

**Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:**  
**«ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ**  
**ΤΗΣ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ»**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΑΡΑΤΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ**

**ΝΙΚΟΛΕΤΑΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**  
**ΚΑΛΟΓΗΡΑΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

-

**ΠΑΤΡΑ 2007**

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή ασχολείται κατά κύριο λόγο με την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών γενικά στην Ελλάδα, την οικονομικοτεχνική ανάλυση των αιολικών πάρκων, την επιλογή θέσης των αιολικών πάρκων και τους τύπους ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται.

Κατ' επέκταση εξειδικεύεται στις μελέτες του αιολικού πάρκου στην περιοχή Ξερολίμπα στην Κεφαλονιά.

Ευχαριστούμε τους ανθρώπους από την κατασκευαστική εταιρεία «REDS A.E.», που εκπόνησε την μελέτη για τη δημιουργία του εν λόγω πάρκου και ειδικότερα τον υπεύθυνο Δρ. Απόστολο Φραγκούλη.

Επίσης, τους επίσημους φορείς της περιοχής οι οποίοι μας βοήθησαν κατά τη διάρκεια αναζήτησης υλικού για την εργασία.

Καταληκτικά αλλά ιδιαίτερα τον υπεύθυνο καθηγητή κ. Ιωάννη Καλογήρου, ο επαγγελματισμός και η καλή διάθεση του οποίου συντέλεσαν σε μία άψογη συνεργασία, από την οποία προέκυψε η πτυχιακή αυτή εργασία.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ.....	8
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.2.Ελληνική Ενεργειακή Αγορά.....	16
1.3.Στροφή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	21
1.4.Η Αιολική Ενέργεια και οι Εφαρμογές της.....	24
1.4.1.Ο Άνεμος. Μια Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας.....	24
1.4.2.Μειονεκτήματα Αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας.....	26
1.4.3.Πλεονεκτήματα Αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	
Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	35
2.1 Εισαγωγή στο Ευρωπαϊκό-Εγχώριο Πρόβλημα.....	36
2.2.Δυνατότητες Αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας στη Χώρα μας..	41
2.3.Διαθέσιμο Αιολικό Δυναμικό της Ελληνικής Επικράτειας.....	44
2.4.Η Παρούσα Κατάσταση των Αιολικών στην Ελληνική Αγορά.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ.....	50
3.1 Η Διαχρονική Αξία του Χρήματος.....	51
3.2.Διεθνής Ανταγωνισμός Και Κόστος Αγοράς Αιολικών Μηχανών...	52
3.3.Πρότυπο Υπολογιστικό Μοντέλο.....	56
3.3.1.Αρχικό Κόστος.....	56
3.3.2.Κόστος Αγοράς και Εγκατάστασης.....	56
3.3.3. Κόστος Εγκατάστασης.....	57
3.3.4.Κύριες Συνιστώσες Κόστους Αρχικής Επένδυσης.....	57
3.4.Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας Αιολικής Μονάδος.....	58
3.4.1 Σταθερό Κόστος Συντήρησης & Λειτουργίας.....	58
3.4.2.Μεταβλητό Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας.....	60

3.5.Εσοδα Λειτουργίας Αιολικών Σταθμών.....	61
3.6.Χρόνος Απόσβεσης - Εξίσωση Νεκρού Σημείου.....	64
3.7 Βαθμός Οικονομικής Απόδοσης-Χρόνος Διπλασιασμού Κεφαλαίου .....	65

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ**

### **ΧΡΗΜΑΤΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....68**

4.1 Ευρωπαϊκό Νομοθετικό - Πολιτικό Πλαίσιο για την Αιολική Ενέργεια.....	69
4.2 Η Νομοθεσία για την Αιολική Ενέργεια στη Χώρα μας.....	72
4.2.1 Νόμος 2244/94.....	72
4.2.2.Ανεξάρτητοι Παραγωγοί-Αυτοπαραγωγοί.....	74
4.3.Εθνική Τιμολογιακή Πολιτική για την Αιολική Ενέργεια .....	76
4.4.Επενδυτικές Ευκαιρίες στον Τομέα της Αιολικής Ενέργειας.....	82
4.4. 1 Αναπτυξιακά Κίνητρα.....	82
4.4.2 Αναπτυξιακός Νόμος.....	85
4.4.3 Άλλοι Τρόποι Χρηματοδότησης Αιολικών Επενδύσεων.....	88

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ**

### **ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....93**

5.1 Γενικά.....	94
5.2 Τύποι Συλλογής της Αιολικής Ενέργειας .....	96
5.3 Περιγραφή Μονάδας Ανεμογεννήτριας .....	97
5.4 Τυπικές μορφές οριζοντίου άξονα.....	100
5.5 Χαρακτηριστικά Α/Γ οριζοντίου άξονα.....	101
5.5.1 Δρομέας .....	101
5.5.2 Συμπεριφορά του δρομέα .....	102
5.5.3 Ρύθμιση του βήματος.....	103

5.6 Υλικά και προβλήματα αντοχής των πτερυγίων.....	105
5.6.1 Συστήματα Προσανατολισμού.....	106
5.7 Κατασκευή του πύργου και θεμελίωσή του .....	107
5.8 Πλήμνη και κύριος άξονας της Α/Γ.....	108
5.9 Συστήματα πέδησης της πλήμνης.....	109
5.10 Κιβώτιο Πολ/σμού στροφών.....	111
5.11 Ηλεκτρολογικό σύστημα Α/Γ.....	112
5.11.1 Η γεννήτρια.....	112
5.12 Μικροί κινητήρες.....	115
5.13 Αυτόματοι διακόπτες και Ηλ. Συσκευές.....	115

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ**

### **ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.115**

#### **ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ (ΜΗΧΑΝΗΣ Η ΠΑΡΚΟΥ).....117**

6.1 Παράγοντες επιλογής.....	117
6.1.1 Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή θέσης Α/Γ.....	121
6.1.2 Επίπεδη μορφολογία.....	124
6.1.3 Ανομοιόμορφη μορφολογία.....	126

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ**

### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΔΕΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....130**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ**

### **ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΞΕΡΟΛΙΜΠΑ [ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ].....133**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**ΦΩΤΟΓΡΑΦΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....138**



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ



## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού της γης, καθώς και των οικονομικών δραστηριοτήτων αλλά και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου οδήγησαν στην αλματώδη αύξηση της ενεργειακής ζήτησης. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού ενέργειας η Παγκόσμια Ενεργειακή Κατανάλωση θα αυξηθεί την επόμενη 15ετία κατά 35-45%, αν δεν ληφθούν δραστικά μέτρα.

Η άνοδος των ενεργειακών αναγκών καλύπτεται κυρίως από άνθρακα και πετρέλαιο σημαντική θεωρείται και η συμβολή του φυσικού αερίου στην αντιμετώπιση της ενεργειακής ζήτησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση εκπομπής βλαβερών ουσιών όπως το διοξείδιο του άνθρακα, η οποία εκπομπή μπορεί να σημειώσει άνοδο κατά 27% μέχρι το 2000 αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα.

Σύμφωνα με το πόρισμα του συμβουλίου της Διακυβερνητικής Επιτροπής του ΟΗΕ το 1995 όπως δυστυχώς απεδείχθη, οι εκπομπές των βλαβερών αυτών ουσιών επηρέασαν και επηρεάζουν σοβαρά τις κλιματολογικές συνθήκες του πλανήτη και προκάλεσαν αύξηση της στάθμης των ωκεανών, παγκόσμια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κ.λ.π.

Στην Ελλάδα η εξέλιξη εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα κατά την περίοδο 1970-1990 υπήρξε δυσμενής σε σύγκριση με τις άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι εκπομπές ανά μονάδα ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος παρουσίασαν την τελευταία εικοσαετία σταθερή αύξηση με αποτέλεσμα να έχουν σήμερα τις μεγαλύτερες τιμές στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Για τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα τη μεγαλύτερη ευθύνη φέρει ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής, του οποίου το ποσοστό εκπομπής

αυξάνεται συνεχώς. Αρκεί να σημειωθεί ότι από 32% που ήταν το 1970, έφτασε το 50% το 1990. Το 88% των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου οφείλεται στη παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας, από το οποίο το 98% είναι η εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα.

Για την επιτυχή αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας ή ήπιες μορφές ενέργειας όπως ονομάζονται συχνότερα.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκονται σχετικά σε αρχικό στάδιο της ανάπτυξης τους όμως αρκετές από αυτές είναι ανταγωνιστικές σε σύγκριση πάντα με τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Προσφέρουν λύσεις σε αρκετά από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούν τα ορυκτά και πυρηνικά καύσιμα. Ενώ αποδεικνύονται ικανές να αντικαταστήσουν συχνά πλήρως τα τελευταία εμφανίζονται προς το παρόν ακριβότερες λόγω της υπερτιμολόγησης της τιμής της ενέργειας που παράγεται με συμβατικό τρόπο και των λοιπών κοστών που εμπεριέχονται στην παραγωγή ενέργειας με την εφαρμογή των ήπιων μορφών. Επίσης προσφέρουν μεγαλύτερη ποικιλία σε τοπικές ενεργειακές πηγές, βελτιώνουν το ενεργειακό ισοζύγιο και λειτουργούν συμπληρωματικά στην εφαρμογή της εθνικής ενεργειακής πολιτικής. Καθώς είναι διασπαρμένες οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα να καλύπτονται οι ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο ανακουφίζοντας τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ισχύος. Παρουσιάζουν πλεονεκτήματα ως προς τη ταχύτητα στη φάση της κατασκευής και ως προς το μέγεθος των απαιτούμενων έργων γιατί η διάρκεια κατασκευής ελαττώνεται μέχρι το 1/5 ή και το 1/10 του χρόνου που απαιτείται για την κατασκευή συμβατικών ενεργειακών έργων. Ελαττώνει ακόμα τους κινδύνους που προκαλούνται στην υγεία από τις

συμβατικές πηγές ενέργειας και μπορούν να αποτελέσουν μοχλό για την αναβάθμιση απομακρυσμένων περιοχών.

Υπάρχουν βέβαια και χαρακτηριστικά που δυσχεραίνουν την αξιοποίηση τους.

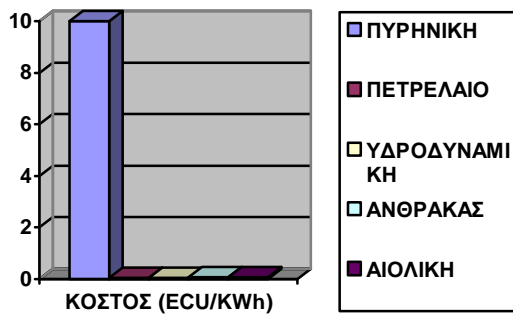
Όπως:

Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων είναι αρκετά υψηλό.

Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί το κόστος παραγωγής των ήπιων μορφών ενέργειας, ιδιαίτερα της αιολικής είναι υψηλό σε σχέση με το κόστος παραγωγής άνθρακα ή πετρελαίου.

ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ (ECU/KWh)
ΠΥΡΗΝΙΚΗ	0,085-10,00
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	0,028-0,042
ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	0,022-0,040
ΑΝΘΡΑΚΑΣ	0,042-0,056
ΑΙΟΛΙΚΗ	0,041-0,074

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ! ΑΝΑ ΚWh ΣΕ ECU



- οι ισχύοντες μηχανισμοί τραπεζικής χρηματοδότησης είναι ανεπαρκείς το διασπαρμένο δυναμικό τους παρουσιάζει δυσκολίες μεταφοράς και αποθήκευσης
- έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας οπότε για εγκατάσταση μεγάλης ισχύος απαιτούνται τεράστιες εγκαταστάσεις
- παρουσιάζουν διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητα που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών ή δαπανηρούς τρόπους αποθήκευσης
- η χαμηλή διαθεσιμότητα τους συνεπάγεται και χαμηλή εκμετάλλευση των εγκαταστάσεων

Συγκεκριμένα, κατά την εφαρμογή των αιολικών συστημάτων τα κυριότερα προβλήματα που συναντώνται σημειώνονται παρακάτω, μπορούν όμως να αντιμετωπιστούν με σωστή επιλογή της θέσης της εγκατάστασης και με τη βοήθεια των τελευταίων επιτευγμάτων της τεχνολογίας.

- θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών που δεν είναι μεγαλύτερος από άλλες μηχανές αντίστοιχης ισχύος
- ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στο ραδιόφωνο, στη τηλεόραση, στις τηλεπικοινωνίες

- προβλήματα αισθητικής που δημιουργούνται πχ από το μέγεθος της Α/Γ

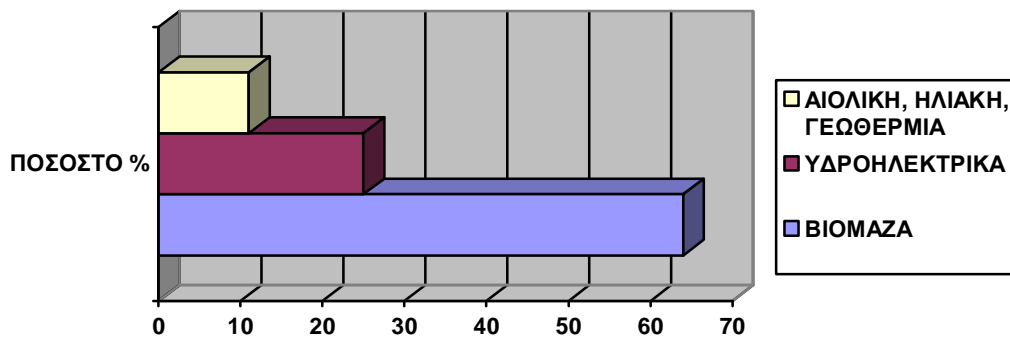
Γίνονται προσπάθειες λήψης μέτρων στη σχεδίαση των ανεμογεννητριών για τη μείωση του θορύβου και την αντιμετώπιση της ακαλαισθησίας.

Η Ελλάδα έχει ισχυρό δυναμικό εξαιτίας της γεωγραφικής της θέσης, το οποίο όμως δυστυχώς δεν έχει αξιοποιηθεί αρκετά. Σύμφωνα με έρευνες που διενεργήθηκαν τα τελευταία χρόνια αξιοποιείται στην Ελλάδα μόνο το 20% από το διαθέσιμο δυναμικό των ήπιων μορφών ενέργειας της. Κατά το έτος 1994 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμμετείχαν κατά 3.9 % στην κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης, στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται αναλυτικά τα ποσοστά συμμετοχής.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ Η.Μ.Ε ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2004	
ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ %
ΒΙΟΜΑΖΑ	64
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	25
ΑΙΟΛΙΚΗ, ΗΛΙΑΚΗ, ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	11

\* Η.Μ.Ε.= ήπιες μορφές ενέργειας

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΩΝ Η.Μ.Ε. ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΟ 2004



Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η ύπαρξη των οποίων είναι αναμφισβήτητα σημαντικός σύμμαχος στην προσπάθεια του ανθρώπου για επιβίωση και ανάπτυξη καθώς όπως είναι γνωστό τα αποθέματα των συμβατικών πηγών ενέργειας (πετρέλαιο κλπ) έχουν μειωθεί σε επικίνδυνο βαθμό τα τελευταία χρόνια. Κανείς δεν μπορεί να αναφέρει με βεβαιότητα την χρονολογία εμφάνισης του ανεμόμυλου είτε τον εφευρέτη του. Σύμφωνα με κάποιες μελέτες η εμφάνιση τους χρονολογείται το 2000 π.χ. ενώ δεν είναι βέβαιη η ταυτότητα του λαού που πρώτος χρησιμοποίησε τον ανεμόμυλο, τη θέση διεκδικούν οι Κινέζοι, οι Βαβυλώνιοι και οι Πέρσες. Η ιστορία της αιολικής ενέργειας συνεχίζεται με κάποιες εφαρμογές από τις Σταυροφορίες και έπειτα.

Χαρακτηριστικοί τύποι ανεμογεννητριών την περίοδο 1100-1900 είναι ο ολλανδικός ανεμόμυλος, ο κυκλαδίτικος ανεμόμυλος, και ο

αμερικάνικος, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε ιδιαίτερα την περίοδο 1860-1900.

Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον τομέα αυτό έδειξε η Δανία, καθώς η Δανική κυβέρνηση στήριξε τις προσπάθειες του καθηγητή Paul La Cour για την κατασκευή Α/Γ οι οποίες θα χρησιμοποιούταν συστηματικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μέχρι το 1910 κατασκευάστηκαν αιολικές μηχανές που απέδιδαν ονομαστική ισχύ 5-25 kW. Παράλληλα έγιναν και κάποιες προσπάθειες στη Γερμανία για την κατασκευή Α/Γ καθώς η χώρα αυτή παρουσίασε και παρουσιάζει όπως θα δούμε σε επόμενη παράγραφο, μαζί με τη Δανία εξέχοντα ζήλο στις εφαρμογές της αιολικής ενέργειας. Οι προσπάθειες εκείνη την εποχή ήταν από τους Hutter, η Α/Γ του οποίου ήταν διπτέρυγη και από τον Hutter το σχέδιο του οποίου δεν υλοποιήθηκε διότι αποδόθηκε σε ναζιστική προπαγάνδα.

Η ανακάλυψη του άνθρακα, του πετρελαίου και γενικότερα η χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας ανέστειλαν αργότερα τις προσπάθειες ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας.

Όμως οι διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις τη δεκαετία του '70 καθώς και η μετέπειτα επιτακτική ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος ανάγκασαν την ανθρωπότητα να αναθεωρήσει τις απόψεις της και να στραφεί όχι μόνο προς την εκμετάλλευση της αιολικής αλλά και των υπόλοιπων ήπιων μορφών ενέργειας (ηλιακή ενέργεια, γεωθερμία, βιομάζα φωτοβολταϊκά, υδροηλεκτρικά). Την πρώτη θέση στην εφαρμογή τους κατέχει η αιολική ενέργεια.

Υπάρχει βέβαια το εύλογο ερώτημα πως αντιμετωπίζεται η περίπτωση όπου δεν φυσούν άνεμοι τέτοιας έντασης ώστε να παράγεται η απαιτούμενη ενέργεια;

Για τις περιπτώσεις όπου οι ταχύτητες του ανέμου είναι πολύ μικρές έχουν προβλεφθεί συστήματα αποθήκευσης της ενέργειας τις οποίες αναφέρουμε επιγραμματικά.

- συστοιχίες συσσωρευτών
- συστήματα υδροδυναμικής αποθήκευσης της ενέργειας
- συστήματα παραγωγής υδρογόνου
- υδραυλοπνευματική αποθήκευση παραγόμενης ενέργειας με συμπίεση αερίων
- αποθήκευση παραγόμενης ενέργειας σε σφόνδυλο
- αποθήκευση παραγόμενης ενέργειας σε υβριδικά συστήματα

## 1.2.Ελληνική Ενεργειακή Αγορά

Η ενεργειακή εικόνα της χώρας μας δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές από τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές χώρες που δεν διαθέτουν δική τους παραγωγή πετρελαίου ή φυσικών αερίων.

Πιο συγκεκριμένα τα βεβαιωμένα αποθέματα λιγνίτη δεν είναι στο σύνολό τους τεχνικοοικονομικά απολήψιμα και τα υπαιθρίως απολήψιμα αποθέματα εκτιμώνται σε 3,3 δισεκατομμύρια τόνους που με τη βελτίωση της τεχνολογίας μπορούν να φθάσουν τα 4,5 δισεκατομμύρια τόνους συνολικά.

Αντίστοιχα, το μεγαλύτερο τμήμα των κοιτασμάτων αργού πετρελαίου στον Πρίνο και το ανάλογο κοιτάσμα φυσικού αερίου νότια της Καβάλας θεωρείται ότι έχει αντληθεί, ενώ τα αποθέματα που υπολείπονται δύσκολα θα διατηρηθούν μέχρι το τέλος του αιώνα μας. Τέλος τα επαρκώς βεβαιωμένα αποθέματα ουρανίου, που έχουν εντοπισθεί στο Παρανέστι Δράμας, ανέρχονται σε 400 τόνους ουρανίου, ενώ συγκεντρώσεις ουρανίου έχουν εντοπισθεί σε λιγνίτες, σε ανθρακομιγείς



αργίλους και φωσφορικά κοιτάσματα. Τα αποθέματα αυτής της κατηγορίας δεν θεωρούνται σήμερα τεχνικοοικονομικά απολήψιμα, είναι όμως δυνατό να καταστούν στο μέλλον. Βέβαια το φυσικό ουράνιο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας σαν σχάσιμο υλικό σε πυρηνικό αντιδραστήρα.

Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας επί των βεβαιωμένων αποθεμάτων συμβατικών καυσίμων της χώρας μας, θα πρέπει να συμπεράνουμε ότι η χώρα μας δε φαίνεται ιδιαίτερα ευνοημένη σε αποθέματα συμβατικών καυσίμων. Αντίθετα, όπως θα δούμε και στη συνέχεια, η χώρα μας διαθέτει αξιόλογο υδάτινο δυναμικό καθώς και άριστο αιολικό και ηλιακό δυναμικό ενώ δεν στερείται και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας μας το έτος 1990 δίνεται στον Πίνακα 1.1<sup>(1)</sup> όπου απεικονίζεται η συμμετοχή των κύριων πηγών στην κατανάλωση ενέργειας. Ταυτόχρονα από ανάλογα στοιχεία έχουμε τη δυνατότητα να επιμερίσουμε την κατανάλωση ενέργειας στις τρεις κύριες ομάδες τελικής χρήσης, δηλαδή τη βιομηχανία (29%), τις μεταφορές (42%) και την κατοικία- εμπόριο (29%).

Πίνακας 1.1: Εγχώριο ενεργειακό ισοζύγιο σε εκατ. Τ.Ι.Π., {1}

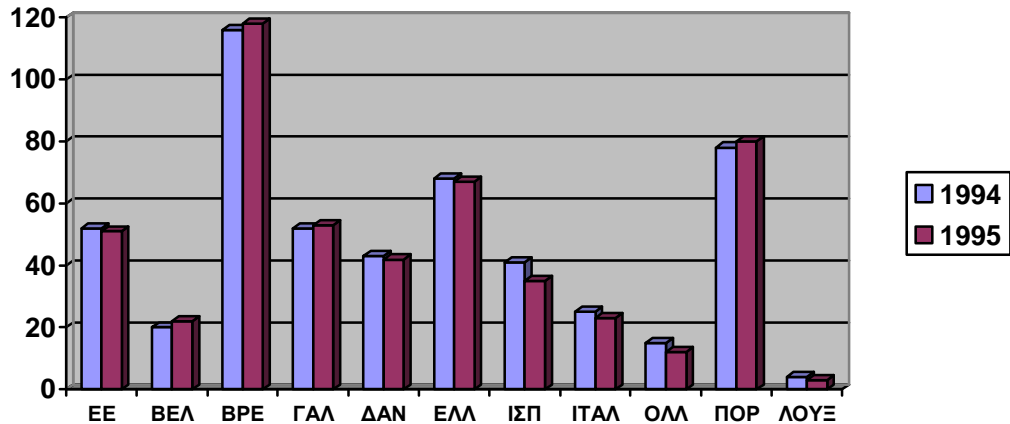
<b>ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	<b>1990</b>
ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	8,07
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	12,94
ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	0,14
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ	0,72
ΣΥΝΟΛΟ	21,87

Τα στοιχεία του πίνακα 1.1 συμφωνούν και με τα στοιχεία του Πίνακα 1.2(1), ο οποίος αναφέρεται στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας μας τα τελευταία είκοσι χρόνια.

Πίνακας 1.2: Διαμόρφωση εγχώριου ενεργειακού ισοζυγίου, {1}

<b>ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	<b>1973</b>	<b>1979</b>	<b>1986</b>
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	77,2%	71,6%	58,6%
ΛΙΓΝΙΤΗΣ	14,2%	19,6%	28,2%
ΚΑΡΒΟΥΝΟ	3,8%	2,8%	6,5%
Υ/Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ	4,7%	5,7%	4,8%
ΕΙΣΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	0,1%	0,3%	1,9%
ΣΥΝΟΛΟ	100	100	100

Όπως παρατηρούμε και από τους δύο πίνακες η ελληνική οικονομία εξακολουθεί να στηρίζεται κατά κύριο λόγο στο εισαγόμενο πετρέλαιο, έστω και αν η συμμετοχή του στο ενεργειακό ισοζύγιο παρουσιάζει διαχρονικά μια αισθητή κάμψη. Αντίθετα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μόλις και μετά βίας καλύπτουν το 5% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και μάλιστα κυρίως λόγω της συμμετοχής των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων.



**Σχήμα 1.1 Δείκτης Ενεργειακής Αυτάρκειας Χωρών Ε.Ε., {2}**

Η ελάχιστη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο συνδυάζεται δυστυχώς (βάσει του πίνακα 1.11 (1)) με την περιορισμένη ενεργειακή αυτάρκεια της χώρας μας, η οποία (σχήμα 1.2 (2)) μειώθηκε από 37.9% το 1994 σε μόλις 29.6% το 1995, παρόλη την εξαντλητική εκμετάλλευση των εγχώριων λιγνιτικών κοιτασμάτων.

**Πίνακας 1.III Ενεργειακός συντελεστής αυτάρκειας {1}**

ΕΤΟΣ	1973	1979	1986	1995
Εγχώρια Ενέργεια	18,9%	25,30%	41,0%	29,6%
Εισαγόμενη Ενέργεια	81,1%	74,7%	59,0%	70,4%
ΣΥΝΟΛΟ	100	100	100	100

Ο χαμηλός συντελεστής ενεργειακής αυτάρκειας της χώρας μας, σε σύγκριση και με το 52% του συνόλου των χωρών της Ε.Ε., οφείλεται στην παντελή έλλειψη εξοικονόμησης ενεργειακών πόρων και στη σοβαρή καθυστέρηση της ένταξης των ανανεώσιμων πηγών στην

παραγωγή ενέργειας. Τα παραπάνω μεγέθη μεταφράζονται στο ότι το 70% της εγχώριας ενεργειακής κατανάλωσης προέρχεται από εισαγόμενο πετρέλαιο και λιθάνθρακα με αποτέλεσμα η οικονομία, αλλά και η γενική πολιτική της χώρας, να εξαρτάται από εισαγόμενα καύσιμα. Αξίζει δε να σημειωθεί ότι το 30% των ετήσιων εισαγωγών της χώρας οφείλεται στις εισαγωγές ενέργειας. Για να γίνει δε πλέον κατανοητό, έχει εκτιμηθεί σήμερα ότι η αύξηση της διεθνούς τιμής του πετρελαίου κατά ένα δολάριο (1\$) το βαρέλι επιβαρύνει το ετήσιο ισοζύγιο πληρωμών περίπου κατά 80 εκατομμύρια δολάρια (δισεκατομμύρια δραχμές).

Ολοκληρώνοντας την παρουσίαση της ελληνικής ενεργειακής κατάστασης είναι αναγκαίο να προσθέσουμε στην ελάχιστη συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στην περιορισμένη ενεργειακή αυτάρκεια της χώρας μας, το επίσης αρνητικό γεγονός ότι η ελληνική βιομηχανία χαρακτηρίζεται από σπατάλη και κακή διαχείριση της ενέργειας. Έτσι ενώ στη χώρα μας η κατά κεφαλήν καταναλισκόμενη ενέργεια είναι σαφώς μικρότερη από το μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η ενεργειακή κατανάλωση ανά μονάδα παραγομένου προϊόντος είναι πολύ μεγαλύτερη των υπολοίπων ανεπτυγμένων χωρών.

Τέλος η έλλειψη συστηματικής εφαρμογής προγραμμάτων ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης της ενέργειας στη χώρα μας, παρ' όλες τις διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις της περιόδου 1970-1985, αποδεικνύεται και από την τιμή του συντελεστή της ελαστικότητας κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (Α.Ε.Π.), ο οποίος στις χώρες της κοινότητας είναι μόλις 0.7%, ενώ στη χώρα μας είναι διπλάσιος, δηλαδή 1.4%. Το γεγονός αυτό μεταφράζεται στο ότι για κάθε μονάδα αύξησης του Α.Ε.Π. η χώρα μας χρειάζεται διπλάσια περίπου κατανάλωση ενέργειας από τις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ο.Κ., πράγμα που αποδεικνύει με ένα ακόμα τρόπο την αντιοικονομική χρήση της ενέργειας στη χώρα μας.

Συμπερασματικά πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι η ελληνική ενεργειακή κατάσταση χαρακτηρίζεται από έντονη εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου, από σπάταλη και κακή χρήση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και από τον αποκλεισμό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας από το ενεργειακό ισοζύγιο.

Ανακεφαλαιώνοντας, μπορούμε να πούμε ότι μόνο με την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και κυρίως της αιολικής ενέργειας, και την ορθολογική χρήση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων, είναι δυνατή η πραγματική βελτίωση της εικόνας της εγχώριας ενεργειακής αγοράς. Η αιολική ενέργεια καθώς και οι υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διατίθενται με αφθονία στη χώρα μας, μια χώρα με πλούσια ηλιοφάνεια και ισχυρούς και συνεχείς ανέμους, η οποία διαθέτει αξιόλογη βιομάζα και σημαντικό γεωθερμικό δυναμικό, καθώς και αρκετά υδάτινα αποθέματα.

### 1.3.Στροφή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ανακεφαλαιώνοντας, πρέπει να επισημάνουμε ότι αμέσως μετά τη δεύτερη ενεργειακή κρίση, στις αρχές της δεκαετίας του 1980, η διεθνής κοινότητα άρχισε να αναγνωρίζει το πεπερασμένο των παγκόσμιων αποθεμάτων των συμβατικών πηγών ενέργειας (κάρβουνο, πετρέλαιο, ουράνιο κλπ.) σε σύγκριση με την ανεξέλεγκτη αύξηση των ρυθμών κατανάλωσης ενέργειας, ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη μας.

Ίσως οι προβλέψεις της πρώτης έκθεσης της Λέσχης της Ρώμης (1970) με τίτλο τα όρια της ανάπτυξης” να μην πραγματοποιήθηκαν στο βαθμό που η έκθεση προέβλεπε, όμως οι αρνητικές επιπτώσεις που συνοδεύουν την αλόγιστη κατανάλωση ενέργειας εξακολουθούν να ισχύουν και να επαναεπιβεβαιώνονται από τα πορίσματα της δεύτερης έκθεσης η οποία

συνετάχθη το 1991, αναφέροντας ότι η μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων και η ρύπανση του περιβάλλοντος μαζί με τον υπερπληθυσμό και την εξάντληση των φυσικών πόρων του πλανήτη μας αποτελούν τις τέσσερις πληγές του ανθρώπινου είδους. Δεν πρέπει συνεπώς να λησμονούμε ότι τα βεβαιωμένα αποθέματα των κυριότερων συμβατικών καυσίμων επαρκούν στις καλύτερες περιπτώσεις για τα επόμενα εκατό χρόνια, ενώ ακόμα και εάν ανακαλυφθούν στο μέλλον χιλιαπλάσια αποθέματα συμβατικών καυσίμων, με τους σημερινούς ρυθμούς κατανάλωσης ενέργειας, θα παρατείνουν για άλλα εκατό πενήντα μόλις χρόνια την άφιξη του ενεργειακού χειμώνα στον πλανήτη μας.

Ταυτόχρονα η επιταχυνόμενη συσσώρευση επικίνδυνων ρυπαντών (τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα) και η αντίστοιχη καταστροφή του περιβάλλοντος οδηγεί στην εμφάνιση σημαντικών προβλημάτων υγείας, υποβαθμίζοντας παράλληλα την ποιότητα ζωής στις περισσότερες μεγαλουπόλεις, π.χ. Λονδίνο, Ρώμη, Αθήνα κ.α.

Η χρήση της πυρηνικής ενέργειας και η προσπάθεια ελέγχου της πυρηνικής σύντηξης έδωσε προσωρινά κάποιες ελπίδες για τη συνέχιση των υφιστάμενων ρυθμών ανάπτυξης. Δυστυχώς η αναμενόμενη όξυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, κυρίως από τη διάθεση των ραδιενεργών καταλοίπων και την πιθανότητα μείζονος ατυχήματος, σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος προστασίας από τη ραδιενέργεια έθεσε σοβαρά και αναπάντητα ερωτήματα Που αφορούν τη βιωσιμότητα αντίστοιχων προσπαθειών.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα παραπάνω προβλήματα που πηγάζουν από τη χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας, αρκετοί ειδικοί πρότειναν την αξιοποίηση των ήπιων ή ανανεώσιμων ή εναλλακτικών πηγών ενέργειας, όπως για παράδειγμα: η υδροηλεκτρική ενέργεια, η

αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η βιομάζα, η θαλάσσια ενέργεια καθώς και η γεωθερμική ενέργεια.

Φυσικά, οι ανανεώσιμες πηγές δεν είναι δυνατόν τη στιγμή αυτή να επιλύσουν το συνολικό ενεργειακό πρόβλημα της ανθρωπότητας, τουλάχιστον με τα σημερινά οικονομικά και τεχνολογικά δεδομένα. Εάν όμως η αξιοποίησή τους συνδυασθεί με την προσπάθεια εξοικονόμησης των συμβατικών πηγών ενέργειας και με την ορθολογική διαχείριση των υφιστάμενων ενεργειακών πόρων, είναι δυνατή η σταδιακή απομάκρυνση του εφιάλτη της ανθρωπότητας, δηλαδή του επερχόμενου ενεργειακού χειμώνα.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι οι περισσότερες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας είναι γνωστές σχεδόν από τη στιγμή της εμφάνισης του ανθρώπου στον πλανήτη μας, ενώ έχουν χρησιμοποιηθεί με σημαντική επιτυχία και από τον άνθρωπο των ιστορικών χρόνων. Δεν πρέπει να ξεχνάμε, όσον αφορά την αιολική ενέργεια, ότι μέχρι το δέκατο όγδοο (18ο) αιώνα η ναυτιλία στηρίζονταν σε ιστιοφόρα πλοία, ενώ στην ξηρά οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιήθηκαν για την άντληση νερού και την άλεση των σιτηρών. Η χώρα μας έχει μεγάλη παράδοση χρήσης των ανεμόμυλων, λόγω και της ιδιαίτερης γεωγραφικής μορφής της. Ονομαστοί δε είναι μέχρι σήμερα οι ανεμόμυλοι της Μυκόνου (κυκλαδίτικος ανεμόμυλος) και του οροπεδίου του Λασιθίου.

Από την άλλη πλευρά η σημερινή αξιοποίηση του εγχώριου αιολικού δυναμικού είναι ελάχιστη, ενώ οι παρεχόμενες τεχνικές και χρηματοδοτικές δυνατότητες είναι ενδιαφέρουσες. Για το λόγο αυτό, στο δεύτερο κεφάλαιο του παρόντος θα διερευνήσουμε τις δυνατότητες και τους περιορισμούς που συνοδεύουν την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας τόσο στη χώρα μας όσο και διεθνώς.

## 1.4. Η Αιολική Ενέργεια και οι Εφαρμογές της

### 1.4.1. Ο Άνεμος. Μια Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας

Η κινητική ενέργεια του ανέμου αποτελεί μια ενδιαφέρουσα πηγή ενέργειας, η οποία ονομάζεται “αιολική ενέργεια”. Η αιολική ενέργεια ανήκει στις ήπιες ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δεδομένου ότι αφ’ ενός δε ρυπαίνει το περιβάλλον (ήπια ως προς το περιβάλλον) και αφ’ ετέρου είναι θεωρητικά ανεξάντλητη (ανανεώνεται συνεχώς).

