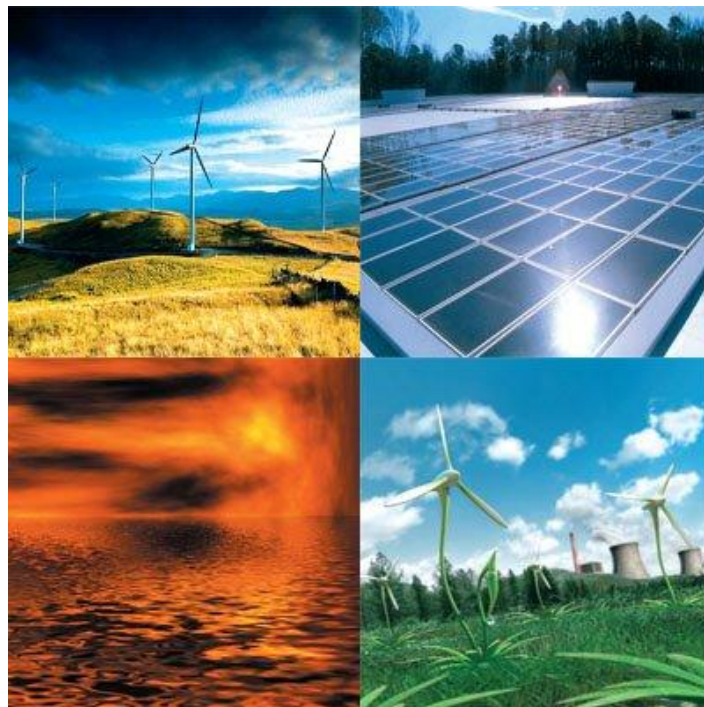


ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
με Έμφαση στην
Δημιουργία Αιολικού Πάρκου Ισχύος 1,5 MW**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΚΑΛΟΜΟΙΡΗ ΚΑΛΛΙΟΠΗ
ΠΑΝΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΠΑΤΡΑ 2010

Η εργασία μας αφιερώνεται, σαν ένα μικρό δείγμα ευγνωμοσύνης, στις οικογένειες μας που επί χρόνια μας στηρίζουν σε κάθε μας προσπάθεια.

Πρόλογος

Το παρόν αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογία του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Οι εφαρμογές των ήπιων μορφών ενέργειας παρουσίασαν αξιόλογη δραστηριότητα ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '80. Μόλις όμως τα τελευταία δέκα χρόνια κατέγραψαν σημαντική πρόοδο, σε μια αγωνιώδη προσπάθεια του ανθρώπου να καλύψει τις ενεργειακές του ανάγκες με σεβασμό στο περιβάλλον, επιδιώκοντας ταυτόχρονα την ενεργειακή αειφορία του πλανητικού οικοσυστήματος.

Η κρίση του πετρελαίου, η επικείμενη εξάντληση των ορυκτών καυσίμων, η αυξανόμενη μόλυνση του περιβάλλοντος, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η βούληση των κρατών για εθνική και ανεξάρτητη ενεργειακή πολιτική με την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας, οδηγούν στην χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που δίνουν σε μεγάλο βαθμό λύση στα παραπάνω προβλήματα. Έχουν ένα χαρακτηριστικό και παίρνουν την ονομασία ανανεώσιμες γιατί ανανεώνονται συχνά και προσφέρονται στον άνθρωπο δωρεάν για εκμετάλλευση.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των ΑΠΕ ιδιαίτερα ευπρόσδεκτο είναι ότι οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης βρίσκονται μέσα στις κατασκευαστικές δυνατότητες των αναπτυσσόμενων τεχνολογικά χωρών και εκτός από την ενεργειακή συνεισφορά, συνεισφέρουν και στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Ένα τρίτο είναι, ότι οι ΑΠΕ δεν είναι εξαγωγίμες οπότε και η εκμετάλλευση τους πρέπει να γίνει στη θέση όπου εμφανίζονται.

Επίσης δε ρυπαίνουν το περιβάλλον, οπότε η εκμετάλλευσή τους είναι συνεπής προς μία οικολογικά σωστή αντιμετώπιση της σχέσης ανθρώπου και περιβάλλον. Μία σχέση που μόλις τα τελευταία χρόνια ο άνθρωπος συνειδητοποίησε πόσο σοβαρή είναι.

Η χώρα μας λόγω ανεπιτυχών ενεργειακών επιλογών έφτασε κατά τα τελευταία χρόνια να βασίζει την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών κατά 65% στο εισαγόμενο πετρέλαιο ενώ υπάρχουν άφθονες ενεργειακές πηγές ανανεώσιμων μορφών.

Ενεργειακές μελέτες αποδεικνύουν ότι με τους σημερινούς ρυθμούς άντλησης τα αποθέματα πετρελαίου που υπάρχουν στη Βόρειο Αμερική, Ευρώπη και ΕΣΣΔ θα εξαντληθούν σε μερικά χρόνια από τώρα ενώ της Μέσης Ανατολής σε θα εξαντληθεί μέσα σε 100 χρόνια. Τα ενεργειακά αυτά αποθέματα χρειάστηκαν εκατομμύρια χρόνια να δημιουργηθούν και ο άνθρωπος του 20^{ου} αιώνα θα τα εξαντλήσει μέσα σε 100 χρόνια.

Γι' αυτό η μεγαλύτερη εγχώρια πηγή ενέργειας είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και η ορθολογική της χρήση. Θα ήταν καλό να αρχίσει εκστρατεία

ενημέρωσης των καταναλωτών, πάνω στην εξοικονόμηση αναπτυχθεί μία νέα ενεργειακή φιλοσοφία, ενώ παράλληλα η πολιτεία να επιβάλλει μονώσεις στις παλαιές και νέες κατασκευές, θερμομονώσεις σε όλες τις συσκευές συναλλαγής θερμότητας Επίσης ρύθμιση των κεντρικών θερμάνσεων αλλά και φορολογικές επιβαρύνσεις στα πετρελαιοειδή ώστε να υπάρξει σοβαρή αποθάρρυνση χρήσης των.

Έτσι μπορεί να κινηθεί η ελληνική πολιτεία προκειμένου να μειωθεί σημαντικά και άμεσα να μειωθεί η πετρελαϊκή εξάρτηση της ενεργειακής οικονομίας.

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ανδρέα Γιαννόπουλο, Αναπληρωτή Καθηγητή Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της εργασίας.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	ii
Περιεχόμενα.....	iv
Συμβολισμοί	ix
Εισαγωγή	x
1. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΑΝΕΩΣΗΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	1
1.1 Αιολική ενέργεια.....	1
1.1.1 Τεχνολογία αιολικής ενέργειας.....	1
1.1.2 Πλεονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας.....	2
1.1.3 Η Αιολική Ενέργεια Παγκόσμια.....	2
1.1.4 Ενσωμάτωση των Ανεμογεννητριών στο περιβάλλον	2
1.2 Ηλιακή Ενέργεια	7
1.2.1 Προοπτικές για παγκόσμια ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο.....	7
1.2.2 Ηλιακός ηλεκτρισμός.....	8
1.2.3 Φωτοβολταϊκά.....	8
1.2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ηλιακής ισχύος..	8
1.2.5 Ηλιακά Θερμικά Συστήματα	9
1.2.6 Θέρμανση νερού και χώρου από τον ήλιο	9
1.2.7 Ψύξη από τον ήλιο	10
1.2.8 Άλλες Εφαρμογές.....	10
1.2.9 Πλεονεκτήματα Ηλιακής Θέρμανσης.....	10
1.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	11

1.3.1	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Υδροηλεκτρικών...	11
1.4	Βιοενέργεια	12
1.4.1	Τρόποι χρήσης βιοενέργειας.....	12
1.4.2	Πλεονεκτήματα Βιομάζας.....	13
1.4.3	Ευκαιρίες καριέρας - Νέες θέσεις εργασίας	13
1.4.4	Δράση της Ευρώπης σχετικά με τη βιομάζα	13
1.4.5	Προβληματισμοί για τη χρήση βιοκαυσίμων	14
1.5	Ενέργεια από Γεωθερμία	15
1.5.1	Ισχύς από Γεωθερμία	15
1.5.2	Γεωθερμία σε μικρό βάθος	15
1.5.3	Πλεονεκτήματα γεωθερμίας	16
1.5.4	Προβλήματα Παραγωγής και Ρύπανσης	16
1.6	Θαλάσσια Ενέργεια.....	17
1.6.1	Ενέργεια από Κύματα	17
1.6.2	Ενέργεια από Παλίρροια.....	18
1.6.3	Ενέργεια των ωκεάνιων ρευμάτων	20
1.6.4	Θερμική θαλάσσια ενέργεια	21
1.6.5	Κύρια Προβλήματα στην εφαρμογή της θαλάσσιας ενέργειας.....	21
1.7	Τεχνολογία Υδρογόνου.....	22
1.7.1	Παραγωγή υδρογόνου.....	22
1.7.2	Αποθήκευση Υδρογόνου	24
1.7.3	Κυψέλες Καυσίμου	25
1.7.4	Προβλήματα στη χρήση του υδρογόνου.....	26

2. ΤΙ ΙΣΧΥΕΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ	28
2.1 Η κάθε ενέργεια στην Ευρώπη και τον κόσμο	31
2.1.1 Αιολική Ενέργεια.....	31
2.1.2 Ηλιακή Ενέργεια	32
2.1.3 Μικρά Υδροηλεκτρικά.....	34
2.1.4 Βιομάζα.....	34
2.1.5 Γεωθερμία	35
2.1.6 Θαλάσσια ενέργεια	35
2.1.7 Υδρογόνο	36
3. ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	37
3.1 Εισαγωγή.....	37
3.2 Τύποι και υποσυστήματα ανεμοκινητήρων.....	38
3.2.1 Τυπικές μορφές ανεμοκινητήρων οριζοντίου άξονα.....	40
3.2.2 Τυπική μορφή ανεμοκινητήρων κατακόρυφου άξονα.....	42
3.2.3 Άλλοι τύποι ανεμοκινητήρων.....	42
3.3 Βασικά στοιχεία ανεμογεννητριών.....	44
3.3.1 Υποσυστήματα ανεμοκινητήρα οριζόντιου άξονα.....	44
3.3.2 Υποσυστήματα ανεμοκινητήρα κατακόρυφου άξονα.....	46
3.4 Σχεδιασμός κύριων στοιχείων.....	47
3.4.1 Η έλικα.....	47
3.4.2 Σύστημα μετάδοσης περιστροφικής κίνησης.....	51
3.4.3 Η γεννήτρια.....	52
3.4.4 Σύστημα πέδησης.....	55
3.4.5 Σύστημα προσανεμισμού.....	56

3.4.6 Πύργος στήριξης.....	57
3.4.7 Σύστημα εποπτείας και ελέγχου.....	58
3.5 Λειτουργικά χαρακτηριστικά.....	58
3.5.1 Απόδοση ισχύος.....	58
3.5.2 Διαθεσιμότητα.....	60
3.5.3 Ετήσιος υπολογισμός ενέργειας.....	61
3.5.4 Απόδοση συστοιχίας ανεμογεννητριών.....	62
3.6 Καμπύλη ισχύος a/γ (power curve) και πιστοποίηση.....	62
3.7 Μια ματιά στο μέλλον των ανεμογεννητριών.....	65
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ NEG MICON 750/48..	67
4.1 Θεωρία δίσκου ενέργειας.....	67
4.2 Ενεργειακός ισολογισμός.....	70
4.3 Όριο του BETZ.....	73
4.4 Απώλειες ανεμογεννήτριας.....	74
4.5 Επίδραση της περιστροφής του όμορου ρεύματος.....	75
4.6 Καμπύλη λειτουργίας δρομέα ανεμοκινητήρα.....	77
4.7 Βαθμός απόδοσης και διάμετρος ρότορα ανεμογεννήτριας.....	78
4.8 Υπολογισμός ελάχιστου ύψους τοποθέτησης της ανεμογεννήτριας.....	79
4.9 Υπολογισμός ατράκτου.....	80
5. ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΙΣΧΥΟΣ 1,5 MW.....	82
5.1 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αιολικού Πάρκου.....	82
5.2 Περίληψη έργου.....	85
5.3 Επιλογή θέσης.....	88

5.4 Υπολογισμός μέσης ετήσιας τεχνικής διαθεσιμότητας.....	89
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	91
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	92

Σύμβολα

A	επιφάνεια ρότορα
B	αριθμός πτερυγίων
C_d	συντελεστής αντίστασης
C_T	συντελεστής ώσης
D	διάμετρος ρότορα
d	διάμετρος ατράκτου
g	βαρυτική επιτάχυνση $9,8 \text{ m/sec}^2$
n	ταχύτητα ρότορα
P	παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ
M	ροπή ρότορα
r	ακτίνα ρότορα
U	αρχική ταχύτητα ανέμου (λαμβάνεται ίση με 16 m/s)
V_s	ταχύτητα ανέμου πάνω στην πτερύγωση (λαμβάνεται ίση με τα $2/3$ της U)
V	ταχύτητα ανέμου μετά την πτερύγωση (λαμβάνεται ίση με το $1/3$ της U)
η	βαθμός απόδοσης μεταξύ ρότορα και παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος
λ	λόγος ταχύτητας ακροπτερυγίου
ρ	πυκνότητα αέρα $1,23 \text{ kg/m}^3$
ω_n	ταχύτητα περιστροφής του ρότορα

Εισαγωγή

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες, όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας, που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Εξάλλου, η αξιοποίησή τους για την παραγωγή ενέργειας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών μας αναγκών, συνεισφέροντας στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικά καύσιμα, στην ελάττωση του φαινομένου του Θερμοκηπίου, στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στην ανάπτυξη αποκεντρωμένων περιοχών.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), αποτελούν ένα από τα πλέον σημαντικά θέματα στον τομέα των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ). Η ανάγκη για μεγαλύτερη και ταυτόχρονα καλύτερη αξιοποίηση της προερχόμενης ενέργειας από ΑΠΕ, άρχισε να γίνεται διεθνώς αντιληπτή με αφορμή την πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970, μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο συνειδητοποίησης για περαιτέρω καλύτερη αξιοποίηση όλων των ενεργειακών πόρων.

Με τον όρο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία κυρίως οι ακόλουθες :

- ✓ Η αιολική ενέργεια
- ✓ Η ηλιακή ενέργεια
- ✓ Η υδροηλεκτρική ενέργεια
- ✓ Η ενέργεια από κυψέλες καυσίμου
- ✓ Η θαλάσσια ενέργεια
- ✓ Η γεωθερμική ενέργεια
- ✓ Η ενέργεια της βιομάζας

Το κυριότερο πλεονέκτημα όλων των προαναφερθέντων μορφών ενέργειας σε σύγκριση με τις συμβατικές μορφές, είναι η φιλικότητα προς το περιβάλλον. Το πρωτόκολλο του Κιότο ήταν μία από τις μεγαλύτερες κινήσεις περιβαλλοντικής ευαισθησίας και φυσικά αποτέλεσε αιτία για τη στροφή του παγκόσμιου ενδιαφέροντος προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες καταβάλλουν προσπάθειες τα τελευταία 40 χρόνια να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες, με τη λήψη κατάλληλων νομοθετικών μέτρων και ενημέρωση των πολιτών, καθώς και την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ΑΠΕ κατά τρόπο ώστε το κόστος τους να είναι συγκρίσιμο με αυτό των συμβατικών πηγών ενέργειας.

Ανάμεσα στις προαναφερθέντες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, οι δύο πρώτες, δηλαδή η αιολική και η ηλιακή, έχουν γνωρίσει τη μεγαλύτερη άνθηση σε παγκόσμιο επίπεδο. Την εξάπλωσή τους αυτή, την οφείλουν κυρίως στην ευρύτητα της γεωγραφικής εμφάνισής τους (πολλά μέρη σε όλο τον κόσμο έχουν υψηλό αιολικό δυναμικό ή υψηλή ηλιακή ακτινοβολία), καθιστώντας έτσι εύκολη την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πολύ κοντά στο μέρος κατανάλωσής της. Το πλεονέκτημα αυτό, εξαλείφει την ανάγκη ύπαρξης των γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης σε διάφορες γεωγραφικά άγονες περιοχές.

Στον Πίνακα 1, δίνεται συνοπτικά η επικρατούσα κατάσταση ανάμεσα στις συμβατικές και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ
Κάρβουνο, πετρέλαιο, πυρηνική ενέργεια, φυσικό αέριο	Αιολική, ηλιακή, βιομάζα, θαλασσιών κυμάτων, γεωθερμική, Κυψέλες Υδρογόνου
Πλήρως ανεπτυγμένες (κορεσμένες) τεχνολογίες	Ταχέως αναπτυσσόμενες τεχνολογίες
Πολυάριθμοι φόροι και επιχορηγούμενες επενδύσεις από εθνικές οικονομίες	Ολιγάριθμοι και μικροί φόροι, επιχορήγηση από μερικές κυβερνήσεις ή προγράμματα
Αποδοχή από την κοινωνία ως «αναγκαίο κακό»	Αποδοχή από την κοινωνία με την πρέπουσα σημασία, ακόμη και με ελάχιστη εκτίμηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών τους πλεονεκτημάτων

Πίνακας 1 Συμβατικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Στην παρούσα εργασία γίνεται λόγος για τις κυριότερες ΑΠΕ αναφέροντας την τεχνολογία τους και το πλήθος των επιπτώσεών τους τόσο στην Ελλάδα όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο υπάρχει σύντομη περιγραφή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους, νέες θέσεις εργασίας και κόστος εφαρμογής τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο που ακολουθεί αναφέρεται τι ισχύει στην Ευρώπη και στον κόσμο για κάθε μία Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας ξεχωριστά.

Στη συνέχεια στο τρίτο κεφάλαιο αναφερόμαστε εκτενέστερα στις ανεμογεννήτριες. Σε άλλους τύπους ανεμοκινητήρων οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα και ανάπτυξη κύριων στοιχείων μιας ανεμογεννήτριας. Καθώς και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της.

Ακολουθεί ανάλυση στο τέταρτο κεφάλαιο μιας ανεμογεννήτριας Neg Micon 750/48 λαμβάνοντας σημαντικά αποτελέσματα για την κατανόηση της λειτουργίας της.

Έπειτα, στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα στοιχεία αυτά που λαμβάνουμε υπόψη μας ώστε να δομηθεί ένα αιολικό πάρκο ισχύος 1,5MW.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα μας, σχετικά με τη θέση που επιλέχθηκε, τους υπολογισμούς, το βαθμό απόδοσης και αν επίσης προστατεύεται το περιβάλλον από τη συγκεκριμένη μορφή ενέργειας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πράξεις του υπολογιστικού μέρους έχουν πραγματοποιηθεί με τη μέγιστη ακρίβεια που παρέχουν τα υπολογιστικά φύλλα των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

1. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα αναφέρουμε αναλυτικότερα τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς και τα είδη τους συμπεριλαμβανομένων των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους.

1.1 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι ώριμη πια. Αντίθετα από τα συμβατικά καύσιμα, η αιολική ενέργεια είναι μεγάλη εγχώρια πηγή ισχύος και είναι μόνιμα διαθέσιμη. Δεν έχει περιορισμούς από πηγές: το «καύσιμο» είναι δωρεάν και απεριόριστο. Επιπρόσθετα η αιολική ενέργεια αποφεύγει το κόστος του άνθρακα και απαλλάσσεται από το γεωπολιτικό ρίσκο που έχει να κάνει με τα εμπόδια εφοδιασμού και υποδομών ή ενεργειακή εξάρτηση από άλλες χώρες. Η Ευρώπη έχει πάρει τα ηνία στην τεχνολογική ανάπτυξη και έχει ενισχύσει τη θέση της ως πρωταγωνιστής στη παγκόσμια αγορά. Περισσότερες εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας μπορούν να βοηθήσουν στη κάλυψη της ανάγκης της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη και ταυτόχρονα να παρέχουν στην ΕΕ, υψηλή τεχνολογία.

1.1.1 Τεχνολογία αιολικής ενέργειας

Σε αντίθεση με τους ανεμόμυλους του 19ου αιώνα, μία μοντέρνα ανεμογεννήτρια σχεδιάστηκε να παράγει υψηλής ποιότητας ηλεκτρική ενέργεια όταν υπάρχει αρκετός αέρας. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να λειτουργούν συνεχώς, χωρίς παρακολούθηση με χαμηλή συντήρηση και περίπου 120.000 ώρες ενεργούς λειτουργίας αναμένονται στο κύκλο ζωής τους των 20 χρόνων. Για λόγους συγκρίσεως ένας τυπικός κινητήρας αυτοκινήτου έχει σχεδιασθεί στο κύκλο ζωής του για λειτουργία 6.000 ωρών. Από τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του 1980, η δυναμικότητα της ανεμογεννήτριας αυξήθηκε κατά πολύ. Το κόστος παραγωγής έπεσε κάτω από το 80%. Αρθρωτές και γρήγορες στην εγκατάσταση, οι ανεμογεννήτριες ποικίλουν στο μέγεθος από μερικά KW σε 5.000 KW. Οι ανεμογεννήτριες είναι εξαιρετικά αξιόπιστες με διαθεσιμότητα λειτουργίας (σε αναλογία με το χρόνο με τον οποίο είναι διαθέσιμες για λειτουργία) σε ποσοστό 98%. Καμία άλλη τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν έχει μεγαλύτερη διαθεσιμότητα. Πολλές αναπτύξεις και βελτιώσεις έλαβαν χώρα από το 1980 και μετά αλλά η βασική αρχιτεκτονική του σχεδίου δεν έχει αλλάξει πολύ. Τα στρεφόμενα μέρη των ανεμογεννητριών στρέφονται προς τον άνεμο και παρεκκλίνουν ώστε να ακολουθούν την διεύθυνση του ανέμου. Η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων μπορεί να είναι τόσο μικρή όσο μία μοναδική ανεμογεννήτρια και τόσο μεγάλη όσο μερικές

εκατοντάδες MW. Ευρισκόμενη σε μία καλή περιοχή αιολικού δυναμικού, μία μοναδική ανεμογεννήτρια του 1 MW, μπορεί να δώσει ισχύ σε 650 νοικοκυριά.

1.1.2 Πλεονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας

- Καθαρή ενέργεια – δεν εκπέμπει CO₂
- Χαμηλό κόστος – στις βέλτιστες περιοχές ο άνεμος μπορεί να είναι ανταγωνιστικός με την πυρηνική ενέργεια, τον άνθρακα, ακόμα και το αέριο καύσιμο.
- Ταχεία ανάπτυξη – αρθρωτή και γρήγορη στην εγκατάσταση.
- Το καύσιμο είναι δωρεάν, άφθονο και ανεξάντλητο.
- Παρέχει μία προστασία ενάντια στην μεταβλητότητα της τιμής των καυσίμων.
- Ασφάλεια εφοδιασμού – αποφεύγει την εξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα.
- Παρέχει μεγάλη ισχύ ισοδύναμη με αυτή των συμβατικών πηγών.
- Είναι φιλική με το έδαφος – αγροτικές / βιομηχανικές δραστηριότητες μπορούν να συνυπάρξουν γύρω από αυτή.

1.1.3 Η Αιολική Ενέργεια Παγκόσμια

- Απασχολεί περίπου 120.000 ανθρώπους
- Έχει ετήσιο όγκο συναλλαγών πάνω από 12 δις
- Αναπτύσσεται με ετήσιο βαθμό πάνω από 30% τα τελευταία 10 χρόνια
- Ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας για πάνω από 25 εκατομμύρια νοικοκυριά
- Είναι συγκεντρωμένη στην Ευρώπη η οποία απαριθμεί το 70% της συνολικής δυναμικότητας
- Πάνω από 85.000 ανεμογεννήτριες είναι εγκατεστημένες σήμερα
- Πάνω από 58.000 MW εγκατεστημένης ισχύος

1.1.4 Ενσωμάτωση των Ανεμογεννητριών στο περιβάλλον

Τα περισσότερα αιολικά ενεργειακά έργα απαιτούν μία περιβαλλοντική μελέτη κάτω από εθνικούς και ευρωπαϊκούς νόμους η οποία δίδει πλήρεις λεπτομέρειες και περιβαλλοντικά κόστη και πλεονεκτήματα ενός έργου ώστε να εξεταστεί εξονυχιστικά στο δημόσιο χώρο. Ενώ η αιολική ενέργεια είναι μία καθαρή τεχνολογία, δεν είναι όμως χωρίς επίδραση στο περιβάλλον.

Στο Μανιφέστο 100 Γερμανών καθηγητών και διανοούμενων Αναφορικά με την Αιολική Ενέργεια αναφέρεται:

« Η εκμετάλλευση της αιολικής Ενέργειας προωθεί εκείνο το είδος της τεχνολογίας το οποίο δεν έχει καμία απολύτως σημασία για το σκοπό της παροχής Ενέργειας, της εξοικονόμησης πρώτης ύλης και της προστασίας του κλίματος. Τα λεφτά από τα κρατικά και κοινοτικά κονδύλια θα μπορούσαν να επενδυθούν καλύτερα στην αύξηση της αποτελεσματικότητας των σταθμών Ενέργειας, στη διασφάλιση αποτελεσματικής κατανάλωσης της Ενέργειας και στη χρηματοδότηση επιστημονικής έρευνας στον τομέα της Ενέργειας. Πολλοί πολίτες, άντρες και γυναίκες, ανησυχούν βλέποντας τη συνεχή καταστροφή που προκαλείται από τον όλο και αυξανόμενο αριθμό αιολικών πάρκων. Η καταστροφή επηρεάζει τόσο τις πόλεις και τα χωριά και τις περιβάλλουσες αυτά περιοχές όσο και την αγροτική περιφέρεια, των οποίων η χαρακτηριστική εμφάνιση αντανακλά την εξέλιξη τους στο διάβα της ιστορίας του πολιτισμού. Ανεμογεννήτριες, οικολογικά και οικονομικά άχρηστες, μερικές από τις οποίες φτάνουν τα 120 μέτρα και είναι ορατές από πολλά χιλιόμετρα μακριά, όχι μόνο καταστρέφουν το χαρακτηριστικό τοπίο των πιο πολυτίμων περιοχών της υπαίθρου μας και των παραθεριστικών κέντρων, αλλά έχουν επίσης ένα εξίσου ριζοσπαστικό αποτέλεσμα στην ιστορική εμφάνιση των πόλεων και των χωριών τα οποία μέχρι πρόσφατα είχαν εκκλησίες, παλάτια και κάστρα σαν ξεχωριστά τους χαρακτηριστικά για να τους προσδίδουν χαρακτήρα σε μια πυκνοκατοικημένη περιοχή. Όλο και περισσότεροι άνθρωποι υποχρεώνονται να ζουν ανυπόφορα κοντά σε μηχανές καταπιεστικών διαστάσεων. Οι νέοι μεγαλώνουν σε έναν κόσμο στον οποίον η φύση κατακερματίζεται. Τα αρνητικά αποτελέσματα της χρήσης της αιολικής Ενέργειας έχουν τόσο πολύ υποτιμηθεί όσο έχει υπερεκτιμηθεί η συμμετοχή της στις στατιστικές. Η πτώση της αξίας των ακινήτων αντανακλά την αισθητή υποβάθμιση στην ποιότητα ζωής σε περιοχές κοντά στις ανεμογεννήτριες. Όλο και περισσότεροι άνθρωποι περιγράφουν τη ζωή τους σαν ανυπόφορη εξαιτίας των ακουστικών και οπτικών επιδράσεων των αιολικών πάρκων. Υπάρχουν αναφορές ανθρώπων που χαρακτηρίστηκαν σαν άρρωστοι και ακατάλληλοι για εργασία, υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός παράπονων για συμπτώματα τέτοια όπως αρρυθμίες και καταστάσεις άγχους τα οποία είναι γνωστά ως σύνδρομο των υπόηχων .»

Τα κυριότερα θέματα που τίθενται είναι:

Οπτική Ρύπανση

Οι αισθητικές κρίσεις είναι υποκειμενικές και μπορεί να υπάρχουν κάποιοι που θεωρούν την Ανεμογεννήτρια όμορφη ενώ άλλοι που τη θεωρούν άσχημη. Αυτό δεν είναι το θέμα: ένα αιολικό «πάρκο» είναι ένα βιομηχανικό τοπίο με τεράστιες διαστάσεις και μία ανεμογεννήτρια είναι ένα τεράστιο και θορυβώδες μηχάνημα έως 80 μέτρα ψηλό ή και περισσότερο, όσο το ύψος ενός

τριανταόροφου κτιρίου με γραφεία. Ένα τριανταόροφο κτίριο με έναν καλό αρχιτέκτονα μπορεί να γίνει πολύ όμορφο, αλλά θα ήταν απαράδεκτο σε ένα μικρό χωριό ή στην κορυφή των καταρρακτών στην περιφέρεια μιας λίμνης.

Ηχορύπανση

Ο ενοχλητικός θόρυβος είναι αποτέλεσμα των ελίκων καθώς σχίζουν τον αέρα και η βιομηχανία ουσιαστικά δεν έχει επιτύχει να το ελέγξει αυτό. Όσο μεγαλύτερη είναι η ανεμογεννήτρια, τόσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του αέρα που κινεί τις έλικες και τόσο ψηλότερο είναι το επίπεδο του θορύβου. Ο θόρυβος είναι ένας διαπεραστικός, χαμηλής συχνότητας γδούπος κάθε φορά που η έλικα περνάει τον πύργο της ανεμογεννήτριας, που θυμίζει την αντήχηση ενός ελικοπτέρου από απόσταση.

Τηλεοπτικές Παρεμβολές

Έχε παρατηρηθεί ότι οι ανεμογεννήτριες μπορούν να παρενοχλήσουν την τηλεοπτική λήψη. Επειδή δημιουργούν μια σκιά λήψης έως και 10 χιλιομέτρων, όταν βρίσκονται ανάμεσα σε ένα τηλεοπτικό πομπό και κτίρια με κεραίες τηλεόρασης με κατεύθυνση προς τον πομπό μέσω των αιολικών στροβίλων. Οι τηλεθεατές τέτοιων περιοχών θα έχουν διασπορά στο σήμα τους, με αποτέλεσμα την απώλεια λεπτομέρειας, απώλεια χρώματος και βόμβου στον ήχο.

Ζωικό Βασίλειο

Το ζωικό Βασίλειο υποφέρει επίσης εξ' αιτίας της τεχνολογίας. Τα πουλιά έχουν απομακρυνθεί από τους τόπους αναπαραγωγής, διαμονής και σίτισης. Αυτή η μετακίνηση παρατηρείται όλο και περισσότερο και στην ενδοχώρα. Οι ανεμογεννήτριες της Καλιφόρνιας σκοτώνουν κατά μέσο όρο 200 - 300 γεράκια και 40- 60 χρυσαετούς ετησίως, ενώ έχει εκτιμηθεί ότι 7000 αποδημητικά πουλιά το χρόνο σκοτώνονται σε άλλες τοποθεσίες με αιολικούς στροβιλοκινητήρες της νότιας Καλιφόρνιας.

