεται από συμβατικούς σταθμούς και ρυπαίνει την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου.
- ❖ Δεν επιβαρύνει το τοπικό περιβάλλον με επικίνδυνους αέριους ρύπους, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, καρκινογόνα μικροσωματίδια κ.α., όπως γίνεται με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- ❖ Ενισχύει την ενεργειακή ανεξαρτησία και ασφάλεια κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για τη χώρα μας και την Ευρώπη γενικότερα.
- ❖ Βοηθά στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος μειώνοντας τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας.

Επίσης η συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας θα συμβάλει:

- ❖ στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη
- ❖ σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550 KW σε ένα χρόνο, υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, δηλαδή αποτροπή της εκπομπής 735 περίπου τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων



- ❖ στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο MW αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας



## 2.2 Πίστωση ικανότητας

Ένας άλλος τρόπος εκτίμησης της αξίας της αιολικής ενέργειας είναι να εξετάσει την πίστωση ικανότητάς του. Η πίστωση ικανότητας ενός ορισμένου ποσού αιολικής ενέργειας μπορεί να θεωρηθεί ως ποσό συμβατικών εγκαταστάσεων που θα μπορούσαν "να αντικατασταθούν" από την αιολική δύναμη, χωρίς να καταστήσουν το σύστημα λιγότερο αξιόπιστο. Στην πραγματικότητα οι ανεμοστρόβιλοι δεν εγκαθίστανται για να μπορέσουν να κλείσουν πρόωρα οι συμβατικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η οικοδόμηση των αιολικών πάρκων βοηθά να αποφευχθεί η ανάγκη να χτιστούν νέες εγκαταστάσεις θερμικής ή πυρηνικής ενέργειας.

Οι μελέτες για τον τρόπο με τον οποίο η αιολική ενέργεια μπορεί καλύτερα να ενσωματωθεί στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. Κάθε μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η αιολική ενέργεια έχει μια σημαντική πίστωση ικανότητας.

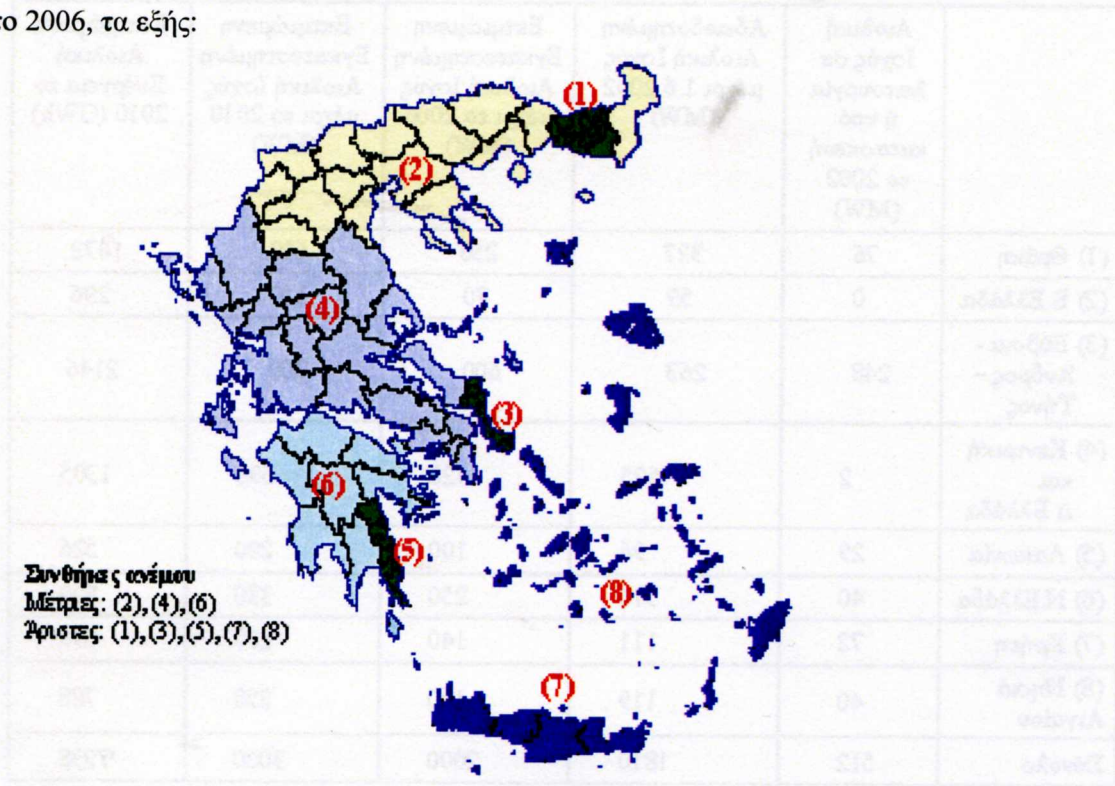
## 2.3 Αναμενόμενη ανάπτυξη της αιολικής ισχύος

Στο σχήμα 2, η Ελλάδα διαιρείται σε 8 περιοχές:

Οι περιοχές (1), (3) και (5) του ηπειρωτικού χώρου και οι περιοχές (7) και (8) του Αιγαίου παρουσιάζουν ιδιαίτερα ευνοϊκές αιολικές συνθήκες (σχ.2). Στις περιοχές (2), (4) και (6) οι αιολικές συνθήκες είναι μέτριες αλλά και στις περιοχές αυτές μπορεί να βρεθούν κατάλληλες τοποθεσίες για αιολικά πάρκα.

Στον πίνακα αυτό, δίνεται η υπάρχουσα και η εκτιμώμενη αιολική ισχύς που μπορεί να εγκατασταθεί στην Ελλάδα στην τρέχουσα δεκαετία. Οι τιμές που δίνονται στον πίνακα αυτό είναι αισιόδοξες και μπορεί επιτευχθούν μόνο αν ικανοποιηθούν, ιδιαίτερα οι προβλέψεις μέχρι

το 2006, τα εξής:



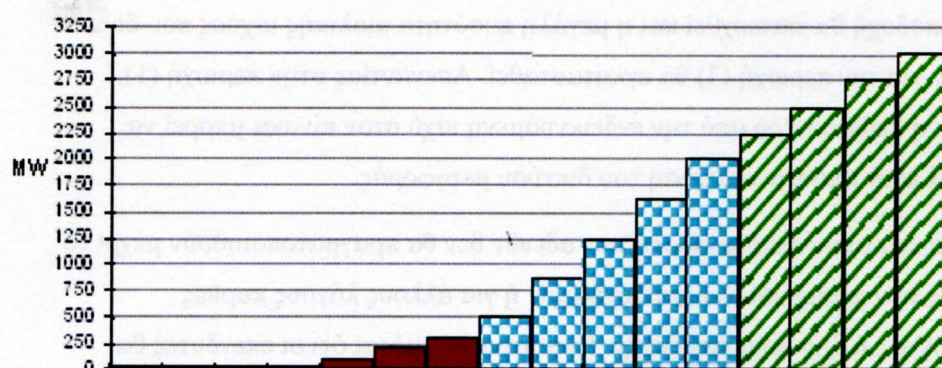
Σχ. 2 Συνθήκες ανέμου για αιολική ενέργεια

- ❖ Σημαντική ενίσχυση του δικτύου μεταφοράς αναμένεται να επιτευχθεί μέχρι το 2006 στις περιοχές (1), (3) και (5) του Σχ.2, όπου επικρατούν οι πλέον ευνοϊκές συνθήκες. Για τις δύο πρώτες περιοχές η ενίσχυση είναι στο στάδιο της μελέτης, ενώ στην περιοχή (5) στο στάδιο της κατασκευής.
- ❖ Η επιδότηση της εγκατάστασης αιολικής ισχύος για περίπου 500 MW συνεχίζεται μέχρι το 2006.
- ❖ Η δημόσια αποδοχή θα επιτευχθεί και η μεγάλη ποσότητα αιολικής ισχύος που δίνεται στον Πίνακα για την περιοχή (3) θα εγκατασταθεί. Απεναντίας στην περιοχή (1), εκτιμάται ότι η περισσότερη από την ενδεικνυόμενη ισχύ στον πίνακα μπορεί να εγκατασταθεί μετά από την ενίσχυση του δικτύου μεταφοράς.
- ❖ Εκτιμάται ότι ένα σημαντικό ποσοστό των αδειών δεν θα πραγματοποιηθούν μέχρι το 2006 εξαιτίας των περιορισμένων επιδοτήσεων ή για άλλους λόγους κυρίως περιβαλλοντικούς ή δημόσιας αποδοχής. Εντούτοις εκτιμάται ότι οι επενδυτές θα ανακαλύψουν έναν σημαντικό αριθμό νέων τοποθεσιών με ευνοϊκές αιολικές συνθήκες.

	Αιολική Ισχύς σε λειτουργία ή υπό κατασκευή το 2002 (MW)	Αδειοδοτημένη Αιολική Ισχύς μέχρι 1.6.2002 (MW)	Εκτιμώμενη Εγκατεστημένη Αιολική Ισχύς μέχρι το 2006 (MW)	Εκτιμώμενη Εγκατεστημένη Αιολική Ισχύς μέχρι το 2010 (MW)	Εκτιμώμενη Αιολική Ενέργεια το 2010 (GWh)
(1) Θράκη	76	327	250	600	1472
(2) Β. Ελλάδα	0	59	70	130	296
(3) Εύβοια - Άνδρος - Τήνος	248	263	600	700	2146
(4) Κεντρική και Δ. Ελλάδα	2	525	420	590	1305
(5) Λακωνία	29	96	100	200	526
(6) Ν. Ελλάδα	40	310	250	330	809
(7) Κρήτη	72	111	140	200	596
(8) Νησιά Αιγαίου	40	119	170	250	788
Σύνολο	512	1810	2000	3000	7938

**Πίν.1 Αιολική ισχύς (μέχρι 1.6.2002) και εκτίμηση (μέχρι το 2010) στις περιοχές της Ελληνικής επικράτειας.**

Η εκτιμώμενη ανάπτυξη αιολικής ισχύος υπό τις ανωτέρω προϋποθέσεις δίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αυτό σημαίνει ότι αιολική ισχύς 1000 MW πρέπει να εγκατασταθεί κατά την περίοδο 2006-2010, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, όπου δίνεται επίσης η κατανομή της ισχύος αυτής στις 8 περιοχές του Ελληνικού χώρου του Σχ.2.



**Σχ.3 Αναμενόμενη εγκατάσταση αιολικής ισχύος**

## 2.4 Η περίπτωση των νησιών

Το ηλεκτρικό δίκτυο των περισσότερων Ελληνικών νησιών κοντά στην ηπειρωτική χώρα είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας. Στα υπόλοιπα νησιά, κυρίως του Αιγαίου όπου επικρατούν ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες, η διείσδυση της αιολικής ενέργειας περιορίζεται από την επίπτωσή τους στα αυτόνομα νησιωτικά ηλεκτρικά δίκτυα. Τα αυτόνομα συστήματα των Ελληνικών νησιών, ανάλογα με την αιχμή ζήτησης κατηγοριοποιούνται σε:

- “Μεγάλα” – η αιχμή είναι μεγαλύτερη από 100 MW (Κρήτη, Ρόδος)
- “Μεσαία” – η αιχμή κυμαίνεται μεταξύ 5 και 100 MW
- “Μικρά” – Η αιχμή είναι μικρότερη από 5 MW

Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς, αιολική ισχύς έως 30% της μέγιστης ζήτησης του νησιού μπορεί να εγκατασταθεί, αλλά περιορισμοί στη λειτουργία τους μπορεί να επιβληθούν, εάν προκύψουν προβλήματα κατά την παράλληλη λειτουργία τους με τους συμβατικούς θερμικούς σταθμούς. Πρακτικά, εξαιτίας των προβλημάτων αυτών έχει επιτευχθεί διείσδυση των αιολικών μικρότερη από το όριο 30%. Η χρησιμοποίηση ανεμογεννητριών με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (π.χ όχι ευαίσθητες σε πτώσεις τάσης, ομαλή παραγωγή, κλπ) μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην αύξηση της διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στα νησιά.

Προηγμένα πληροφοριακά συστήματα έχουν πειραματικά τοποθετηθεί για να βοηθήσουν τους χειριστές αιολικών πάρκων, με σκοπό την αύξηση της αιολικής διείσδυσης. Ένα τέτοιο σύστημα τοποθετήθηκε πρώτα στη Λήμνο και μετά στην Κρήτη, όπου έχει επιτευχθεί σημαντική διείσδυση. Έτσι, 67 MW αιολικής ισχύος λειτούργησαν το 2000 στην Κρήτη (περίπου 20% της μέγιστης ζήτησης), προσφέροντας 12% της συνολικής ζήτησης ενέργειας χωρίς σημαντικά προβλήματα, με ένα άριστο βαθμό απόδοσης 43%. Παρά την επιτυχία του ανωτέρω αναφερομένου συστήματος, εκτιμάται ότι η διείσδυση αιολικής ενέργειας σε αυτόνομα συστήματα νησιών δεν μπορεί να υπερβεί το 15% της τοπικής ζήτησης. Με στόχο την υπέρβαση του ανωτέρω ορίου είναι απαραίτητο τα υβριδικά συστήματα να περιλαμβάνουν συστήματα αποθήκευσης.

Τέτοια μικρά υβριδικά συστήματα λειτουργούν πειραματικά από το 1980 στην Κύθνο, καθώς επίσης και σε μερικά άλλα μικρά νησιά, συνδυάζοντας αιολικά, φωτοβολταϊκά και νηζελογεννήτριες σε συνδυασμό με τα απαραίτητα συστήματα αποθήκευσης (μπαταρίες κλπ) που λειτουργούν μέσω κέντρου ελέγχου ενέργειας. Η επιτυχία των συστημάτων αυτών κυρίως εξαρτάται από την αξιοπιστία που μπορεί να επιτευχθεί και την ικανότητα ελαχιστοποίησης των απαιτήσεων συντήρησης. Το κύριο πλεονέκτημα είναι ότι έχουν αποκτήσει τη δημόσια αποδοχή εξαιτίας των επιπτώσεων στο ευαίσθητο περιβάλλον των νησιών.

Για τα “Μεσαία” και τα “Μεγάλα” νησιά, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική αύξηση αιολικής

διείσδυσης μέσω υβριδικών συστημάτων που περιλαμβάνουν συστήματα άντλησης. Ένα τέτοιο σύστημα, το οποίο βρίσκεται στο στάδιο του σχεδιασμού, σκοπεύει να εγκαταστήσει η ΔΕΗ στην Ικαρία. Υπάρχουν και άλλες προτάσεις για την Κρήτη (μέχρι 60 MW). Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) εξετάζει την κατάλληλη τροποποίηση της υπάρχουσας νομοθεσίας για να προωθήσει την εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων στα νησιά.

Όπως είναι γνωστό, στα νησιά λειτουργούν μόνο σταθμοί που χρησιμοποιούν πετρελαϊκά προϊόντα και ΑΠΕ (κυρίως αιολικά). Συνεπώς, η ανάπτυξη αιολικής ισχύος στα νησιά που θα υποκαταστήσει τα ακριβά πετρελαιοειδή είναι μέγιστης σημασίας.

## 2.5 Αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα

Μετά την απελευθέρωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας άρχισε η εφαρμογή της και στην Περιφέρεια, παρά την έλλειψη δυνατών ανέμων. Σύμφωνα με μετεωρολογικά στοιχεία που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα είναι φανερό πως ο αριθμός των ημερών που υπάρχουν άνεμοι πάνω από 12Km/ώρα είναι μικρός.

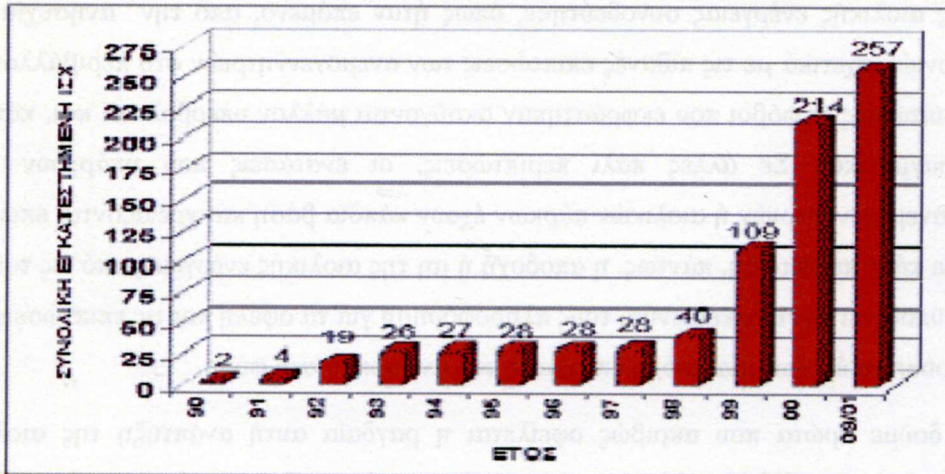
	Ταχύτητα ανέμου					
	6 - 7 m/sec		7 - 8 m/sec		> 8 m/sec	
	Έκταση (Ha)	Ισχύς (MW)	Έκταση (Ha)	Ισχύς (MW)	Έκταση (Ha)	Ισχύς (MW)
Κεντρική Μακεδονία	8042	670	3480	290	290	24
Δυτική Μακεδονία	994	83	639	53	0	0
Ήπειρος	3035	253	1298	108	91	8
Θεσσαλία	3862	322	2701	225	669	56
Αττική	3875	323	5948	496	2114	176
Στερεά Ελλάδα	11283	940	16734	1394	5762	480
Αν. Μακεδονία & Θράκη	5478	456	541	45	0	0
Δυτική Ελλάδα	4190	349	4019	335	150	13
Ιόνια Νησιά	2005	167	1965	164	949	79
Πελοπόννησος	11490	958	9338	778	1097	91
Βόρειο Αιγαίο	1607	134	576	48	0	0
Νότιο Αιγαίο	3437	286	4496	375	1263	105
Κρήτη	5945	495	3362	280	203	17
<b>ΕΛΛΑΔΑ</b>	<b>65243</b>	<b>5436</b>	<b>55097</b>	<b>4591</b>	<b>12588</b>	<b>1049</b>

Πιν.2 Εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα.



Παρόλα αυτά υπάρχουν περιοχές στην Ήπειρο όπου τα μετεωρολογικά στοιχεία δίνουν ταχύτητες ανέμων ικανές για να στοιχειοθετήσουν εφαρμογές και πιστεύουμε ότι θα υπάρξουν μερικές πολύ σύντομα. Το Περιφερειακό Ενεργειακό Κέντρο Ηπείρου έχει αρχίσει να εκπονεί μελέτες βασισμένες σε μετρήσεις του αιολικού δυναμικού, με σκοπό τη λεπτομερή αξιολόγηση του δυναμικού ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές της Περιφέρειας.

### Εξέλιξη της Ανάπτυξης των Αιολικών στην Ελλάδα



Πιν.3 Εξέλιξη της ανάπτυξης των Αιολικών Πάρκων στην Ελλάδα (1990-2001)

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>:

# ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια θεαματική άνοδος της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος από ανεμογεννήτριες στη χώρα μας (Κρήτη, Εύβοια, νησιωτική χώρα). Ο μεγάλος ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας συνοδεύτηκε, όπως ήταν επόμενο, από την ανησυχία των τοπικών κοινωνιών σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι φόβοι που εκφράστηκαν ακούγονται μάλλον υπερβολικοί και, κάποιες φορές, εξωπραγματικοί. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, οι ενστάσεις που υπάρχουν στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών ή αιολικών πάρκων έχουν κάποια βάση και χρειάζονται επιπλέον διερεύνηση. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, η αποδοχή ή μη της αιολικής ενέργειας από τις τοπικές κοινωνίες προϋποθέτει την αντικειμενική τους πληροφόρηση για τα οφέλη και τις επιπτώσεις που αυτή θα μπορούσε να έχει ως μία ακόμη επέμβαση του ανθρώπου στη φύση.

Αλλά ας δούμε πρώτα που ακριβώς οφείλεται η ραγδαία αυτή ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο. Σήμερα είναι κοινά αποδεκτό ότι η παγκόσμια αλλαγή του κλίματος αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες απειλές για το μέλλον της ανθρωπότητας. Η αλλαγή αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στις εκπομπές των λεγομένων «αερίων του θερμοκηπίου» που συνοδεύουν αναπόφευκτα την παραγωγή ενέργειας από συμβατικά καύσιμα. Θεωρείται, λοιπόν, δεδομένο ότι η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα της αιολικής είναι η μοναδική –μη πυρηνική– μεσοπρόθεσμη λύση για την αντιμετώπιση του φαινομένου των κλιματικών αλλαγών.

Ας προχωρήσουμε τώρα εξετάζοντας τις πιο διαδεδομένες ανησυχίες για τις αρνητικές επιπτώσεις που θα μπορούσε να έχει η εγκατάσταση και χρήση των ανεμογεννητριών σε αιολικά πάρκα.

### 3.1. Προβλήματα θορύβου

Πρόκειται για το μόνο ουσιαστικό πρόβλημα, αλλά συγχρόνως και το ευκολότερο να ελεγχθεί και να προληφθεί. Στις ανεμογεννήτριες ο εκπεμπόμενος θόρυβος μπορεί να υπαχθεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευση του: δηλαδή μηχανικός και αεροδυναμικός.

- ❖ Ο πρώτος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα (κιβώτιο ταχυτήτων, ηλεκτρογεννήτρια, έδρανα κλπ.)
- ❖ Ο δεύτερος προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι μηχανές πολύ ήσυχες συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις από τους κατασκευαστές γίνονται όλο και πιο αθόρυβες. Η αντιμετώπιση του θορύβου γίνεται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του. Οι μηχανικοί θόρυβοι έχουν ελαχιστοποιηθεί με εξαρχής σχεδίαση (γρανάζια πλάγιας οδόντωσης), ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής. Επίσης ο μηχανικός θόρυβος αντιμετωπίζεται στη διαδρομή του με ηχομονωτικά πετάσματα και αντικραδασμικά πέλματα στήριξης. Αντίστοιχα ο αεροδυναμικός θόρυβος αντιμετωπίζεται με προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων από τους κατασκευαστές, που δίνουν άμεση προτεραιότητα στην ελάττωση του .