Η αιολική ενέργεια προέρχεται από μετατροπή ενός μικρού ποσοστού (περίπου 0.2%) της ηλιακής ενέργειας, που φθάνει στο έδαφος του πλανήτη μας, σε κινητική ενέργεια του ανέμου. Η ισχύς του ανέμου σε ολόκληρο τον πλανήτη μας εκτιμάται σε  $3.6 \times 10^9$  MW, ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας, ποσοστό περίπου 1% της αιολικής ενέργειας, που ανέρχεται σε 0.6Q (ή  $175 \times 10^{12}$  Kwh) είναι διαθέσιμο για ενεργειακή αξιοποίηση σε διάφορα μέρη του κόσμου. Οι πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας από πλευράς αιολικού δυναμικού είναι οι χώρες της πολικής και εύκρατης ζώνης, ιδιαίτερα κοντά στις ακτές. Βέβαια η αξιοποίηση της δωρεάν ενέργειας που προσφέρει η φύση στον άνθρωπο προϋποθέτει την ύπαρξη των κατάλληλων μηχανών για τη δέσμευση της αιολικής ενέργειας και τη μετατροπή της στην επιθυμητή μορφή ενέργειας.

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, ιδιαίτερα μετά τις διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις και σε συνδυασμό με τα οξυμένα περιβαλλοντικά προβλήματα, ο άνθρωπος έδειξε ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Αξίζει να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι τεχνικοοικονομικά η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα την πλέον συμφέρουσα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεδομένου ότι ήδη το κόστος της παραγόμενης αιολικής KWh συναγωνίζεται το κόστος της



συμβατικής KWh χωρίς μάλιστα να συμπεριληφθεί το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος από την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται σοβαρές επενδύσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας τόσο από δημόσιους όσο και από ιδιωτικούς φορείς, κυρίως στις πιο ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη μας.

Βέβαια από την άλλη πλευρά αντιπαρατίθεται το γεγονός ότι η αιολική ενέργεια δεν είναι ακριβώς προβλέψιμη ούτε και συνεχής, ενώ παράλληλα είναι μια μορφή ενέργειας χαμηλής πυκνότητας (“αραιή” μορφή ενέργειας), γεγονός που μας υποχρεώνει σε μεγάλες κατασκευές.

Ολοκληρώνοντας, πρέπει να επισημάνουμε ότι αρκετοί επιστήμονες (κυρίως οικονομολόγοι) έχουν υποστηρίξει ότι η κατάλληλη αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας μπορεί να λύσει το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που χρησιμοποιείται αρκετά συχνά είναι το γεγονός ότι οι ενεργειακές ανάγκες των Η.Π.Α. αποτελούν μόλις το ένα δέκατο του αντίστοιχου αιολικού δυναμικού της χώρας αυτής.

Οπωσδήποτε οι παραπάνω ισχυρισμοί, ότι η αιολική ενέργεια μπορεί να επιλύσει τα ενεργειακά προβλήματα μιας χώρας, είναι υπερβολικοί, τουλάχιστον με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες, δεδομένου ότι ένα πολύ μικρό Τμήμα του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί τελικά. Είναι όμως τελείως ρεαλιστική η εκτίμηση ότι η σωστή αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας θα βελτιώσει το παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, ενώ στην περίπτωση της χώρας μας θα ανακουφίσει σημαντικά το πλήρως εξαρτώμενο από εισαγόμενα καύσιμα ενεργειακό ισοζύγιο της, χωρίς ταυτόχρονα να επιβαρύνει με πρόσθετους ρύπους το ήδη βεβαρημένο περιβάλλον μας.

Τέλος, αν και είναι ευρύτερα αποδεκτό ότι η αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει μια καθαρή και οικονομικά ενδιαφέρουσα πηγή ενέργειας, ιδιαίτερα για τη χώρα μας, προτού διατυπωθούν τελικά συμπεράσματα

πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τα βασικά θετικά και αρνητικά στοιχεία, που συνοδεύουν την εγκατάσταση ανεμογεννητριών και την αξιοποίηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής.

#### 1.4.2.Μειονεκτήματα Αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας

Όπως προαναφέρθηκε η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν από τον άνθρωπο, τόσο στη ναυτιλία όσο και στην άρδευση και τη γεωργία. Όμως αντικαταστάθηκε από άλλες πηγές ενέργειας για ολόκληρο σχεδόν τον εικοστό αιώνα λόγω των σημαντικών μειονεκτημάτων που παρουσίαζε σε σύγκριση με τις υπόλοιπες “πυκνότερες” μορφές ενέργειας. Βέβαια σήμερα οι χρησιμοποιούμενες μηχανές δεν έχουν καμιά σχέση τόσο από αεροδυναμικής σκοπιάς όσο και από κατασκευαστικής αντοχής και ποιότητας με τους θρυλικούς ανεμόμυλους, εμφανίζουν δε αξιοσημείωτη συγκέντρωση ισχύος. Παρόλα αυτά είναι χρήσιμο να εξετάσουμε τα κυριότερα μειονεκτήματα που αποδίδονται στην αιολική ενέργεια, ώστε να αποκτήσουμε μια πλέον ολοκληρωμένη εικόνα.

- Η χαμηλή ροή αξιοποιήσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου (κατατάσσει την αιολική ενέργεια στις “αραιές μορφές ενέργειας. Τυπικές τιμές ροής της αξιοποιούμενης αιολικής ισχύος κυμαίνονται μεταξύ 200 και 400 W/m<sup>2</sup>. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη χρήση είτε μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών είτε τη χρήση μηχανών μεγάλων διαστάσεων, για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας. Σήμερα καταβάλλονται προσπάθειες αύξησης της συγκέντρωσης ισχύος των αιολικών μηχανών, οι οποίες σε επιλεγμένες περιπτώσεις πλησιάζουν ή και υπερβαίνουν τα 500 W/m<sup>2</sup>
- Η αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων δε μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την

απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές κυρίως σαν εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό πάντοτε με κάποια άλλη πηγή ενέργειας (π.χ. σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο, παράλληλη λειτουργία με μονάδες Diesel κλπ.).

- Σε περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν πληρεί πάντοτε τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου της άεργης ισχύος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα έχει δώσει λύσεις στα περισσότερα από τα αναφερόμενα προβλήματα, ιδιαίτερα με την κατασκευή ανεμογεννητριών μεταβλητού βήματος και μεταβλητών στροφών. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιο αυξημένο κόστος για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών της παραγόμενης ενέργειας, το οποίο προστίθεται στο συνολικό κόστος της παραγόμενης KWh. Τέλος, ακόμα και σήμερα εξακολουθούν να μας απασχολούν οι διαδικασίες ζεύξης-απόζευξης αιολικών μηχανών στο ηλεκτρικό δίκτυο λόγω των μεταβατικών φαινομένων που αυτές προκαλούν. Λόγω των τελευταίων προβλημάτων απαγορεύεται η διασύνδεση, πέραν ενός ορίου παραγόμενης ισχύος, αιολικών μηχανών σε μικρά τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα, τα οποία όμως αποτελούν και την πλειοψηφία των δικτύων του ελληνικού αρχιπελάγους.
- Αντίστοιχα, σε περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, σε μια προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης ενέργειας. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αυξημένο αρχικό κόστος (λόγω της προσθήκης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας) και βέβαια επιπλέον απώλειες ενέργειας κατά τις φάσεις μετατροπής και

αποθήκευσης, καθώς και αυξημένες υποχρεώσεις συντήρησης και εξασφάλισης της ομαλής λειτουργίας.

- Ένα ακόμα μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι η περιορισμένη δυνατότητα αξιοποίησης του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Στην πραγματικότητα αξιοποιούμε μερικώς μόνο την κινητική ενέργεια, η οποία αντιστοιχεί σε ένα περιορισμένο φάσμα ταχύτητας του ανέμου.
- Πρέπει επίσης να ληφθεί υπ' όψιν ότι από το σύνολο της απορροφούμενης από μια ανεμογεννήτρια αιολικής ενέργειας, μόνο ένα περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών και περιορισμών.
- Τέλος, θα πρέπει να επισημάνουμε το σχετικά υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας, ειδικά μάλιστα για μεμονωμένες περιπτώσεις αιολικών μηχανών μικρού μεγέθους. Στο σημείο αυτό Πρέπει να προσθέσουμε ότι η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και ο ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών έχει τα τελευταία χρόνια συμπιέσει σημαντικά τις τιμές των ανεμογεννητριών.

#### 1.4.3.Πλεονεκτήματα Αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας

Αν και δεν είναι δυνατό να αγνοήσουμε τα μειονεκτήματα που συνοδεύουν την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, είναι επίσης σημαντικό να ληφθούν υπ' όψιν και οι παρακάτω παράγοντες, ορισμένοι από τους οποίους ισχύουν ιδιαίτερα για τη χώρα μας, ώστε να διαμορφώσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις δυνατότητες και τους περιορισμούς αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα:

- Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η αιολική ενέργεια δεν εξαντλείται σε

αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα βεβαιωμένα αποθέματα του πλανήτη μας αναμένεται να εξαντληθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα.

- Η αιολική ενέργεια αποτελεί μία καθαρή μορφή ενέργειας, ήπια προς το περιβάλλον. Η χρήση της δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και παράλληλα αντικαθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες πηγές ενέργειας, όπως το κάρβουνο, το πετρέλαιο και την πυρηνική ενέργεια. Τα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα των περισσότερων ανεπτυγμένων χωρών καθώς και της χώρας μας (π.χ. Αθήνα, Πτολεμαΐδα, Μεγαλόπολη κλπ.) καθιστούν την αιολική ενέργεια ιδιαίτερα ελκυστική σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος.

Επιπλέον ειδικά για τη χώρα μας ισχύουν και τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η χώρα μας και κυρίως τα νησιωτικά συμπλέγματα του Αιγαίου διαθέτει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό και μάλιστα άριστης ποιότητας. Πράγματι στα περισσότερα νησιά του Αρχιπελάγους εμφανίζονται άνεμοι σημαντικής ταχύτητας και διάρκειας σχεδόν ολόκληρο το έτος.
- Η περιορισμένη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο με αμελητέα μάλιστα τη συμμετοχή της αιολικής ενέργειας, καθιστά προφανείς τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες σύστασης αιολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, σε μια αγορά με σημαντικό αριθμό αναξιοποίητων θέσεων εγκατάστασης.
- Η ισχυρή εξάρτηση της χώρας μας από εισαγόμενα καύσιμα, τα οποία οδηγούν αφ' ενός σε συναλλαγματική αιμορραγία τη χώρα μας, αφ' ετέρου σε εξάρτησή της από χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ας σημειωθεί ότι, όπως υπογραμμίσαμε και στην & 1.2 (βλ. Πίνακα 1.III), η χώρα μας εξαρτάται κυρίως από το εισαγόμενο πετρέλαιο, που προέρχεται Κυρίως από χώρες υψηλού πολιτικοοικονομικού κινδύνου και οι οποίες εμπλέκονται αρκετά συχνά σε πολιτικές και στρατιωτικές

κρίσεις. Με τον τρόπο αυτό το μεσοπρόθεσμο κόστος παραγωγής ενέργειας, η οποία αποτελεί τον κυριότερο ίσως παραγωγικό συντελεστή για πλήθος βασικών αγαθών, δε μπορεί να προβλεφθεί με λογικά σενάρια, πράγμα που οδηγεί σε υπερβολική αβεβαιότητα τον αντίστοιχο σχεδιασμό της εθνικής οικονομίας.

- Η υψηλή σεισμικότητα της χώρας μας εγκυμονεί κινδύνους για τις θερμοηλεκτρικές και κυρίως τις πυρηνικές εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται προβληματική στο άμεσο μέλλον η κατασκευή πυρηνικών μονάδων στη χώρα μας. Προφανώς με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα είναι δυνατή η δημιουργία υψηλής ασφαλείας συμβατικών μονάδων, με δυσανάλογη όμως αύξηση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας.
- Η σημαντική διασπορά και ανομοιομορφία του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στα διάφορα τμήματα της χώρας μας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, ότι ακόμα και στη περίπτωση που η μέση τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας είναι ελαφρώς κατώτερη του οριακού κόστους της παραγόμενης αιολικής KWh σε αρκετά νησιά της χώρας μας το Κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολλαπλάσιο, ενίοτε και υπερδεκαπλάσιο (βλέπε Πίνακα 1.IV), του οριακού κόστους παραγωγής της Δ.Ε.Η.

Πράγματι από τα διαθέσιμα στοιχεία, ενώ το οριακό κόστος παραγωγής της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού κυμαίνεται μεταξύ των 13.855 και των 17.677 δρχ./KWh για τα έτη 1990 και 1992 συμπεριλαμβανομένου και του κόστους μεταφοράς, τιμή που βασίζεται σε ιστορικά στοιχεία, το αντίστοιχο μέσο κόστος παραγωγής των αυτόνομων σταθμών παραγωγής “Α.Σ.Π.” κυμαίνεται το ίδιο διάστημα μεταξύ 22.873 και 27.820δρχ./KWh. Την ίδια στιγμή από τα στοιχεία του Πίνακα 1.IV προκύπτει ότι υπάρχουν αυτόνομοι σταθμοί των οποίων και

μόνο η συμμετοχή του καυσίμου στο κόστος παραγωγής υπερβαίνει κατά πολύ το οριακό κόστος παραγωγής της επιχείρησης.

Πίνακας 1.IV Συνολικό Κόστος-Κόστος Καυσίμου σε δρχ./Kwho ΑΣΠ

Αυτόνομος Σταθμός	1988 Ε.Κ.	1988 Κ.Κ.	1989 Ε.Κ.	1989 Κ.Κ.	1990 Ε.Κ.	1990 Κ.Κ.	1991 Ε.Κ.	1991 Κ.Κ.	1992 Ε.Κ.	1992 Κ.Κ.
Λέσβου	12,84	7,62	13,78	7,29	16,98	7,24	19,63	8,64	17,67	9,00
Χίου	14,64	7,32	15,02	7,18	19,53	6,66	21,12	7,37	20,03	9,20
Καλύμνου	12,72	7,37	12,88	7,49	15,82	8,20	16,82	9,30	54,93	36,00
Καρπάθου	24,69	11,69	29,27	15,26	33,89	16,41	43,68	22,83	75,98	39,00
Θήρας	17,75	9,34	19,36	10,43	24,50	14,49	29,89	19,70	34,68	22,00
Μυκόνου	19,17	10,11	18,19	9,21	24,80	11,20	31,87	15,11	45,49	26,00
Πάρου	14,26	7,39	14,01	6,72	23,55	7,50	24,62	8,10	27,52	12,00
Σάμου	14,64	8,55	15,53	9,04	15,71	8,10	23,82	9,16	26,72	12,00
Σύρου	19,64	7,67	21,74	8,11	22,53	7,95	25,93	8,75	31,43	11,00
Λήμνου	17,79	7,37	21,47	7,26	24,77	7,92	26,49	6,94	40,77	15,00
Μήλου	45,74	10,85	25,87	8,63	40,33	17,50	51,85	27,63	144,5	64,00
Αντικυθήρων	491,9	77,35	455,7	55,61	581,3	66,98	602,5	85,27		
Αγαθονήσου	158,0	21,35	184,1	45,94	213,6	33,50	250,4	55,92		
Μεγίστης	117,6	24,04	122,1	25,39	110,1	20,24	144,9	30,92		

Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατή η αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων από την αιολική ενέργεια τουλάχιστον στις παραπάνω νησιωτικές περιοχές, δεδομένου μάλιστα ότι αυτές διαθέτουν και το καλύτερο αιολικό δυναμικό.

- Η δυνατότητα τόνωσης της ελληνικής κατασκευαστικής δραστηριότητας με προϊόντα υψηλής Εγχώριας Προστιθέμενης Αξίας (Ε.Π.Α.) και συγκριτικά χαμηλού επενδυτικού κόστους, όπως θα

μπορούσε να αποτελέσει η απόφαση συμπαραγωγής ανεμογεννητριών στη χώρα μας, συνεισφέροντας ταυτόχρονα και στη μείωση της ανεργίας.

- Η υψηλή Ε.Π.Α. η οποία συνοδεύει την απόφαση εγχώριας παραγωγής ανεμογεννητριών. Η εκτιμώμενη Ε.Π.Α. μπορεί να φθάσει και να υπερβεί με τη σταδιακή απόκτηση εμπειρίας και στο 90% του συνολικού κόστους μιας ανεμογεννήτριας, ενισχύοντας ταυτόχρονα την εθνική οικονομία.
- Η αξιόλογη εγχώρια ηλεκτρομηχανολογική εμπειρία, καθώς και το σημαντικό επιστημονικό-ερευνητικό ενδιαφέρον και δραστηριότητα στη γνωστική περιοχή της αιολικής ενέργειας.
- Η δυνατότητα αξιοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων, που χρηματοδοτούνται εν μέρει από ελληνικούς και κοινοτικούς φορείς, δεδομένων των υψηλών επιχορηγήσεων και του συγκριτικά χαμηλού κόστους που συνοδεύουν παρόμοιες επενδύσεις σε τομείς αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον είναι δυνατή στην περίπτωση ίδρυσης αιολικών πάρκων η σταδιακή εγκατάσταση των μηχανών. με διαχρονική κατανομή του κόστους επένδυσης σύμφωνα με το σχεδιασμό του επενδυτή.
- Η έλλειψη ισχυρών ελληνικών οικονομικών συμφερόντων, που έχουν επενδύσει σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως για παράδειγμα η πυρηνική ενέργεια στη Γαλλία, το πετρέλαιο στις Αραβικές χώρες, και τα οποία θα μπορούσαν να αποθαρρύνουν τυχόν κυβερνητικό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Πράγματι, τα τελευταία χρόνια με την ενθάρρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Πολιτεία έχει δείξει αυξημένο ενδιαφέρον για τη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στην εγχώρια ενεργειακή αγορά, με τη θέσπιση νομικού πλαισίου (π.χ. νόμος 2244/94) αλλά και τη χρηματοδότηση αντίστοιχων έργων (π.χ. νόμος 2234/94 ή 260 1/98), χωρίς βέβαια να αρθούν πλήρως οι



αντιξοότητες που συνοδεύουν τη λειτουργία της κρατικής μηχανής και των αντίστοιχων γραφειοκρατικών μηχανισμών.

- Η δυνατότητα αποκεντρωμένης ανάπτυξης μέσα από αυτόνομα συστήματα παραγωγής ενέργειας, γεγονός που μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την οικονομική δραστηριότητα των τοπικών κοινωνιών.

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω, πιστεύουμε ότι τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ασυγκρίτως περισσότερα και σοβαρότερα από τα υπάρχοντα μειονεκτήματα. Για το λόγο αυτό η στρατηγική απόφαση να αξιοποιηθεί στη χώρα μας το υπάρχον αιολικό δυναμικό, καθώς και να αναπτυχθούν κατασκευαστικές μονάδες παραγωγής ανεμογεννητριών μπορεί κάλλιστα να οδηγήσει σε οικονομικά βιώσιμες αλλά και ελκυστικές επενδύσεις, μη λαμβάνοντας στους ισολογισμούς μας υπ' όψιν τα παράλληλα οφέλη που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος και την οικονομική ανεξαρτησία της χώρας μας. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπ' όψιν την τοπογραφία της χώρας μας και την αφθονία των μικρών νησιών και των απομονωμένων αγροκτημάτων, μπορούμε να ενθαρρύνουμε και την εγκατάσταση ανεμογεννητριών μικρών- μεσαίων διαστάσεων από ιδιώτες. Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τους πιο συντηρητικούς υπολογισμούς της E.E., υπάρχουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση πάνω από πεντακόσιες εξήντα χιλιάδες (560,000) ιδιωτικές απομονωμένες αγροικίες, από τις οποίες περίπου το 10% ανήκει στη χώρα μας. Οι αγροικίες αυτές δεν έχουν πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο, με αποτέλεσμα η εγκατάσταση ανεμογεννητριών να συνεισφέρει στην επίλυση των ενεργειακών τους προβλημάτων.

Τέλος στην περίπτωση κατά την οποία θα αποφασισθεί η εγχώρια παραγωγή σημαντικού αριθμού ανεμογεννητριών, οι αντίστοιχες κατασκευαστικές εταιρείες θα έχουν τη δυνατότητα να επωφεληθούν και

από τα λεγόμενα “φαινόμενα οικονομίας κλίμακας”, τα οποία συνοδεύουν τη μαζική παραγωγή προϊόντων.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ**

**Η ΑΙΟΛΙΚΗ**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

**ΣΤΗΝ**

**ΕΛΛΑΔΑ**

## 2.1 Εισαγωγή στο Ευρωπαϊκό-Εγχώριο Πρόβλημα

Η όξυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και η σταδιακή μείωση των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο, σχάσιμα υλικά) έχει από τα τέλη της δεκαετίας του εβδομήντα προκαλέσει έντονο προβληματισμό στα όργανα στρατηγικού σχεδιασμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στα πλαίσια αυτά την προηγούμενη χρονιά η Επιτροπή εξέδωσε τη “Λευκή Βίβλο” για την Ενεργειακή Πολιτική της Ε.Ε. ,η οποία συνοδεύεται και από ένα πενταετές σχέδιο δράσης για τη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής, που εφεξής πρέπει να ανταποκρίνεται στους στόχους της ανταγωνιστικότητας, της ασφάλειας του εφοδιασμού και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί η έντονη εξάρτηση του συνόλου των χωρών της Ε.Ε. (πλην Μ. Βρετανίας) από εισαγόμενα καύσιμα (όπως είδαμε και στο σχήμα 1.1), γεγονός που εξηγεί και τη σημαντική ευαισθησία των χωρών της Ε.Ε. στον τομέα της ασφάλειας του εφοδιασμού των οικονομιών τους σε συμβατικά καύσιμα. Από τα στοιχεία του σχήματος 1.1 προκύπτει ότι ορισμένες χώρες (π.χ. Βέλγιο, Ιταλία, Πορτογαλία) εξαρτώνται σχεδόν ολοκληρωτικά από τις εισαγωγές ενέργειας, ενώ ο συντελεστής ενεργειακής αυτάρκειας της χώρας μας μειώθηκε από 37.9% το 1994 σε μόλις 29.6% το 1995. Τέλος, ο συνολικός συντελεστής ενεργειακής αυτάρκειας των χωρών της Ε.Ε. δεν υπερβαίνει το 52% τα τελευταία πέντε χρόνια.

Η κυρίαρχη συμμετοχή του πετρελαίου και του άνθρακα στα ενεργειακά ισοζύγια των χωρών της Ε.Ε. Προκύπτει από την περιορισμένη συμμετοχή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Πίνακας 2.1) στα εθνικά ισοζύγια ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και από το σχήμα

2.1 όπου παρουσιάζεται η κατανομή της ευρωπαϊκής (αλλά και της εγχώριας) κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας το 1996 σε πετρέλαιο, φυσικό αέριο, άνθρακα, πυρηνική ενέργεια και υδροηλεκτρικά.

Πίνακας 2.1: Συμμετοχή ΑΠΕ στην Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας, {2}

<b>ΧΩΡΑ</b>	<b>1990</b>	<b>1994</b>
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
Αυστρία	22.1	24.0
Βέλγιο	1.0	0.8
Γαλλία	6.4	7.2
Γερμανία	1.7	1.9
Δανία	6.3	7.0
Ελλάδα	7.1	7.2
Ηνωμένο Βασίλειο	0.5	0.6
Ιρλανδία	1.6	2.2
Ισπανία	6.7	6.2
Ιταλία	5.3	6.4
Λουξεμβούργο	1.3	1.3
Ολλανδία	1.3	1.4
Πορτογαλία	17.6	17.5
Σουηδία	24.7	24.0
Φιλανδία	18.9	19.3
Ευρωπαϊκή Ένωση	5.0	5.4

Από τα στοιχεία που παρατίθενται στον παραπάνω Πίνακα 2.1 εξηγείται σε μεγάλο βαθμό το πρόβλημα της ανταγωνιστικότητας του ευρωπαϊκού τομέα παραγωγής ενέργειας, ενώ με βάση τους καθιερωμένους συντελεστές εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (αλλά και απορριπτόμενης θερμότητας) ανά παραγόμενη kWh από τα συμβατικά καύσιμα.

Προφανής είναι και η σημαντική περιβαλλοντική υποβάθμιση, που συνοδεύει την παραγωγή ενέργειας στον ευρωπαϊκό χώρο, βλέπε Πίνακα /2.III/ <sup>(2)</sup>, καθώς οι κατά κεφαλήν εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά κάτοικο της Ε.Ε. πλησιάζει τα 9000kg ετησίως. Το πρόβλημα άλλωστε της μείωσης της ανταγωνιστικότητας των ευρωπαϊκών προϊόντων σε σχέση με τα αντίστοιχα των ΗΠΑ και της Ιαπωνίας αναφέρεται σαν ο βασικότερος λόγος για την καθυστέρηση της επιβολής του αποκαλούμενου “πράσινου φόρου” στον τομέα της ενέργειας.

Έχοντας λάβει υπ’ όψιν τα παρακάτω και σε μια προσπάθεια για ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας και της ασφάλειας του εφοδιασμού στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας των Κρατών μελών της Ε.Ε. υπεγράφη στις 19/12/1996 η ευρωπαϊκή οδηγία 96/92/EK για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας μέσα στα σύνορα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία δημοσιεύθηκε στις 30/1/1997 στην επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

Πίνακας 2.Π: Ετήσιες Κατά Κεφαλήν Εκπομπές CO<sub>2</sub> σε tn, {2}

<b>ΧΩΡΑ</b>	<b>1980</b>	<b>1991</b>
Βέλγιο	13.5	11.6
Γαλλία	8.8	6.7
Γερμανία	12.9	12.1
Δανία	12.4	12.1
Ελλάδα	4.9	7.2
Ηνωμένο Βασίλειο	10.2	10.2
Ιρλανδία	7.3	9.0
Ισπανία	5.3	5.7
Ιταλία	6.5	6.9
Λουξεμβούργο	40.0	33.8
Ολλανδία	10.7	10.7
Πορτογαλία	2.6	4.2
Ευρωπαϊκή Ένωση	9.0	8.8

Η έναρξη εφαρμογής της Οδηγίας τοποθετείται την 19/2/1999 για τις περισσότερες χώρες της Ε.Ε., ενώ η χώρα μας θα πρέπει μέχρι την 19/2/2001 να έχει απελευθερώσει (ανοίξει) τουλάχιστον το 28% της εγχώριας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε διεθνείς παραγωγούς.

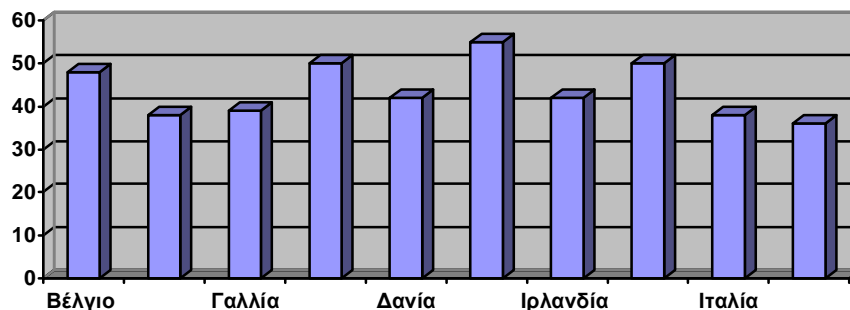
Αναφερόμενοι παράλληλα και στην εξέλιξη του καθαρού κόστους Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας από συμβατικά καύσιμα,

παρατηρούμε (σχήμα /2.2/ (2)) ότι τα τελευταία είκοσι χρόνια παρουσιάζεται εκθετική αύξηση, παρόλη την κατασπατάληση των εγχώριων λιγνιτικών αποθεμάτων, των οποίων οι ρυθμοί απόληψης έχουν τριπλασιασθεί τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια.

Την εικόνα για το πραγματικό χρηματοοικονομικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας επιβεβαιώνουν και τα στοιχεία του σχήματος 2.3/ (2) παρουσιάζεται η ανοιγμένη στο κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας για τον τυπικό καταναλωτή, για τη χώρα μας και τις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε..

#### ΤΙΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟ 1995

(ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΑΕΠ)



Σχήμα 2.3: Τελική Τιμή Οικιακής Ηλεκτρικής Ενέργειας ως προς ΑΕΠ

Τα αναμφίβολα αυτά στοιχεία υπογραμμίζουν με τον πλέον επιτακτικό τρόπο την ανάγκη για ορθολογική παραγωγή και διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας, ειδάλλως η χώρα μας θα πρέπει να εξετάσει την πιθανότητα να σταματήσει την εγχώρια παραγωγή και συνεπώς να αγοράζει φθηνότερη, τουλάχιστον με καθαρά χρηματοοικονομικούς όρους, ηλεκτρική ενέργεια από άλλες χώρες μέλη της Ε.Ε.



Η εναλλακτική λύση στο επερχόμενο αδιέξοδο είναι αφενός μια εθνική προσπάθεια για εξοικονόμηση ενέργειας και αφετέρου μια σοβαρή στρατηγική για την πραγματική διείσδυση των ΑΠΕ στο εγχώριο ενεργειακό ισοζύγιο. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η σημαντική ενίσχυση του εθνικού δείκτη ενεργειακής αυτάρκειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συναλλάγματος, ενώ παράλληλα θα προφυλαχθούν από την υπερεκμετάλλευση και τα λίγα εναπομείναντα εγχώρια στρατηγικά αποθέματα λιγνίτη.

## 2.2. Δυνατότητες Αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας στη Χώρα μας

Όπως γνωρίζουμε η χώρα μας εμφανίζει έντονη εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα (π.χ. το 1990 ο συντελεστής ενεργειακής αυτάρκειας δεν ξεπερνούσε το 0.43 και το 1995 ήταν μόλις 29.6%), ενώ τα περιβαλλοντικά προβλήματα παρουσιάζουν σημαντική όξυνση. Για τους παραπάνω καθώς και για άλλους λόγους, που αναφέρθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο του παρόντος, η εγκατάσταση και λειτουργία ανεμοκινητήρων στη χώρα μας έχει θετική συμβολή στην εξοικονόμηση συναλλάγματος που θα διατίθετο για την αγορά καυσίμων, ενώ ταυτόχρονα συντελεί στον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ως εκ τούτου παρόμοιες επενδύσεις στον τομέα των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας θα έπρεπε να αντιμετωπίζονται ευνοϊκά από την πολιτεία και να απολαμβάνουν των ευνοϊκών χρηματοοικονομικών κινήτρων, που έχουν θεσπισθεί και ισχύουν για όλες τις αναπτυξιακές επενδύσεις.

Δυστυχώς η πραγματικότητα, τουλάχιστον μέχρι πρόσφατα, δεν παρουσιάζει την επιθυμητή εικόνα. Η ανάπτυξη των αιολικών συστημάτων, λαμβάνοντας υπ' όψιν το άριστο αιολικό δυναμικό της χώρας μας, έχει καθυστερήσει σημαντικά. Αυτό αποδίδεται αφενός στην

έλλειψη σωστής πληροφόρησης και αφετέρου στην έλλειψη ευέλικτου νομοθετικού πλαισίου για την ενεργοποίηση της ιδιωτικής πρωτοβουλίας. Βέβαια, ο ενεργειακός σχεδιασμός είναι ευθύνη και υποχρέωση κατ' αρχήν της πολιτείας και σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία γίνεται από το Υπουργείο Ανάπτυξης (τέως Υπ. Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας) με βάση τις ανάγκες σε ενέργεια των κατοίκων της χώρας μας. Σημαντικό ρόλο στον εθνικό ενεργειακό σχεδιασμό παίζει η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), η οποία καθορίζει τόσο τα ενεργειακά αποθέματα όσο και τον τρόπο και τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι η χώρα μας ανήκει στην εύκρατη ζώνη με αποτέλεσμα, λόγω και της ευνοϊκής διαμόρφωσης του εδάφους, να διαθέτει συνεχείς και ισχυρούς ανέμους. Οι παραλιακές περιοχές και ιδιαίτερα οι νησιωτικές προσφέρονται για εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας εξασφαλίζοντας έναν αξιοζήλευτο μέσο συντελεστή ισχύος των αιολικών εγκαταστάσεων. Επομένως τα Ελληνικά νησιά διεκδικούν πρωταρχική θέση στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, πράγμα που διαπιστώθηκε και από το μεγάλο αριθμό ανεμόμυλων που υπήρχαν στο παρελθόν σε αυτά. Επιπλέον δεν διαθέτουν καμία άλλη πρωτογενή πηγή ενέργειας, πλην της αιολικής και της ηλιακής. Έτσι σήμερα οι ανάγκες των νησιών μας σε ενέργεια καλύπτονται κύρια από αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι λειτουργούν με παράγωγα του πετρελαίου και με εντελώς ασύμφορο κόστος λειτουργίας. Οι δαπάνες για προμήθεια και εγκατάσταση μονάδων παραγωγής, για αγορά και μεταφορά καυσίμων καθώς και για λειτουργία και συντήρηση των αυτόνομων σταθμών είναι υπερβολικές. Ιδιαίτερα αν λάβουμε υπόψη μας ότι χρησιμοποιούνται για κάλυψη φορτίων με έντονες μεταβολές και επιβαρύνουν δυσανάλογα το κόστος της συνολικής ηλεκτρικής παραγωγής της χώρας μας.

Επιπλέον στη χώρα μας υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός περιοχών, οι οποίες βρίσκονται μακριά από τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. καθώς και ένας σημαντικός αριθμός μικρών νησιών που δεν δικαιολογούν την εγκατάσταση αυτόνομων σταθμών παραγωγής ενέργειας. Επίσης ο ελληνικός χώρος διαθέτει σημαντικό αριθμό φωτοσημάνσεων (περίπου 700) εκ των οποίων το 10% μόλις είναι επιτηρούμενες και μόλις δεκαπέντε (15) εξ αυτών ηλεκτροδοτούνται. Τέλος αναφέρεται σημαντικός αριθμός απομακρυσμένων αγροικιών ή καταφυγίων τόσο στο νησιωτικό όσο και στον ηπειρωτικό χώρο.

Για το σύνολο των παραπάνω περιπτώσεων η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας αποτελεί μια ιδανική λύση, δεδομένου ότι οι ανάγκες μεμονωμένων μικρών καταναλωτών μπορούν να καλυφθούν από ανεμογεννήτριες ισχύος 1kW έως και 15kW ικανές να καλύψουν τις ανάγκες σε φωτισμό, άντληση νερού, θέρμανση νερού και κατοικίας, ψύξης και συντήρησης τροφίμων. Οι ανεμογεννήτριες της ισχύος αυτής λειτουργούν σε μικρές ταχύτητες ανέμου, έχουν απλή και αξιόπιστη κατασκευή, ενώ σε αυτά τα μεγέθη ενεργειακών αναγκών είναι οικονομικά αποδεκτή και η χρήση συσσωρευτών.

Στην περίπτωση τώρα ηλεκτρικών δικτύων μικρής-μεσαίας ισχύος, η χρήση ανεμοκινητήρων είναι επιβεβλημένη, σε συνεργασία με τους υπάρχοντες αυτόνομους σταθμούς, αφενός για εξοικονόμηση καυσίμου αφετέρου για τη μη εγκατάσταση νέων συμβατικών σταθμών, με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση του μακροχρόνιου κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας. Στις περιπτώσεις αυτές οι ανεμογεννήτριες καλύπτουν τη ζήτηση ενέργειας, ενώ οι συμβατικοί σταθμοί αναπληρώνουν τις αιολικές μηχανές όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι χαμηλή. Φυσικά στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να επιλυθούν τα σημαντικά προβλήματα συνεργασίας του τοπικού δικτύου και των αιολικών μηχανών.