Οικονομία

Από την πλευρά της εθνικής οικονομίας, η ανάπτυξη της αιολικής Ενέργειας απέχει πολύ από το να είναι «η πετυχημένη ιστορία» όπως συχνά υποστηρίζεται. Αντιθέτως επιβαρύνει την οικονομία επειδή από τη μια πλευρά είναι ακόμα ανεπικερδής, με χαμηλή απόδοση Ενέργειας, και από την άλλη το κόστος επένδυσης είναι πολύ μεγάλο. Η τιμή πώλησης της κιλοβατώρας από την εταιρία παραγωγής στη ΔΕΗ θα είναι της τάξης των 0,5€Kwh. Θα πωλείτε δηλαδή από τις ιδιωτικές Εταιρίες προς τη ΔΕΗ ακριβότερα απ ότι η ΔΕΗ τη χρεώνει σήμερα στα νοικοκυριά μας.

Ενεργειακή Πολιτική

Ο άνεμος είναι μια ασυνεχής πηγή ενέργειας και το μόνο είδος παραγωγής ενέργειας που δεν μπορούμε να ελέγξουμε. Αν δεν υπάρχει άνεμος, δεν υπάρχει παραγωγή αν υπάρχει πολύς άνεμος οι ανεμογεννήτριες πρέπει να σταματήσουν να λειτουργούν.

Ο ηλεκτρισμός ο οποίος παράγεται από την Αιολική Ενέργεια δεν είναι συνεχής, επειδή εξαρτάται από μετεωρολογικές συνθήκες, αλλά η παροχή ηλεκτρικής Ενέργειας πρέπει να είναι συνεχής και σταθερή. Γι αυτό το λόγο η Αιολική Ενέργεια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σημαντικό βαθμό σαν υποκατάστατο συμβατικών σταθμών παραγωγής Ενέργειας.

Η ικανότητα παραγωγής Ενέργειας από τον άνεμο είναι συγκριτικά χαμηλή. Οι ανεμογεννήτριες με επιφάνεια πτερυγών ίσων με το μέγεθος ενός γηπέδου ποδοσφαίρου παράγουν μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της Ενέργειας που παράγει ένας συμβατικός σταθμός.

Έτσι με περισσότερες από 5000 ανεμογεννήτριες στη Γερμανία παράγεται λιγότερο από το 1% του απαιτούμενου ηλεκτρισμού !

Ενώ στη μεγάλη Βρετανία , θα χρειαζόντουσαν 14.400 ανεμογεννήτριες για να παράγουμε 4.4 % του ηλεκτρικού ρεύματος και 32.700 για να παράγουμε το 10 %.

Οι δείκτες μόλυνσης είναι παρόμοιοι για τον ίδιο λόγο. Η συνεισφορά της αιολικής Ενέργειας προς αποφυγήν του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι περίπου 1 έως 2 τοις χιλίοις. Στατιστικά η Αιολική Ενέργεια είναι σχεδόν ασήμαντη όσον αφορά την συνεισφορά της στη συλλογική παραγωγή Ενέργειας και ως εκ τούτου στη μόλυνση του περιβάλλοντος και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Ευρύτερες Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Η ανέγερση Ανεμογεννητριών με ύψος 60 μέτρων προκάλεσε ρωγμές στο στρώμα βράχων ορεινής χέρσας έκτασης στην Ουαλία καθώς και την εκτροπή της φυσικής ροής των υδάτων. Επίσης, τα αυλάκια προς και ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες λειτούργησαν ως δεξαμενές και σχημάτισαν βαθιές λιμνούλες με δυσώδη νερά που δε μπορούν να εξατμιστούν ή να κυλήσουν. Η τρύπα που σκάβεται για τα θεμέλια μιας ανεμογεννήτριας έχει όγκο ανάλογο με μια πισίνα 25 μ. Το υλικό που εξάγεται πρέπει να τοποθετηθεί κάπου αλλού. Η τρύπα γεμίζεται με άμμο, μείγμα αδρανών και τσιμέντο τα οποία πρέπει να έρθουν από κάπου αλλού και να μεταφερθούν με μεγάλες νταλίκες. Πρέπει να κατασκευαστούν πολλά μίλια δρόμων και αυλακωμάτων καλωδίων σε ένα

μεγάλο αιολικό «πάρκο». Αν η περιοχή έχει κάποια απόσταση από το σταθμό παροχής ενέργειας θα πρέπει να κατασκευαστούν πυλώνες και υπέργειες γραμμές μετάδοσης για να σχηματιστεί απαραίτητη σύνδεση μεταξύ τους. Απαιτούνται τεράστιες ποσότητες τσιμέντου για τα θεμέλια και τους δρόμους. Ωστόσο η βιομηχανία τσιμέντου είναι η μεγαλύτερη ανθρώπινη πηγή παραγωγής CO₂(διοξείδιο του άνθρακα) στον πλανήτη - περίπου 7 % επί του παγκόσμιου συνόλου. Πρόκειται για βιομηχανική εγκατάσταση και ως εκ τούτου προκαλεί υποβιβασμό του περιβάλλοντος στο οποίο τοποθετούνται οι ανεμογεννήτριες. Το αποτέλεσμα είναι η απώλεια του φυσικού περιβάλλοντος για τα άγρια είδη.

Τουρισμός

Η κύρια αρνητική επίδραση που αναμένεται να έχει η κατασκευή αιολικών «πάρκων» στην οικονομία μιας περιοχής έχει να κάνει με τον τουρισμό. Μια έρευνα του Πανεπιστημίου στην Ολλανδία στα τέλη της δεκαετίας του 1980 βρήκε ότι η πλειοψηφία των ερωτηθέντων πίστευε ότι ένα τοπίο έχανε το ενδιαφέρον του όταν συσσωρεύονταν, έλικες σ ' αυτό. Προφανώς, αν οι κατασκευαστές καταφέρουν να στήσουν χιλιάδες ανεμογεννήτριες , η αξία του καινούργιου θα χαθεί και όσοι επιζητούν την ηρεμία της υπαίθρου θα κινηθούν προς περιοχές που δεν έχουν υποβαθμιστεί από τις αιολικές εγκαταστάσεις. Υπάρχουν ανέκδοτα στοιχεία (γράμματα των ντόπιων προς τον τύπο) ότι ο αριθμός των επισκεπτών έχει μειωθεί κατά 40 % σε περιοχές της Δανίας όπου υπήρξαν αιολικές εγκαταστάσεις.

Θέσεις Εργασίας

Αν τα αιολικά «πάρκα» απειλούν να μειώσουν τις θέσεις εργασίας στην τουριστική βιομηχανία, δημιουργούν λίγες έως καθόλου καινούργιες θέσεις αλλού. Ένα συνηθισμένο αιολικό «πάρκο» θα προσλάβει ένα μόνο υπάλληλο συντήρησης. Το μεγαλύτερο αιολικό «πάρκο» στην Ευρώπη έχει τρεις μόνιμους υπάλληλους!!! Το μόνο όφελος για μια περιοχή είναι το ενοίκιο για τη χρησιμοποίηση της γης για λίγους ιδιοκτήτες γης. Το όφελος αυτό μπορεί εύκολα να υπερνικηθεί από τη μείωση στους αριθμούς των τουριστών και των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Ό,τι κερδίζει ένας αγρότης μπορεί να το χάσει κάποιος άλλος, αυτός είναι ένας από τους λόγους της διάσπασης των κοινοτήτων σχετικά με το θέμα της αιολικής ενέργειας.

Αξία Γης

Όσον αφορά το αντίκτυπο στην «αξία των σπιτιών» δεν υπάρχει αμφιβολία. Η Θέα από μια ιδιοκτησία έχει μεγάλη επίπτωση στην αξία της και

αν στη θέα της υπάρχει κι μια ανεμογεννήτρια ή κάποια παρόμοια κατασκευή, η αξία της θα μειωνόταν σημαντικά. Οποιαδήποτε κατασκευή που μπορεί να θεωρηθεί σαν αυθαίρετη μέσα στην ύπαιθρο, όπως οι ηλεκτρικοί πυλώνες ή οι ανεμογεννήτριες θα έχουν επιζήμιες συνέπειες στην αξία της ιδιοκτησίας. Συνήθως, δεν επηρεάζει μόνο την αξία αλλά και την δυνατότητα πώλησης. Καθώς ανεβαίνουμε την κλίμακα της αξίας, οι αγοραστές γενικώς γίνονται πιο απαιτητικοί και η αξία μιας αγροτικής έκτασης μπορεί να μειωθεί μέχρι και 30% αν είναι κοντά η ανεμογεννήτρια. Τα σπίτια που βρίσκονται στο ακουστικό βεληνεκές είναι πιθανό να επηρεαστούν χειρότερα.

1.2 Ηλιακή Ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας. Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

1.2.1 Προοπτικές για παγκόσμια ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο

Εκτιμάται ότι το 2020, ο ηλιακός ηλεκτρισμός μπορεί να παρέχει ηλεκτρισμό σε παραπάνω από 1 δισ. ανθρώπους παγκοσμίως. Θα μπορούσε επίσης να παρέχει περισσότερο από 2.000.000 δουλειές στη παραγωγή, εγκατάσταση και συντήρηση.

Εκτιμάται ότι η ετήσια αγορά μπορεί να μεγαλώσει σε μέσο όρο 35% μέχρι το 2010, εάν επαρκείς μηχανισμοί υποστήριξης υιοθετηθούν από τις κυβερνήσεις. Ακολουθώντας αυτή τη τάση, ο ηλιακός ηλεκτρισμός μπορεί να είναι ανταγωνιστικός με τις τιμές αιχμής του ηλεκτρισμού με το 2010.

Επισημαίνεται επίσης και η συνεισφορά της τεχνολογίας των ηλιακών θερμικών συστημάτων που αξιοποιεί τους καθρέπτες για παραγωγή ηλεκτρισμού.

1.2.2 Ηλιακός ηλεκτρισμός

Η πρόσβαση στον ηλεκτρισμό είναι ιδιαίτερα σημαντική στην ανάπτυξη του ανθρώπου. Σήμερα αρκετοί άνθρωποι στις αναπτυσσόμενες χώρες δεν έχουν πρόσβαση στον ηλεκτρισμό, από αυτούς οι περισσότεροι ζουν σε αγροτικές περιοχές. Η πρόσβαση στην ενέργεια είναι κλειδί ώστε να διατηρηθεί η ανάπτυξη στις αγροτικές περιοχές.

1.2.3 Φωτοβολταϊκά

Τα Φωτοβολταϊκά σαν μία αποκεντρωμένη πηγή ενέργειας μπορεί να δώσει τη καλύτερη προσαρμοσμένη λύση στον αγροτικό ηλεκτρισμό και στον εφοδιασμό καθαρού νερού.

Σχετικές εφαρμογές φωτοβολταϊκών είναι οι παρακάτω:

- Ηλιακά οικιακά συστήματα
- Ηλιακοί φάροι
- Ηλιακά συστήματα ψύξης εμβολίων για αποθήκευση φαρμάκων.
- Συστήματα άντλησης νερού
- Συστήματα χρήσης νερού
- Απομονωμένα συστήματα επικοινωνιών τα οποία τροφοδοτούνται με ηλιακό ηλεκτρισμό

1.2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ηλιακής ισχύος

Πλεονεκτήματα Φ/Β

- Η ηλιακή ενέργεια είναι δωρεάν – οι τεχνολογίες ηλιακού ηλεκτρισμού παράγουν ισχύ ακόμη και στις ημέρες συννεφιάς.
- Δεν παράγει θόρυβο ούτε επιβλαβείς εκπομπές ή μολυσμένα αέρια.
- Δεν έχει κινούμενα τμήματα.
- Είναι εξίσου κατάλληλη για εγκατάσταση σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα του βιομηχανοποιημένου κόσμου ή σε απομακρυσμένες περιοχές αναπτυσσόμενων χωρών.
- Απαιτείται ελάχιστη συντήρηση ώστε να λειτουργεί το σύστημα
- Αρθρωτά συστήματα μπορούν γρήγορα να εγκατασταθούν παντού και εύκολα καθώς αυξάνουν οι απαιτήσεις ή οι οικονομικές πηγές.

Μειονεκτήματα Φ/Β

• Από την άλλη πλευρά, τα Φ/Β έχουν και κάποια μειονεκτήματα. Παρόλο που στην Φ/Β εγκατάσταση υπάρχουν συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, το σύστημα δεν έχει

απόλυτη αυτονομία μιας και σε ακραία καιρικά φαινόμενα μπορεί να μην επαρκεί για την τροφοδοσία του καταναλωτή. Επιπλέον, η Φ/Β εγκατάσταση έχει μεγάλο κόστος εγκατάστασης (ιδίως για τους οικιακούς καταναλωτές φτάνει τα 7.000 €) με αποτέλεσμα οι καταναλωτές να μην προτιμούν τα Φ/Β έναντι άλλων φθηνότερων λύσεων.

- Μία κριτική σχετικά με τα πρώτα Φ/Β πλαίσια ήταν ότι καταναλώναν περισσότερη ενέργεια κατά την παραγωγή τους από όση παρήγαγαν κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Με τις σύγχρονες μεθόδους παραγωγής και τις βελτιωμένες αποδοτικότητες λειτουργίας αυτός ο ισχυρισμός δεν ευσταθεί. Η ακριβής ενεργειακή απολαβή εξαρτάται προφανώς από τον διαθέσιμο ηλιακό πόρο και τον βαθμό στον οποίο το σύστημα είναι λειτουργικό. Τα υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας και ένας υψηλός συντελεστής αξιοποίησης αποφέρουν πιο γρήγορες ενεργειακές απολαβές απ' ό,τι εάν υπάρχει λιγότερο ηλιακό φως και λιγότερη χρήση, αλλά συνήθως η απόσβεση επιτυγχάνεται εντός λίγων ετών.

Ακόμα κάποια από τα υλικά κατασκευής των φ/β δεν είναι ανακυκλώσιμα με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η χρήση τους πάλι μετά την καταστροφή τους. Έτσι έχουμε συσσώρευση αυτών των υλικών στο περιβάλλον.

1.2.5 Ηλιακά Θερμικά Συστήματα

Τα ηλιακά θερμικά συστήματα βασίζονται σε μία απλή αρχή, γνωστή για αιώνες. Ο ήλιος ζεσταίνει νερό το οποίο εμπεριέχεται σε ένα μαύρο δοχείο. Οι ηλιακές θερμικές τεχνολογίες είναι τώρα στην αγορά αποδοτικές και υψηλά αξιόπιστες, παρέχοντας ηλιακή ενέργεια σε μία ευρεία ακτίνα εφαρμογών όπως οικιακό ζεστό νερό και θέρμανση χώρων σε οικιστικά και εμπορικά κτίρια, υποστήριξη στη περιφερειακή θέρμανση, ηλιακή ψύξη, βιομηχανική θέρμανση, αφαλάτωση, πισίνες.

1.2.6 Θέρμανση νερού και χώρου από τον ήλιο

Δεν είναι παράλογο να εξαντλούμε χρήσιμο πετρέλαιο ή αέριο ώστε να πετύχουμε υψηλές θερμοκρασίες, όταν αυτή μπορεί εύκολα να παρασχεθεί από τον ήλιο; Ακόμη και τα πιο απλά ηλιακά θερμικά συστήματα μπορούν να δώσουν ένα μεγάλο μέρος των αναγκών οικιακού ζεστού νερού. Με μεγαλύτερη αρχική επένδυση, το 100% της ζήτησης του ζεστού νερού και ένα ουσιαστικό μερίδιο των αναγκών της θέρμανσης χώρου μπορεί να καλυφθεί με ηλιακή ενέργεια. Συστήματα φυσικής ροής δουλεύουν χωρίς καμία ανάγκη για αντλίες ή σταθμούς ελέγχου. Χρησιμοποιούνται ευρέως στην νότια Ευρώπη. Εξαναγκασμένα συστήματα κυκλοφορίας είναι περισσότερο πολύπλοκα και μπορούν επίσης να καλύψουν θέρμανση χώρου. Είναι όλο και περισσότερο συνηθισμένα στη Κεντρική και Νότια Ευρώπη.

1.2.7 Ψύξη από τον ήλιο

Ένας αναπτυσσόμενος αριθμός ερευνητικών έργων δείχνει το τεράστιο δυναμικό για την ηλιακή ψύξη. Ηλιακοί ψύκτες χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια για να παράγουν κρύο και/ή ξήρανση. Η ηλιακή ψύξη είναι στο χείλος εισαγωγής μίας ευρείας αγοράς και σημαντικές μειώσεις του κόστους προσδοκείται στα επόμενα χρόνια. Η αλλαγή της αιχμής των απαιτήσεων ηλεκτρισμού από το χειμώνα στο καλοκαίρι, αιτιολογείται από την εκρηκτική απαίτηση για ψύξη διακινδυνεύοντας την σταθερότητα του δικτύου. Η αιχμή της απαίτησης ψύξης συνδέεται με την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ψύξη θα είναι μία απάντηση κλειδί στην πρόκληση αυτή τα επόμενα χρόνια.

1.2.8 Άλλες Εφαρμογές

Ο ήλιος μπορεί επίσης να παρέχει την θέρμανση που χρειάζονται πολλές βιομηχανικές διαδικασίες, όπως η παραγωγή του φαγητού και η ξήρανση, η αφαλάτωση του πόσιμου νερού, βιομηχανικά πλυντήρια κ.α. Ενώ οι συνηθισμένοι ηλιακοί συλλέκτες τυπικά παρέχουν 60-100 °C, οι συγκεντρωμένοι συλλέκτες μπορούν να φτάσουν θερμοκρασίες 300 °C και παραπάνω. Στην κατηγορία χαμηλότερων θερμοκρασιών οι ηλιακοί συλλέκτες είναι ένας αποδοτικός τρόπος για να μειωθεί η απαίτηση θέρμανσης για πισίνες.

1.2.9 Πλεονεκτήματα Ηλιακής Θέρμανσης

- Μειώνει την εξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα
- Βελτιώνει την ποικιλία του ενεργειακού εφοδιασμού
- Διασώζει σπάνιες φυσικές πηγές
- Εξοικονομεί εκπομπές CO₂ με πολύ χαμηλό κόστος
- Εμποδίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση στις πόλεις
- Είναι αποδεδειγμένη και αξιόπιστη
- Είναι άμεσα διαθέσιμη – σε όλη την Ευρώπη
- Οι ιδιοκτήτες των συστημάτων επί της ουσίας εξοικονομούν χρήματα από τους λογαριασμούς θέρμανσης
 - Δημιουργεί εργασία στη τοπική κοινωνία και διεγείρει την οικονομία
 - Ανεξάντλητη

1.3 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η Ισχύς από υδροηλεκτρικά παρέχει σε όλο τον κόσμο το 17% του ηλεκτρισμού από μία εγκατεστημένη ισχύ 730 GW κάνοντας την ισχύ από υδροηλεκτρικά μέχρι τώρα την πιο σημαντική ανανεώσιμη ενέργεια παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος. Η συμμετοχή των μικρών υδροηλεκτρικών στην παγκόσμια ηλεκτρική ισχύ, είναι ίδιας κλίμακας με τις άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (1-2% της συνολικής ισχύος) η οποία ανέρχεται σε περίπου 47 GW. Η Ευρώπη με περίπου 12 GW εγκατεστημένη ισχύ, έχει την δεύτερη μεγαλύτερη συμμετοχή στην εγκατεστημένη ισχύ στον κόσμο αμέσως μετά την Ασία.

Δεν υπάρχει διεθνής συμφωνία στον καθορισμό της έννοιας «Μικρά υδροηλεκτρικά». Στην Κίνα αναφέρεται η ισχύς μέχρι 25 MW, στην Ινδία μέχρι 15 MW. Παρόλα αυτά μία ισχύς μέχρι 10 MW στο σύνολο, γενικά γίνεται αποδεκτή στην Ευρώπη και υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση Μικρών Υδροηλεκτρικών (ESHA) και Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Τα μικρά υδροηλεκτρικά παράγουν ηλεκτρισμό με μηχανική ισχύ μετατρέποντας τη διαθέσιμη ισχύ των τρεχούμενων νερών, καναλιών και ρεμάτων. Ο αντικειμενικός σκοπός του πλάνου ενεργειών από υδροηλεκτρικά, είναι να μετατραπεί το ενεργειακό δυναμικό της μάζας του νερού, το οποίο τρέχει σε ένα ρέμα με κάποια πτώση «αρχή», σε ηλεκτρική ενέργεια στο κάτω μέρος του συστήματος, όπου βρίσκεται το οίκημα παραγωγής ισχύος. Η ισχύς του έργου είναι αναλογική με την ροή και την «αρχή». Ένα καλά σχεδιασμένο υδροηλεκτρικό σύστημα μπορεί να ταιριάξει με τον περιβάλλοντα χώρο και να έχει ελάχιστη αρνητική επίδραση στο περιβάλλον. Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα χρησιμοποιούν κυρίως το νερό του ποταμού με μικρή ή καθόλου ανάγκη χρήσης δεξαμενής. Τα μικρά υδροηλεκτρικά δε είναι απλά μία μειωμένη έκδοση των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων. Ειδικός εξοπλισμός είναι απαραίτητος ώστε να καλύψει τις θεμελιώδεις απαιτήσεις λαμβάνοντας υπόψη την απλότητα, την υψηλή ενεργειακή απόδοση και τη μέγιστη αξιοπιστία.

1.3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Υδροηλεκτρικών

- Προστασία του περιβάλλοντος μέσω της μείωσης εκπομπών του CO₂
- Αποδεδειγμένη και αξιόπιστη τεχνολογία
- Μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα καύσιμα
- Βελτιώνει την ποικιλία του ενεργειακού εφοδιασμού
- Σταθερότητα του δικτύου
- Μειωμένες απαιτήσεις στη ξηρά
- Τοπική και περιφερειακή ανάπτυξη
- Καλές ευκαιρίες για εξαγωγή τεχνολογίας
- Βοηθά στη διατήρηση των λεκανών των ποταμών

- Κατάλληλη τεχνολογία για αγροτική ηλεκτροδότηση σε αναπτυσσόμενες χώρες

- Υψηλή αναλογία ανταπόδοσης της ενέργειας

Ωστόσο, υπάρχουν και μερικά μειονεκτήματα στην χρήση των υδροηλεκτρικών σταθμών. Χρειάζονται μεγάλο χώρο και αυτό μπορεί να προκαλέσει απώλεια ορισμένων ζώων που κατοικούν στην περιοχή. Τα έργα μεγάλης κλίμακας μπορεί να απειλήσουν ψυχαγωγικές δραστηριότητες και να διαταράξουν την ροή ποταμών. Λόγω της παρουσίας φραγμάτων και δεξαμενών, τα ψάρια μπορεί να μην μπορούν να κολυμπούν στην θάλασσα και η θαλάσσια ζωή στην περιοχή του σταθμού να μειωθεί.

1.4 Βιοενέργεια

Βιοενέργεια είναι ποικίλα συστήματα που μετατρέπουν πηγές από βιομάζα σε θέρμανση, ισχύ και καύσιμα μεταφορών. Βιομάζα είναι το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων αποβλήτων και καταλοίπων που προέρχονται από τις γεωργικές, συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών, τις δασοκομικές και τις συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Συνηθισμένη σοδειά που δε προσφέρεται για φαγητό: αμυλούχες σοδειές (καλαμπόκι, σιτάρι, κόκκοι δημητριακών, κριθάρι), στέμφυλα, ηλιάνθοι και ζαχαρότευτλα. Δασοκομία όπως ξυλεία ιτιάς, λεύκας και φυλλώδη προϊόντα: νωπά κατάλοιπα κ.λ.π. Παραπροϊόντα γεωργίας: άχυρο, κοπριά ζώων, κ.λπ. Βιομηχανικά παραπροϊόντα: κατάλοιπα από φαγητό και βιομηχανικά απόβλητα βιομάζας βασισμένα στη ξυλεία, απόβλητα κατεδαφίσεων όσον αφορά το ξύλο, ακαθαρσίες υπονόμων και μέρος από οργανικά δημοτικά στερεά απόβλητα.

1.4.1 Τρόποι χρήσης βιοενέργειας

Τρεις τρόποι χρήσης πηγών από βιομάζα συνθέτουν τον βιοενεργειακό τομέα: βιομάζα για σκοπούς θέρμανσης (βιοθέρμανση), βιομάζα για παραγωγή ηλεκτρισμού (βιοηλεκτρισμός), βιομάζα για καύσιμα μεταφορών (βιοκαύσιμα μεταφορών). Όλες αυτές οι διαδικασίες αποδίδουν κέρδος με τη μείωση του CO₂ του δυναμικού της βιομάζας. Το CO₂ που απελευθερώνεται είναι ισοδύναμο με το ποσό του CO₂ που απορροφάται από τη βιομάζα (φωτοσύνθεση) στην φάση ανάπτυξης. Πρακτικά, το ισοδύναμο του 10-30% του ενεργειακού περιεχομένου της ακατέργαστης βιομάζας χρησιμοποιείται στην καλλιέργεια, μεταφορά, μετατροπή και αναβάθμιση. Αυτό το ποσό ενέργειας μπορεί τμηματικά να προέλθει από την ίδια τη βιομάζα, η οποία κάνει την ισορροπία του CO₂ σχεδόν ουδέτερη.

Επομένως η βιομάζα μπορεί ουσιαστικά να συνεισφέρει να φτάσουμε τους στόχους του πρωτοκόλλου του Κιότο και να μειώσει μακροπρόθεσμα τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου.

1.4.2 Πλεονεκτήματα Βιομάζας

- Ευρεία διαθεσιμότητα στην Ευρώπη και στο εξωτερικό
- Συνεισφορά στη ασφάλεια του εφοδιασμού της ενέργειας
- Χαμηλό κόστος καυσίμου συγκρινόμενο με τα ορυκτά καύσιμα
- Μπορεί να αποθηκευθεί και να χρησιμοποιηθεί με τη ζήτηση
- ΣθENAρές ευκαιρίες απασχόλησης, ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές
- Καλές ευκαιρίες για εξαγωγές τεχνολογίας
- Μειωμένες τιμές CO₂ και άλλων εκπομπών
- Πηγή πολλών δυνατοτήτων για επιχειρήσεις
- Συμμετοχή σε μία ισορροπημένη ανάπτυξη της γεωργίας

1.4.3 Ευκαιρίες καριέρας - Νέες θέσεις εργασίας

Η παραγωγή βιοενέργειας δημιουργεί νέες και σταθερές δουλειές κυρίως σε αγροτικές περιοχές. Συνεισφέρει σε μία ισορροπημένη ανάπτυξη της γεωργίας. Υψηλή απαίτηση μετατροπής της βιομάζας και χρήση τεχνολογιών αναμένεται στο μέλλον στις βιομηχανικές και αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτό σημαίνει ευκαιρίες εξαγωγής ευρωπαϊκών τεχνολογιών, τεχνογνωσία και υπηρεσίες ιδιαίτερα για μικρές και μεσαίων δυνατοτήτων εγκαταστάσεις.

1.4.4 Δράση της Ευρώπης σχετικά με τη βιομάζα

Το σχέδιο δράσης για τη βιομάζα, αναλαμβάνει μέτρα ώστε να αυξηθεί η ανάπτυξη της βιομάζας, ενέργεια από ξυλεία, απόβλητα και γεωργικά αγαθά δημιουργώντας κίνητρα βασισμένα στην αγορά και μετακινώντας εμπόδια στην ανάπτυξη της αγοράς. Το σχέδιο δράσης για τη βιομάζα είναι ένα συντονισμένο πρόγραμμα για δράση από τη κοινότητα συμπεριλαμβανομένων μέτρων ώστε να βελτιωθεί η ζήτηση για τη βιομάζα, η βελτίωση του εφοδιασμού, η υπερνίκηση των τεχνικών εμποδίων και η ανάπτυξη της έρευνας. Με αυτό τον τρόπο η Ευρώπη μπορεί να κόψει την εξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα να περικόψει εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και να διεγείρει οικονομική δραστηριότητα σε αγροτικές περιοχές. Μέτρα κόστους αποτελέσματος σε όφελος της βιομάζας πρέπει να αναπτυχθούν σε ευρωπαϊκό επίπεδο ώστε: να

φανούν τα μέγιστα αποτελέσματα από εθνικές και τοπικές καινοτομίες και να παρέχουν ένα σαφή δρόμο προς τα εμπρός για σημαντικές βιομηχανίες οργανωμένες δίκαια σε μία ευρωπαϊκή κλίμακα.

1.4.5 Προβληματισμοί για τη χρήση βιοκαυσίμων

Τα βιοκαύσιμα μπορούν να βοηθήσουν στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και να δημιουργήσουν θέσεις εργασίας στον αναπτυσσόμενο κόσμο, ωστόσο τα οφέλη ίσως αντισταθμιστούν από σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα και αυξήσεις τιμών στα τρόφιμα, αναφέρει ο ΟΗΕ στην πρώτη του μεγάλη έκθεση για τη βιοενέργεια. Η έκθεση του UN-Energy, μιας κοινοπραξίας 20 φορέων των Ηνωμένων Εθνών, έχει στόχο να βοηθήσει τις κυβερνήσεις στον καθορισμό πολιτικών βιοενέργειας που μεγιστοποιούν τα οφέλη και ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις της νέας τεχνολογίας.

Τα βιοκαύσιμα, που παράγονται από καλαμπόκι, φοινικέλαιο, ζαχαρότευτλα και άλλα είδη βιομάζας, προωθούνται ως καθαρότερη, φθηνότερη και πιο βιώσιμη εναλλακτική λύση στα ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα. Η ΕΕ πρόσφατα αποφάσισε τα βιοκαύσιμα να αντιστοιχούν στο 10% των καυσίμων έως το 2020, ενώ το αμερικανικό Κογκρέσο επεξεργάζεται πρόταση που θα επταπλασίαζε την παραγωγή βιοκαυσίμων έως το 2022.

Η έκθεση αναφέρει ότι η βιοενέργεια αποτελεί «εξαιρετική ευκαιρία» για τη μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Προειδοποιεί όμως ότι «η ταχεία ανάπτυξη στην παραγωγή βιοκαυσίμων θα έχει σημαντικές απαιτήσεις, όσον αφορά τους πόρους γης και νερού, ενώ ταυτόχρονα αυξάνονται ταχύτατα οι ανάγκες για τρόφιμα και προϊόντα από τα δάση».

Πράγματι, στην αμερικανική αγορά οι τιμές της ζάχαρης και του καλαμποκιού ανέβηκαν απότομα καθώς οι καλλιέργειες χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για παραγωγή βιοκαυσίμων. Η έκθεση επισημαίνει επίσης ότι η αυξημένη ζήτηση για φοινικέλαιο οδηγεί σε αποψίλωση των δασών στη Νοτιοανατολική Ασία. Σοβαρές επιφυλάξεις έχουν εκφράσει και περιβαλλοντικές οργανώσεις, υποστηρίζοντας ότι η νέα τάση δημιουργείται από συμφέροντα στον τομέα της αγροτικής παραγωγής τα οποία αναζητούν νέες αγορές. «Όλο και περισσότερο, ο κόσμος συνειδητοποιεί ότι υπάρχουν σοβαρά περιβαλλοντικά θέματα και σοβαρά θέματα ασφάλειας τροφίμων», δήλωσε, ειδικός της Greenpeace για τα βιοκαύσιμα.