Το επίπεδο του αντιληπτού θορύβου από μία ανεμογεννήτρια σύγχρονων προδιαγραφών σε απόσταση 200 μέτρων, είναι μικρότερο από αυτό που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου περιβάλλοντος μιας μικρής επαρχιακής πόλης και βεβαίως δεν αποτελεί πηγή ενόχλησης. Με δεδομένη δε τη νομοθετημένη απαίτηση να εγκαθίστανται οι ανεμογεννήτριες σε ελάχιστη απόσταση 500 μέτρων από τους οικισμούς, το επίπεδο είναι ακόμη χαμηλότερο και αντιστοιχεί πλέον σε αυτό ενός ήσυχου καθιστικού δωματίου. Επιπλέον, στις ταχύτητες ανέμου που λειτουργούν οι ανεμογεννήτριες ο φυσικός θόρυβος (θόρυβος ανέμου σε δένδρα και θάμνους) υπερκαλύπτει οποιονδήποτε θόρυβο που προέρχεται από τις ίδιες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και σε συνδυασμό με τη θέση των «οικοπέδων» που συνήθως εγκαθίστανται τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα για να έχουν καλύτερη απόδοση, μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι τα αιολικά πάρκα δεν προκαλούν:

- ❖ αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου εκτός των ορίων τους και ακόμη περισσότερο σε κατοικημένες περιοχές
- ❖ έκθεση ανθρώπων σε υψηλή στάθμη θορύβου.

Ο πιο εύκολος και αποτελεσματικός τρόπος, για να πεισθεί κανείς για το ζήτημα του θορύβου είναι μια επίσκεψη σε ένα αιολικό πάρκο μια μέρα που οι ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε κανονική λειτουργία.

### **3.2. Προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών**

Η ανησυχία αυτή συνήθως αναφέρεται αφενός σε προβλήματα που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες λόγω της θέσης τους σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιοφώνου και αφετέρου σε πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές από τις ίδιες.

Είναι γεγονός ότι , η διάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου (κυρίως στις συχνότητες εκπομπών FM) επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη. Το κυριότερο πρόβλημα από τις ανεμογεννήτριες προέρχεται από τα κινούμενα πτερύγια που μπορούν να προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω

αντανακλάσεων. Αυτό ήταν πολύ εντονότερο στην πρώτη γενιά ανεμογεννητριών που έφερε μεταλλικά πτερύγια. Τα πτερύγια των συγχρόνων ανεμογεννητριών κατασκευάζονται αποκλειστικά από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελάχιστη επίπτωση στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Η Ελληνική νομοθεσία προβλέπει την προώθηση αδειοδότησης ενός αιολικού πάρκου μόνον εφόσον τηρούνται κάποιες ελάχιστες αποστάσεις από τηλεπικοινωνιακούς ή ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς. Οποιαδήποτε πιθανά προβλήματα παρεμβολών μπορούν να προληφθούν με σωστό σχεδιασμό και χωροθέτηση ή να διορθωθούν με μικρό σχετικά κόστος από τον κατασκευαστή του πάρκου με μια σειρά απλών τεχνικών μέτρων, όπως π.χ. η εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών. Σε σχέση με την συμβατότητα και τις παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες, αξίζει να αναφέρουμε, ότι σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες οι πύργοι των ανεμογεννητριών όχι μόνον δεν δημιουργούν εμπόδια, αλλά χρησιμοποιούνται ήδη για την εγκατάσταση κεραιών προς διευκόλυνση υπηρεσιών επικοινωνιών, όπως η κινητή τηλεφωνία!

Όσον αφορά τις εκπεμπόμενες ακτινοβολίες, όπως φαίνεται και από την περιγραφή των τμημάτων της ανεμογεννήτριας, τα μόνα υποσυστήματα που θα μπορούσαμε να πούμε ότι «εκπέμπουν» ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου, είναι η ηλεκτρογεννήτρια και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της ηλεκτρογεννήτριας είναι εξαιρετικά ασθενές και περιορίζεται σε μια πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφος της που είναι τοποθετημένο τουλάχιστον 40-50 μέτρα πάνω από το έδαφος.

Για το λόγο αυτό δεν υφίσταται πραγματικό θέμα έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ούτε καν στη βάση της ανεμογεννήτριας. Ο μετασχηματιστής, πάλι, περιβάλλεται πάντα από περίφραξη ασφαλείας ή είναι κλεισμένος σε μεταλλικό υπόστεγο. Η περίφραξη είναι τοποθετημένη σε τέτοια απόσταση που το επίπεδο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι αμελητέο. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε με βεβαιότητα, ότι αυτά που ακούγονται για εκπομπή ραδιενέργειας η ακτινοβολιών άλλου τύπου από τις ανεμογεννήτριες δεν ευσταθούν.

### **3.3. Αισθητικά προβλήματα και προσβολή του φυσικού τοπίου**

Η οπτική όχληση είναι κάτι υποκειμενικό και δύσκολα μπορούν να τεθούν κοινά αποδεκτοί κανόνες. Από έρευνες σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης προκύπτει ότι κάποιος που είναι ευνοϊκά διατεθειμένος απέναντι στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, αποδέχεται τις ανεμογεννήτριες και οπτικά πολύ πιο εύκολα από κάποιον που είναι αρνητικός εξαρχής. Από τις ίδιες μελέτες, προκύπτει ότι τα αιολικά πάρκα είναι πιο αποδεκτά από αισθητικής άποψης σε ανθρώπους που είναι ενημερωμένοι για τα οφέλη που προέρχονται από την χρήση τους. Αν κάνουμε μια απλή σύγκριση μεταξύ ενός θερμικού σταθμού παραγωγής (π.χ. λιγνιτικού), και ενός αιολικού πάρκου είναι φανερό ότι η οπτική όχληση που προκύπτει από το πρώτο είναι

εμφανώς και αντικειμενικά πολύ μεγαλύτερη. Δεδομένου βεβαίως ότι οι ανεμογεννήτριες είναι κατ' ανάγκη ορατές από απόσταση, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες κάθε τόπου εγκατάστασης και να γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσής τους στο τοπίο.

### 3.4. Επίδραση στις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες

Δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι τα αιολικά πάρκα επιβαρύνουν τη γεωργία ή την κτηνοτροφία. Δεδομένου ότι περίπου το 99% της γης που φιλοξενεί ένα αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις, μπορούμε να κατανοήσουμε ότι οι αγροτικές δραστηριότητες μπορούν να συνεχίζονται και μετά την εγκατάστασή του. Οι συνήθεις θέσεις αιολικών πάρκων είναι σε ορεινές περιοχές με θαμνώδη βλάστηση ακριβώς λόγω των υψηλών ταχυτήτων του ανέμου που ευνοούν την εγκατάστασή του. Σε αυτές τις περιοχές, η χρήση γης είναι κυρίως για βοσκή αιγοπροβάτων οι οποία μπορεί να συνεχισθεί χωρίς κανένα πρόβλημα και μετά την εγκατάστασή του αιολικού πάρκου. Χαρακτηριστικά, σε μερικά αιολικά πάρκα έχει παρατηρηθεί ότι οι ανεμογεννήτριες γίνονται πόλος έλξης αιγοπροβάτων που επωφελούνται από τη δροσιά της σκιάς που προσφέρουν οι πύργοι τους!

### 3.5. Επιπτώσεις στον πληθυσμό των πουλιών

Τα πουλιά καθώς πετούν μερικές φορές συγκρούονται με κτίρια και άλλες σταθερές κατασκευές. Οι ανεμογεννήτριες όμως δεν προκαλούν ιδιαίτερο πρόβλημα όπως έχει φανεί από μελέτες που έχουν γίνει σε ευρωπαϊκές χώρες όπως η Γερμανία, η Ολλανδία, η Δανία και η Αγγλία. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ότι στον συνολικό αριθμό πουλιών που σκοτώνονται ετησίως, μόνον 20 θάνατοι οφείλονται σε ανεμογεννήτριες (για εγκατεστημένη ισχύ 1000MW), ενώ αντίστοιχα 1.500 θάνατοι οφείλονται στους κυνηγούς και 2.000 σε πρόσκρουση με οχήματα και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (καθότι είναι σχεδόν «αόρατες» για τα πουλιά). Ασφαλώς βέβαια, το θέμα της προστασίας του πληθυσμού των πουλιών σε ευαίσθητες οικολογικά και προστατευμένες περιοχές πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση σχεδιασμού και χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.

Συνοψίζοντας, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε, ότι οι οποιοσδήποτε επιπτώσεις από τις ανεμογεννήτριες, αφενός είναι άμεσα «ορατές» και αφετέρου είναι δυνατόν να ελαχιστοποιηθούν με σωστή αντιμετώπιση και προσχεδιασμό. Αντίθετα, οι επιπτώσεις της θερμικής ή πυρηνικής παραγωγής ενέργειας αργούν να φανούν, είναι μακροπρόθεσμες και όση προσπάθεια και κόστος να δαπανηθούν είναι αδύνατον να ελαχιστοποιηθούν. Εν τέλει θα πρέπει να αποφασίσουμε ότι

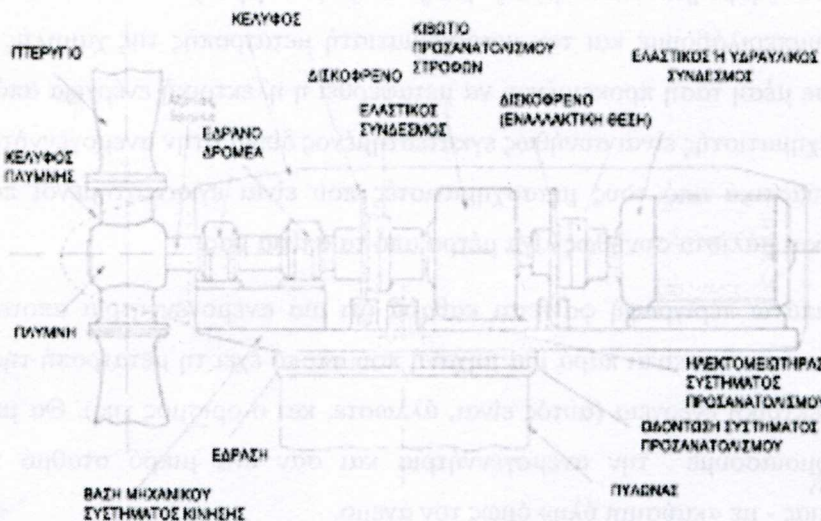
εφόσον πρέπει να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια, είναι σίγουρα προτιμότερο να την παράγουμε με τρόπο που να έχει την μικρότερη δυνατή επιβάρυνση για το περιβάλλον. Από τεχνολογική και οικονομική πλευρά, η πιο ώριμη μορφή ανανεώσιμης και «καθαρής» ενέργειας είναι σήμερα η αιολική. Αυτή μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην αποτροπή των κλιματικών αλλαγών προσφέροντας συγχρόνως ποικίλα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>:

# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

## 4.1. Κύρια μέρη ανεμογεννήτριας

Οι ανεμογεννήτριες είναι διατάξεις οι οποίες λειτουργούν με την βοήθεια του ανέμου ως εξής: Μεγάλοι πύργοι έχουν στην κορυφή τους έλικες οι οποίες, όταν φυσά αέρας, περιστρέφονται και έτσι βάζουν σε λειτουργία γεννήτριες συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος. Κατόπιν η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μπορεί να αποθηκευτεί ή να μεταφερθεί απευθείας στους τόπους της κατανάλωσης.



Σχ.4 Κύρια μέρη ανεμογεννήτριας

Μια ανεμογεννήτρια έχει τα εξής κύρια μέρη :

1. Τον πύργο: Είναι κυλινδρικής μορφής κατασκευασμένος από χάλυβα και συνήθως αποτελείται από δύο ή τρία συνδεδεμένα τμήματα. Είναι παρόμοιας κατασκευής με τους πύργους που στηρίζουν τα φώτα σε γήπεδα και εθνικούς δρόμους.
2. Τον θάλαμο που περιέχει τα μηχανικά υποσυστήματα (κύριος άξονας, σύστημα πέδησης, κιβώτιο ταχυτήτων και ηλεκτρογεννήτρια) :
  - ❖ Ο κύριος άξονας με το σύστημα πέδησης (φρένα) είναι παρόμοιος με τον άξονα των τροχών ενός αυτοκινήτου με υδραυλικά δισκόφρενα.

- ❖ Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι παρόμοιας κατασκευής με εκείνο του αυτοκινήτου μας με την διαφορά ότι έχει μόνον μια σχέση.
  - ❖ Η ηλεκτρογεννήτρια είναι παρόμοια με αυτές που χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη ή με τις γεννήτριες που έχουμε στα εξοχικά μας.
3. Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ασφαλούς λειτουργίας. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα υποσυστήματα μικροελεγκτών και «φροντίζουν» για την εύρυθμη και ασφαλή λειτουργία της ανεμογεννήτριας σε όλες τις συνθήκες.
4. Τα περύγια είναι κατασκευασμένα από σύνθετα υλικά (υαλονήματα και ειδικές ρητίνες), παρόμοια με αυτά που κατασκευάζονται τα ιστιοπλοϊκά σκάφη. Είναι δε σχεδιασμένα για να αντέχουν σε μεγάλες καταπονήσεις.

Ως απαραίτητο εξάρτημα λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας σε αιολικό πάρκο, θα μπορούσαμε να συμπεριλάβουμε και τον μετασχηματιστή μετατροπής της χαμηλής τάσης της ανεμογεννήτριας σε μέση τάση προκειμένου να μεταφερθεί η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο της ΔΕΗ. Ο μετασχηματιστής είναι συνήθως εγκατεστημένος δίπλα στην ανεμογεννήτρια και δεν διαφέρει κατασκευαστικά από τους μετασχηματιστές που είναι εγκατεστημένοι πάνω στους στύλους της ΔΕΗ και μάλιστα συνήθως λίγα μέτρα από τα σπίτια μας.

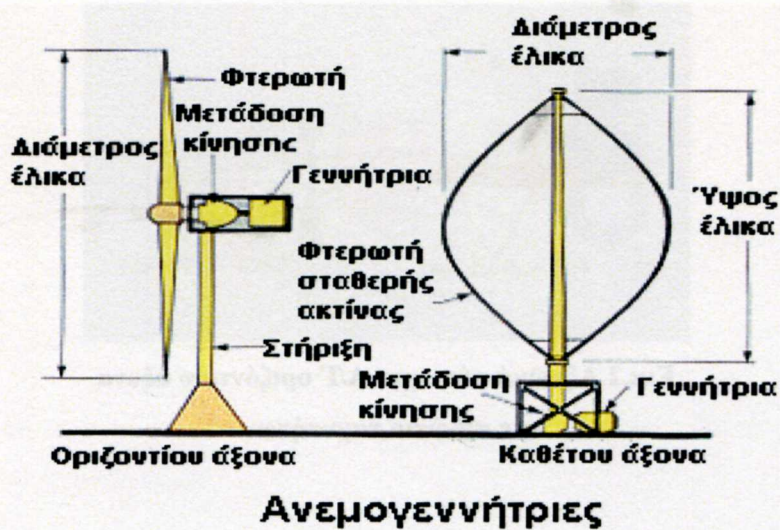
Από την παραπάνω περιγραφή φαίνεται καθαρά ότι μια ανεμογεννήτρια αποτελείται από απλά υποσυστήματα και δεν είναι παρά μια μηχανή που σκοπό έχει τη μετατροπή της ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια (αυτός είναι, άλλωστε, και ο ορισμός της). Θα μπορούσαμε μάλιστα να παρομοιάσουμε την ανεμογεννήτρια και σαν ένα μικρό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας - με «καύσιμη ύλη» όμως τον άνεμο.

## 4.2 Κατηγορίες ανεμογεννητριών

Μπορούμε να κατατάξουμε τις ανεμογεννήτριες σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον άξονα τους.

- ❖ τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, όπου ο δρομέας είναι τύπου έλικα και ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο και
- ❖ τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα που παραμένει σταθερός





Σχ.5 Ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα

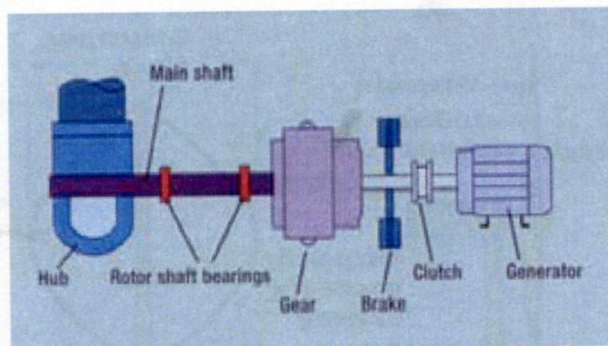
Στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα σε ποσοστό 90 %. Η ισχύς τους μπορεί να ξεπερνά τα 500 KW και μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας. Έτσι μια συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, που ονομάζεται αιολικό πάρκο, μπορεί να λειτουργήσει σαν μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



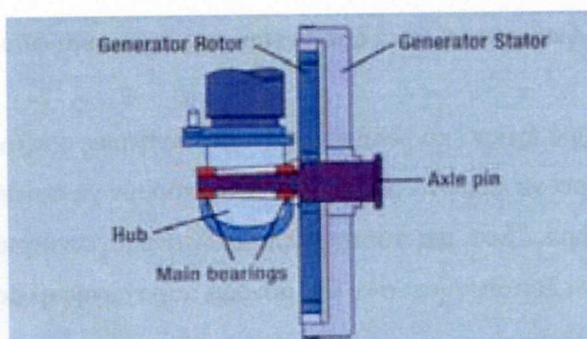
Εικ. 1 Ανεμογεννήτρια της εταιρίας Energon τύπου E40-500kW

#### Τυπικά μεγέθη εμπορικών Α/Γ

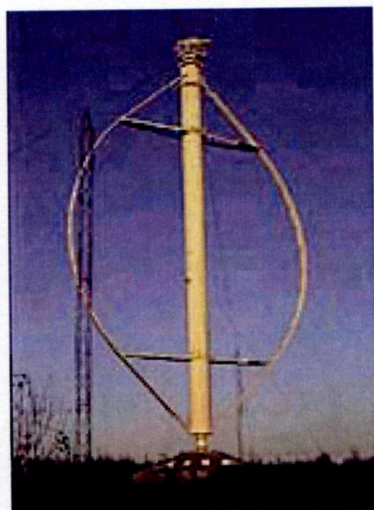
- ❖ Ισχύς 500-5000 kW
- ❖ Διάμετρος δρομέα : 40-120 m
- ❖ Δρομείς 3 πτερυγίων
- ❖ Ύψος : 50-120 m
- ❖ Εύρος ταχυτήτων ανέμου : 3-30 m/s
- ❖ Ονομαστική ταχύτητα ανέμου: 12-16m/s
- ❖ Ονομαστική ταχύτητα δρομέα: 12-40rpm
- ❖ Εύρος ταχυτήτων δρομέα: 8-40 rpm
- ❖ Κόστος : ~ 1000 ευρώ/kW



**Εικ.2 Αξονικό σύστημα Α/Γ οριζόντιου άξονα με κιβώτιο ταχυτήτων**



**Εικ.3 Αξονικό σύστημα Α/Γ οριζόντιου άξονα χωρίς κιβώτιο ταχυτήτων**



**Εικ.4 Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα**

### Θεωρητικά πλεονεκτήματα Α/Γ οριζόντιο άξονα

- ❖ Γεννήτρια , κιβώτιο ταχυτήτων κλπ. τοποθετούνται στο έδαφος οπότε δεν απαιτείται πύργος
- ❖ Δεν απαιτείται σύστημα προσανατολισμού

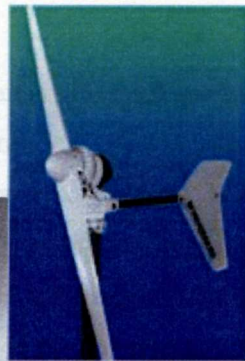
### Πρακτικά μειονεκτήματα:

- ❖ Μεγάλες ταλαντώσεις
- ❖ Κάτω μέρος του δρομέα πολύ κοντά στο έδαφος οπότε χαμηλές ταχύτητες ανέμου
- ❖ Μέτρια συνολική απόδοση
- ❖ Ο δρομέας δεν αναπτύσσει ροπή εκκίνησης
- ❖ Σχετικά μεγάλη επιφάνεια λόγω των καλωδίων στήριξης

Επίσης ένας ακόμη διαχωρισμός των ανεμογεννητριών είναι αυτός με κριτήριο των αριθμό λεπίδων (δίπτερες, τρίπτερες).



Τρίπτερες ανεμογεννήτριες

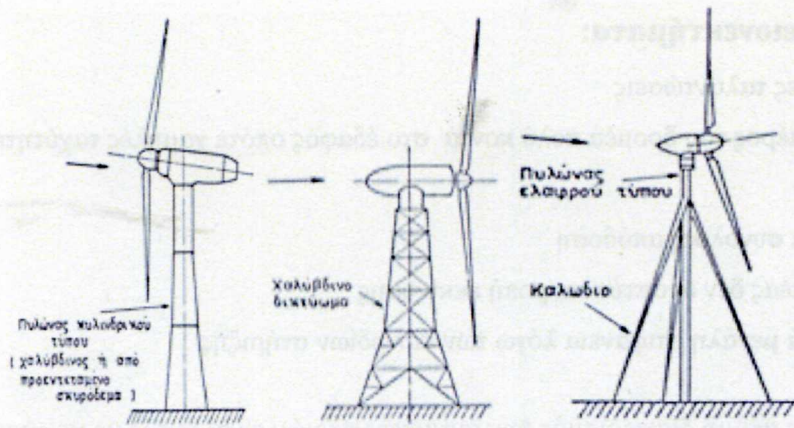


Δίπτερες ανεμογεννήτριες

### Εικ.5 Τρίπτερες και δίπτερες ανεμογεννήτριες

Τρίπτερες ανεμογεννήτριες με ρότορα μήκους μικρότερου των 10 μέτρων έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού ανέμου (ευρύ φάσμα ταχυτήτων ανέμου) και κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρό καθώς τα προβλήματα αντοχής και δυναμικής καταπόνησης μηχανικών μερών είναι περιορισμένα στις μηχανές αυτής της κατηγορίας.

Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης σαφώς μικρότερο, από αυτό των τριπτερύγων αντιστοίχου μεγέθους. Μπορεί ακόμη να συναντήσουμε και διαφορετικούς τύπους πυλώνων όπως είναι αυτοί που βλέπουμε παρακάτω δηλ τύπου κυλινδρικού, με χαλύβδινο δικτύωμα και πυλώνας ελαφρού τύπου με καλώδιο.



**Εικ.6 Τύποι πυλώνων ανεμογεννήτριας**

Δεδομένου ότι μια λεπίδα περιστρέφεται, κινείται στο χώρο που καταλαμβάνεται από μια προηγούμενη λεπίδα. Το όριο στην ταχύτητα της περιστροφής είναι ότι αυτό το διάστημα δεν πρέπει να περιέχει τον αέρα που διαταράσσεται έντονα από την προηγούμενη λεπίδα επομένως, οι στροφείς γρήγορης-στροφής πρέπει να έχουν λίγες λεπίδες. Εντούτοις, έχοντας περισσότερες αυξήσεις λεπίδων κλείνει ο άξονας στροφέων.

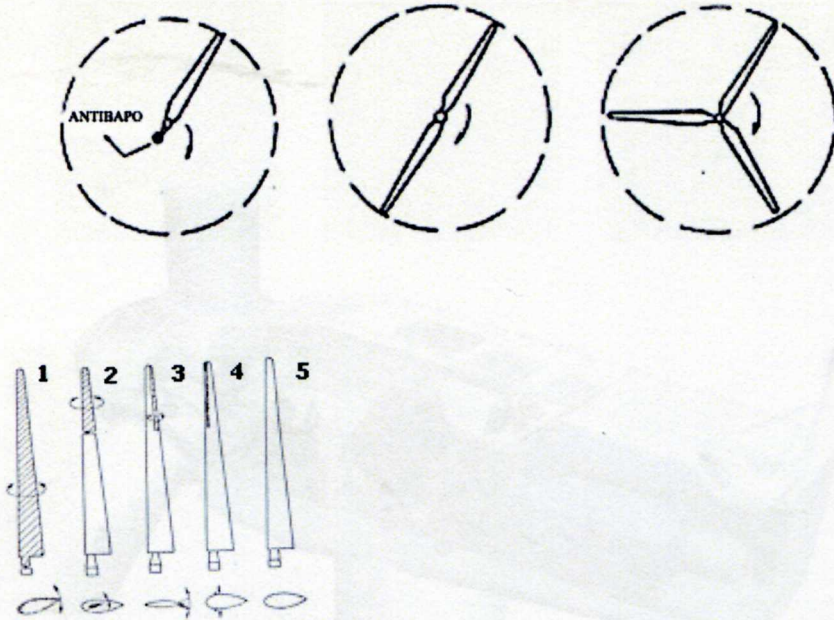
Ο γενικός κανόνας για το βέλτιστο αριθμό λεπίδων σε έναν στροφέα εξαρτάται από τη λειτουργία του, και μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

- ❖ η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί την υψηλή ταχύτητα στη χαμηλή ροπή, έτσι ο στροφέας έχει λίγες λεπίδες
- ❖ η άντληση ύδατος (και ιστορική άλεση) απαιτούν τη μεγάλη ροπή σε αργόστροφο, έτσι αυτός ο στροφέας έχει πολλές λεπίδες.

Προτείνεται ότι οι στρόβιλοι τριών λεπίδων θα γίνουν ο κανόνας στο έδαφος, αλλά οι μηχανές με δύο λεπίδες μπορούν να γίνουν κοινές για τα παράκτια αιολικά πάρκα

Ο ελάχιστος αριθμός λεπίδων είναι ένας, ο οποίος είναι δυνατός με ένα πυκνό αντίβαρο εντούτοις η κίνηση στροφέων είναι πολύ ανώμαλη επειδή η ταχύτητα αέρα είναι υψηλότερη με τη λεπίδα επάνω από αυτή που είναι με τη λεπίδα κάτω. Η κατοχή δύο λεπίδων είναι κοινή, αλλά η κίνηση δεν είναι ακόμα σταθερή, και ο οπτικός αντίκτυπος μπορεί να είναι ελαφρώς ενοχλητικός. Ένας στροφέας τριών λεπίδων έχει μια σταθερή κίνηση, είναι πιο ήρεμος και είναι οπτικά ο πιο αποδεκτός. Εντούτοις οι λεπίδες είναι ακριβές, έτσι όσο λιγότερες υπάρχουν, τόσο φτηνότερος ο στρόβιλος. Προτείνεται ότι οι στρόβιλοι τριών λεπίδων θα γίνουν ο κανόνας στο έδαφος, αλλά οι μηχανές με δύο λεπίδες μπορούν να γίνουν κοινές για τα παράκτια αιολικά πάρκα.

Στην Εικόνα 7 μπορούμε να δούμε ένα μονόπτερο, ένα δίπτερο και ένα τρίπτερο δρομέα με το αντίβαρο τους καθώς επίσης και 5 πέντε διαφορετικούς τύπους πτερυγίων.

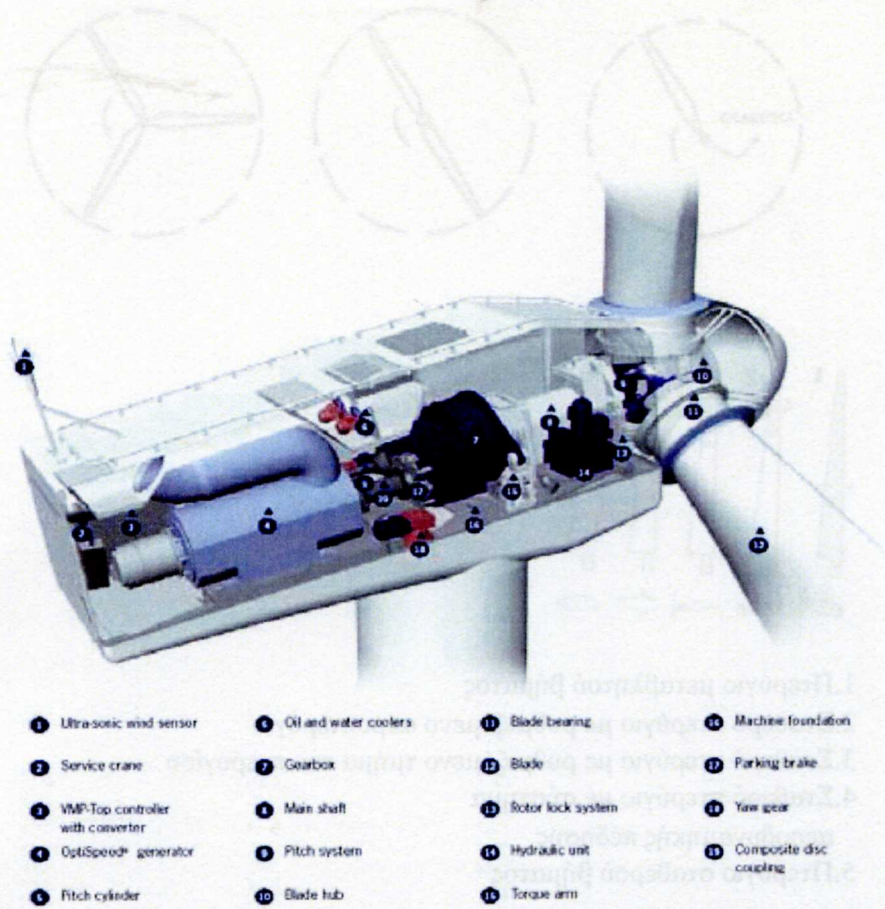


1. Πτερύγιο μεταβλητού βήματος
2. Σταθερό πτερύγιο με ρυθμιζόμενο ακροπτερύγιο
3. Σταθερό πτερύγιο με ρυθμιζόμενο τμήμα του πτερυγίου
4. Σταθερό πτερύγιο με σύστημα αεροδυναμικής πέδησης
5. Πτερύγιο σταθερού βήματος

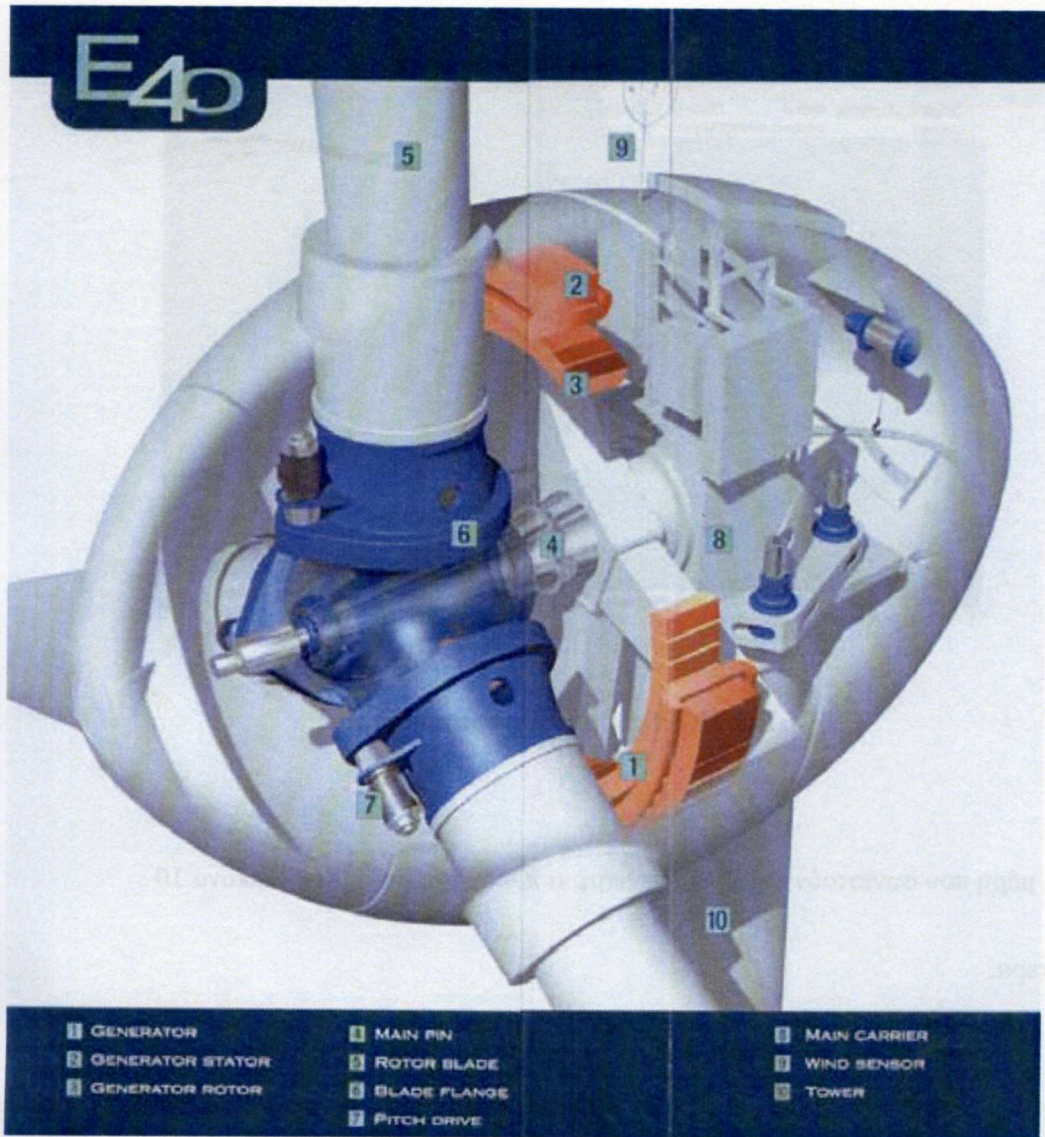
**Εικ.7 Τύποι πτερυγίων**

Η κατασκευή μηχανών της τάξεως κάποιων MW δεν κατάφερε να ενταχθεί στο οικονομικά και κατασκευαστικά βιώσιμο κατεστημένο. Η οικονομική υποστήριξη της κατασκευής μηχανών αυτής της κατηγορίας είναι πλέον εφικτή μόνο μέσα από Ευρωπαϊκά προγράμματα.

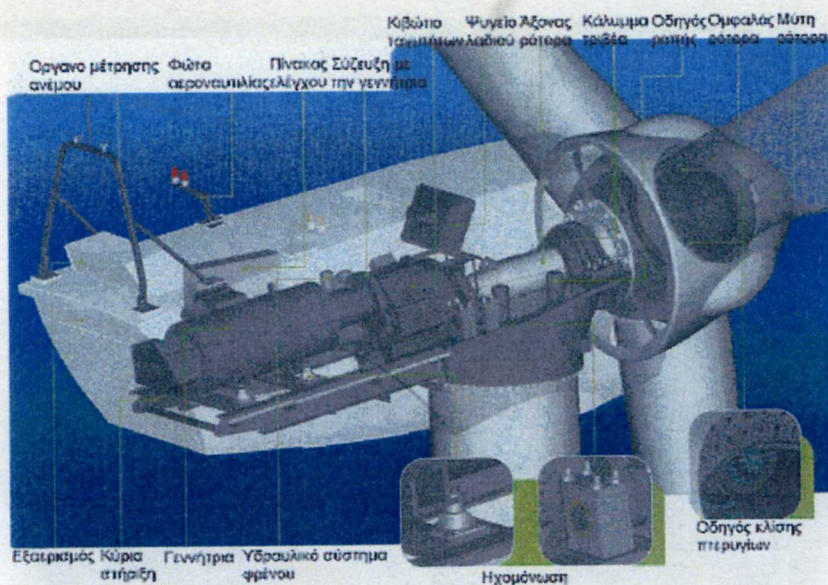
### 4.3 Παραδείγματα ανεμογεννητριών



**Εικ.8 Κατασκευαστική διαμόρφωση ανεμογεννήτριας (VESTAS V- 52 , 850 KW)**



Εικ.9 Κατασκευαστική διαμόρφωση ανεμογεννήτριας (ENERCON E- 40 , 600KW)



**Εικ.10 Κύρια μέρη ανεμογεννήτριας**

Όλα τα μέρη που συνιστούν την ανεμογεννήτρια παρουσιάζονται στην Εικόνα 10

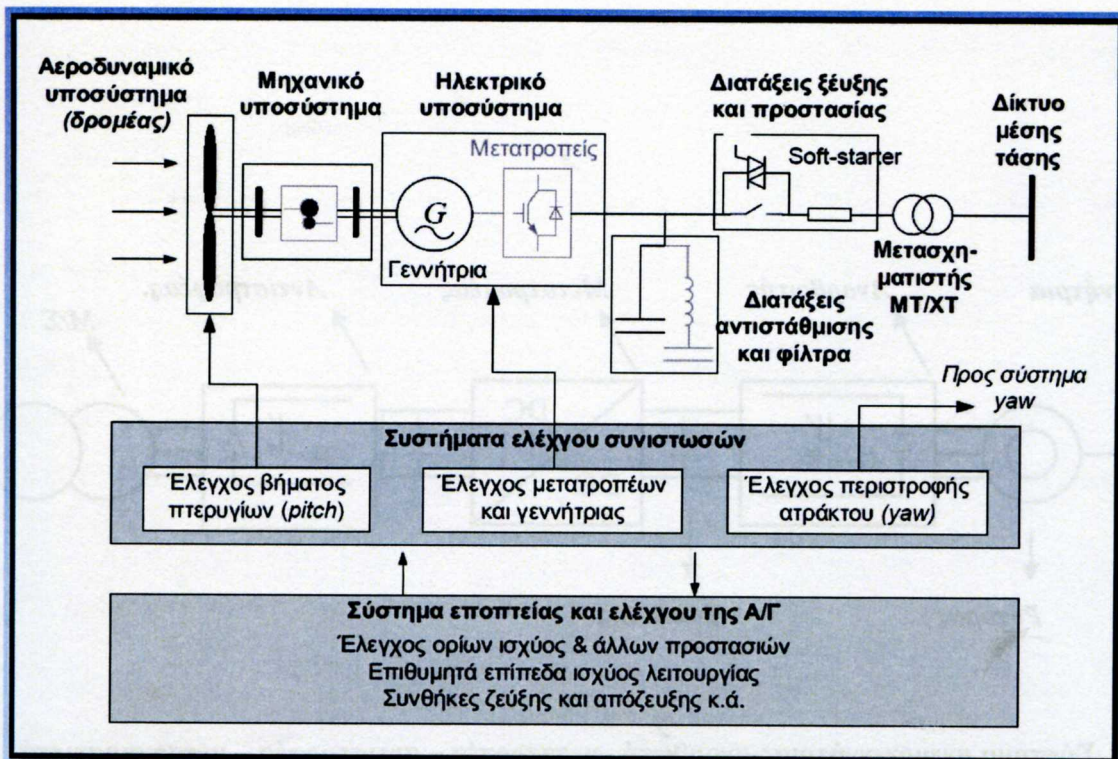
Ειδικότερα,

- ❖ Ο κινητήρας περιλαμβάνει 3 πτερύγια διαμέτρου 57 m. Η ταχύτητα περιστροφής κυμαίνεται μεταξύ 15 και 25 rpm (στροφές ανά λεπτό) και το ύψος του πυλώνα φθάνει τα 60 έως 70 m.
- ❖ Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι 3 βημάτων πλανητικού τύπου και η γεννήτρια είναι ασύγχρονου τύπου.
- ❖ Ακόμη το κύκλωμα ελέγχου αποτελείται από ένα διαμορφωτή πλάτους παλμών για τον έλεγχο της συχνότητας.
- ❖ Το σύστημα πέδησης μπορεί να είναι είτε ηλεκτρομαγνητικό και εφαρμόζεται σε κάθε πτερύγιο, είτε υδραυλικό.
- ❖ Τέλος, περιλαμβάνει σύστημα ασφαλείας και ελαχιστοποίησης του θορύβου.



#### 4.4 Βασικά υποσυστήματα Α/Γ

Το παρακάτω σύστημα περιλαμβάνει την ανεμογεννήτρια, τον ανορθωτή τάσης, τον DC / DC μετατροπέα, τον αντιστροφέα, τον μετασχηματιστή και το δίκτυο. Στο σύστημα αυτό, εξαιτίας των μεταβολών τάσης στην έξοδο της ανορθωτικής διάταξης, χρησιμοποιείται ο DC / DC μετατροπέας έτσι ώστε η τάση στην είσοδο του αντιστροφέα να διατηρείται σταθερή. Επειδή τόσο στον αντιστροφέα όσο και στον ανορθωτή συνδέονται δίοδοι αντιπαράλληλα προς τα ελεγχόμενα στοιχεία ώστε να είναι δυνατόν να αλλάξει φορά το ρεύμα και έτσι να αλλάξει και η φορά ροής της ισχύος.



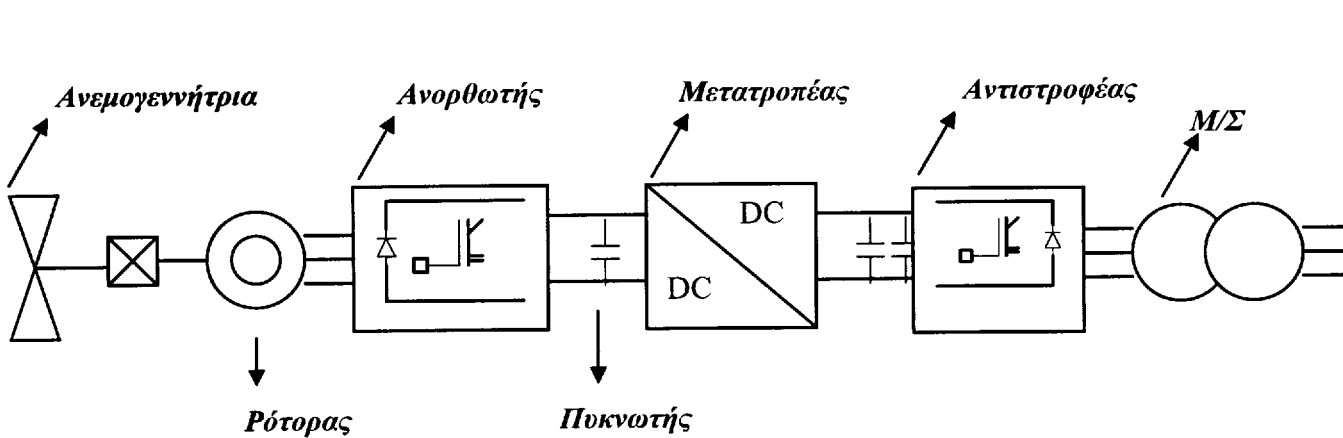
Σχ.6 Βασικά υποσυστήματα ανεμογεννήτριας

- ❖ **Αεροδυναμικό** (δρομέας)
- ❖ **Μηχανικό** (σύστημα μετάδοσης κίνησης)
- ❖ **Ηλεκτρικό** (γεννήτρια, μετατροπείς ισχύος)
- ❖ **Διατάξεις αντιστάθμισης και φίλτρα**

Διατάξεις ζεύξης και προστασίας (διακόπτης ισχύος ηλεκτρονόμοι προστασίας, σύστημα ομαλής εκκίνησης – soft starter κλπ.)