Τέλος, σε μεγαλύτερα δίκτυα (νησιά) ή σε περιοχές που είναι διασυνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο είναι δυνατή η παραγωγή αιολικής ενέργειας με χρήση ανεμοκινητήρων κάθε μεγέθους, με σκοπό την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων. Με δεδομένο δε ότι σύντομα τα περισσότερα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου (περιοχές με εξαιρετικό αιολικό δυναμικό) θα διασυνδεθούν με το κεντρικό εθνικό δίκτυο, καταλαβαίνουμε ότι είναι πράγματι δυνατή η συμβολή της αιολικής ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο με σημαντικά ποσοστά.

### 2.3. Διαθέσιμο Αιολικό Δυναμικό της Ελληνικής Επικράτειας

Είναι γνωστό ότι τα περισσότερα νησιά του Αιγαίου αντιμετωπίζουν συχνά προβλήματα λόγω της μεγάλης έντασης των πνεόντων ανέμων, οι οποίοι ξεπερνούν τα οκτώ και εννέα Beaufort με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση ή και τη διακοπή των δρομολογίων των πλοίων και των αεροπλάνων. Τα στοιχεία αυτά, καθώς και ιστορικά στοιχεία που ξεκινούν από τη μυθολογία, πιστοποιούν ότι ολόκληρη η περιοχή των νησιών του Αιγαίου αλλά και τα παράλια της χώρας μας διαθέτουν αιολικό δυναμικό υψηλής ποιότητας, το οποίο καθορίζεται από συνεχείς ανέμους μέτριας ή μεγάλης εντάσεως, ενώ περιορισμένα είναι τα διαστήματα άπνοιας. Οι φορείς οι οποίοι ασχολούνται με την καταγραφή του εγχώριου αιολικού δυναμικού είναι:

Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.), η οποία από πολλές δεκαετίες λειτουργεί περισσότερους από εκατό (100) σταθμούς. Από αυτούς, δεκαεπτά (17) σταθμοί διαθέτουν ανεμογράφο (κύρια σε αεροδρόμια, στην κορυφή του πύργου ελέγχου). Περίπου σαράντα (40) σταθμοί κάνουν οκτώ (8) μετρήσεις την ημέρα (μια κάθε τρεις ώρες). Οι

υπόλοιποι σταθμοί κάνουν τρεις μετρήσεις ημερησίως (στις ώρες 8.00, 14.00 και 20.00) με “ανεμόμετρο χειρός”, δηλαδή σε ύψος περίπου 2m.

- Η Υπηρεσία Φάρων, από πολλές δεκαετίες, σε εβδομήντα περίπου φάρους.
- Το Εθνικό Αστεροσκοπείο και τα εργαστήρια μετεωρολογίας των Α.Ε.Ι. και Τ.Ε.Ι.
- Η Δ.Ε.Η. σε αρκετούς σταθμούς, των οποίων ο αριθμός αυξάνεται συνεχώς και οι οποίοι διενεργούν ωριαίες μετρήσεις ολόκληρο το εικοσιτετράωρο σε ύψος δέκα (10) μέτρων. Οι μετρήσεις αυτές άρχισαν το 1977 και είναι οι μόνες που γίνονταν εξ αρχής με στόχο την ενεργειακή εκμετάλλευση του ανέμου.
- Το Κ.Α.Π.Ε. το οποίο πρόσφατα έχει εγκαταστήσει με χρηματοδότηση της Ε.Ε. δίκτυο ανεμογράφων σε αρκετά σημεία της χώρας μας.
- Μεμονωμένοι ιδιώτες και αρκετές ιδιωτικές εταιρείες.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι τα τελευταία χρόνια, λόγω και της οικονομικής σημασίας του θέματος, υπάρχει μια αδυναμία πρόσβασης στις ανεμολογικές μετρήσεις των διαφόρων φορέων της χώρας μας εκ μέρους των ενδιαφερομένων. Επιπλέον οι διενεργούμενες μετρήσεις εμφανίζουν σοβαρές αδυναμίες, δεδομένου ότι οι περισσότερες θέσεις μετρήσεων δεν έχουν επιλεγεί με σκοπό την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας και συνεπώς δεν είναι αντιπροσωπευτικές του εγχώριου αιολικού δυναμικού. Εξαιρούνται βέβαια οι περιοχές που έχουν επιλεγεί από τη Δ.Ε.Η. και το Κ.Α.Π.Ε.

Επιπλέον πρόβλημα εμφανίζουν οι μετρήσεις συγκρινόμενες μεταξύ τους, καθώς έχουν ληφθεί με διάφορους τρόπους, σε διαφορετικά ύψη και με διαφορετική αξιοπιστία σε κάθε περίπτωση. Τέλος προβλήματα εμφανίζονται επειδή δεν είναι γνωστή η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος στις θέσεις των υπαρχόντων σταθμών, ενώ και η

πυκνότητα των μετρήσεων (οκτώ ή μόλις τρεις ημερησίως) δεν είναι αποδεκτή.

Στην κατεύθυνση συγκέντρωσης και οργάνωσης των μετρήσεων ταχύτητας ανέμου έχουν γίνει αξιόλογες προσπάθειες τόσο από το Εργαστήριο Μετεωρολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών όσο και από τη Διεύθυνση Κλιματολογίας της Ε.Μ.Υ. Οι προσπάθειες των παραπάνω φορέων έδωσαν καμπύλες σταθερής ταχύτητας του ανέμου σε ολόκληρη την χώρα (ισοταχείς καμπύλες) για ύψη 10m, 25m, 50m και 100m. Παράλληλα έγινε επεξεργασία των πειραματικών στοιχείων με τη χρήση αναλυτικών νόμων, όπως για παράδειγμα η εξίσωση Weibull, και ως εκ τούτου έχουν σχεδιασθεί χάρτες της χώρας μας με σταθερές τιμές των χρησιμοποιούμενων παραμέτρων (k,C).

Πίνακας 2.III: Παράμετροι Weibull για τη χώρα μας, ΕΜΥ, {1}

Σταθμός	k	C	Σταθμός	k	C
<b>Αθήνα</b>	0.98	1.89	<b>Λήμνος</b>	2.23	7.34
<b>(Αστεροσκ.)</b>	1.58	4.52	<b>Μήλος</b>	1.41	5.86
<b>Αθήνα (Ελληνικό)</b>	1.54	5.10	<b>Μυτιλήνη</b>	1.56	4.99
<b>Αλεξανδρούπολη</b>	1.07	3.28	<b>Νάξος</b>	1.77	6.70
<b>Βόλος</b>	1.63	4.72	<b>Ρόδος</b>	2.15	7.24
<b>Ηράκλειο</b>	1.03	2.30	<b>Σάμος</b>	1.09	6.92
<b>Θεσσαλονίκη</b>	1.20	5.20	<b>Σητεία</b>	1.32	5.53
<b>Θήρα</b>	1.43	3.52	<b>Σκύρος</b>	1.51	5.62
<b>Καβάλα</b>	1.27	5.78	<b>Χανιά</b>	1.52	4.60
<b>Κύθηρα</b>	0.79	1.86	<b>Χίος</b>	1.48	7.98
<b>Κύμη</b>					

Οι ισοταχείς καμπύλες που έχουν προκύψει από την ανάλυση των μετρήσεων στους διάφορους σταθμούς της χώρας μας δε μπορούν να θεωρηθούν ακριβείς, κυρίως διότι οι υφιστάμενοι σταθμοί δεν είναι αντιπροσωπευτικοί. Βέβαια, απουσία αναλυτικότερων μετρήσεων, οι εν λόγω χάρτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προσδιορισμό της τάξεως μεγέθους του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής.

Στον Πίνακα /2.III/ παρατίθενται τιμές των παραμέτρων “C” και “k” της διανομής Weibull οι οποίες αναφέρονται σε περιοχές της χώρας μας και έχουν προέλθει από την επεξεργασία ανεμολογικών δεδομένων παρελθόντων ετών. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η παράμετρος “C” της ανάλυσης Weibull προσεγγίζει τη μέση ταχύτητα του ανέμου στην υπό μελέτη περιοχή, ενώ μεγάλες τιμές της παραμέτρου “k” (που πλησιάζουν ή υπερβαίνουν το “2”) είναι ενδεικτικές περιοχών με αιολικό δυναμικό υψηλής συγκέντρωσης γύρω από τη μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου.

Ολοκληρώνοντας παρουσιάζουμε στον Πίνακα /2.IV/ στοιχεία μετρήσεων της Δ.Ε.Η./Δ.Ε.ΜΕ. από διάφορα μέρη της χώρας. Στον εν λόγω Πίνακα παρουσιάζονται τιμές της μέσης ταχύτητας ανέμου σε επιλεγμένες περιοχές του Αιγαίου, ενώ δίνεται παράλληλα και η διάρκεια των γενομένων μετρήσεων.

Από πρόχειρους υπολογισμούς που βασίζονται στα ανωτέρω στοιχεία, η Δ.Ε.Η./Δ.Ε.ΜΕ. εκτιμά ότι είναι δυνατή η παραγωγή 6.5Twh ετησίως από την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της χώρας μας. Το μέγεθος αυτό ισοδυναμεί με συμμετοχή της αιολικής ενέργειας σε ποσοστό ίσο με 13.5% περίπου των ηλεκτρικών ενεργειακών αναγκών της χώρας μας. Βέβαια για να επιτευχθούν οι υπεραισιόδοξοι αυτοί στόχοι, θα πρέπει αφενός να διασυνδεθεί η Κρήτη και οι Κυκλάδες με το εθνικό (ηπειρωτικό) δίκτυο και αφετέρου η εγκατεστημένη ισχύς να πλησιάσει

τα 2000MW, μέγεθος που μεταφράζεται σε εγκατάσταση 6500 ανεμογεννητριών μέσης ονομαστικής ισχύος 300kW η καθεμία.

Πίνακας 2.IV: Μετρήσεις αιολικού δυναμικού ΔΕΗ/ΔΕΜΕ, {1}

Τοποθεσία Μετρήσεων	Μέση Ταχύτητα (m/sec)	Περίοδος Μετρήσεων	Τοποθεσία Μετρήσεων	Μέση Ταχύτητα (m/sec)	Περίοδος Μετρήσεων
Άνδρος	9.7	81-90	Χίος	8.1	86-89
Τήνος	9.5	87-90	Σάμος	10.4	86-90
Μύκονος	10.8	83-90	Εύβοια	9.2	89-90
Σύρος	8.1	88-90	Κάρπαθος	9.6	83-89
Κρήτη	8.1	81-83	Σκύρος	6.5	87-89
Λήμνος	8.1	86-90	Σαμοθράκη	6.6	86-89
Λέσβος	8.7	87-90			

#### 2.4.Η Παρούσα Κατάσταση των Αιολικών στην Ελληνική Αγορά

Για να έχουμε μια καλύτερη ιδέα της παρούσας κατάστασης της ελληνικής αιολικής αγοράς, παρουσιάζουμε στα σχήματα /2.7/ και /2.8/ το ποσοστό κάθε εταιρίας ανεμογεννητριών ανά αριθμό εγκατεστημένων μηχανών και ανά εγκατεστημένης ισχύος αντίστοιχα.

Σύμφωνα με υπάρχων δεδομένα (μέχρι τέλος 1998), στην Ελλάδα υπάρχουν 187 ανεμογεννήτριες, από τις οποίες οι περισσότερες (142) ανήκουν στη Δ.Ε.Η. Ακριβέστερα, τα πιο κοινά είδη εγκατεστημένων Α/Γ στην Ελλάδα δίνονται στο σχήμα /2.7/. Προσέχοντας το σχήμα /2.7/, παρατηρούμε ότι οι περισσότερες Α/Γ έχουν ονομαστική ισχύς λιγότερο



από 300kW και αυτό δικαιολογείται αφού εγκαταστάθηκαν στην Ελλάδα στα τέλη της δεκαετίας του 80.

Από την άλλη ένας μικρός αριθμός μεγάλων μηχανών (περίπου 500 με 600 kW) εγκαταστάθηκε εδώ τα τρία τελευταία χρόνια (π.χ. 17 Bonus-600MkIV, 3 Tacke TW-500, 1 Nordtank NTK-500, 1 Vestas V-39) και οι 20 από συνολικό αριθμό 21 εγκαταστάθηκαν στην Κρήτη. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία 55x500kW Enercon E-40, 55x550kW Zond Z-40-FS, 20x500kW NEF-Micon ανήκουν σε υπο κατασκευή αιολικά πάρκα της Δ.Ε.Η.

Στα μέσα του 1998 HMZ και Vestas μοιράζονται την μερίδα του λέοντος της ελληνικής αιολικής αγοράς, κατέχοντα το 40% και το 30% αντίστοιχα (= 25MW). Μόνο έξι μήνες χρειάστηκε να περάσουν ώστε η αγορά να παρουσιάζει την εικόνα που βλέπουμε στο σχήμα /2.8/, στο οποίο η Bonus κατέχει το 25% και βρίσκεται στην κορυφή της αγοράς.

Αυτό που πρέπει να τονισθεί είναι ότι όλα αυτά που αναφέρθηκαν, είναι πράγματα που ισχύουν μέχρι τα τέλη του 1998 και συνεπώς σε 3 με 4 χρόνια η ελληνική αγορά θα έχει αποκτήσει μια άλλη εικόνα.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ**

## **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ**

### 3.1 Η Διαχρονική Αξία του Χρήματος

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που χαρακτηρίζουν τις επενδυτικές αποφάσεις είναι ο χρόνος, η αβεβαιότητα, οι επενδυτικές ευκαιρίες και οι προτιμήσεις των επενδυτών. Η διαχρονική αξία του χρήματος καθορίζεται με τη χρησιμοποίηση επιτοκίων.

Για να εξηγηθεί η ύπαρξη θετικών επιτοκίων σε μια οικονομία πρέπει να καταγραφούν οι βασικοί λόγοι για τους οποίους διάφορα άτομα δεν καταναλώνουν μέρος του εισοδήματός τους, αλλά το καταθέτουν σε λογαριασμούς αποταμιεύσεων. Τρεις είναι οι βασικοί και γενικά αποδεκτοί μηχανισμοί κινήτρων που σχετίζονται με τις προσωπικές προτιμήσεις, τις προσδοκίες για τις εξελίξεις της αγοράς και φυσικά την αβεβαιότητα. Πιο συγκεκριμένα έχουμε:

- Σχέδια μελλοντικής καταναλώσεως είναι προτιμότερα από τα παρόντα, καθώς διάφορα άτομα στο κοινωνικό σύνολο αποταμιεύουν, ώστε να επιτύχουν μία ανακατανομή των μελλοντικών εισοδημάτων περισσότερο σύμφωνη με τις προτιμήσεις τους, “κίνητρο ανακατανομή ς του εισοδήματος”.
- Τα επιθυμητά σχέδια μελλοντικής καταναλώσεως είναι αβέβαια και μπορεί να μείνουν ανεκπλήρωτα λόγω απρόβλεπτων γεγονότων, “κίνητρο πρόνοιας”.
- Οι διαθέσιμες μελλοντικές επενδυτικές ευκαιρίες είναι άγνωστες προς το παρόν, αλλά σίγουρα υπάρχουν άφθονες. Για να είναι δυνατή η εκμετάλλευση παρόμοιων ευκαιριών, διάφορα άτομα αποταμιεύουν μέρος του εισοδήματός τους, “επενδυτικό κίνητρο”.

Συνοψίζοντας την εισαγωγική αυτή παράγραφο πρέπει να αναφερθούν και οι δύο θεμελιώδεις αρχές επενδυτικών αποφάσεων, οι οποίες υποστηρίζουν ότι:

- i) Οι μεγάλες αποδόσεις είναι προτιμότερες από τις μικρές,

ii) Οι σύντομες αποδόσεις είναι προτιμότερες από τις καθυστερημένες.  
 Με βάση τις παραπάνω διευκρινήσεις είναι δυνατή στη συνέχεια η αξιολόγηση των οικονομικών δραστηριοτήτων στον Τομέα των αιολικών εφαρμογών.

### 3.2. Διεθνής Ανταγωνισμός Και Κόστος Αγοράς Αιολικών Μηχανών

Από τα διαθέσιμα στοιχεία της ευρωπαϊκής αγοράς καταγράφεται ένας αριθμός περίπου 100 κατασκευαστών αιολικών μηχανών κάθε μεγέθους. μερικές αναφέρονται στο παρακάτω πίνακα /3.I/.

Πίνακας /3.I/ : Κυριότεροι Κατασκευαστές Α/Γ, 1995, {13}

Κατασκευαστές	Μηχανές (kW)	Κατασκευαστές	Μηχανές (kW)
BONUS	150,300,450,600	NORDIC	400,1000
CARTER	300	NORDTANK	150,300,500,600
ENERCON	200-280,300,500	RIVA CALZONI	200,350
FLOWIND	275,300-400	SEEWIND	110,132,750
HSW	30,250,750,1000	SUDWIND	30,37,45,270
JACOBS	33,500	TACKE	150,250,300,500,600
KVAERNER	3000	US WINDPOWER	326/405
LAGERWEY	50,80,250,750	VENTIS	5,100,500
MADE	330	VESTAS	225,500,600
MICON	225,500,600,750	WEG	400
NEDWIND	500,1000	WEST	320,2000
FUHLANDER	30,100,150	WIND WORLD	150,220,250,500
GET DANWIN	225,600	WINDMASTER	300,750,1300
NORDEX	150,250,800	WTN	200,500

Όπως επίσης στο σχήμα /3.1/ βλέπουμε την κατανομή της παγκόσμιας αιολικής ισχύος (8500 MW, στοιχεία 1997) στις κυριότερες κατασκευαστικές εταιρίες.

Στο πίνακα /3.II/ βλέπουμε την δυναμικότητα των εταιριών σε παγκόσμια κλίμακα με στοιχεία που προκύπτουν μέχρι και το έτος 1998.

Πίνακας /3.II/: Ενδεικτικά Στοιχεία Δυναμικότητας των Εταιριών,  
{13}

Εταιρεία	BONUS	ENERCON	MICON	NORDTANK	TACKE	VESTAS
Χώρα Προέλευσης	Δανία	Γερμανία	Δανία	Δανία	Γερμανία	Δανία
Έτος Ίδρυσης	1979	1984	1983	1962	1886	1979
Παγκόσμια Ισχύς (MW), 1996	453,6	500	742	432	280	1134
Παγκόσμια Ισχύς (MW), 1998	675,6	723	1583	1583	309	1517
Παγκόσμια Εγκατ. Αιολική Ισχύς, 1996	8,2%	9,1%	13,5%	7,8%	5,0%	20,6%
Παγκόσμια Εγκατ. Αιολική Ισχύς, 1998	7,9%	8,5%	18,6%	18,6%	3,6%	17,8%
Μέση Ισχύς kW/Μηχανή, 1980-1996	189,5	454,5	212,0	170,5	482,7	197,1

Ωστόσο οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές, οι οποίοι παρέχουν εμπορικά προϊόντα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σύνδεση με τα τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα και των οποίων τα προϊόντα έχουν ελεγχθεί σε ειδικά κέντρα πιστοποίησης δεν ξεπερνούν τους τριάντα, με τάση για περαιτέρω συρρίκνωσή τους. Σύμφωνα και με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας ο συνολικός αριθμός των εργαζομένων στον τομέα της αιολικής ενέργειας πλησίαζε τα 6,000 άτομα στις αρχές του 1994. Παράλληλα η δραστηριότητα αναθερμαίνεται και στην αμερικανική αγορά, όπου παραδοσιακές εταιρείες όπως η Kenetech US και η FlowWind αλλάζουν ιδιοκτησιακό καθεστώς γινόμενες μέλη μεγαλύτερων οικονομικών ομίλων και μαζί με τη σχετικά νέα εταιρεία Zond ετοιμάζονται για μια νέα σειρά αιολικών πάρκων.

Αντίστοιχα στην Ευρωπαϊκή αγορά οι μεγάλοι Δανικής προέλευσης κατασκευαστές όπως η Vestas, η Micon (μαζί με την Ινδική NEPC-Micon), η Nordtack, η Bonus κ.α. δέχονται ισχυρή πίεση από Γερμανούς κατασκευαστές όπως η Enercon και η Tacke οι οποίοι με το πλεονέκτημα της έντονης δραστηριότητας της Γερμανικής αιολικής αγοράς διεκδικούν με αρκετή επιτυχία την ηγεμονία της διεθνούς αγοράς. Στα πλαίσια του ανταγωνισμού αυτού παρατηρείται μια συνεχής μείωση των τιμών διάθεσης των αιολικών μηχανών.

Αναφερόμενοι τώρα στις τιμές διάθεσης των αιολικών μηχανών, οι πλέον καθιερωμένες τιμές είναι οι τιμές “Ex works”, “FOB” και “Turnkey”. Η τιμή “Ex works” ή “EXW” είναι η τιμή του προϊόντος παραδοτέου στην έξοδο του εργοστασίου. Στην τιμή αυτή δεν περιλαμβάνονται δασμοί, μεταφορικά και εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας. Με τον τρόπο αυτό ο πωλητής ελαττώνει τον κίνδυνο με το να διαθέτει τα προϊόντα στην έδρα του. Αντίστοιχα η τιμή “FOB” ή “Free on board” αναφέρεται στην παράδοση του προϊόντος επάνω στο πλοίο, μετά από μεταφορά σε συγκεκριμένο και σαφώς κατονομαζόμενο

λιμάνι φόρτωσης. Με αυτό τον τρόπο ο πωλητής οργανώνει, πληρώνει και δέχεται όλο τον κίνδυνο της μεταφοράς μέσα στη χώρα του πριν τη θαλάσσια μεταφορά. Στην τιμή αυτή περιλαμβάνεται και ο εκτελωνισμός των εμπορευμάτων. Τέλος η τιμή “Turnkey” ή με το “κλειδί στο χέρι”, μεταφράζεται στο ότι ο πωλητής αναλαμβάνει όχι μόνο το κόστος μεταφοράς στον τόπο εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας αλλά και τα έξοδα εγκατάστασης και διασύνδεσης με το δίκτυο.

Συγκεντρώνοντας στη συνέχεια τα στοιχεία διάθεσης αιολικών μηχανών από διάφορους κατασκευαστές (τιμές 1996) είναι δυνατόν να καταγραφούν ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα. Αρχικά είναι σημαντικό να επισημανθεί η σχετικά μεγάλη διακύμανση τιμών εκ μέρους των κατασκευαστών για μηχανές της ίδιας ονομαστικής ισχύος, βλέπε και Πίνακα /3.III/. Το γεγονός αυτό είναι λογικό δεδομένου του μεγέθους και της πολιτικής της κάθε εταιρείας, αλλά και των επιπλέον παρεχομένων εγγυήσεων ή και εξοπλισμού, ενώ σημαντική είναι και η συμμετοχή του ύψους και της γενικής δομής του πύργου στήριξης της ανεμογεννήτριας στο διαμορφούμενο τελικό κόστος. Παρόλα αυτά όμως διαφοροποιήσεις στις τιμές των παρεχομένων αιολικών μηχανών της τάξης του 50% ή και 100% προξενούν πάντοτε εντύπωση και καταδεικνύουν το βαθμό του ανταγωνισμού που επικρατεί στη διεθνή αιολική αγορά.

Πίνακας 3.III: Διακύμανση Τιμής Αγοράς Αιολικών Μηχανών

<b>ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (Kw)</b>	<b>ΑΚΡΙΒΟΤΕΡΟΣ ΤΥΠΟΣ</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ σε Ecu</b>	<b>ΦΘΗΝΟΤΕΡΟΣ ΤΥΠΟΣ</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ σε Ecu</b>
<b>30</b>	Sundwind 1200	70300	Kramer K-30	48200
<b>100</b>	Fuhrlander 100	139600	Kramer K-100	70300
<b>250</b>	HSW 250T	295000	Zephyr Wts	190400
<b>500</b>	Enercon -40	580000	NedWiind 40	390900

### 3.3.Πρότυπο Υπολογιστικό Μοντέλο

#### 3.3.1.Αρχικό Κόστος

Η διαχρονική αξία του κόστους μιας ενεργειακής εγκατάστασης είναι ένας συνδυασμός του αρχικού κόστους επένδυσης και αντίστοιχου κόστους συντήρησης και λειτουργίας της εγκατάστασης.

Το αρχικό Κόστος μιας ενεργειακής εγκατάστασης περιλαμβάνει την αγορά, μεταφορά και εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού (π.χ. για αιολική εγκατάσταση, αγορά και εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας) καθώς και του απαραίτητου ηλεκτρονικού-ηλεκτρικού εξοπλισμού, είτε για την αυτόνομη διαχείριση και αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας, είτε για τη σύνδεση με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο.

Πιο συγκεκριμένα το αρχικό κόστος ίδρυσης μιας αιολικής μονάδας συνίσταται από το κόστος αγοράς των ανεμογεννητριών καθώς και από το κόστος εγκατάστασης. Στο κόστος εγκατάστασης συμπεριλαμβάνεται το κόστος μεταφοράς και εκτελωνισμού, το κόστος θεμελίωσης και ανέγερσης των μηχανών, το κόστος διασύνδεσης με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο ή τις καταναλώσεις, τα κόστη μελέτης, επίβλεψης, διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, το κόστος των πιθανών έργων οδοποιίας, το κόστος αντικεραυνικής προστασίας, το κόστος των απαραίτητων αδειών και εγκρίσεων, τα πιθανά χρηματοοικονομικά έξοδα καθώς και το κόστος του οικοπέδου του αιολικού σταθμού.

#### 3.3.2.Κόστος Αγοράς και Εγκατάστασης

Για τον προσδιορισμό του κόστους αγοράς και εγκατάστασης μιας οποιασδήποτε ανανεώσιμης ενεργειακής μονάδος θα πρέπει να γίνει συστηματική έρευνα αγοράς, να συζητηθούν οι όροι εγγύησης και



υποστήριξης από τον πωλητή και να ληφθεί υπ' όψιν η συναλλαγματική ισοτιμία της δραχμής σε περιπτώσεις εισαγωγής του εξοπλισμού από το εξωτερικό. Έτσι λοιπόν βάση της έρευνας αγοράς (Σχήμα /3.2/) καταλήξαμε στην αναλυτική σχέση (εξίσωση (3.1)) που συνδέει την ανοιγμένη “ex-works” μέση τιμή “Pr” σε (Ecu<sub>96</sub>/kW) με την ονομαστική της ισχύ “N<sub>o</sub>” σε (kW) δηλαδή:

$$Pr = 929.2 + 2435.6 \cdot e^{\frac{-N_o}{33.4}} \quad (3.1)$$

### 3.3.3. Κόστος Εγκατάστασης

Αντίστοιχα, το κόστος εγκατάστασης (συμπεριλαμβανομένης και της αξίας του οικοπέδου) εκφράζεται σαν ένα ποσοστό “f” της τιμής αγοράς της ανεμογεννήτριας, το οποίο διαμορφώνεται βάσει πλήθους αστάθμητων παραγόντων, και εξαρτάται σύμφωνα και με το σχήμα /3.3/ για την ελληνική αγορά από την ονομαστική ισχύ της ανεμογεννήτριας.

Έτσι λαμβάνοντας τα στοιχεία του σχήματος /3.3/ καταλήγουμε σε μία αναλυτική σχέση (εξίσωση (3.2)) μεταξύ της μέσης τιμής του συντελεστή κόστους εγκατάστασης “f” σε (%) με την ονομαστική της ισχύ “N<sub>o</sub>” σε (kW), δηλαδή:

$$f = \frac{1.519}{N_o^{0.477}} + 0.3 \quad (3-2)$$

### 3.3.4.Κύριες Συνιστώσες Κόστους Αρχικής Επένδυσης

Συνοψίζοντας, η διαχρονική αξία μετά -n χρόνια του κόστους αρχικής εγκατάστασης “IC<sub>n</sub>” μιας αιολικής ενεργειακής επένδυσης δίνεται σαν:

$$IC_n = a \cdot IC_o \cdot (1+i)^n + b \cdot IC_o \cdot (1+i_d)^n + g \cdot IC_o \quad (3.3)$$

όπου με “IC<sub>0</sub>” συμβολίζεται το κόστος ίδρυσης της εγκατάστασης τη χρονική στιγμή υλοποίησης της επένδυσης. Χρησιμοποιώντας την παραπάνω ανάλυση θα ισχύει ότι:

$$IC_0 = P_r \cdot N_0 \cdot (1+f) \quad (3.4)$$

Στην εξίσωση (3.3) ο όρος “α.IC<sub>0</sub>” συμβολίζει τα ίδια υπενδεδυμένα κεφάλαια, για τα οποία επιδιώκεται ετήσια απόδοση εσόδων ίση με “i” σε (%). Αντίστοιχα με “β.IC<sub>0</sub>” περιγράφονται τα ξένα κεφάλαια που χρησιμοποιούνται στην επένδυση, των οποίων το αντίστοιχο ετήσιο κόστος του χρήματος λαμβάνεται ίσο με “i<sub>δ</sub>” σε (%) και δίνεται από τον τύπο:

$$i_d = i_{\delta(TPAID)} \times \left[ \frac{100 - \delta i}{100} \right] \quad (3-5)$$

Με “δi” συμβολίζουμε την επιδότηση επιτοκίου με “ξ” συμβολίζουμε την χρονική διάρκεια της επιδότησης επιτοκίου και τέλος με “i<sub>δ(TPAID)</sub>” συμβολίζουμε το επιτόκιο δανεισμού της τράπεζας.

Τέλος στην εξίσωση (3.3) λαμβάνεται μέριμνα και για την περίπτωση επιδοτήσεων και ευνοϊκών χρηματοδοτήσεων, βάσει των υφιστάμενων αναπτυξιακών ή επενδυτικών κινήτρων, κατά το ποσό “γ.IC<sub>0</sub>”. Με βάση τα παραπάνω είναι προφανές ότι:

$$\alpha + \beta + \gamma = 1.0 \quad (3.6)$$

### 3.4.Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας Αιολικής Μονάδος

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας της εγκατάστασης αποτελείται από το λεγόμενο σταθερό και το μεταβλητό κόστος λειτουργίας.

#### 3.4.1 Σταθερό Κόστος Συντήρησης & Λειτουργίας

Πριν μιλήσουμε στο σταθερό ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας της εγκατάστασης, πρέπει πρώτα να αναφερθούμε στον

ετήσιο συντελεστή κόστους συντήρησης και λειτουργίας “m”. Βάση μελέτης προέκυψε, από τα στοιχεία του σχήματος /3.4/ ότι η μέση τιμή του συντελεστή αυτού δίνεται ως εξής:

$$m = 0.02328 + \frac{0.1857}{N_o^{0.534}} \quad (3-7)$$

Το σταθερό ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας της εγκατάστασης εκφράζεται συνήθως σαν ένα ποσοστό “m” του αρχικού υπενδεδυμένου κεφαλαίου σε (%), αναπροσαρμοζόμενο κάθε χρόνο με το ρυθμό του ετήσιου πληθωρισμού “g”, οπότε και προκύπτει ότι η διαχρονική του εξέλιξη είναι:

$$FC_n = m \times IC_o \times N_o \times (1+i)^{n-1} \times \sum_{i=1}^n \left( \frac{1+g}{1+i} \right)^{n-1} \quad (3-8)$$

Πιο αναλυτικά το σταθερό κόστος συντήρησης και λειτουργίας “FC<sub>n</sub>” περιλαμβάνει το άμεσο κόστος συντήρησης, το έμμεσο κόστος συντήρησης και λειτουργίας καθώς και το κόστος ασφάλισης της επένδυσης. Όπως είναι προφανές το “FC<sub>n</sub>” (ή το m%) εμφανίζει σημαντικές διακυμάνσεις, οι οποίες εξαρτώνται από το πλήθος και το μέγεθος των χρησιμοποιούμενων μηχανών της αιολικής εγκατάστασης, από Το έτος παραγωγής τους καθώς και από τον κατασκευαστή, τον εγκαταστάτη αλλά και τις τοπικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή εγκατάστασης.

Από διαθέσιμα στοιχεία της εγχώριας αγοράς (μέχρι το 1998) δίνεται στο σχήμα /3.3./ η μεταβολή του “m” σαν συνάρτηση της ονομαστικής ισχύος για μεμονωμένες μηχανές. Επιπλέον από αντίστοιχες μελέτες σε αμερικανικά και ευρωπαϊκά αιολικά πάρκα καταγράφεται μια ετήσια μείωση του “m” κατά περίπου 0.1% λόγω της σταδιακής βελτίωσης της αξιοπιστίας των παραγόμενων μηχανών. Τέλος παρατηρείται μια επίσης

αξιόλογη μείωση του σταθερού κόστους συντήρησης και λειτουργίας στην περίπτωση των αιολικών πάρκων.

### 3.4.2. Μεταβλητό Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας

Αντίστοιχα, το μεταβλητό Κόστος συντήρησης και λειτουργίας της μονάδος οφείλεται κυρίως στην αντικατάσταση βασικών τμημάτων της εγκατάστασης, τα οποία έχουν μικρότερο χρόνο ζωής από τη συνολική εγκατάσταση, όπως για παράδειγμα τα πτερύγια της περωτής, το κιβώτιο μετάδοσης και η ηλεκτρική γεννήτρια μιας αιολικής εγκατάστασης.

Εάν με “ $r_i$ ” συμβολισθεί το κόστος αντικατάστασης των “ $k_o$ ” σημαντικών αυτών τμημάτων της εγκατάστασης εκφραζόμενο σαν ποσοστό του αρχικού κόστους αγοράς και εγκατάστασης της ενεργειακής μονάδος “ $IC_o$ ” το μεταβλητό κόστος συντήρησης και λειτουργίας της εγκατάστασης δίνεται σαν:

$$VC_n = IC_o \cdot \sum_{k=1}^{k=k_o} rk \cdot \sum_{l=1}^{l=l_k} (1+g)^{l \cdot k_{\max}} (1+i)^{(n-1) \cdot k_{\max}} \quad (3.9)$$

όπου με τη χρήση της παραμέτρου “ $l_k$ ” συμβολίζεται το ακέραιο μέρος του πηλίκου  $|(n-1)/k_{\max}|$ , και με “ $k_{\max}$ ” συμβολίζεται ο χρόνος ζωής του καθενός από τα  $k$  (όπου  $k = 1 \pm k_o$ ) τμήματα της εγκατάστασης, που έχουν συντομότερο χρόνο ζωής από τον αντίστοιχο χρόνο ζωής της κεντρικής μονάδος.

Για πρακτικούς καθαρά λόγους στην εξίσωση (3.9) έχει χρησιμοποιηθεί ένα μέσο διαχρονικό επιτόκιο “ $i$ ” και ένας μέσος διαχρονικά πληθωρισμός “ $g$ ” με όποια πιθανή μείωση ακρίβειας η προσέγγιση αυτή συνεπάγεται.

Πίνακας 3.IV: Συντελ Μεταβλητού Κόστους Συντήρησης Α/Γ, {8}

Διάμετρος Μηχανής	15m	18m	24m	30m
<b>Πτερύγια</b>	12.9%	13.3%	14.4%	15.3%
<b>Υπερκατασκευή</b>	34.7%	36.0%	39.1%	41.8%
<b>Γεννήτρια</b>	3.2%	3.2%	2.9%	2.6%
<b>Κέλυφος</b>	11.9%	12.5%	13.3%	13.8%
<b>Ηλεκτρικά – Έλεγχος</b>	29.5%	27.4%	23.4%	20.1%
<b>Πύργος</b>	7.8%	7.6%	6.9%	6.4%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Στον Πίνακα /3.IV/ παρουσιάζεται η ποσοστιαία συμμετοχή “r<sub>i</sub>” των κύριων μερών μιας αιολικής εγκατάστασης στο συνολικό κόστος μιας μηχανής, σαν συνάρτηση της διαμέτρου της πτερωτής της ανεμογεννήτριας.