Η έκθεση συνιστά στις κυβερνήσεις να αποφύγουν πηγές βιομάζας που χρειάζονται καλά εδάφη, πολύ νερό και πολλά λιπάσματα. Ζητά επίσης τη δημιουργία διεθνούς πλαισίου για την πιστοποίηση των βιοκαυσίμων, ώστε τα προϊόντα να πληρούν τις περιβαλλοντικές προδιαγραφές «από το χωράφι έως τις δεξαμενές καυσίμων».

1.5 Ενέργεια από Γεωθερμία

Για τον καθορισμό της έννοιας, η γεωθερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που αποθηκεύεται με τη μορφή ζέστης κάτω από την επιφάνεια της γης. Έχει χρησιμοποιηθεί από τα αρχαία χρόνια για θέρμανση και για 100 χρόνια επίσης για δημιουργία ηλεκτρισμού. Το δυναμικό του είναι ανεξάντλητο σε ανθρώπινους όρους, συγκρίσιμο με αυτό του ήλιου. Εκτός από τη παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος, η ενέργεια από γεωθερμία σήμερα χρησιμοποιείται για περιφερειακή θέρμανση, καθώς επίσης για θέρμανση (ψύξη) μεμονωμένων κτιρίων, γραφείων συμπεριλαμβανομένων, καταστημάτων, μικρών οικιστικών σπιτιών, κ.λπ. Ηλεκτρική ενέργεια από γεωθερμία αρχικά παρήχθη στο Larderello στην Ιταλία το 1904. Η Ισλανδία, η Ιταλία, η Τουρκία και η Γαλλία είναι οι επικεφαλές χώρες στην Ευρώπη σήμερα στον υπόψη τομέα.

Τα μεγαλύτερα περιφερειακά συστήματα θέρμανσης από γεωθερμία στην Ευρώπη μπορούν να βρεθούν στην περιοχή του Παρισιού στην Γαλλία με την Αυστρία, Γερμανία, Ουγγαρία, Ιταλία, Πολωνία, Σλοβακία και άλλες να παρουσιάζουν ένα ουσιαστικό αριθμό από ενδιαφέροντα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης. Η Σουηδία, η Ελβετία, Γερμανία και Αυστρία είναι οι χώρες που καθοδηγούν με όρους αγοράς σε γεωθερμικές αντλίες θέρμανσης στην Ευρώπη.

1.5.1 Ισχύς από Γεωθερμία

Σήμερα, συγκροτήματα γεωθερμίας υπάρχουν σε κάθε ήπειρο, σε κάθε μέρος όπου μπορούν να βρεθούν αποθέματα ατμού ή υπόγειων ζεστών νερών. Παράγουν με συνήθη τεχνολογία, 820 MW ηλεκτρικής ισχύος στην ΕΕ ημέρα και νύχτα. Οι κατάλληλες πηγές είναι αρκετά μακριά από το να αναπτυχθούν πλήρως στην Ευρώπη. Η ιδέα των εμπλουτισμένων συστημάτων γεωθερμίας (συμπεριλαμβανομένης της ιδέας “Hot-Dry-Rock”) πρόκειται να αυξήσει τρομακτικά το δυναμικό.

1.5.2 Γεωθερμία σε μικρό βάθος

Σχεδόν οποιοδήποτε θερμοκρασιακό επίπεδο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενέργεια από γεωθερμία ακόμα και αν αυτό σημαίνει θερμοκρασίες 3-15 °C, όπως είναι το συνηθισμένο σε μικρό βάθος του Ευρωπαϊκού κλίματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις μία αντλία θέρμανσης απαιτείται και μπορεί επίσης να δοθεί τόσο θέρμανση όσο και ψύξη. Αυτή η τεχνολογία αποδίδει επίσης περί τα 4.500 MWh ικανότητα θέρμανσης.

1.5.3 Πλεονεκτήματα γεωθερμίας

- Μία πηγή ενέργειας σχεδόν απεριόριστη που προσφέρει ζέστη και ισχύ 24 ώρες το 24ωρο όλο το χρόνο και είναι διαθέσιμη σε όλο τον κόσμο.
- Εφοδιασμός με ενέργεια μέσω της χρήσης της τεράστιας εσωτερικής θέρμανσης της γης και της υψηλής θερμικής αποθηκευτικής ικανότητας του εδάφους.
- Φιλική με το περιβάλλον- συμμετοχή στη μείωση του CO₂
- Πολύ χαμηλή οπτική επίδραση – το μεγαλύτερο μέρος της υποδομής δύναται να καλυφθεί κάτω από το έδαφος.

Μία ασφαλής και ελέγξιμη τεχνολογία

- Δεν εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες
- Αποδεδειγμένη και τεχνικά ελεγχόμενη: σχέδιο, γεωτρήματα
- Συστατικά (κέντρα ισχύος, περιφερειακή θέρμανση, αντλίες θέρμανσης)

Μία ενέργεια προσαρμόσιμη με υψηλή απόδοση

- Μία απάντηση σε διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες: ηλεκτρική ισχύς, θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό
- Διαμορφούμενη ανάλογα με το είδος της πηγής, το μέγεθος και τη φύση του εξοπλισμού ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις
- Στον τομέα θέρμανσης: προσαρμόσιμη σε παλιά ή νέα κτίρια, μικρά ή μεγάλα, ατομική ή περιφερειακή θέρμανση

Μία οικονομικά διατηρούμενη ενέργεια

- Μεγάλη μείωση της τιμής της ενέργειας
- Μακροπρόθεσμη αντοχή των εγκαταστάσεων
- Όχι ευαισθησία στις συμβατικές τιμές ενέργειας

1.5.4 Προβλήματα Παραγωγής και Ρύπανσης

Στα κύρια προβλήματα κατά την παραγωγή γεωθερμικής ισχύος περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

- Αποθέσεις μετάλλων (σε μερικά πεδία όπου επικρατεί το νερό μπορεί να υπάρξουν αποθέσεις μετάλλων από το ζέων γεωθερμικό ρευστό)
- Μεταβολές στις υδρολογικές αλλαγές (η εκτεταμένη παραγωγή από τα φρέατα αλλάζει τις τοπικές υδρολογικές συνθήκες)

- Διάβρωση (τα γεωθερμικά νερά προκαλούν την ταχεία διάβρωση των περισσότερων κραμάτων μετάλλων, αλλά αυτό δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα κατά τη χρήση τους εκτός από τις περιοχές όπου αντλούνται υψηλής θερμοκρασίας όξινα ύδατα (πολύ σπάνια), για παράδειγμα σε ενεργειακές ηφαιστειακές ζώνες

- Ρύπανση (από τις μη ηχομονωμένες γεωτρήσεις εκροής μπορεί να προκύψει υψηλό επίπεδο θορύβου (μέχρι 120 db), ενώ οι εκτονώσεις των φρεάτων μπορεί να ψεκάσουν αλατούχα και πυριτιούχα ρευστά στα φυτά και στα κτίρια)

- Επανεγγυση (το πρόβλημα της επιφανειακής διάθεσης μπορεί να αποφευχθεί με την επανεγγυση των απορριπτόμενων νερών ή συμπυκνωμάτων πίσω στα έγκατα μέσω φρεάτων απόρριψης).

1.6 Θαλάσσια Ενέργεια

Η θαλάσσια ενέργεια προέρχεται κυρίως από την ηλιακή ενέργεια και από τις βαρυτικές αλληλοεπιδράσεις της γης με τον ήλιο και τη σελήνη. Οι κύριες μορφές θαλάσσιας ενέργειας είναι οι εξής: α) Ενέργεια των κυμάτων β) Ενέργεια της παλίρροιας γ) Ενέργεια των ωκεάνιων ρευμάτων και δ) Θερμική ενέργεια.

1.6.1 Ενέργεια από Κύματα

Η εντατική μελέτη της έρευνας και ανάπτυξης της μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων, άρχισε μετά την δραματική αύξηση των τιμών του πετρελαίου το 1973.

Δυναμικό από ενέργεια Κυμάτων

Το παγκόσμιο δυναμικό από κύματα σε βαθιά νερά (π.χ 100 μέτρα ή περισσότερο) εκτιμάται σε 110 TW (Panicker 1976). Το οικονομικά εκμεταλλεύσιμο δυναμικό ποικίλλει από 140-750 TWh/y για τα υπάρχοντα σχέδια συσκευών στη πλήρη ανάπτυξή τους (Wavenet 2003) και θα μπορούσαν να αυξηθούν σε 2.000 TWh/y (Thorpe 1999), αν υλοποιηθούν βελτιώσεις στις υπάρχουσες συσκευές. Η παγκόσμια κατανάλωση ηλεκτρισμού είναι περίπου 15.400 TWh/y (BP, IEA), έτσι τα κύματα θα μπορούσαν να εφοδιάσουν το 13% της παρούσας κατανάλωσης ηλεκτρισμού στον κόσμο το οποίο είναι ισοδύναμο με περίπου το 70% που παρέχεται από υδροηλεκτρικά.

Κόστος

Το προβλεπόμενο κόστος ηλεκτροπαραγωγής από μετατροπής της ενέργειας των κυμάτων έχει δείξει μία σημαντική βελτίωση τα τελευταία 20 χρόνια, η οποία έχει φτάσει μία μέση τιμή κάτω από 0,1 €/KWh συγκρινόμενη π.χ. με τη μέση τιμή ηλεκτρισμού στην ΕΕ η οποία είναι περίπου 0,04 €/KWh, η τιμή ηλεκτρισμού που παράγεται από τα κύματα είναι ακόμα υψηλή. Αλλά προβλέπεται να μειωθεί περαιτέρω με την ανάπτυξη των τεχνολογιών.

Αντικειμενικός Σκοπός

Ο πιο σημαντικός αντικειμενικός σκοπός στον τομέα ενέργειας των κυμάτων είναι η ανάπτυξη πλήρους μεγέθους πρωτοτύπων ώστε να αποδειχθεί η απόδοση τους στη θάλασσα και να έρθει η τεχνολογία σε ένα τέτοιο σημείο ώστε να είναι συγκρίσιμο με άλλες Α.Π.Ε. όπως η αιολική ενέργεια.

Τεχνολογίες

Τα συστήματα ενέργειας των κυμάτων μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ομάδες:

- Συσκευές στην Ακτή (Shoreline devices)
- Συσκευές κοντά στην Ακτή (Near Shore devices) σε μέτρια βάθη νερών (20-25 μέτρα), σε αποστάσεις μέχρι 500 μέτρα από την ακτή
- Συσκευές σε απόσταση από την Ακτή (Offshore devices), εκμεταλλεύονται το δυναμικό των κυμάτων σε βαθιά νερά > 25 μέτρα

1.6.2 Ενέργεια από Παλίρροια

Ιστορικό

Οι τεχνικές μετατροπής της ενέργειας της παλίρροιας εκμεταλλεύονται τη φυσική ανύψωση και πτώση του επιπέδου των ωκεανών που προκαλείται κυρίως από την αλληλεπίδραση των πεδίων βαρύτητας του πλανητικού συστήματος της γης, τον ήλιο και το φεγγάρι. Οι κάθετες κινήσεις που έχουν να κάνουν με την ανύψωση και πτώση των παλιρροιών συνοδεύονται από απότομες οριζόντιες κινήσεις νερού που σχηματίζουν ρεύματα παλιρροιών.

Δυναμικό ενέργειας από παλίρροια

Το παγκόσμιο ενεργειακό δυναμικό από παλίρροιας εκτιμάται σε 200 TWh/y από το οποίο περίπου το 1 TW είναι διαθέσιμο σε συγκριτικά χαμηλά νερά. Στην ΕΕ η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν με επάρκεια υψηλές παλιρροιακές διακυμάνσεις πάνω από 10 μέτρα. Εκτός της ΕΕ, ο Καναδάς, η

Αργεντινή, η Δυτική Αυστραλία και η Κορέα διαθέτουν ενδιαφέρουσες περιοχές με δυναμικό. Επί του παρόντος τρία (3) τεχνητά παλιρροιακά φράγματα λειτουργούν ως εμπορικά πάρκα ισχύος ανερχόμενα παγκοσμίως σε ένα συνολικό εγκατεστημένο δυναμικό των 260 MW.

Κόστος

Τα παλιρροιακά ενεργειακά έργα απαιτούν υψηλές επενδύσεις κεφαλαίου στην έναρξη, έχουν σχετικά μακρές περιόδους κατασκευής και ανταπόδοσης χρημάτων. Κατά συνέπεια, το κόστος ηλεκτρισμού είναι ιδιαίτερα ευπαθές με το χρησιμοποιούμενο βαθμό έκπτωσης. Το θέμα αυτό θα μπορούσε να επιλυθεί με Κυβερνητική χρηματοδότηση ή με την εμπλοκή μεγάλων οργανισμών με την παλιρροιακή ισχύ. Όσον αφορά τα μακροπρόθεσμα κόστη, από την στιγμή που η κατασκευή του φράγματος έχει ολοκληρωθεί, υπάρχουν πολύ μικρά κόστη που αφορούν στη συντήρηση και στα τρέχοντα έξοδα και οι στρόβιλοι χρειάζονται αντικατάσταση κάθε 30 χρόνια. Η ζωή των εγκαταστάσεων είναι απεριόριστη και για όλη του τη λειτουργία, θα λαμβάνει δωρεάν ενέργεια από την παλίρροια.

Τα οικονομικά θέματα ενός παλιρροιακού φράγματος είναι περίπλοκα. Ο ευνοϊκότερος σχεδιασμός θα είναι αυτός, που παράγει την περισσότερη ισχύ με το μικρότερο δυνατό φράγμα.

Τεχνολογίες

Η τεχνολογία που απαιτείται για να μετατραπεί παλιρροιακή ενέργεια σε ηλεκτρισμό μοιάζει πολύ με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε παραδοσιακά υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Η τεχνολογία για τη μετατροπή της ενέργειας της παλίρροιας θεωρείται ώριμη αλλά όπως όλα τα μεγάλα σχεδιαστικά έργα θα πρέπει να επιλύσει μία σειρά τεχνικών και περιβαλλοντικών θεμάτων.

Ενεργειακά παλιρροιακά έργα

Επί του παρόντος τρία παλιρροιακά φράγματα λειτουργούν ως εμπορικά εργοστάσια. Ένα από αυτά είναι αυτό που κατασκευάστηκε σε ένα αγρόκτημα στις εκβολές ενός ποταμού στη Γαλλία στη δεκαετία του 60 και τώρα έχει συμπληρώσει πάνω από 40 χρόνια επιτυχούς λειτουργίας. Εξαιτίας του υψηλού κόστους παραγωγής, της μακροπρόθεσμης περιόδου ανταπόδοσης και της περιβαλλοντικής επιρροής στα τοπικά οικοσυστήματα είναι απίθανο η παλιρροιακή ενέργεια να αναπτυχθεί εμπορικά.

1.6.3 Ενέργεια των ωκεάνιων ρευμάτων

Ένα άλλο είδος θαλάσσιας ενέργειας, είναι η ενέργεια που μεταφέρεται από τα ωκεάνια ρεύματα (όπως το περίφημο Gulf Stream) και η οποία θα μπορούσε να μετατραπεί σε χρήσιμες για τον άνθρωπο μορφές ενέργειας. Ο Bill Moulton συνέλαβε την ιδέα να χρησιμοποιήσει για πρώτη φορά την ορμή ενός ποταμού για την περιστροφή γιγάντιων ελίκων. Ύστερα από μερικούς προκαταρκτικούς υπολογισμούς, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η απόδοση μιας τέτοιας έλικας θα ήταν πολύ μεγαλύτερη αν βυθιζόταν στο Gulf Stream. Το ωκεάνιο ρεύμα του Gulf Stream, που είναι το μεγαλύτερο στον κόσμο, αναπτύσσει τη μέγιστη ταχύτητα (2,5 μέτρα/δευτερόλεπτο) στην περιοχή της βορειοαμερικανικής ηπείρου, σε απόσταση 32 χιλιομέτρων ανατολικά του Μαϊάμι της πολιτείας της Φλόριδα. Το πρωτότυπο συγκρότημα ηλεκτροπαραγωγής, με την επωνυμία «Coriolis I» έχει στην κυριολεξία κολοσσιαίες διαστάσεις.

Το καθένα από τα πτερύγια του τεράστιου στροβίλου, που αποτελεί και το βασικό τμήμα του όλου συγκροτήματος, έχει μήκος όσο ένα γήπεδο ποδοσφαίρου

Τα ωκεάνια ρεύματα δημιουργούνται από τον άνεμο και την ηλιακή ενέργεια, και επηρεάζονται από τη μορφολογία των ακτών, την θερμοκρασία, πυκνότητα και αλατότητα του νερού, το βάθος και την μορφολογία του βυθού, την περιστροφή της Γης, κλπ. Αποτέλεσμα όλων αυτών των παραγόντων είναι μια εξαιρετικά πολύπλοκη κυκλοφορία ωκεάνιων ρευμάτων στην γήινη υδρόσφαιρα.

Εξαιτίας των τεράστιων ποσοτήτων νερού που συμμετέχουν στην κίνηση των ρευμάτων, και της κατά 800 φορές μεγαλύτερης πυκνότητας του νερού σε σχέση με τον αέρα, τα ωκεάνια ρεύματα μεταφέρουν πολύ μεγαλύτερη ενέργεια κατά την κίνησή τους απ' ότι ο άνεμος. Είναι επομένως ιδανική πηγή ενέργειας γι' αυτόν το λόγο αλλά και γιατί ωκεάνια ρεύματα υπάρχουν παντού, σε κάθε άκρη της υδρογείου. Για να καταδειχτούν οι τεράστιες ενεργειακές δυνατότητες των ωκεάνιων ρευμάτων αρκεί να σκεφτούμε ότι εκμεταλλευόμενοι μόλις το ένα χιλιοστό της ενέργειας που μεταφέρεται από το Gulf Stream θα μπορούσε να καλυφθεί το 1/3 ηλεκτροδότησης της πολιτείας της Φλόριδα. Εκτός από τις ΗΠΑ, άλλες χώρες που δραστηριοποιούνται στην ανάπτυξη τεχνολογίας για την εκμετάλλευση της ενέργειας των ωκεάνιων ρευμάτων είναι η Ιαπωνία, η Κίνα, και κάποιες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η πιο δημοφιλής ιδέα για τον τρόπο εξαγωγής ενέργειας από τα ωκεάνια ρεύματα είναι η εγκατάσταση υποθαλάσσιων στροβίλων, παρόμοιων με εκείνους που χρησιμοποιούνται για την αιολική ενέργεια. Τα πτερύγιά τους περιστρέφονται από την δράση των ωκεάνιων ρευμάτων και μια γεννήτρια μετατρέπει την ενέργεια περιστροφής σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία κατόπιν

θα διοχετεύεται στην ξηρά με καλώδια. Θα πρέπει να βρεθεί κάποιος τρόπος για να μένουν οι στρόβιλοι σταθερά στη θέση τους, π.χ. με στερέωσή τους στο βυθό, και να μην παρασύρονται από τα ωκεάνια ρεύματα. Πηγαίνοντας ένα βήμα πιο πέρα, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν ολόκληρα υποθαλάσσια πάρκα του είδους με δεκάδες στρόβιλους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο.

1.6.4 Θερμική θαλάσσια ενέργεια

Στις τροπικές περιοχές ο ήλιος θερμαίνει το νερό στην επιφάνεια της θάλασσας, μέχρι και 25°C που αντιστοιχεί σε μεγάλες ποσότητες θερμότητας. Ένας από τους πιθανούς τρόπους εκμετάλλευσης θα ήταν να χρησιμοποιηθεί η θερμότητα του νερού, για να μετατρέψει μια ουσία από την υγρή στην αέρια κατάστασή της. Στη συνέχεια με την αντίστροφη μετατροπή θα μπορούσαμε να αξιοποιήσουμε την ενέργεια. Εδώ παρουσιάζεται ένας μετατροπέας της θερμικής ενέργειας των ωκεανών. Η υγρή αμμωνία, καθώς θα θερμαίνεται από το νερό του ωκεανού, θα μετατρέπεται σε αέριο. Η αμμωνία σε αέρια μορφή πλέον, θα κινεί μια γεννήτρια. Στη συνέχεια θα ξαναμετατρέπεται σε υγρή αμμωνία σε έναν συμπυκνωτή στο βάθος του ωκεανού, όπου η θερμοκρασία του νερού είναι πολύ χαμηλή.

1.6.5 Κύρια Προβλήματα στην εφαρμογή της θαλάσσιας ενέργειας

- Σύνδεση με το δίκτυο. Το κόστος είναι μεγάλο για τη μεταφορά στη ξηρά. Επί πλέον το δίκτυο ξηράς δεν είναι προσαρμοσμένο στις μεγάλες ποσότητες ενέργειας που μπορούν να προέλθουν από τη θάλασσα.

- Κόστος παραγωγής. Σήμερα είναι της τάξης των 33 – 37 €/kWh. Στόχος είναι να μειωθεί σε κόστος αντίστοιχο αυτών των συμβατικών τεχνολογιών. Για το σκοπό αυτό είναι αναγκαία η καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των συστημάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον.

- Θεσμικό πλαίσιο: Απόλυτη ανάγκη για περιβαλλοντική πολιτική που να ενθαρρύνει τους πιθανούς επενδυτές. Είναι αναγκαίες πιο σταθερές συνθήκες στην αγορά για να επιταχύνουν την τεχνολογική εξέλιξη και την εμπορική εκμετάλλευση. Είναι αναγκαία η ύπαρξη εθνικού και ευρωπαϊκού θεσμικού πλαισίου που να ακολουθεί μια τιμολογιακή πολιτική αντίστοιχη αυτής των φωτοβολταϊκών.

- Διαδικασίες αδειοδότησης. Είναι ένα μελανό σημείο που πρέπει να διορθωθεί. Η απλοποίηση της αδειοδότησης είναι απαραίτητη.

1.7 Τεχνολογία Υδρογόνου

Το υδρογόνο ήταν το πρώτο στοιχείο που σχηματίστηκε μετά το Big Bang και είναι ένα άχρωμο, άοσμο, άγευστο και μη-τοξικό αέριο αλλά παράλληλα και το απλούστερο στοιχείο του σύμπαντος που υπάρχει σε αφθονία. Αποτελεί περισσότερο από το 90% των ατόμων του σύμπαντος και το 75% της μάζας του. Είναι το τρίτο πιο άφθονο στοιχείο στη Γη, παρόλο που είναι το ελαφρύτερο, και βρίσκεται κυρίως υπό τη μορφή του οξειδίου του - το νερό. Επί πλέον βρίσκεται σε αφθονία στους υδρογονάνθρακες που έχουν τον γενικό τύπο C_xH_y . Φυσικά βρίσκεται στα φυτά και γενικά στη βιομάζα.

Ως καθαρό στοιχείο βρίσκεται μόνο σε ίχνη (0,00001%) στην ατμόσφαιρα αφού λόγω της ελαφρότητας του έχει την τάση να ανεβαίνει γρήγορα ψηλά και να διαφεύγει από την ατμόσφαιρα προς το διάστημα. Αυτό γίνεται γιατί έχει πυκνότητα 0,0899 g/l (14.4 φορές μικρότερη από τον αέρα), και βράζει στους -257.77° . Το υγρό υδρογόνο έχει πυκνότητα 70,99 g/l. Με αυτές τις ιδιότητες, το υδρογόνο έχει την υψηλότερη αναλογία ενέργειας προς βάρος από όλα τα καύσιμα. 1kg υδρογόνου καιγόμενο δίνει 119.972 kJ. 1kg υδρογόνου περιέχει την ίδια ποσότητα ενέργειας με 2.1kg φυσικού αερίου ή 2.8 kg βενζίνης ενώ κατά την καύση του παράγεται μόνο νερό.

Το υδρογόνο μπορεί να χαρακτηριστεί σαν το απόλυτο καύσιμο, δεν έχει καθόλου αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Έτσι πρέπει όλοι να κατανοήσουμε ότι ο 21^{ος} αιώνας, εν αντιθέσει με τον 20ο αιώνα, που εισήχθησαν τα ορυκτά καύσιμα, είναι ο **αιώνας του υδρογόνου**, ενός μηδενικής εκπομπής ρύπων καυσίμου, είναι ο αιώνας της σταδιακής εγκατάλειψης των ορυκτών καυσίμων και των προβλημάτων που συσσωρεύσαν στο περιβάλλον μας.

Είναι μια παγκόσμια επανάσταση που ήδη ξεκίνησε. Είναι αντίστοιχη της τεχνολογικής επανάστασης του κινητήρα πριν 100 χρόνια και των computer πριν 30 χρόνια. Είναι οι τεχνολογίες υδρογόνου (Hydrogen Technologies), οι οποίες αναπτύσσονται από εταιρίες υψηλής τεχνολογίας την τελευταία δεκαετία. Σε λίγα χρόνια ότι έχει σχέση με τον ηλεκτρισμό, η ενέργεια αυτή θα παράγεται από κυψέλες καυσίμου.

1.7.1 Παραγωγή υδρογόνου

A) Χημική μετατροπή: Οι τεχνικές χημικής μετατροπής υδρογονανθράκων για την παραγωγή υδρογόνου συμπεριλαμβάνουν την αεριοποίηση, την αναμόρφωση παρουσία καταλυτών και την μερική οξειδωση. Η αεριοποίηση περιλαμβάνει θέρμανση στους 750°C παρουσία υδρατμών και οξυγόνου, που το διασπούν σε υγρά, αέρια και στερεά προϊόντα. Σε αυτή τη περίπτωση όμως πρέπει να τονιστεί ότι έχουμε παραγωγή ανεπιθύμητου

διοξειδίου του άνθρακα (το οποίο συλλέγεται σε ειδικά φίλτρα αν απαιτηθεί) αλλά προς το παρόν είναι από τις πιο φθηνές μεθόδους παραγωγής υδρογόνου προς άμεση χρήση.

B) Ηλεκτρολυτική μετατροπή: Είναι η μόνη περίπτωση που δεν έχουμε συμπαραγωγή ανεπιθύμητων ρύπων. Η διάσπαση δε του νερού μπορεί να γίνει με τους κάτωθι τρόπους:

Ηλεκτρόλυση του νερού (μέσω ΑΠΕ)

Η πιο «καθαρή» και ασφαλής μέθοδος παραγωγής είναι η ηλεκτρόλυση νερού με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) όπως η ηλιακή, αιολική και η γεωθερμία. Αυτή η τεχνική μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση της ενέργειας από ΑΠΕ σε μορφή υδρογόνου σε κατάλληλες δεξαμενές, το οποίο μπορεί να μετατραπεί ξανά σε ηλεκτρισμό, ιδανικά μέσω κυψελών καυσίμου, σε άλλες περιόδους.

Υπάρχουν δύο (2) ειδών μονάδες ηλεκτρόλυσης αρκετά αναπτυγμένες και οι δύο στις μέρες μας. Πέρα από τη συμβατική ηλεκτρόλυση νερού, όπου χρησιμοποιείται ένα μικρό-πορώδες διάφραγμα για το διαχωρισμό των παραγόμενων αερίων (οξυγόνο στην κάθοδο και υδρογόνο στην άνοδο) από το αλκαλικό διάλειμμα (Αλκαλικές Μονάδες Ηλεκτρόλυσης), κατασκευάζονται σήμερα μονάδες ηλεκτρόλυσης που παράγουν υδρογόνο σε υψηλή πίεση (έως 30bar), οι οποίες αποτελούνται από διπολικές πλάκες/ηλεκτρόδια, ενώ ερευνάται η λειτουργία τους σε πίεση έως 150bar. Επίσης έχουν αναπτυχθεί και μονάδες ηλεκτρόλυσης μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (Μονάδες Ηλεκτρόλυσης τύπου PEM), οι οποίες δεν περιέχουν καυστική ποτάσα (όπως οι αλκαλικές), παράγουν καθαρότερο υδρογόνο, ενώ υπάρχει προοπτική για παραγωγή υδρογόνου υπό πίεση.

Θερμική καταλυτική διάσπαση

Πρόκειται ουσιαστικά για τη θερμοχημική διαδικασία διάσπασης του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει υψηλό θεωρητικό βαθμό μετατροπής θερμικής ενέργειας σε υδρογόνο (της τάξης του 50%), ο οποίος είναι υψηλότερος από τον βαθμό απόδοσης της οδού θερμότητα – ηλεκτρισμός – ηλεκτρόλυση. Η μέθοδος ερευνάται ταυτόχρονα για την χρήση τους με νέου τύπου πυρηνικούς αντιδραστήρες (4^{ης} γενιάς), καθώς και άλλες συγκεντρωτικές ηλιακές τεχνολογίες, με πολλαπλά συγκεντρωτικά κάτοπτρα.

Φωτοκαταλυτική διάσπαση

Η φωτοηλεκτρόλυση αποτελείται από συνδυασμό φωτοβολταϊκών και επιτόπιας ηλεκτρόλυσης. Η μέθοδος αυτή της φωτοηλεκτρόλυσης μελετάται τα τελευταία 12 χρόνια (σε εργαστηριακό επίπεδο) και σήμερα υπάρχουν εταιρίες που έχουν κατασκευάσει πρωτότυπα. Ο βαθμός απόδοσης είναι συγκρίσιμος με τα συστήματα φωτοβολταϊκών σε συνδυασμό με μονάδες ηλεκτρόλυσης αλλά προβλήματα θεωρούνται η διαχείριση και η στεγανοποίηση των συλλεκτών που

αναγκαστικά πρέπει να καλύπτουν μεγάλες επιφάνειες. Πάντως ως σύστημα η φωτοηλεκτρόλυση θεωρείται απλούστερη από το συνδυασμό φωτοβολταϊκών και μονάδας ηλεκτρόλυσης.

Φωτόλυση, Βίο-φωτόλυση

Αερόβιες και αναερόβιες μικροβιολογικές διαδικασίες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υδρογόνου από βιομάζα, άλλα απόβλητα σε υγρή μορφή αλλά και φύκια. Οι διαδικασίες αυτές βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο και σίγουρα θα χρειαστούν ανεπτυγμένες μονάδες καθαρισμού.

1.7.2 Αποθήκευση Υδρογόνου

Ένα σημαντικό κομμάτι σε αυτό που ονομάζουμε τεχνολογίες υδρογόνου αφορά το μέσο ή αλλιώς τον τρόπο αποθήκευσης του υδρογόνου είτε υπό χαμηλή πίεση είτε υπό υψηλή πίεση. Στις μέρες μας υπάρχουν δύο διαδεδομένοι τρόποι αποθήκευσης υδρογόνου. Αυτοί είναι:

Δεξαμενές Αποθήκευσης Υδρογόνου υπό πίεση >200bar

Οι φιάλες αυτές ανάλογα με την κατασκευή τους μπορούν να φτάσουν έως και τα 700bar πίεση. Πιο διαδεδομένη πίεση είναι αυτή των 200bar που οποιοσδήποτε μπορεί πολύ εύκολα να προμηθευτεί από το εμπόριο μέσω εταιρειών που εμπορεύονται χημικά αέρια . Βέβαια μην ξεχνάμε ότι μπορούμε και οι ίδιοι να παράγουμε υδρογόνο μόνο που σε αυτή την περίπτωση θα χρειαστεί είτε μονάδα ηλεκτρόλυσης η οποία αποδίδει το υδρογόνο σε υψηλές πιέσεις είτε επιβάλλεται η χρησιμοποίηση συμπιεστών για να μπορέσουμε να φτάσουμε πιέσεις κοντά στα 200bar.