### ❖ Μετασχηματιστής ανύψωσης τάσης

- Συστήματα ελέγχου
  - Συνολικό σύστημα εποπτείας
  - Επιμέρους σύστημα ελέγχου
    - Κλίσης πτερυγίων (pitch control)
    - Μετατροπέων ισχύος & γεννήτριας
    - Περιστροφής της ατράκτου (yaw control)



Σχ.8 Σύστημα ανεμογεννήτριας-ανορθωτή –μετατροπέα – αντιστροφέα – μετασχηματιστή και δίκτυο

Όταν παράγεται από το ρότορα μεγαλύτερη τάση από την απαιτούμενη στο δίκτυο η επιπλέον ενέργεια επιστρέφει από το δίκτυο προς τα πίσω και μέσω των αντιπαράλληλων διοδίων που έχουν τοποθετηθεί και βοηθάει τη γεννήτρια όταν πέφτει η τάση ή συγκεντρώνεται σε συσσωρευτές και χρησιμοποιείται σε μικρότερη τάση.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>:

# ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

### 5.1. Διαθέσιμη αιολική δύναμη

Το σημαντικότερο είναι η δυνατότητα ανέμου της περιοχής. Η διαθέσιμη αιολική δύναμη είναι μια λειτουργία του κύβου της ταχύτητας ανέμου. Επομένως ένας διπλασιασμός της ταχύτητας αέρα δίνει οκτώ φορές την παραγωγή δύναμης από το στρόβιλο. Με τις υπόλοιπες μεταβλητές σταθερές, ένας στρόβιλος επί ενός τόπου με μια μέση ταχύτητα ανέμου 5 μέτρων ανά δευτερόλεπτο (m/s) θα παραγάγει σχεδόν δύο φορές περισσότερη δύναμη απ' ό,τι ένας στρόβιλος σε μια θέση όπου η ταχύτητα ανέμου υπολογίζεται κατά μέσο όρο 4 m/s.

### 5.2 Διαθεσιμότητα εξοπλισμού

Ο δεύτερος παράγοντας είναι η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού. Αυτό είναι η ικανότητα να λειτουργήσει όταν ο αέρας είναι διαθέσιμος - μια ένδειξη της αξιοπιστίας του στροβίλου. Αυτό είναι χαρακτηριστικά πάνω από 98% για τις σύγχρονες μηχανές. Τέλος είναι η ρύθμιση στροβίλων. Οι στρόβιλοι στα αιολικά πάρκα πρέπει να κανονιστούν προσεκτικά για να κερδίσουν τη μέγιστη ενέργεια από τον αέρα - αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπερκαλύπτει ο ένας τον άλλον όσο το λιγότερο δυνατόν από τον αέρα επικράτησης.

### 5.3 Τοποθεσία (Παράκτια ή στο έδαφος)

Οι μεγάλες δομές, παραδείγματος χάριν, ανεμοστρόβιλοι με λεπίδες 50 μέτρων, είναι δύσκολο να μεταφερθούν στο έδαφος. Επιπλέον, στο UK (εξαιρέσει της Σκωτίας) και αλλού στην Ευρώπη, υπάρχουν ενδεχομένως μόνο μερικές επιτρεπόμενες επιγείες (σε αντιδιαστολή με παράκτια) περιοχές για τα αιολικά πάρκα περιλαμβάνοντας τέτοιες μεγάλες μηχανές. Επομένως, η ανάπτυξη των παράκτιων αιολικών πάρκων έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Τα οφέλη αυτού περιλαμβάνουν τη δυνατότητα για την εφαρμογή μεγάλης κλίμακας, τους σταθερότερους και ισχυρότερους ανέμους απ' ό,τι στο παρακείμενο έδαφος, και την ευκαιρία για το αιολικό πάρκο που παράγει σε μια κλίμακα 200 MW και που συνδέεται άμεσα με τα εθνικά πλέγματα μετάδοσης.

Οι δυσκολίες περιλαμβάνουν τα άκρα και τους κινδύνους της θάλασσας, και το αυξανόμενο κόστος των θεμελίων, των διασυνδέσεων, της εγκατάστασης και της συντήρησης. Ο ακουστικός θόρυβος δεν είναι τόσο σημαντικός, έτσι η μεγαλύτερη αναλογία άκρη-ταχύτητας των στροφών δύο λεπίδων είναι επιτρεπόμενη, με ένα επακόλουθο κέρδος στην αποδοτικότητα και την πιθανή

---

μείωση των κύριων δαπανών. Η συνεργατική ανάπτυξη με, μεταξύ των άλλων, την αλιεία, την προστασία ψαριών και τις εγκαταστάσεις ελεύθερου χρόνου είναι επίσης υπανάπτυκτη.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>:

# ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## 6.1 Παράγοντες του κόστους

Υπάρχουν δύο κύριες επιρροές που έχουν επιπτώσεις στο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τον αέρα, και επομένως η τελική τιμή της:

- τεχνικοί παράγοντες, όπως η ταχύτητα αέρα και η φύση των στρόβιλων
- η οικονομική προοπτική εκείνοι που αναθέτουν τα προγράμματα, π.χ. ποιο ποσοστό επιστροφής απαιτείται στο κεφάλαιο, και το χρονικό διάστημα πέρα από τις οποίες το κεφάλαιο ξεπληρώνεται.

### 6.1.1 Τεχνικοί παράγοντες

Όσο περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια παράγουν οι στρόβιλοι τόσο χαμηλότερο το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό εξαρτάται από:

- Η αιολική δυναμικότητα της περιοχής

Η διαθέσιμη από τον αέρα δύναμη είναι μια λειτουργία του κύβου της ταχύτητας του αέρα. Επομένως εάν ο αέρας φυσήσει με δύο φορές την ταχύτητα, το ενεργειακό περιεχόμενό του θα αυξησει οκτώ πτυχές. Στην πράξη, στρόβιλοι επί ενός τόπου όπου η ταχύτητα αέρα υπολογίζει κατά μέσο όρο οκτώ μέτρα ανά δευτερόλεπτο θα παραγάγει περίπου 80% περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από εκείνοι όπου η μέση ταχύτητα αέρα είναι έξι μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Το σχήμα 3 επιδεικνύει πώς το κόστος παραγωγής ποικίλλει με την ταχύτητα αέρα.

- Διαθεσιμότητα ανεμοστρόβιλων

Αυτό είναι η ικανότητα να λειτουργήσει όταν ο αέρας είναι διαθέσιμος. Αυτό είναι χαρακτηριστικά 98% ή ανωτέρω για τις σύγχρονες ευρωπαϊκές μηχανές.

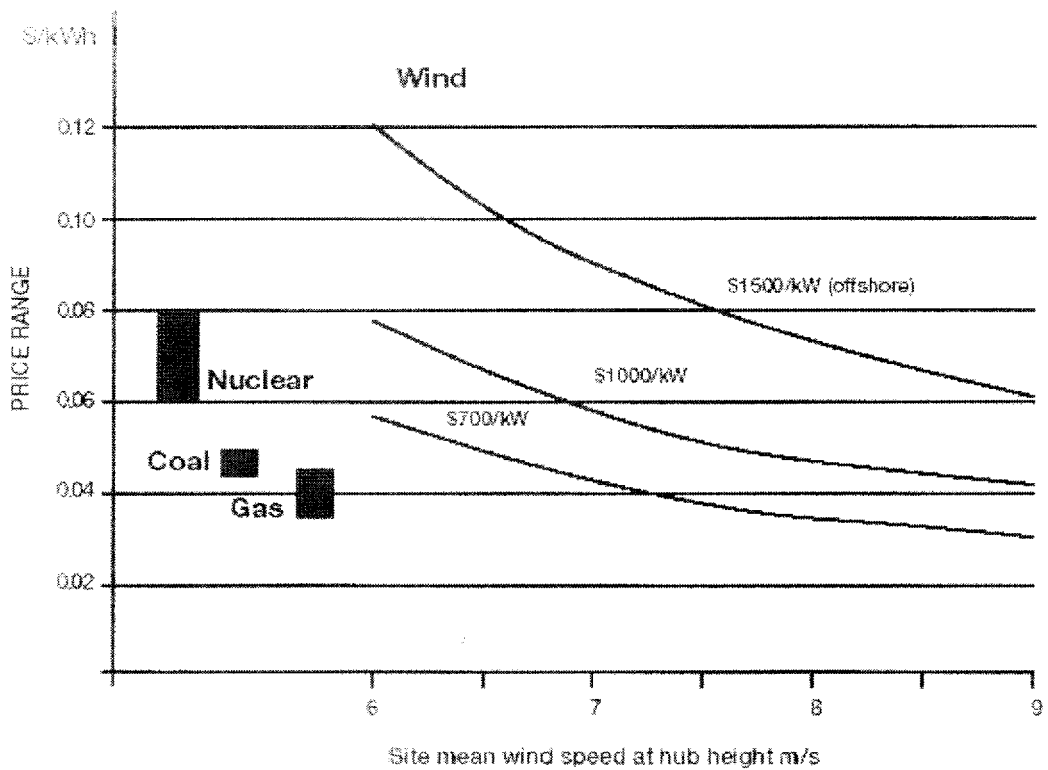
- Ο τρόπος που οι στρόβιλοι τοποθετούνται

Οι στρόβιλοι στα αιολικά πάρκα πρέπει να τακτοποιηθούν έτσι ώστε να μην σκιάζουν ο ένας τον άλλον.

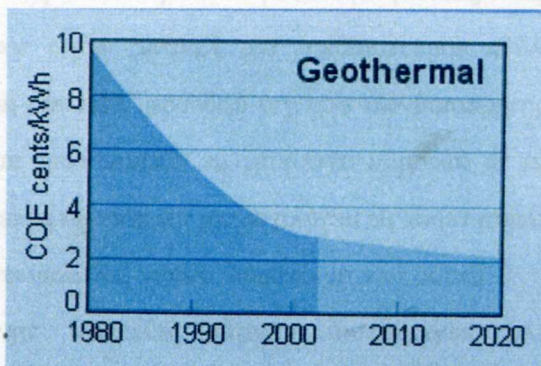
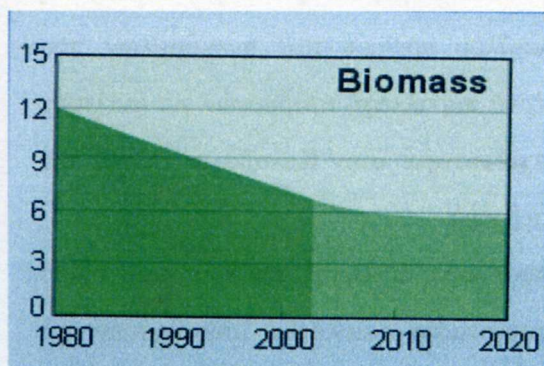
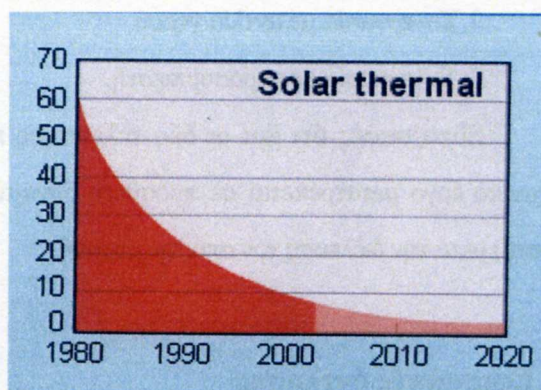
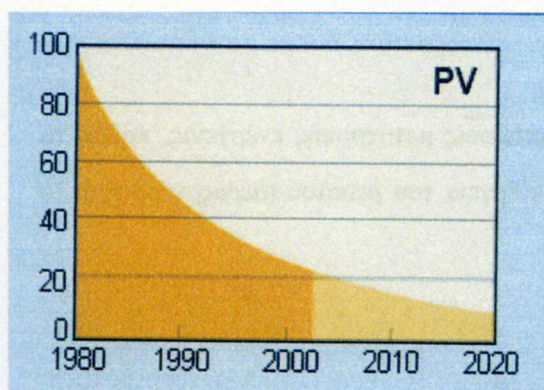
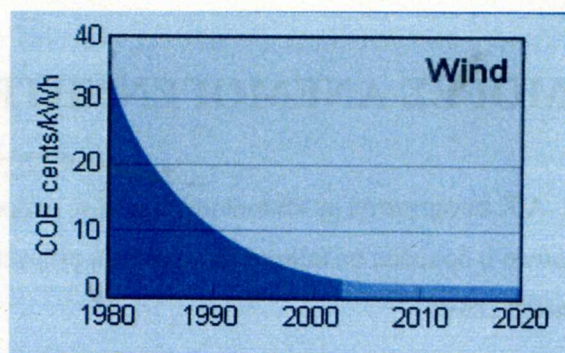
### 6.1.2 Οικονομική προοπτική

Τα οικονομικά σε συνδυασμό με τη δύναμη του αέρα εξαρτώνται πάρα πολύ από την προοπτική που λαμβάνεται. Οι επενδυτές θέλουν τα δάνειά τους να ξεπληρώνονται γρήγορα και το ποσοστό επιστροφών που απαιτούν επηρεάζει τη δυνατότητα πραγματοποίησης ενός αιολικού πάρκου. Επομένως ζητώντας μια μικρή χρονική περίοδος επιστροφής και ένα υψηλό ποσοστό επιστροφής ωθούν επάνω την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται.

### 6.2 Συγκριτικά διαγράμματα



Σχ.9 Διάγραμμα κόστους παραγωγής αιολικής ενέργειας σε σύγκριση με συμβατικούς σταθμούς παραγωγής



**Εικ 11 Σύγκριση κόστους παραγωγής της αιολικής ενέργειας με άλλες ΑΠΕ**

## Κεφάλαιο 7º:

### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Αν ο ανεμοκινητήρας Α/Κ συνεργαστεί με κάποια μηχανή, τότε μπορούμε να μετατρέψουμε το μηχανικό έργο που παράγει ο δρομέας σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας. Οι χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις είναι:

1. Συνεργασία με γεννήτρια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Συνεργασία με αντλία νερού.
3. Συνεργασία με αεροσυμπιεστή.

Είναι σαφές ότι και οι δύο τελευταίες περιπτώσεις μετατροπής ενέργειας, καθώς το μηχανικό έργο μετατρέπεται σε πρόσθετη δυναμική ενέργεια του ρευστού (αέρας, νερό ή άλλο ρευστό) μετά την διέλευση του από την μηχανή.

#### 7.1 Εφαρμογές άντλησης

Μια τυπική εφαρμογή άντλησης είναι αυτή που χρησιμοποιεί Α/Κ οριζοντίων αξόνων. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι «η κοιλάδα με τους 10.000 ανεμόμυλους» όπως αποκαλείται η κοιλάδα του Λασιθίου της Κρήτης, λόγω του μεγάλου αριθμού των ανεμόμυλων που χρησιμοποιούνται εκεί για άρδευση. Μια πιο μοντέρνα παραλλαγή εφαρμογών για άντληση, είναι το σύστημα άντλησης με ανεμόμυλους που σχεδιάστηκε στον Καναδά με σκοπό την άντληση νερού με μεγάλη πίεση για πότισμα με τεχνίτη βροχή.

Εκτός των αυτόνομων αυτών μονάδων στις εφαρμογές άντλησης, τον τελευταίο καιρό πολλά πειραματικά κέντρα μελετούν την συνεργασία αιολικών συστημάτων με ντιζελοκινητήρες ή ηλεκτροκίνητες μονάδες άντλησης. Από τα μέχρι τώρα αποτελέσματα προκύπτει ότι υπάρχει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας καθώς επίσης και μείωση του κόστους εγκατάστασης.

#### 7.2. Εφαρμογές θερμότητας

Η μηχανική κίνηση που παράγεται από την ενέργεια του ανέμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή θερμότητας είτε με τριβή στερεών, είτε με κατάθλιψη υγρών. Η θερμότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων, στη βιομηχανία, στην αποξήρανση γεωργικών προϊόντων κ.λ.π.

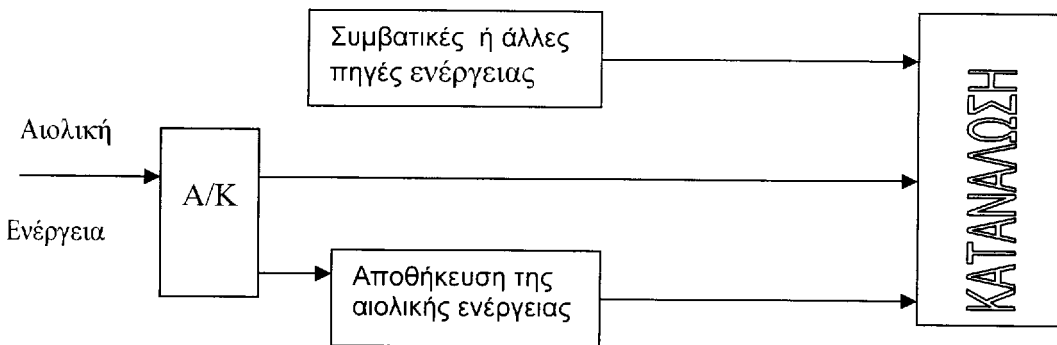
Αξιόλογη είναι η προσπάθεια που έγινε στο χωριό Tyind της Δανίας, όπου οι μαθητές και οι καθηγητές του σχολείου της περιοχής κατασκεύασαν μια ανεμογεννήτρια 2MW για θέρμανση των κτιριακών εγκαταστάσεων του σχολείου και για παροχή ζεστού νερού.



### 7.3 Εφαρμογές παραγωγής ηλεκτρισμού

Η ενέργεια του ανέμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη λειτουργία σύγχρονων AC ηλεκτρικών γεννητριών και η ενέργεια μπορεί να διοχετεύεται απ' ευθείας στο δίκτυο δια μέσου μετασχηματισμού. Σε άλλες εφαρμογές η αιολική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε DC ηλεκτρική ενέργεια και να τροφοδοτούνται τέτοιου είδους μηχανές π.χ. θερμάστρες, μπαταρίες κ.λ.π. Στους τύπους αυτούς της ενέργειας μπορεί επίσης να αποθηκευτεί με τη μορφή αερίων υδρογόνου και οξυγόνου που προέρχεται από την ηλεκτρολυτική διάσπαση του νερού.

Καθώς ο άνεμος φυσά κατά διαστήματα στις περισσότερες περιοχές, είναι αναγκαίο η παραγόμενη ενέργεια να αποθηκεύεται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της συνεχούς ζήτησης. Μέσα στα πλεονεκτήματα που υπάρχουν στη χρησιμοποίηση της αιολικής ενέργειας σε συνδυασμό με την ενέργεια που λαμβάνεται μέσω άλλων πηγών, είναι και η μείωση του κόστους αποθήκευσης. Αναφέρεται επίσης η δυνατότητα συνεργασίας με υδροηλεκτρικούς σταθμούς για την έμμεση αποθήκευση και επίλυση του προβλήματος της αστάθειας πνοής του ανέμου.



**Σχ. 10** Εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους αποθήκευσης από συνεργασία με άλλες πηγές ενέργειας.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>:**

# **ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ**

## **8.1 Το πρόγραμμα RETScreen**

Το RETScreen INTERNATIONAL είναι ένα τυποποιημένο και ολοκληρωμένο λογισμικό πρόγραμμα ανάλυσης προγραμμάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Το εργαλείο αυτό παρέχει μια κοινή πλατφόρμα για την υποστήριξη αποφάσεων. Το RETScreen μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποτιμήσει την παραγωγή ενέργειας, το κόστος κύκλου ζωής και την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τις τεχνολογίες των ΑΠΕ.

Το πρόγραμμα αυτό παρέχει λογισμικά για τις παρακάτω εφαρμογές Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας :

- Ηλιακή θέρμανση νερού
- Ηλιακή θέρμανση αέρα
- Υδροηλεκτρική Ενέργεια
- Αιολική Ενέργεια
- Θέρμανση από βιομάζα
- Παθητικά ηλιακά συστήματα
- Κλιματισμός με αβαθή γεωθερμία

## **8.2. Διαδικασία ανάπτυξης μελέτης**

Η χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Μείωση του κόστους, του χρόνου, του ρίσκου της επένδυσης και των λαθών που σχετίζονται με την προετοιμασία και τον σχεδιασμό του έργου.
- Διευκολύνει στην οικονομική αποτίμηση των ΑΠΕ από στελέχη τα οποία σχετίζονται με τον κοινωνικό και ενεργειακό σχεδιασμό.
- Είναι μια οικονομική μέθοδος προκαταρκτικού σχεδιασμού για τους κατασκευαστές έργων και τη βιομηχανία.
- Διευκολύνει την εκπαίδευση και μεταφορά πληροφορίας σε θέματα σχετικά με ΑΠΕ.
- Αυξάνει την ταχύτητα έναρξης μελετών του έργου διευκολύνοντας στην αναγνώριση των καλύτερων ευκαιριών για επιτυχημένη υλοποίηση των έργων ΑΠΕ.
- Εκτίμηση της δυναμικής συγκεκριμένων ενεργειακών έργων με διαδικασία ορισμένων βημάτων.

### 8.2.1- Επιλογή τεχνολογίας ΑΠΕ (ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ).

Ο χρήστης θα πρέπει να συγκεντρώσει μερικές βασικές πληροφορίες για την περιοχή εγκατάστασης. Οι τεχνολογικές απαιτήσεις για κάθε εγκατάσταση περιγράφονται χωριστά. Η κατάλληλη επιλογή τεχνολογίας βασίζεται σε μια σειρά από παράγοντες, μερικοί εκ των οποίων δίνονται παρακάτω:

- Τρέχουσα και μελλοντική ενεργειακή ζήτηση
- Τρέχων και μελλοντικό κόστος συμβατικών πηγών ενέργειας
- Διαθεσιμότητα αιολικού δυναμικού
- Τρέχον και μελλοντικό κόστος έργων Αιολικής Ενέργειας
- Οικονομικές συνθήκες ενδεχομένως ευνοϊκές για τη συγκεκριμένη μορφή ενέργειας
- Εμπειρία με εγκαταστάσεις συγκεκριμένων τεχνολογιών αιολικής ενέργειας
- Άλλοι, μη οικονομικοί, παράγοντες σχετιζόμενοι με έργα Α.Π.Ε.

Η τεχνολογία δεν είναι κατάλληλη για μια συγκεκριμένη τοποθεσία δεν σημαίνει ότι θα έχει τα ίδια αποτελέσματα σε μια άλλη τοποθεσία (εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, το κόστος της ενέργειας και τη διαθεσιμότητα σε εκπαιδευμένο προσωπικό και εξοπλισμό). Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε έτσι ώστε η οικονομική αποτίμηση κάθε τεχνολογίας να είναι εύκολα και γρήγορα επιτεύξιμη για κάθε υπό εξέταση τοποθεσία.