Συνδυάζοντας τις εξισώσεις (3.4), (3.8) και (3.9) το συνολικό διαχρονικό κόστος της ενεργειακής εγκατάστασης μπορεί να εκφραστεί βάσει της παρακάτω εξίσωσης:

$$C_n = IC_n + VC_n + FC_n \quad (3.10)$$

η οποία περιγράφει τη χρονική εξέλιξη του συνολικού κόστους μιας παραγωγικής μονάδος αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας.

### 3.5.Εσοδα Λειτουργίας Αιολικών Σταθμών

Η μέση ετησίως παραγόμενη ενέργεια από μια εγκατάσταση αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ονομαστικής ισχύος “N<sub>o</sub>” δίνεται σαν:

$$E = 8760 \times N_o \times CF \quad (3-11)$$

με “CF” το συντελεστή φορτίου και δίδεται από τον τύπο:

$$CF = \omega \cdot \Delta \quad (3.12)$$

όπου με ‘E’ συμβολίζουμε την παραγόμενη ενέργεια της Α/Γ, με ‘ω’ συμβολίζεται ο μέσος συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης και με ‘Δ’ η τεχνική διαθεσιμότητα της εγκατάστασης, τα οποία μετριούνται σε (%). Ο μέσος συντελεστής ισχύος εξαρτάται από τα ηλιακά, υδροδυναμικά ή ανεμολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής εγκατάστασης και από τη χαρακτηριστική λειτουργία της εγκατάστασης, π.χ. ηλιακός συλλέκτης, μικρός υδροστρόβιλος ή ανεμογεννήτρια. Αξίζει να σημειωθεί ότι για την περίπτωση της αιολικής ενέργειας, μόλις πρόσφατα δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην σωστή αλληλεπίδραση του τοπικού αιολικού δυναμικού και των λειτουργικών χαρακτηριστικών μιας ανεμογεννήτριας, υπογραμμίζοντας τη δυνατότητα σημαντικής αύξησης της παραγόμενης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα ο μέσος συντελεστής ισχύος μιας αιολικής εγκατάστασης δίνεται σαν:

$$w = \int_{V_c}^{V_f} \frac{N(V)}{N_o} \cdot f(V) \cdot dV \quad (3.13)$$

Το αρχικό όφελος ‘R<sub>o</sub>’ μετριέται σε (Ευτο) και δίνεται από τον τύπο:

$$R_o = E \times c_o$$

Με ‘c<sub>o</sub>’ συμβολίζουμε την τιμή διάθεσης της παραγόμενης ενέργειας

Αντίστοιχα η τιμή διάθεσης της παραγόμενης ενέργειας προκύπτει στη γενικότερη περίπτωση σαν ένας συνδυασμός του κόστους ‘c<sub>s</sub>’ της ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται (εξοικονομείται) από τον παραγωγό σε αντικατάσταση συμβατικής ενέργειας, και της τιμής πώλησης της τυχόν περίσσειας ενέργειας συμβατικής ενέργειας, και της τιμής πώλησης της τυχόν περίσσειας ενέργειας στο τοπικό δίκτυο ‘c<sub>a</sub>’, που καθορίζεται μέχρι σήμερα από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (μονοπωλιακή αγορά) βάσει και του ισχύοντος νομικού πλαισίου Ν2244/94. Η τιμή αγοράς από τη ΔΕΗ της παραγόμενης ενέργειας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η σύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο ή με τοπικά νησιωτικά δίκτυα, από το είδος και το μέγεθος του

τοπικού θερμοηλεκτρικού σταθμού (αεριοστρόβιλοι, “Diesel”, “Μαζούτ”) καθώς και από το εάν το παραγόμενο φορτίο είναι φορτίο αιχμής, κανονικής ή χαμηλής ζήτησης. Αντίστοιχα η τιμή αντικατάστασης της συμβατικής ενέργειας εξαρτάται από το είδος του τιμολογίου του καταναλωτή (π.χ. οικιακό, βιοτεχνικό, επαγγελματικό κ.α.) από το μέγεθος του καταναλωτή (εγκατεστημένο φορτίο, τριφασικό-μονοφασικό κλπ.) καθώς και από την ύπαρξη ή μη νυκτερινού τιμολογίου ή τιμολογίου ειδικής κατηγορίας.

Έτσι λοιπόν αν ορίσουμε το συντελεστή ιδιόχρησης “s” της παραγόμενης ενέργειας, σε (%), που χρησιμοποιεί ο παραγωγός προς τη συνολικά παραγόμενη ενέργεια, την οποία παράγει, τότε η τιμή διάθεσης της ανανεώσιμης ενέργειας για  $0 < s < 100$  προκύπτει σαν:

Με “ $I_{\Sigma OT}$ ” συμβολίζουμε την τρέχουσα ισοτιμία Euro — Δρχ. Η εξίσωση (3.15) ισχύει για την περίπτωση  $0 < s < Z$  100. Για οριακές τιμές έχουμε:

Για  $s=0\%$  τότε το “ $c_o$ ” είναι ίσο με την τιμή, “ $c_a$ ”, του τιμολογίου Γ22, το οποίο ορίζεται από την Δ.Ε.Η.

Για  $s=100\%$  τότε το “ $c_o$ ” είναι ίσο με την τιμή, “ $c_s$ ”, την οποία θα πλήρωνε ο παραγωγός αν δεν παρήγαγε ενέργεια από αιολικά.

Αφού λοιπόν γνωρίζουμε τις προηγούμενες εξισώσεις (3.10) έως και (3.14) μπορούμε πλέον να ορίσουμε τα συνολικά έσοδα από τη χρήση μιας ανανεώσιμης εγκατάστασης περιγράφοντας τα ως εξής:

$$R_n = R_o x (1-f) x (1+i)^n x \sum_{j=1}^n \left[ \frac{1+e}{1+i} \right]^j \quad (3-16)$$

Όπου “e” ο ρυθμός αναπροσαρμογής της τιμής της ενέργειας, ο οποίος συνήθως μεταβάλλεται ανάλογα με τον συντελεστή ιδιόχρησης “s”. Όπου “Φ” ο συντελεστής φορολογίας και θεωρείτε σταθερός, βέβαια θα έπρεπε

να είναι κλιμακωτός ανάλογα με τα λογιστικά έξοδα-έσοδα, αλλά προς διευκόλυνσή μας τον δεχτήκαμε σταθερό.

### 3.6.Χρόνος Απόσβεσης - Εξίσωση Νεκρού Σημείου

Η εξίσωση νεκρού σημείου χρησιμοποιείται για την εύρεση του χρονικού σημείου απόσβεσης μιας επένδυσης, δηλαδή του χρονικού σημείου που τα έσοδα και τα έξοδα της επένδυσης εξισώνονται. Εάν ο χρόνος απόσβεσης είναι σημαντικά μικρότερος του ωφέλιμου χρόνου μιας ενεργειακής επένδυσης, τότε η επένδυση είναι ισχυρά ελκυστική από οικονομικής άποψης. Στην περίπτωση που ο χρόνος απόσβεσης πλησιάζει ή και υπερβαίνει το χρόνο ζωής της εγκατάστασης, τότε η επένδυση παύει να είναι βιώσιμη.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η εξίσωση νεκρού σημείου προκύπτει, συγκρίνοντας τις εξισώσεις (3.10) και (3.16) οπότε και καταλήγουμε στην παρακάτω εξίσωση νεκρού σημείου:

$$IC_n + FC_n + VC_n = R_n \quad (n = n^*) \quad (3.17)$$

η οποία επιλυόμενη μας προσδιορίζει το χρόνο απόσβεσης “n\*” της ενεργειακής εγκατάστασης. Όπως παρατηρούμε από τις προηγούμενες εξισώσεις ο χρόνος απόσβεσης μιας ανανεώσιμης ενεργειακής εγκατάστασης εξαρτάται από το αρχικό κόστος εγκατάστασης, την ονομαστική ισχύ της μονάδος παραγωγής ενέργειας, το μέσο συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας, την τεχνική διαθεσιμότητα της εγκατάστασης, το κόστος του χρήματος και τον πληθωρισμό, την τιμή διάθεσης της παραγόμενης ενέργειας, το συντελεστή ιδιόχρησης και το ρυθμό ετήσιας αναπροσαρμογής της τιμής διάθεσης της ανανεώσιμης ενέργειας.

Για την επίλυση της εξίσωσης (3.17) και τον αξιόπιστο προσδιορισμό του χρόνου απόσβεσης είναι απαραίτητος ο ακριβής καθορισμός όλων



των συντελεστών κόστους και οφέλους της εγκατάστασης. Στην πραγματικότητα όμως είναι εντελώς αδύνατον να καθορισθούν εκ των προτέρων οι ακριβείς τιμές όλων αυτών των παραμέτρων, γεγονός που περιορίζει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μας.

### 3.7 Βαθμός Οικονομικής Απόδοσης-Χρόνος Διπλασιασμού Κεφαλαίου

Μια επίσης ενδιαφέρουσα οικονομική παράμετρος μιας ενεργειακής επένδυσης, αποτελεί η χρονική περίοδος διπλασιασμού του αρχικού κεφαλαίου (Double Capital Period, “DCP”), η οποία ορίζεται σαν η χρονική περίοδος που απαιτείται για να διπλασιάσει ο επενδυτής το αρχικά επενδυμένο κεφάλαιό του, σε σταθερές τιμές. Η αντίστοιχη μαθηματική εξίσωση υπολογισμού του χρόνου διπλασιασμού του αρχικού κεφαλαίου προκύπτει σαν:

$$\overline{R}_n - \overline{C}_n = IC_o \cdot (1-g) \quad (3.18)$$

όπου το σύμβολο “≈” χρησιμοποιείται για να περιγράψει αποπληθωρισμένα οικονομικά μεγέθη. Πούο συγκεκριμένα ισχύει:

Αν και η περίοδος απόσβεσης μιας ενεργειακής επένδυσης δεν εξαρτάται ιδιαίτερα από τις μεταβολές του πληθωρισμού (εκτός από τις συνεπαγόμενες

$$X_j = \frac{X_j}{(1+g)^n} \quad (3.19)$$

αλλαγές των επιτοκίων), ο χρόνος διπλασιασμού του κεφαλαίου παρουσιάζει ισχυρή εξάρτηση από τον πληθωρισμό.

Όπως είναι ευκόλως κατανοητό, η περίοδος διπλασιασμού του αρχικού κεφαλαίου παρουσιάζει ένα ακόμα στοιχείο που θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν κατά την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας ενεργειακών συστημάτων τα οποία αξιοποιούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η

περίοδος διπλασιασμού αρχικού κεφαλαίου παρουσιάζει το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ότι αναφέρεται σε σταθερές τιμές, γεγονός που εγγυάται στον επενδυτή την σε σταθερές τιμές απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου του, από τη λειτουργία των ανανεώσιμων σταθμών παραγωγής ενέργειας.

Ως εκ τούτου, μια ολοκληρωμένη διαδικασία αξιολόγησης Οικονομικής βιωσιμότητας-ελκυστικότητας αντίστοιχων επενδύσεων, θα έπρεπε να ικανοποιεί και τα δύο κριτήρια “χρόνου απόσβεσης” και “χρόνου διπλασιασμού”, βάσει της παρακάτω συλλογιστικής:

- Μια ενεργειακή επένδυση είναι οικονομικά βιώσιμη όταν ο χρόνος απόσβεσης είναι μικρότερος από τον ωφέλιμο χρόνο ζωής της εγκατάστασης.
- Μια οικονομικά βιώσιμη ενεργειακή επένδυση είναι οικονομικά ελκυστική όταν ο χρόνος διπλασιασμού είναι μικρότερος από τον ωφέλιμο χρόνο ζωής της εγκατάστασης.

Προφανώς, όσο μικρότερος είναι ο χρόνος απόσβεσης και ο χρόνος διπλασιασμού μιας επένδυσης, τόσο περισσότερο αυξάνεται η ελκυστικότητά της.

Στην προσπάθεια να ποσοτικοποιηθεί ο βαθμός ελκυστικότητας μιας ενεργειακής επένδυσης ορίζεται ο οικονομικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης “ $\eta$ ” ο λόγος των αποπληθωρισμένων κερδών (πριν ή μετά φόρων) της επένδυσης μετά πάροδο  $-n$  ετών, προς τη διαφορά του αρχικού κόστους της επένδυσης μείον την υπολείπουσα αξία της εγκατάστασης στο τέλος της χρήσης του αιολικού σταθμού, σε σταθερές τιμές, δηλαδή:

$$\eta^* = \frac{G_n}{IC_o(1-g-Y_n)} \quad (3.20)$$

όπου με το σύμβολο  $G$  συμβολίζουμε τα κέρδη της εγκατάστασης:

$$G_n = R_n - IC_n - FC_n - VC_n \quad (3.21)$$

Ο οικονομικός βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης μπορεί να είναι αρνητικός, στην περίπτωση που η επένδυση είναι μη βιώσιμη, θετικός και μικρότερος του 100% στην περίπτωση που ο χρόνος διπλασιασμού ξεπερνά τον ωφέλιμο χρόνο ζωής της εγκατάστασης, αλλά και μεγαλύτερος του 100% για ιδιαίτερα ελκυστικές επενδύσεις.

Αναφερόμενοι τέλος στην υπολείπουσα αξία της επένδυσης, αυτή συχνά θεωρείται μηδενική για λόγους ασφάλειας των εξαγομένων συμπερασμάτων. Στην πραγματικότητα περιλαμβάνει την εναπομένουσα αξία του παραγωγικού εξοπλισμού μετά την εφαρμογή της απόφασης για διακοπή της λειτουργίας της μονάδος, τα τυχόν πάγια της εγκατάστασης (π.χ. οικόπεδα, κτίρια, γραφεία κλπ.) αλλά και την αποκτηθείσα εμπειρία-τεχνογνωσία από τη λειτουργία και υποστήριξη μιας αντίστοιχης μονάδας, μείον τους τυχόν μελλοντικούς φόρους και υποχρεώσεις της επιχείρησης. Για τους παραπάνω λόγους τιμές του “ $Y_n$ ” της τάξεως του “ $(0.1/0.3) \cdot IC_0$ ” θεωρούνται λογικές και χρησιμοποιούνται σε παρόμοιες αναλύσεις.

Για την απλοποιημένη περίπτωση όπου “ $Y_n = 0$ ” η απαίτηση:

$$\eta^* = 1.0 \quad n = n^{**} \quad (3.22)$$

είναι ισοδύναμη της εξίσωσης (3.18) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του χρόνου διπλασιασμού του αρχικού κεφαλαίου.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ**

## **ΧΡΗΜΑΤΟ- ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

#### 4.1 Ευρωπαϊκό Νομοθετικό - Πολιτικό Πλαίσιο για την Αιολική Ενέργεια

Η Ευρωπαϊκή Ένωση συνυπολογίζοντας την όξυνση των περιβαλλοντικών προβλημάτων αλλά και τη σταδιακή μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου και άνθρακα έχει από τα τέλη της δεκαετίας '80 σταθερά και αταλάντευτα εντάξει την ανάπτυξη και αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στις βασικές της προτεραιότητες.

Πράγματι στην Πράσινη Βίβλο της Ε.Ε. (Νοέμβριος 1996) για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας περιγράφεται η τρέχουσα κατάσταση, τα πλεονεκτήματα της αυξημένης χρήσης ΑΠΕ, όσον αφορά τους στόχους της Κοινότητας, και παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία μιας στρατηγικής που πρέπει να εφαρμοσθεί τόσο σε επίπεδο Κοινότητας όσο και σε επίπεδο Κρατών μελών. Στη συνέχεια η Επιτροπή εξέδωσε τη Λευκή Βίβλο για την “Ενεργειακή Πολιτική” της Ε.Ε., η οποία συνοδεύεται και από ένα πενταετές σχέδιο δράσης για τη χάραξη ενεργειακής πολιτικής που θα ανταποκρίνεται στους στόχους της ανταγωνιστικότητας, της ασφάλειας του εφοδιασμού και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Για το σκοπό αυτό η Ε.Ε. έχει ενισχύσει και ενισχύει τόσο τα αρχικά επιδεικτικά προγράμματα όσο και τους τομείς Έρευνας και Ανάπτυξης των Μη Πυρηνικών Μορφών Ενέργειας με μια σειρά από χρηματοδοτικά προγράμματα όπως τα προγράμματα Joule, Brite, Save, Thermie κλπ. Τα τελευταία χρόνια η Ευρωπαϊκή Ένωση και ιδιαίτερα η Γενική Διεύθυνση Ενέργειας (ΓΛ. 17) έχει με το πρόγραμμα Altener καθορίσει τους ακόλουθους στόχους για το έτος 2005:

1. Κάλυψη κατά 8% των συνολικών ενεργειακών αναγκών από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

2. Τριπλασιασμό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε σχέση με το 1990.

3. Υποκατάσταση των υγρών καυσίμων για τις μεταφορές σε ποσοστό 5% από βιοκαύσιμα μέχρι το έτος 2005.

Η διακήρυξη της Μαδρίτης (Μάρτιος του 1994) έθεσε σαν στόχο την κάλυψη κατά 15% των συνολικών ενεργειακών αναγκών από ΑΠΕ για το έτος 2010. Η πολιτική αυτή απόφαση είναι απόλυτα συνεπής με τη δέσμευση που η Ευρωπαϊκή Ένωση ανέλαβε στο Ρίο της Βραζιλίας το 1991 μαζί με όλες τις υπόλοιπες βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες για τη σταθεροποίηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, που θεωρούνται κατά κύριο λόγο υπεύθυνες για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, στα επίπεδα του 1990, κατά το έτος 2000. Προγράμματα όπως το “Joule”, το “Thermie”, το 4ο Πρόγραμμα Πλαίσιο ή το “Valoren” παλαιότερα υπογραμμίζουν τη σταθερή υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στην ανάπτυξη των ΑΠΕ μέσα στα κράτη μέλη.

Παράλληλα ενθαρρύνονται οι κυβερνήσεις των κρατών μελών να προβούν σε εκσυγχρονισμό των υφιστάμενων νομοθετικών πλαισίων που διέπουν την αξιοποίηση των ΑΠΕ σε εθνικό επίπεδο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η τροποποίηση του Γερμανικού νόμου για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, όπου η τιμή πώλησης της παραγόμενης kWh εκ μέρους των αυτοπαραγωγών καθορίζεται με βάση το 80% της μέσης τιμής ηλεκτρικής ενέργειας του τελικού καταναλωτή των δύο τελευταίων ετών, για εγκαταστάσεις μέχρι 500kW. Στον Πίνακα /4.1/ παρουσιάζονται οι τιμές αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας εκ μέρους των Επιχειρήσεων Ηλεκτρισμού για διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι τα στοιχεία αφορούν διασυνδεδεμένα συστήματα παραγωγής και όχι μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Πίνακας 4.1: Τιμολόγηση Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ, 1994, {5}

Χώρα	Αρχές Τιμολόγησης	Μέση Τιμή (σε Εθνικό Νόμισμα)	Μέση Τιμή (δρχ./kWh)
<b>Γερμανία</b>	90% μέσης ετήσιας τιμής καταναλωτή	0.21DM/kWh (για 1993)	31.3
<b>Ηνωμένο Βασίλειο</b>	0.11 Λίρες/kWh, εγγύηση μέχρι και το 1998	0.11Λ/kWh	40.2
<b>Ιταλία</b>	90% μέσης ετήσιας τιμής καταναλωτή	170Λιρέτες/kWh (για 1993)	25.5
<b>Ιρλανδία</b>	Μέση Τάση (0.0566Λ/kWh-ημέρα)&(0.0231Λ/kWh-νύχτα)	0.041Λ/kWh	14.5
<b>Δανία</b>	85% τιμής κατανάλωσης, απαλλαγή ΦΠΑ – ειδικού φόρου	≈0.78DKK/kWh	29.8

Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι είναι χαρακτηριστική η σύνδεση της τιμής πώλησης της αιολικής ενέργειας με τη μέση ετήσια τιμή πώλησης στον καταναλωτή της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις γίνεται αναφορά και για εγγύηση τιμής μέχρι κάποιο χρονικό όριο. Επιχειρείται βέβαια σαφώς η διάκριση μεταξύ της τιμής της ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής και κατά τις νυκτερινές ώρες χαμηλού φορτίου. Ολοκληρώνοντας την αναφορά μας στις ευρωπαϊκές θέσεις για τις εφαρμογές της αιολικής ενέργειας, πρέπει να τονισθεί ότι τόσο οι τοπικές κυβερνήσεις όσο και η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδοτούν σε υψηλό βαθμό (ποσοστά που πλησιάζουν το 40%) το αρχικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας μιας αιολικής μονάδας.

## 4.2 Η Νομοθεσία για την Αιολική Ενέργεια στη Χώρα μας

Η κινητικότητα που παρουσιάστηκε τα τελευταία χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση και οι αλλαγές στη νομοθεσία των κρατών μελών της Ένωσης ενεθάρρυναν και τη χώρα μας να ετοιμάσει και να καθιερώσει ένα νέο νομοθετικό πλαίσιο, που αναφέρεται στη “Ρύθμιση Θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, από Συμβατικά Καύσιμα και άλλες διατάξεις”. Ο νέος αυτός νόμος 2244/94 αποτελεί μια ουσιαστική βελτίωση του παλαιού νόμου 1559/85 και έχει συνταχθεί στο πνεύμα της διακήρυξης της Μαδρίτης, που και η χώρα μας υπέγραψε τον Απρίλιο του 1994. Το καινούργιο νομοθετικό πλαίσιο έρχεται να άρει τις καθυστερήσεις που εμφανίσθηκαν στην ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα και οι οποίες οφείλονταν αφενός στα κενά του θεσμικού πλαισίου από το νόμο του 1985, αφετέρου στη χαμηλή οικονομική απόδοση των γενομένων επενδύσεων λόγω των προσφερομένων από τη ΔΕΗ χαμηλών τιμών αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

### 4.2.1 Νόμος 2244/94

Με το νέο νόμο 2244/94 επιχειρείται να αναθερμανθεί το ενδιαφέρον αξιοποίησης των ΑΠΕ από τη ΔΕΗ, την Τοπική Αυτοδιοίκηση, άλλους φορείς καθώς και ιδιώτες, οι οποίοι θα ήθελαν να συμβάλλουν προς την κατεύθυνση αυτή. Ο νόμος 2244/94 διαφοροποιήθηκε σε σχέση με τους Ν.1559/85 και Ν.2165/93 αφενός στη θέση της ΔΕΗ στον ενεργειακό τομέα της χώρας και αφετέρου στη δυνατότητα των ιδιωτών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και συμπαραγωγή.

Σύμφωνα με τους συντάκτες του 2244/94 αποκαθίσταται ο σημαντικός ρόλος της ΔΕΗ, η οποία διατηρεί έτσι το αποκλειστικό της δικαίωμα



κατασκευής και λειτουργίας όλων των μεγάλων έργων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής. Απαγορεύεται δε ρητά η πρόσβαση τρίτων στα δίκτυα της ΔΕΗ. Απελευθερώνεται η ανεξάρτητη παραγωγή περιορισμένης ισχύος μέχρι 50MW ηλεκτρικής ενέργειας αποκλειστικά και κατ' εξαίρεση από ΑΠΕ εκτός ΔΕΗ, τόσο από ΟΤΑ και τις επιχειρήσεις τους (σύμφωνα και με τις διατάξεις του νόμου 1559/85) όσο και από ιδιώτες επενδυτές.

Επιπλέον δίνεται η δυνατότητα συμψηφισμού της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται αποκλειστικά από ΑΠΕ, με τις καταναλώσεις του αυτοπαραγωγού και όχι μέσω υπουργικής απόφασης, όπως ίσχυε μέχρι τη ψήφιση του νέου νόμου (Υπουργική απόφαση ΣΕ 2769/27.4.88, παράγραφος 3). Παράλληλα γίνεται σχετική επέκταση και για τους ΟΤΑ, τις επιχειρήσεις τους και τους αγροτικούς συνεταιρισμούς για συμψηφισμό μιας ή περισσότερων καταναλώσεων τους. Επιπλέον σύμφωνα με τον 2244 περιορίζεται η γραφειοκρατία στην έκδοση των σχετικών αδειών ίδρυσης, εγκατάστασης και λειτουργίας, καθώς οι άδειες μειώνονται σε δύο από τρεις, καταργούμενης της άδειας ίδρυσης του σταθμού.

Τέλος για πρώτη φορά καθορίζονται οι κανόνες τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, μέσα από το νόμο και όχι με υπουργικές αποφάσεις (τιμολόγια με τιμές εύλογες και σχετικά αποδεκτές από όλους, δηλαδή ΔΕΗ, αυτοπαραγωγούς και ανεξάρτητους παραγωγούς από ΑΠΕ). Επιχειρείται δε τα τιμολόγια ηλεκτρικής παραγωγής από ΑΠΕ να καθορίζονται σε εύλογα επίπεδα, λαμβάνοντας υπ' όψιν το κόστος αποφυγής παραγωγής αντίστοιχης ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, την εξοικονόμηση κεφαλαίων ίδρυσης νέων σταθμών συμβατικής παραγωγής, το περιβαλλοντικό κόστος και το εξωτερικό κοινωνικό κόστος παραγωγής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα.

#### 4.2.2.Ανεξάρτητοι Παραγωγοί-Αυτοπαραγωγοί

Σύμφωνα με το νόμο 2244 αυτοπαραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται εκείνος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των δικών του αναγκών και διακρίνεται σε συνδεδεμένο και αυτόνομο ανάλογα εάν ο σταθμός του είναι συνδεδεμένος ή όχι με το δίκτυο της ΔΕΗ. Αντίστοιχα ανεξάρτητος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται εκείνος που παράγει ηλεκτρική ενέργεια και τη διαθέτει αποκλειστικά στη ΔΕΗ. Η αυτοπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπεται από αυτόνομους σταθμούς, από συνδεδεμένους σταθμούς που ανήκουν σε αυτοπαραγωγούς και από συμπαραγωγή. Η αυτοπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αυτόνομους σταθμούς επιτρέπεται με την εκμετάλλευση αιολικής, ηλιακής ενέργειας ή βιομάζας, με την εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού γεωθερμικού δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, με την εκμετάλλευση ενέργειας από τη θάλασσα, και με την εκμετάλλευση υδάτινου δυναμικού με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς ισχύος μέχρι 2MW. Για σταθμούς ισχύος μεγαλύτερης των παραπάνω ορίων και μέχρι 5MW επιτρέπεται η αξιοποίησή των από ιδιώτες, εφόσον αυτοί δεν είναι ενταγμένοι στο δεκαετές πρόγραμμα ανάπτυξης της ΔΕΗ.

Η διάθεση ηλεκτρικής ενέργειας απαγορεύεται τόσο στους αυτοπαραγωγούς όσο και στους ανεξάρτητους παραγωγούς, στους οποίους δεν επιτρέπεται να διαθέτουν σε τρίτους την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στους σταθμούς τους. Το πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας του αυτοπαραγωγού και η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ανεξάρτητους παραγωγούς διατίθεται αποκλειστικά στη ΔΕΗ, σύμφωνα με τους όρους της σχετικής σύμβασης που συνάπτεται μεταξύ

τους. Η ΔΕΗ έχει την υποχρέωση να αγοράζει την ηλεκτρική ενέργεια. Η υποχρέωση αυτή δεν υφίσταται για τη ΔΕΗ στην περίπτωση μόνο που υπάρχει πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας από αυτοπαραγωγό, εφόσον με αιτιολογημένη απόφαση διαπιστώνεται ότι οι τοπικές συνθήκες δεν επιτρέπουν τη διάθεσή της στην κατανάλωση. Η σύμβαση μεταξύ του ανεξάρτητου παραγωγού και της ΔΕΗ είναι δεκαετούς διάρκειας με δυνατότητα ανανέωσής της με νέα σύμβαση.

Σημαντικό πρόβλημα εμφανίστηκε σε σχέση με το θέμα υπογραφής των τελικών κειμένων των συμβάσεων εκ μέρους της ΔΕΗ και των ανεξάρτητων παραγωγών για την αγορά ηλεκτρικού ρεύματος. Η συμφωνία αυτή χαρακτηρίζεται με την αγγλική φράση “Power Purchase Agreement ή “PPA”. Βασικός λόγος διαφωνίας μεταξύ ιδιωτών ανεξαρτήτων παραγωγών και της ΔΕΗ είναι η επίτευξη συμφωνίας για το ελάχιστο ποσοστό διείσδυσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Το μέγεθος αυτό κρίνεται απαραίτητο εκ μέρους των επενδυτών προκειμένου να διαμορφώσουν τις οικονομικές τους παραδοχές για τον προσδιορισμό του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης, ώστε να απευθυνθούν για δανεισμό στις τράπεζες. Σύμφωνα με τα πρώτα στοιχεία η ΔΕΗ εμμένει στην άποψή της ότι δεν μπορεί να δεσμευθεί για τα τεχνικά όρια ούτε και για το ποσοστό διείσδυσης. Το θέμα αυτό καθώς και θέματα που αναφέρονται στη διαφορά απόψεων μεταξύ ΔΕΗ και επενδυτών, για το ποιος ευθύνεται για τις απώλειες της γραμμής σύνδεσης πάρκου και δικτύου της ΔΕΗ, καθώς και για τη δαπάνη του συγκροτήματος πυκνωτών για την υποστήριξη της τάσεως στον υποσταθμό της ΔΕΗ, συζητήθηκαν για μεγάλο χρονικό διάστημα και μόλις τα τέλη του 1996 επετεύχθη μια κατ’ αρχήν συμφωνία.

### 4.3.Εθνική Τιμολογιακή Πολιτική για την Αιολική Ενέργεια

Το νέο νομοθετικό πλαίσιο 2244/94 για την αξιοποίηση των ΑΠΕ στη χώρα μας θεσμοθετεί μια σαφή βελτίωση των όρων διάθεσης της παραγόμενης αιολικής ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με το προηγούμενο νομικό καθεστώς. Πιο συγκεκριμένα τα τιμολόγια ηλεκτρικής παραγωγής καθορίζονται πλέον λαμβάνοντας υπ' όψιν αφενός το κόστος αποφυγής παραγωγής από συμβατικά καύσιμα, αφετέρου την εξοικονόμηση επενδύσεων στον τομέα ανανέωσης ή δημιουργίας νέων μονάδων συμβατικής βάσης.

Συνεπώς η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με το νόμο 2244/94 βασίζεται στις εξής βασικές αρχές:

#### 1. Μη διασυνδεδεμένα νησιά:

Για όλες τις περιπτώσεις ανεξάρτητης ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ τα τιμολόγια διαμορφώνονται στο 90% του ισχύοντος τιμολογίου γενικής χρήσης στη χαμηλή τάση (μηνιαίας χρέωσης). Αντίστοιχα τα τιμολόγια πώλησης της πλεονάζουσας ηλεκτρικής ενέργειας των αυτοπαραγωγών καθορίζονται στο 70% του τιμολογίου γενικής χρήσης στη χαμηλή τάση (μηνιαίας χρέωσης) για το πλεόνασμα ηλεκτρισμού από ΑΠΕ. Σε περίπτωση σύνδεσης των νησιών με το εθνικό δίκτυο, η αλλαγή τιμολογίου μπορεί να γίνει από τη ΔΕΗ μόνον εφόσον οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις των ανεξάρτητων παραγωγών έχουν συμπληρώσει δέκα έτη συνολικής λειτουργίας. Επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα στους αυτοπαραγωγούς αιολικής ενέργειας του συμπηφισμού της καταναλισκόμενης και αποδιδόμενης στο δίκτυο της ΔΕΗ ενέργειας σε ποσοστό έως και 80% κατά τη διάρκεια του ίδιου μήνα.

## 2. Διασυνδεδεμένο σύστημα ΔΕΗ:

Για ανεξάρτητους παραγωγούς τα τιμολόγια πώλησης καθορίζονται κατά τρόπο αντίστοιχο με τα ισχύοντα σε κάθε περίπτωση τιμολόγια της ΔΕΗ στη μέση τάση γενικής χρήσης ή στην υψηλή τάση και διαμορφώνονται στα παρακάτω επίπεδα:

Χρέωση Ενέργειας: Ίση με το 90% του σκέλους της ενέργειας του εκάστοτε τιμολογίου στη μέση τάση γενικής χρήσης ή στην υψηλή τάση.

Χρέωση Ισχύος: Ίση με το 50% του σκέλους του εκάστοτε τιμολογίου στη μέση τάση γενικής χρήσης ή στην υψηλή τάση (βλέπε και Πίνακα 4.Π/, όπου το σύμβολο “\*” μεταφράζεται σε μονάδες χρέωσης, δηλαδή δραχμές/kW/μήνα). Τα επίπεδα της χρεωστέας ισχύος των ανεξάρτητων παραγωγών προς τη ΔΕΗ ορίζονται με υπουργικές αποφάσεις όσον αφορά τις τεχνικές λεπτομέρειες.

Για τους αυτοπαραγωγούς και το πλεόνασμα ενέργειάς τους, η χρέωση ενέργειας είναι ίση με το 70% του σκέλους ενέργειας του εκάστοτε τιμολογίου γενικής χρήσης και μηνιαίας χρέωσης στη χαμηλή τάση, στη μέση τάση και του τιμολογίου υψηλής τάσης.

Σε εφαρμογή των διατάξεων του νόμου 2244/94 εξεδόθη αρχικά τιμοκατάλογος αγορών ηλεκτρισμού, από τη διεύθυνση εκμεταλλεύσεως-διανομής της ΔΕΗ, για αγορές που θα πραγματοποιηθούν από 1.7.1995 και εφεξής. Αργότερα ο εν λόγω τιμοκατάλογος αντικαταστάθηκε από νεότερο με ημερομηνία ισχύος την 1.8.1997. Τα στοιχεία των Πινάκων /4.Π/ και /4.ΠΙ/ προέκυψαν από τις τιμές των τιμολογίων πώλησεως ηλεκτρισμού “Α” (υψηλής τάσεως), “Β2” (γενικής χρέωσης μέσης τάσεως) και “Γ22” (γενικής χρήσεως χαμηλής τάσεως) και αναπροσαρμόζονται σύμφωνα με τις μεταβολές αυτών.

Πίνακας 4.Π: Τιμή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ (Διασ. Συστ.)

Τάση	Μέγεθος	Ζώνη	Ανεξ. Παραγ.δρχ./kWh			Αυτοπ. δρχ./kWh		
			1995	1997	1999	1995	1997	1999
Υψηλή	Ενέργεια	Αιχμής	11,89	12,276	12,65	9,23	9,548	9,84
Υψηλή	Ενέργεια	Ενδιαμ.	8,232	8,514	8,77	6,4	6,622	6,82
Υψηλή	Ενέργεια	Ελαχ.	6,09	6,309	6,50	4,74	4,907	5,05
Υψηλή	Ισχύς	Αιχμής	1059	1095,5*	1129	-	-	
Υψηλή	Ισχύς	Ενδιαμ.	-	-		-	-	
Υψηλή	Ισχύς	Ελαχ.	-	-		-	-	
Μέση	Ενέργεια	Όλες	18,15	18,792	19,36	14,12	14,616	15,06
Μέση	Ισχύς	Όλες	466	482,5*	497	-	-	
Χαμηλή	Ενέργεια	Όλες	-	-		17,47	18,081	18,62

Στον Πίνακα /4.Π/ δίνονται οι τιμές αγοράς στο διασυνδεδεμένο σύστημα της ΔΕΗ, ενώ δεν τιμολογείται η τυχόν παρεχόμενη ισχύς από ανεξάρτητους παραγωγούς χαμηλής τάσης καθώς και από αυτοπαραγωγούς όλων των τάσεων. Στον παραπάνω πίνακα είναι δυνατή η σύγκριση των δύο προαναφερθέντων τελευταίων τιμολογίων αγοράς ενέργειας από ΑΠΕ. Αντίστοιχα στον Πίνακα /4.ΠΙ/ παρουσιάζονται οι πρόσφατες τιμές αγοράς ενέργειας από ΑΠΕ σε μη διασυνδεδεμένα δίκτυα.