Όσο για τις φιάλες των 500bar ή ακόμα και των 700bar αυτές είναι κατασκευασμένες από ειδικά κράματα μετάλλων και το εξωτερικό τους είναι καλυμμένο με ένα περίβλημα από ανθρακονήματα που έχουν την μορφή πλεκτού. Αυτές οι δεξαμενές είναι πολύ ελαφριές, μικρές σε όγκο, απολύτως ασφαλής αλλά βασικό μειονέκτημα τους είναι η υψηλή τιμή κτίσης τους μιας και δεν είναι σε μαζική παραγωγή.

Δεξαμενές Αποθήκευσης Υδρογόνου Μεταλλικών Υδριδίων

Τα υδρίδια μετάλλων είναι συγκεκριμένοι συνδυασμοί μεταλλικών κραμάτων τα οποία δρουν σαν σε ένα σφουγγάρι που απορροφά νερό. Τα υδρίδια μετάλλων έχουν την μοναδική ικανότητα να απορροφούν υδρογόνο και να το απελευθερώνουν αργότερα, είτε σε θερμοκρασία δωματίου είτε μέσω θέρμανσης του δοχείου. Η συνολική ποσότητα του υδρογόνου που απορροφάται είναι γενικά 1% - 2% του συνολικού βάρους του δοχείου. Μερικά μεταλλικά

υδρίδια (τελευταίας γενιάς) είναι σε θέση να αποθηκεύουν 7% - 10% του δικού τους βάρους αλλά μόνο όταν θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Το ποσοστό του αερίου που απορροφάται στον βαθμό του μετάλλου είναι ακόμη σχετικά χαμηλό αλλά τα υδρίδια προσφέρουν μια αξιόπιστη λύση για την αποθήκευση υδρογόνου.

Τα υδρίδια μετάλλων προσφέρουν τα πλεονεκτήματα της ασφαλούς μεταφοράς υδρογόνου κάτω από συνεχή πίεση. Η διάρκεια ζωής του δοχείου αποθήκευσης μεταλλικών υδριδίων είναι άμεσα συνδεδεμένο με την καθαρότητα του υδρογόνου όταν αποθηκεύεται. Τα κράματα δρουν σαν σφουγγάρι, τα οποία απορροφούν υδρογόνο, αλλά επίσης απορροφούν κάθε ρύπους που εισάγεται στο δοχείο μέσω του υδρογόνου. Το αποτέλεσμα είναι το υδρογόνο απελευθερώνεται από το δοχείο είναι εξαιρετικά καθαρό, αλλά η διάρκεια ζωής του δοχείου και η ικανότητα να αποθηκεύει υδρογόνο μειώνεται καθώς οι ρύποι μένουν και γεμίζουν τα κενά στο μέταλλο τα οποία κατείχε το υδρογόνο.

Νέες Δομές Αποθήκευσης Υδρογόνου σε Νανοπαπύρους – Νανοσωλήνες

Τα τελευταία χρόνια μια νέα κατηγορία πορωδών υλικών, οι νανοσωλήνες του άνθρακα, προτάθηκαν για να χρησιμοποιηθούν ως νανοδεξαμενές για την αποθήκευση υδρογόνου. Πολύ σύντομα όμως έγινε αντιληπτό ότι η απορρόφηση δεν ήταν τόσο μεγάλη ώστε να δικαιολογήσει την χρήση τους για αυτό το σκοπό. Έτσι η προσπάθεια μετατέθηκε στο να βρεθεί τρόπος να αυξηθεί η απορροφητική τους ικανότητα.

Στόχος σε αυτή εδώ την πρόταση είναι καταρχήν η εις βάθος κατανόηση των δομικών και ηλεκτρονικών ιδιοτήτων των νανοσωλήνων του άνθρακα καθώς και η θεωρητική μελέτη της διαδικασίας προσρόφησης αερίων και κυρίως υδρογόνου. Βεβαίως επόμενο βήμα είναι η παρασκευή νανοσωλήνων και νανοπαπύρων άνθρακα που θεωρητικά θα παρουσιάζουν μεγαλύτερη απορροφητικότητα υδρογόνου, καθώς και η πειραματική μέτρηση της προσρόφησης αυτής. Τέλος αν επαληθευτούν οι θεωρητικές προβλέψεις τα νέα υλικά αυτά θα δοκιμαστούν κάτω από πραγματικές συνθήκες ως μπαταρίες υδρογόνου σε αυτοκίνητα.

1.7.3 Κυψέλες Καυσίμου

Η πρώτη εμφάνιση κυψελών καυσίμων ήταν το 1839 από τον Sir William Grove, ένα Ουαλλέζο δικαστή και επιστήμονα. Αλλά η πρώτη της εφαρμογή ήταν, όταν η κυβέρνηση των Η.Π.Α. αποφάσισε να επιλέξει στο διαστημικό πρόγραμμα της τις κυψέλες καυσίμων τη δεκαετία του '60. Τι είναι όμως μια κυψέλη καυσίμου (Fuel Cell) και πως λειτουργεί;

Μία κυψέλη καυσίμου λειτουργεί σαν μια «μπαταρία», μέσω μιας ηλεκτροχημικής αντίδρασης ενός καυσίμου (υδρογόνου) με ένα οξειδωτικό (οξυγόνο). Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι δεν έχει τον περιορισμό της εξάντλησης του καυσίμου, όπως στην μπαταρία μιας το καύσιμο και το οξειδωτικό εισάγονται συνεχώς στην άνοδο και στην κάθοδο του στοιχείου, και τα προϊόντα απομακρύνονται.

Μία κυψέλη καυσίμου αποτελείται από μια παροχή καυσίμου (υδρογόνου) και μια παροχή οξειδωτικού (οξυγόνου) και δύο ηλεκτρόδια (την άνοδο και την κάθοδο) που χωρίζονται με έναν ηλεκτρολύτη (μεμβράνη με λευκόχρυσο), δηλ. ένα υλικό που άγει τον ηλεκτρισμό μεταφέροντας φορτισμένα σωματίδια (ιόντα) αντί για ηλεκτρόνια. Η κυψέλη καυσίμου παράγει μόνο ηλεκτρική ενέργεια, νερό και θερμότητα και έχει εξαιρετικά μεγάλη απόδοση σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας (πάνω από 85% μεικτή ανάλογα και τον τύπο της κυψέλης καυσίμου).

Το καύσιμο, υδρογόνο, παράγεται εύκολα από διάφορες πηγές και βέβαια από το νερό μέσω ηλεκτρόλυσης, όπως και αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα. Παρ' όλο όμως που οι βασικές αρχές είναι πολύ απλές, η χημική αντίδραση δεν γίνεται πολύ εύκολα, απαιτούνται καταλύτες και ειδικές κατασκευές. Παράλληλα όμως γίνονται συνεχώς έρευνες και ανάπτυξη για την βελτίωσή τους, την αύξηση της αντοχής τους σε φθορές από την μακρόχρονη χρήση τους και για την ελάττωση του κόστους τους.

Έχουν κατασκευαστεί διάφοροι τύποι κυψελών καυσίμου, που προτιμούνται ανάλογα με την χρήση (εφαρμογή) τους και αναφέρονται αναλυτικά πιο κάτω. Βασικά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος (γεννήτριες) και για τις μεταφορές. Οι κυψέλες καυσίμου είναι μια μέθοδος μετατροπής ενέργειας που είναι αποθηκευμένη με την μορφή καυσίμου (υδρογόνο, μεθάνιο, φυσικό αέριο κ.ά.) σε ηλεκτρισμό και θερμότητα. Αυτό γίνεται με υψηλή απόδοση (40-85% ανάλογα με τον τύπο της κυψέλης) και με μοναδική εκπομπή το καθαρό νερό (όταν το καύσιμο είναι αποκλειστικά υδρογόνο). Στην περίπτωση που το καύσιμο περιέχει άνθρακα, εκπέμπονται και αέρια βλαβερά για το περιβάλλον (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα), αλλά σε πολύ μικρότερη ποσότητα από ότι με έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης αντίστοιχης ισχύος.

1.7.4 Προβλήματα στη χρήση του υδρογόνου

Αν η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από κυψέλες καυσίμου (μία εκ των 2 χρήσεων του υδρογόνου στην κίνηση οχημάτων) τότε το πρόβλημα είναι στις ίδιες τις κυψέλες καυσίμου. Το κόστος κατασκευής τους είναι ακόμα άκρως απαγορευτικό για να βγουν μαζικά στην αγορά, το βάρος τους είναι αυξημένο, η

συνολική αποδοτικότητα της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή υδρογόνου και της χρήσης αυτού του υδρογόνου για την παράγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που θα κινήσει τον Η/Κ δεν υπερβαίνει το 50% ενώ ταυτόχρονα όσο αυξάνεται το φορτίο του Η/Κ τόσο μειώνεται η αποδοτικότητα της κυψέλης καυσίμου. Επίσης ο ανεφοδιασμός μιας κυψέλης καυσίμου γίνεται μεν πιο γρήγορα από την επαναφόρτιση τυπικών συσσωρευτών λιθίου, αλλά οι εγκαταστάσεις που απαιτούνται και οι κανόνες ασφαλείας που πρέπει να τηρηθούν κατά τον ανεφοδιασμό, εκτινάσσουν το κόστος ανεφοδιασμού σε δυσθεώρητα επίπεδα.

2. ΤΙ ΙΣΧΥΕΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Όπως είναι γνωστό, το ενεργειακό οικολογικό μέλλον του πλανήτη είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας για το μέλλον των οποίων, γίνεται πολύς λόγος τόσο σε εθνικό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Η περιβαλλοντική κρίση που διερχόμαστε, με τις έντονες κλιματικές αλλαγές και τα ακραία καιρικά φαινόμενα δημιουργούν ένα περιβάλλον που χρήζει άμεσης προστασίας, και ως εκ τούτου καθιστά τη συζήτηση για την ανάπτυξη των ΑΠΕ ακόμη πιο επιτακτική και επίκαιρη.

Ο τομέας των «καθαρών» μορφών ενέργειας τόσο παγκοσμίως, όσο και στην Ελλάδα παρουσιάζει ενδιαφέρουσες προκλήσεις και ευκαιρίες. Όπως είναι φυσικό, βέβαια, η ανάπτυξή τους βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τα οικονομικά δεδομένα. Έτσι, η εικόνα της παγκόσμιας αγοράς των ΑΠΕ σήμερα αλλάζει σταδιακά λόγω της οικονομικής κρίσης. Εκείνοι που, κυρίως, πλήττονται στις ΗΠΑ, την Ευρώπη και τις άλλες αγορές είναι οι ανεξάρτητοι παραγωγοί ενέργειας με μεγάλη πιστωτική έκθεση, καθώς και οι μικρές εταιρίες του κλάδου. Οι τελευταίες ανακοινώσεις προγραμμάτων δείχνουν μικρή έως μεγάλη μείωση των ετήσιων προγραμματισμένων έργων. Επίδραση συναντάται και στους προμηθευτές εξοπλισμού, οι οποίοι εξετάζουν παραγγελίες, ώστε να αναγνωρίσουν πιθανές ακυρώσεις ή επαναδιαπραγματεύσεις.

Από την τρέχουσα δυσμενή οικονομική συγκυρία υφίστανται επιπτώσεις, όπως είναι αναμενόμενο, οι νέες «πράσινες» επενδύσεις. Με επίκεντρο τις ΗΠΑ η κρίση και η συνακόλουθη επιβράδυνση της ανάπτυξης στον τομέα των ΑΠΕ πρόκειται να γίνει αισθητή παγκόσμια. Όσο για την Ευρώπη θα επηρεαστεί βραχυπρόθεσμα τα επόμενα δυο έτη εξαιτίας των δυσκολιών στη χρηματοδότηση, αλλά και λόγω της χρονικής μετατόπισης των προγραμματισμένων έργων.

Ωστόσο, η «πράσινη» επιχειρηματικότητα, παγκοσμίως, παρουσιάζει μία μεγάλη δυναμική, καθώς αποτελεί το «κλειδί» για την αντιμετώπιση των ραγδαίων κλιματικών αλλαγών και των απρόβλεπτων συνεπειών τους. Για αυτό οι προσπάθειες επικεντρώνονται στη στήριξη των «καθαρών» τεχνολογιών και στη δημιουργία ευκαιριών για την ανάπτυξή τους. Χρειαζόμαστε την «πράσινη» ενεργειακή επανάσταση που θα επιφέρει την καθολική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο τροφοδοτούμε με ενέργεια τις κοινωνίες μας. Είναι απαραίτητη η εισαγωγή μας στη νέα εποχή του οικονομικού μετασχηματισμού.

Στο πλαίσιο αυτό τα επόμενα έτη θα παρουσιαστεί μεγάλη κινητικότητα σε επικείμενες συγχωνεύσεις και συνεργασίες, καθώς και σε αγοραπωλησίες, ενώ θα επιβιώσουν οι πιο εύρωστες εταιρίες, οι οποίες επίσης πρόκειται να επωφεληθούν επίσης από τα νέα έργα που αναμένεται να διατεθούν στην αγορά.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο οι προοπτικές που διαγράφονται είναι θετικές, καθώς δίνεται ώθηση προς την κατεύθυνση της ενίσχυσης των ΑΠΕ. Ο στόχος του 20-20-20 έως το 2020 φέρνει τις επενδύσεις στον κλάδο αυτό ψηλά στον

κατάλογο των προτεραιοτήτων. Επιπλέον, οι νέες ευκαιρίες που δίνονται για την ανάπτυξη της «πράσινης» οικονομίας θα λειτουργήσουν ως μέσο υποκίνησης της οικονομικής ανόρθωσης. Οι παγκόσμιες επενδύσεις στα αιολικά έργα, που φτάνουν τα 30 δις ετησίως, δημιουργούν τις προϋποθέσεις για τεχνολογικές εξελίξεις, αλλά και για σημαντική αύξηση της απασχόλησης. Στη Γερμανία οι επενδύσεις στην τεχνολογία του περιβάλλοντος αναμένεται να φτάσουν το 16% της παραγωγής της μεταποιητικής βιομηχανίας ως το 2030 απασχολώντας περισσότερους εργαζόμενους από την αυτοκινητοβιομηχανία.

Τώρα, σε εθνικό επίπεδο παρατηρείται μία ευοίωνη δραστηριότητα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ. Και αυτό γιατί με το νέο νόμο 3734 του 2009 ανακαλούνται παλιές και μη ενεργές άδειες, γεγονός που «αποφορτίζει», θα λέγαμε, το επιβαρημένο δίκτυο της Ελλάδας. Ακόμη, λαμβάνονται μέτρα που θέτουν τέλος στις αγοραπωλησίες αδειών και έτσι δημιουργούνται νέες ευκαιρίες για την ανάπτυξη και επιτάχυνση πολλών επενδύσεων, η πραγματοποίηση των οποίων, μέχρι σήμερα, παρεμποδιζόταν.

Επιπρόσθετα, στο νέο χωροταξικό σχέδιο το οποίο δε φαίνεται να αποτελεί πανάκεια στα προβλήματα των ΑΠΕ, υπάρχει μέριμνα ως προς τις τοποθεσίες κατασκευής αιολικών πάρκων, γεγονός που θα επιφέρει ένα συνολικό «νοικοκύρεμα» στο τοπίο των ανεμογεννητριών.

Εν συντομία, θα θέλαμε να σας παρουσιάσω ορισμένα στοιχεία που αποτυπώνουν την ελληνική πραγματικότητα σήμερα στον τομέα της αιολικής ενέργειας, τους στόχους μέχρι το 2020 και ορισμένα συγκριτικά στοιχεία με άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Η εικόνα της Ελλάδας σήμερα όσο αφορά την εγκατεστημένη ισχύ αιολικών πάρκων αντιστοιχεί στα 985 MW.

Είναι αξιοσημείωτο να δούμε και να αναλογιστούμε πώς η Πορτογαλία που το 2000 υπολείπονταν κατά το ήμισυ της εγκατεστημένης ισχύ της Ελλάδας, κατάφερε να έχει σήμερα φτάσει σχεδόν τα 3,000 MW αφήνοντας εμάς πίσω σχεδόν στα 1,000 MW.

Η πρόκληση για τις ΑΠΕ είναι μεγάλη και οι ευκαιρίες σημαντικές. Με το ιδιαίτερα πλούσιο φυσικό περιβάλλον της η Ελλάδα βρίσκεται στις πρώτες θέσεις των χωρών που μπορούν να παράγουν ενέργεια από φιλικότερες προς το περιβάλλον πηγές. Εκείνο που χρειάζεται είναι η σωστή αξιοποίηση του εγχώριου φυσικού πλούτου και ο προσανατολισμός της οικονομίας προς τις «πράσινες» επενδύσεις.

Ιδιαίτερα σήμερα που βιώνουμε μία δυσμενή οικονομική κατάσταση, η «πράσινη» επιχειρηματικότητα μπορεί να δημιουργήσει ένα πιο αισιόδοξο μέλλον τόσο για το περιβάλλον, όσο και για την οικονομία.

Και αυτό γιατί η ανάπτυξη των ΑΠΕ δημιουργεί νέες θέσεις εργασίας και κυρίως στην περιφέρεια όπου η απασχόληση χρειάζεται περισσότερη τόνωση.

Σήμερα μόνο στα αιολικά πάρκα απασχολούνται παγκοσμίως 400.000 εργαζόμενοι, ενώ οι εκτιμήσεις μιλούν για αύξηση στα 2 εκατ. έως το 2020.

Από την άλλη, τα οικολογικά οφέλη που «καρπωνόμαστε» όλοι μας είναι σημαντικά. Βάσει στοιχείων μια σύγχρονη ανεμογεννήτρια 2 MW αποτρέπει ετησίως την εκπομπή 4,500 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσων δηλαδή εκλύουν 1,700 αυτοκίνητα.

Επιπλέον, χάρη στις «ευγενείς» πηγές μπορούμε να εξασφαλίσουμε σημαντική ενεργειακή ασφάλεια περιορίζοντας παράλληλα τη χρήση ρυπογόνων και εξαντλήσιμων συμβατικών καυσίμων.

Αναμφισβήτητα, η συμβολή των ΑΠΕ στην προστασία του κλίματος και του περιβάλλοντος και στην συγκράτηση της αύξησης της θερμοκρασίας είναι ουσιαστική. Σύμφωνα με στοιχεία τα τελευταία 100 χρόνια η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε σχεδόν κατά 1 βαθμό Κελσίου, ενώ τα μέτρα που λαμβάνονται θέτουν ως ανώτερο στόχο τους 2 βαθμούς Κελσίου ως το 2020 σε σχέση με την προ-βιομηχανική εποχή. Με τις αρχές δηλαδή του 20 αιώνα!

Οι επενδύσεις στις ΑΠΕ αποφέρουν επίσης σημαντικά οφέλη για τις τοπικές κοινωνίες. Τα ανταποδοτικά τέλη του 3% ισοδυναμούν με περίπου 10% συμμετοχή του Δημοτικού ή Κοινοτικού διαμερίσματος στο οποίο υπάγονται τα Αιολικά Πάρκα στην ίδια την επένδυση. Αξίζει να αναφέρουμε ότι μόνο η εταιρία ΡΟΚΑΣ με εγκατεστημένα 200 MW κατά το 2008 απέδωσε 370 χιλιάδες Ευρώ.

Η λειτουργία εγκαταστάσεων ΑΠΕ απαιτεί μια σειρά από έργα υποδομής, όπως άρτιο οδικό δίκτυο και ηλεκτρικό δίκτυο, έργα που μένουν στην τοπική κοινωνία για πάντα. Να αναφερθώ ότι αυτά τα έργα υποδομής αντιστοιχούν στο 10% με 12% της συνολικής επένδυσης των έργων ΑΠΕ.

Πρέπει να τονιστεί ότι η εκμετάλλευση των πολύτιμων φυσικών πηγών ενέργειας επαρκεί για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης, με τον καλύτερο τρόπο: τη φιλική προς το περιβάλλον «συμπεριφορά». Αποτελεί δε την αναγκαία στροφή και μεταβολή από το μοντέλο ανάπτυξης που ακολουθούσαμε τόσα χρόνια τώρα το οποίο αποδείχθηκε καταστροφικό για το περιβάλλον.

Τόσο η παγκόσμια, όσο και η ελληνική πραγματικότητα αποδεικνύουν ότι από τη μέχρι σήμερα αξιοποίηση των φυσικών πόρων παραγωγής ενέργειας ότι τα οφέλη είναι σημαντικά και συναντούν τις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας και οικονομίας. Το βιώσιμο περιβάλλον, που αποτελεί σπουδαίο παράγοντα καλής ποιότητας ζωής, και η οικονομική ανάπτυξη μπορούν να συνδυαστούν αποδοτικά και αποτελεσματικά. Η «πράσινη» οικονομία παρουσιάζει μία νέα αναπτυξιακή ευκαιρία, που διαγράφεται ιδιαίτερα ευοίωνα για τη χώρα μας. Δεν μπορούμε και δεν πρέπει να παραμείνουμε θεατές στις τρέχουσες εξελίξεις της παγκόσμιας πραγματικότητας.

2.1 Η κάθε ενέργεια στην Ευρώπη και τον κόσμο

Συγκεκριμένα η κατάσταση που επικρατεί για το κάθε είδος ενέργειας στην Ευρώπη και τον κόσμο είναι η παρακάτω.

2.1.1 Αιολική Ενέργεια

Η Δανία υπήρξε η πρώτη Ευρωπαϊκή χώρα που υιοθέτησε μια επιτυχημένη πολιτική ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας και παρέμεινε η κυρίαρχη χώρα αναφορικά με την παραγωγή ηλεκτρισμού από αιολική ενέργεια έως τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Στις αρχές της δεκαετίας αυτής, η κλίμακα ανεμογεννητριών μεγέθους 300 με 500 KW άρχισε να εισάγεται με επιτυχία στην Ευρώπη, σηματοδοτώντας την έκρηξη της αιολικής ενέργειας στη Γερμανία. Κατά τη διάρκεια της ραγδαίας αυτής ανάπτυξης, η Γερμανική βιομηχανία αιολικής ενέργειας έφτασε τα τεχνολογικά επίπεδα της Δανίας και τώρα διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στην παγκόσμια αγορά αιολικών συστημάτων. Παρόμοια πορεία ακολούθησε και η Ισπανία από τα μέσα της δεκαετίας του '90. Αυτή η ανάπτυξη κατέστη δυνατή λόγω της ύπαρξης ισχυρών αγορών με ασφαλείς συνθήκες για τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά. Η πορεία ανάπτυξης της αγοράς της αιολικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια υπήρξε συνεχής και εντυπωσιακή. Μέχρι το τέλος του 2004 περίπου 47.000 MW ανεμογεννητριών είχαν εγκατασταθεί και λειτουργούσαν σε 55 χώρες. Από αυτά, 34.000 MW περίπου ήταν εγκατεστημένα στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οι τέσσερις σημαντικότερες αγορές αιολικής ενέργειας τη δεκαετία του 1990 (Γερμανία, ΗΠΑ, Δανία και Ισπανία) κάλυπταν περίπου το 80% των πωλήσεων παγκοσμίως το 2003 και το 2004. Οι τρεις κυρίαρχες στον τομέα χώρες της Ευρώπης (Γερμανία, Δανία και Ισπανία), κατέχουν πάνω από το 80% της συνολικής Ευρωπαϊκής εγκατεστημένης ισχύος από αιολικά. Η Γερμανική αγορά από μόνη της κατέχει περίπου το 50% της Ευρωπαϊκής αγοράς και το 33% της παγκόσμιας αγοράς.

Η βιομηχανία των ανεμογεννητριών αναπτύχθηκε σε εκείνες τις χώρες που δημιούργησαν και στήριξαν την ανάπτυξη των αιολικών εγκαταστάσεων. Σήμερα, οι χώρες προέλευσης των βιομηχανιών που προμηθεύουν την παγκόσμια αγορά ταυτίζονται με αυτές που έχουν τις περισσότερες εγκαταστάσεις. Τα τελευταία χρόνια παράλληλα με τη σημαντική αύξηση της αγοράς παρατηρείται και η συγκέντρωση της παραγωγής σε όλο και λιγότερους και μεγαλύτερους κατασκευαστές. Οι τέσσερις μεγαλύτεροι κατασκευαστές (τρεις από τους οποίους είναι Ευρωπαίοι) καλύπτουν τα 3/4 της παγκόσμιας αγοράς. Οι Ευρωπαίοι κατασκευαστές στο σύνολό τους καλύπτουν περίπου το 80% της παγκόσμιας αγοράς. Τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε επίσης, την είσοδο στον τομέα της κατασκευής ανεμογεννητριών, μεγάλων εταιριών του

ενεργειακού χώρου (General Electric, Siemens) κύρια μέσω της εξαγοράς υπαρχόντων κατασκευαστών.

Η τεχνολογία είναι πλέον διαθέσιμη και εξελίσσεται συνεχώς και τα κόστη έχουν μειωθεί σημαντικά. Στα 25 χρόνια ύπαρξης των ανεμογεννητριών στην αγορά το μέγεθος τους εκατονταπλασιάστηκε όσον αφορά στην εγκατεστημένη ισχύ (από 50KW σε 5000 KW) και οχταπλασιάστηκε όσον αφορά στη διάμετρό τους (από 15 m σε 124 m). Το μέσο μέγεθος ανεμογεννητριών που εγκαθίσταται ετησίως αυξάνεται συνεχώς: από 240 MW το 1993 σε 890 MW το 2000 και σε 1262 MW το 2004.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στη Λευκή Βίβλο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας έθεσε ως στόχο για την αιολική ενέργεια τα 40 GW εγκατεστημένης ισχύος μέχρι το 2010. Ο στόχος αυτός επιτεύχθηκε στο τέλος του 2005. Για το λόγο αυτό, προτάθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας ένας νέος στόχος, πιο ρεαλιστικός δεδομένης της παρούσας κατάστασης ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας. Ο στόχος αυτός είναι 75 GW για το 2010 και 180 GW για το 2020.

2.1.2 Ηλιακή Ενέργεια

Φωτοβολταϊκά

Την περασμένη δεκαετία η παγκόσμια αγορά ηλεκτρισμού από ηλιακή ενέργεια σημείωσε σημαντικούς ρυθμούς ανάπτυξης υπερκαλύπτοντας άλλους τομείς τεχνολογίας. Παρά το γεγονός ότι η παραγωγή φωτοβολταϊκών αυξήθηκε σημαντικά σε ετήσιο ποσοστό 18.9% την περίοδο 1987-2000, η ανάπτυξη του τομέα αυτού τα τελευταία τέσσερα χρόνια υπήρξε ακόμη πιο εντυπωσιακή. Ο τομέας, με καταλύτη μια σειρά προγραμμάτων μεγάλης κλίμακας για την ενίσχυση της αγοράς των φωτοβολταϊκών ανά τον κόσμο, γνώρισε την περίοδο 2000 – 2004 μια ετήσια ανάπτυξη μεγαλύτερη του 44%, φτάνοντας να παράγει 1.200 MWh το 2004.

Ένα μεγάλο μέρος της ανάπτυξης αυτής οφείλεται σε καλά στοχευόμενα εθνικά προγράμματα υποστήριξης των φωτοβολταϊκών. Την ανάπτυξη επίσης στήριξαν αποφάσεις και θεσμικά πλαίσια θετικά προς τον τομέα των ηλιακών, π.χ. η σύνδεση των φωτοβολταϊκών συστημάτων με το εθνικό δίκτυο και η ενίσχυση της τιμής πώλησης της KWh. Η Γερμανία και η Ιαπωνία υιοθέτησαν σε μεγάλο βαθμό τέτοιες πολιτικές.

Τα κύρια τμήματα της αγοράς των φωτοβολταϊκών είναι οι απομονωμένες βιομηχανικές μονάδες (π.χ. τηλεπικοινωνιακοί σταθμοί αναμετάδοσης που δεν είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο ηλεκτρισμού), οι εφαρμογές σε καταναλωτικά αγαθά (π.χ. φωτοβολταϊκές σκεπές σε αυτοκίνητα), οι εφαρμογές σε αναπτυσσόμενες χώρες (π.χ. αυτόνομα συστήματα ηλιακών κατοικιών), και τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα (κτίρια με

ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα). Αντανακλώντας την ολοένα και αυξανόμενη σημασία της αγοράς των μεγάλων ηλεκτρικών εταιρειών στις αναπτυσσόμενες χώρες, την περασμένη δεκαετία παρατηρήθηκε μια σημαντική εναλλαγή της συμμετοχής των επιμέρους τμημάτων αυτής της αγοράς. Μέχρι το 1999 τα διασυνδεδεμένα συστήματα κάλυπταν περίπου το 20% της συνολικής παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος από φωτοβολταϊκά συστήματα, ενώ τα αυτόνομα συστήματα κάλυπταν την τεράστια πλειοψηφία των εγκαταστάσεων. Όμως, η κατάσταση για τα πρόσφατα εγκατεστημένα συστήματα τα τελευταία χρόνια φαίνεται τελείως διαφορετική. Κατά το 2004, τα νέα διασυνδεδεμένα συστήματα κάλυψαν το 50% των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων παγκοσμίως. Όπως και στην περίπτωση των αιολικών, οι χώρες που δημιούργησαν μια εγχώρια αγορά είναι αυτές που ανέπτυξαν και τη βιομηχανία τους.

Η ουσία είναι ότι τα προγράμματα ενίσχυσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων κυρίως στην Γερμανία και στην Ιαπωνία αποδείχτηκαν άκρως αποτελεσματικά και οδήγησαν στην εντυπωσιακή άνοδο της συμμετοχής των τεχνολογιών ηλιακών συστημάτων στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο δίκτυο. Η αυξανόμενη δύναμη αυτών των διασυνδεδεμένων αγορών θα συμβάλει σημαντικά στη δημιουργία μιας βιώσιμης υποδομής για τη βιομηχανία των φωτοβολταϊκών συστημάτων προσφέροντας ισχυρά κίνητρα για επενδύσεις σε νέες σύγχρονες εγκαταστάσεις. Ταυτόχρονα, η ευρεία αγορά που δημιουργείται για τα απομονωμένα συστήματα στις αναπτυσσόμενες χώρες θα επωφεληθεί παράλληλα από την αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής και τα επαγόμενα οικονομικά οφέλη.

Ηλιακοί Συλλέκτες

Η τεχνολογία των ηλιακών ενεργητικών θερμικών συστημάτων είναι σήμερα ώριμη. Υπάρχουν βέβαια σημαντικές δυνατότητες μείωσης του σημερινού τους κόστους από την παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα και από βελτιώσεις στις διαδικασίες παραγωγής και στην προώθηση στην αγορά.

Ο μέσος ρυθμός αύξησης των συνολικών εγκαταστάσεων ηλιακών συλλεκτών στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν της τάξης του 11% κατά τη δεκαετία 1994-2004. Τρεις χώρες (Γερμανία, Ελλάδα και Αυστρία) έχουν πάνω από 2.000.000 τετραγωνικά μέτρα εγκατεστημένων συλλεκτών, με τη Γερμανία να κυριαρχεί στις εγκαταστάσεις τα τελευταία χρόνια. Η Κύπρος όμως έχει με διαφορά από τις άλλες χώρες τις περισσότερες εγκαταστάσεις ανά κάτοικο.