### 8.2.2-Περιγραφή Ενεργειακού Μοντέλου.

Στα πλαίσια του προγράμματος για κάθε τεχνολογία ΑΠΕ είναι διαθέσιμα τα εξής:

- Μοντέλο Ενέργειας (Energy Mode! ),
- Ανάλυση Κόστους ( Cost Analysis) και
- Οικονομική Περίληψη( Financial Summary)

Ο χρήστης εργάζεται από την κορυφή προς τα κάτω σε κάθε φύλλο εργασίας

1. Στο φύλλο εργασίας Μοντέλο Ενέργειας ο χρήστης υπολογίζει την ετήσια παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ( annual renewable energy production) για κάθε μια τεχνολογία ΑΠΕ χωριστά βασιζόμενος σε τοπικές συνθήκες και χαρακτηριστικά του συστήματος. Τα αποτελέσματα υπολογίζονται σε μονάδες MWh για εύκολη σύγκριση με διαφορετικές τεχνολογίες.
2. Το φύλλο εργασίας Ανάλυση Κόστους υπολογίζει το αρχικό και ετήσιο κόστος για διαφορετικές τεχνολογίες Α.Π.Ε.
3. Το φύλλο εργασίας Οικονομική Περίληψη συνοψίζει τα αποτελέσματα των φύλλων εργασίας Μοντέλο Ενέργειας και Ανάλυση Κόστους. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται με το κόστος έργων συμβατικών πηγών ενέργειας μέσω ενός αριθμού

διαφορετικών οικονομικών δεικτών ( Payback, NPV, IRR etc ) σημαντικών για την ορθή εκτίμηση της βιωσιμότητας της επένδυσης.

### 8.2.3 Περιορισμοί Λογισμικού

Μερικοί από τους γενικούς περιορισμούς του συγκεκριμένου προγράμματος δίνονται παρακάτω:

- Το μοντέλο είναι "στατικό" και όχι "δυναμικό".
- Υπολογίζεται η ετήσια παραγωγή ενέργειας και όχι πχ η ωριαία ενεργειακή παραγωγή και διακύμανση.
- Ο χρήστης θα πρέπει να συλλέξει επιπρόσθετα δεδομένα για περιοχές που δεν καλύπτονται από την συγκεκριμένη βάση δεδομένων.

Προ-φόρων υπολογισμοί εκτελούνται στα πλαίσια του μοντέλου προ-μελέτης τεχνικής σκοπιμότητας και οικονομικής βιωσιμότητας. Η φορολογική πολιτική μεταβάλλεται από χώρα σε χώρα και μπορεί να επηρεάσει αρνητικά ή θετικά τους εισηγητές του χρησιμοποιημένου μοντέλου, θεωρείται ως δεδομένο ότι ο χρήστης θα έχει πρόσβαση σε πληροφορίες που σχετίζονται με το κόστος ενέργειας συμβατικών ενεργειακών συστημάτων τα οποία υποτίθεται ότι θα αντικατασταθούν από τις τεχνολογίες ΑΠΕ.

## 8.3 Μοντέλο Αιολικού Ενεργειακού Έργου

### 8.3.1. Γενικές Αρχές-Παραδοχές

Το πρόγραμμα δεν αναλύει αυτόνομα αιολικά συστήματα για αποθήκευση ενέργειας ή για άντληση νερού παρά μόνο για έργα που αφορούν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας . Το πρόγραμμα δεν έχει αξιολογηθεί για την περίπτωση Α/Γ καθέτου άξονα. Τα αιολικά έργα που μπορούν να αξιολογηθούν είναι με βαθμό διεύθυνσης μικρότερο του 25 % σε σχέση με την εγκατεστημένη ισχύ του τοπικού δικτύου. Ο χρήστης θα πρέπει να παρέχει "καμπύλες παραγωγής ενέργειας" για τύπους Α/Γ που δεν περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα.

Ο χρήστης ίσως χρειαστεί λεπτομερή στοιχεία για την περιοχή εγκατάστασης του αιολικού έργου σχετικά με τις "απώλειες" που μπορούν να λάβουν χώρα.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το πρόγραμμα περιλαμβάνει τα υπολογιστικά φύλλα

1. **ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ –**
2. **ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**
3. **ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ**
4. **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ**

(Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της Ετήσιας Παραγωγής Ενέργειας σε MWh.)

## 8.4 Διάγραμμα ροής μελέτης

Η μελέτη μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία σύνθεση ενεργειακών και οικονομικών υπολογισμών. Έτσι τους υπολογισμούς που γίνονται θα τους κατατάξουμε ενεργειακούς και οικονομικούς με τα αντίστοιχα δεδομένα που απαιτούνται.

### 8.4.1. Ενεργειακοί υπολογισμοί

#### Εισαγωγή στοιχείων

##### A. Συνθήκες περιοχής εγκατάστασης (Site conditions)

###### Μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου (Annual average wind speed)

Ο χρήστης εισάγει την μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου η οποία μετρήθηκε στην περιοχή ή κοντά στην προτεινόμενη περιοχή.

###### Ύψος μέτρησης ανέμου (Height of wind speed)

Ο χρήστης εισάγει το ύψος (από το έδαφος) στο οποίο η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου έχει μετρηθεί. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας του ανέμου στο ύψος του άξονα της A/Γ.

###### Εκθέτης εξασθένησης.(Wind shear exponent)

Είναι ένας αδιάστατος αριθμός ο οποίος εκφράζει το ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος πάνω από το έδαφος. Μικρή τιμή του εκθέτη αντιστοιχεί σε μια ομαλή περιοχή ενώ μία μεγάλη τιμή σε μια περιοχή με εμπόδια μεγάλων διαστάσεων. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας ανέμου στον άξονα της A/Γ και στα 10m. Ο εκθέτης εξασθένησης κυμαίνεται από 0.10 έως 0.25. Τιμή 0.14 θα πρέπει να χρησιμοποιείται σαν πολύ καλή προσέγγιση όταν τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας δεν έχουν προσδιοριστεί επαρκώς.

###### Ταχύτητα ανέμου στα 10m (Wind speed at 10m)

Το πρόγραμμα υπολογίζει την ταχύτητα ανέμου σε ύψος 10m με σκοπό την δημιουργία μιας κοινής βάσης αναφοράς για σύγκριση δύο περιοχών για τις οποίες οι ταχύτητες ανέμου έχουν μετρηθεί σε διαφορετικά ύψη. Περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό θα πρέπει να έχουν μέση ταχύτητα τουλάχιστον 5m/s.

###### Μέση ατμοσφαιρική πίεση (Average atmospheric pressure)

Ο χρήστης εισάγει την μέση ετήσια ατμοσφαιρική πίεση από την οποία εξαρτάται η διαθέσιμη ισχύς του ανέμου. Η μέση ατμοσφαιρική πίεση είναι αντιστρόφως ανάλογη του υψομέτρου. Η μέση ατμοσφαιρική πίεση κυμαίνεται από 60-103K Pascals. Οι χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε περιοχή με υψόμετρο 4.000m ενώ οι υψηλές τιμές αντιστοιχούν στο επίπεδο της θάλασσας. Η ατμοσφαιρική πίεση υπό κανονικές συνθήκες είναι 101.3KPa.

**Μέση ετήσια θερμοκρασία (Annual average temperature)**

Η διαθέσιμη ισχύς του ανέμου εξαρτάται από την θερμοκρασία. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της προσαρμογής του συντελεστή θερμοκρασίας. Όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία τόσο μικρότερη η πυκνότητα του αέρα και επομένως μικρότερη η διαθέσιμη ισχύς. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από -20 έως 35 C, εξαρτώμενη από την τοποθεσία. Η θερμοκρασία υπό κανονικές συνθήκες είναι 15 C.

**Ηλεκτρικό Φορτίο αιχμής (Peak electrical load)**

Ο χρήστης εισάγει το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής (KW) του τοπικού δικτύου. Πρόκειται για την μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που το δίκτυο αντιμετωπίζει κατά τη διάρκεια του έτους.

**Ηλεκτρική Ενεργειακή Ζήτηση (Electrical energy demand)**

Ο χρήστης εισάγει την ετήσια ενεργειακή ζήτηση (MWh) του τοπικού δικτύου.

**B. Χαρακτηριστικά αιολικού συστήματος (System characteristics)****Ύψος άξονα Α/Γ (Hub height)**

Είναι το ύψος του κέντρου του ρότορα σε μία Α/Γ οριζοντίου άξονα. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας ανέμου στο ύψος του άξονα του ρότορα.

Wind turbine - Capacity	10	50	80	600	750
Towers available – Height (m)	18 to 36	24, 30 or 37	24, 32, 40 or 52	40 to 52	40 to 81

**Ταχύτητα ανέμου στο ύψος του άξονα του ρότορα (wind speed at hub height)**

Το πρόγραμμα υπολογίζει την ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του άξονα του ρότορα και είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου η οποία κινεί τον ρότορα της Α/Γ. Το πρόγραμμα λειτουργεί μόνο για ταχύτητες ανέμου στο ύψος του άξονα του ρότορα από 3 έως 12m/s. Γενικά, οι κατασκευαστές Α/Γ δεν παρέχουν δεδομένα εξόδου για ταχύτητες ανέμου έξω από το παραπάνω διάστημα.

**Βαθμός διείσδυσης αιολικής ενέργειας (Wind penetration level)**

Ο βαθμός διείσδυσης ορίζεται ως ο λόγος της συνολικής ονομαστικής ισχύος των Α/Γ προς το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής του τοπικού δικτύου.

Αν και ο βαθμός διείσδυσης μπορεί θεωρητικά να κυμαίνεται από 0% έως 100% υπό πραγματικές συνθήκες κυμαίνεται από 10 έως 25%.

**Ονομαστική ισχύς Α/Γ (Wind turbine rated power)**

Η ονομαστική ισχύς Α/Γ είναι ένα χαρακτηριστικό απόδοσης μιας συγκεκριμένης Α/Γ και παρέχεται από τον κατασκευαστή της Α/Γ. Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής και το βαθμό διείσδυσης με σκοπό τον υπολογισμό του αριθμού των Α/Γ που απαιτούνται.

Ονομαστική Ισχύς Α/Γ: 10, 50, 80, 600, 750kW.

(Αντίστοιχη Συνολική Εγκατεστημένη ισχύς: <50kW, 500kW-10MW, >10MW)Αριθμός Α/Γ (Number of turbines)

Το πρόγραμμα προσδιορίζει τον αριθμό των απαιτούμενων Α/Γ. Υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το φορτίο αιχμής, το βαθμό διείσδυσης και την ονομαστική ισχύ της Α/Γ.

**Ρυθμός απορρόφησης της αιολικής ενέργειας (Wind energy absorption rate)**

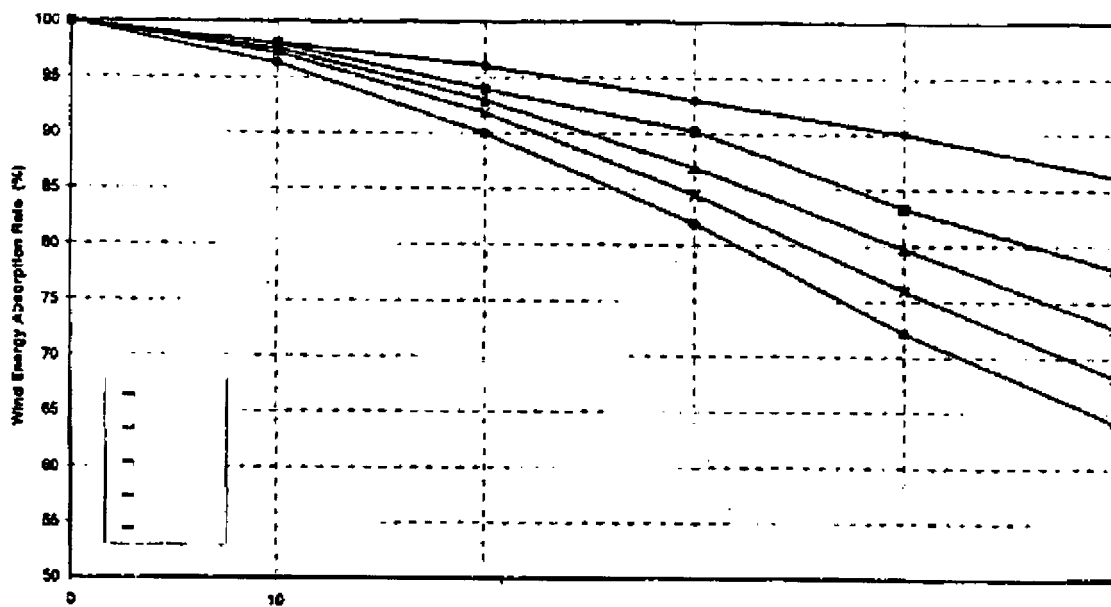
Ο ρυθμός απορρόφησης της αιολικής ενέργειας είναι το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας (από την αιολική εγκατάσταση) το οποίο μπορεί να απορροφηθεί από το ηλεκτρικό δίκτυο. Εξαρτάται κυρίως από το βαθμό διείσδυσης και την μέση ταχύτητα του ανέμου.

4 Αιολικά συστήματα διασυνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο

\* Απομονωμένα τοπικά δίκτυα (60-100%).

Για ένα δεδομένο σύστημα μία τυπική τιμή ρυθμού απορρόφησης μπορεί να υπολογιστεί από το παρακάτω Σχήμα





Σχήμα 11: Ο ρυθμός απορρόφησης αιολικής ενέργειας ως συνάρτηση του βαθμού διεύθυνσης σε απομονωμένες περιοχές

### **Απώλειες λόγω θέσης Α/Γ (Array losses)**

Ο χρήστης εισάγει τις εκτιμούμενες απώλειες που υπάρχουν λόγω της θέσης των Α/Γ.

- Απώλειες για μια Α/Γ είναι 0%
- Στην περίπτωση ενός πολύ καλά σχεδιασμένου αιολικού πάρκου 8-10 Α/Γ θα πρέπει να είναι μικρότερες του 5%.

### **Αεροδυναμικές απώλειες (Airfoil soiling losses)**

Οι αεροδυναμικές απώλειες προκαλούνται στα πτερύγια της Α/Γ από την συσσώρευση μικροοργανισμών και πάγου.

Τυπικές τιμές 1-3% της "καθαρά παραγόμενης ενέργειας".

### **Απώλειες λόγω πάγου (Icing losses)**

Οι απώλειες αυτές αναφέρονται στην συσσώρευση πάγου που οδηγεί στην διακοπή της λειτουργίας της Α/Γ ή στην παρεμπόδιση της εκκίνησης. Τυπικές τιμές 0 - 8% της "καθαρά παραγόμενης ενέργειας".

### **Απώλειες λόγω διακοπών λειτουργίας (Other downtime losses)**

Είναι αποτέλεσμα των προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας για συντήρηση, αντικατάσταση κατεστραμμένων Α/Γ καθώς και αστοχίες του υποσταθμού και του δικτύου.

Τυπικές τιμές 3 - 7% της "καθαρά παραγόμενης ενέργειας".

### **Άλλες απώλειες (Miscellaneous losses)**

Περιλαμβάνονται απώλειες

α) στην παραγωγή ενέργειας λόγω των εκκινήσεων και διακοπών λειτουργίας, εκτροπών από την κανονική λειτουργία λόγω δυνατών ανέμων ή διακοπών λειτουργίας λόγω καταιγίδων

β) απώλειες σε παρασιτική ενέργεια και απώλειες στις γραμμές μεταφοράς από την εγκατάσταση στο τοπικό δίκτυο διανομής.

Τυπικές τιμές 2 - 6% της "καθαρά παραγόμενης ενέργειας"

## **Γ. Ετήσια παραγωγή ενέργειας (Annual energy production)**

### **Ισχύς εγκατάστασης (Wind plant capacity)**

Εγκατεστημένη ισχύς του αιολικού έργου ή αλλιώς της ισχύς εξόδου των Α/Γ στην συγκεκριμένη περιοχή σε KW όπως αυτή προσδιορίζεται από την ονομαστική ισχύ των Α/Γ.

### **Παραγόμενη ενέργεια (μη-προσαρμοσμένη) (Unadjusted energy production)**

Είναι η ενέργεια η οποία παράγεται από μια ή περισσότερες Α/Γ υπό κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης.

### **Προσαρμοστικός συντελεστής πίεσης (Pressure adjustment coefficient)**

Ο συντελεστής αυτός είναι ανάλογος της μέσης ατμοσφαιρικής πίεσης της τοποθεσίας εγκατάστασης του έργου και η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από το υψόμετρο της τοποθεσίας. Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της καθαρά παραγόμενης ενέργειας.

Τυπικές τιμές 0,59-1,02 με την χαμηλότερη τιμή να αντιστοιχεί σε τοποθεσία με υψόμετρο περισσότερο από 4.000m.

### **Προσαρμοστικός συντελεστής θερμοκρασίας (Temperature adjustment coefficient)**

Ο συντελεστής αυτός είναι αντιστρόφως ανάλογος της μέσης θερμοκρασίας της τοποθεσίας. Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της καθαρά παραγόμενης ενέργειας.

Τυπικές τιμές 0,98 -1,15 για διακύμανση θερμοκρασίας από 20 C έως -20C.

### **Καθαρή παραγόμενη ενέργεια (Gross energy production)**

Η καθαρή παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται από το πρόγραμμα και είναι η συνολική ετήσια ενέργεια που παράγεται από την αιολική εγκατάσταση (χωρίς να ληφθούν υπόψη οι απώλειες) για την ταχύτητα ανέμου, ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία της εγκατάστασης.

**Συντελεστής απωλειών (Losses coefficient)**

Όταν ο συντελεστής πολλαπλασιαστεί με την καθαρή παραγωγή ενέργειας δίνει την τελική παραγωγή ενέργειας.

**Ειδική απόδοση (Specific yield)**

Η ειδική απόδοση υπολογίζεται διαιρώντας την τελική παραγωγή ενέργειας μιας Α/Γ με την επιφάνεια που καλύπτει η περιστροφή των πτερυγίων.

Η ειδική απόδοση κυμαίνεται από 150 έως 1.500 KWh/m<sup>2</sup> ανά Α/Γ και η χαμηλή τιμή αντιστοιχεί σε μικρού μεγέθους Α/Γ η οποία βρίσκεται σε περιοχή υψηλού αιολικού δυναμικού.

**Τελική καθαρή παραγόμενη ενέργεια (Renewable energy collected)**

Η τελική παραγόμενη ενέργεια είναι το καθαρό ποσό ενέργειας που παράγεται από το αιολικό έργο.

**Αποδιδόμενη ενέργεια στο δίκτυο (Renewable energy delivered)**

Προκύπτει από την τελική καθαρή παραγόμενη ενέργεια και τον ρυθμό απορρόφησης της αιολικής ενέργειας.

**Επιπλέον διαθέσιμη ενέργεια (Excess RE available)**

Είναι το μέρος εκείνο της τελικής καθαρής παραγόμενης ενέργειας το οποίο δεν αποδίδεται στο δίκτυο, αλλά είναι διαθέσιμο για άλλους σκοπούς όπως π.χ. θέρμανση. Υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ της τελικής καθαρής παραγόμενης ενέργειας και της αποδιδόμενης ενέργειας στο δίκτυο.

## 8.5 Οικονομικοί υπολογισμοί – ανάλυση κόστους

Τα κόστη που δημιουργούνται διακρίνονται σε

- αρχικά (ή επενδυτικά) κόστη (initial costs) και
- ετήσια κόστη (annual costs).

### 8.6. Αρχικά κόστη

Οι κυριότερες κατηγορίες περιλαμβάνουν:

- το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας (feasibility study),
  - την εκτέλεση εργασιών ανάπτυξης του έργου (development),
  - την κατασκευή και ολοκλήρωση των απαραίτητων έργων (πολιτικού μηχανικού, ηλεκτρολογικών, μηχανολογικών) (engineering),
  - αγορά και εγκατάσταση του εξοπλισμού (Renewable energy equipment),
  - βοηθητικά έργα για την εύρυθμη λειτουργία του έργου (balance of plant)
- και διάφορα άλλα κόστη (miscellaneous) όπως π. χ. εκπαίδευση, τόκοι κ.α.

**Πιν.4 Τυπικές ποσοστιαίες διακυμάνσεις της κάθε κατηγορίας κόστους σε σχέση με την κατηγορία αιολικού πάρκου.**

Main cost category	Large wind farm (%)	Small wind farm (%)	Single turbine (%)
Feasibility study	Less than 2	1 to 7	Project specific
Development	1 to 8	4 to 10	“
Engineering	1 to 8	1 to 5	“
RE equipment	67 to 80	47 to 71	“
Balance of Plant	17 to 26	13 to 22	“
Miscellaneous	1 to 4	2 to 15	“

#### Μελέτη σκοπιμότητας (Feasibility study)”

Η μελέτη σκοπιμότητας γενικά περιλαμβάνει:

- την εξέταση της τοποθεσίας εγκατάστασης του αιολικού σταθμού,
- την αποτίμηση του αιολικού δυναμικού της περιοχής,
- την αποτίμηση των περιβαλλοντικών εκπτώσεων,
- μια πρωταρχική σχεδίαση του έργου,
- μια λεπτομερή εκτίμηση του κόστους και μια τελική έκθεση.

Για ένα μεγάλο αιολικό πάρκο το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας είναι μικρότερο από 2% του συνολικού κόστους του έργου, ενώ για ένα μικρό αιολικό πάρκο το κόστος αυτό κυμαίνεται μεταξύ 1-7%. Στην περίπτωση μιας Α/Γ, το κόστος εξαρτάται από τις συγκεκριμένες συνθήκες του έργου.

### **Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν το κόστος της μελέτης σκοπιμότητας**

Εάν η ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή εγκατάστασης του έργου είναι διαθέσιμη ή θα πρέπει να διεξαχθεί σειρά μετρήσεων για τον προσδιορισμό της. Στην δεύτερη περίπτωση η προσπάθεια που απαιτείται είναι μεγαλύτερη και επομένως το κόστος εκπόνησης της μελέτης σκοπιμότητας υψηλότερο.