Πίνακας 4.ΠΙ: Τιμή Ηλεκτρ. Ενέργειας από ΑΠΕ (Μη Διασ. Νησιά)

Τάση	Μέγεθος	Ανεξ. Παραγάδι/kWh			Αυτοπ. δρχ./kWh		
		1995	1997	1999	1995	1997	1999
Υψηλή	Ενέργεια	22,46	23,247	23,94	17,47	18,081	18,62
Μέση	Ενέργεια	22,46	23,247	23,94	17,47	18,081	18,62
Χαμηλή	Ενέργεια	22,46	23,247	23,94	17,47	18,081	18,62

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση αυτή δεν τιμολογείται η τυχόν παρεχόμενη ισχύς από κάθε είδους παραγωγό προς το τοπικό δίκτυο. Επιπλέον η τιμή πώλησης εκ μέρους της ΔΕΗ της άεργης ενέργειας καθορίζεται σε 1.25δρχ/kVAgh τόσο για τους αυτοπαραγωγούς όσο και τους ανεξάρτητους παραγωγούς, ανεξάρτητα την τάση συνδέσεως, την ύπαρξη ή μη διασυνδεδεμένου δικτύου, σύμφωνα με τους όρους χρέωσης που ακολουθούν. Τέλος στον Πίνακα /4.IV/ παρουσιάζονται οι ζώνες τιμολόγησεως στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Οι ζώνες αυτές ισχύουν για την τιμολόγηση ενέργειας σε ανεξάρτητους παραγωγούς και σε αυτοπαραγωγούς, ενώ η ζώνη αιχμής ισχύει σε όλο το έτος μόνο από Δευτέρα έως και Παρασκευή.

Πίνακας 4.IV: ΔΕΗ, Ζώνες Τιμολόγησης Ηλεκτρικής. Ενέργειας, {1}

<b>Περίοδος Έτους</b>	<b>Ζώνες Αιχμής</b>	<b>Ζώνες Ελαχίστου Φορτίου</b>	<b>Ζώνες Ενδιαμέσου Φορτίου</b>
<b>Οκτώβριος</b> ÷ <b>Απρίλιος</b>	10h ÷ 14h 18h ÷ 21h	01h ÷ 08h	Υπόλοιπες
<b>Μάιος</b> ÷ <b>Σεπτέμβριος</b>	10h ÷ 14h	00h ÷ 08h	Υπόλοιπες

Η τιμολογητέα ισχύς (σε kW) καθορίζεται για τους αιολικούς σταθμούς ως το 50% της μέγιστης μετρηθείσας παρεχομένης ισχύος στη ζώνη αιχμής για το διασυνδεδεμένο δίκτυο υψηλής τάσης, ή της απλώς μέγιστης μετρηθείσας παρεχομένης ισχύος στο διασυνδεδεμένο δίκτυο χαμηλής τάσης.

Η χρέωση της άεργου ισχύος σε ανεξάρτητους παραγωγούς με ασύγχρονες γεννήτριες υπολογίζεται, εφόσον ισχύει η (4.1),

$$Q > 0.333 \cdot E \quad (4.1)$$

σαν τη διαφορά “ $(Q-0.333x E)$ ” όπου ‘E’ η ενεργός ενέργεια που έδωσε ο ανεξάρτητος παραγωγός στη ΔΕΗ και ‘Q’ η άεργος ενέργεια που ο ανεξάρτητος παραγωγός απορρόφησε από τη ΔΕΗ. Εάν δεν ισχύει η εξίσωση (4.1) ή εάν ο ανεξάρτητος παραγωγός έδωσε άεργο ενέργεια στη ΔΕΗ, τότε ούτε χρεώνεται ούτε πιστώνεται η αξία της άεργου ισχύος. Αντίστοιχα σε ανεξάρτητους παραγωγούς με σύγχρονες γεννήτριες ούτε χρεώνεται ούτε πιστώνεται η αξία της άεργης ενέργειας.

Στην περίπτωση των αυτοπαραγωγών εξακολουθεί η εξίσωση (4.1) να αποτελεί κριτήριο χρέωσης ή μη, όμως για την κατηγορία των αυτοπαραγωγών με ‘E’ συμβολίζεται η ενεργός ενέργεια που ο αυτοπαραγωγός απορρόφησε από τη ΔΕΗ. Συνεπώς στην περίπτωση που ισχύει η εξίσωση (4.1) γίνεται χρέωση άεργου ενέργειας με χρεωστέα άεργο ενέργεια ίση με “ $(Q-0.333 \cdot E)$ ” kVArh. Εάν δεν ισχύει η εξίσωση (4.1) ή αν ο αυτοπαραγωγός έδωσε άεργο ενέργεια στη ΔΕΗ ούτε χρεώνεται ούτε πιστώνεται η αξία της άεργης ενέργειας.

Όμως η άποψη που επικρατεί στους ειδικούς είναι ότι ακόμα και με το σημερινό νομικό καθεστώς οι τιμές αγοράς της αιολικής-ηλεκτρικής ενέργειας δεν περιλαμβάνουν το περιβαλλοντικό και το κοινωνικό-εξωτερικό κόστος παραγωγής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα. Επιπλέον η τιμή αγοράς της αιολικής-ηλεκτρικής ενέργειας είναι σαφώς χαμηλότερη ακόμη και από το μέσο κόστος της ΔΕΗ για το μη διασυνδεδεμένο δίκτυο. Υπάρχουν δε περιπτώσεις τοπικών ΑΣΠ, όπου μόνο το αποφευχθέν κόστος καυσίμου του σταθμού είναι υπερδεκαπλάσιο της τιμής αγοράς της αιολικής ενέργειας από τους μεμονωμένους παραγωγούς.



Στην τελευταία περίπτωση παρουσιάζεται το φαινόμενο η ΔΕΗ να προτιμά να λειτουργεί τους δικούς της ΑΣΠ με πολλαπλάσιο κόστος λειτουργίας, από την επιλογή αγοράς αιολικής βάσης ηλεκτρική ενέργεια από ιδιώτες παραγωγούς. Επιπλέον στην περίπτωση των μικρών και μεσαίων νησιωτικών δικτύων η συνθήκη ευστάθειας του τοπικού δικτύου περιορίζει σημαντικά το μέγεθος (ισχύς “ $N_{A.Π.}$ ”) των δυναμένων να εγκατασταθούν σε απευθείας σύνδεση με το δίκτυο αιολικών μονάδων, βάσει της εξίσωσης:

$$N_{A.Π.} < N_L - \xi \cdot N_{FL}. \quad (4.2)$$

ώστε να εξασφαλίζεται η μη υπέρβαση της μέγιστης επιτρεπτής διακύμανσης της συχνότητας του τοπικού δικτύου σε κάθε περίπτωση. Στην εξίσωση (4.2) με “ $N_F$ ” συμβολίζεται το ελάχιστο και με “ $N_{FL}$ ” το μέγιστο φορτίο αιχμής του δικτύου, ενώ το “ $\xi$ ” αποτελεί ένα ποσοστό ( $\approx 20\%$ ) του φορτίου αιχμής και καθορίζεται με βάση τα χαρακτηριστικά (μέγιστη ισχύ, άνω επιτρεπτό όριο στροφών) των κινητήρων “Diesel” του δικτύου.

Συνεπώς για την εγκατάσταση αξιόλογου αριθμού αιολικών μηχανών σε μικρά και μεσαία νησιά είναι απαραίτητη η χρήση υβριδικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας, όπως για παράδειγμα ο συνδυασμένος αιολικός-αναστρέψιμος υδροηλεκτρικός σταθμός. Στις περιπτώσεις όμως αυτές θα πρέπει να συνυπολογισθεί και το αυξημένο πρόσθετο κόστος εγκατάστασης της υβριδικής μονάδος, γεγονός που καθιστά λιγότερο ανταγωνιστικές παρόμοιες μονάδες, εφόσον η αγορά της παραγόμενης ενέργειας εξακολουθεί να καθορίζεται με βάση το μέσο κόστος της ΔΕΗ για ολόκληρη την Ελλάδα.

#### 4.4.Επενδυτικές Ευκαιρίες στον Τομέα της Αιολικής Ενέργειας

Όπως και στα προηγούμενα κεφάλαια της εργασίας αναφέρθηκε, η ίδρυση και λειτουργία αιολικών μονάδων αποτελούν επενδύσεις εντάσεως κεφαλαίου, δεδομένου ότι ο εκάστοτε επενδυτής πρέπει να διαθέσει σημαντικό αρχικό κεφάλαιο για την αγορά, εγκατάσταση και έναρξη λειτουργίας του σταθμού, ενώ το ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας δεν ξεπερνά κατά μέσο όρο το 3 ÷ 5% συνεκτιμώντας και την απουσία κόστους καυσίμου. Στην αντίπερα όχθη το κόστος ίδρυσης ενός ίσης ενεργειακής παραγωγής συμβατικού σταθμού είναι σαφώς χαμηλότερο, στην περίπτωση όμως αυτή το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι ιδιαίτερα σημαντικό, υπάρχουν δε περιπτώσεις που το ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας ενός θερμικού σταθμού πλησιάζει ακόμα και το αρχικό κόστος εγκατάστασης της μονάδος.

##### 4.4.1 Αναπτυξιακά Κίνητρα

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος χρηματοδότησης των αιολικών σταθμών, η πολιτεία συνυπολογίζοντας τα σαφή περιβαλλοντικά αλλά και κοινωνικά οφέλη από τη λειτουργία αντίστοιχων μονάδων έχει θεσπίσει κατά καιρούς διάφορα χρηματοδοτικά κίνητρα. Οι εν λόγω χρηματοδοτήσεις προέρχονται αρκετά συχνά από τα αναπτυξιακά ταμεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω των διαδοχικών προγραμμάτων οικονομικής σύγκλισης, αλλά και των γενικότερων προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας και διάδοσης των ΑΠΕ. Τα παρεχόμενα κίνητρα χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Άμεση επιδότηση αγοράς του εξοπλισμού και του κόστους εγκατάστασης, εκφραζόμενη συνήθως σαν ένα ποσοστό του αρχικού κόστους της επένδυσης (π.χ. 20 ÷ 60%).

- Εγγύηση του δημοσίου ή άλλων φερέγγυων οργανισμών για την παροχή δανείου στον επενδυτή, ώστε να ολοκληρώσει την εγκατάστασή του.
- Επιδότηση επιτοκίου στα συναπτόμενα δάνεια, οπότε το κόστος του χρήματος για τους επενδυτές είναι μικρότερο από το επίσημο τραπεζικό κατά το ποσοστό της επιδότησης, το οποίο ποσοστό καταβάλλει στο χρηματοδοτικό οργανισμό το δημόσιο.
- Επιδότηση της τιμής της παραγόμενης ενέργειας (π.χ. κατά ένα ποσοστό του κοινωνικού-περιβαλλοντικού κόστους). Η τακτική αυτή που εφαρμόζεται στη Γερμανία έχει σαν στόχο όχι μόνο την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου αλλά και τη σωστή και μακροχρόνια λειτουργία του σταθμού, ώστε ο επενδυτής να εισπράξει ένα σημαντικό ποσό που θα επιταχύνει την απόσβεση και θα αυξήσει τα κέρδη της μονάδος.
- Φορολογικές απαλλαγές των εισαγομένων μηχανημάτων, καθώς και επιταχυνόμενες αποσβέσεις του πάγιου εξοπλισμού του σταθμού. Η τακτική αυτή χρησιμοποιήθηκε “κατά κόρον” στις ΗΠΑ και ιδιαίτερα στην πολιτεία της Καλιφόρνια στις αρχές της δεκαετίας του ‘80.
- Εγγύηση μιας ελάχιστης τιμής αγοράς της παραγόμενης αιολικής ενέργειας για ένα χρονικό διάστημα (π.χ. δέκα ετών) καθώς και εξασφάλιση της αγοράς ενός ελάχιστου ικανού ποσού ενέργειας εκ μέρους των δημόσιων επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στη περίπτωση της χώρας μας το ύψος των επιτοκίων δανεισμού κυμαίνεται στην αγορά από 8% έως 14%, ενώ τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια διαρκής τάση μείωσης των επιτοκίων, ακολουθώντας σε ένα βαθμό και την πορεία του πληθωρισμού. Μέσα στα πλαίσια αυτά κάθε τράπεζα καθορίζει το επιτόκιο σύμφωνα με την πολιτική δανείων που ακολουθεί. Το βασικό αυτό επιτόκιο μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί κατά ορισμένες ποσοστιαίες μονάδες ανάλογα με τη φερεγγυότητα της

επιχείρησης, τους όρους δανεισμού καθώς και την αναμενόμενη απόσβεση της δανειοδοτούμενης επένδυσης, όπως αυτή προκύπτει από την τεχνικοοικονομική μελέτη.

Ο χρόνος αποπληρωμής ξεκινά στα επενδυτικά δάνεια με την περίοδο χάριτος, η διάρκεια της οποίας δεν ξεπερνά κατά κανόνα τους 12 μήνες, οπότε και δεν καταβάλλονται οι τόκοι αλλά προστίθενται στο κεφάλαιο της επόμενης χρονιάς. Τα υποκαταστήματα μιας τράπεζας δεν μπορούν να εγκρίνουν δάνειο το ύψος του οποίου ξεπερνά το 10% των εσόδων τους, οπότε στην περίπτωση αυτή το δάνειο εγκρίνεται από την κεντρική διοίκηση της τράπεζας.

Συνοψίζοντας, το κόστος δανεισμού κεφαλαίων “ $i_{\delta(\text{ΤΡΑΠ})}$ ” για την ίδρυση μιας αιολικής μονάδας παραγωγής ενέργειας παρουσιάζεται στο σχήμα /4.1/ από το οποίο προκύπτει ότι:

$$i_{\delta(\text{ΤΡΑΠ})} = g + i_b + \beta \cdot (i_m - i_b) \quad (4.3)$$

όπου με “ $g$ ” συμβολίζεται ο πληθωρισμός και “ $i_b$ ” το απαιτούμενο ελεύθερο κινδύνου αποπληθωρισμένο επιτόκιο, π.χ. το καθαρό επιτόκιο των ομολόγων του δημοσίου. Αντίστοιχα με  $(i_m - i_b)$  συμβολίζεται το επιτόκιο κινδύνου της αγοράς και το οποίο συνδέεται με την παράμετρο “ $\beta$ ” που περιγράφει το βαθμό επικινδυνότητας της επένδυσης.

Από τα στοιχεία του σχήματος προκύπτει ότι οι τιμές του “ $\beta$ ” κυμαίνονται στην περίπτωση αυτή μεταξύ του 0.5 και του 1.6, με πλέον πιθανές τις τιμές  $\beta=0.85$  και  $\beta=1.15$ . Φυσικά τα στοιχεία που ισχύουν στη βρετανική αγορά απέχουν πιθανώς σημαντικά από αυτά της ελληνικής, ενώ μεταβάλλονται διαρκώς και με το χρόνο. Σε κάθε περίπτωση όμως η εξίσωση (4.3) μπορεί να χρησιμοποιηθεί στηριζόμενη στα τρέχοντα στοιχεία της εγχώριας αγοράς. Στην περίπτωση τέλος που το δημόσιο εγγυάται το παρεχόμενο δάνειο (κατηγορία κινήτρων  $\beta'$ ) η παράμετρος “ $\beta$ ” της εξίσωσης (4.3) μηδενίζεται.

#### 4.4.2 Αναπτυξιακός Νόμος

Έχοντας αποκτήσει μια πρώτη εικόνα του κόστους χρηματοδότησης μιας αιολικής επένδυσης, πρέπει να γνωρίζουμε ότι οι αιολικοί σταθμοί περιλαμβάνονται στις ειδικές επενδύσεις του αναπτυξιακού νόμου 1262/82 και των αναθεωρήσεών του (1892/90 και 2234/94), για τις οποίες προβλέπεται ειδικό καθεστώς επιδοματικής πολιτικής. Το ποσό επιχορήγησης (3 δις κατ' ανώτατο όριο) που δικαιούνται να λάβουν οι επιχειρήσεις αυτές, υπό την προϋπόθεση ότι δεν έχουν χρηματοδοτηθεί από άλλη πηγή για την ίδια επένδυση, διαφοροποιείται ανάλογα με την περιοχή της χώρας στην οποία πραγματοποιείται η επένδυση. Με βάση τον Ν. 1892/90, που προβλέπει διαφορετικά κίνητρα ανά περιοχή της Ελλάδας, η επικράτεια χωρίζεται σε τρεις περιοχές οι οποίες χαρακτηρίζονται από το ίδιο χρηματοπιστωτικό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα:

Η περιοχή "I" περιλαμβάνει ολόκληρη την επικράτεια εκτός της Θράκης και των ακριτικών περιοχών (ακριτικές θεωρούνται οι περιοχές που απέχουν έως 20χλμ από τα σύνορα) συμπεριλαμβανομένων και όλων των νησιών εκτός των νήσων Λέσβου, Χίου, Σάμου, Δωδεκανήσων και Σαμοθράκης αλλά και των ακριτικών νησιωτικών περιοχών.

Η περιοχή "II" περιλαμβάνει τις ακριτικές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδος, τα νησιά Λέσβος, Χίος, Σάμος, Δωδεκάνησα και τις ακριτικές νησιωτικές περιοχές.

Η περιοχή "III" περιλαμβάνει την περιοχή της Θράκης και τη νήσο Σαμοθράκη. Τα κίνητρα που δίνει ο νόμος 1892/90 παρουσιάζονται στον Πίνακα /4.V/ και περιλαμβάνουν επιδότηση αρχικού κεφαλαίου και επιδότηση επιτοκίου σε επίπεδα από 40% έως 55%, ενώ τα έτη επιδότησης επιτοκίου κυμαίνονται από 4 έως 10.

Πίνακας 4.V: Αναπτυξιακός Ν.2234/94, Επενδυτικά Κίνητρα, {1}

ΠΕΡΙΟΧΗ	Ίδιο κεφάλαιο	Επιδότηση (%)	Επιδότηση Επιτοκίου	Έτη Επιδότηση Επιτοκίου
<b>ΖΩΝΗ Ι</b>	40%	40	40%	4
<b>ΖΩΝΗ ΙΙ</b>	30%	45	45%	4
<b>ΖΩΝΗ ΙΙΙ</b>	20%	55	55%	10

Το κατώτατο ποσοστό ίδιας συμμετοχής στις επιχορηγούμενες παραγωγικές επενδύσεις ή σε τμήμα τους συνολικού ύψους μέχρι 5 δις δραχμές καθορίζεται επίσης από τη δεύτερη στήλη του Πίνακα /4.v/. Η έναρξη εκταμίευσης της επιχορήγησης του Δημοσίου για την επένδυση γίνεται, αφού προηγουμένως, με βάση την έκθεση των κατά το νόμο αρμοδίων οργάνων ελέγχου, έχει αποδεδειγμένα καταβληθεί και δαπανηθεί η ελάχιστη κατά περίπτωση ίδια συμμετοχή του επενδυτή σε ποσοστό 50% καθώς και το 25% της τυχόν συμμετοχής της χρηματοδοτούσας τράπεζας. Ο μηχανισμός επιδοτήσεων παρακολουθείται και διευθύνεται από το Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας και τον ΕΟΜΜΕΧ κατά περίπτωση.

Πριν δύο έτη, η ελληνική βουλή ψήφισε το νέο Αναπτυξιακό νόμο 2601/98, βασικοί στόχοι του οποίου είναι:

- Η συμβολή στην περιφερειακή ανάπτυξη
- Η αύξηση των θέσεων απασχόλησης
- Η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων
- Η αναδιάρθρωση τομέων και κλάδων παραγωγής
- Η αξιοποίηση επιχειρηματικών ευκαιριών στον ελληνικό και τον ευρύτερο διεθνή χώρο

- Η συμβολή στην προστασία του περιβάλλοντος και στην εξοικονόμηση ενέργειας

Για την πραγματοποίηση των υπαγομένων στις διατάξεις του Ν.2601/98 επενδύσεων στον τομέα αξιοποίησης των ΑΠΕ παρέχονται τα ακόλουθα είδη ενισχύσεων:

- i. Επιχορήγηση-δωρεάν παροχή από το Δημόσιο χρηματικού ποσού για την κάλυψη τμήματος της ενισχυόμενης επενδυτικής δαπάνης. Στην περίπτωση αξιοποίησης των ΑΠΕ το ποσοστό επιχορήγησης ισούται με 40% για ολόκληρη την ελληνική επικράτεια.
- ii. Επιχορήγηση των τόκων, η οποία συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος των καταβαλλομένων τόκων των μεσοπρόθεσμων (τετραετούς τουλάχιστον διάρκειας) δανείων, που λαμβάνονται για την υλοποίηση της ενισχυόμενης επενδυτικής δαπάνης. Και στην περίπτωση αυτή το ποσοστό επιδότησης των τόκων ισούται με 40% για το σύνολο της χώρας.
- iii. Επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης, που αφορά την κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος (40% για το σύνολο της χώρας) των καταβαλλομένων δόσεων χρηματοδοτικής μίσθωσης, που συνάπτεται για την απόκτηση της χρήσης νέου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού.
- iv. Φορολογική απαλλαγή μέχρι του συνόλου της αξίας της πραγματοποιούμενης και ενισχυόμενης επενδυτικής δαπάνης ή και της αξίας της χρηματοδοτικής μίσθωσης νέου εξοπλισμού του οποίου αποκτάται η χρήση. Η ενίσχυση αυτή συνίσταται στην απαλλαγή από την καταβολή φόρου εισοδήματος των μη διανεμομένων κερδών της πρώτης δεκαετίας από την πραγματοποίηση της επένδυσης και το σχηματισμό ισόποσου αφορολόγητου αποθεματικού.

Αν και για τον τομέα αξιοποίησης των ΑΠΕ δεν έχει ιδιαίτερη σημασία, για την εφαρμογή των διατάξεων του Ν.2601/98 η χώρα μας

κατανέμεται σε 4 περιοχές. Σημαντική καινοτομία της νέας κατάταξης αποτελεί η συμμετοχή των ελληνικών νησιών με πληθυσμό μέχρι 3100 κατοίκων στην πλέον ευνοϊκά χρηματοδοτούμενη περιοχή, την “ΠΕΡΙΟΧΗ Δ”.

Επιπλέον για την εφαρμογή των ενισχύσεων του νέου Αναπτυξιακού νόμου οι επενδυτικοί φορείς διακρίνονται σε νέους (π.χ. νεοϊδρυθείσες εταιρείες ή εταιρείες για τις οποίες δεν έχει παρέλθει πενταετία από τη σύστασή τους) και σε παλαιούς, οι οποίοι αξιολογούνται με διαφορετικά κριτήρια για την παροχή των οικονομικών ενισχύσεων.

Τέλος η συνολική διαδικασία επιδοτήσεως υπάγεται αποκλειστικά στις υπηρεσίες του Υπουργείου Εθνικής Οικονομίας, ενώ η υποβολή αιτήσεων υπαγωγής στο καθεστώς ενίσχυσης γίνεται από την 1η Ιανουαρίου έως και την 15η Σεπτεμβρίου κάθε έτους.

#### 4.4.3 Άλλοι Τρόποι Χρηματοδότησης Αιολικών Επενδύσεων

**Α. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας.** Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας (Ε.Π.Ε) εγκρίθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στις 29/7/94, ανήκει στο Δεύτερο Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης και χρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (Ε.Τ.Π.Α.) με συνολικό ποσό 946Mecu.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ περιλαμβάνεται στο μέτρο 3.2 του Υποπρογράμματος “3” και στόχος του προγράμματος είναι η μεγαλύτερη εκμετάλλευση εγχώριων, μη εξαντλήσιμων πόρων στην παραγωγή ενέργειας, στην ανάπτυξη ενεργειακών τεχνολογιών που δεν έχουν δυσμενή επίδραση στο περιβάλλον, καθώς και στην αποκέντρωση του τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το συνολικό κόστος του συγκεκριμένου μέτρου για την περίοδο υλοποίησής του (1994-1999) ανέρχεται σε 156Mecu. Η κοινοτική συμμετοχή προβλέπεται, κατ’



ανώτατο όριο, να ανέλθει σε 53Mecu ενώ η αντίστοιχη εθνική συμμετοχή σε 18Mecu.

Στον Πίνακα /4.VI/ παρουσιάζονται ορισμένα ενδεικτικά αιολικά έργα που εγκρίθηκαν με βάση την πρώτη προκήρυξη του ΕΠΕ (Εθνικό Πρόγραμμα Ενέργειας) για το έτος 1997. Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει το αρχικό κόστος κάθε σχεδιαζόμενης επένδυσης καθώς και η εγκριθείσα επιδότηση, η οποία για όλες τις περιπτώσεις καθορίζεται στα επίπεδα του 40%.

Η πρώτη προκήρυξη του ΕΠΕ δεν κάλυψε αξιόλογο μέρος του προϋπολογισμού με αποτέλεσμα να ακολουθήσει και δεύτερη προκήρυξη τον Οκτώβριο του 1997, ενώ διάχυτη είναι η άποψη ότι θα ακολουθήσει και νέα συμπληρωματική προκήρυξη ώστε να απορροφηθούν επιτέλους οι παρεχόμενες πιστώσεις.

Πίνακας 4.VI: Αιολικά Έργα που Εγκρίθηκαν, 1η Προκήρυξη ΕΠΕ-97, {1}

<b>α/α</b>	<b>Εταιρία</b>	<b>Περιοχή Υλοποίησης</b>	<b>Προϋπολογισμός</b>	<b>Επιδότηση Εκατ.Δρχ.</b>	<b>(%)</b>
<b>1</b>	ΤΕΡΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΕ	Ανατ. Στερ. Ελλάδα	3611.8εκ.	1444.7	40
<b>2</b>	ΙWECOΠΥΡΓΑΡΙ ΕΥΒΟΙΑΣ	Ανατ. Στερ. Ελλάδα	2398.0εκ.	959.2	40
<b>3</b>	ΜΕΛΤΕΜΙ ΚΑΣΤΡΙ ΑΕ	Ανατ. Στερ. Ελλάδα	1790.5εκ.	716.2	40
<b>4</b>	ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΥΚΛΑΔΩΝ	Κεντρικό Αιγαίο	420.9εκ.	168.4	40
<b>5</b>	Δ. ΜΑΝΤΑΣ ΕΠΕ	Ανατ. Στερ. Ελλάδα	311.8εκ.	124.7	40

Οι επενδύσεις στις οποίες χρηματοδοτούνται από το ΕΠΕ αφορούν το σύνολο της ελληνικής επικράτειας και θα πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί μέχρι τις 31/12/1999.

Για τις περιπτώσεις ηλεκτροπαραγωγής από αιολικά συστήματα το κατώτατο όριο του συνολικού προϋπολογισμού επενδυτικής πρότασης που επιχορηγείται είναι 100 εκατομμύρια δραχμές. Η δημόσια χρηματοδότηση έχει τη μορφή επιχορήγησης, η οποία καταβάλλεται τμηματικά σε τρία στάδια, δηλαδή:

1. Το 30% της συνολικής επιχορήγησης μέσα σε 2 μήνες από την υπογραφή της σύμβασης μεταξύ του δικαιούχου και του αρμόδιου φορέα
2. Το 50% της επιχορήγησης σε δόσεις, ανάλογα με τις πραγματοποιούμενες δαπάνες
3. Το υπόλοιπο 20% σαν αποπληρωμή μετά την πιστοποίηση της επένδυσης.

Επισημαίνεται τέλος ότι η ίδια συμμετοχή δεν μπορεί να είναι κατώτερη του 20% του συνολικού προϋπολογισμού της επένδυσης.

**Β. Ευρωπαϊκά Προγράμματα Χρηματοδότησης.** Ολοκληρώνοντας την καταγραφή των ευκαιριών χρηματοδότησης αιολικών εγκαταστάσεων υπενθυμίζεται ότι είναι δυνατή η παράλληλη χρηματοδότηση απευθείας από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω των προγραμμάτων περιφερειακής ανάπτυξης ή και η ένταξη των σχεδίων εγκατάστασης των ανεμογεννητριών σε ενεργειακά επιδεικτικά προγράμματα.

Ανάμεσα στα πλέον ενδιαφέροντα ευρωπαϊκά προγράμματα που αφορούν τον τομέα της αιολικής ενέργειας είναι:

1. Το πρόγραμμα Μη Πυρηνική Ενέργειας “Joule – Thermie” που συνδυάζει τις δραστηριότητες Έρευνας-Τεχνολογικής Ανάπτυξης και Επίδειξης. Ειδικότερα το “Thermie” υποστηρίζει την εφαρμογή των

παραπάνω τεχνολογιών και επιδιώκει τη διάχυση πληροφοριών με σκοπό να ενθαρρυνθεί η χρήση των νέων ενεργειακών τεχνολογιών. Η αιολική ενέργεια υπάγεται στο μέτρο 3.4 του προγράμματος (Τομέας 3-Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας). Το πρόγραμμα ξεκίνησε στις 23/11/94 με προϋπολογισμό 1067Mecu (45% για το Thermie) και αναμένεται να ολοκληρωθεί στις 31/12/98.

2. Το πρόγραμμα “Altener” με στόχο την προώθηση των ΑΠΕ στις χώρες της Ε.Ε. και περιορισμό των εκπομπών του “CO<sub>2</sub>”. Το ύψος της χρηματοδότησης που διατίθεται για την πρώτη φάση του προγράμματος αυτού από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι 40Mecu (1/1/93 έως 31/12/97), ενώ η συνέχισή του ως “Altener II” έχει ήδη εγκριθεί από το συμβούλιο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με νέα διάρκεια πέντε ετών.

**Γ. Χρηματοδότηση από Τρίτο (T.P.F.).** Κλείνοντας την παρούσα ανάλυση αναφερόμεθα εν συντομία και στο χρηματοδοτικό σχήμα “Χρηματοδότηση από Τρίτους” (Third Party Financing-TPF) το οποίο αποτελεί ένα καινούργιο χρηματοδοτικό εργαλείο στις ενεργειακές επενδύσεις και έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στο εξωτερικό στον Τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας, ενώ πρόσφατα ασχολείται και με επενδύσεις στο τομέα των ΑΠΕ (πρόγραμμα Altener). Η χρηματοδοτική μέθοδος “TPF” περιλαμβάνει χρηματοδότηση της επένδυσης από την εταιρεία παροχής υπηρεσιών (ο Τρίτος), την παροχή κατάλληλων νέων τεχνολογιών και τεχνογνωσίας, την εγκατάσταση του εξοπλισμού, τη λειτουργία-συντήρηση και παρακολούθηση του έργου. Επιπλέον η πληρωμή από το χρήστη προσαρμόζεται σύμφωνα με τις ανάγκες του, είτε με τη μορφή συμμετοχής της εταιρείας παροχής υπηρεσιών στα έσοδα από την παραγόμενη (εξοικονομούμενη συμβατική) ενέργεια, είτε μέσω σύμβασης για ενεργειακή διαχείριση είτε μέσω εγγυημένης χρηματοδοτικής μίσθωσης. Με τον τρόπο αυτό μετατοπίζονται οι

τεχνικοί και οικονομικοί κίνδυνοι από την πλευρά του χρήστη προς την εταιρεία παροχής υπηρεσιών. Οι εμπλεκόμενοι φορείς στη μέθοδο αυτή είναι η εταιρεία παροχής υπηρεσιών (Τρίτος), ο χρήστης-πελάτης, διάφοροι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί και οι τυχόν προμηθευτές του εξοπλισμού.

Τέλος και οι περισσότεροι μεγάλοι κατασκευαστές αιολικών μηχανών διαθέτουν οργανωμένους μηχανισμούς χρηματοδότησης μέσω ευρωπαϊκών τραπεζών με ενδιαφέροντες όρους, σε μια προσπάθεια διάθεσης των Προϊόντων τους στα πλαίσια του διεθνούς ανταγωνισμού.

Οι ασκοί του Αιόλου Πηγή Ενέργειας του Μέλλοντος!!!

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ**

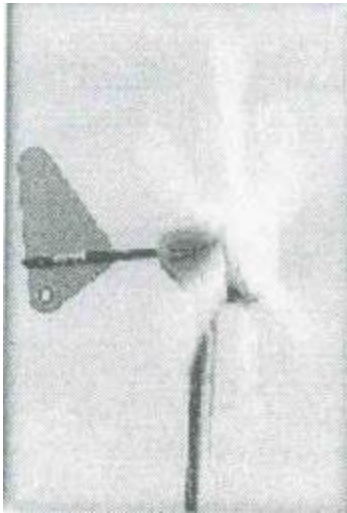
**ΤΥΠΟΙ**

**ΚΑΙ**

**ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

**ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ**

## 5.1 Γενικά



Ο ανεμοκινητήρας από την εποχή της εμφάνισης του μέχρι σήμερα έχει περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο του (οριζοντίου ή κάθετου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματα του (πτερύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, ιτύργος, αυτοματισμοί, γεννήτρια κ.α.).

Εξελίξεις έχουν επίσης σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από την Α/Γ σε άλλη μορφή ενέργειας. Μια εικόνα των βασικών μερών που αποτελούν μια διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας καθώς και της ροής ενέργειας παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2.



σχ.5.2 Σχηματική παράσταση εγκατάστασης εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας

Η διάταξη αυτή είναι μια γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια αεροδυναμικής διάταξης (π.χ. μιας έλικας). Αυτό το μηχανικό έργο

μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμο επί τόπου ή να χρειαστεί να μετατραπεί σε μια άλλη μορφή ενέργειας και να μεταφερθεί στον τόπο της ζήτησης.

Παραδείγματα εκμετάλλευσης της παραγόμενης ενέργειας επί τόπου είναι αυτό της παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση του νερού που μπορεί να αποθηκευτεί, μεταφερθεί, και να καεί ως αέριο καύσιμο με μηδαμινή επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Στη δεύτερη που είναι και πιο ευρέως διαδεδομένη είναι αυτή της μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια λόγω της εύκολης μεταφοράς αλλά και της δυνατότητας που έχει να μετατρέπεται σε οποιαδήποτε άλλη μορφή θέλουμε.

Βέβαια οι μεγάλες διακυμάνσεις της ενέργειας του ανέμου με το χρόνο πολλές φορές έχουν χρονική ασυμφωνία με την ζήτηση ενέργειας με αποτέλεσμα την αναγκαιότητα της αποθήκευσης της ενέργειας για τις χρονικές στιγμές στις οποίες η ισχύς του ανέμου πέφτει κάτω από ένα όριο.