Οι μέχρι σήμερα εφαρμογές αφορούν κατά 95% στην εγκατάσταση οικιακών θερμοσιφονικών συστημάτων.

Το 5% αφορά κεντρικά ηλιακά συστήματα που έχουν εγκατασταθεί κυρίως σε ξενοδοχεία, βιομηχανίες, ειδικά κτίρια και θερμοκήπια. Οι εφαρμογές

στον ευρύτερο δημόσιο τομέα είναι ελάχιστες και αντιστοιχούν σε 0,5% περίπου της εγκατεστημένης επιφάνειας συλλεκτών.

Μέχρι σήμερα υπάρχουν επίσης, ελάχιστα παραδείγματα εφαρμογών για θέρμανση και ψύξη. Η διείσδυση σε μεγάλη κλίμακα σε όλους αυτούς τους τομείς είναι ώριμη και εφικτή. Αλλά και τα περιθώρια κλασικών οικιακών εφαρμογών είναι ακόμη μεγάλα.

2.1.3 Μικρά Υδροηλεκτρικά

Η κατασκευή των υδροηλεκτρικών (μικρών ή μεγάλων) είναι μια πολύ παλιά και γνωστή τεχνολογική εφαρμογή. Το δυναμικό των μεγάλων υδροηλεκτρικών είναι περιορισμένο γιατί αφενός έχει ήδη γίνει σε μεγάλο βαθμό η εκμετάλλευσή του και αφετέρου η δημιουργία νέων μονάδων παρουσιάζει δυσκολίες λόγω των περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργεί. Αντίθετα, το δυναμικό των μικρών υδροηλεκτρικών είναι αρκετά μεγάλο και ανεκμετάλλευτο σε μεγάλο βαθμό μέχρι σήμερα.

Ο ρυθμός εγκατάστασης των μικρών υδροηλεκτρικών παραμένει αρκετά μικρός τα τελευταία χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

2.1.4 Βιομάζα

Σημαντικός τομέας των Α.Π.Ε. με ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες προοπτικές για το μέλλον είναι εκείνος της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας. Με τις αναμενόμενες σοβαρές αλλαγές στο χώρο της γεωργίας, τόσο για λόγους διαρθρωτικούς όσο και λόγω της αναμορφωμένης Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (αγρανάπαυση), η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας μπορεί να παίζει πολύ σημαντικό ρόλο με ευρύτερο κοινωνικοοικονομικό όφελος, ιδιαίτερα σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο (δημιουργία απασχόλησης, συγκράτηση πληθυσμού, σταθεροποίηση γεωργικού εισοδήματος κλπ.). Η αξιοποίηση αυτή έχει το προσόν της σύγχρονης ευεργετικής επίδρασης στο περιβάλλον, καθώς υποκαθιστά συμβατικά καύσιμα και έχει μηδενική συμμετοχή στις εκπομπές CO₂ (λόγω του βιολογικού κύκλου). Επισημαίνεται πάντως ότι η αξιοποίηση της βιοενέργειας συμβάλλει ήδη σημαντικά στην ενεργειακή οικονομία των αγροτικών περιοχών με τη μορφή παραδοσιακών εφαρμογών κυρίως θέρμανσης χώρων με καυσόξυλα. Το μεγάλο όμως ενδιαφέρον εντοπίζεται στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών για την ενεργειακή αξιοποίηση είτε γεωργικών παραπροϊόντων είτε ενεργειακών καλλιεργειών σε εκτάσεις που θα αποσυρθούν από την ΚΑΠ. Οι περισσότερο υποσχόμενες νέες αυτές τεχνολογίες είναι η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού και η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων μεταφορών. Η βιομάζα είναι η μόνη Α.Π.Ε. που μπορεί να συνεισφέρει σε όλες τις μορφές ενεργειακής χρήσης (ηλεκτρισμό, θερμότητα, μεταφορές).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην ενεργειακή χρήση της βιομάζας και στη Λευκή Βίβλο προβλέπει τον τριπλασιασμό της υπάρχουσας χρήσης μέχρι το 2010. Ο ρυθμός αύξησης της τελευταίας δεκαετίας όμως δεν επιτρέπει μεγάλη αισιοδοξία για την επίτευξη αυτού του στόχου.

2.1.5 Γεωθερμία

Η απαιτούμενη τεχνολογία για την αξιοποίηση της γεωθερμίας που εμπεριέχεται σε υπόγεια ρευστά είναι πλέον δοκιμασμένη διεθνώς σε ευρεία κλίμακα και οικονομικά ανταγωνιστική. Επίσης, σημαντική συνεισφορά μπορούν να έχουν οι λεγόμενες γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, που εκμεταλλεύονται το γεγονός της σταθερής θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 15 έως 100 μέτρα. Η εφαρμογή τους για παροχή θέρμανσης, ψύξης και ζεστού νερού έχει ήδη αρχίσει σε πολλές χώρες τα τελευταία χρόνια. Η εγκατεστημένη ισχύς εφαρμογών γεωθερμίας για ηλεκτροπαραγωγή στην Ευρώπη αποτελεί το 10,5% της παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος και είναι συγκεντρωμένη κατά 99% σε μία μόνο χώρα, την Ιταλία. Το δυναμικό και ο ρυθμός αύξησης της γεωθερμίας για ηλεκτροπαραγωγή είναι αρκετά μικροί. Απεναντίας, οι γεωθερμικές εγκαταστάσεις για θερμικές χρήσεις και ιδιαίτερα οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης.

2.1.6 Θαλάσσια ενέργεια

Η θάλασσα είναι μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας εξαιρετικά υψηλής πυκνότητας, της υψηλότερης μεταξύ των ΑΠΕ. Στις ευρωπαϊκές ακτές προς τον Αν. Ατλαντικό παρουσιάζονται από τα υψηλότερα επίπεδα κυματικής ενέργειας στον πλανήτη, γεγονός το οποίο έχει δώσει μεγάλη ώθηση στην E&TA στην Ευρώπη για την εκμετάλλευση του δυναμικού αυτού. Η εκμετάλλευση αυτών των ενεργειακών πόρων θα μπορούσε να καλύψει σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες πολλών ευρωπαϊκών χωρών.

Οι ευρωπαϊκές χώρες με τα υψηλότερα επίπεδα κυματικής ενέργειας είναι η Μ. Βρετανία, η Ιρλανδία, η Πορτογαλία και η Νορβηγία. Στις χώρες αυτές διεξάγεται E&TA εδώ και τρεις δεκαετίες περίπου, η οποία έχει οδηγήσει στην υλοποίηση πιλοτικών ηλεκτροπαραγωγικών σταθμών ονομαστικής ισχύος 50 - 500 kW. Οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν ικανοποιητικά, η δε απόδοσή τους βελτιώνεται συνεχώς. Αριθμός άλλων τεχνολογιών βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο έρευνας σε μικρή κλίμακα ή στην φάση κατασκευής πρωτοτύπου σε πλήρη κλίμακα.

Η Δανία, η Ελλάδα, η Ισπανία, η Ιταλία, η Γαλλία, και η Σουηδία είναι χώρες με χαμηλότερα, πλην όμως αξιοποιήσιμα, επίπεδα κυματικής ενέργειας. Ειδικά στην περίπτωση της Ελλάδας, ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί κυματικής

ενέργειας θα μπορούσαν να αποτελέσουν βιώσιμη λύση ηλεκτροδότησης στον μεγάλο αριθμό νησιών του Αιγαίου.

2.1.7 Υδρογόνο

Η Κοινή Τεχνολογική Πρωτοβουλία (ΚΤΠ) για το υδρογόνο και τις κυψέλες καυσίμου (Fuel Cells and Hydrogen) ξεκίνησε επίσημα τη λειτουργία της τον Οκτώβριο, με στόχο την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για φθηνή και ασφαλή ενέργεια για τους Ευρωπαίους πολίτες. Πρόκειται για μια πανευρωπαϊκή σύμπραξη δημόσιων και ιδιωτικών οργανισμών, στην οποία συμμετέχουν περισσότερες από 60 επιχειρήσεις, ισάριθμα πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα, καθώς και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ο συνολικός προϋπολογισμός της ΚΤΠ ανέρχεται σε 1 δις. ευρώ για τα επόμενα 6 χρόνια, με την ΕΕ να καταβάλλει τα 470 εκατ. από το 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο Έρευνας.

Το υδρογόνο και οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να αλλάξουν τον τρόπο παραγωγής και κατανάλωσης της ενέργειας και να δώσουν στις ευρωπαϊκές βιομηχανίες το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην παγκόσμια αγορά. Ωστόσο οι επενδύσεις που απαιτούνται για τη μετάβαση στην οικονομία του υδρογόνου είναι υψηλές, ο επιχειρηματικός κίνδυνος μεγάλος και τα αποτελέσματα μακροπρόθεσμα και αβέβαια. Η συνεργασία δημόσιων και ιδιωτικών φορέων, λοιπόν, είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, οι οποίες αναμένεται να εμφανιστούν στην αγορά έως το 2015 και να διατεθούν σε ευρεία κλίμακα έως το 2020 για εφαρμογές σε τομείς όπως οι μεταφορές.

Σύμφωνα με τον Επίτροπο για θέματα επιστήμης και έρευνας Janez Potočnik, η συσπείρωση των καλύτερων Ευρωπαίων παικτών στον τομέα της ενέργειας και η επένδυση σε επιστημονικό έργο με σαφή προσανατολισμό σε ερευνητικά αποτελέσματα, αναμένεται να οδηγήσει σε νέες τεχνολογίες για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών και κλιματικών προκλήσεων. Ο Πρόεδρος της ΚΤΠ Gijs van Breda Vriesman συμπληρώνει πως η ΚΤΠ αποτελεί μοναδική ευκαιρία για την υλοποίηση ευρωπαϊκών ερευνητικών έργων μεγάλης κλίμακας που προϋποθέτουν τη συνεργασία της Πολιτείας, της ερευνητικής και επιχειρηματικής κοινότητας σε τοπικό, εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η πρώτη πρόσκληση υποβολής προτάσεων για την Κοινή Τεχνολογική Πρωτοβουλία ανακοινώθηκε στις 8 Οκτωβρίου 2008, με προϋπολογισμό 28,1 εκατ. ευρώ και καταληκτική ημερομηνία στις 15 Ιανουαρίου 2009. Η προκήρυξη αφορά τομείς όπως οι μεταφορές, οι υποδομές ανεφοδιασμού και η παραγωγή, αποθήκευση και διανομή υδρογόνου.

3. ANEMOΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

3.1 Εισαγωγή

Οι αιολικές μηχανές αποτελούν ανθρώπινες επινοήσεις, που έχουν σαν σκοπό την αξιοποίηση του μεγαλύτερου δυνατού ποσοστού της κινητικής ενέργειας του ανέμου. Τελικός στόχος είναι η μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ωφέλιμη ενέργεια, δηλαδή σε οποιαδήποτε εύχρηστη μορφή ενέργειας, άμεσα απολήψιμης από τον άνθρωπο. Λέγεται δε ότι μέχρι σήμερα έχουν επινοηθεί και εφαρμοσθεί περισσότεροι τύποι ανεμοκινητήρων από οποιαδήποτε άλλο τύπο εφεύρεσης, χωρίς όμως να επιτευχθεί μέχρι σήμερα ο επιθυμητός βαθμός εκμετάλλευσης της ενέργειας του ανέμου.

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.

3.2 Τύποι και υποσυστήματα ανεμοκινητήρων

Λέγεται ότι μέχρι σήμερα έχουν επινοηθεί και εφαρμοστεί στην πράξη περισσότεροι τύποι ανεμομηχανών από οποιοδήποτε άλλο τύπο εφεύρεσης. Οι ανεμοκινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν συμφωνά με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με την ροή του ανέμου σε:

- Οριζόντιου άξονα, στους οποίους ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου. (Σχήμα 3.1)
- Οριζόντιου άξονα (Cross -Wind), στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της γης αλλά κάθετος στην κατεύθυνση της ροής του ανέμου.
- Καθέτου άξονα στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στην επιφάνεια της γης και κάθετος στη ροή του ανέμου, (Σχήμα 3.2)

Επίσης έχουν επινοηθεί και άλλοι τύποι ανεμομηχανών, όπως του τύπου φοράς, στον οποίο υπάρχουν «μικρά» οχήματα που κινούνται σε μία καθορισμένη διαδρομή (τύπου σιδηροδρομικών βαγονιών) και είναι συνδεδεμένα με ηλεκτρογεννήτρια κ.λπ.



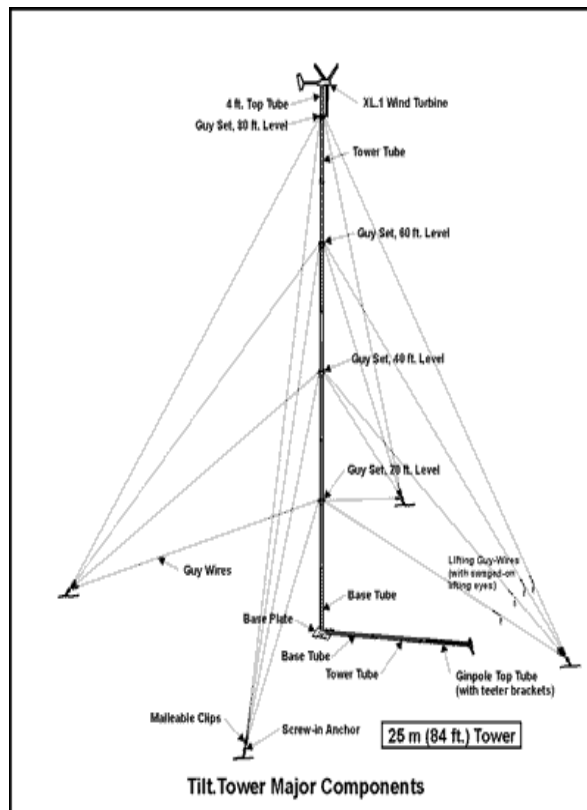
Σχήμα:3.1 Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα



Σχήμα:3.2 Ανεμογεννήτρια καθέτου άξονα

3.2.1 Τυπικές μορφές ανεμοκινητήρων οριζοντίου άξονα

Ο περιστρεφόμενος μηχανισμός τέτοιων μηχανών, που καλείται δρομέας, μπορεί να έχει από ένα πτερύγιο (μονόπτερος) μέχρι 30 ή και περισσότερα (πολύπτερος). Σε σχέση με τη θέση του δρομέα ως προς τον πύργο στήριξης και διεύθυνση του ανέμου, οι ανεμοκινητήρες αυτού του τύπου μπορούν να έχουν το δρομέα μπροστά από τον πύργο (ανάντη) ή πίσω (κατάντη). Για μεγιστοποίηση δέσμευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου απαιτείται όπως το επίπεδο του δρομέα του ανεμοκινητήρα να είναι κάθετο στην κατεύθυνση του ανέμου. Για το σκοπό αυτό στους μεν μικρής ισχύος ανεμοκινητήρες (και στον ανάντη τύπο) υπάρχει συνήθως πτερύγιο που ευθυγραμμίζει τον άξονα του δρομέα στον άνεμο, στους δε μεγάλους ανεμοκινητήρες εφαρμόζονται συστήματα αυτόματης ρύθμισης της σωστής θέσης του δρομέα ως προς τον άνεμο μέσω σερβομηχανισμού. Στους «μικρούς» ανεμοκινητήρες με το δρομέα κατάντη δεν τοποθετείται πτερύγιο προσανατολισμού γιατί το κουβούκλιο που καλύπτει τα εξαρτήματα της διάταξης μετατροπής της ενέργειας του δρομέα έχει τέτοιο σχήμα ώστε το ίδιο να αποτελεί πτερύγιο προσανατολισμού. Ο πύργος στήριξης του ανεμοκινητήρα μπορεί να είναι σωληνωτού τύπου, τύπου δικτυώματος και λεπτής κολώνας. Οι δύο πρώτοι τύποι είναι αυτοστηριζόμενοι, ενώ ο τρίτος τύπος λεπτής κολώνας, απαιτεί πρόσδεση με συρματόσχοινα. (Σχήμα 3.3)



Σχήμα 3.3 Πύργοι στήριξης τύπου σωλήνα, δικτύωματος και λεπτής κολώνας

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 έναντι υπερτάχυνσης έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αυτοματισμοί, όπως λειτουργία αεροπέδη στα ακροπτερύγια του δρομέα, γωνιακή στροφή του δρομέα ως προς τη διεύθυνση πνοής ανέμου κ.λπ. Στην περίπτωση ανάγκης πέδησης του δρομέα, είτε γιατί υπερταχύνθηκε ο δρομέας (π.χ. δεν λειτούργησε η αεροπέδη των ακροπτερυγίων) ή υπερβολική ταχύτητα ανέμου ή μηδενική ενεργειακή ζήτηση (π.χ. διακοπή ΔΕΗ), χρησιμοποιείται αυτόματης ενέργειας πέδη (fail safe) ασφάλειας αστοχίας τύπου δίσκου που ενεργεί είτε στον χαμηλόστροφο άξονα του δρομέα (πριν από το κιβώτιο ταχυτήτων) είτε στον υψηλόστροφο (μετά το κιβώτιο ταχυτήτων), το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας του δρομέα σε άλλη μορφή ενέργειας, το οποίο στεγάζεται μέσα στο κουβούκλιο της μηχανής, συνήθως βρίσκεται πάνω στον πύργο του ανεμοκινητήρα, ενώ στις περιπτώσεις απ' ευθείας χρήσης της μηχανικής ενέργειας του δρομέα π.χ. για άντληση νερού, το κιβώτιο ταχυτήτων βρίσκεται κάτω στη βάση του πύργου και από την κορυφή του πύργου μέχρι κάτω κατεβαίνει ο άξονας κίνησης, συνήθως σε υψηλότερες στροφές απ' αυτές του δρομέα. Κατά καιρούς έγιναν εισηγήσεις για συστήματα πολλών δρομέων πάνω σ' ένα πύργο, χωρίς όμως να τύχουν πρακτικής αξιοποίησης.

3.2.2 Τυπική μορφή ανεμοκινητήρων κατακόρυφου άξονα

Οι ανεμοκινητήρες αυτού του τύπου είναι κατασκευαστικά απλούστεροι του ανεμοκινητήρα οριζοντίου άξονα γιατί:

- Δεν απαιτούν πτερύγιο ή σύστημα αυτοματισμού για τον προσανατολισμό του ανεμοκινητήρα στη διεύθυνση πνοής του ανέμου.
- Το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας του δρομέα σε άλλη μορφή ενέργειας βρίσκεται στο έδαφος, στη βάση του ανεμοκινητήρα.

Συνεπώς τα έξοδα αυτοματισμού, συντήρησης ή επισκευών είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τον ανεμοκινητήρα οριζοντίου άξονα.

3.2.3 Άλλοι τύποι ανεμοκινητήρων

Υπάρχει ένα πλήθος αεροδυναμικών διατάξεων που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανικό έργο. Είναι χρήσιμο να αναφερθούμε σύντομα στους βασικούς τύπους, που έχουν τύχει λιγότερης προσοχής, είτε γιατί είναι πρόσφατες επινοήσεις, είτε γιατί παρουσιάστηκαν μειονεκτήματα ή δυσκολίες κατά την υλοποίηση των σχεδίων στην πράξη:

Ανεμοκινητήρες οριζοντίου άξονα τύπου Andreau-Enfield (Σχήμα 3.4)

Είναι μια έλικα τύπου αεροπλάνου με κοίλα πτερύγια που, καθώς περιστρέφεται από τον άνεμο, ενεργεί σαν φυγοκεντρική αντλία αέρα. Το ρεύμα αέρα που εκτοπίζεται μέσα από τα πτερύγια κινεί ένα στρόβιλο στη βάση του πύργου. Κατασκευάστηκε μία μεγάλη εγκατάσταση 100 KW αλλά διακόπηκε η λειτουργία της λόγω μηχανικών προβλημάτων. Οι ανεμοκινητήρες αυτού του τύπου είναι σχετικά ελαφρές κατασκευές, με χαμηλό όμως βαθμό απόδοσης.



Σχήμα 3.4 Ανεμοκινητήρας οριζοντίου άξονα τύπου Andreau-Enfield

Σύστημα τεχνητού ανεμοστρόβιλου (Σχήμα 3.5)

Στον ανεμοκινητήρα αυτόν ο αέρας εισρέει μέσα από πλευρικά ανοίγματα σε ένα κοίλο κυλινδρικό κτίριο δημιουργώντας έτσι ένα ανεμοστρόβιλο στο εσωτερικό του. Ο πυρήνας του ανεμοστρόβιλου έχει χαμηλή πίεση, οπότε δημιουργείται ένα ισχυρό ρεύμα αέρα λόγω της διαφοράς πίεσης του περιβάλλοντος και της χαμηλής πίεσης του πυρήνα. Η υψηλή ισχύς του ρεύματος αξιοποιείται από κατάλληλο δρομέα. Αυτή η διάταξη είναι μια τελευταία επινόηση και προβάλλεται σαν ο μόνος τρόπος κατασκευής μηχανών της τάξης των 10-100 MW. (Οι άλλοι τύποι ανεμοκινητήρων περιορίζονται για κατασκευαστικούς λόγους σε ισχύεις κάτω των 10 MW). Οι έρευνες πάνω σε αυτό τον τύπο βρίσκονται σε πρώτο στάδιο.



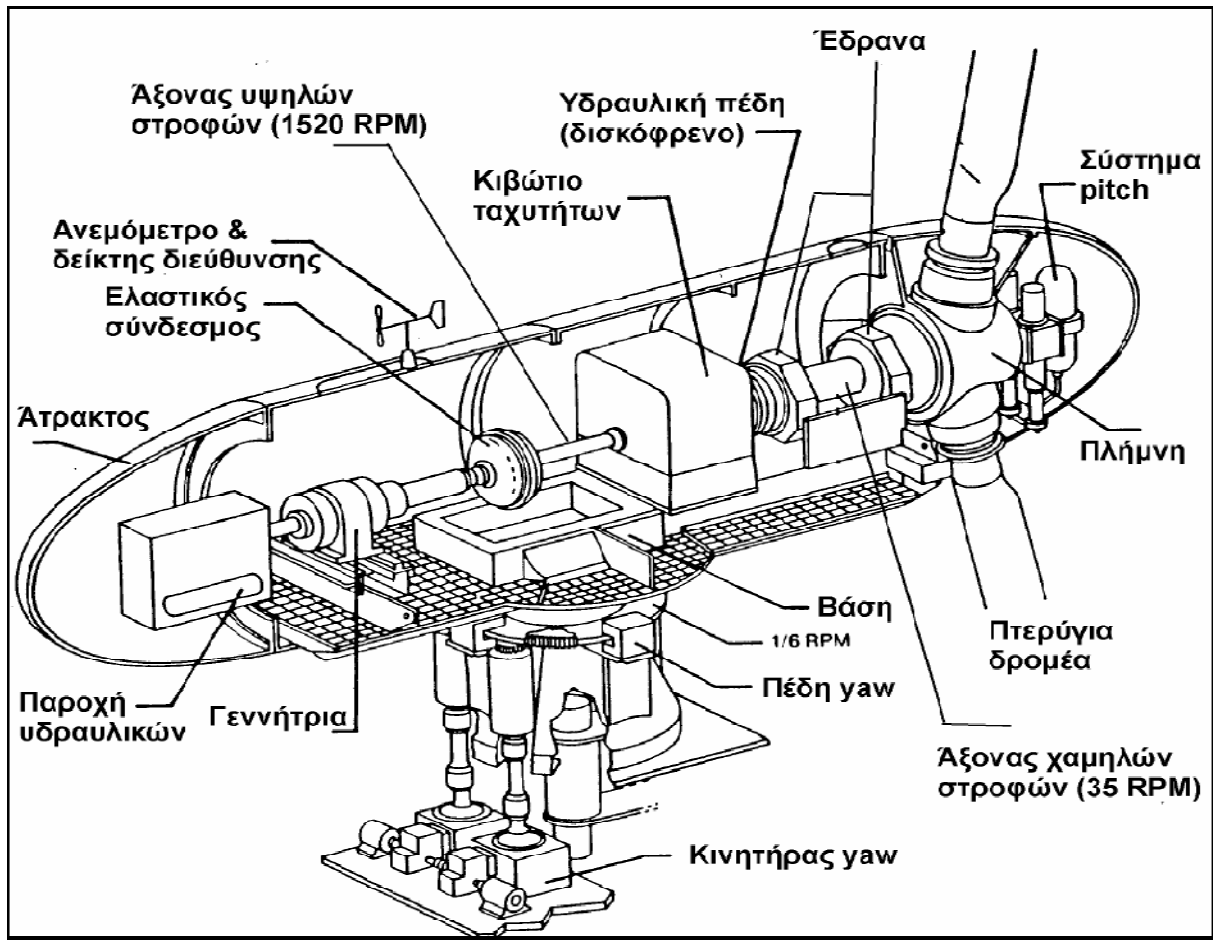
Σχήμα 3.5 Σύστημα τεχνητού ανεμοστρόβιλου

3.3 Βασικά στοιχεία ανεμογεννητριών

Παρακάτω αναφέρονται τα στοιχεία αυτά της ανεμογεννήτριας που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία της καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους.

3.3.1 Υποσυστήματα ανεμοκινητήρα οριζόντιου άξονα

Παρακάτω στο Σχήμα 3.6 μπορούμε να δούμε αναλυτικά τα βασικά μέρη ενός ανεμοκινητήρα αποτελούμενο από ένα πλήθος μηχανολογικών εξαρτημάτων όπου στη σωστή διάταξη μας δίνουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η γενική φιλοσοφία λειτουργίας ενός ανεμοκινητήρα είναι η εξής: Ο άνεμος δίνει κίνηση στα πτερύγια όπου με τη σειρά τους κινούν τον άξονα χαμηλών στροφών. Μέσω ενός κιβωτίου ταχυτήτων έχουμε πολλαπλασιασμό των στροφών δίνοντας έτσι κίνηση στην γεννήτρια όπου μας δίνει την επιθυμητή ενέργεια. Όλη η διάταξη είναι κλεισμένη σε μία άτρακτο η οποία έχει τη δυνατότητα περιστροφής σύμφωνα με τον άνεμο και η οποία στηρίζεται πάνω σε έναν πύργο.



Σχήμα 3.6 Υποσυστήματα του θαλάμου μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη :

- το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα . Τα πτερύγια προσδέονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά , είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα.

- το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών , το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.

- την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας . Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.

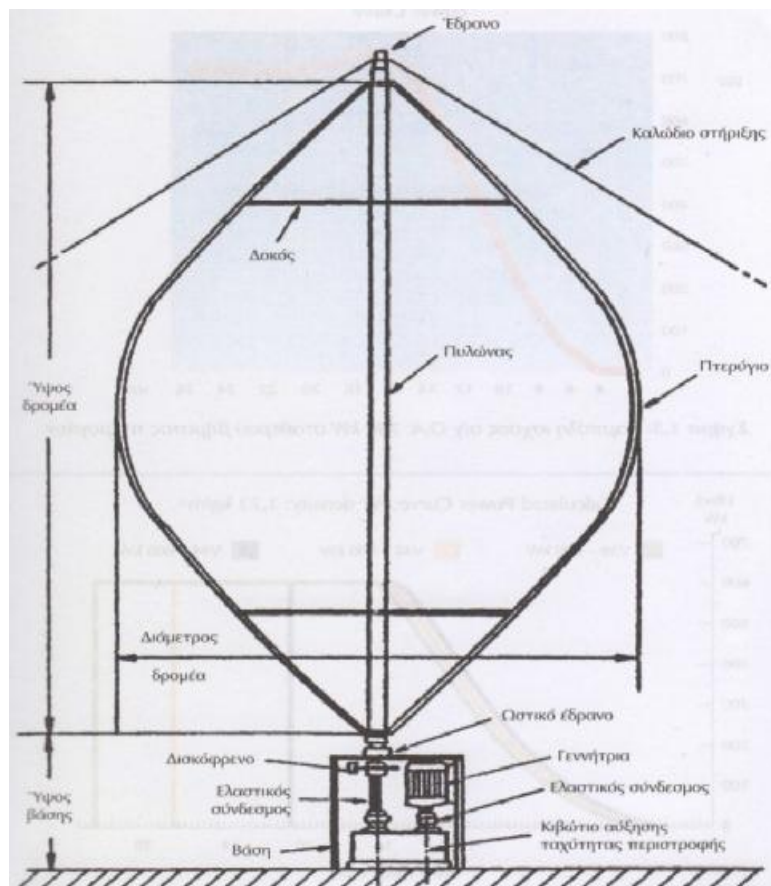
• το σύστημα προσανατολισμού, αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.

• τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση . Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.

• τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου , οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου . Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί , συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας , φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της.

3.3.2 Υποσυστήματα ανεμοκινητήρα κατακόρυφου άξονα

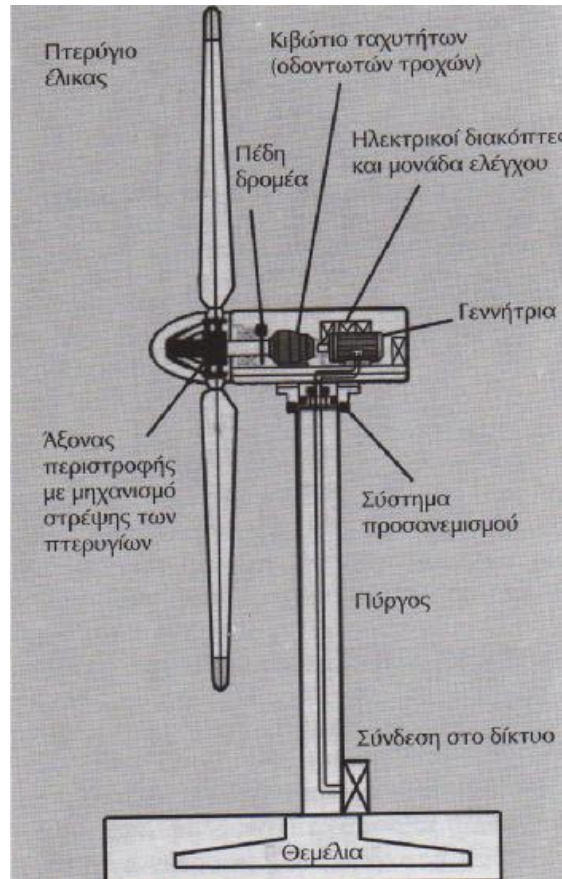
Στο Σχήμα 3.7 φαίνονται τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά μιας α/γ ονομαστικής ισχύος 100 kW τύπου Darrieus. Όπως υποδηλώνει και το όνομα τους τα πτερύγια τους περιστρέφονται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα κάθετο στην επιφάνεια του εδάφους και κάθετο στη ροή του ανέμου. Η συγκεκριμένη μηχανή είναι επιδεικτική και τοποθετήθηκε στη Σκύρο. Η διάμετρος του δρομέα είναι 19,2 m, το ύψος του δρομέα είναι 25 m, ενώ το ύψος της βάσης 2,66 m. Στηρίζεται στο έδαφος με 3 αντηρίδες.