### **Διερεύνηση τοποθεσίας (Site investigation)**

Όταν μια περιοχή έχει αναγνωριστεί ως υποψήφια για εγκατάσταση του αιολικού σταθμού παραγωγής ενέργειας είναι απαραίτητη μια επίσκεψη στο χώρο. Το κόστος της επίσκεψης εξαρτάται από τον αριθμό των ατόμων που κρίνεται σκόπιμο να συμμετάσχουν στην επίσκεψη αυτή. Ο χρόνος που απαιτείται για την συγκέντρωση των δεδομένων πριν και κατά την διάρκεια της επίσκεψης είναι μεταξύ 2 και 8 ανθρωποημερών.

### **Αποτίμηση αιολικού δυναμικού (Wind resource assessment)**

Η αποτίμηση του αιολικού δυναμικού γίνεται με την εγκατάσταση ενός ή περισσοτέρων μετεωρολογικών σταθμών στην υπό εξέταση περιοχή, την συλλογή των ανεμολογικών δεδομένων και την ανάλυση αυτών. Προτείνεται τουλάχιστον ένα έτος συνεχών μετρήσεων. Άλλες παράμετροι σημαντικές στη σχεδίαση και απόδοση του αιολικού σταθμού παραγωγής ενέργειας είναι:

- η θερμοκρασία
- η κατανομή συχνότητας ταχυτήτων ανέμου
- η ένταση διαταραχών
- η παρουσία πάγου
- οι εποχιακές & ημερήσιες διακυμάνσεις
- η κατανομή και η διάρκεια περιόδων άπνοιας κ.α.

Το κόστος εξαρτάται από το ύψος του σταθμού και τον αριθμό και τον τύπο του εξοπλισμού καθώς και από το εάν ο εξοπλισμός έχει αγοραστεί ή ενοικιαστεί. Ο αριθμός των μετεωρολογικών σταθμών εξαρτάται από τον αριθμό των περιοχών που εξετάζονται καθώς και από τις διαστάσεις του έργου. Ένας ή δύο σταθμοί είναι αρκετοί για εγκατάσταση μίας Α/Γ ή ενός μικρού αιολικού πάρκου. Για ένα μεγάλο αιολικό πάρκο μπορεί να δικαιολογηθεί ακόμα και η χρήση ενός αριθμού μετεωρολογικών σταθμών που αντιστοιχεί στον μισό αριθμό Α/Γ που αποτελούν το αιολικό πάρκο.

#### **Αποτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Environmental assessment)**

Ο θόρυβος και η οπτική μόλυνση που συνδέονται με την ύπαρξη και λειτουργία των Α/Γ καθώς και η εν δυνάμει επίδραση στην χλωρίδα και πανίδα της περιοχής θα πρέπει να αναλυθούν στα πλαίσια της μελέτης.

Ο απαιτούμενος χρόνος εκτίμησης των συνεπειών κυμαίνεται από 1-8 ανθρωποημέρες.

#### **Αρχικός σχεδιασμός του έργου (Preliminary design)**

Αρχικός σχεδιασμός απαιτείται προκειμένου να προσδιοριστεί:

- η βέλτιστη ισχύς εξόδου του αιολικού σταθμού,
- το μέγεθος και η διάταξη του εξοπλισμού και
- το εκτιμώμενο κόστος κατασκευής των έργων.

Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση του αρχικού σχεδιασμού του έργου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος του έργου και το αντίστοιχο αποδεκτό επίπεδο επικινδυνότητας. Ο αριθμός ανθρωποημερών κυμαίνεται από 2-20.

#### **Λεπτομερή εκτίμηση κόστους (Detailed cost estimate)**

Το κόστος εκτίμησης του συνολικού κόστους του έργου υπολογίζεται στη βάση το χρόνο που χρειάζεται ένας ειδικός να ολοκληρώσει την συγκεκριμένη εργασία. Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της εργασίας κυμαίνεται από 3-20 ανθρωποημέρες και εξαρτάται από το μέγεθος του έργου και το αποδεκτό επίπεδο επικινδυνότητας.

### **Προετοιμασία τελικής έκθεσης (Report preparation)**

Η τελική έκθεση θα περιλαμβάνει:

- δεδομένα,
- χάρτες, πίνακες και σχεδιαγράμματα
- τα κόστη,
- η απόδοση και
- η επικινδυνότητα της επένδυσης ώστε οι επενδυτές να είναι σε θέση να αξιολογήσουν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του έργου.

Ο χρόνος για την προετοιμασία της τελικής έκθεσης εκτιμάται ότι κυμαίνεται από 2-15 ανθρωποημέρες.

### **Διαχείριση έργου (Project management)**

Το κόστος της διαχείρισης του έργου καλύπτει το κόστος που απαιτείται για την διαχείριση όλων των φάσεων της μελέτης σκοπιμότητας του έργου. Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της διαχείρισης κυμαίνεται από 2-8 ανθρωποημέρες. Επιπροσθέτως, ο χρόνος που απαιτείται για την παρουσίαση του έργου στους μετόχους δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις 3 ανθρωποημέρες, οι οποίες θα πρέπει να προστεθούν στον αρχικό χρόνο διαχείρισης του έργου.

### **Κόστος μετακινήσεων και διαμονής (Travel and accommodation)**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα κόστη μετακινήσεων που απαιτούνται για την προετοιμασία των επιμέρους τμημάτων της μελέτης σκοπιμότητας.

### **Άλλα έξοδα (Other)**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται κόστη που δεν εντάσσονται στις παραπάνω περιπτώσεις όπως έξοδα για την κάλυψη αναγκών που απορρέουν από την ύπαρξη ειδικών συνθηκών (π.χ. εδαφικές διαφορές, τεχνολογικές εξελίξεις κ.α.).

### **Ανάπτυξη του έργου (Development)**

Από την στιγμή που η μελέτη σκοπιμότητας φανερώνει ότι ένα σχεδιαζόμενο ενεργειακό έργο είναι επιθυμητό να υλοποιηθεί, αρχίζουν οι δραστηριότητες ανάπτυξης του έργου. Στην κατηγορία της ανάπτυξης περιλαμβάνονται κόστη που σχετίζονται με διαπραγματεύσεις για αγορά της παραγόμενης ενέργειας, εγκρίσεις και άδειες, δικαιώματα γης, χρηματοδότηση έργου, νομική και λογιστική υποστήριξη του έργου, διαχείριση ανάπτυξης του έργου και δαπάνες μετακινήσεων. Στην περίπτωση μεγάλων αιολικών πάρκων, το κόστος ανάπτυξης θα πρέπει να κυμαίνεται από 1%-8% του συνολικού προϋπολογισμού. Για μικρά αιολικά πάρκα θα πρέπει να κυμαίνεται από 4%-10% και στην περίπτωση αυτή το κόστος εξαρτάται από τις συγκεκριμένες συνθήκες υλοποίησης του έργου.



### **Διαπραγμάτευση συμφωνίας αγοράς ενέργειας (PPA negotiation)**

Ο σκοπός της εργασίας που περιλαμβάνεται στην διαδικασία της διαπραγμάτευσης σχετίζεται με το εάν ή όχι υπάρχει νομικό καθεστώς διάθεσης της παραγόμενης ενέργειας (π.χ. πολιτική του δικτύου για αγορά της ενέργειας που παράγεται από ιδιώτες). Το κόστος της διαπραγμάτευσης για την συμφωνία πώλησης της ενέργειας υπολογίζεται βάσει του χρόνου που απαιτείται από ειδικούς να ολοκληρώσουν την συγκεκριμένη εργασία και κυμαίνεται από 0-30 ανθρωποημέρες (ανάλογα με την πολυπλοκότητα του συμβολαίου).

### **Κόστος αδειών και εγκρίσεων (Permits and approvals)**

Ένας αριθμός αδειών και εγκρίσεων απαιτούνται για την κατασκευή του έργου. Αυτές περιλαμβάνουν:

- περιβαλλοντικές εγκρίσεις (σε εθνικό και επαρχιακό επίπεδο),
- εξουσιοδοτήσεις σχετικά με την χρήση της γης (σε επαρχιακό και τοπικό επίπεδο),
- εναέρια κυκλοφορία (σε εθνικό επίπεδο),
- άδειες οικοδομής (σε επαρχιακό και τοπικό επίπεδο),
- χρήση πηγών ύδατος (σε επαρχιακό επίπεδο),
- χρήση μέρους θάλασσας (σε εθνικό επίπεδο) και
- συμφωνίες σε σχέση με την λειτουργία (επαρχιακό και τοπικό επίπεδο).

Στην περίπτωση των μεγάλων αιολικών πάρκων, οι περιβαλλοντικές εγκρίσεις είναι οι πλέον μακροχρόνιες και οι πιο δαπανηρές. Στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτούνται από 0-400 ανθρωποημέρες ανάλογα με το μέγεθος, την τοποθεσία και την πολυπλοκότητα του έργου

### **Κόστος δικαιωμάτων γης (Land rights)**

Ειδική άδεια απαιτείται για την γη, όπου αναμένεται να εγκατασταθεί το έργο καθώς και για την διάνοιξη δρόμων, εγκατάσταση γραμμών μεταφοράς, υποσταθμού και κτιρίου λειτουργίας και συντήρησης. Η γη η οποία απαιτείται για πρόσβαση στο χώρο εγκατάστασης μπορεί να αγοραστεί ή να ενοικιαστεί. Για μεγάλης κλίμακας αιολικά πάρκα, η γη συνήθως μισθώνεται με τη μέθοδο της χρηματοδοτικής μίσθωσης ("leasing"). Στην περίπτωση μιας μόνο Α/Γ, ο ιδιώτης επενδυτής είναι συνήθως ο ιδιοκτήτης της γης.

### **Κόστος για χρηματοδότηση έργου (Project financing)**

Ο χρόνος και η προσπάθεια που απαιτείται για την εύρεση χρηματοδότησης του έργου μπορεί να είναι σημαντική, ακόμα και για μικρά έργα. Συνήθως ο απαιτούμενος χρόνος είναι μεταξύ 3 και 100 ανθρωποημερών ανάλογα με την πολυπλοκότητα της

εργασίας. Ως κανόνας, το κόστος για την εύρεση της απαραίτητης χρηματοδότησης του έργου θα πρέπει να είναι 1,5% του συνολικού κόστους της επένδυσης.

### **Νομική και λογιστική υποστήριξη (Legal and accounting)**

Νομική και λογιστική υποστήριξη θα απαιτηθεί σε διάφορα στάδια ανάπτυξης του έργου.

Η απαίτηση για νομική υποστήριξη του έργου εξαρτάται:

- από τις συμφωνίες σε σχέση με την χρηματοδότηση,
- την ιδιοκτησία,
- την ασφάλεια και
- την ευθύνη σε σχέση με τα συμβόλαια και τις συμφωνίες που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του έργου.

Για νομική και λογιστική υποστήριξη απαιτούνται από 3 έως 100 ανάλογα με την πολυπλοκότητα και το μέγεθος του έργου.

### **Κόστος διαχείρισης έργου (Project management)**

Το κόστος διαχείρισης του έργου περιλαμβάνει τις δαπάνες διαχείρισης όλων των φάσεων ανάπτυξης του έργου (εκτός της επίβλεψη κατασκευών). Οι δημόσιες σχέσεις είναι επίσης ένα μέρος της διαχείρισης και μπορεί να είναι πολύ σημαντικό για την επιτυχημένη υλοποίηση του έργου. Ο χρόνος που απαιτείται για την ανάπτυξη του έργου μπορεί να φτάσει ως και 4 χρόνια. Ο χρόνος διαχείρισης του έργου (χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος διαχείρισης της μελέτης σκοπιμότητας) κυμαίνεται από 0,2 έως 4 ανθρωποέτη ανάλογα με το μέγεθος του έργου. Μια λογική εκτίμηση του κόστους διαχείρισης είναι 10% του συνολικού κόστους ανάπτυξης του έργου.

### **Κόστος μετακινήσεων (Travel and accommodation)**

Περιλαμβάνονται κόστη που σχετίζονται με μετακινήσεις οι οποίες απαιτούνται για την ανάπτυξη του έργου (δεν περιλαμβάνονται κόστη που σχετίζονται με τον χρόνο που δαπανάται στις μετακινήσεις).

### **Έργα μηχανικού (Engineering)**

Στη φάση αυτή περιλαμβάνονται:

- κόστη για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης των Α/Γ,
- μηχανολογικά,
- ηλεκτρολογικά,
- έργα πολιτικού μηχανικού,
- προσφορές και έξοδα συμβολαίων και
- η επίβλεψη κατασκευής.

Για ένα αιολικό πάρκο μεγάλης κλίμακας το κόστος πρέπει να κυμαίνεται από 1 %-8% του συνολικού κόστους του έργου. Για μικρής κλίμακας αιολικό πάρκο κυμαίνεται από 1 %-5%. Στην περίπτωση μιας Α/Γ, το κόστος εξαρτάται από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του έργου.

### **Ακριβής προσδιορισμός θέσης Α/Γ (Wind turbine micro-siting)**

Το κόστος για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης των Α/Γ περιλαμβάνει κόστη για την δημιουργία των απαραίτητων διαγραμμάτων και τοπογραφικών δεδομένων. Ανάλογα με το εάν ή όχι είναι διαθέσιμα δεδομένα αιολικού δυναμικού της περιοχής, το κόστος μπορεί να περιλαμβάνει και έξοδα ενός μηχανικού ειδικού στην μοντελοποίηση του αιολικού δυναμικού ο οποίος θα εκπονήσει μελέτη αποτίμησης της τοποθεσίας εγκατάστασης των Α/Γ. Ο χρόνος ολοκλήρωσης της εργασίας κυμαίνεται από 0 - 300 ανθρωποημέρες ανάλογα με την πολυπλοκότητα της περιοχής.

### **Μηχανολογικός σχεδιασμός (Mechanical design)**

Οι κυριότερες μηχανολογικές δραστηριότητες συνδέονται με την σχεδίαση και τον προγραμματισμό της συναρμολόγησης του εξοπλισμού. Ο απαιτούμενος χρόνος κυμαίνεται από 2 έως 150 ανθρωποημέρες.

### **Ηλεκτρολογικός σχεδιασμός (Electrical design)**

Οι κυριότερες ηλεκτρολογικές δραστηριότητες συνδέονται με την σχεδίαση και τον προγραμματισμό κατασκευής των συστημάτων ελέγχου και προστασίας των ηλεκτρικών συστημάτων και της ηλεκτρικής διασύνδεσης με το δίκτυο. Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της εργασίας επηρεάζεται από την διαθεσιμότητα των πληροφοριών σχεδίασης από τον κατασκευαστή των Α/Γ και από τις απαιτήσεις διασύνδεσης στο δίκτυο. Ο χρόνος ολοκλήρωσης της εργασίας κυμαίνεται από 3 έως 300 ανθρωποημέρες ανάλογα με το μέγεθος και την δυσκολία του έργου.

### **Έργα πολιτικού μηχανικού (Civil design)**

Οι κυριότερες δραστηριότητες πολιτικού μηχανικού σχετίζονται με τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό κατασκευής θεμελιώσεων, δρόμων πρόσβασης και άλλων υπέργειων συστημάτων. Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση των έργων επηρεάζεται από την διαθεσιμότητα των απαραίτητων στοιχείων σχετικά με τις συνθήκες της περιοχής (π.χ. συνθήκες εδάφους) και κυμαίνεται από 3 - 300 ανθρωποημέρες.

**Προσφορές και συμβόλαια (Tenders and contracting)**

Οι προσφορές ετοιμάζονται για την διαδικασία επιλογής των εταιριών προκειμένου να γίνει η ανάθεση του έργου. Ο χρόνος διεκπεραίωσης των παραπάνω διαδικασιών κυμαίνεται από 4 έως 300 ανθρωποημέρες ανάλογα με την δυσκολία του έργου.

**Επίβλεψη κατασκευής (Construction supervision)**

Η επίβλεψη κατασκευής περιλαμβάνει τα κόστη τα οποία συνδέονται με την εξασφάλιση ότι το έργο θα κατασκευαστεί όπως σχεδιάστηκε. Η επίβλεψη πραγματοποιείται συνήθως από τον διαχειριστή του έργου και περιλαμβάνει συχνές επισκέψεις στο χώρο εργασιών με σκοπό την επιθεώρηση της εγκατάστασης. Ο χρόνος που απαιτείται κυμαίνεται από 0 έως 2 ανθρωποέτη ανάλογα με την προγραμματισμένη διάρκεια κατασκευής του έργου.

**Εξοπλισμός (Renewable energy equipment)**

Στην περίπτωση αιολικών πάρκων μεγάλης κλίμακας, το κόστος του εξοπλισμού είναι πιο σημαντικό και κυμαίνεται από 67% - 80% του συνολικού κόστους του έργου. Για αιολικά πάρκα μικρής κλίμακας κυμαίνεται από 47% - 71%. Στην περίπτωση απλής Α/Γ το κόστος εξαρτάται πολύ από τις συνθήκες του έργου.

**Κόστος Α/Γ (Wind Turbin)**

Η Α/Γ αποτελείται από τμήματα που βρίσκονται πάνω από τη θεμελίωση δηλαδή τον πύργο και το σύστημα ελέγχου που συνδέει την Α/Γ μέσω ενός Μ/Σ (ή διακόπτη) στο δίκτυο. Ενδεικτικά κόστη Α/Γ σε συνάρτηση με το μέγεθος τους δίνονται στον παρακάτω πίνακα

Wind turbine size	Swept area (m <sup>2</sup> )	Specific cost (\$ / m <sup>2</sup> )
Small	7 to 80	500 to 1000
Medium	80 to 500	470 to 710
Large	More than 500	440 to 670

**Ανταλλακτικά (Spare parts)**

Το κόστος των ανταλλακτικών συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό του συνολικού κόστους της Α/Γ. Για αιολικά πάρκα μεγάλης κλίμακας που λειτουργούν σε κανονικές συνθήκες, ένα ποσοστό 1.5% του συνολικού κόστους της Α/Γ για προμήθεια ανταλλακτικών είναι ικανοποιητικό. Για μικρά αιολικά πάρκα και απλή Α/Γ, το κόστος ανταλλακτικών μπορεί να ανέρχεται στο 30% του κόστους της Α/Γ.

**Δαπάνες μεταφοράς (Transportation)**

Το κόστος μεταφοράς του εξοπλισμού και των υλικών κατασκευής εξαρτάται από τον διαθέσιμο τρόπο μεταφοράς και την θέση του έργου. Σε απομακρυσμένες περιοχές, ιδιαίτερα τον χειμώνα, η πρόσβαση είναι πολύ δύσκολη ως αδύνατη.

Wind turbine size		Typical weight (kg)	
(m <sup>2</sup> )	Nacelle	Tower	Blades set
7	70	175	6
20	250	300	25
40	400	500	60
150	2.000	2.500	150
600	8.000	18.000	2.000
1.500	25.000	50.000	6.000

**Πίν. 5 Στοιχεία βάρους Α/Γ**

**Έργα για την εύρυθμη λειτουργία σταθμού (Balance of plant)**

Περιλαμβάνονται οι θεμελιώσεις των Α/Γ, η κατασκευή δρόμων, η εγκατάσταση γραμμών μεταφοράς και υποσταθμού, το κτίριο ελέγχου, λειτουργίας και συντήρησης και οι δαπάνες μεταφοράς. Στην περίπτωση μεγάλων αιολικών πάρκων (Α/Γ) το ποσοστό είναι 17-26% του συνολικού κόστους του έργου. Για μικρά Α/Γ είναι 13-22%. Στην περίπτωση μίας μόνο Α/Γ το κόστος εξαρτάται από τις συνθήκες του έργου.

**Θεμελιώσεις Α/Γ (Wind turbine foundations)**

Οι θεμελιώσεις Α/Γ περιλαμβάνουν εργατικές δαπάνες και δαπάνες δομικών υλικών (σκυρόδεμα, σίδηρο κ.α.) και είναι συγκεκριμένες για κάθε Α/Γ και θέση εγκατάστασης του έργου. Το κόστος εξαρτάται από τον αριθμό των Α/Γ και το μέγεθος τους, από τον τύπο του πύργου στήριξης που θα χρησιμοποιηθεί και τη δυνατότητα πρόσβασης στην τοποθεσία. Το κόστος θεμελιώσεων μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερο όταν το έργο γίνεται σε απομονωμένες περιοχές.

**Ανέγερση και εγκατάσταση Α/Γ (Wind turbine erection)**

Η εγκατάσταση Α/Γ περιλαμβάνει εργατικά και αγορά (ή μίσθωση) εξοπλισμού. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός περιλαμβάνει γερανούς, ειδικούς γάντζους και λοιπό μηχανολογικό εξοπλισμό για την ανέγερση των Α/Γ. Για μεγάλα Α/Γ, η ανέγερση και εγκατάσταση Α/Γ ανέρχεται στο 4% του συνολικού κόστους του εξοπλισμού και των έργων εύρυθμης λειτουργίας του σταθμού. Το ποσοστό αυξάνει όταν πρόκειται για εγκατάσταση μικρών Α/Γ και απλών Α/Γ λόγω της οικονομίας κλίμακας.

**Έργα οδοποιίας (Road construction)**

Δρόμοι πρόσβασης για την κατασκευή και την συνεχόμενη υποστήριξη του έργου απαιτούνται στην περίπτωση Α/Γ μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Η απαίτηση αυτή εξαρτάται από την επιλογή της θέσης εγκατάστασης και τη φύση του εδάφους. Για μεγάλα Α/Γ, τα έργα οδοποιίας καλύπτουν το 1-3% του συνολικού κόστους του εξοπλισμού και των έργων εύρυθμης λειτουργίας του σταθμού.