Έτσι ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός συστήματος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας πρέπει να περιλαμβάνει:

1. Μελέτη των χαρακτηριστικών του ανέμου με σκοπό την εκλογή της βέλτιστης τοποθεσίας για την εγκατάσταση της Α/Γ και την πιθανή παραγωγή ενέργειας.
2. Σχεδιασμός της αεροδυναμικής διάταξης που να μετατρέπει κατά τον αποδοτικότερο τρόπο την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανικό έργο.
3. Μελέτη της περίπτωσης μετατροπής του μηχανικού έργου σε άλλη πιο συμφέρουσα μορφή ενέργειας και βέλτιστο σχεδιασμό του συστήματος μετατροπής του μηχανικού έργου του δρομέα.
4. Εύρεση του καλύτερου τρόπου αντιμετώπισης των διακυμάνσεων της ενέργειας του ανέμου.
5. Μελέτη του βέλτιστου τρόπου μεταφοράς, αν απαιτείται

6. Διεύρυνση της καλύτερης προσαρμογής της μεταβαλλόμενης παραγωγής ενέργειας του συστήματος προ την κατανάλωση.

Όλα τα παραπάνω για να είναι εφικτά θα πρέπει το τελικό προϊόν που θα διατεθεί στην αγορά κατανάλωσης πάνω από όλα να είναι οικονομικά ανταγωνίσιμο έναντι στις άλλες συμβατικές πηγές ενεργείας έτσι ώστε μια οποιαδήποτε επιστημονική προσέγγιση να μην χάσει την αξία της αλλά και το σκοπό της.



ΣΧ. 5.3

## 5.2 Τύποι Συλλογής της Αιολικής Ενέργειας

Μέχρι σήμερα έχουν επινοηθεί και λειτουργήσει από αρχαιότατων χρόνων περισσότεροι τύποι ανεμομηχανών από οποιαδήποτε άλλο τύπο εφεύρεσης . Οι ανεμοκινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου σε:

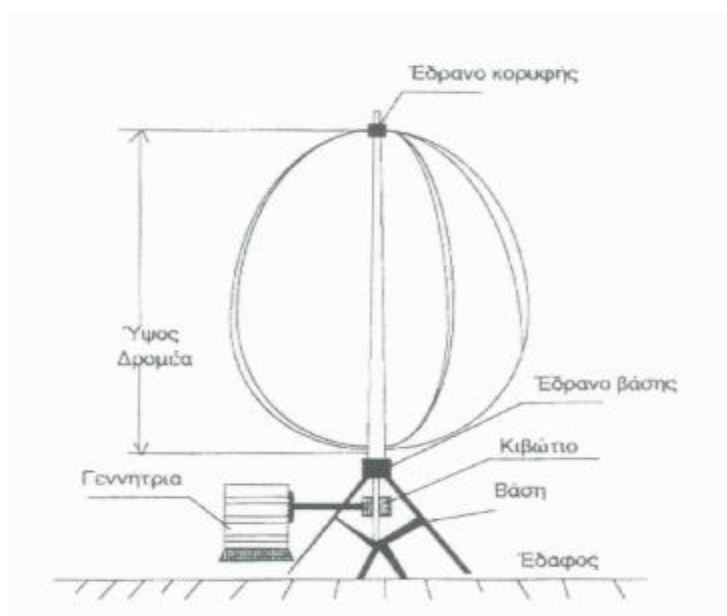
Οριζοντίου άξονα (Head on) στους οποίους ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου (σχήμα 3.)

Οριζοντίου άξονα (Cross Wind) στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της Γης αλλά κάθετος στην κατεύθυνση του ανέμου.



Κάθετου άξονα στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στην επιφάνεια της Γης όπως και στην ροή του ανέμου (Sanonius, Darrieus, Giromill κ.α) Σχ.5.4

Επίσης έχουν επινοηθεί και άλλοι τύποι ανεμομηχανών όπως αυτοί του ηλιακού φωτός, Venturi με διαχυτή ή συγκεντρωτή, αεροτομής και Magnus κ.α.



Σχήμα 5.4: Ανεμοκινητήρας κατακόρυφου άξονα τύπου Darrieus

### 5.3 Περιγραφή Μονάδας Ανεμογεννήτριας

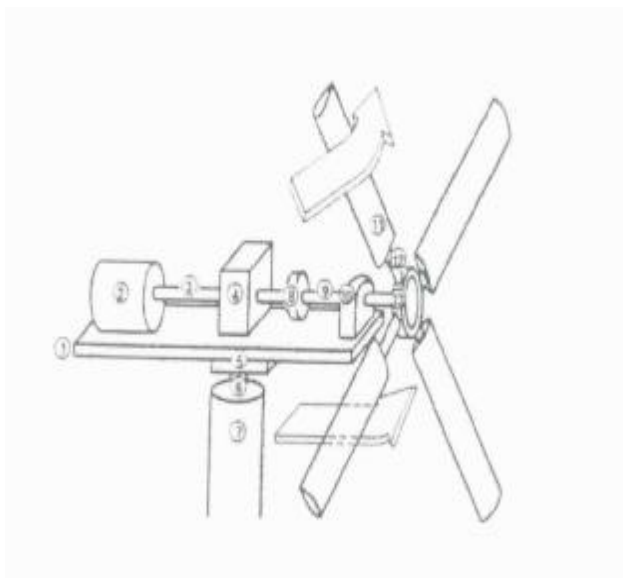


Η περιγραφή αντιστοιχεί σε μια Α/ Γ του τύπου «BW 10» η οποία είναι σχεδιασμένη για να παρέχει ρεύμα 220/150 HZ κυρίως για την εξυπηρέτηση εγκαταστάσεων που η σύνδεσή τους με το δίκτυο της ΔΕΗ δεν είναι δυνατόν να γίνει .Στο (σχήμα 5), που ακολουθεί φαίνεται η

γενική μορφή της ατράκτου της Α/Γ ,η οποία αποτελείται από τα εξής μέρη.

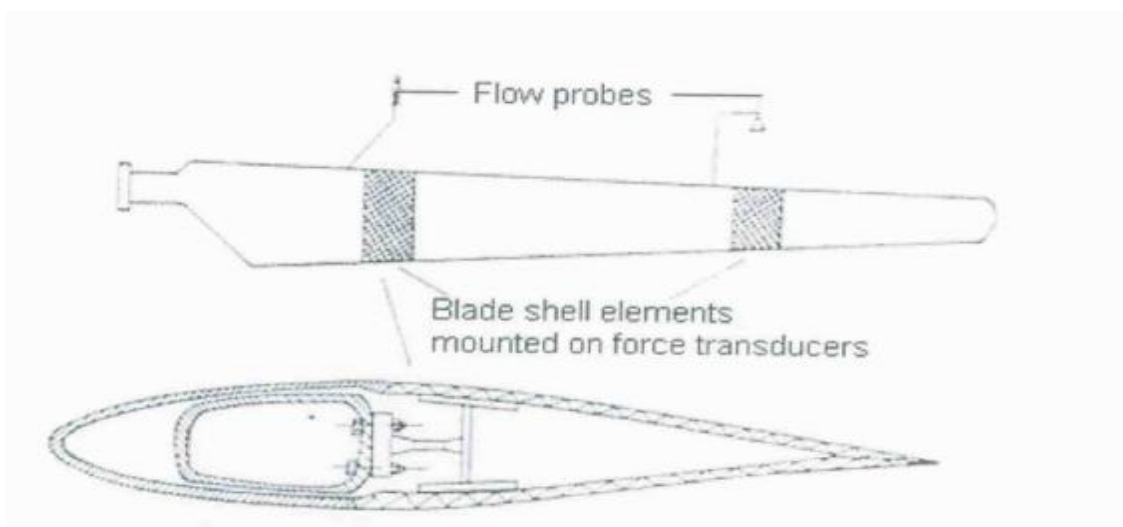
- (1) Πτερύγιο.
- (2) Φυγοκεντρικός μηχανισμός αεροδυναμικού φρένου.
- (3) Πλήμνη.
- (4) Κάλυμμα πλήμνης.
- (5) Πλαίσιο ατράκτου.
- (6) Κιβώτιο πολλαπλασιασμού.
- (7) Δισκόφρενο.
- (8) Υδραυλική μονάδα ελέγχου του φρένου.
- (9) Ελαστικός σύνδεσμος.
- (10) Γεννήτρια
- (11) Μονάδα προσανεμισμού ατράκτου.
- (12) Τράπεζα ολίσθησης.
- (13) Πυλώνας.
- (14) Κάλυμμα ατράκτου

Επίσης στο (σχήμα 5.6 ), το οποίο είναι πιο απλό, φαίνονται καλύτερα τα εξαρτήματα της ατράκτου μιας Α/Γ οριζόντιου άξονα τα οποία είναι:



- (1) Πλαίσιο ατράκτου.
- (2) Γεννήτρια.
- (3) Δευτερογενής κινητήριος άξονας.
- (4) Κιβώτιο πολλαπλασιασμού.
- (5) Έδρανο άξονα.
- (6) Προσκόλληση πυλώνα.

- (7) Πυλώνας.
- (8) Φρένο.
- (9) Κύριος άξονας.
- (10) Κύριο έδρανο άξονα.
- (11) Πτερύγιο, στο (σχήμα 7 φαίνεται η μορφή του).
- (12) Βάση πτερυγίου.
- (13) Πλήμνη.



Σχ.5.7 Ενδεικτική μορφή του πτερυγίου μιας Α/Γ

#### Κίνηση ανεμοκινητήρα:

Η κίνηση του ανεμοκινητήρα αρχίζει λόγω των δυνάμεων και ροπών που ενεργούν στο στρεφόμενο τμήμα του καθώς ο άνεμος διέρχεται δια μέσου του δρομέα. Οι δυνάμεις αυτές μπορεί να οφείλονται στην αντίσταση που ο δρομέας του ανεμοκινητήρα προβάλλει στη ροή του ανέμου ή σε δυνάμεις άνωσης. Οι δυνάμεις αντίστασης έχουν την ίδια φορά με την κατεύθυνση πνοής του ανέμου, ενώ οι δυνάμεις άνωσης έχουν φορά κάθετη προς την κατεύθυνση του ανέμου.

Επίσης είναι γνωστό από την Αεροδυναμική ότι η δύναμη άνωσης που αναπτύσσεται πάνω σε μια αεροτομή (πτέρυγα) που βρίσκεται σε γωνία πρόσπτωσης ως προς το ρεύμα του αέρα είναι πολλαπλάσια της δύναμης αντίστασης που εφαρμόζεται στην αεροτομή. Γι' αυτό και καταρχήν οι

ανεμοκινητήρες των οποίων η λειτουργία βασίζεται στην εκμετάλλευση των δυνάμεων άνωσης είναι αποδοτικότεροι από τους ανεμοκινητήρες των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε δυνάμεις αντίστασης.

#### 5.4 Τυπικές μορφές οριζοντίου άξονα

Η πιο διαδεδομένη μορφή ανεμοκινητήρα που εφαρμόζεται ευρεία στην πράξη είναι ο Α/Κ οριζοντίου άξονα. Ο περιστρεφόμενος μηχανισμός των ανεμοκινητήρων που ονομάζεται δρομέας, μπορεί να έχει ένα πτερύγιο (μονόπτερος) μέχρι και 30 ή και περισσότερα (πολύπτερος). Σε σχέση με την θέση του δρομέα προς τον πύργο στήριξης και την διεύθυνση του ανέμου οι Α/Γ μπορεί να έχουν το δρομέα μπροστά από τον πύργο (ανάντι) πίσω (κατάντι).

Για την μεγιστοποίηση δέσμμευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου απαιτείται το επίπεδο του δρομέα να είναι πάντοτε κάθετο στην κατεύθυνση του ανέμου και γι αυτό το σκοπό στους μεν μικρής ισχύος ανεμοκινητήρες (ανάντι) υπάρχει ένα πτερύγιο που ευθυγραμμίζει τον άξονα του δρομέα στον άνεμο στους δε μεγάλους η ευθυγράμμιση γίνεται μέσω υδραυλικών συστημάτων (σερβομηχανισμού).

Ο πύργος στήριξης της Α/Γ μπορεί να είναι σωληνωτού τύπου, τύπου δικτυώματος, ή να στηρίζεται με ειτίτομα (συρματόσχοινα). Ο δρομέας του ανεμοκινητήρα δεν πρέπει να ξεπερνάει κάποια μέγιστη γωνιακή ταχύτητα για λόγους προστασίας των πτερυγίων από μηχανικές καταπονήσεις που προέρχονται από φυγόκεντρες δυνάμεις. Για την προστασία αυτή έχουμε διάφορους αυτοματισμούς όπως η αεροπέδη στα ακροπτερύγια ,γωνιακή στροφή του δρομέα κ.α.

## 5.5 Χαρακτηριστικά Α/Γ οριζοντίου άξονα

### 5.5.1 Δρομέας

Ο σχεδιασμός του δρομέα είναι ίσως το πιο βασικό ζήτημα στη απόδοση όλου του μηχανήματος. Στόχος είναι να βρεθεί ένας βέλτιστος συνδυασμός των διαφόρων παραμέτρων που συνθέτουν τον δρομέα : ταχύτητα περιστροφής, διάμετρος δρομέα, αριθμός πτερυγίων, κατανομή πλάτους πτερυγίου, κατάλληλη αεροτομή, συστροφή κ.α. Τα κριτήρια επιλογής είναι η μεγιστοποίηση της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας και η ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής.

Η διάμετρος του δρομέα θα εξαρτηθεί από την ονομαστική ισχύ της μηχανής και το αιολικό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης του ανεμοκινητήρα. Η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα επιλέγεται έτσι ώστε ο λόγος ταχύτητας ακροπτερυγίου προς την ονομαστική ταχύτητα του ανέμου να βρίσκεται στην περιοχή της βέλτιστης τιμής συντελεστή ισχύος της Α/Γ. Η κατανομή του πλάτους των πτερυγίων θα προκύψει από τη βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής σχεδίασης του δρομέα ενώ το πλήθος των πτερυγίων (η στερεότητα του δρομέα) θα εξαρτηθεί από το είδος της εφαρμογής του ανεμοκινητήρα.

Ανάλογα με τη μορφή του δρομέα διακρίνουμε δύο διαφορετικούς τύπους:

#### Πολυπτέρυγους

Χαρακτηριστικό των δρομέων αυτών είναι η μικρή διάμετρος, η μικρή περιφερειακή ταχύτητα, και η μεγάλη ροπή. Στο παρελθόν κατασκευάστηκαν σε βιομηχανική κλίμακα πολυπτέρυγοι ανεμόμυλοι (Αμερικάνικού τύπου) και βρήκαν πλατιά εφαρμογή στην άντληση νερού. Η κατασκευή τέτοιων μηχανών καθώς και η έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή τείνουν να εγκαταλειφθούν κυρίως για τον μικρό

συντελεστή ισχύος και τον κατασκευαστικό περιορισμό της διαμέτρου που έχουν.

Ολυγοπτέρυγους

Οι δρομείς αυτοί έχουν δυο ή τρία πτερύγια (τελευταία κατασκευή δρομέας με ένα πτερύγιο μονόπτερος) , έχουν τη μορφή των πτερυγίων των ελίκων των αεροσκαφών με αρκετή συστροφή από τη βάση με το ακροπτερύγιο και μεταβαλλόμενη χορδή μέχρι με λέπτυνση προς το ακροπτερύγιο.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του δρομέα είναι ο μεγάλος συντελεστής ισχύος και η βέλτιστη λειτουργία του σε μεγάλο σχετικά λόγο ταχυτήτων ακροπτερυγίου  $\lambda$ .

$$\lambda = (\Omega \cdot R) / V$$

Οι αεροτομές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των πτερυγίων παρουσιάζουν μεγάλο συντελεστή άνωσης σε μικρές σχετικά γωνίες πρόσπτωσης ενώ συγχρόνως διατηρούν χαμηλό συντελεστή αντίστασης σε ευρεία περιοχή γωνιών πρόσπτωσης με τυπικό εκπρόσωπο τέτοιων αεροτομών είναι η NACA 4412.

Οι δρομείς αυτοί είναι πιο ταχύστροφοι από τους πολυπτέρυγους δρομείς και ελαφρός οικονομικότεροι παρουσιάζουν ευκολία στην συναρμολόγηση του ανεμοκινητήρα.

Γενικά ο τρίπτερος δρομέας είναι κατά 5% περισσότερο αποδοτικός από τον δίπτερο και τα φορτία που ενεργούν σε κάθε πτερύγιο είναι μικρότερα με υψηλότερο όμως Κόστος κατασκευής.

### 5.5.2 Συμπεριφορά του δρομέα

Μας ενδιαφέρει κυρίως η συμπεριφορά του δρομέα κατά την εκκίνηση όπως και η ροπή εκκίνησης και σε αυτά μας βοηθάνε πολύ τα διαγράμματα του συντελεστή ροπής  $C_m$  επίσης η μελέτη της

συμπεριφοράς του δρομέα σε χρονικά μεταβαλλόμενες Καταστάσεις, όπως η επιτάχυνση, επιβράδυνση, ριπές ανέμου, τυρβώδες πεδίο, αλλά και στο πεδίο που η ταχύτητα αλλάζει με το ύψος από το έδαφος.

### 5.5.3 Ρύθμιση του βήματος

Η ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων ή μέρους τους (Flaps), γίνεται για να έχουμε τις παρακάτω λειτουργίες:

- Εκκίνηση του δρομέα στην κατάλληλη μικρότερη ταχύτητα ανέμου αλλά και
- Εκκίνηση του δρομέα με βήμα που θα μας δώσει τη μέγιστη ροπή
- Διατήρηση της σταθερότητας των στροφών αλλά και
- Μέγιστη απόδοση σε διάφορες ταχύτητες ανέμου με μεταβολή του βήματος
- Περιορισμός της ισχύος σε υψηλές ταχύτητες ανέμου αλλά και
- Παύση της λειτουργίας σε περιπτώσεις με θυελλώδεις ανέμους, ή η ζήτηση του φορτίου να είναι μηδενική.

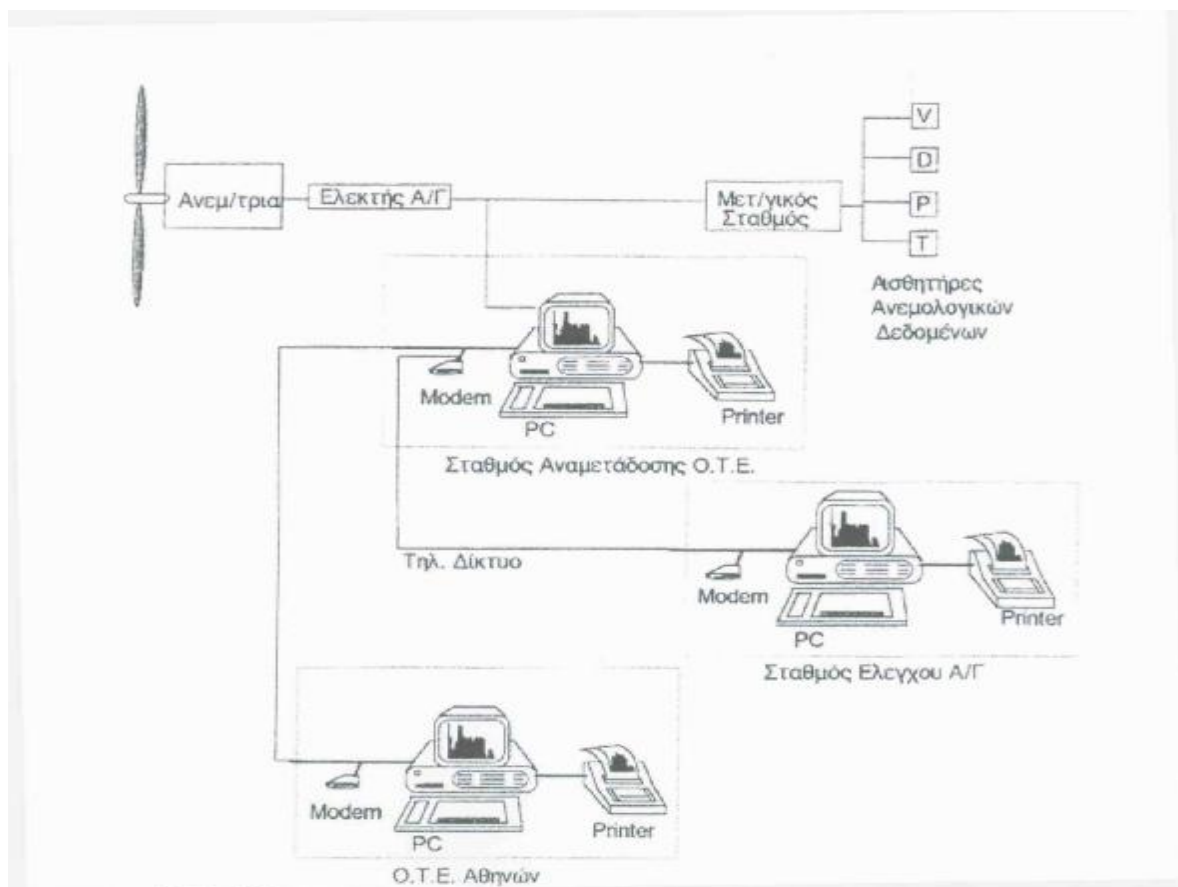
Για να επιτύχουμε αυτές τις ρυθμίσεις χρησιμοποιούμε συστήματα μεταβολής του βήματος του δρομέα έτσι ώστε να έχουμε την ασφαλή λειτουργία του A/K αλλά και τη γρήγορη προσαρμογή του στις εκάστοτε συνθήκες λειτουργίας. Τα συστήματα μεταβολής του βήματος είναι:

#### **1. Υδραυλικά- Μηχανικά**

Είναι από τα παλαιότερα ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού (δεκαετίας 60-70) χρησιμοποιήθηκαν στις περισσότερες κατασκευές της εποχής αρκετά αξιόπιστα αλλά με αρκετά προβλήματα στις ακραίες

καταστάσεις εναλλασσόμενων φορτίων, και χωρίς να εξασφαλίζουν ακρίβεια προσαρμοστικότητας.

## 2. Ηλεκτρονικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου



Σχήμα 5.8: Διάταξη συλλογής, επεξεργασίας & έλεγχος Ανεμολογικών δεδομένων Α/Γ

Αυτά είναι η πιο εξελιγμένη μορφή ελέγχου και τείνουν να αποτελέσουν τη μόνη λύση στις μεσαίες και μεγάλες Α/Γ. Βέβαια και εδώ έχουμε αρκετές μορφές ελέγχου όπως αυτής με ψηφιακά κυκλώματα, προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (P.L.C), και τέλος



τον έλεγχο με συστήματα υπολογιστών που είναι δυνατή η ρύθμιση από ένα λογισμικό αλλά και η παρακολούθηση από κεντρικό σταθμό μέσω μεταφοράς δεδομένων με τις τηλεφωνικές γραμμές (σχήμα 8).

### **3. Σύστημα με Ελαστική Έδραση των Πτερυγίων**

Με τη μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου αλλάζει η ροπή γύρω από τις εδράσεις των πτερυγίων, εκμεταλλευόμενοι αυτό το φαινόμενο βάζοντας στην έδραση των πτερυγίων με την πλήμνη μηχανισμό με ελαστικούς συνδέσμους ή ελατήρια έτσι ώστε μετά από κατάλληλο σχεδιασμό να επιτύχουμε το επιθυμητό βήμα σε κάθε ταχύτητα ανέμου.

### **4 .Σύστημα Αντιβάρων**

Τα αντίβαρα μεταβάλλοντας την απόσταση από τον άξονα ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής έτσι ώστε μέσω ενός μηχανισμού να μεταβάλουν το βήμα και έτσι να ρυθμίζουν τις στροφές και ισχύ.

### **5.6 Υλικά και προβλήματα αντοχής των πτερυγίων**

Τα υλικά κατασκευής των πτερυγίων των δρομέων είναι ποικίλα, (πίνακας 1) σύνθετα αλλά και ιδιαίτερα για το κάθε μέγεθος. Έτσι στους μικρούς ανεμοκινητήρες συναντάμε σαν κύριο υλικό το υαλόνημα και ξύλο με εσωτερική γέμιση την πολυουρεθάνη που είναι ασταθή στα εναλλασσόμενα φορτία ανθεκτικά στη διάβρωση. Στους μεγαλύτερους συναντάμε υαλονήματα με ακτινική και παράλληλη διάταξη σε πολλαπλά στρώματα στους μεγάλους δε χρησιμοποιείται και πάλι τα ίδια υλικά αλλά και ανθρακονήματα κυρίως για την αυξημένη αντοχή στα μεγάλα εναλλασσόμενα φορτία.

<b>ΥΛΙΚΟ</b>	<b>Επιτρεπόμενη</b>	<b>Ποκνότητα</b>	<b>Κόστος</b>
--------------	---------------------	------------------	---------------

	<b>Τάση MPa</b>		<b>(ECY/Kgr)</b>
ΧΑΛΥΒΑΣ	110	7800	5.5-8
ΙΝΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ	100	1400	200
FGRP	45	2000	13
ΞΥΛΟ	12	550	13

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν Οι Α/Γ είναι η εμφάνιση ταλαντώσεων από την επίδραση των εναλλασσόμενων φορτίσεων του ανέμου, με δυσάρεστα και απρόβλεπτα προβλήματα αντοχής των υλικών στην αντιμετώπισή τους ακολουθείται η παρακάτω μελέτη:

Μελέτη των τάσεων και ταλαντώσεων στα περύγια του δρομέα (πειραματικά και θεωρητικά).

Εύρεση κατάλληλων υλικών (συνδυασμός χαμηλού κόστους με αντοχή στις ταλαντώσεις και τάσεις) και τρόπος κατασκευή τους.

### 5.6.1 Συστήματα Προσανατολισμού

Στους μικρούς κυρίως ανεμοκινητήρες για λόγους κόστους χρησιμοποιούμε καθοδηγητικό περύγιο τοποθετημένο πίσω από τον δρομέα παράλληλα με την πλήμνη έτσι ώστε η επιφάνεια της ουράς όσο και η θέση της προς τον άξονα του πύργου επιλέγονται έτσι ώστε σε απόκλιση του ανέμου κατά 10 μοίρες να εξασκείται ριπή επαναπροσανατολισμού του δρομέα στον άνεμο ικανή να υπερνικήσει την αντίρροπη λόγω γυροσκοπικού φαινομένου. Στους μεγάλους Α/Κ σήμερα χρησιμοποιείται σύστημα αυτομάτου ελέγχου της διεύθυνσης του ανέμου με τον ανεμοδείκτη του ανεμογράφου και ένα σερβομηχανισμό που προσανατολίζει ανάλογα τον δρομέα.

Κατά την τοποθέτηση του δρομέα κατάντι του ανέμου έχουμε ευκολότερο σύστημα προσανατολισμού αλλά ο θόρυβος είναι σε υψηλότερα επίπεδα λόγω της σκίασης του πύργου πάνω στον δρομέα αλλά και αυξημένες καταπονήσεις στα πτερύγια λόγω της περιοδικότητας των φορτίσεων τους από την επισκίαση του πύργου καθώς περιστρέφεται ο δρομέας.

Μια άλλη μορφή αρκετά παλιά αλλά περισσότερο εξελιγμένη από το ουραίο πτερύγιο είναι το «ρόδο των ανέμων» όπως ονομάζεται, μια μικρή βοηθητική έλικα κάθετη στον δρομέα, η οποία περιστρεφόμενη με τον αέρα όταν ο δρομέας δεν είναι κάθετος στην διεύθυνση του ανέμου κινεί με γρανάζια τον Α/Κ.

#### 5.7 Κατασκευή του πύργου και θεμελίωσή του

Ο πύργος στήριξης είναι συνήθως από μεταλλικό δικτύωμα ή μια κολόνα από μέταλλο ή μπετόν σε κυκλική ή πολυγωνική μορφή σε κωνικό σχήμα. Πρέπει να έχει το κατάλληλο αεροδυναμικό σχήμα ώστε να παρεμβάλει ελάχιστα στη ροή του ανέμου και να προδίδει την απαραίτητη σταθερότητα και αντοχή στην κατασκευή. Ένα επίσης σημαντικό στοιχείο είναι η ευκολία μεταφοράς και ανέγερσης του στον τόπο εγκατάστασης με τον τύπου δικτυώματος να είναι ευκολότερος στην συναρμολόγηση και ανάρτηση, ελαφρύτερος και οικονομικότερος με προβλήματα θορύβου.

Ο σωληνωτός είναι αισθητικά καλύτερος, προστατεύει όλα τα όργανα της Α/Γ στο εσωτερικό του με εσωτερική σκάλα πρόσβασης στο κουβούκλιο, παρουσιάζει ευκολία στη μεταφορά (και μετά από κάποιο ύψος) και ανέγερση με αρκετά μεγαλύτερο κατασκευαστικό κόστος αλλά έχει όμως χαμηλή ιδιοσυχνότητα (μικρότερη απ' αυτή του δρομέα) γι' αυτό και η περιοχή της ιδιοσυχνότητάς του πρέπει να ξεπερνιέται

γρήγορα κατά την εκκίνηση του δρομέα για αποφυγή φαινομένων συντονισμού μαζί του.

Επίσης στην περίπτωση του μεταλλικού πύργου επιβάλλεται η προστασία του έναντι της διάβρωσης με εν θερμό επιψευδαργύρωση είτε με ειδική βαφή.

Το ύψος του δρομέα πάνω από το έδαφος εξαρτάται από την μορφή και την ταχύτητα του εδάφους (μορφή οριακού στρώματος) , τα τυχόν εμπόδια στη ροή του αέρα (κτίρια, δέντρα κ.α.). Η εκλογή του ύψους είναι θέμα κόστους γιατί από την μια έχουμε την αύξηση της ταχύτητας του εκμεταλλεύσιμου ανέμου από την άλλη δε την αύξηση τους κόστους της κατασκευής.

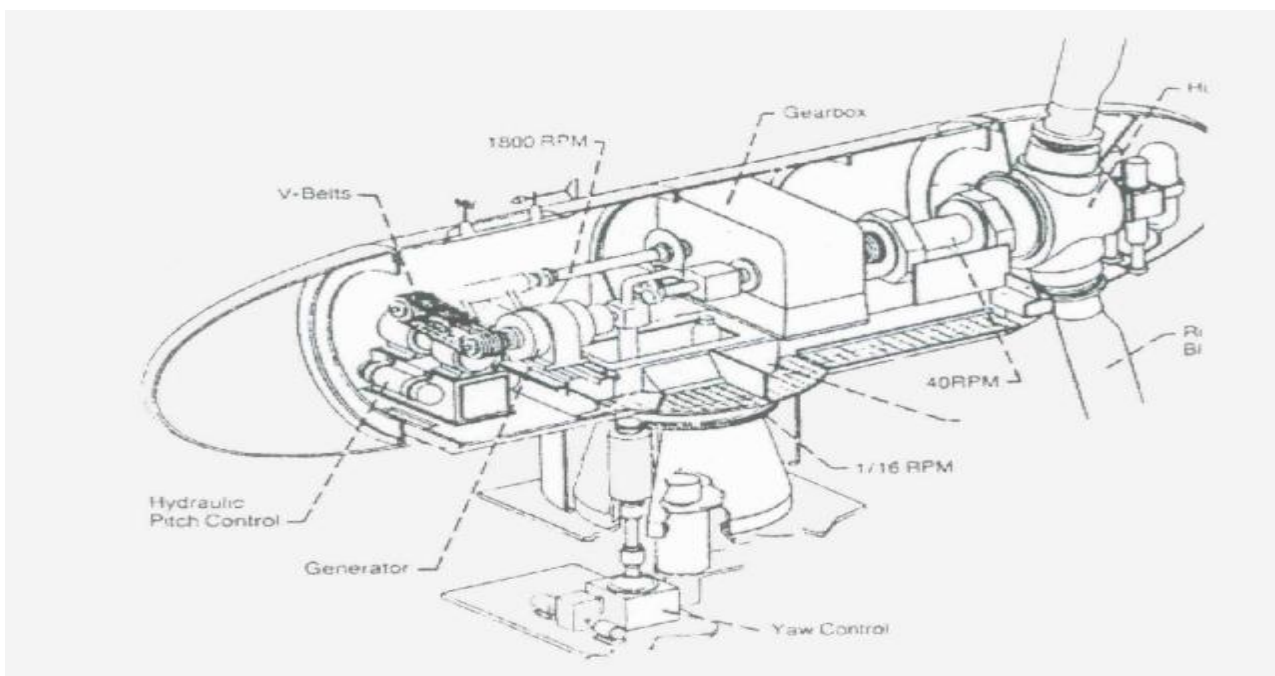
#### 5.8 Πλήμνη και κύριος άξονας της Α/Γ

Η πλήμνη μεταφέρει την μηχανική ισχύ από τα πτερύγια στον κύριο άξονα της Α/Γ. Κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο ή χάλυβα αποφεύγοντας συγκολλήσεις σε οποίες μπορούν να αποτελέσουν σημεία αδυναμίας της κατασκευής.

Στους δίπτερους δρομείς μεγάλης διαμέτρου επιβάλετε, για την μικρότερη καταπόνηση του άξονα, να διαθέτει η πλήμνη ειδική διάταξη που να επιτρέπει την περιστροφή των πτερυγίων υπό μικρή γωνία ως προς το κατακόρυφο επίπεδο. Το είδος αυτό της πλήμνης λέγεται αιωρούμενη πλήμνη (Teetering hub).

Ο κύριος άξονας μεταφέρει τη μηχανική ισχύ του δρομέα στο κιβώτιο πολ/σμού στροφών. Είναι συμπαγής ή κοίλος και κατασκευάζεται από χάλυβα υψηλής αντοχής με κύριες προσμίξεις χρώμιο, νικέλιο, και μολυβδένιο. Στο ένα άκρο του καταλήγει σε σχήμα φλάντζας μέσω της οποίας συνδέεται με την πλήμνη ενώ στο άλλο εδράζεται το κιβώτιο πολ/σμού στροφών.

Στηρίζεται σε δύο έδρανα μέσω των οποίων μεταφέρονται οι ακτινικές, και ωστικές δυνάμεις στην άτρακτο και από εκεί διά του πύργου στη θεμελίωση. Για τον περιορισμό του όγκου και βάρους της κατασκευής ο κύριος άξονας μπορεί, να συνδεθεί απευθείας στο κιβώτιο πολ/σμού στροφών χωρίς την παρεμβολή εδράνων το κιβώτιο όμως Πρέπει να είναι μεγαλύτερης ισχύος επειδή δέχεται απευθείας τα φορτία του δρομέα και συνεπώς δαπανηρότερο (σχήμα 5.9).