Σχήμα 3.7 Η ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα στη Σκύρο

3.4 Σχεδιασμός κύριων στοιχείων

Τα βασικά στοιχεία μιας ανεμογεννήτριας ηλεκτροπαραγωγής είναι η έλικα, το σύστημα μετάδοσης κίνησης, η γεννήτρια και το σύστημα απόκλισης (ή προσανατολισμού), καθώς και το σύστημα ελέγχου της μηχανής. Η σύνδεση των εξαρτημάτων αυτών φαίνεται στο Σχήμα 3.8. Τα περισσότερα εξαρτήματα είναι συνδεδεμένα εντός της ατράκτου, η οποία μπορεί να στρέφεται σύμφωνα με την κατεύθυνση του ανέμου (προσανεμισμός). Η άτρακτος είναι εξαρτημένη πάνω σε πύργο.



Σχήμα 3.8 Διαμήκης τομή μιας τυπικής ανεμογεννήτριας συνδεδεμένης στο δίκτυο

3.4.1 Η έλικα

Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται σε σταθμούς (αιολικά πάρκα) παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια και ταχύτητα άκρου του πτερυγίου από 50 έως 70 m/s. Με αυτές τις ταχύτητες του ακραίου σημείου του πτερυγίου, μια έλικα τριών πτερυγίων δίνει την καλύτερη απόδοση, αν και οι έλικες με δύο πτερύγια αποδίδουν 2 - 3% λιγότερο. Είναι επίσης δυνατόν να υπάρχει ένα πτερύγιο με αντίβαρο, για ζυγοστάθμιση, ως έλικα, με απόδοση 6% μικρότερη αυτής των δυο πτερυγίων. Οι έλικες με λιγότερα πτερύγια περιστρέφονται πιο γρήγορα, οπότε ο θόρυβος από την τύρβη στο ρύγχος και τη διάβρωση είναι τα πιο εμφανή προβλήματα. Επίσης οι κραδασμοί στον άξονα της έλικας αυξάνονται όταν έχουμε λιγότερα πτερύγια.

Για το λόγο αυτό η κατασκευή ενός τέτοιου άξονα έλικας επιτρέπει λίγες μοίρες απόκλιση γύρω από τον οριζόντιο άξονα περιστροφής. Έτσι, η φόρτιση των πτερυγίων της έλικας, που οφείλεται σε θύελλες και μεγάλες αλλαγές στην ένταση του ανέμου, ελαττώνεται. Πάντως στις έλικες με τρία πτερύγια οι δυνάμεις φόρτισης διαμοιράζονται κατά τον καλύτερο τρόπο και η έλικα φαίνεται αισθητικά ωραιότερη.

Στην κατασκευή των πτερυγίων της έλικας χρησιμοποιείται πλαστικό ενισχυμένο με ίνες γυαλιού [GRP], καθώς και ράβδοι ξύλου με πανί, πλαστικό ενισχυμένο με ίνες άνθρακα [CFRP], ή και κράμα χάλυβα με αργίλιο (αλουμίνιο). Για έλικες διαμέτρου μικρότερης των 5 m χρησιμοποιούνται υλικά με κριτήριο της αποδοτική μαζική παραγωγή και όχι τα ζητήματα βάρους, δυσκαμψίας ή άλλων ειδικών χαρακτηριστικών της έλικας.

Τα πτερύγια έλικας για μεγάλες ανεμογεννήτριες κατασκευάζονται από GRP, και στις περισσότερες περιπτώσεις η επίστρωση με ρητίνες πολυεστέρα γίνεται με το χέρι, όπως ακριβώς και στα κήτη μικρών θαλασσίων σκαφών. Η εργασία αυτή δεν απαιτεί εξειδικευμένο εργατικό προσωπικό και για πτερύγια μήκους μικρότερου των 20 m δεν υπάρχει ανησυχία για υπερβολικό βάρος και στερεότητα κατά τη σχεδίαση και κατασκευή. Βέβαια, υπάρχουν και πολυπλοκότεροι τρόποι χρησιμοποίησης των GRP, οι οποίοι ελαττώνουν το βάρος και αυξάνουν τη στερεότητα, αλλά δεν μπορούν να αναφερθούν με λεπτομέρεια εδώ. Για παράδειγμα, οι ίνες γυαλιού τοποθετούνται με πιο ακριβή τρόπο επί προδιογκωμένων φύλλων, με χρήση εποξικής ρητίνης υψηλότερης απόδοσης και πήξης σε ορισμένη ελεγχόμενη θερμοκρασία. Προς το παρόν φαίνεται ότι το άπλωμα του πολυεστέρα με το χέρι, και η προσεκτική επιλογή της τοποθέτησης των ινών, προσφέρει μια λύση χαμηλού κόστους για πτερύγια GRP μεγάλου μήκους.

Το ξύλο συνέβαλε πολύ σαν υλικό κατασκευής των πρώτων ανεμόμυλων. Έχει μικρό βάρος, είναι φτηνό και έχει μεγάλη αντοχή. Όμως διαβρώνεται εύκολα και έχει μεγάλο κόστος κατεργασίας. Χρησιμοποιείται όμως μια τεχνική με "ψυχρή επίστρωση" που προσδίδει ορισμένα πλεονεκτήματα. Φύλλα ξύλου επιστρώνονται με εποξική ρητίνη και συμπιέζονται για να σχηματίσουν τη μορφή του πτερυγίου. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται και για την κατασκευή μεγαλύτερων πτερυγίων. Τα πτερύγια από CFRP κατασκευάστηκαν μέχρι τώρα σε μικρές ποσότητες ως πειραματικά πρωτότυπα. Το υλικό αυτό έχει το ελάχιστο βάρος και μεγάλη ακαμψία, αλλά κοστίζει ακριβά. Υπήρχε η ελπίδα ότι τα υλικά από ίνες άνθρακα θα ήταν φθηνότερα, όμως αυτό μέχρι στιγμής δε συμβαίνει, αντίθετα, η τιμή τους αυξάνεται σταθερά.

Υπήρχε και η σκέψη να χρησιμοποιηθεί και ο χάλυβας στα πτερύγια, όμως ο λόγος αντοχής στην κόπωση προς το βάρος του υλικού αυτού είναι μικρός και η αυτεπαγόμενη κόπωση λόγω βάρους, μεγάλη. Το αλουμίνιο χρησιμοποιήθηκε σε πειραματικές κατασκευές πτερυγίων χωρίς μεγάλη

επιτυχία, εφ' όσον η αντοχή του σε κοπώσεις είναι πολύ μικρότερη αυτής του χάλυβα.

Τα πτερύγια που κατασκευάζονται από μη μεταλλικά υλικά παρουσιάζουν προβλήματα στη ρίζα, δηλαδή στη σύνδεση του πτερυγίου με την πλήμνη του άξονα περιστροφής. Εκεί οι ροπές κάμψης είναι μεγαλύτερες και η αλλαγή της ακαμψίας μεταξύ της πλήμνης (που είναι μεταλλική), και της ρίζας του πτερυγίου (που δεν είναι από μέταλλο), οδηγεί αναπόφευκτα σε συγκέντρωση τάσεων. Το πρόβλημα λύνεται εν μέρει είτε με κόλληση μεταλλικών σωλήνων πάνω στην πλήμνη και την εμφύτευση τους στο πτερύγιο με κόλλα εποξικής ρητίνης, αλλά και με άλλους τρόπους.

Λέγεται ότι το καλύτερο πτερύγιο (από αεροδυναμική άποψη), είναι κατά 10% αποδοτικότερο από μια ξύλινη σανίδα. Αυτό αληθεύει εν μέρει, διότι η ποικιλία των ταχυτήτων και διευθύνσεων των ανέμων που ανθίσταται ένα πτερύγιο έλικας συγγέει κάθε διάκριση. Πάντως, στην επιλογή ενός καλού πτερυγίου, που θα βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση της μηχανής, συμβάλλουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- μεγάλη τιμή λόγου άνωσης (L) προς αντίσταση (D) [L/D] για απόδοση ευρείας κλίμακας
- καλά χαρακτηριστικά πέδησης
- αντοχή σε κακομεταχείριση από καιρικές συνθήκες
- χαμηλή παραγωγή θορύβου

Επιπλέον το σχήμα του πτερυγίου πρέπει να είναι συμβατό με τη διαδικασία παραγωγής, αν και με την τεχνική της ψυχρής επίστρωσης δεν υφίστανται περιορισμοί. Επίσης η αεροτομή του πτερυγίου πρέπει να αφήνει αρκετό χώρο για την εντός αυτού κατασκευή ώστε αυτή να ανθίσταται στα φορτία κόπωσης που το ίδιο το πτερύγιο αναπτύσσει.

Πρόσφατα, κατασκευάστηκαν πτερύγια βασισμένα σε νέα σχέδια αεροτομών, που όμως δεν απέδωσαν αρκετά για να δικαιολογήσουν τις επενδύσεις σε έρευνα, ανάπτυξη, εργαλεία και ανθρώπινο δυναμικό, οπότε οι επενδυτές τείνουν να είναι συντηρητικοί επιλέγοντας παλιότερα σχέδια που αποδεδειγμένα απέδωσαν καλύτερα, όπως π.χ. τα NACA 632XX, NACA 634 XX και το NACA LS -104 XX. Τα πτερύγια τείνουν να έχουν αεροτομές με αυξημένη ανύψωση κοντά στη ρίζα, που μειώνεται βαθμηδόν καθώς φτάνει στο άκρο του πτερυγίου.

Αυτό καθορίζει το γενικό σχήμα του πτερυγίου. Τα σημερινά πτερύγια έχουν ρίζα κυκλικής διατομής. Η διατομή αλλάζει βαθμηδόν σε παχύτερη αεροτομή που στο μεγαλύτερο μήκος της χορδής του έχει ακτίνα που αντιστοιχεί στο 20 με 30% της αρχικής διατομής στη ρίζα. Η αεροτομή βαθμηδόν σμικρύνεται και περιστρέφεται καθώς φτάνει στο άκρο του πτερυγίου. Η σμίκρυνση, η περιστροφή και όλα τα χαρακτηριστικά της

αεροτομής συνδυάζονται έτσι ώστε να λαμβάνεται η μεγαλύτερη δυνατή ενέργεια από τον άνεμο ανάλογα με τις επικρατούσες εκάστοτε τοπικές συνθήκες. Υπάρχουν εμπορικά προγράμματα που μπορούν να προβλέψουν την απόδοση, αν και η απόδοση που αφορά στην πέδηση δεν έχει κατανοηθεί πλήρως, οπότε οι προβλέψεις εδώ βασίζονται σε εμπειρικά δεδομένα. Η αβεβαιότητα κατ' αυτή την πρόβλεψη είναι ακόμα ένας λόγος που η επιλογή της κατάλληλης αεροτομής είναι ακόμα δύσκολη και περιορισμένη.

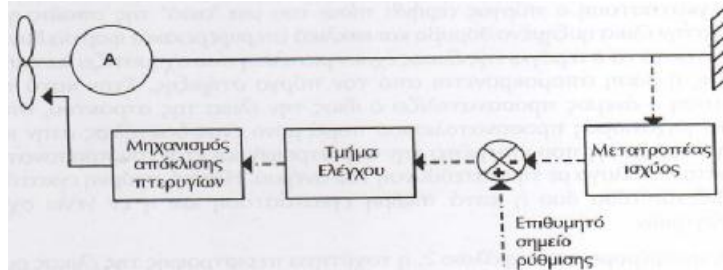
Η έλικα (και συνεπώς η άτρακτος της ανεμογεννήτριας), μπορεί να εγκατασταθεί επί του πύργου στήριξης κατά δυο τρόπους, ως προς το μέτωπο του ανέμου κατά την πλώρη ή κατά την πρύμνη της ατράκτου. Κατά την πλώρη ο άνεμος αντιμετωπίζει πρώτα την έλικα, κατόπιν τον πύργο στήριξης και τέλος την ουρά (την πρύμνη) της ατράκτου. Στην κατά πρύμνη εγκατάσταση ο άνεμος αντιμετωπίζει πρώτα την ουρά της ατράκτου, κατόπιν τον πύργο στήριξης και τέλος την έλικα. Στην κατά πρύμνη εγκατάσταση ο πύργος αφήνει πίσω του μια "σκιά" της οποίας η τύρβη προκαλεί στην έλικα αυξημένο θόρυβο και κυκλικά (περιφερειακά) φορτία δυνάμεων. Για το λόγο αυτό τα πτερύγια της έλικας έχουν μια κλίση που σχηματίζει κωνική χοάνη της οποίας η βάση απομακρύνεται από τον πύργο στήριξης. Στην κατά πρύμνη εγκατάσταση ο άνεμος προσανατολίζει ο ίδιος την έλικα της ατράκτου, οπότε δε χρειάζεται μηχανισμός προσανατολισμού παρά μόνο ένας δακτύλιος στην κορυφή του πύργου στήριξης που επιτρέπει την περιστροφή και έτσι τον προσανατολισμό της ατράκτου ανάλογα με την κατεύθυνση του ανέμου. Η κατά πρύμνη εγκατάσταση δε συνηθίζεται τόσο όσο η κατά πλώρη εγκατάσταση και η εν γένει σχεδίαση ανεμογεννητριών.

Η ταχύτητα περιστροφής της έλικας ρυθμίζεται με ορισμένους τρόπους:

Στη ρύθμιση με πέδηση, η κατανομή της γωνίας πρόσπτωσης κατά μήκος του πτερυγίου της έλικας είναι σταθερή για όλες τις ταχύτητες του ανέμου. Η γωνία πρόσπτωσης πάνω στο πτερύγιο αυξάνεται όταν ο άνεμος έχει μεγάλη ταχύτητα. Οι δυνάμεις άωσης ελαττώνονται λόγω πέδησης, οι δυνάμεις αεροδυναμικής αντίστασης αυξάνονται και έτσι η ισχύς εξόδου δεν αυξάνεται. Η αύξηση της αντίστασης προκαλεί ανάπτυξη μεγάλης έντασης δυνάμεων πάνω στην έλικα. Όμως η ρύθμιση μέσω πέδησης είναι απλή και δε χρειάζεται έτσι κάποιο σύστημα ελέγχου. Βέβαια η σχεδίαση έλικας για να αυτορυθμίζεται μέσω πέδησης είναι αρκετά δύσκολη, γι' αυτό η έρευνα στον τομέα αυτό ακόμα συνεχίζεται και ιδιαίτερα στον τρισδιάστατο χώρο αναπαράστασης των δυνάμεων πέδησης γύρω από την αεροτομή του όλου πτερυγίου.

Στη ρύθμιση της ισχύος εξόδου με αντίστοιχη ρύθμιση της γωνίας πρόσπτωσης του ανέμου επί των πτερυγίων, χρησιμοποιείται σύστημα ελέγχου, που είναι μεν πιο ακριβό αλλά και αρκετά αποδοτικότερο από τη ρύθμιση με ιδιαίτερο σύστημα πέδησης. Όταν αυξάνει η ταχύτητα του ανέμου, κάθε πτερύγιο της έλικας στρέφεται ανάλογα γύρω από τον ακτινικό άξονα του, με συνέπεια να ελαττώνεται η γωνία πρόσπτωσης του ανέμου πάνω σε κάθε

περυγίο. Έτσι ελαττώνονται οι στροφές της έλικας και η ισχύς εξόδου της γεννήτριας στην επιθυμητή εκτιμητέα ισχύ. Σε ορισμένες κατασκευές στρέφεται μόνο ένα τμήμα κάθε περυγίου της έλικας. Με αυτό το σύστημα ελέγχου ελαττώνεται το αεροδυναμικό φορτίο που ασκείται πάνω στην έλικα. Στο Σχήμα 3.9 φαίνεται το διάγραμμα ενός τέτοιου συστήματος ελέγχου.



Σχήμα 3.9 Σύστημα ελέγχου ρύθμισης γωνίας πρόσπτωσης

Η ηλεκτρική ισχύς που παράγεται από τη γεννήτρια μετριέται με βαττόμετρο που υπάρχει στο θαλαμίσκο, στη βάση του πύργου στήριξης. Η ισχύς αυτή συγκρίνεται με αυτή του επιθυμητού σημείου ρύθμισης (την εκτιμητέα ισχύ της γεννήτριας), οπότε το προκύπτον σήμα διαφοράς αποστέλλεται στη μονάδα ελέγχου. Από εκεί, μέσω ενός αλγορίθμου ελέγχου, αποστέλλεται το ανάλογο σήμα στο μηχανισμό απόκλισης των πτερυγίων. Οι μηχανισμοί απόκλισης μπορεί να είναι υδραυλικού ή ηλεκτρομηχανικού τύπου, αλλά και διαφόρων άλλων τύπων. Αυτό το σύστημα ελέγχου λειτουργεί και ρυθμίζει συνεχώς τη γωνία πρόσπτωσης, αλλά υπάρχουν και ορισμένες πρακτικές δυσκολίες.

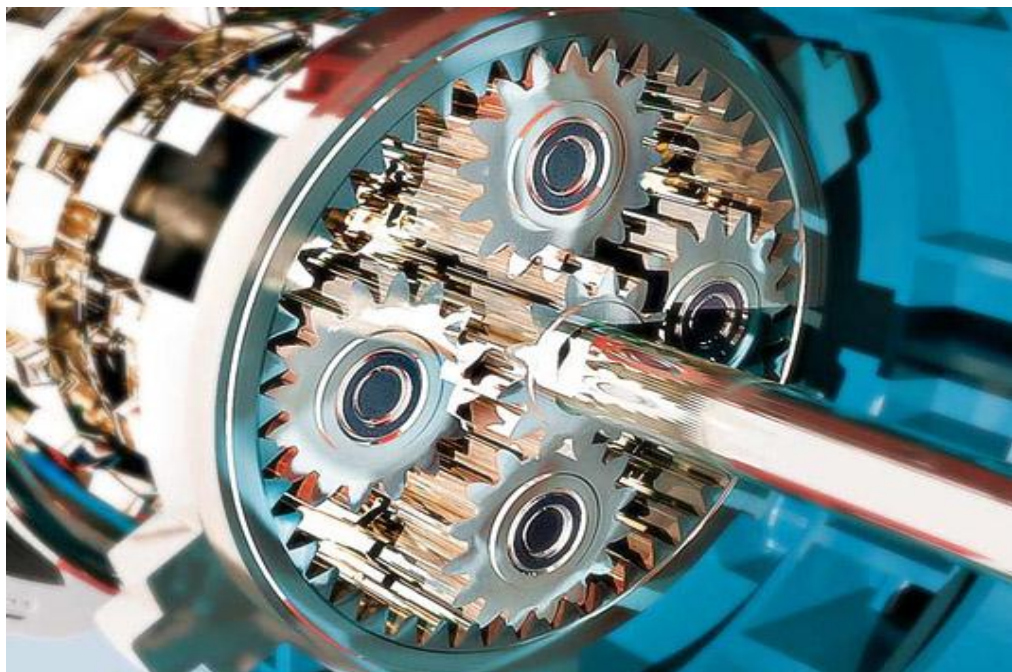
Κατά τη διάρκεια θυελλωδών ανέμων παράγονται εξάρσεις ισχύος τύπου "δέλτα" που υπερβαίνουν κατά πολύ το όριο ρύθμισης, τότε δε είναι αρκετά δύσκολη η ανάλογη ρύθμιση της απόκλισης των πτερυγίων που απαιτείται για διόρθωση.

Ένα άλλο σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας είναι το σύστημα ελέγχου προσανεμισμού ή απόκλισης όλης της ατράκτου. Με αυτό το σύστημα ο άξονας περιστροφής της έλικας μπορεί να αποκλίνει οριζόντια ανάλογα με την κατεύθυνση του ανέμου. Ορισμένες ανεμαντλίες χρησιμοποιούν παθητικά συστήματα προσανεμισμού, όμως οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν συνήθως ενεργά συστήματα.

3.4.2 Σύστημα μετάδοσης περιστροφικής κίνησης

Η μηχανική ισχύς που παράγεται από τα περυγία της έλικας μεταδίδεται στη γεννήτρια με ένα σύστημα μετάδοσης που βρίσκεται μέσα στο κύριο σώμα της ανεμογεννήτριας. Αυτό αποτελείται από ένα κιβώτιο ταχυτήτων και μερικές φορές και από έναν συμπλέκτη καθώς και από σύστημα τροχοπέδησης που μπορεί να σταματήσει την έλικα σε περίπτωση ανάγκης όταν η ανεμογεννήτρια

δε λειτουργεί. Το κιβώτιο ταχυτήτων (εξ οδοντωτών τροχών) αυξάνει το ρυθμό περιστροφής της έλικας από 20 με 50 στροφές ανά λεπτό [rpm], σε 1.000 με 1.800 rpm που απαιτούνται για το ρυθμό περιστροφής του άξονα των περισσότερων τύπων ηλεκτρογεννητριών. Σε απλό κιβώτιο ο άξονας της έλικας και ο άξονας του δρομέα της ηλεκτρογεννήτριας ζευγνύονται παράλληλα, ενώ στα πιο ακριβά κιβώτια ζευγνύονται με πλανητική διάταξη, για μεγαλύτερη στερεότητα (Σχήμα 3.10). Το σύστημα μετάδοσης πρέπει να είναι σχεδιασμένο για να αντέχει μεγάλα δυναμικά φορτία ροπής που οφείλονται στη διακύμανση της ισχύος εξόδου της έλικας. Ορισμένοι σχεδιαστές αποπειράθηκαν να ελέγξουν αυτά τα δυναμικά φορτία προσθέτοντας μηχανική αδράνεια και απόσβεση μεταξύ των οδοντωτών τροχών του κιβωτίου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για μεγάλες ανεμογεννήτριες, όπου τα δυναμικά φορτία είναι μεγάλα και οι γεννήτριες παρέχουν σχετικά πολύ μικρή απόσβεση.



Σχήμα 3.10 Πλανητικό σύστημα ταχυτήτων

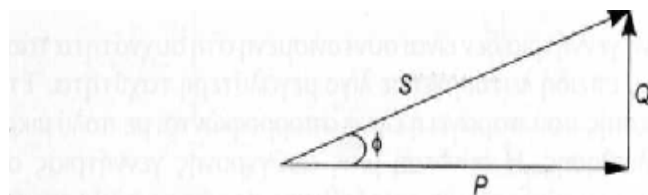
3.4.3 Η Γεννήτρια

Κάθε ανεμογεννήτρια που συνδέεται στο δίκτυο παροχής κινεί ηλεκτρογεννήτρια εναλλασσομένου τριφασικού ρεύματος. Οι γεννήτριες διαιρούνται σε δυο κύρια είδη: τις σύγχρονες και τις ασύγχρονες. Μια σύγχρονη γεννήτρια παράγει στην έξοδο της ρεύμα της ίδιας συχνότητας με αυτό του δικτύου διανομής που είναι συνδεδεμένη. Οι σύγχρονες γεννήτριες ονομάζονται και εναλλακτικές. Μια ασύγχρονη γεννήτρια παράγει ρεύμα συχνότητας κάπως μεγαλύτερης της συχνότητας του δικτύου διανομής. Οι σύγχρονες γεννήτριες ονομάζονται και επαγωγικές γεννήτριες.

Τόσο οι σύγχρονες όσο και οι ασύγχρονες γεννήτριες αποτελούνται από ένα ακίνητο (τον στάτη) και ένα κινητό πλαίσιο (δρομέας, ρότορας). Ο στάτης είναι σχεδόν ο ίδιος και στους δυο τύπους γεννητριών. Ο στάτης αποτελείται από πυρήνα συνιστάμενο από φύλλα σιδήρου μονωμένα και συνδεδεμένα μεταξύ τους. Επάνω σ' αυτόν τον πυρήνα υπάρχουν τα τριφασικά τυλίγματα του πηνίου από μονωμένο σύρμα. Οι δρομείς είναι τελείως διαφορετικά στα δυο είδη γεννητριών. Ο δρομέας της σύγχρονης γεννήτριας συνίσταται από τυλίγμα πηνίου που διαρρέεται από συνεχές ρεύμα, στις μεγάλες γεννήτριες, ενώ στις μικρές συνίσταται από μόνιμο μαγνήτη. Έτσι, το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του δρομέα επάγει έτσι ρεύμα στον στάτη, η έξοδος του οποίου συνδέεται στο δίκτυο διανομής.

Πραγματική, επαγωγική ή χωρητική και φαινόμενη ισχύς:

Η ισχύς που ρέει σ' ένα ηλεκτρικό κύκλωμα είναι συνήθως συνδυασμός πραγματικής, επαγωγικής (ή χωρητικής) και φαινόμενης ισχύος. Η πραγματική ισχύς (σε kW ή MW) είναι η ικανότητα παραγωγής ωφέλιμου έργου όπως π.χ. η άντληση νερού ή η ανύψωση βάρους. Η επαγωγική ή η χωρητική ισχύς παράγεται και καταναλώνεται είτε από το μαγνητικό πεδίο των τυλιγμάτων ενός πηνίου είτε από το ηλεκτρικό πεδίο ενός πυκνωτή, (χωρίς να ξεχνάμε ότι το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο είναι αλληλένδετα) και μετριέται σε kVAr ή MVAr. Τέλος η φαινόμενη ή μιγαδική ισχύς (σε kVA ή MVA) είναι το ανυσματικό άθροισμα των δύο προηγούμενων ειδών ισχύος. Το τρίγωνο της ισχύος για ένα επαγωγικό φορτίο φαίνεται στο Σχήμα 3.11. Εδώ ένα πηνίο λαμβάνει πραγματική ισχύ P , για να παράγει μαγνητικό πεδίο ισχύος Q . Ο συντελεστής ισχύος είναι το συνημίτονο της γωνίας που σχηματίζουν τα ανύσματα ισχύος P και S , δηλαδή $\cos \phi = P/S$.



Σχήμα 3.11 Το τρίγωνο ισχύος ενός επαγωγικού φορτίου

P =πραγματική ισχύς σε (W), Q =επαγωγική ισχύς σε (VAr), S =φαινομενική ισχύς (σε VA)

Ο δρομέας μιας ασύγχρονης (ή επαγωγικής) γεννήτριας είναι ένα κλουβί με ράβδους που βραχυκυκλώνονται στα δυο άκρα τους. Ο δρομέας αυτός δεν έχει καμία ηλεκτρική σύνδεση, αλλά επάγει ρεύμα στο στάτη καθώς κινείται ως προς το περιστρεφόμενο πεδίο που παράγει ο στάτης. Εάν η ταχύτητα του

δρομέα είναι ακριβώς ίση με την ταχύτητα του περιστρεφόμενου πεδίου που παράγεται από το στάτορα, τότε δεν υπάρχει σχετική κίνηση οπότε ο δρομέας δεν επάγει ρεύμα στον στάτη. Έτσι η επαγωγική γεννήτρια λειτουργεί πάντοτε σε ταχύτητα κάπως μεγαλύτερη από αυτή του περιστρεφόμενου πεδίου που παράγει ο στάτης. Αυτή η διαφορά της ταχύτητας που φτάνει το ποσοστό 1% κατά την κανονική λειτουργία είναι γνωστή και ως ολίσθηση. Οι ασύγχρονες γεννήτριες δε χρησιμοποιούνται σήμερα σε ευρεία κλίμακα, χρησιμοποιούνται όμως πολύ οι επαγωγικοί (ή ασύγχρονοι) κινητήρες. Η επαγωγική γεννήτρια είναι ουσιαστικά ένας επαγωγικός κινητήρας, ο οποίος ασκεί ροπή στο δρομέα αντί να παίρνει από αυτό.

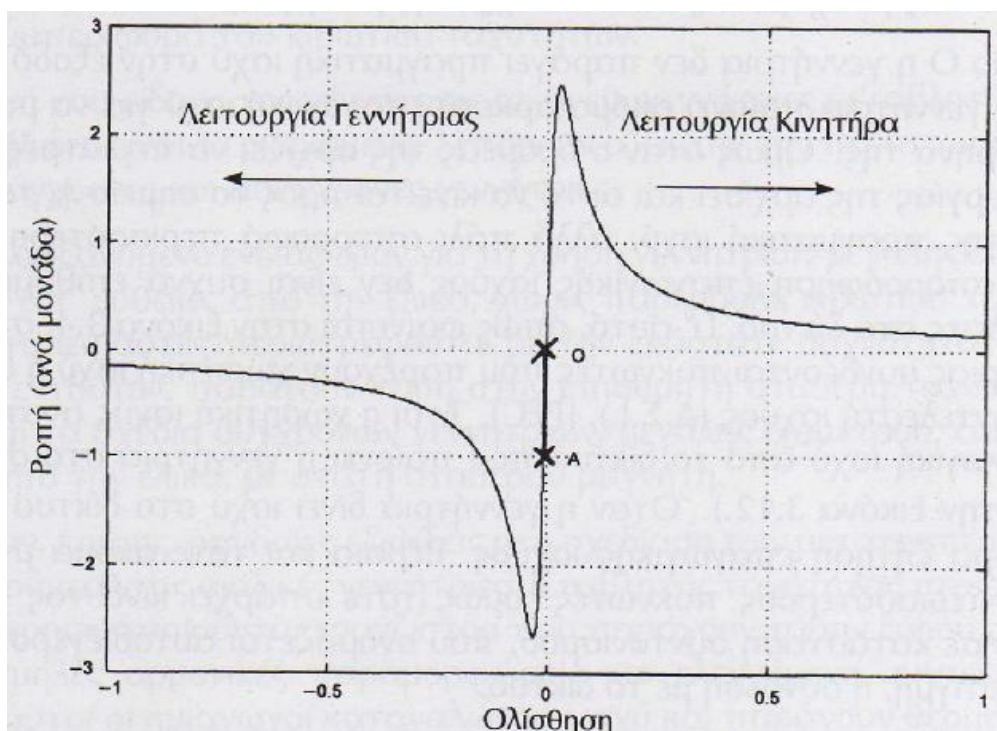
Το βιβλίο του McPherson (1981) δίνει περισσότερες και πληρέστερες λεπτομέρειες και περιγραφές για τις ασύγχρονες γεννήτριες.

Σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όλες οι μεγάλες γεννήτριες είναι σύγχρονες γεννήτριες. Είναι λίγο πιο αποδοτικές από τις ασύγχρονες γεννήτριες και έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα ελέγχου της επαγωγικής ισχύος τους. Σε μια σύγχρονη γεννήτρια το συνεχές ρεύμα που ρέει στο τύλιγμα του δρομέα επάγει ρεύμα στο στάτη κατά την περιστροφική κίνηση, όπως προαναφέραμε. Έτσι, αν αυξηθεί αυτό το συνεχές ρεύμα, εξάγεται προς το δίκτυο επαγωγική ισχύς, αν δε ελαττωθεί αυτό το ρεύμα, τότε εισάγεται επαγωγική ισχύς από το δίκτυο. Ο έλεγχος λοιπόν της επαγωγικής ισχύος συνεπάγεται τον έλεγχο της τάσης του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος.