**Γραμμές μεταφοράς και υποσταθμός (Transmission line and substation)**

Το κόστος των γραμμών μεταφοράς και του υποσταθμού εξαρτάται από την τοποθεσία, τον τύπο, το μήκος, την τάση και τη θέση της γραμμής μεταφοράς και από την εγκατεστημένη ισχύ του αιολικού σταθμού παραγωγής ενέργειας. Οι υπόγειες γραμμές χρησιμοποιούνται συνήθως για την σύνδεση των Α/Γ του Α/Π σε σειρές. Το κόστος τους μπορεί να είναι 2 έως 4 φορές μεγαλύτερο από τις αντίστοιχες εναέριες γραμμές.

Capacity	Voltage	Cost / km	Substation	Distance (km)
0 – 2 MW	25KV	\$55,000	\$250,000	<50km
2- 5 MW	44KV	\$65,000	\$600,000	<70km
> 5 MW	115KV	\$100,000	\$2,000,000	>70km

**Πιν.6 Κόστος γραμμών μεταφοράς και υποσταθμού**

Για μεγάλα Α/Π, οι ηλεκτρικές κατασκευές και διασυνδέσεις αντιστοιχούν σε 9-14% του συνολικού κόστους του εξοπλισμού και των έργων εύρυθμης λειτουργίας του σταθμού.

### **Κτίριο ελέγχου και συντήρησης (Control and O&M building)**

Το κτίριο ελέγχου είναι απαραίτητο σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Για μεγάλα Α/Π, το κόστος κατασκευής του κτιρίου ελέγχου αντιστοιχεί στο 1% του συνολικού κόστους του εξοπλισμού και των έργων εύρυθμης λειτουργίας του σταθμού.

**Δαπάνες μεταφοράς (Transportation)** Ομοίως με τα προηγούμενα

### **Διάφορες δαπάνες (Miscellaneous)**

Περιλαμβάνεται το κόστος για την εκπαίδευση του προσωπικού, οι τόκοι κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου και απρόβλεπτα. Στην περίπτωση μεγάλων Α/Π, οι διάφορες δαπάνες (πλην των απρόβλεπτων) θα πρέπει να κυμαίνονται από 1-4% του συνολικού κόστους του έργου. Στην περίπτωση μικρών Α/Π θα πρέπει να κυμαίνονται από 2% έως 15%. Για εγκατάσταση απλής Α/Γ το κόστος εξαρτάται από τις συγκεκριμένες συνθήκες του έργου.

### **Εκπαίδευση προσωπικού (Training)**

Το κόστος που σχετίζεται με την εκπαίδευση του προσωπικού λειτουργίας και συντήρησης του σταθμού εξαρτάται από το μέγεθος, την πολυπλοκότητα και τη δυσκολία πρόσβασης στην εγκατάσταση. Για απομακρυσμένες περιοχές θα υπάρχει ανάγκη εκπαίδευσης ντόπιου τεχνικού προσωπικού με στόχο την αποφυγή μεγάλων καθυστερήσεων στις περιπτώσεις επιδιορθώσεων.

### **Τόκοι κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου (Interest during construction)**

Οι τόκοι εξαρτώνται από τη διάρκεια κατασκευής του έργου και το κόστος του χρήματος. Το κόστος της κατηγορίας αυτής κυμαίνεται από 3-15% του κόστους του έργου (χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι «Διάφορες δαπάνες»).

### **Απρόβλεπτες δαπάνες (Contingencies)**

Οι δαπάνες που προβλέπονται για την κατηγορία αυτή εξαρτώνται από την ακρίβεια εκτίμησης του κόστους του έργου και κυμαίνεται από 5-50% του αρχικού κόστους του έργου (μη συμπεριλαμβανομένης της κατηγορίας «Διάφορες δαπάνες»).

## **8.7 Ετήσιες δαπάνες**

Υπάρχουν ετήσιες δαπάνες οι οποίες σχετίζονται με την λειτουργία του αολικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές περιλαμβάνουν την εκμίσθωση γης, φόρους ιδιοκτησίας, ασφαλιστική κάλυψη, συντήρηση γραμμών μεταφοράς, ανταλλακτικά εξαρτήματα, εργατικές δαπάνες για την λειτουργία και συντήρηση του σταθμού, δαπάνες μετακινήσεων, γενικές και διαχειριστικές δαπάνες απρόβλεπτες δαπάνες.

**Εκμίσθωση γης (Land lease)**

Ως γενικός κανόνας, το ετήσιο κόστος χρηματοδοτικής μίσθωσης (leasing) στην περίπτωση αιολικού έργου κυμαίνεται από 1-5% των συνολικών εσόδων του έργου.

**Φόρος ιδιοκτησίας (Property taxes)**

Το ποσό των φόρων εκτιμάται με βάση την ισχύουσα νομοθεσία και εξαρτάται από την θέση του έργου και τα έσοδα που προκύπτουν από την λειτουργία του σταθμού. Ως γενικός κανόνας, το ετήσιο κόστος για φόρους ιδιοκτησίας στην περίπτωση αιολικών έργων κυμαίνεται από 0-2% των συνολικών εσόδων του έργου.

**Ασφαλιστική κάλυψη (Insurance premium)**

Ως ελάχιστη ασφαλιστική κάλυψη θεωρείται η δημόσια ασφάλεια, η καταστροφή ιδιοκτησίας, η αστοχία του εξοπλισμού και η διακοπή της επιχειρηματικής δραστηριότητας. Ως γενικός κανόνας, το ετήσιο κόστος ασφαλιστικής κάλυψης κυμαίνεται από 2% έως 4% των συνολικών εσόδων του έργου.

**Συντήρηση γραμμών μεταφοράς (Transmission line maintenance)**

Η συντήρηση των γραμμών μεταφοράς περιλαμβάνει περιοδικό κλάδεμα δέντρων (όταν και όπου αυτά υπάρχουν) και αντικατάσταση κατεστραμμένων εξαρτημάτων (π χ μονωτήρες) λόγω κεραυνών, κ.α. Το ετήσιο κόστος κυμαίνεται από 3% έως 6% του κεφαλαίου επένδυσης της κατηγορίας «Γραμμές μεταφοράς και υποσταθμός» και εξαρτάται από την θέση του έργου και τον απαιτούμενο επικοινωνιακό εξοπλισμό (π χ ευκολία πρόσβασης, παρουσία δέντρων, ραδιοφωνικό δίκτυο VHF κλπ).

**Ανταλλακτικά και εργατικές δαπάνες (Parts and labour)**

Περιλαμβάνονται δαπάνες για προμήθεια ανταλλακτικών και εργατικά που απαιτούνται για εργασίες συντήρησης ρουτίνας και επειγουσών περιστατικών καθώς και λειτουργίας των Α/Γ. Η λειτουργία περιλαμβάνει την συνεχή παρακολούθηση, τον τακτικό έλεγχο του εξοπλισμού (περιλαμβάνεται η λίπανση ρουτίνας και προσαρμογές), απομάκρυνση χιονιού, πάγου και σκόνης από τα πτερύγια, και προγραμματισμένη συντήρηση (εσωτερικός έλεγχος και συντήρηση των Α/Γ κ. ά.).Οι εργατικές δαπάνες είναι συνήθως διπλάσιες στις απομακρυσμένες περιοχές και η παραγωγικότητα περιορισμένη.

**Δαπάνες μετακινήσεων (Travel and accommodation)**

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται δαπάνες που πρέπει να γίνουν για μετακινήσεις, διαμονή και συναφή έξοδα που σχετίζονται με την ετήσια συντήρηση του έργου.



### **Γενικές και διαχειριστικές δαπάνες (General and administrative)**

Οι ετήσιες γενικές και διαχειριστικές δαπάνες περιλαμβάνουν δαπάνες κράτησης βιβλίων, προετοιμασία οικονομικών απολογισμών του έργου, επικοινωνία κ.α. Γενικά, οι δαπάνες αυτές κυμαίνονται από 1-20% των δαπανών της κατηγορίας ετήσιες δαπάνες» (μη συμπεριλαμβανομένων των «απρόβλεπτων δαπανών»).

### **Απρόβλεπτες δαπάνες (Contingencies)**

Περιλαμβάνονται δαπάνες για την κάλυψη απρόβλεπτων εξόδων και εξαρτώνται από την ακρίβεια υπολογισμού του κόστους λειτουργίας και συντήρησης του έργου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση εγκατάστασης του έργου σε απομακρυσμένη περιοχή. Επίσης είναι σύνηθες να προβλέπεται στην κατηγορία αυτή δαπάνη για αντικατάσταση του ακριβότερου τμήματος μιας Α/Γ λόγω πιθανής ολοκληρωτικής καταστροφής της. Οι απρόβλεπτες δαπάνες υπολογίζονται ως ποσοστό του κόστους λειτουργίας και συντήρησης και κυμαίνονται από 10-20% του κόστους αυτού.

## **8.8. Ισοζύγιο ενέργειας (Energy balance)**

### **Αποδιδόμενη ενέργεια στο δίκτυο (Renewable energy delivered)**

Η «αποδιδόμενη ενέργεια» ισούται με την «τελική καθαρή παραγόμενη ενέργεια» μείον την «επιπλέον διαθέσιμη ενέργεια». Η «αποδιδόμενη ενέργεια» ισοδυναμεί με την ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε σύγκριση μ' ένα συμβατικό ενεργειακό έργο.

### **Επιπλέον διαθέσιμη ενέργεια (Excess RE available)**

Το «Μοντέλο Ενέργειας» για κάθε τεχνολογία ΑΠΕ υπολογίζει την «επιπλέον διαθέσιμη ενέργεια» η οποία είναι η ενέργεια που παράγεται από το σύστημα και δεν χρησιμοποιείται δηλαδή είναι η διαθέσιμη για άλλους σκοπούς π.χ. θέρμανση.

### **Πρωτεύουσα ισχύς έργου (Firm RE capacity)**

Η πρωτεύουσα ισχύς του έργου αναφέρεται στην «εγγυημένη» ηλεκτρική ισχύ (kW) που μπορεί να παρέχει ο σταθμός ΑΠΕ. Στις περιπτώσεις των αιολικών και Φ/Β έργων, τα οποία είναι από τη φύση του «μη προβλέψιμα» (σε σχέση με την ισχύ εξόδου) ο χρήστης εισάγει την «αξιόπιστη παροχή ισχύος» (capacity credit).

**Ηλεκτρικό φορτίο αιχμής (Peak electrical load)**

Αποτελεί την μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος που το δίκτυο αντιμετωπίζει κατά τη διάρκεια του έτους.

**Ενεργειακή ζήτηση (Energy demand)**

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί την ετήσια ζήτηση ενέργειας (MWh) του τοπικού ηλεκτρικού δικτύου για ενεργειακά έργα.

**Τύπος ενέργειας που αντικαθίσταται (Type of energy displaced)**

Ο χρήστης προσδιορίζει τον τύπο της συμβατικής πηγής ενέργειας που αντικαθίσταται από το έργο ΑΠΕ.

## Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup> :

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η οικονομική ανάλυση προκύπτει από την εφαρμογή ενός μοντέλου ανάλυσης επενδύσεων στο οποίο ο χρήστης επιλέγει τις οικονομικές παραμέτρους και το μοντέλο αποτιμά αυτόματα την βιωσιμότητα η μη της επένδυσης. Οι οικονομικές παράμετροι (Financial parameters) είναι:

#### **Εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας (Avoided cost of energy)**

Ο χρήστης εισάγει το εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας (\$/MWh). Η τιμή αυτή αναπαριστά το κόστος της ενέργειας (ανά μονάδα ενέργειας για ένα συμβατικό ενεργειακό σύστημα και είναι ανάλογη του κόστους καυσίμου του συμβατικού σταθμού.

#### **Εξοικονομούμενο κόστος περίσσειας ενέργειας (Avoided cost of excess energy)**

Εισάγεται το εξοικονομούμενο κόστος περίσσειας ενέργειας το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από 0 (όταν δεν υπάρχει ανάγκη για περίσσεια ενέργεια) μέχρι την τιμή κόστους της ενέργειας του δικτύου για θέρμανση ή ηλεκτρισμό.

#### **Εξοικονομούμενο κόστος παραγόμενης ισχύος (Avoided cost of capacity)**

Ο χρήστης εισάγει το εξοικονομούμενο κόστος παραγόμενης ισχύος (\$/kW-yr). Εάν το έργο ΑΠΕ έχει μηδέν πρωτεύουσα ισχύ εξόδου τότε η κατηγορία αυτή θα πρέπει να μείνει κενή. Η τιμή του εξοικονομούμενου κόστους παραγόμενης ισχύος γενικά αντιπροσωπεύει το κόστος ανά μονάδα ισχύος για ένα συμβατικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

#### **Πληθωρισμός (Inflation)**

Ο πληθωρισμός που εισάγεται είναι το ετήσιο επιτόκιο πληθωρισμού για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί το επιτόκιο πληθωρισμού για να υπολογίσει την ετήσια ταμειακή ροή, την κάλυψη των οφειλών και τις παρούσες αξίες του ετήσιου κόστους και της εξοικονόμησης ισχύος.

**Ρυθμός αύξησης του κόστους ενέργειας (Energy cost escalation rate)**

Ο ρυθμός αύξησης του κόστους ενέργειας είναι ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης του κόστους της ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του έργου. Επιτρέπει στον χρήστη να εφαρμόζει επιτόκιο πληθωρισμού του κόστους καυσίμου διαφορετικό από τον γενικό πληθωρισμό. Ο ρυθμός αύξησης του κόστους καυσίμου κυμαίνεται από 0-5% με τις λογικότερες τιμές να κυμαίνονται από 2-3%.

**Προεξοφλητικό επιτόκιο (Discount rate)**

Ο χρήστης εισάγει το προεξοφλητικό επιτόκιο το οποίο χρησιμοποιείται για των υπολογισμό των τρεχουσών τιμών των μελλοντικών ταμειακών ροών. Η καταλληλότερη τιμή του επιτοκίου αυτού είναι συνάρτηση του κόστους κεφαλαίου της εταιρίας διαχείρισης του έργου.

**Κατανομή οφειλών (Dept ratio)**

Ο χρήστης εισάγει το λόγο των οφειλών προς το άθροισμα των οφειλών και των ιδίων κεφαλαίων. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί το λόγο οφειλών για να υπολογίσει τα απαιτούμενα ίδια κεφάλαια για την χρηματοδότηση του έργου. Ως παράδειγμα, τυπικές τιμές κυμαίνονται από 0-90%.

**Επιτόκιο οφειλής (Dept interest rate)**

Ο χρήστης εισάγει το επιτόκιο οφειλής που είναι το ετήσιο επιτόκιο οφειλής που πληρώνει ο οφειλέτης. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί την τιμή αυτή για τον υπολογισμό του ύψους της καταβολής οφειλών.

**Διάρκεια οφειλής (Dept term)**

Ο χρόνος αυτός αντιστοιχεί στη διάρκεια αποπληρωμής της οφειλής και είναι μικρότερος ή ίσος με τη διάρκεια ζωής του έργου. Γενικά, όσο μεγαλύτερη η διάρκεια οφειλής τόσο περισσότερο βιώσιμη είναι η επένδυση. Η διάρκεια οφειλής κυμαίνεται από 0-25 έτη και δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την εκτιμούμενη διάρκεια ζωής του έργου.

**Διάρκεια ζωής του έργου (Project life)**

Είναι η χρονική διάρκεια για την οποία έγινε η μελέτη σκοπιμότητας του έργου. Ανάλογα με τις περιπτώσεις μπορεί να αντιστοιχεί στην αναμενόμενη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού, την περίοδο οφειλής ή στην διάρκεια της συμφωνίας αγοράς της ενέργειας.

φάση της ανάπτυξης στη φάση της κατασκευής. Περιλαμβάνεται επίσης και το κόστος επίβλεψης των κατασκευών.

### **Καταβολή οφειλών (Dept payments)**

Το πρόγραμμα υπολογίζει την καταβολή οφειλών που είναι η ετήσια ταμειακή εκροή για την κάλυψη των οφειλών (επιτόκιο και κυρίως κεφάλαιο).

### **Ετήσια εξοικονόμηση (Annual savings or income)**

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση αντιστοιχεί στην εξοικονόμηση λόγω της υλοποίησης του έργου Α.Π.Ε. Από την οπτική γωνία ενός ανεξάρτητου παραγωγού ενέργειας ή ενεργειακής εταιρίας, αυτή η εξοικονόμηση έχει την έννοια του "εισοδήματος". Σχετίζεται άμεσα με το "εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας, το εξοικονομούμενο κόστος περίσσειας ενέργειας και το εξοικονομούμενο κόστος ισχύος" ως συνάρτηση του χρόνου επανάκτησης κεφαλαίου και της κάλυψης των οφειλών.

### **Εξοικονόμηση ενέργειας (ή εισοδήματος) (Energy savings or income)**

Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ισούται με το άθροισμα του γινομένου της "Αποδιδόμενη ενέργειας" επί το "Εξοικονομούμενο κόστος ενέργειας" και του γινομένου της "Επιπλέον Διαθέσιμης Ενέργειας" επί το "Εξοικονομούμενο κόστος περίσσειας ενέργειας". Η τιμή της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας μειώνεται με τον ρυθμό αύξησης του κόστους ενέργειας.

### **Εξοικονόμηση ισχύος (ή εισοδήματος) (Capacity savings or income)**

Ισούται με το γινόμενο της "πρωτεύουσας ισχύος" επί το "εξοικονομούμενο κόστος παραγόμενης ισχύος". Η ετήσια τιμή της εξοικονόμησης ισχύος μειώνεται με την αύξηση του ρυθμού του πληθωρισμού.

## 9.1 Ανάλυση οικονομικής σκοπιμότητας (Financial feasibility)

Τα αποτελέσματα βοηθούν στην λήψη αποφάσεων σχετικά με την υλοποίηση ή όχι του έργου. Οι οικονομικοί δείκτες υπολογίζονται υπό την προϋπόθεση ότι η αξία του έργου Α.Π.Ε. είναι μηδενική στο τέλος της ζωής του.

### **Εσωτερικός συντελεστής απόσβεσης (Internal Rate of Return-IRR)**

Βασικό κριτήριο ανάλυσης της επένδυσης. Το πρόγραμμα υπολογίζει τον εσωτερικό συντελεστή απόσβεσης ο οποίος αντιστοιχεί στο πραγματικό επιτόκιο κέρδους που δίνει το έργο καθ' όλη την διάρκεια της ζωής του. Μερικές φορές αναφέρεται και ως απόδοση επένδυσης (return on investment-ROI) όταν όμως δεν λαμβάνεται υπόψη η χρονική αξία του χρήματος. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί την ετήσια ταμειακή ροή και την διάρκεια ζωής του έργου για τον υπολογισμό του εσωτερικού συντελεστή απόσβεσης. Παρέχει μία σαφή και ακριβή ένδειξη της οικονομικής βιωσιμότητας της επένδυσης.

### **Χρόνος επανάκτησης κεφαλαίου (Simple payback period)**

Το πρόγραμμα υπολογίζει τον χρόνο που απαιτείται για έναν επενδυτή να ανακτήσει το αρχικό κόστος της επένδυσης από την ρευστότητα που προκύπτει από την λειτουργία του έργου. Η βασική ένδειξη του χρόνου επανάκτησης κεφαλαίου είναι ότι όσο γρηγορότερα ανακτάται το αρχικό κόστος της επένδυσης τόσο πιο επιθυμητή είναι η επένδυση. Η μέθοδος του χρόνου επανάκτησης κεφαλαίου είναι ένα μέτρο του πόσο προσοδοφόρα είναι μια επένδυση σε σχέση με μια άλλη. Ωστόσο, ο δείκτης αυτός δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως βασικός παράγοντας για την αξιολόγηση μιας επένδυσης.

### **Χρόνος θετικής συσσώρευσης ρευστότητας (Year-to-positive cash flow)**

Το πρόγραμμα υπολογίζει τον αριθμό των ετών για την συσσώρευση ρευστότητας ώστε ο ιδιοκτήτης να αρχίσει να αποπληρώνει το αρχικό κόστος επένδυσης από την ετήσια ρευστότητα που οφείλεται στην λειτουργία του έργου.

**Πληρωμή οφειλών (Debt payments)**

Το ύψος της πληρωμής των οφειλών είναι το άθροισμα της οφειλής και του ετήσιου επιτοκίου επιβάρυνσης για την εξυπηρέτηση της οφειλής. Υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το επιτόκιο οφειλής, την περίοδο οφειλής και την οφειλή του έργου.

**Κάλυψη οφειλής (Debt service coverage)**

Είναι ο λόγος του οφέλους λειτουργίας του έργου προς το ύψος της καταβολής μετρητών. Ο δείκτης αυτός αντανακλά την δυνατότητα του έργου να παράγει την απαραίτητη ρευστότητα που απαιτείται για να καλυφθεί το ύψος της καταβολής των οφειλών. Το πρόγραμμα υπολογίζει το δείκτη αυτό για το πρώτο έτος λειτουργίας του έργου κατά το οποίο ο δείκτης αυτός είναι ο χαμηλότερος. Επίσης ο συγκεκριμένος δείκτης χρησιμοποιείται συχνά από τους δανειοδότες για την εκτίμηση της οικονομικής επικινδυνότητας της επένδυσης.

**Ετήσια εξοικονόμηση κύκλου ζωής της επένδυσης (Annual life cycle savings)**

Είναι η σταθερή ονομαστική ετήσια εξοικονόμηση για την ίδια διάρκεια ζωής και καθαρή παρούσα αξία με αυτή του έργου. Η ετήσια εξοικονόμηση κύκλου ζωής υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την καθαρή παρούσα αξία, το προεξοφλητικό επιτόκιο και την διάρκεια ζωής του έργου.

**Ετήσια ρευστότητα (Yaly cash flows)****Καθαρή ροή μετρητών (Net flow)**

Το μοντέλο υπολογίζει την ετήσια καθαρή ταμειακή ροή η οποία αντιστοιχεί στο εκτιμώμενο άθροισμα μετρητών που θα αποδοθούν ή παραληφθούν κάθε χρόνο κατά τη διάρκεια ζωής του έργου.

**Συσσωρευμένη ροή μετρητών (Cumulative flow)**

Το πρόγραμμα υπολογίζει την συσσωρευμένη ρευστότητα η οποία αντιστοιχεί στην καθαρή ταμειακή συσσώρευση από το έτος 0. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιείται η καθαρή ταμειακή ροή.