Σχ.5.9 Το κουβούκλιο Α/Γ με την πλήμνη και τον κύριο άξονα χαμηλών και υψηλών στροφών

### 5.9 Συστήματα πέδησης της πλήμνης

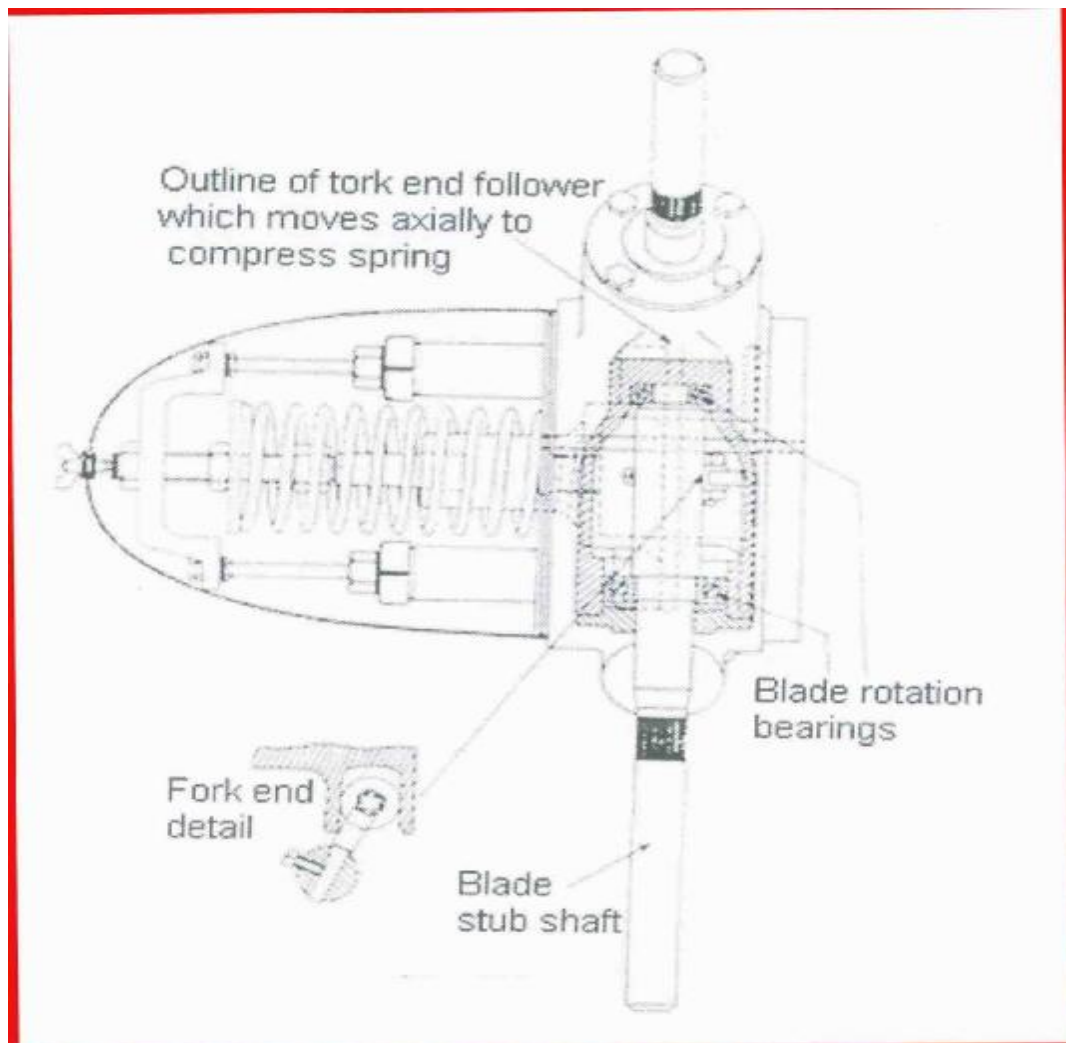
Υπάρχουν αρκετοί τρόποι επιβράδυνσης του δρομέα ενός ανεμοκινητήρα όπως:

- Μεταβολή του βήματος του πτερυγίου ή του ακροπτερυγίου ή και ενεργοποίηση της αεροπέδης στο ακροπτερύγιο.
- Στροφή του ίδιου του δρομέα παράλληλα με το ρεύμα του ανέμου

- Αύξηση της αεροδυναμικής αντίστασης του πτερυγίου
- Πέδηση του άξονα

Είναι φανερό ότι ο προτιμότερος τρόπος ακινητοποίησης της μηχανής είναι η σταδιακή μείωση των αεροδυναμικών φορτίων της με παράλληλη αύξηση της αντίρροπης έτσι ώστε δεν αναπτύσσονται κρουστικά φορτία στη φάση της πέδησης (σχήμα 5.10.)

Περίπτωση αστοχίας των μηχανισμών ρύθμισης του βήματος των πτερυγίων απαιτείται η πέδηση που γίνεται με δισκόφρενο αυτόματα στον υψηλόστροφο άξονα της μηχανής (αυτόν μετά από την έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων) ώστε η απαιτούμενη ροπή πέδησης να είναι αρκετά



μικρή.

Σχήμα 5.10. Φυγοκεντρικό σύστημα μεταβολής του βήματος

## 5.10 Κιβώτιο Πολ/σμού στροφών

Αυτό μεταφέρει την μηχανική ισχύ από τον κύριο άξονα της Α/Γ στην γεννήτρια μέσω συστήματος οδοντωτών τροχών. Επειδή η ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας είναι συνήθως 1000 - 1500 rpm και η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα μικρότερη από 50 η σχέση μετάδοσης του κιβωτίου είναι από 20 έως 50. Περιλαμβάνει δύο ή τρεις βαθμίδες οδοντωτών τροχών παραλλήλων αξόνων ελικοειδούς οδόντωσης για περιορισμό του θορύβου.

Στις Α/Γ μεγάλης ισχύος (τάξεως του MW) προτιμάτε η χρήση πλανητικού κιβωτίου λόγω του μικρότερους βάρους, μικρότερου όγκου και του μεγαλύτερου βαθμού δπόδοσης. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται σύγκριση των δύο τύπων κιβωτίου προοριζόμενα για Α/Γ 750 KW.

<b>κιβώτια πολ/σμου στροφών</b>	<b>Παράλληλων αξόνων</b>	<b>Πλανητικό</b>
Βάρος	700 kgr	5000 kgr
Διαστάσεις	2.4 x 1.5 m	1.3 x 1.3 m
Ποσότητα λαδιού Λίπανσης	825 lit	190 lit
Σχετικό κόστος	1	0.6

*Πίνακας 1 : Σύγκριση κιβωτίων παραλλήλων αξόνων και πλανητικού τύπου*

Η σχεδίαση και κατασκευή του κιβωτίου πρέπει να είναι κατάλληλη για την αντιμετώπιση των απότομων μεταβολών της ροπής του δρομέα που προέρχονται από τις ριπές του ανέμου. Για λόγους ασφαλείας η ονομαστική ισχύς του κιβωτίου λαμβάνεται 1.5 έως 2 φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική ισχύ της γεννήτριας της Α/Γ. Για την εξομάλυνση της μηχανικής ροπής και κατ επέκταση της παραγόμενης ισχύος συνήθως η εδράσει του κιβωτίου επιτρέπει την ταλάντωση του. Το κιβώτιο εδράζεται στον κύριο άξονα της Α/Γ αλλά το κέλυφος του μπορεί να

στραφεί γύρω από αυτόν κατά μια μικρή γωνία. Σε άλλες περιπτώσεις η σύνδεση μεταξύ άξονα και κιβωτίου γίνεται με πτυσσόμενο δίσκο (Shrink Disk).

### 5.11 Ηλεκτρολογικό σύστημα Α/Γ

Το ηλεκτρολογικό σύστημα της Α/Γ περιλαμβάνει:

- α. την ηλεκτρική γεννήτρια
- β. μικρούς κινητήρες (π.χ. τον κινητήρα προσανατολισμού)
- γ. αυτόματους διακόπτες και ασφάλειες

#### 5.11.1 Η γεννήτρια

Συνδέεται μέσω εύκαμπτων καλωδίων με τη βάση του πύργου της Α/Γ όπου βρίσκεται ο πίνακας διακοπών και ασφαλειών. Από τον πίνακα αυτό εν συνεχεία αναχωρούν καλώδια προς την κατανάλωση. Στην περίπτωση σύνδεσης της Α/Γ σε υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο, μεταξύ της Α/Γ και του δικτύου παρεμβάλλεται μετασχηματιστής ανύψωσης της τάσης. Στα νησιά του Αιγαίου η σύνδεση των Α/Γ γίνεται με γραμμές Μέσης Τάσης δηλ. 15 - 20 KV.

Οι συνηθέστεροι τύποι γεννητριών είναι:

#### **1. ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ**

Αυτή παρέχει την περισσότερο οικονομική λύση, έχει απλή κατασκευή (απουσία ψηκτρών στον δρομέα), εύκολη σύνδεση με το δίκτυο και απουσία ταλαντώσεων συχνότητας αποτελούν σοβαρά πλεονεκτήματα. Διεγείρεται παίρνοντας ρεύμα μαγνητίσεις από το δίκτυο στο οποίο παραλληλίζεται. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα όταν



ή εγκαταστημένη ισχύς είναι μικρότερη από την ισχύ του δικτύου. Εμφανίζονται όμως προβλήματα όταν η εγκατεστημένη ισχύς είναι συγκρίσιμη με την ισχύ του δικτύου.

Όταν η Α/Γ είναι συνδεδεμένη σε ηλεκτρικό δίκτυο τότε η άεργος ισχύς προσφέρεται από το δίκτυο. Συνήθως εγκαθίστανται επιπλέον στον πίνακα της Α/Γ πυκνωτές για την κάλυψη μέρους της άεργου ισχύος συμβάλλοντας έτσι στη βελτίωση του λεγόμενου συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης.

Αν η Α/Γ λειτουργεί αυτόνομα (μη συνδεδεμένη σε ηλεκτρικό δίκτυο) αλλά τροφοδοτεί μια χρονικά μεταβαλλόμενη κατανάλωση, η λειτουργία της γεννήτριας είναι προβληματική λόγω της δυσκολίας της ρύθμισης της άεργου ισχύος μέσω συστήματος πυκνωτών. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται σύγχρονες ή συνεχούς ρεύματος γεννήτριες.

## **2. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ**

Έχει το πλεονέκτημα της αυτοδιέγερσης γεγονός που επιτρέπει την χρησιμοποίηση της όταν η εγκατεστημένη ισχύς είναι περίπου ίση με την ισχύ του δικτύου. Εκτός από την μηχανική ρύθμιση ισχύος στην περύγωση η οποία είναι απαραίτητη ανεξάρτητα από το είδος της γεννήτριας η σύγχρονη γεννήτρια απαιτεί και ηλεκτρική ρύθμιση ισχύος γιατί όταν για μια συγκεκριμένη φόρτιση (χωρική, επαγωγική, ωμική) τα Κ του φορτίου είναι συνάρτηση του ρεύματος διέγερσης όταν η τάση στα άκρα της είναι σταθερή.

Το βασικό όμως πρόβλημα της σύγχρονης γεννήτριας είναι ότι για να διατηρούνται οι στροφές σταθερές απαιτούνται συστήματα αυτομάτου ελέγχου τα οποία και πολύπλοκα είναι και δαπανηρά.

## **2. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥΣ ΠΟΛΟΥΣ**

Χρησιμοποιούνται κυρίως για αυτόνομες οικιακές εφαρμογές απαιτούν συσσωρευτή “εκκίνησης” για την διέγερσή του και οι απώλειες του τυλίγματος δεν υπερβαίνουν για μικρές γεννήτριες το 5 έως 10% της ονομαστικής λειτουργίας τους.

Βέβαια μετά από μεγάλη διακύμανση του ανέμου οι στροφές αυξομειώνονται με συνέπεια οι μέσες απώλειες του τυλίγματος διέγερσης να φθάνουν το 20 έως 30% εκτός και αν παρέχεται ρεύμα στη διέγερση πάνω από μια ταχύτητα ανέμου.

Με την εύρεση νέων μαγνητικών υλικών (Hera, ferrite Magnadur) δίνουν τη δυνατότητα στις μηχανές αυτές να λειτουργούν σε συνθήκες κόρου του σιδηρομαγνητικού υλικού. Επίσης έχουν τη δυνατότητα να κατασκευαστούν με μεγάλο αριθμό πόλων και έτσι περιορίζεται σημαντικά η απαιτούμενη σχέση μετάδοσης 1:1 (π.χ.250 στρ/λ.). Αυτό σημαίνει πλήρη απουσία του κιβωτίου πολ/σμου στροφών με την αντίστοιχη μείωση του κόστους. Στη δισκοειδή της μορφή καταλαμβάνει ένα μικρό εγκάρσιο μήκος και μπορεί να τοποθετηθεί σ’ ένα οριζόντιο άξονα με τον δρομέα να αποτελούν ένα ενιαίο συμπαγές σύνολο.

### **3. ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

Οι μηχανές Σ.Ρ. είναι πολύ περισσότερο εύκολο να ελεγχθούν απ’ ότι οι μηχανές Ε.Ρ. και συνεπώς από την πλευρά αυτή προσφέρονται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο και κυρίως για μικρές αυτόνομες μονάδες. Στην περίπτωση αυτή ή τροφοδοτούν απ’ ευθείας συσκευές συνεχούς ρεύματος ή φορτίζουν συσσωρευτές, που με τη βοήθεια Inverter μετατρέπεται το ρεύμα σε εναλλασσόμενο για την τροφοδότηση συνηθισμένων οικιακών συσκευών. Βέβαια παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα και κυρίως η ευπάθεια και συντήρηση του

συστήματος ψηκτρών - συλλέκτη, αλλά το μικρό κόστος και η ευκαμψία τους τις έχει καθιερώσει σε αυτές τις εφαρμογές.

### 5.12 Μικροί κινητήρες

Ο κινητήρας προσανατολισμού είναι ασύγχρονος τριφασικός και ισχύος 1 KW στρεφόμενος και κατά τις δυο φορές περιστροφής δια εναλλαγής των φάσεων. Σε νεότερες μηχανές οι κινητήρες αυτοί είναι υδραυλικοί με καλύτερη απόκριση και ακρίβεια, μα με υψηλότερο κόστος.

### 5.13 Αυτόματοι διακόπτες και Ηλ. συσκευές

Στον ηλεκτρικό πίνακα της Α/Γ είναι τοποθετημένοι αυτόματοι διακόπτες για το άνοιγμα ή κλείσιμο των κυκλωμάτων κατόπιν εντολών που προέρχονται από το σύστημα ελέγχου της Α/Γ, ασφάλειες για την προστασία του ηλεκτρικού της κυκλώματος έναντι υπερέντασης βραχυκυκλώματος και το σύστημα ελέγχου της.

Το σύστημα ελέγχου της Α/Γ σε νεότερη μορφή, μπορεί να αποτελείται από PCL ή μικρούς υπολογιστές (eprom). Στις μικρές εφαρμογές για την μετατροπή του DC σε AC από τις μπαταρίες χρησιμοποιούνται συσκευές Inverter ώστε να κάνουν δυνατή τη χρήση οικιακών συσκευών εναλλασσόμενου ρεύματος.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ**

## **ΕΠΙΛΟΓΗ**

### **ΘΕΣΗΣ**

#### **ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

#### **ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ**

## ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ (ΜΗΧΑΝΗΣ Η ΠΑΡΚΟΥ)

### 6.1 Παράγοντες επιλογής

Τα κριτήρια με τα οποία επιλέγεται η θέση στην οποία θα στηθεί η αιολική εγκατάσταση είναι τα εξής:

- Το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό της περιοχής

Η τήρηση των βασικών ανεμολογικών κριτηρίων προϋποθέτει την επιλογή τοποθεσίας όπου έχουμε υψηλή μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου, αιολικό δυναμικό υψηλής ποιότητας δηλαδή μεγάλη διάρκεια ισχυρών ανέμων και περιορισμένη ύπαρξη περιόδων νηνεμίας, απουσία αποφράξεων του ανέμου καθώς και υψηλών εμποδίων.

- Οικονομικά συμφέρουσα παραγωγή ενέργειας

Στόχος κάθε εγκατάστασης είναι η παραγωγή φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας και μάλιστα φθηνότερης από την ήδη παραγόμενη από συμβατικά καύσιμα. Σε εγκαταστάσεις συνδεδεμένες με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο οι Α/Γ χρησιμοποιούνται για την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας). Γι' αυτό πρέπει να γνωρίζουμε το κόστος παραγωγής ενέργειας εκ μέρους των συμβατικών σταθμών, το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται, τις ώρες που χρησιμοποιούνται οι μηχανές και τη περίοδο του έτους που έχουμε τη μέγιστη αιολική ισχύ. Δεν πρέπει να αγνοείται η συνεισφορά των αιολικών σταθμών στο τοπικό δίκτυο. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια συνυπολογισμού του κοινωνικού κόστους στον υπολογισμό της τελικής τιμής της ενέργειας.

Πρέπει επίσης να συνυπολογιστεί το κόστος αρχικής εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας γεγονός που ευνοεί περιοχές ευκόλως προσπελάσιμες (με καλό οδικό δίκτυο). Στη περίπτωση μεταφοράς της

ενέργειας η περιοχή πρέπει να είναι κοντά σε στις γραμμές μεταφοράς της ενέργειας του τοπικού δικτύου.

- Επιπτώσεις στο περιβάλλον από την εγκατάσταση

Η οπτική αισθητική της περιοχής παίζει σημαντικό ρόλο π.χ. σε περιπτώσεις μηχανών άνω των 500 kW, ύψος πύργου 50m το αισθητικό αποτέλεσμα επηρεάζει αρνητικά. Στόχος είναι η επίτευξη οπτικής ομοιομορφίας για να μη διαταράσσεται η αρμονία της περιοχής. Λέγοντας οπτική ομοιομορφία εννοούμε ομοιότητα διαστάσεων δρομέα και υπερκατασκευής καθώς και ύψους πύργου στήριξης. Θεωρείται σκόπιμη η διατήρηση περιστροφής των πτερωτών των μηχανών για το μεγαλύτερο δυνατό διάστημα ενώ οι ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων πρέπει να φροντίζουν τη συντήρηση των μηχανών και την αντικατάσταση τυχόν κατεστραμμένων μηχανημάτων.

Η επίδραση στα πουλιά. Αν αποφευχθούν οι περιοχές που αποτελούν περάσματα για πουλιά δεν θα μειωθεί ο πληθυσμός των πτηνών και θα μειωθεί ο αριθμός των καταστραμμένων πτερυγίων.

Η ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση δημιουργείται λόγω της ανάκλασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια. Η αντικατάσταση των μεταλλικών πτερυγίων από πλαστικά είναι η λύση του προβλήματος. Στη χώρα μας για να εκδοθεί άδεια εγκατάστασης θα πρέπει να υπάρχει βεβαίωση από την αρμόδια Νομαρχία ότι η αιολική εγκατάσταση απέχει 1 χλμ από αναμεταδότες της EPT ή του ΟΤΕ ή έγγραφη συναίνεση αυτών των οργανισμών.

Το πρόβλημα του θορύβου αποτελεί τη μόνη σημαντική επιβάρυνση για το περιβάλλον. Ο θόρυβος χωρίζεται σε δυο κατηγορίες στον μηχανικό που έχει να κάνει με το κιβώτιο μετάδοσης, την ηλεκτρογεννήτρια και τα έδρανα στήριξης και αντιμετωπίζεται με τη χρήση ηχομονωτικών πετασμάτων και αντικραδασμικών πελμάτων, ή τη χρήση πλάγιας αντί ευθείας οδόντωσης στους οδοντωτούς τροχούς του

κιβωτίου μετάδοσης και στον αεροδυναμικό που αντιμετωπίζεται με κατάλληλο σχεδιασμό της Α/Γ. Πολλοί κατασκευαστές προτείνουν τη επιλογή της «νυχτερινής λειτουργίας» με μείωση των στροφών της πτερωτής για τη μείωση του θορύβου αλλά αυτό συνεπάγεται και τη μείωση της παραγόμενης ενέργειας.

Για την επιλογή της τοποθεσίας εφαρμόζεται η πολυκριτηριακή μέθοδος η οποία αποτελείται από 4 βήματα:

Βήμα 1 : Γίνεται αξιολόγηση των υποψήφιων περιοχών με βάση την ποιότητα του αιολικού τους δυναμικού μετά από διαδικασία έρευνας.

Βήμα 2: Γίνεται επιλογή των υποψήφιων περιοχών.

Βήμα 3 : Γίνεται ιεράρχηση των προτεινόμενων θέσεων και επιλέγεται ένας μικρότερος αριθμός για αναλυτικότερη έρευνα

Βήμα 4: Γίνονται επί τόπου μετρήσεις αιολικού δυναμικού, τα αποτελέσματα πρέπει να έχουν τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Για το προσδιορισμό του κόστους της εγκατάστασης απαιτούνται προκαταρκτικά τοπογραφικά σχέδια και αναλυτική οικονομική μελέτη των υποψηφίων θέσεων. Τέλος επιλέγεται η κατάλληλη θέση.

- Κανονισμοί και περιορισμοί από τη χρήση της γης

Δεν ευνοείτε η εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε περιοχές, οι οποίες : είναι αρχαιολογικοί χώροι, αποτελούν χώρους φυσικού κάλλους ή παραδοσιακούς οικισμούς. είναι: αεροδρόμια, περιοχές τηλεπικοινωνίας, δασικές εκτάσεις, οικιστικών περιορισμών περιοχές, στρατιωτικές περιοχές. Επίσης αποφεύγονται περιοχές με έντονη σεισμικότητα, καθώς και περιοχές με προβλήματα κατολισθήσεων, βραχώδεις, που δυσχεραίνουν την προσπάθεια μεταφοράς και θεμελίωσης των μηχανών. Αντίθετα θα πρέπει να συνυπολογιστεί θετικά κάθε επενδυτικό κίνητρο και κάθε αναπτυξιακός νόμος ο οποίος πιθανόν θα ενθαρρύνει την εγκατάσταση Α/Γ σε συγκεκριμένες περιοχές. Η δημιουργία αιολικού

πάρκου θα οδηγήσει στη δημιουργία έργων υποδομής και την άφθονη παραγωγή της ενέργειας.

- Αποδοχή της ανεμογεννήτριας από το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο

Πρέπει να δοθεί προσοχή η απομονωμένη λειτουργία τμημάτων του δικτύου. Θα πρέπει να αποφευχθεί η κατευθείαν σύνδεση καταναλωτών με το αιολικό πάρκο χωρίς τη μεσολάβηση συστήματος ελέγχου ενώ επιθυμητή είναι η σύνδεση της ηλεκτρικής εξόδου του πάρκου σε κομβικό σημείο του δικτύου, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα απορρόφησης τυχόν διακυμάνσεων τάσης στα χαρακτηριστικά του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος.

Υπάρχει και ο περιορισμός στο μέγεθος των αιολικών πάρκων που εγκαθίσταται. Για να εξασφαλιστεί η απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας η ΔΕΗ δεν δίνει προέγκριση εγκατάστασης σε περιπτώσεις που η αιολική ισχύς φτάνει και ξεπερνά το 30% της μέγιστης ηλεκτρικής ζήτησης του δικτύου κατά το προηγούμενο έτος.

- Αντιμετώπιση ακραίων τοπικών καιρικών συνθηκών

Λέγοντας ακραίες τοπικές συνθήκες εννοούμε παγετό, υγρασία, βροχοπτώσεις.

Η επικάθιση πάγου προκαλεί ισχυρές δυναμικές και στατικές καταπονήσεις, Θα πρέπει να καθαριστούν τα πτερύγια, συχνοί παγετοί μειώνουν τη διαθεσιμότητα της εγκατάστασης, καταστρέφουν τα ανεμόμετρα της μηχανής, προκαλούν βλάβες στο σύστημα ελέγχου. Η υγρασία και οι βροχοπτώσεις επιδρούν σημαντικά στη συμπεριφορά της μηχανής. Αυξημένη υγρασία επιταχύνει τα φαινόμενα οξείδωσης και διάβρωσης της μηχανής. Η υψηλή θερμοκρασία επίσης επηρεάζει αρνητικά την απόδοση της μηχανής ειδικά της μηχανής ελέγχου βήματος. Οι ισχυροί άνεμοι μπορούν να προκαλέσουν φθορά ως και σπάσιμο των πτερυγίων.



Η έντονη τύρβη τη περιοχής έχει σαν συνέπεια την μεταβολή του μέτρου και της διεύθυνσης του ανέμου. Οι διαρκείς αυτές μεταβολές προκαλούν κόπωση στα μηχανικά εξαρτήματα της μηχανής, με αποτέλεσμα τη μείωση της ζωής της ανεμογεννήτριας και σαφώς μείωση της αποδιδόμενης ισχύος και μετατόπιση του σημείου ονομαστικής λειτουργίας της ανεμογεννήτριας σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Τα μεταφερόμενα υλικά από τον άνεμο προκαλούν αλλοιώσεις στα μηχανικά μέρη της μηχανής. Οι μηχανές που εγκαθίστανται σε παραθαλάσσιες περιοχές κινδυνεύουν από διάβρωση, διότι ο αέρας σ' αυτές τις περιοχές έχει υψηλή ποσότητα αλάτων. Η άμμος, το χαλίκι, η σκόνη προκαλούν βλάβες στα πτερύγια, στα προστατευτικά καλύμματα. Γι' αυτό πολλά μέρη της Α/Γ πρέπει να έχουν ισχυρή αντισκωριακή προστασία. Η σταθερότητα των πνεόντων ανέμων συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της καταπόνησης της μηχανής. Η αλλαγή τόσο της του μέτρου όσο και της διεύθυνσης του ανέμου προκαλεί ισχυρά καμπτικά φορτία στα πτερύγια.

- Αποδοχή της ανεμογεννήτριας από το κοινό

Είναι πολλοί αυτοί που αποδέχονται τις νέες εφαρμογές της τεχνολογίας αρκεί αυτές να μην είναι κοντά στα σπίτια τους. Γενικά ο παράγοντας αυτός είναι πολύ σημαντικός. Πιστεύουμε ότι αν ακολουθηθούν όλοι οι κανόνες για τη σωστή και αισθητική εγκατάσταση των μηχανών και την μετέπειτα ορθή λειτουργία και συντήρηση τους, θα τύχουν μεγαλύτερης αποδοχής από το κοινό.

### 6.1.1 Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή θέσης Α/Γ

Εκτός από τον προσδιορισμό της τοποθεσίας με το καλύτερο αιολικό δυναμικό πρέπει να ελέγξουμε αν πληρεί και άλλες προϋποθέσεις όπως οι

επιδράσεις στο περιβάλλον, γενικοί κανονισμοί, μετεωρολογικά προβλήματα, θέση εγκατάστασης κ.α.

Οι επιδράσεις των Α/Γ είναι μικρές ωστόσο σε μεμονωμένες περιπτώσεις μπορεί να έχουν αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον. Τα κυριότερα σημεία που πρέπει να προσέξουμε είναι:

- Οπτικοακουστική επίδραση. Η εγκατάσταση μιας τεράστιας Α/Γ σε μια κλειστή περιοχή περιτριγυρισμένη από βουνά δημιουργεί ηχητική αλλά και οπτική επιβάρυνση στο περιβάλλον με αποτέλεσμα να μην γίνεται αποδεκτή από το κοινό. Προβλήματα παρόμοιου τύπου αντιμετωπίζουν στην Δανία όπου κανένας δεν θέλει να έχει δίπλα από το σπίτι του εγκατάσταση ανεμογεννήτριας. Αντιθέτως σε μια έρημη και αχανή έκταση θα έλυνε τα προβλήματα.
- Επιδράσεις στα πουλιά. Σκόπιμο κρίνεται η αποφυγή των νυκτερινών περασμάτων αποδημητικών πουλιών.
- Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση. Το πρόβλημα αυτό δημιουργείται από την ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια του στροφείου. Στην Η.Π.Α. έχουν λάβει ευρεία δημοσιότητα οι παρεμβολές στις τηλεοπτικές μεταδόσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να προσέχουμε την γειτνίαση με ραντάρ, αεροδρόμια ή στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

Επίσης κατά την επιλογή της θέσης πρέπει να ληφθούν και οι ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες που ορισμένες από αυτές μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές ζημίες ή και να επηρεάσουν το Κόστος συντήρησης και τη διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας όπως:

- Παγετός που μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία της Α/Γ σαν επικάθιση στα πτερύγια και σε άλλα συστήματα της μηχανής με

αποτέλεσμα την μειωμένη απόδοση και το υψηλό κόστος συντήρησης ιδιαίτερα στις αποκλεισμένες περιοχές.

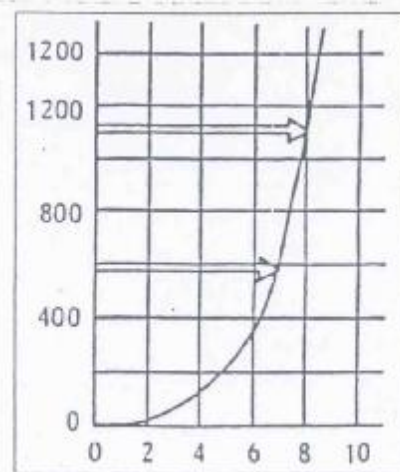
- Ισχυροί άνεμοι με μεγάλη συχνότητα σε μορφή θύελλας υπολογίζονται από τα υπάρχοντα κλιματολογικά δεδομένα, όμως επιφέρουν αλλαγές στην στιβαρότητα της κατασκευής για να αντιμετωπίσει αυτές τις συνθήκες με αύξηση του κόστους κατασκευής και παραγόμενης ενέργειας.
- Τύρβη στη ροή του ρευστού επιφέρει διακυμάνσεις στο άνυσμα της ταχύτητας σε μέτρο και διεύθυνση και μπορεί να επηρεάσει τη διάρκεια ζωής και το κόστος συντήρησης της εγκατεστημένης Α/Γ.
- Μεταφερόμενα υλικά από τον αέρα όπως στις παραθαλάσσιες περιοχές έχουμε γρηγορότερη διάβρωση λόγω του αλατιού που περιέχει ή στις άγονες περιοχές ο αέρας μεταφέρει μεγάλες ποσότητες σκόνης, άμμου, ή και ψιλό χαλίκι. Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να προστατεύσουμε κατάλληλα τη μηχανή ή να αυξήσουμε τη συχνότητα συντήρησης της με επιπτώσεις στο κόστος της παραγόμενης ενέργειας.
- Σταθεροί άνεμοι είναι αυτό που χρειάζεται μια Α/Γ για να λειτουργεί σωστά γιατί οι διακυμάνσεις της ταχύτητας αλλά και της διεύθυνσεως έχουν σαν αποτέλεσμα να επηρεάζουν την κατασκευή αλλά και την απόδοση της μηχανής. Μελέτη της NASA πάνω στις Clayton mod O.A. Α/Γ έδειξε ότι με τις συνεχόμενες περιστροφές της μηχανής γύρω από τον κατακόρυφο άξονα της για να παρακολουθήσει τις διευθύνσεις του ανέμου, αναπτύσσονται καμπτικά φορτία στα πτερύγια της μηχανής.

Στη θέση εγκατάστασης των Α/Γ επίσης πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπ' όψιν μας και τη μορφολογία του εδάφους. Συγκεκριμένα δεν είναι ασύνηθες το φαινόμενο της εγκατάστασης τους σε θέσεις που έχουμε γενικά χαμηλές ταχύτητες ή υψηλής έντασης τύρβη επειδή επηρεάζονται

από την ύπαρξη γειτονικών κτηρίων ή δέντρων. Γι αυτό είναι γενικά αποδεκτό ότι η καλή επιλογή θέσης εγκατάστασης έχει σπουδαιότερη σημασία από ένα σωστό αεροδυναμικό σχεδιασμό του δρομέα που θα δώσει μόνο λίγο μικρό ποσοστό παραπάνω απόδοση σε αντίθεση με αυτό της κακής επιλογής θέσης που θα μειώσει το ποσοστό εκμετάλλευσης αρκετά σημαντικά.

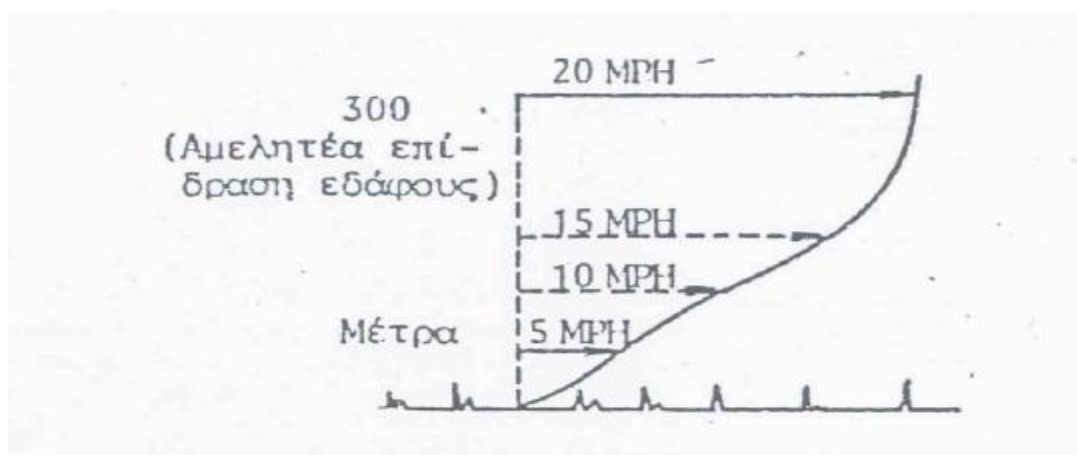
### 6.1.2 Επίπεδη μορφολογία

Η ταχύτητα του ανέμου μεταβάλετε με το ύψος από το έδαφος όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.1 ότι όσο ψηλότερα από το έδαφος βρίσκεται ο δρομέας της Α/Γ τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ανέμου άρα και η ισχύς που παράγεται. Το ύψος του πύργου αποτελεί βέλτιστη επιλογή αύξησης ισχύος κατασκευής.



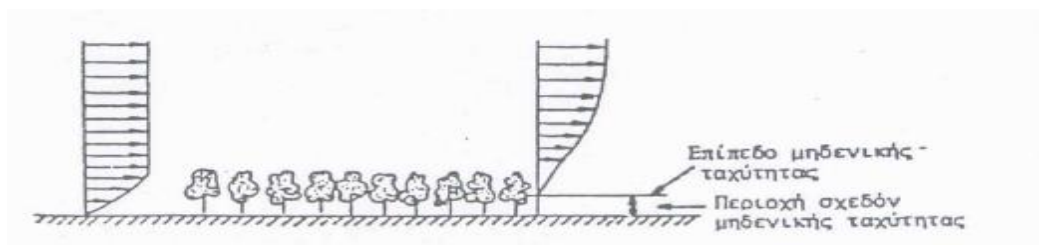
Σχήμα 6.1: Μεταβολή της ταχύτητας με το ύψος

Η τραχύτητα παίζει επίσης ένα σημαντικό λόγο στην αύξηση του δυναμικού της ανεμογεννήτριας όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.2.

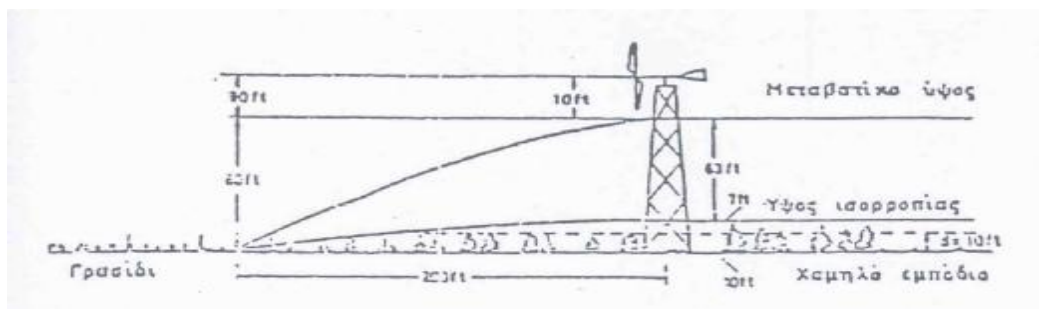


Σχήμα 6.2: Επίδραση της επιφανειακής τραχύτητας στη διανομή ταχύτητας.

Είναι φανερό ότι ο δρομέας της Α/Γ πρέπει να βρίσκεται έξω από την ανεμολογική ζώνη επιρροής οποιουδήποτε επιφανειακού εμποδίου που βρίσκεται ανάντι του για μεγιστοποίηση της δεσμευομένης αιολικής ενέργειας. Στο σχήμα 6.3 φαίνεται η επίδραση των διαφόρων επιφανειακών εμποδίων στην καθ' ύψος διανομή ταχυτήτων για την περίπτωση των δέντρων ενώ στο σχήμα 6.4 φαίνεται η προφανής θέση εγκατάστασης της Α/Γ για την αποφυγή της ζώνης επιρροής των εμποδίων.