Ορισμένα αρχικά πρωτότυπα ανεμογεννητριών παράγααν ρεύμα με σύγχρονες γεννήτριες. Όμως, η σύγχρονη γεννήτρια είναι "συντονισμένη" με τη συχνότητα της τάσης του δικτύου και αυτός ο συντονισμός μπορεί να παρομοιαστεί σαν σύνδεση μέσω ενός μεγάλου ελατηρίου. Η έλικα ενός στροβίλου παράγει παλμούς ροπής στη συχνότητα διέλευσης των πτερυγίων μπροστά από τον πύργο στήριξης. Εάν αυτοί οι παλμοί είναι της ίδιας συχνότητας με αυτούς που παράγονται από το ελατήριο σύνδεσης με το δίκτυο και τη μάζα της γεννήτριας, τότε θα έχουμε συντονισμό, δηλαδή πολύ μεγάλες ταλαντώσεις (κραδασμούς) στο κιβώτιο ταχυτήτων (των οδοντωτών τροχών) μετάδοσης κίνησης. Αυτό είχε συμβεί παλαιότερα σε μια ανεμογεννήτρια. Υπάρχει βέβαια τρόπος να αποφύγουμε αυτούς τους κραδασμούς, αν παρεμβάλουμε μηχανισμούς απόσβεσης στο κιβώτιο ταχυτήτων, (π.χ. μηχανισμούς υδραυλικής ζεύξης). Σήμερα, πάντως, δε χρησιμοποιούνται σύγχρονες γεννήτριες σε ανεμογεννήτριες σταθερής ταχύτητας περιστροφής της έλικας.

Αντιθέτως, μια ασύγχρονη γεννήτρια δεν είναι συντονισμένη στη συχνότητα τάσης του δικτύου, διότι ολισθαίνει, επειδή λειτουργεί σε λίγο μεγαλύτερη ταχύτητα. Έτσι, οι μεταβολές των παλμών ροπής που παράγει η έλικα απορροφώνται με πολύ μικρές αλλαγές στην ταχύτητα ολίσθησης. Η σύνδεση μιας ασύγχρονης γεννήτριας στο δίκτυο, μπορεί τότε να νοηθεί σαν

σύνδεση μέσω απόσβεσης παρά σαν σύνδεση μέσω ελατηρίου. Η απόδοση μιας ασύγχρονης μηχανής μπορεί να περιγραφεί από τη γραφική παράσταση της σχέσης της ροπής ως προς την ολίσθηση. Στο Σχήμα 3.12 φαίνεται μια τέτοια γραφική παράσταση γεννήτριας 600 kW που χρησιμοποιείται σε ανεμογεννήτρια σταθερής ταχύτητας περιστροφής. Η ολίσθηση παρίσταται κατά τον οριζόντιο άξονα x , όπου το 1 αντιστοιχεί στην κατάσταση ηρεμίας και το 0 στην περιστροφική κίνηση σε συγχρονισμό με το πεδίο του στάτη. Κατά συνθήκη δηλώνουμε ότι η ολίσθηση είναι θετική για ταχύτητες κατώτερες της ταχύτητας αυτού του συγχρονισμού. Η ροπή παρίσταται κατά τον κατακόρυφο άξονα y , όπου το 1 αντιστοιχεί στην ονομαστική τιμή των 600 kW.



Σχήμα 3.12 Ροπή συνάρτηση ολίσθησης ασύγχρονης γεννήτριας

3.4.4 Σύστημα πέδησης

Η ισχύς που παρέχει ο άνεμος στην ανεμογεννήτρια είναι ανάλογος του κύβου της ταχύτητας του ανέμου και βέβαια, σημαντικές δυνάμεις αναπτύσσονται σε μεγάλες ταχύτητες ανέμων. Προφανώς, χρειάζονται αποτελεσματικά συστήματα πέδησης για την ασφαλή λειτουργία των ανεμογεννητριών. Υπάρχουν τουλάχιστον δυο ανεξάρτητα συστήματα, καθένα από τα οποία μπορεί να επιφέρει ασφαλείς συνθήκες λειτουργίας σε περίπτωση θυελλωδών ανέμων, απώλεια σύνδεσης με το δίκτυο ή άλλες επείγουσες καταστάσεις ανάγκης.

Όταν τα πτερύγια της έλικας περιστρέφονται και βρεθούν σε μηδενική ή αρνητική γωνία πρόσπτωσης του αέρα, η ταχύτητα περιστροφής της έλικας θα

μειωθεί. Όμως αυτή η ρύθμιση δεν υπάρχει σε έλικες με αυτοπέδηση, οπότε σε ορισμένους τύπους αυτών των ελίκων υπάρχει μηχανική πέδη που δρα ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής του ακραίου τμήματος της έλικας. Οι παλιότερες ανεμογεννήτριες είχαν ανεξάρτητο σύστημα πέδησης που δρούσε με τη φυγόκεντρο δύναμη, όμως σήμερα χρησιμοποιείται ένα κοινό σύστημα πέδησης.

Για να σταματήσει η έλικα τελείως, τοποθετείται μηχανική πέδη στους κυρίους άξονες του κιβωτίου ταχυτήτων (Σχήμα 3.13). Μπορεί να τοποθετηθεί πέδη στον άξονα με το μεγαλύτερο γρανάζι (την μικρότερη ταχύτητα), όμως οι ροπές που αναπτύσσονται σ' αυτόν τον άξονα είναι πάρα πολύ μεγάλες. Το να τοποθετείται πέδη στον άξονα με τη μεγαλύτερη ταχύτητα είναι συνήθως η φθηνότερη λύση. Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε ότι τα συστήματα πέδησης θα λειτουργούν σε οποιοσδήποτε συνθήκες ή και σε έκτακτες περιπτώσεις ανάγκης.



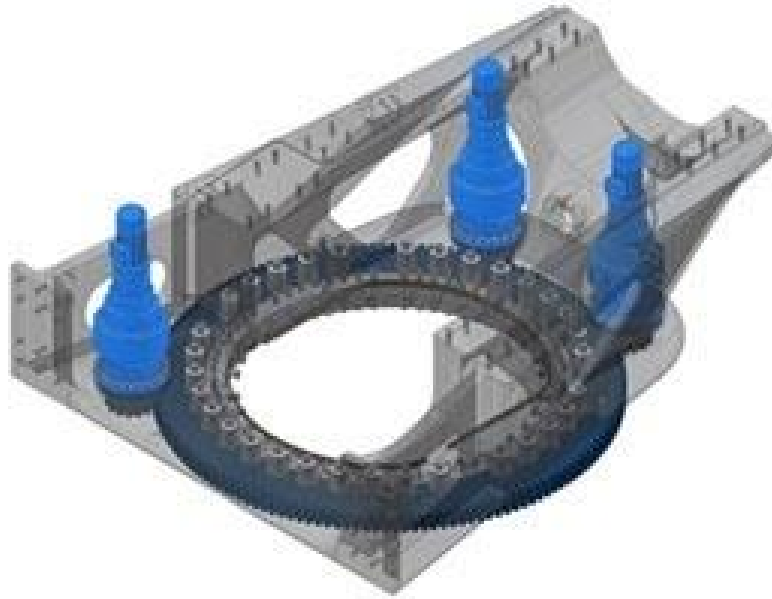
Σχήμα 3.13 Σύστημα πέδησης

3.4.5 Σύστημα προσανεμισμού

Οι ανεμογεννήτριες με έλικα οριζοντίου περιστροφής έχουν σύστημα προσανεμισμού το οποίο περιστρέφει την άτρακτο σύμφωνα με την κατεύθυνση του ανέμου, χρησιμοποιώντας περιστροφικό μηχανισμό που ζευγνύεται σε δακτυλιοειδή οδοντωτό τροχό που είναι τοποθετημένος στην κορυφή του πύργου στήριξης. Η διεύθυνση του ανέμου πρέπει να είναι κάθετη στο επίπεδο της έλικας κατά την κανονική λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Γι' αυτό χρησιμοποιείται ένα αργό σύστημα ελέγχου κλειστού βρόγχου που οδηγεί τον περιστροφικό μηχανισμό. Η κατεύθυνση του ανέμου γίνεται αισθητή από ανεμούριο που είναι συνδεδεμένο στην κορυφή της άτρακτου. Η εκάστοτε στροφή του ανεμουρίου δίνει το σήμα εισόδου στο σύστημα ελέγχου που οδηγεί τον περιστροφικό μηχανισμό.

Σε μερικά σχέδια η άτρακτος περιστρέφεται έτσι ώστε να αποκλίνει κάπως από την κατεύθυνση του ανέμου, όταν ο άνεμος έχει μεγάλη ταχύτητα.

Το σύστημα αυτό αποκλίνει την άτρακτο κατά 90° όταν ο άνεμος είναι θυελλώδης. Έτσι ρυθμίζεται σταθερά και η ισχύς εξόδου της ανεμογεννήτριας. Αν και το σύστημα ελέγχου προσανεμισμού φαίνεται απλό, εντούτοις είναι ένα από τα πιο δύσκολα μέρη της ανεμογεννήτριας του οποίου η σχεδίαση είναι αρκετά δύσκολη, γιατί τα ασκούμενα δυναμικά φορτία κατά την εκτροπή είναι δύσκολο να προβλεφθούν και ιδιαίτερα όταν επικρατούν ανεμοστρόβιλοι ή και θυελλώδεις άνεμοι. Ένα τυπικό σχέδιο συστήματος προσανεμισμού βλέπουμε στο Σχήμα 3.14.



Σχήμα 3.14 Σύστημα προσανεμισμού

3.4.6 Πύργος στήριξης

Συνήθως οι πύργοι στήριξης έχουν κοίλο εσωτερικό και κατασκευάζονται είτε από χάλυβα είτε από σκυρόδεμα (μπετόν). Οι μικρότεροι και φθηνότεροι πύργοι κατασκευάζονται από δικτυωτό χοντρό σύρμα. Οι μεσαίοι καθώς και οι μεγάλοι πύργοι που έχουν κοίλο εσωτερικό επιτρέπουν έτσι την πρόσβαση από τον πύργο στο εσωτερικό της ατράκτου, όταν επικρατούν έξω άσχημες καιρικές συνθήκες. Ο πύργος πρέπει να είναι σχεδιασμένος έτσι, ώστε να αντέχει βαρυντικά και αιολικά δυναμικά φορτία. Η άτρακτος τοποθετείται στην κορυφή του πύργου και επάνω στο δακτυλιοειδή οδοντωτό τροχό προσανεμισμού. Ο πύργος πρέπει να στηρίζεται σε γερά θεμέλια και η φυσική συχνότητα συντονισμού του πρέπει να μην συμπίπτει με τις επαγόμενες συχνότητες από την περιστροφή της έλικας, οι οποίες πρέπει βέβαια να αποσβένονται.

Ο άκαμπτος πύργος έχει φυσική ιδιοσυχνότητα συντονισμού υψηλότερη της επαγόμενης από την περιστροφή της έλικας· το αντίστροφο ισχύει για έναν εύκαμπτο πύργο. Οι εύκαμπτοι πύργοι είναι ελαφρότεροι και φθηνότεροι, αλλά κουνιούνται περισσότερο και δέχονται έτσι μεγαλύτερες πιέσεις. Εφ' όσον η ιδιοσυχνότητα ενός εύκαμπτου πύργου είναι χαμηλότερη της συχνότητας που επάγεται από την περιστροφή της έλικας, θα προκαλείται μεταβατικός

συντονισμός κάθε φορά που η ταχύτητα περιστροφής της έλικας θα αυξάνεται. Αν και ο μεταβατικός συντονισμός τραντάζει λίγο τον πύργο και την άτρακτο, εντούτοις δε διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα και δε δημιουργεί δυσκολίες.

3.4.7 Σύστημα εποπτείας και ελέγχου

Για τη λειτουργία και προστασία μιας ανεμογεννήτριας απαιτείται πλήρες αυτόματο σύστημα εποπτείας και ελέγχου. Το σύστημα αυτό πρέπει να είναι ικανό να ελέγχει την αυτόματη απότομη ανύψωση των στροφών, την περιστροφή των πτερυγίων της έλικας για ρύθμιση της γωνίας πρόσπτωσης (για αυτού του τύπου ανεμογεννήτριες) καθώς και την παύση λειτουργίας είτε σε ομαλές ή σε ανώμαλες συνθήκες λειτουργίας. Πέραν του ελέγχου, πρέπει να εποπτεύεται η κατάσταση λειτουργίας, η παραγωγή ισχύος, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου κλπ. Κάθε μεγάλη (αλλά και μικρή) ανεμογεννήτρια θα πρέπει να εποπτεύεται μέσω υπολογιστή ο οποίος μπορεί να είναι εγκατεστημένος σε κάποια άλλη τοποθεσία, (τηλεοπτεία). Έτσι το σύστημα αυτό συνίσταται από διάφορα λειτουργικά τμήματα:

- Έλεγχος σταδιακός απότομης ανύψωσης των στροφών, παύσης λειτουργίας και εποπτεία σημάτων συναγερμού και ελέγχου.
- Εποπτεία του αργού συστήματος ελέγχου κλειστού βρόγχου του προσανεμισμού.
- Εποπτεία του γοργού συστήματος ελέγχου κλειστού βρόγχου της περιστροφής των πτερυγίων της έλικας για ρύθμιση της γωνίας πρόσπτωσης (για ανεμογεννήτριες με αυτό τον τύπο έλικας).
- Επικοινωνία με το σταθμό παραγωγής ή με τον υπολογιστή τηλεοπτείας.

3.5 Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Στο σημείο αυτό αναφερόμαστε στα χαρακτηριστικά που έχουν άμεση σχέση με την παραγωγή ισχύος όπως είναι η απόδοση και η διαθεσιμότητα της ανεμογεννήτριας καθώς και η ετήσια παραγωγή της.

3.5.1 Απόδοση ισχύος

Η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας δείχνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί στο ύψος της άτρακτου (στο ύψος της πλήμνης της έλικας).

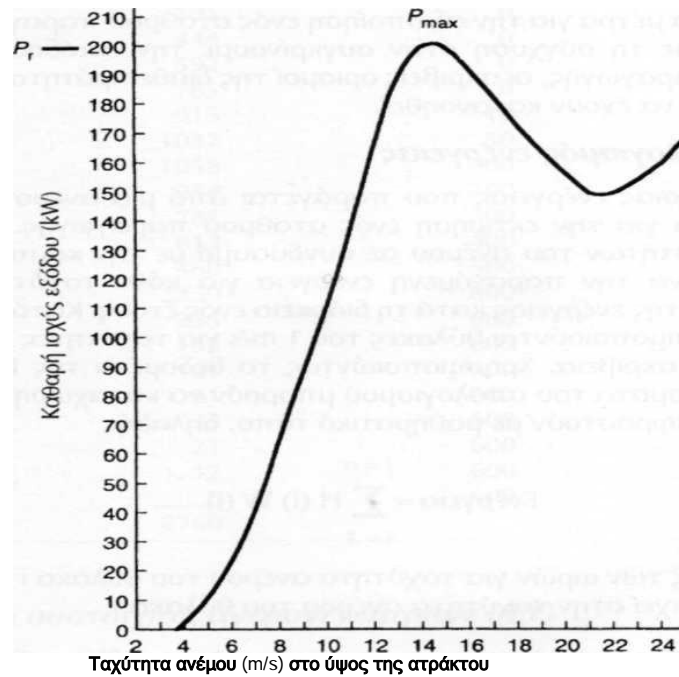
Η καμπύλη αυτή προσδιορίζεται είτε με θεωρητικούς υπολογισμούς, είτε με δοκιμές στην πράξη. Οι δοκιμές αυτές γίνονται σύμφωνα με διεθνείς προδιαγραφές και συστάσεις, όπως αυτές του Διεθνούς Πρακτορείου Ενέργειας

(1990). Οι καμπύλες ισχύος που προκύπτουν από αυτές τις δοκιμές καταγράφουν τους μέσους όρους μετρήσεων που λαμβάνονται μέσα σε χρονικά διαστήματα 10 λεπτών. Ο μέσος όρος μιας σειράς μετρήσεων ισχύος εξόδου σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου, που λαμβάνονται μέσα σε δέκα λεπτά δε θα δείξει ποτέ κάποιο μεταβατικό φαινόμενο που συνέβη ενδεχομένως μέσα σ' αυτό το χρονικό διάστημα των 10 λεπτών. Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ενέργειας που μετριέται στην έξοδο της γεννήτριας προς την ενέργεια του ανέμου που σαρώνει το εμβαδόν της κυκλικής επιφάνειας που διαγράφεται από την περιστροφή της έλικας.

Στο Σχήμα 3.15 φαίνεται η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας με έλικα αυτορυθμιζόμενης πέδησης (όχι με ρύθμιση γωνίας πρόσπτωσης). Στην καμπύλη αυτή φαίνονται οι εξής παράμετροι:

- Ταχύτητα κατωφλίου εισόδου V_i : η ταχύτητα του ανέμου που η γεννήτρια αρχίζει να παράγει καθαρή ισχύ. Η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για την εκκίνηση της έλικας.
- Ταχύτητα κατωφλίου εξόδου V_o : είναι η ταχύτητα του ανέμου που η γεννήτρια παράγει ισχύ με ελαττωμένο μηχανικό και αεροδυναμικό φορτίο και άνευ ηλεκτρικών απωλειών.
- Εκτιμητέα ισχύς P_r : η ονομαστική μέγιστη και συνεχής ισχύς εξόδου της γεννήτριας (χωρίς απώλειες).
- Εκτιμητέα ταχύτητα V_r : η ταχύτητα του ανέμου που παράγει την εκτιμητέα ισχύ.

Στο Σχήμα 3.15 φαίνεται η καθαρή ισχύς εξόδου σε κιλοβάτ (kW) που λαμβάνεται στην έξοδο της γεννήτριας, απαλλαγμένη από αεροδυναμικές, μηχανικές και ηλεκτρικές απώλειες. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου υπερνικούνται οι μηχανικές τριβές και τα αεροδυναμικά φορτία που ασκούνται στον άξονα περιστροφής της έλικας, οπότε η ροπή που εφαρμόζεται στον άξονα είναι σταθερή. Σταθερή είναι επίσης και η παραγόμενη ισχύς εξόδου δηλαδή η εκτιμητέα ισχύς και αυτό συμβαίνει μέχρι την V_o . Το ίδιο συμβαίνει και με έλικες ρύθμισης γωνίας πρόσπτωσης (τουλάχιστον έτσι δείχνουν οι μέσες τιμές ανά δεκάλεπτα), αλλά στο Σχήμα 3.15, η καμπύλη ισχύος ελήφθη από ανεμογεννήτρια με έλικα αυτορυθμιζόμενης πέδησης (αυτοπέδησης).



Σχήμα 3.15 Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας 200 kW με έλικα αυτοπέδησης

3.5.2 Διαθεσιμότητα

Σαν διαθεσιμότητα ορίζουμε το μέρος του χρόνου που η ανεμογεννήτρια μπορεί να παράγει ισχύ. Οι τυπικές διαθεσιμότητες των συγχρόνων ανεμογεννητριών κυμαίνονται από 95 - 99% και είναι καλύτερες και από πετρελαιοκίνητα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγη. Το 1 - 5% του χρόνου που δεν είναι διαθέσιμες οφείλεται είτε σε συντήρηση είτε σε επισκευή βλάβης.

Ωφέλιμη ισχύς παράγεται μεταξύ των ταχυτήτων ανέμου V_i και V_0 και όσο εξαρτάται από τις επικρατούσες συνθήκες ανέμου, η ανεμογεννήτρια θα λειτουργεί σε επίπεδο χαμηλότερο απ' ό,τι αυτό της διαθεσιμότητας της.

Άλλο μέτρο αξιοποίησης είναι ο συντελεστής φόρτου ή ικανότητας και ορίζεται ως το πηλίκο της πραγματικής ενέργειας που παράγεται για ορισμένο χρονικό διάστημα, προς την εκτιμητέα ενέργεια που θα παράγονταν στο ίδιο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα:

$$\text{Συντελεστής εβδομαδιαίου φόρτου} = \frac{\text{Ενέργεια που παράγεται ανά εβδομάδα (kWh)}}{\text{Εκτιμητέα ενέργεια ανεμογεννήτριας (kW) x 168}}$$

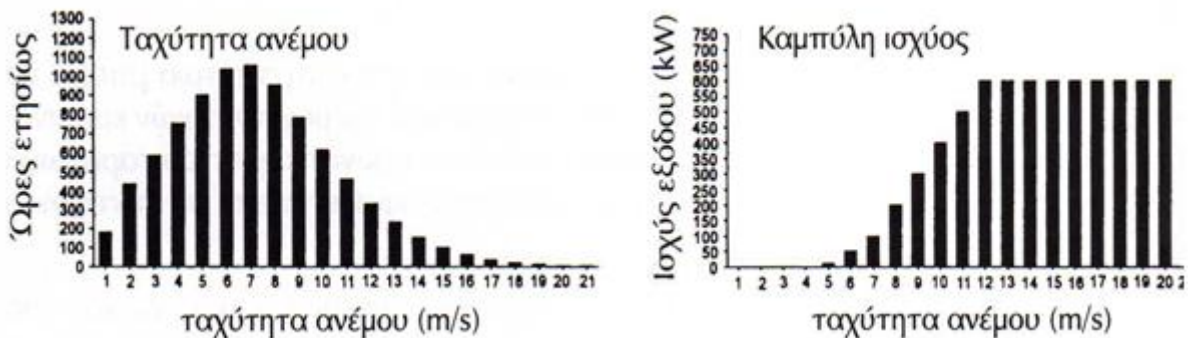
Υπάρχουν παρόμοια μέτρα για την αξιοποίηση ενός σταθμού παραγωγής. Προκειμένου να αποφύγουμε τη σύγχυση όταν συγκρίνουμε την απόδοση ενός αιολικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής, οι ακριβείς ορισμοί της διαθεσιμότητας ή του συντελεστή φόρτου πρέπει να έχουν κατανοηθεί.

3.5.3 Ετήσιος υπολογισμός ενέργειας

Ο υπολογισμός ετήσιας ενέργειας που παράγεται από μια ανεμογεννήτρια ενέχει ουσιαστική σημασία για την εκτίμηση ενός σταθμού παραγωγής. Η μακροχρόνια κατανομή των ταχυτήτων του ανέμου σε συνδυασμό με την καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας δίνει την παραγόμενη ενέργεια για κάθε ταχύτητα ανέμου και συνεπώς το σύνολο της ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός έτους. Κατά τον υπολογισμό συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται θύλακες του 1 m/s για ταχύτητες ανέμου και αυτό δίνει μια αποδεκτή ακρίβεια. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Σχήματος 3.16, τα εξαγόμενα αποτελέσματα του υπολογισμού μπορούν να καταχωρηθούν όπως στον Πίνακα 3.1 και να εκφραστούν με μαθηματικό τύπο, δηλαδή:

$$\text{Ενέργεια} = \sum_{i=1}^{i=n} H(i)W(i)$$

όπου $H(i)$ ο αριθμός των ωρών για ταχύτητα ανέμου του θύλακα i και $W(i)$ η ισχύς εξόδου που αντιστοιχεί στην ταχύτητα ανέμου του θύλακα i .



Σχήμα 3.16 Υπολογισμός ετήσιας παραγωγής ενέργειας

Θύλακας ταχύτητας ανέμου (m/s)	Ώρες ετησίως	Ισχύς εξόδου (kW)	Παραγωγή ενέργειας (kWh)
1	191	0	0
2	444	0	0
3	592	0	0
4	763	0	0
5	913	10	9130
6	1037	50	51850
7	1058	100	105800
8	954	200	190800
9	781	300	234300
10	613	400	245200

Θύλακας ταχύτητας ανέμου (m/s)	Ώρες ετησίως	Ισχύς εξόδου (kW)	Παραγωγή ενέργειας (kWh)
11	460	500	230000
12	330	600	198000
13	235	600	141000
14	153	600	91800
15	101	600	60600
16	61	600	36600
17	35	600	21000
18	21	600	12600
19	12	600	7200
20	6	600	3600
Σύνολο	8760		1639480

Πίνακας 3.1 Υπολογισμός ετήσιας παραγωγής ενέργειας

3.5.4 Απόδοση συστοιχίας ανεμογεννητριών

Η συνολική ισχύς εξόδου ενός σταθμού παραγωγής (μιας συστοιχίας Α/Γ) είναι μικρότερη από το άθροισμα κάθε μιας μεμονωμένης ανεμογεννήτριας, διότι, όταν μια ανεμογεννήτρια βρίσκεται στο κατώρευμα της προηγούμενης ανεμογεννήτριας (αυτή που είναι πίσω από μια άλλη), αποδίδει λιγότερο, επειδή το κατώρευμα έχει μικρότερη ταχύτητα από το ανώρευμα. Επίσης κατ' αυτόν τον τρόπο η ένταση της τυρβώδους ροής ανέμου αυξάνεται. Πρέπει ακόμα να λάβουμε υπόψη την κόπωση των εξαρτημάτων και τις συχνές μεταβολές της τιμής της παραγόμενης ισχύος. Ανάλογα με τις περιστάσεις οι συνθήκες που επικρατούν σ' έναν αιολικό σταθμό παραγωγής (αιολικό πάρκο) μπορούν να μειώσουν την ισχύ εξόδου κατά 5 -15%. Μπορεί ακόμα να έχουμε απώλειες στους μετασχηματιστές του σταθμού και βέβαια λιγότερες απώλειες στα καλώδια συλλογής της παραγόμενης ισχύος, που μειώνουν ακόμα κατά 1 - 2% τη συνολική ετήσια παραγόμενη ισχύ εξόδου.

3.6 Καμπύλη ισχύος α/γ (power curve) και πιστοποίηση

Η καμπύλη ισχύος μίας α/γ δείχνει την ισχύ της μηχανής σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου σε συγκεκριμένο ύψος από το έδαφος. Το ύψος αυτό συνήθως είναι το ύψος του άξονα περιστροφής H_r . Ορισμένοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν επίσης την ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10 m από το έδαφος (10 m AGL = above ground level). Διακρίνουμε δύο τύπους καμπυλών ισχύος, αυτήν από α/γ με σταθερό βήμα πτερυγίων και αυτήν της α/γ με μεταβλητό βήμα πτερυγίων. Οι α/γ μεταβλητού βήματος χρησιμοποιούν τη δυνατότητα της

κλίσης των πτερυγίων έτσι, ώστε σε υψηλές ταχύτητες ανέμου η αποδιδόμενη ισχύς να μην υπερβαίνει την ονομαστική ισχύ της γεννήτριας.

Η α/γ εκκινεί μόνον όταν η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος της πλήμνης είναι ίση με την ταχύτητα έναρξης λειτουργίας (Cut In wind speed, V_{ci}). Τότε η μηχανή αρχίζει να αποδίδει ωφέλιμη ισχύ, αφού η ισχύς του ανέμου είναι μεγαλύτερη από τις απώλειες κενού φορτίου.

Η αποδιδόμενη ισχύς αυξάνεται καθώς αυξάνεται και η ταχύτητα του ανέμου μέχρι να φτάσει την ονομαστική ισχύ της γεννήτριας. Η ταχύτητα αυτή ονομάζεται και Ονομαστική Ταχύτητα ανέμου (Rated wind speed V_R). Μετά την επίτευξη της ονομαστικής ισχύος επιδιώκεται σταθερή ισχύς, η οποία στις μηχανές μεταβλητού βήματος επιτυγχάνεται με αλλαγή της γωνίας κλίσεως των πτερυγίων. Στις μηχανές σταθερού βήματος (stall machines) παρατηρείται μια φθίνουσα απόδοση για ταχύτητες μεγαλύτερες της V_R .

Η μηχανή είναι εξαρχής σχεδιασμένη για ένα εύρος ταχυτήτων. Λόγοι ασφαλείας επιβάλλουν τη διακοπή λειτουργίας πάνω από ένα όριο που συνήθως είναι τα 25 m/s. Η ταχύτητα αυτή ονομάζεται ταχύτητα διακοπής λειτουργίας ή ανώτατη ταχύτητα λειτουργίας ή ταχύτητα τερματισμού και συμβολίζεται με V_{co} (Cut Out wind speed).

Στον Πίνακα 3.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ανωτέρω ταχύτητες για διαφορετικούς τύπους α/γ.

Ισχύς (kW)	Ύψος πλήμνης Hr (m)	Διάμετρος D (m)	V_{ci} (m/s)	V_R (m/s)	V_{co} (m/s)
225	31,5	27	3,5	13,5	25
300	30	25	5	16	25
500	50	40,3	3	13	25
600	35-54,4	39	4,5	17	30
600	35-54,4	42	4,5	16	25
600	35-54,4	44	4,5	16	20
750	46 ή 56,5	44	3,5	16	25
1000	59 ή 70	60	3-4	16	20
1300	45/49/68	62	3	15	25
1500	60/68/80	64	4	16	25
2000	60	76	3	15	25

3000	78 ή 92	80	6	14	25
5000	90-100-120	126	3,5	13	25

Πίνακας 3.2: Καθοριστικές ταχύτητες λειτουργίας ανεμογεννητριών

Η πιστοποίηση των ανεμογεννητριών στο σύνολο τους γίνεται από έγκριτα εργαστήρια, μεταξύ των οποίων είναι και το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ΚΑΠΕ (www.cres.gr) που βρίσκεται στο Πικέρμι Αττικής. Το ΚΑΠΕ είναι ήδη σε θέση να διεξάγει τις εργαστηριακές δοκιμές που απαιτούνται ως μέρος της πιστοποίησης των α/γ, μια που το εργαστήριο του δοκιμών ανεμογεννητριών έχει διαπιστευτεί κατά EN ISO/IEC 17025.

Επίσης το ΚΑΠΕ εκδίδει πιστοποιητικά για όλες τις μηχανές που εισάγονται στην Ελλάδα. Μηχανές που έχουν ήδη αναγνωρισμένο διεθνές πιστοποιητικό χρειάζονται οπωσδήποτε και την έγγραφη πιστοποίηση του ΚΑΠΕ. Για την διευκόλυνση της εναρμόνισης των προδιαγραφών και του τρόπου αξιολόγησης των τεχνολογιών τα ευρωπαϊκά κέντρα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνεργάζονται και δημιουργούν διεθνή πρότυπα (standards) με τα οποία πιστοποιούν τις ανεμογεννήτριες.

Το διεθνές δίκτυο MEASNET (Measuring Network of Wind Energy Institutes) ιδρύθηκε το 1997 και απαρτίζεται από τα ισπανικά εργαστήρια CENER και Barlovento, τα γερμανικά DEW1 και το κέντρο μετρήσεων WINDTEST, το ολλανδικό ECN, το φημισμένο δανέζικο RISO και το TRIPOD, το αμερικανικό NREL και στη χώρα μας το ΚΑΠΕ. Τα μέλη του MEASNET πιστοποιούνται σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο EN 45001 και φροντίζουν να εναρμονίζονται πλήρως με τους διεθνείς οργανισμούς όπως είναι ο IEC (International Electrotechnical Commission) και ο IEA (International Energy Agency). Τα εργαστήρια μπορούν να πιστοποιούν ανεμογεννήτριες σύμφωνα με σχετικά πρότυπα που αφορούν τις μηχανές όπως αυτά της σειράς IEC-61400-12-1 (2005). Περισσότερες πληροφορίες για το δίκτυο μπορεί κανείς να βρει στο www.measnet.com.

Το ΚΑΠΕ έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιεί τις ακόλουθες μετρήσεις:

- Μέτρηση καμπύλης ισχύος ανεμογεννήτριας: Σειρά μετρήσεων με στόχο τη συσχέτιση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με την ταχύτητα του πνέοντος ανέμου. MEASNET, Power Performance Procedure, Ver.4/2006.