## Κεφάλαιο 10<sup>ο</sup>:

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός της μελέτης μας ήταν η τεχνικοοικονομική ανάλυση ενός αιολικού πάρκου μέσω ενός προγράμματος Excel που είναι φιλικό προς τον χρήστη. Στη διάρκεια της διαπιστώθηκαν όλοι εκείνοι οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στα πλαίσια μιας τέτοιας μελέτης.

Η επιλογή της θέσης και του μεγέθους ενός Αιολικού Πάρκου σε συνδυασμό με την οικονομική απόδοση του έργου αποτελεί ένα πολυσύνθετο πρόβλημα και απαιτεί από τον μελετητή πληθώρα τεχνικών και οικονομικών γνώσεων.

Με την εφαρμογή κάποιων παραδειγμάτων που εφαρμόστηκαν από τον Ελληνικό χώρο διαπιστώνεται ότι ενώ το συνολικό κόστος κατασκευής είναι χαρακτηριστικά μεγάλο εξισορροπείται από τα υψηλά ετήσια έσοδα που αποφέρει και έτσι η επένδυση παρουσιάζεται ιδιαίτερα ελκυστική.

Με τις γνώσεις που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια της εργασίας μας θεωρούμε ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα αποτελεί ένα αξιόπιστο εργαλείο ελέγχου βιωσιμότητας ενός αιολικού πάρκου και γενικότερα ενός συστήματος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο Παράρτημα περιλαμβάνονται τα Φύλλα Υπολογισμού που περιέχονται στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε.



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

Canada

**RETScreen<sup>®</sup> International** is a standardised and integrated renewable energy project analysis software. This tool provides a common platform for both decision-support and capacity-building purposes. RETScreen can be used worldwide to evaluate the energy production, life-cycle costs and greenhouse gas emissions reduction for various renewable energy technologies (RETs). RETScreen is made available free-of-charge by the Government of Canada through Natural Resources Canada's CANMET Energy Diversification Research Laboratory (CEDRL). The user is encouraged to properly register at the RETScreen website so that CEDRL can report on the global use of RETScreen.

### Wind Energy Project Model

#### [TO START \(click here\)](#)

- Brief Description & Model Flow Chart
- Cell Colour Coding

#### [RETScreen Features \(click to access info\)](#)

- Online Manual
- Product Data
- Weather Data
- Cost Data
- Currency Options

#### [Model Worksheets \(click to access sheets\)](#)

- Energy Model
- Equipment Data
- Cost Analysis
- Greenhouse Gas Analysis
- Financial Summary
- Blank Worksheets (3)

**RETScreen is available  
free-of-charge at**

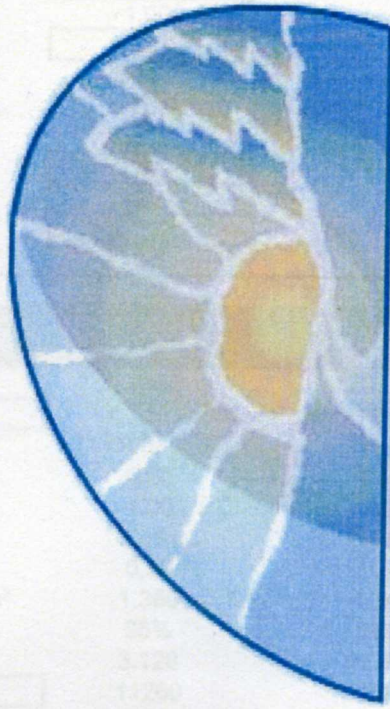
<http://retscreen.gc.ca>

#### [Internet Options](#)

- RETScreen Website
- Training Information
- Registration
- Contact CEDRL

#### [Contributors](#)

- 85+ Technology Experts
- Collaborating Organisations



**RETScreen<sup>®</sup>  
International**

Renewable Energy  
Project Analysis Software

**RETScreen® Energy Model - Wind Energy Project**

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		<b>Example</b>	
Project location		<b>Texas, USA</b>	
Nearest location for weather data		Amarillo, TX	<a href="#">See Weather Database</a>
Annual average wind speed	m/s	6,6	
Height of wind measurement	m	9,1	3.0 to 100.0
Wind shear exponent	-	0,16	0.10 to 0.25
Wind speed at 10 m	m/s	6,7	
Average atmospheric pressure	kPa	89,1	60.0 to 103.0
Annual average temperature	°C	14	-20 to 30

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Grid type	-	Central-grid	
Wind turbine rated power	kW	1,000	<a href="#">Complete Equipment Data sheet</a>
Number of turbines	-	20	
Wind plant capacity	kW	20,000	
Hub height	m	70,0	6.0 to 100.0
Wind speed at hub height	m/s	9,1	3.0 to 15.0
Array losses	%	3%	0% to 20%
Airfoil soiling and/or icing losses	%	2%	1% to 10%
Other downtime losses	%	2%	2% to 7%
Miscellaneous losses	%	3%	2% to 6%

Annual Energy Production		Estimate Per turbine	Estimate Total	Notes/Range
Wind plant capacity	kW	1,000	20,000	
	MW	1	20	
Unadjusted energy production	MWh	3,933	78,669	
Pressure adjustment coefficient	-	0,88	0,88	0.59 to 1.02
Temperature adjustment coefficient	-	1,00	1,00	0.98 to 1.15
Gross energy production	MWh	3,461	69,228	
Losses coefficient	-	0,90	0,90	0.75 to 1.00
Specific yield	kWh/m <sup>2</sup>	1,366	1,366	150 to 1,500
Wind plant capacity factor	%	36%	36%	20% to 40%
Renewable energy delivered	MWh	3,128	<b>62,558</b>	
	GJ	11260	225207	

[Complete Cost Analysis sheet](#)

**RETScreen® Equipment Data - Wind Energy Project**

**Wind Turbine Characteristics**

**Estimate**

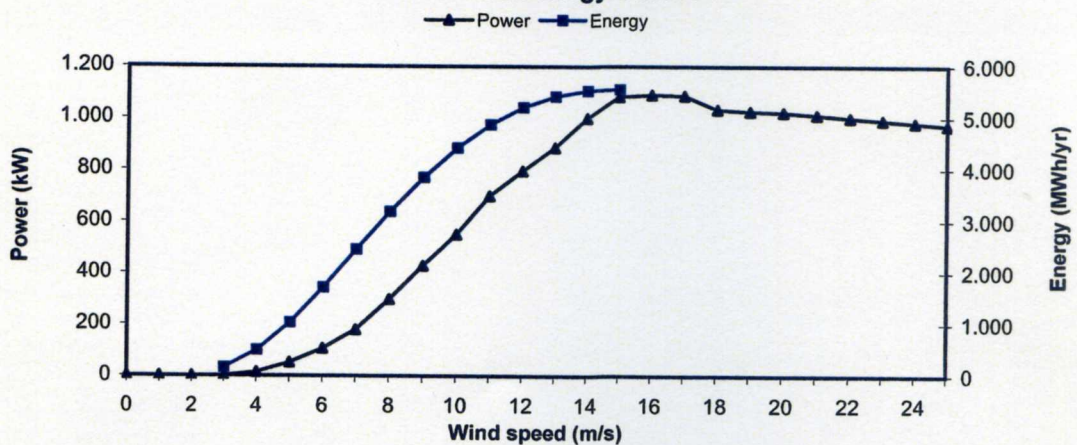
**Notes/Range**

Wind turbine rated power	kW	1.000	<i>See Product Database</i>	
Hub height	m	70,0		
Rotor diameter	m	54		
Swept area	m <sup>2</sup>	2.290		
Wind turbine manufacturer		ABC S.A.		
Wind turbine model		model XYZ		
Energy curve data source	-	Standard		Rayleigh wind distribution
Shape factor	-	2,0		

**Wind Turbine Production Data**

Wind speed (m/s)	Power curve data (kW)	Energy curve data (MWh/yr)
0	0,0	-
1	0,0	-
2	0,0	-
3	0,0	157,8
4	14,0	494,6
5	51,0	1.031,3
6	105,0	1.709,6
7	179,0	2.449,8
8	297,0	3.180,7
9	427,0	3.849,1
10	548,0	4.419,8
11	697,0	4.873,1
12	794,0	5.203,5
13	885,0	5.416,9
14	999,0	5.526,9
15	1.082,0	5.550,5
16	1.090,0	-
17	1.086,0	-
18	1.033,0	-
19	1.025,0	-
20	1.021,0	-
21	1.011,0	-
22	1.000,0	-
23	990,0	-
24	980,0	-
25	970,0	-

**Power and Energy Curves**



[Return to Energy Model sheet](#)

**TScreen® Cost Analysis - Wind Energy Project**

Type of project:

Currency:

Cost references:

Category	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
<b>Feasibility Study</b>							
Site investigation	p-d	6	\$ 800	\$ 4.800			
Wind resource assessment	met tower	6	\$ 22.000	\$ 132.000			
Environmental assessment	p-d	8	\$ 800	\$ 6.400			
Preliminary design	p-d	18	\$ 800	\$ 14.400			
Detailed cost estimate	p-d	18	\$ 800	\$ 14.400			
Report preparation	p-d	8	\$ 800	\$ 6.400			
Project management	p-d	6	\$ 800	\$ 4.800			
Travel and accommodation	p-trip	4	\$ 3.000	\$ 12.000			
Other	Cost	0	\$ -	\$ -			
<b>Sub-total:</b>				<b>\$ 195.200</b>	<b>0,6%</b>		
<b>Development</b>							
PPA negotiation	p-d	20	\$ 1.200	\$ 24.000			
Permits and approvals	p-d	250	\$ 800	\$ 200.000			
Land rights	project	1	\$ 30.000	\$ 30.000			
Land survey	p-d	50	\$ 600	\$ 30.000			
Project financing	p-d	100	\$ 1.500	\$ 150.000			
Legal and accounting	p-d	100	\$ 1.200	\$ 120.000			
Project management	p-yr	1,25	\$ 130.000	\$ 162.500			
Travel and accommodation	p-trip	18	\$ 3.000	\$ 54.000			
Other	Cost	0	\$ -	\$ -			
<b>Sub-total:</b>				<b>\$ 770.500</b>	<b>2,5%</b>		
<b>Engineering</b>							
Wind turbine(s) micro-siting	p-d	175	\$ 800	\$ 140.000			
Mechanical design	p-d	100	\$ 800	\$ 80.000			
Electrical design	p-d	150	\$ 800	\$ 120.000			
Civil design	p-d	90	\$ 800	\$ 72.000			
Tenders and contracting	p-d	110	\$ 800	\$ 88.000			
Construction supervision	p-yr	0,85	\$ 130.000	\$ 110.500			
Other	Cost	0	\$ -	\$ -			
<b>Sub-total:</b>				<b>\$ 610.500</b>	<b>2,0%</b>		
<b>Renewable Energy (RE) Equipment</b>							
Wind turbine(s)	kW	20.000	\$ 1.000	\$ 20.000.000			
Spare parts	%	3,0%	\$ 20.000.000	\$ 600.000			
Transportation	turbine	20	\$ 33.000	\$ 660.000			
Other	Cost	0	\$ -	\$ -			
<b>Sub-total:</b>				<b>\$ 21.260.000</b>	<b>68,4%</b>		
<b>Balance of Plant</b>							
Wind turbine(s) foundation(s)	turbine	20	\$ 78.000	\$ 1.560.000			
Wind turbine(s) erection	turbine	20	\$ 52.000	\$ 1.040.000			
Road construction	km	8,50	\$ 50.000	\$ 425.000			
Transmission line and substation	project	1	\$ 2.650.000	\$ 2.650.000			
Control and O&M building(s)	building	1	\$ 125.000	\$ 125.000			
Transportation	project	1	\$ 68.000	\$ 68.000			
Other	Cost	0	\$ -	\$ -			
<b>Sub-total:</b>				<b>\$ 5.868.000</b>	<b>18,9%</b>		
<b>Miscellaneous</b>							
Training	p-d	40	\$ 800	\$ 32.000			
Commissioning	p-d	50	\$ 800	\$ 40.000			
Interest during construction	%	3,0%	\$ 28.704.200	\$ 861.126			
Contingencies	%	5%	\$ 28.704.200	\$ 1.435.210			
<b>Sub-total:</b>				<b>\$ 2.368.336</b>	<b>7,6%</b>		
<b>Costs - Total</b>				<b>\$ 31.072.536</b>	<b>100,0%</b>		
<b>Other Costs (Credits)</b>							
Land lease	%	2,0%	\$ 3.127.880	\$ 62.558			
Property taxes	%	0,0%	\$ 3.127.880	\$ -			
Insurance premium	%	3,0%	\$ 3.127.880	\$ 93.836			
Transmission line maintenance	%	3,0%	\$ 2.650.000	\$ 79.500			
Parts and labour	kWh	62.557.603	\$ 0,008	\$ 500.461			
Community benefits	-	1	\$ 15.000	\$ 15.000			
Travel and accommodation	p-trip	12	\$ 3.000	\$ 36.000			
General and administrative	%	6%	\$ 787.355	\$ 47.241			
Other	Cost	0	\$ -	\$ -			
Contingencies	%	10%	\$ 787.355	\$ 78.735			
<b>Costs - Total</b>				<b>\$ 913.332</b>	<b>100,0%</b>		
<b>Other Costs (Credits)</b>							
Drive train	Cost	10 yr	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000			
Blades	Cost	15 yr	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000			
End of project life	Credit	-	\$ -	\$ -			

Go to GHG Analysis sheet

**RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Wind Energy Project**

Use GHG analysis sheet?

[Complete Financial Summary sheet](#)

Version 2000 - Release 2

© United Nations Environment Programme & Minister of Natural Resources Canada 2000.

UNEP/DTIE and NRCan/CEDRI

RETScreen® Financial Summary - Wind Energy Project

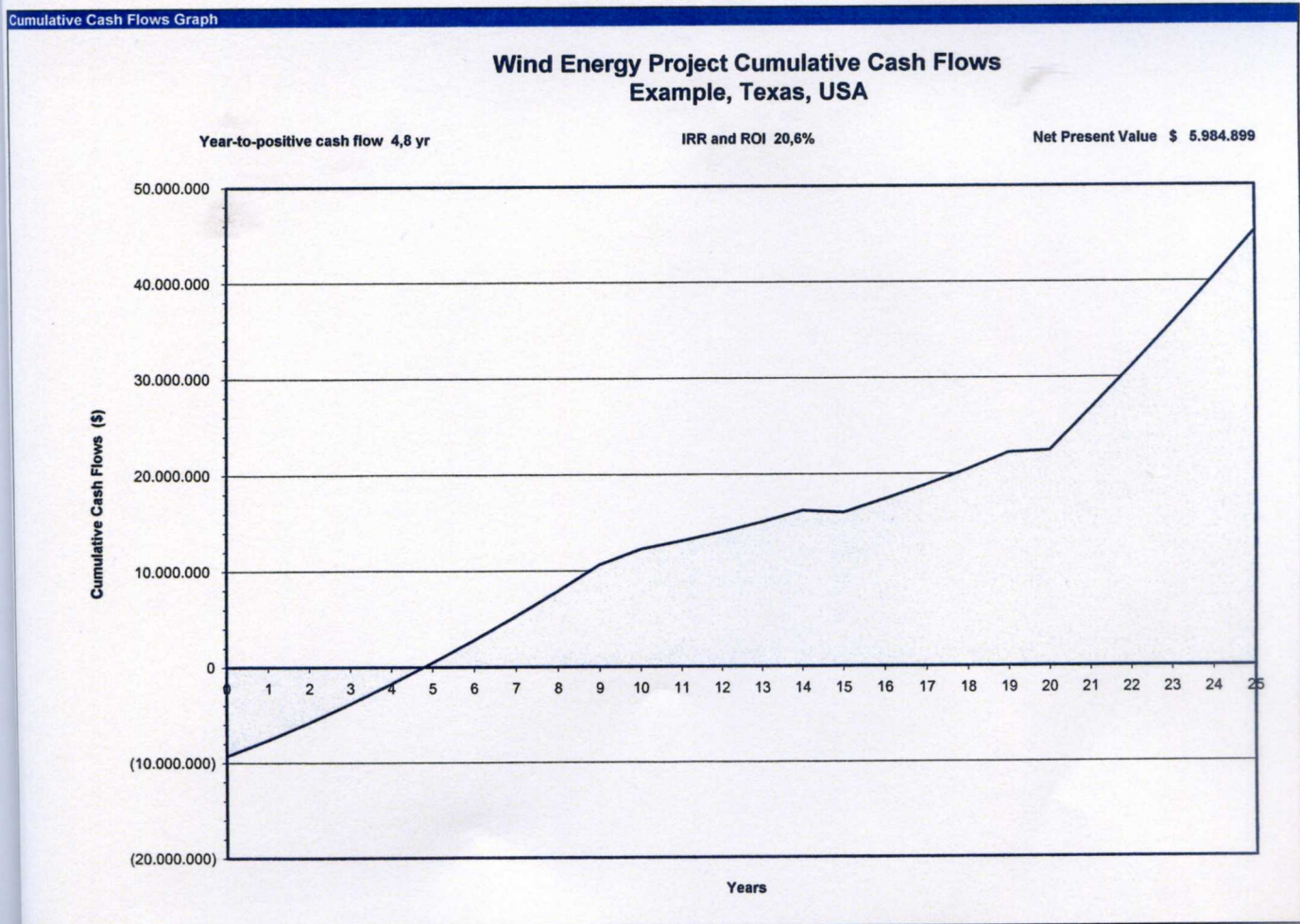
Annual Energy Balance					
Project name	Example				
Project location	Texas, USA				
Renewable energy delivered	MWh	62,558	GHG analysis sheet used?	yes/no	No
Excess RE available	MWh	-			
Firm RE capacity	kW	-			
Grid type	Central-grid				

Financial Parameters					
Avoided cost of energy	\$/kWh	0,0500	Debt ratio	%	70,0%
RE production credit	\$/kWh	0,027	Debt interest rate	%	8,5%
RE production credit duration	yr	10	Debt term	yr	20
RE credit escalation rate	%	2,5%	Income tax analysis?	yes/no	No
Energy cost escalation rate	%	3,0%			
Inflation	%	2,5%			
Discount rate	%	12,0%			
Project life	yr	25			

Project Costs and Savings					
<b>Initial Costs</b>			<b>Annual Costs and Debt</b>		
Feasibility study	0,6%	\$ 195.200	O&M	\$	913.332
Development	2,5%	\$ 770.500	Debt payments - 20 yrs	\$	2.298.426
Engineering	2,0%	\$ 610.500	<b>Annual Costs - Total</b>	\$	<b>3.211.757</b>
RE equipment	68,4%	\$ 21.260.000	<b>Annual Savings or Income</b>		
Balance of plant	18,9%	\$ 5.868.000	Energy savings/income	\$	3.127.880
Miscellaneous	7,6%	\$ 2.368.336	Capacity savings/income	\$	-
<b>Initial Costs - Total</b>	100,0%	\$ <b>31.072.636</b>	RE production credit income - 10 yrs	\$	1.689.055
Incentives/Grants	\$	-	<b>Annual Savings - Total</b>	\$	<b>4.816.935</b>
<b>Periodic Costs (Credits)</b>			Schedule yr # 10,20		
Drive train	\$	1.000.000	Schedule yr # 15		
Blades	\$	1.000.000			
End of project life - Credit	\$	-			

Financial Feasibility					
			Calculate RE production cost?	yes/no	No
Pre-tax IRR and ROI	%	20,6%	Project equity	\$	9.321.761
After-tax IRR and ROI	%	20,6%	Project debt	\$	21.750.775
Simple Payback	yr	8,0	Debt payments	\$/yr	2.298.426
Year-to-positive cash flow	yr	4,8	Debt service coverage	-	1,75
Net Present Value - NPV	\$	5.984.899			
Annual Life Cycle Savings	\$	763.074			
Profitability Index - PI	-	0,64			

Yearly Cash Flows			
Year #	Pre-tax \$	After-tax \$	Cumulative \$
0	(9.321.761)	(9.321.761)	(9.321.761)
1	1.718.408	1.718.408	(7.603.353)
2	1.834.937	1.834.937	(5.768.416)
3	1.954.863	1.954.863	(3.813.553)
4	2.078.285	2.078.285	(1.735.268)
5	2.205.305	2.205.305	470.037
6	2.336.029	2.336.029	2.806.065
7	2.470.564	2.470.564	5.276.630
8	2.609.023	2.609.023	7.885.653
9	2.751.521	2.751.521	10.637.174
10	1.618.091	1.618.091	12.255.265
11	832.922	832.922	13.088.187
12	932.854	932.854	14.021.041
13	1.035.934	1.035.934	15.056.975
14	1.142.260	1.142.260	16.199.235
15	(196.365)	(196.365)	16.002.870
16	1.365.058	1.365.058	17.367.928
17	1.481.742	1.481.742	18.849.670
18	1.602.095	1.602.095	20.451.765
19	1.726.233	1.726.233	22.177.999
20	215.657	215.657	22.393.656
21	4.284.763	4.284.763	26.678.419
22	4.420.976	4.420.976	31.099.396
23	4.561.467	4.561.467	35.660.863
24	4.706.370	4.706.370	40.367.233
25	4.855.821	4.855.821	45.223.054



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- A. Recknagel-Sprenger, 59<sup>η</sup> έκδοση: «Θέρμανση και Κλιματισμός» τόμοι Α και Β
- B. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ , 1998, Σημειώσεις
- C. WIND TURBINE, 1994
- D. « Θέρμανση – Κλιματισμός» .Β. Σελλούντος , Εκδ. «ΦΟΙΒΟΣ»
- E. Σχετικοί δικτυακοί χώροι

1. <http://www.mte.gr>
2. <http://www.google.gr>
3. <http://www.cres.gr>
4. <http://www.yahoo.com>
5. <http://www.texnikoi.gr>
6. <http://www.rae.gr>
7. <http://www.kepka.gr>
8. <http://www.kape.gr>
9. <http://www.eviawind.gr>
10. <http://www.ntua.gr>
11. <http://www.retscreen.com>
12. <http://www.teiser.gr>