Σχήμα 6.3: Σχηματισμός νέας κατανομής ταχυτήτων λόγω εμποδίων

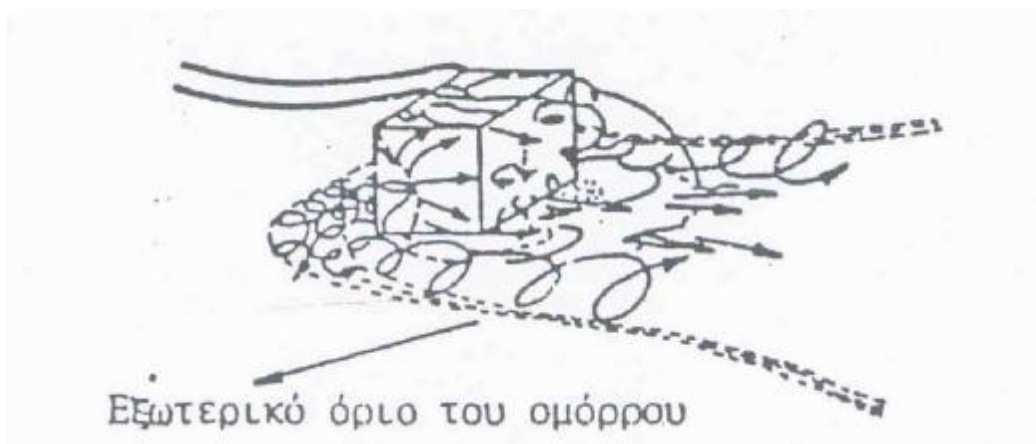


Σχήμα 6.4: Παράδειγμα θέσης Α/Γ για αποφυγή από προσκείμενα εμπόδια

Ένα άλλο συχνά εμφανιζόμενο είδος εμποδίων είναι παρακείμενα κτίρια προς την πιθανή θέση εγκατάστασης της Α/Γ. Το κτίριο

ευρισκόμενο μέσα στο παράλληλο ρεύμα αέρα διαταράσσει σε μεγάλη έκταση το πεδίο ταχυτήτων ενδεικτική εικόνα στο σχήμα 6.5. Εκτεταμένη έρευνα πάνω σε αυτό το θέμα έχει δώσει τα εξής συμπεράσματα στην εγκατάσταση της Α/Γ:

- σε ανάντι απόσταση από το κτίριο 2 φορές τουλάχιστον το ύψος του
- σε κατάντι απόσταση από το κτίριο 10 φορές το ύψος του
- ο δρομέας σε ύψος 2 φορές το ύψος του αν η θέση εγκατάστασης είναι κοντά σε αυτό.



Σχήμα 6.5 Ροή γύρω από ένα κτίριο

### 6.1.3 Ανομοιόμορφη μορφολογία

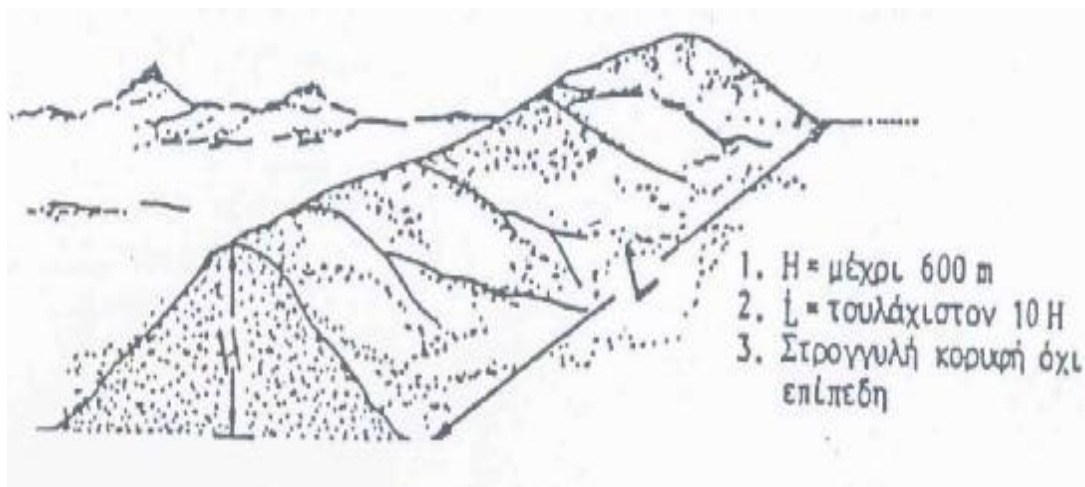
Η διαμόρφωση του πεδίου ταχυτήτων σε ανώμαλα εδάφη επηρεάζεται τοπικά από τα υπάρχοντα επιφανειακά εμπόδια όπως αναφέρθηκε προηγούμενα αλλά μεγαλύτερη βαρύτητα έχουν οι εδαφολογικές ιδιομορφίες στην γειτονική περιοχή της πιθανής εγκατάστασης της Α/Γ. Γι αυτό είναι δύσκολο να γίνει τυποποίηση στην γενικότητα της μορφολογίας του εδάφους και της ζώνης επιρροής της και κάθε περίπτωση εξετάζεται ξεχωριστά. Οι ιδιαίτερες αυτές μελέτες γίνονται

κύρια σε τοπογραφικά ομοιώματα μέσα σε αεροδυναμικές σήραγγες ή και τώρα τελευταία με τη βοήθεια μαθηματικών μοντέλων σε Η/Υ.

Μερικές όμως μορφολογικές τοπογραφίες είναι δυνατόν να τυποποιηθούν και να χρησιμεύσουν ως κατευθυντήριες γραμμές στην προκαταρκτική λήψη απόφασης για τη θέση εγκατάστασης της Α/Γ όπως στη συνέχεια παρουσιάζονται.

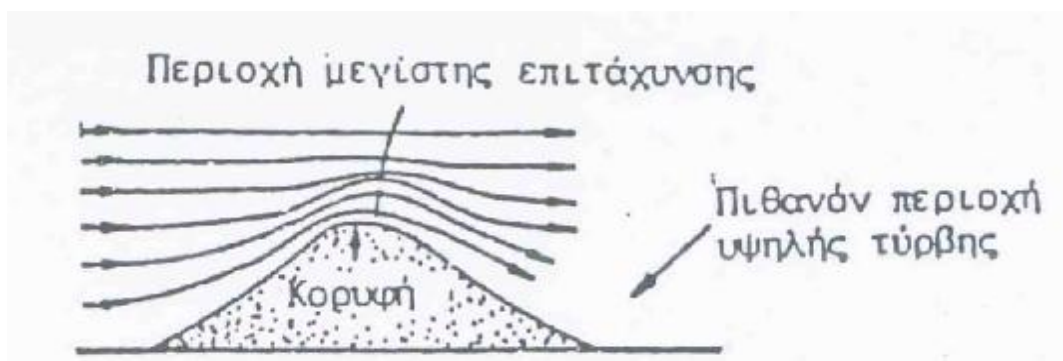
#### α. Λοφοσειρά

Τυπικοί ορισμοί της λοφοσειράς δίνονται στο επόμενο σχήμα 6.6 όπου αυτή θεωρείται κάθετη στην επικρατούσα κατεύθυνση του ανέμου.



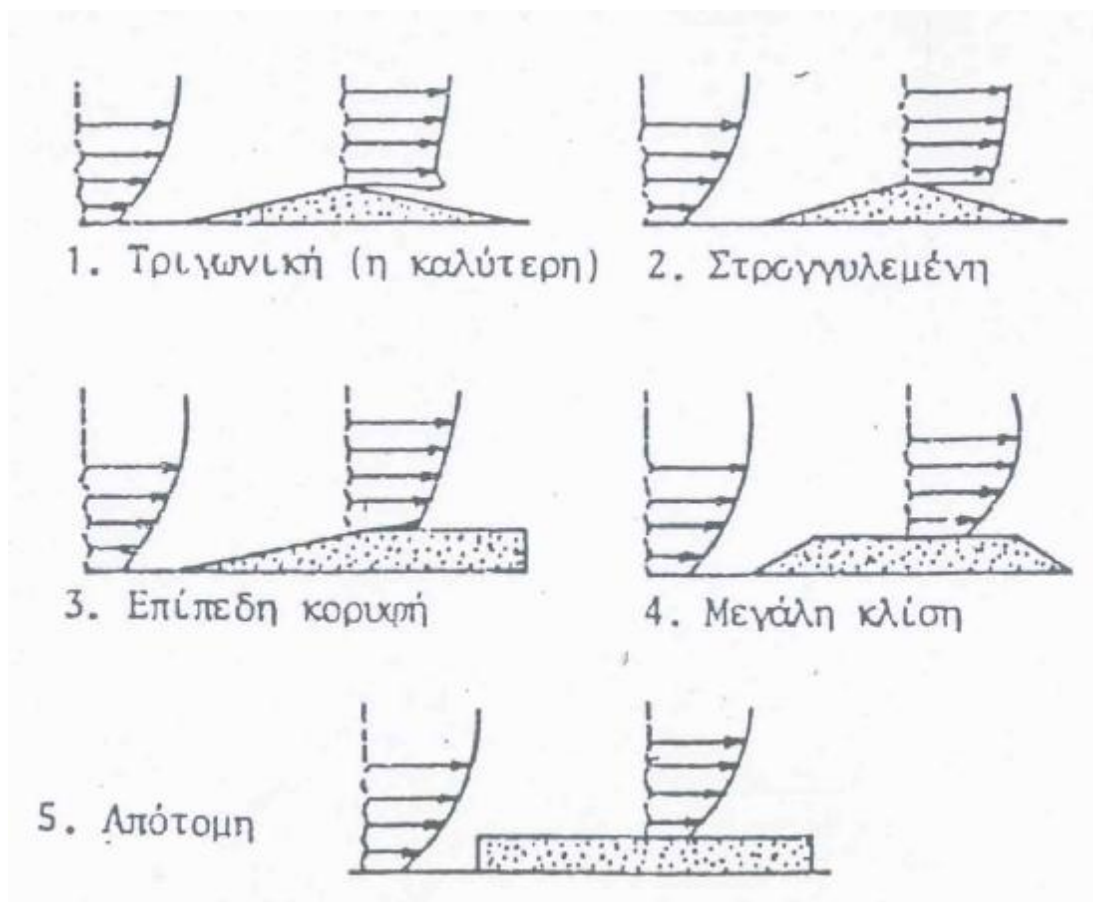
Σχήμα 6.6: Ορισμός λοφοσειράς

Εκτός από το γεγονός ότι οι κορυφές διαθέτουν εμπειρικά υψηλές ταχύτητες ανέμου σύμφωνα με το φαινόμενο της διάτμησης, η κορυφή επενεργεί σαν ένα είδος συγκεντρωτή για το ρεύμα αέρος που επιταχύνεται κοντά στην κορυφή (σχήμα 6.7).



Σχήμα 6.7: Επιτάχυνση ανέμου πάνω από κορυφές

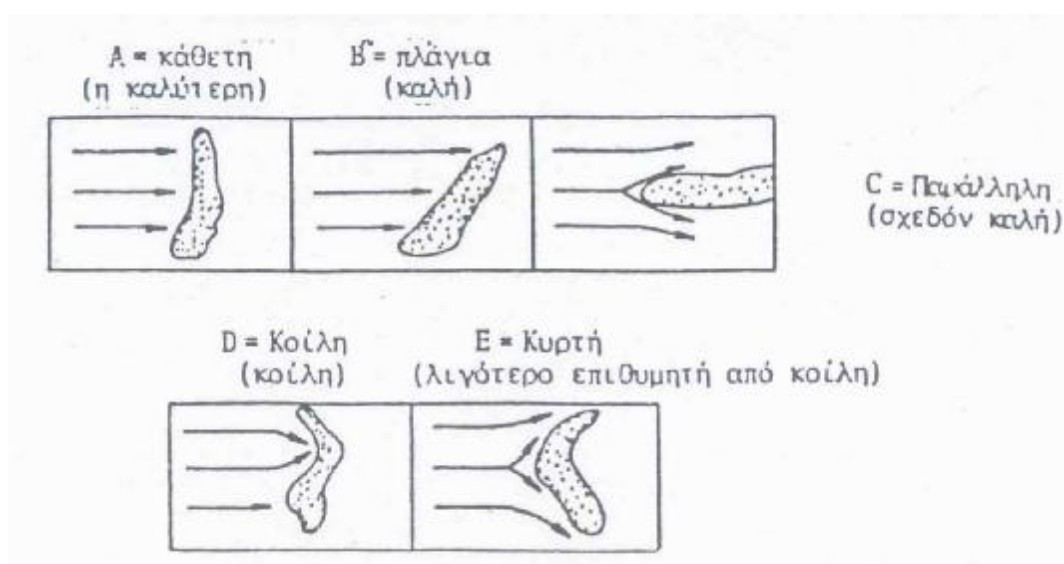
Γενικά μπορεί να ειπωθεί ότι το φαινόμενο είναι ισχυρότερο όταν η διάθεση είναι ομαλή και όχι πολύ απότομη ή επίπεδη. Ιδεατή γωνία κλίσης λέγεται ότι είναι  $16^\circ$  (29 μ υπερύψωση για 100 μ οριζόντιας απόστασης) αλλά γωνίες μεταξύ  $6^\circ$  και  $16^\circ$  είναι καλές. Γωνίες μεγαλύτερες των  $27^\circ$  πρέπει να αποφεύγονται με τις τριγωνικές κορυφές να έχουν καλύτερα χαρακτηριστικά διάθεσης από τις στρογγυλεμένες. Το επόμενο σχήμα (6.8) μπορεί να μας κατατοπίσει καλύτερα.



Σχήμα 6.8: Αξιολόγηση της μορφής των λοφοσειρών



Ο προσανατολισμός της κορυφής είναι προτιμητέος κάθετος στην επικρατούσα διεύθυνση ανέμου. Εάν η κορυφή είναι κυρτή τότε είναι καλύτερα ο άνεμος να έχει κατεύθυνση στην κοίλη πλευρά της βουνοπλαγιάς (σχήμα 6.9). Μια ποσοτική ένδειξη της επιτάχυνσης είναι δύσκολο να δοθεί, αλλά μια αύξηση της τάξης του 10 έως 20% στην ταχύτητα του ανέμου εύκολα επιτυγχάνεται. Απομονωμένοι λόφοι δίνουν λιγότερη επιτάχυνση απ' ό,τι οι βουνοπλαγιές γιατί ο αέρας τείνει να ρεύσει γύρω από τον λόφο. Αυτό σημαίνει ότι σε μερικές περιπτώσεις οι δύο πλευρές του λόφου κάθετες στον επικρατέστερο αέρα είναι καλύτερες τοποθεσίες από στην κορυφή.



Σχήμα 6.9: Αξιολόγηση της διεύθυνσης της λοφοσειράς

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ**

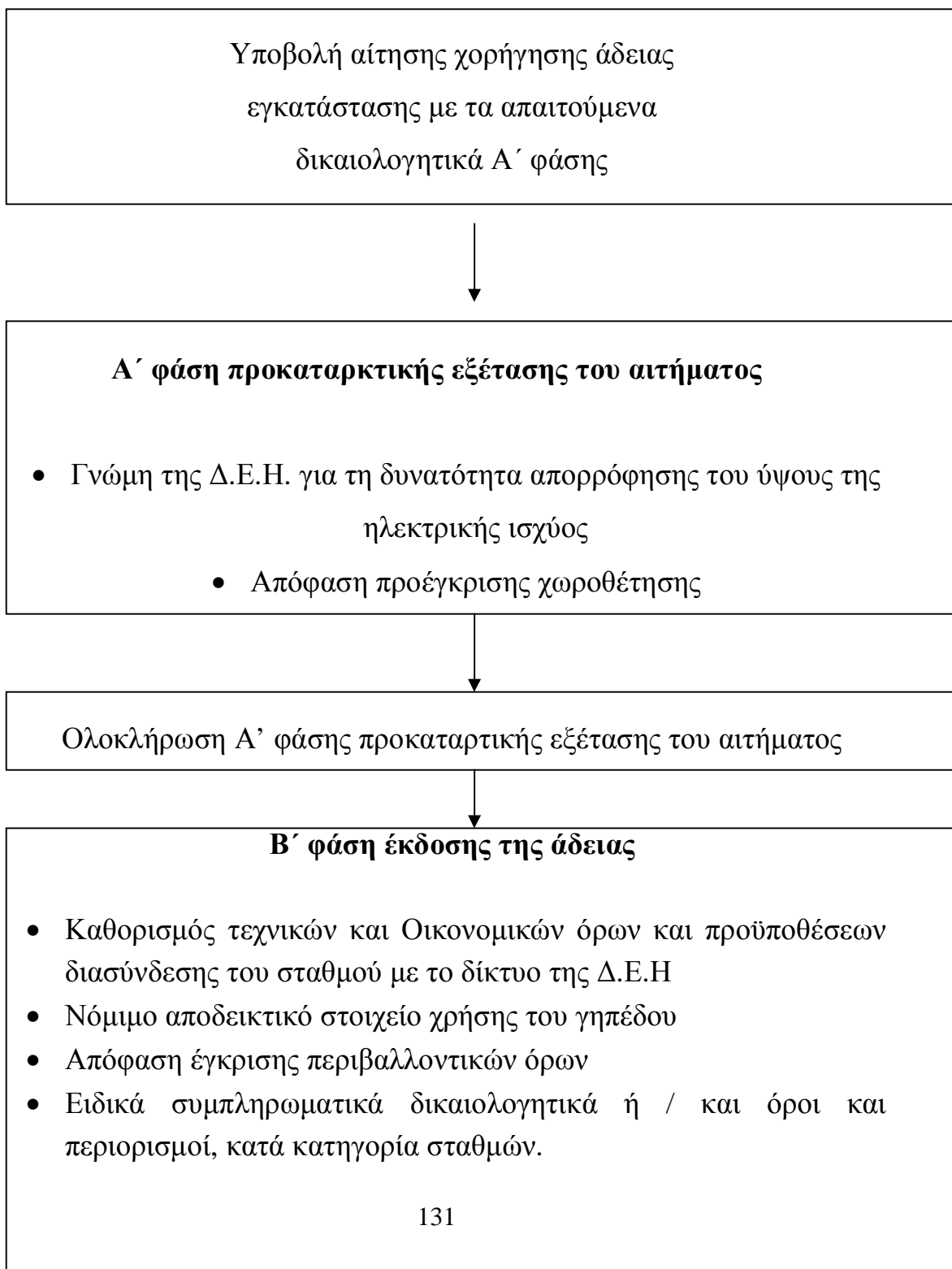
**ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

**ΑΔΕΙΑΣ**

**ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Η διαδικασία εξέτασης για τη χορήγηση άδειας εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (στην περίπτωση μας, Α/Γ), ακολουθείται η εξής διαδικασία συνοπτικά:

### Α΄ ΦΑΣΗ



- Παράβολα - αποδείξεις
- Λοιπά δικαιολογητικά



Αυτό είναι ένα γενικό πλάνο της διαδικασίας που ακολουθείται για την αδειοδότηση ενός έργου εγκατάστασης - εκμετάλλευσης Α/Γ. Στις σελίδες που ακολουθούν, αναφέρονται οι όροι που πρέπει να πληρούνται, καθώς και κάποια πρόσθετα δικαιολογητικά. Επίσης, λεπτομερέστερη αναφορά της διαδικασίας και τέλος η χαρτοσήμανση - μηχανοσήμανση και οι αποδείξεις—παράβολα.

Όλα τα στοιχεία του κεφαλαίου, προέρχονται από το υπουργείο ανάπτυξης.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ**

**ΤΕΧΝΙΚΕΣ**

**ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ**

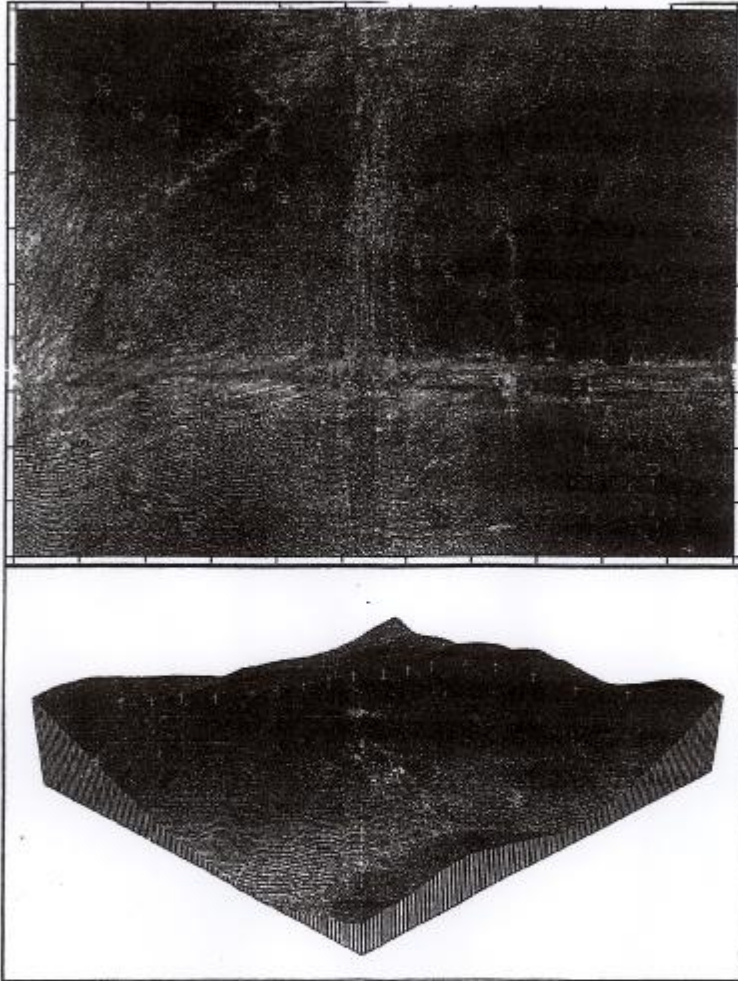
**ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ**

**ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ**

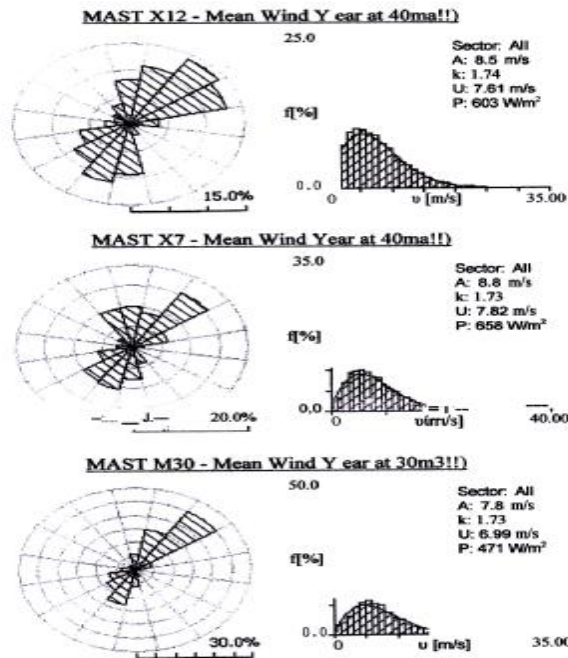
**ΞΕΡΟΛΙΜΠΑ**

**[ΚΕΦΑΛΛΟΝΙΑΣ**

Το τελικό σαν σχέδιο κατασκευές αιολικό πάρκο παρουσιάζεται στα παρακάτω διαγράμματα. ( από το 1 – 17 είναι οι ανεμογεννητριες WEC ). Επίσης υπάρχουν και οι τοποθεσίες των τριών μετρικών σταθμών σε 2D και 3D τοπογραφικούς χάρτες. ( Όλες οι ανεμογεννητριες υπολογίστηκαν σύμφωνα με την εταιρεία παραγωγής και τα στοιχεία τους είναι διαθέσιμα από την εταιρεία ).



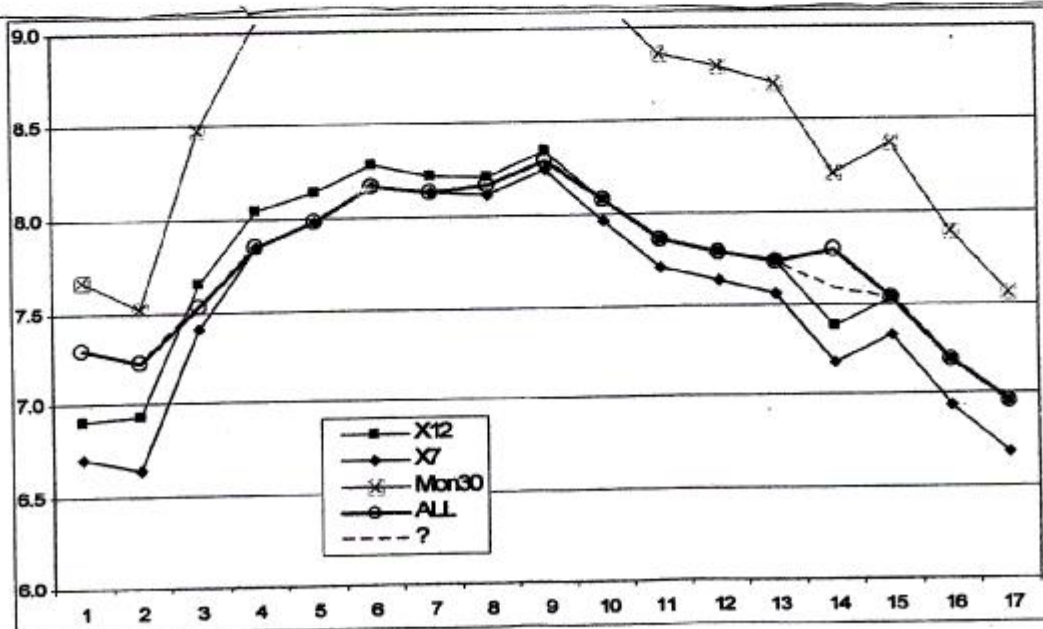
Οι κυριες χρονικες μετρησεις των ανεμων απο τις τρεις κορυφες των ανεμομετρων ειναι : M30 (30magl): 7 m/s , X7 (40magl): 7,8m/s και X12 (40 magl) : 7,6 m/s . Τα στοιχεια που επιλεκτικων αφορουν την περιοδο μετρησεων απο 01/08/2003 – 31/07/2004. Η δυναμικη και η διανομη του αερα για τις τρεις κορυφες των ανεμομετρικων σταθμων παρουσιάζονται στα ακολουθα γραφηματα. Ειδικες τεχνικες εχουν εφαρμοστει για το καθένα.



Βασισμένο στις παραπάνω διανομές μετρήσεων το πεδίο ροής εξασφαλίζεται για το τελικό στάδιο ώστε να δημιουργηθούν θέσεις για τα WECs μαζί με την ενεργειακή παραγωγή καθενός WEC ξεχωριστά για όλες τις τρεις διανομές.

### Ενεργειακές τιμές

Ταχ. ανέμου (m/s)	$\rho=1.225 \text{ (kg/m}^3\text{)}$		$\rho=1.080 \text{ (kg/m}^3\text{)}$	
	Εν. παραγωγή (kW)	Συντελεστή Πίεσης	Εν. παραγωγή (800kW)	Εν. παραγωγή (600kW)
2	2.0	0.7650	1.7	1.7
3	12.0	0.7657	9.6	9.6
4	32.0	0.7658	27.2	27.2
5	66.0	0.7655	56.9	56.9
6	120.0	0.7655	103.5	103.5
7	191.0	0.7655	167.1	167.1
8	284.0	0.7655	249.3	249.3
9	405.0	0.7547	355.1	355.1
10	555.0	0.7388	487.6	487.6
11	671.0	0.7166	615.8	600.0
12	750.0	0.6894	709.9	600.0
13	790.0	0.4811	768.4	600.0
14	810.0	0.3734	794.2	600.0
15	810.0	0.2946	800.0	600.0
16	810.0	0.2463	800.0	600.0
17	810.0	0.2056	800.0	600.0
18	810.0	0.1719	800.0	600.0
19	810.0	0.1474	800.0	600.0
20	810.0	0.1268	800.0	600.0





Ο πιο συντηρητικός υπολογισμός παραγωγής φαίνεται στον πιο κάτω πίνακα για τις τρεις εκδοχές των ενεργειακών καμπύλων που περιγραφηκαν πιο πίσω, βασισμένα στα δεδομένα των X7 και X12

Τελικό πλάνο	E48-600	E48-800	E48-810	
ρυθμός αναπ. ενεργ.	10.20	13.60	13.77	MW
Περιολαμβανόμενη απόδοση	36.359	40.780	44.121	GWh/annu
ηλεκτρική αποδοτικότητα	97.0%	97.0%	97.0%	υπολογ
δαθεσιμότητα	97.0%	97.0%	97.0%	εγγυημ
σπατάλια υπ.	99.0%	99.0%	99.0%	
Υψ. Ταχ. Ανέμου	98.4%	98.4%	98.4%	
Υποσταθμός συντήρησης	99.5%	99.5%	99.5%	
χρησιμ. Κατώτερος	100.0%	100.0%	100.0%	επιθετικό
Προσαρ. Ενεργ. καμπύλης	100.0%	100.0%	94.1%	εγγυημένο
<u>Δίκτυο πύραξ</u>	33.160	37.192	37.860	GWh/annum

Τα επιβεβαιωμένα όρια και οι ασταθείς αναλύσεις εκτελούνται για τα βασικά στοιχεία της ταχύτητας του αέρα και για την προσχεδιασμένη παραγωγή ενέργειας του αιολικού πάρκου και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

#### Επιβεβαιωμένα όρια για προσχεδιασμένη παραγωγή ενέργειας

πιθ. Υπερβασής	M.O. 10 χρ 600KW (GWh/annum)	M.O 1 χρ 600KW (GWh/annum)	M.O 10 χρ 800KW (GWh/annum)	M.O 10 χρ 810KW (GWh/annum)
90%	30940	29800	34480	35200
75%	31990	31390	35780	36460
50%	33160	33160	37192	37860

#### Συμπεράσματα

Οι ανεμογεννητριες στην περιοχή ξερολίμνα κατασκευάστηκαν και μελετήθηκαν με αντικείμενο την μεγιστοποίηση παραγωγής και οπτικοποίηση φορτίου των αιολικών κινητήρων. Το σχέδιο για το αιολικό πάρκο υδρόθηκε ύστερα από μεγάλο αριθμό δεδομένων και η παραγωγή ενέργειας υπολογίστηκε για διάφορους τύπους ανεμογεννητριών (WEC). Μερικά στοιχεία μοντέλων (WEC) που μελετήθηκαν είναι:

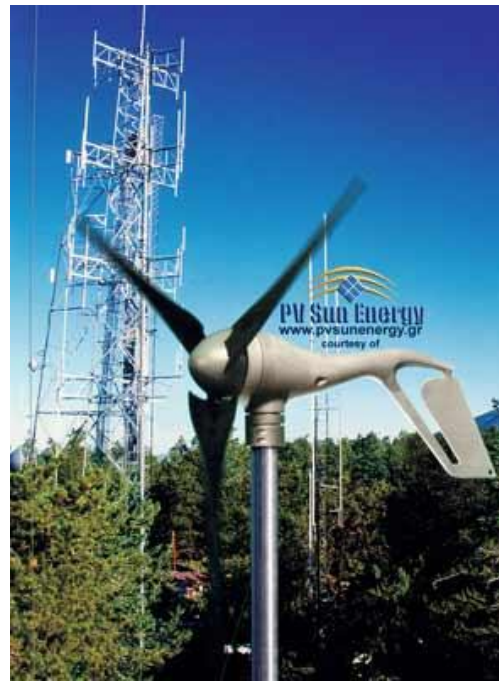
E40/6,44	ετήσιος M.O. ενεργειακών πωλήσεων	26,7 GWH
E40/6,48	«	32,3 GWH
E48/600	«	33,2 GWH
E48/800	«	37,2 GWH
E48/810	«	37,9 GWH

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

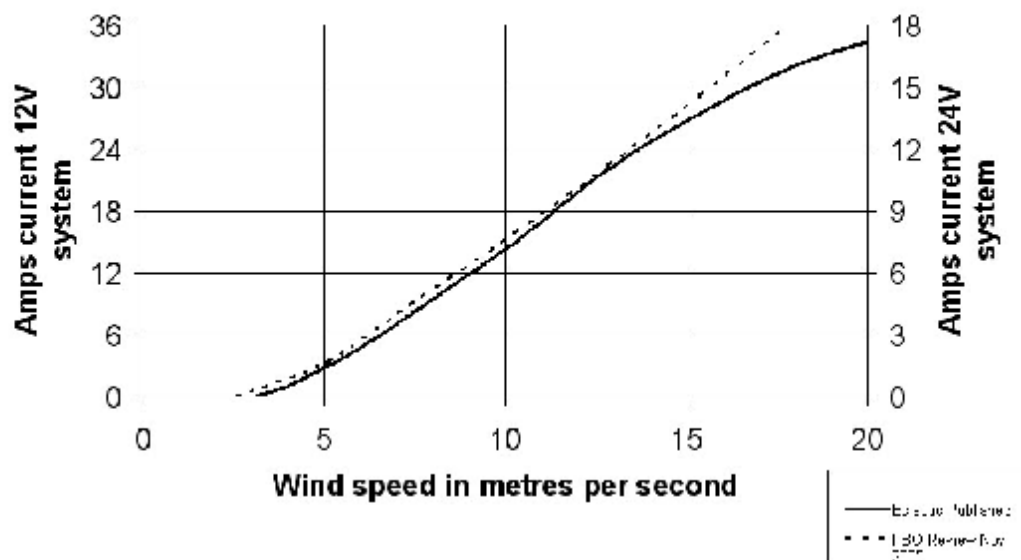
**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ**

**ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ**





**D400 Wind Generator Output**































## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. **H.Lysen** introduction to Wind Energy.
2. **Flemming Oster** Wind Energy Research end technological development in Denmark by the Danish Ministry of Energy.
3. **Γ.Μπεργελές** Σημειώσεις Αιολικής Ενέργειας.
4. **Κ.Α.Σκούρα** Αιολική Ενέργεια-Αιολικοί Κινητήρες.
5. **D.Marier** Wind Power for the Homeowner.
6. **Σεμινάριο Τ.Ε.Ε** Αιολική Ενέργεια-Εφαρμογές στον Ελληνικό χώρο, Αθήνα 17-22 Μαΐου 1993.
7. **Συνέδριο Ε.Μ.Π.** Αιολική Ενέργεια & Βιομηχανική Αεροδυναμική & Τεχνολογία Τεύχος 7/93.
8. **Δ.Ε.Η** "Μετρήσεις για την αξιοπιστία του Αιολικού δυναμικού της Ελλάδας" Δ/ση Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας
9. **Γ.Αγερίδης** Ήπιες μορφές ενέργειας, "Ανεμικός" Επιστήμη
10. **D.F.Warne** Wind Power Equipment.
11. **Σαλκιτζής** Βιομηχανικός Έλεγχος με P.L.C. "Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές" Τεχνική Εκλογή Τεύχη 309-315.

**12.Ι.Ν.Οικονομόπουλο.**

**“Το αναπτυξιακό πρόγραμμα της  
Δ.Ε.Η και οι άμεσες προοπτικές  
παραγωγής.**

**13.Κ.Α.Π.Ε**

**Ανεμογενήτριες στην Ελλάδα.**

**14.Υπουργείο Ανάπτυξης**

**Διαδικασία αδειοδότησης.**

**15.Καπλάνης Σ.**

**Ήπιες Μορφές Ενεργείας.**