- Μέτρηση φορτίων σε ανεμογεννήτρια: Καταγραφή φορτίων σε τμήματα της ανεμογεννήτριας και συσχέτιση τους με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του πνέοντος ανέμου (ταχύτητα, ένταση τύρβης κ.λπ.) και με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας (ταχύτητα περιστροφής, ρυθμίσεις ελέγχου κ.λπ.) με στόχο την ανάλυση της δυναμικής και κοπωτικής συμπεριφοράς της ανεμογεννήτριας.

- Μέτρηση θορύβου εκπεμπόμενου από ανεμογεννήτρια: Μέτρηση του θορύβου που παράγεται κατά τη λειτουργία ανεμογεννήτριας και συσχέτιση του με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του πνέοντος ανέμου και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας.

- Μέτρηση αιολικού δυναμικού περιοχής: Μακροχρόνιες μετρήσεις ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου με στόχο την εκτίμηση της διαθέσιμης αιολικής ενέργειας (ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση, χρονική και χωρική κατανομή).

- Μέτρηση ποιότητας ισχύος ανεμογεννήτριας: Σειρά μετρήσεων με στόχο τη συσχέτιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών (διακύμανση, αρμονικές, συντελεστής φορτίου κ.λπ.) της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος με την ταχύτητα του πνέοντος ανέμου και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας.

- Βαθμονόμηση ανεμόμετρων: Μέτρηση του σήματος εξόδου ανεμομέτρου σε σαφώς καθορισμένες συνθήκες ροής με στόχο τον υπολογισμό της σχέσης μετατροπής (σχέση που συνδέει το σήμα εξόδου με την ταχύτητα του ανέμου) του οργάνου. Το ΚΑΠΕ διαθέτει αεροσήραγγα ανοικτού κυκλώματος, όπου γίνεται η βαθμονόμηση και παρέχει το απαραίτητο πιστοποιητικό βαθμονόμησης των οργάνων.

- Έλεγχος δυναμικής συμπεριφοράς πτερύγων ανεμογεννητριών: Εφαρμογή δυναμικών φορτίων συγκεκριμένης μορφής με στόχο τον προσδιορισμό των ιδιοσυχνοτήτων της πτέρυγας.

Έλεγχος στατικής συμπεριφοράς πτερύγων ανεμογεννητριών: Εφαρμογή στατικών φορτίων κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες με στόχο την πιστοποίηση της στατικής αντοχής της πτέρυγας.

3.7 Μια ματιά στο μέλλον των ανεμογεννητριών

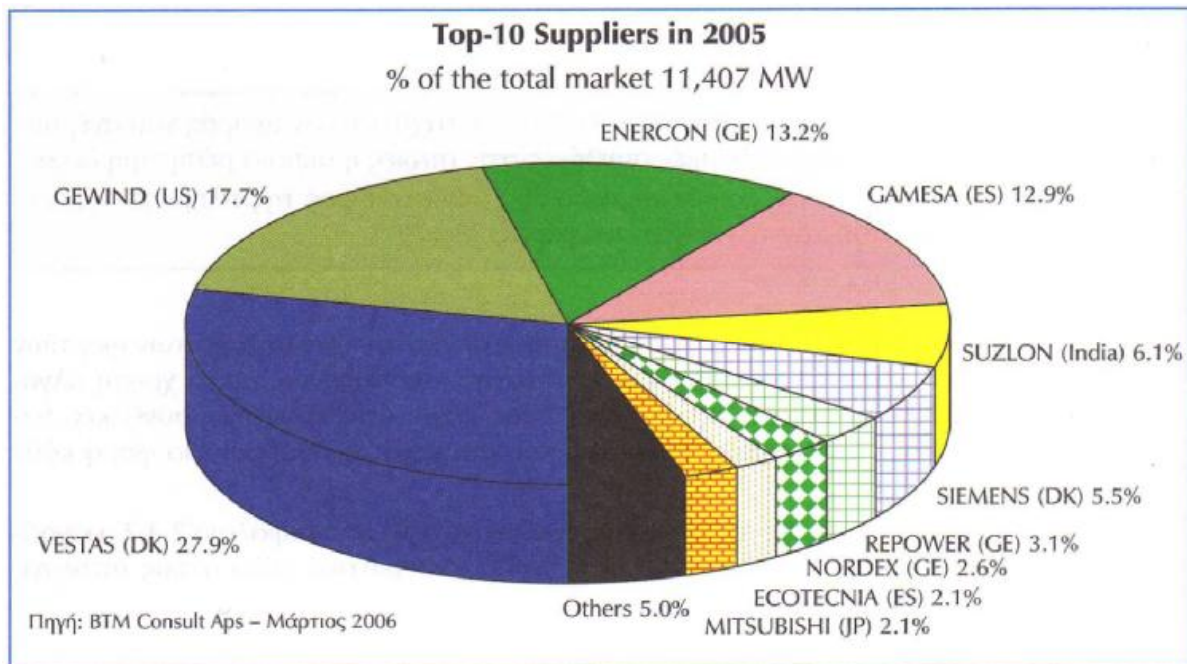
Οι εξελίξεις στην τεχνολογία, η αυξημένη αξιοπιστία των ανεμογεννητριών και η φιλικότητα τους προς το περιβάλλον προοιωνίζονται ένα λαμπρό μέλλον παγκοσμίως. Σύμφωνα με τον έγκριτο οίκο αναλυτών BTM Consult ApS της Δανίας, που ασχολείται με τη στατιστική καταγραφή και προβλέψεις των εξελίξεων της αιολικής τεχνολογίας, το 2005 ήταν το καλύτερο έτος από πλευράς εγκατεστημένων MW που έφτασαν τα 11.407 παγκοσμίως, με αποτέλεσμα η συνολική εγκατεστημένη ισχύς να είναι 60.000 MW.

Το Σχήμα 3.17 απεικονίζει την αγορά του 2005 με κορυφαίους κατασκευαστές τη δανέζικη εταιρία Vestas με μερίδιο αγοράς 27,9%, δεύτερη την αμερικανική GE Wind με μερίδιο αγοράς 17,7%, τρίτη τη γερμανική ENERCON με μερίδιο 13,2% και τέταρτη την ισπανική GAMESA με μερίδιο αγοράς 12,9%.

Ο ρυθμός αύξησης αναμένεται να είναι 16,4% ετησίως μέχρι το 2010. Για την περίοδο 2011-2015 προβλέπεται ρυθμός αύξησης ίσος με 7% ετησίως. Το

2015 εκτιμάται ότι θα είναι εγκατεστημένα συνολικά 300.000 MW παγκοσμίως που θα καλύπτουν το 2,93% των ηλεκτρικών αναγκών της ανθρωπότητας.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση πρωτοστατεί στην ανάπτυξη νέων μηχανών και το αποδεικνύει έμπρακτα. Την 1.3.2006 άρχισε το ερευνητικό πρόγραμμα UpWind διάρκειας 60 μηνών που στοχεύει να δημιουργήσει τις μελλοντικές γενιές ανεμογεννητριών ονομαστικής ισχύος 8-10 MW. Οι μηχανές θα συμβάλουν σε ένα ενεργειακό μέλλον με λιγότερη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.



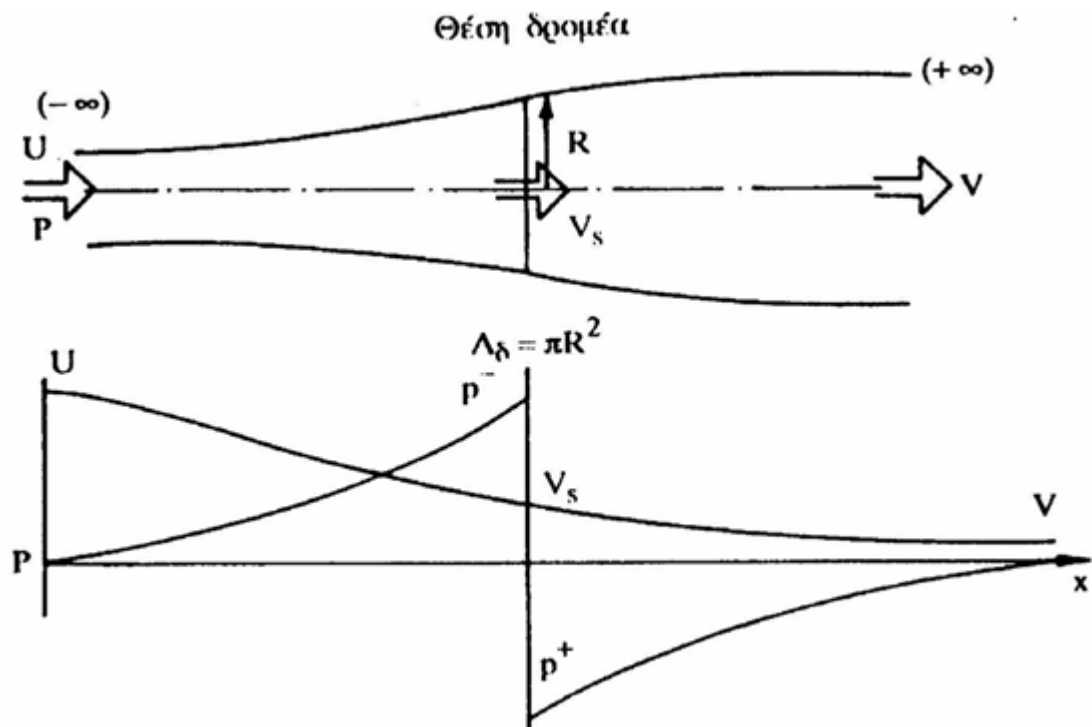
Σχήμα 3.17: Ποσοστιαία κατανομή των εγκατεστημένων 11407 MW ανά κατασκευαστή α/γ

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ NM 750/48

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα μελετήσουμε την ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα Neg Micon 750/48 ισχύος 750 kW. Θα υπολογίσουμε την ισχύ του ανέμου που προσπίπτει στην πτερωτή και το ποσοστό που μετατρέπεται σε ωφέλιμη ισχύ από τον ανεμοκινητήρα. Έτσι θα μπορούμε να μιλήσουμε για τον βαθμό απόδοσης της συγκεκριμένης μηχανής και να υπολογίσουμε μεγέθη σημαντικά για τον υπολογισμό της καταπόνηση κύριων μηχανολογικών εξαρτημάτων (π.χ. κύριος άξονας). Οι υπολογισμοί θα γίνουν σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που δίνει ο κατασκευαστής και τα οποία αναφέρονται στο παράρτημα καθώς επίσης και οι επεξηγήσεις των συμβόλων. Η ταχύτητα του ανέμου με την οποία προσπίπτει στην πτερόγωση λαμβάνεται $U=16$ m/s όπου είναι και η βέλτιστη για τη μέγιστη απόδοση της ανεμογεννήτριας.

4.1 Θεωρία του δίσκου ενέργειας

Σύμφωνα με τη θεωρία του δίσκου ενέργειας ο μηχανισμός δέσμευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου από το δρομέα του ανεμοκινητήρα θεωρείται ιδανικός, δηλαδή χωρίς απώλειες, (σύμφωνα με τις παραδοχές που θα αναφερθούν στη συνέχεια). Ο δρομέας εξετάζεται σαν ένα «μαύρο κουτί» δια μέσου του οποίου περνάει ο αέρας που υφίσταται μεταβολή της ενέργειας του, μεταβολή που ουσιαστικά εκφράζεται με την πτώση της στατικής του πίεσης. Επιπλέον ο δρομέας θεωρείται σαν ένας δίσκος που ενεργεί πάνω στο ρευστό, εξ ου και η ονομασία του «δίσκος ενέργειας».



Σχήμα 4.1 Ροϊκός σωλήνας δρομέα A/K

Το Σχήμα 4.1. δείχνει το ροϊκό σωλήνα ανεμοκινητήρα που ορίζεται από τη διάμετρο του δρομέα. Ο αέρας πολύ μακριά (στο άπειρο) πριν από το δίσκο (ανάντη) έχει στατική πίεση p και πλησιάζει με ταχύτητα U . Ο δίσκος αφαιρεί ενέργεια από τον αέρα και συνεπώς πολύ μακριά μετά από το δίσκο(κατάντη) όπου η πίεση του αέρα θα έχει αποκατασταθεί στην πίεση του περιβάλλοντος p , η ταχύτητα του ανέμου V θα είναι μικρότερη από την U . Για λόγους διατήρησης της μάζας μέσα στο ροϊκό σωλήνα, θα πρέπει η διατομή άρα και η διάμετρος του ροϊκού σωλήνα να μεγαλώνει πίσω από το δρομέα, δηλαδή να υπάρχει διαστολή του ρεύματος του αέρα (ομόρου) του ανεμοκινητήρα, όπως ακριβώς διαγραμματικά παριστάνεται στο Σχήμα 4.1.

Το ρευστό μετά το δίσκο έχει μικρότερη ενέργεια από αυτήν πριν από το δίσκο και επειδή η αξονική ταχύτητα του ρευστού πάνω στο δίσκο και οριακά λίγο πριν και λίγο μετά από το δίσκο παραμένει η ίδια για λόγους διατήρησης της μάζας (η διαφορά κινητικής ενέργειας του ανέμου πριν και μετά το δίσκο δεσμεύτηκε από τον ιδανικό δρομέα του ανεμοκινητήρα) τότε η στατική πίεση του ρευστού μετά από το δίσκο θα είναι μικρότερη από τη στατική πίεση του ρευστού πριν από το δίσκο. Συνεπώς ο δίσκος αποτελεί μια επιφάνεια ασυνέχειας πίεσης, αλλά συνέχειας όμως της αξονικής ταχύτητας και ασυνέχειας της περιφερειακής ταχύτητας όπως θα φανεί παρακάτω. Τυπική μεταβολή των μεγεθών της αξονικής ταχύτητας και πίεσης του ανέμου κατά μήκος του άξονα του ροϊκού σωλήνα, παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.1. Για τη μελέτη του αεροδυναμικού πεδίου γύρω από το δίσκο θα εφαρμοστούν οι γνωστοί νόμοι της Μηχανικής των Ρευστών και πιο συγκεκριμένα:

- Η εξίσωση διατήρησης της μάζας
- Η εξίσωση διατήρησης της ορμής
- Ενεργειακός ισολογισμός
- Η εξίσωση της ροπής της ορμής

Σε πρώτη προσέγγιση επίλυσης του προβλήματος γίνονται οι ακόλουθες παραδοχές:

1. Η εναλλαγή ενέργειας μεταξύ ρευστού και δίσκου γίνεται χωρίς απώλειες.
2. Ομοιόμορφη κατανομή της ταχύτητας στο δίσκο
3. Η φόρτιση (διαφορά πίεσης πριν και μετά) πάνω σε ολόκληρο το δίσκο είναι σταθερή.
4. Το ρεύμα αέρα μετά τον δίσκο στερείται συστροφής. Η παραδοχή αυτή πρακτικά μπορεί να επιτευχθεί με την ύπαρξη δύο αντίθετα στρεφόμενων δρομέων ενώ οι παραδοχές 2 & 3 απαιτούν άπειρο αριθμό και πτερύγια κατάλληλης σχεδίασης.

Στην συνέχεια ορίζονται τα μεγέθη p και U ως η στατική πίεση και η ταχύτητα του ανέμου στο άπειρο ανάντη του δίσκου, p^- και p^+ , η στατική πίεση του ρευστού πριν και μετά το δίσκο, πάνω στο δίσκο, V_s η ταχύτητα του ρευστού δια μέσου του δίσκου και τέλος p και V η στατική πίεση (πλήρης ανάκτηση πίεσης) και η ταχύτητα του ρευστού στο άπειρο, κατόντη του δίσκου ενέργειας.

Εφαρμογή των νόμων διατήρησης μάζας

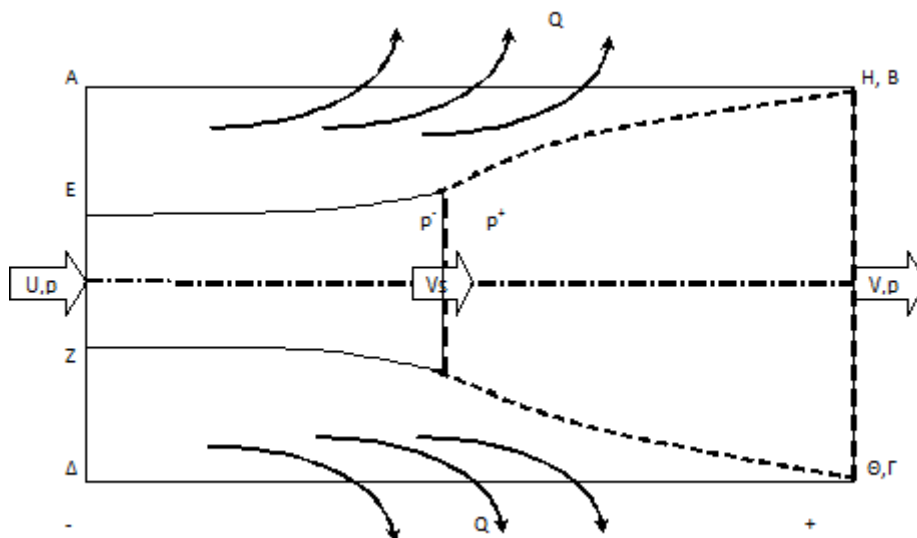
Η μάζα του ρέει μέσα στο ροϊκό σωλήνα, διατηρείται σταθερή και ίση με:

$$\dot{m} = \rho \cdot A_\delta \cdot V_s = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot V_s = 1,23\text{kg/m}^3 \cdot 24,1^2\text{m} \cdot 3,14 \cdot 10,66\text{m/s} \\ = 23913\text{kg/sec}$$

Όπου ρ είναι η πυκνότητα του ρευστού, A_δ η διατομή του ροϊκού σωλήνα πάνω στο δίσκο (επιφάνεια δίσκου) ακτίνας R η οποία δίνεται από τον κατασκευαστή 24,1m και V_s η ταχύτητα του ρευστού διαμέσου του δίσκου την οποία λαμβάνουμε ως τα 2/3 της αρχικής ταχύτητας του ανέμου.

Διατήρηση της ορμής

Το θεώρημα διατήρησης της ορμής θα εφαρμοστεί στον κυλινδρικό όγκο ΑΒΓΔ. (Σχήμα 4.2), ο οποίος περιβάλλει το ροϊκό σωλήνα ΕΖΗΘ. Η παράπλευρη επιφάνεια του κυλίνδρου (ΑΒ-ΓΔ) τοποθετείται πολύ μακριά από το δίσκο ώστε εκεί η στατική πίεση του ρευστού να είναι ίση με την πίεση του περιβάλλοντος, δηλαδή την ατμοσφαιρική.



Σχήμα 4.2 Επιφάνεια ελέγχου

Η παροχή Q διαμέσου της παράπλευρης επιφάνειας του κυλινδρικού όγκου ισολογισμού είναι:

$$Q = \rho \cdot A_{\infty} \cdot U - \rho \cdot A_{\delta} \cdot V_s = 1,23\text{kg/m}^3 \cdot 3648\text{m}^2 \cdot 16\text{m/s} - 1,23\text{kg/m}^3 \cdot 1824\text{m}^2 \cdot 10,66\text{m/s} = 47877 \text{ kg/s}$$

Το ρευστό εισέρχεται στον όγκο ισολογισμού με αξονική ταχύτητα ίση με U .

Εφαρμόζοντας το θεώρημα διατήρησης της ορμής, δηλαδή ότι η ώση T ισούται με την εν θέσει μεταβολή της ροής της ορμής, προκύπτει ότι:

$$T = \rho \cdot U^2 \cdot A_{\infty} - \rho \cdot A_{\delta} \cdot V_s - Q \cdot U$$

ή

$$T = \rho \cdot A_{\delta} \cdot V_s \cdot (U - V)$$

(η θετική τιμή της ωστικής δύναμης T , επειδή ισχύει $U > V$, δηλώνει ότι το ρευστό εξασκεί πάνω στο δρομέα δύναμη προς την κατεύθυνση του ανέμου που συμπίπτει με τη θετική φορά του άξονα των x). Ας σημειωθεί ότι η συμβολή των δυνάμεων πίεσης στην παράπλευρη επιφάνεια του κυλίνδρου είναι μηδενική (παντού επικρατεί πίεση p). Αν είχε εφαρμοστεί ο ισολογισμός της ορμής πάνω στο ροϊκό σωλήνα, τότε προκειμένου να προκύψει το ίδιο αποτέλεσμα, θα έπρεπε η συνεισφορά των δυνάμεων πίεσης κατά τον άξονα των x να είναι μηδέν, γεγονός που βέβαια ισχύει αλλά δεν είναι τόσο προφανές για να αποδειχθεί.

4.2 Ενεργειακός ισολογισμός

Το ρεύμα αέρα στερείται συστροφής ανάντη από το δρομέα, έγινε δε η υπόθεση ότι στερείται συστροφής και κατόντη. Κατά συνέπεια υπάρχει διατήρηση ενέργειας του ρευστού (εξίσωση Bernoulli) στους δύο ανεξάρτητους υποχώρους πριν και μετά το δίσκο μέσα στο ροϊκό σωλήνα όχι όμως και μεταξύ των δύο υποχώρων, γιατί ο δίσκος αφαιρεί ενέργεια από το ρευστό. Συνεπώς για τον υποχώρο ανάντη από τον δρομέα ισχύει:

$$p + \frac{\rho}{2} \cdot U^2 = p^- + \frac{\rho}{2} \cdot V_s^2$$

ενώ για τον υποχώρο κατόντη από τον δρομέα ισχύει:

$$p + \frac{\rho}{2} \cdot V^2 = p^+ + \frac{\rho}{2} \cdot V_s^2$$

Αφαιρώντας τις δύο αυτές σχέσεις κατά μέλη προκύπτει:

$$p^- - p^+ = \frac{\rho}{2} (U^2 - V^2)$$

Ο δρομέας ασκεί μια δύναμη, την ώση, στον άνεμο, φρενάροντας τον καθώς η πίεση του πέφτει διαμέσου του δίσκου. Αν υποθεθεί ότι η πίεση δεν είναι συνάρτηση του χρόνου, τότε δεν πρέπει να υπάρχει και περιοδικότητα στην ταχύτητα της ροής στο επίπεδο του δρομέα (οι παραπάνω συνθήκες είναι αληθινές μόνο για άπειρο αριθμό πτερυγίων). Από την εξίσωση της ώσης έχουμε:

$$T = \rho \cdot A_\delta \cdot V_s \cdot (U - V) = 1,23\text{kg/m}^3 \cdot 1824\text{m}^2 \cdot 10,66\text{m/s} \cdot (16\text{m/s} - 5,33\text{m/s}) = 255182 \text{ N}$$

$V = H$ ταχύτητα του ανέμου μετά την περύγωση η οποία λαμβάνεται ίση με το 1/3 της αρχικής ταχύτητάς του.

από την ώση προκύπτει και η ειδική ώση:

$$\begin{aligned} \frac{T}{A_\delta} &= \rho \cdot V_s \cdot (U - V) = 1,23\text{kg/m}^3 \cdot 10,66\text{m/s} \cdot (16\text{m/s} - 5,33\text{m/s}) \\ &= 140 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

η οποία δεν είναι τίποτε άλλο παρά η σταθερή φόρτιση του δίσκου.

$$\frac{T}{A_\delta} = \Delta p = p^- - p^+$$

οπότε προκύπτει

$$\rho \cdot V_s \cdot (U - V) = \frac{\rho}{2} \cdot (U^2 - V^2)$$

ή

$$V_s = \frac{1}{2} \cdot (U + V) = \frac{1}{2} \cdot (16\text{m/s} + 5,33\text{m/s}) = 10,66\text{m/s}$$

Η σχέση αυτή δηλώνει ότι η ταχύτητα του ανέμου πάνω στο δίσκο είναι το ημίθροισμα των ταχυτήτων του ανέμου πολύ πριν και πολύ μετά από το δίσκο (ανάντη και κατάντη). Έχει επικρατήσει η εισαγωγή του συντελεστή αξονικής επαγωγής ή αλληλεπίδρασης a (axial interference factor), της ταχύτητας του ανέμου, ως εξής:

$$a = \frac{U - V_s}{U} = \frac{16\text{m/s} - 10,66\text{m/s}}{16\text{m/s}} = 0,33$$

Ο συντελεστής αξονικής επαγωγής (θετική ποσότητα) εκφράζει την ποσοστιαία επιβράδυνση του αέρα πάνω στο δίσκο. Από τη σχέση αυτή προκύπτει ότι:

$$V_s = U \cdot (1 - a) = 16\text{m/s} \cdot (1 - 0,33) = 10,66\text{m/s}$$

$$V = U \cdot (1 - 2a) = 16\text{m/s} \cdot (1 - 2 \cdot 0,33) = 5,33\text{m/s}$$

Η τελευταία σχέση δηλώνει ότι η ποσοστιαία επιβράδυνση μακριά κατάντη του δίσκου είναι διπλάσια της ποσοστιαίας επιβράδυνσης του ρευστού στο επίπεδο του δίσκου.

Η ισχύς του ανέμου που πλησιάζει τον δίσκο είναι:

$$N^- = \left[\frac{p}{\rho} + \frac{U^2}{2} \right] \cdot \dot{m} = \left[\frac{1}{1,23} + \frac{16^2}{2} \right] \cdot 23913 \text{ kg/s} = 3080305 \text{ Watt}$$

Ενώ κατάντη του δίσκου έχει μικρότερη ισχύ:

$$N^+ = \left[\frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} \right] \cdot \dot{m} = \left[\frac{1}{1,23} + \frac{5,33^2}{2} \right] \cdot 23913 \text{ kg/s} = 359112 \text{ Watt}$$

Η απώλεια ισχύος του αέρα είναι:

$P = N^+ - N^-$ και έχει τιμή:

$$P = \dot{m} \cdot \left[\frac{U^2 - V^2}{2} \right] = 23913 \text{ kg/s} \cdot \left[\frac{16^2 - 5,33^2}{2} \right] = 2721192 \text{ Watt}$$

και αυτή ισούται με την ισχύ που δέσμευσε ο δίσκος.

Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να προκύψει απ' ευθείας με εκτέλεση των πράξεων στη σχέση υπολογισμού ισχύος με βάση την ώση και την ταχύτητα του ανέμου ως εξής:

$$P = T \cdot V_s = 255182 \cdot 10,66 \text{ m/s} = 2720240 \text{ Watt}$$

σχέση που δηλώνει ότι η ισχύς που δεσμεύεται από τον ανεμοκινητήρα ισούται με την ώθηση που το ρευστό ασκεί πάνω στο δίσκο, επί την ταχύτητα ολίσθησης του ανέμου πάνω στο δίσκο.

4.3 Όριο του BETZ

Οι προηγούμενες σχέσεις για την ισχύ του δρομέα και την ώση μπορούν, μετά την εισαγωγή του συντελεστή αξονικής επαγωγής να γραφούν ως εξής:

$$\begin{aligned} P &= 2 \cdot \rho \cdot A_{\delta} \cdot U^3 \cdot a \cdot (1 - a)^2 \\ &= 2 \cdot 1,23 \text{kg/m}^3 \cdot 1824 \text{m}^2 \cdot (16 \text{m/s})^3 \cdot 0,33 \cdot (1 - 0,33)^2 \\ &= 2722597 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= 2 \cdot \rho \cdot A_{\delta} \cdot U^2 \cdot a \cdot (1 - a) \\ &= 2 \cdot \frac{1,23 \text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1824 \text{m}^2 \cdot \left(\frac{16 \text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot 0,33 \cdot (1 - 0,33) = 253973 \text{N} \end{aligned}$$

Ορίζονται οι συντελεστές ισχύος και ώσης:

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^3 \cdot A_{\delta}} = \frac{2722597 \text{ Watt}}{\frac{1}{2} \cdot 1,23 \cdot 16^3 \cdot 1824} = 0,59$$

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A_{\delta}} = \frac{253973}{\frac{1}{2} \cdot 1,23 \cdot 16^2 \cdot 1824} = 0,88$$

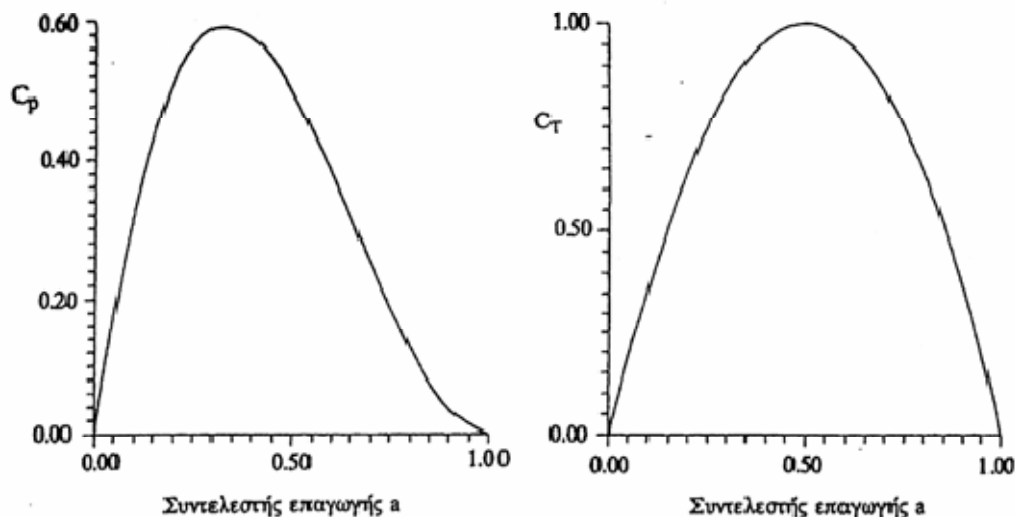
Η πρώτη σχέση υποδηλώνει το ποσοστό της ενέργειας που έχει ο άνεμος που πλησιάζει το δίσκο (λίγο πριν από το δίσκο) και που μετατρέπεται σε ισχύ πάνω στο δρομέα, ενώ η δεύτερη σχέση εκφράζει το συντελεστή αντίστασης που παρουσιάζει ο δρομέας στη ροή (μέγεθος χρήσιμο για τον υπολογισμό της δύναμης ανατροπής του πύργου στήριξης του ανεμοκινητήρα). Με εκτέλεση πράξεων προκύπτει:

$$C_p = 4a \cdot (1 - a)^2 = 4 \cdot 0,33 \cdot (1 - 0,33)^2 = 0,59$$

$$C_T = 4a \cdot (1 - a) = 4 \cdot 0,33 \cdot (1 - 0,33) = 0,88$$

Η μέγιστη τιμή C_p καλείται όριο του Betz και ισχύει ότι ο βέλτιστος δρομέας και κάτω από ιδανικές συνθήκες λειτουργίας μπορεί να δεσμεύει μόνο το 59% της ισχύος του ανέμου. Το όριο αυτό είναι κατά κάποιον τρόπο ο μέγιστος βαθμός απόδοσης του συστήματος για ιδανική έλικα, ανάλογος με το βαθμό απόδοσης Carnot των θερμοδυναμικών κύκλων. Στην περίπτωση αυτή της βέλτιστης λειτουργίας, η ταχύτητα U του ανέμου μειώνεται στα $2/3$ πάνω στο δίσκο και στο $1/3$ πολύ μακριά κατόπιν του δίσκου.

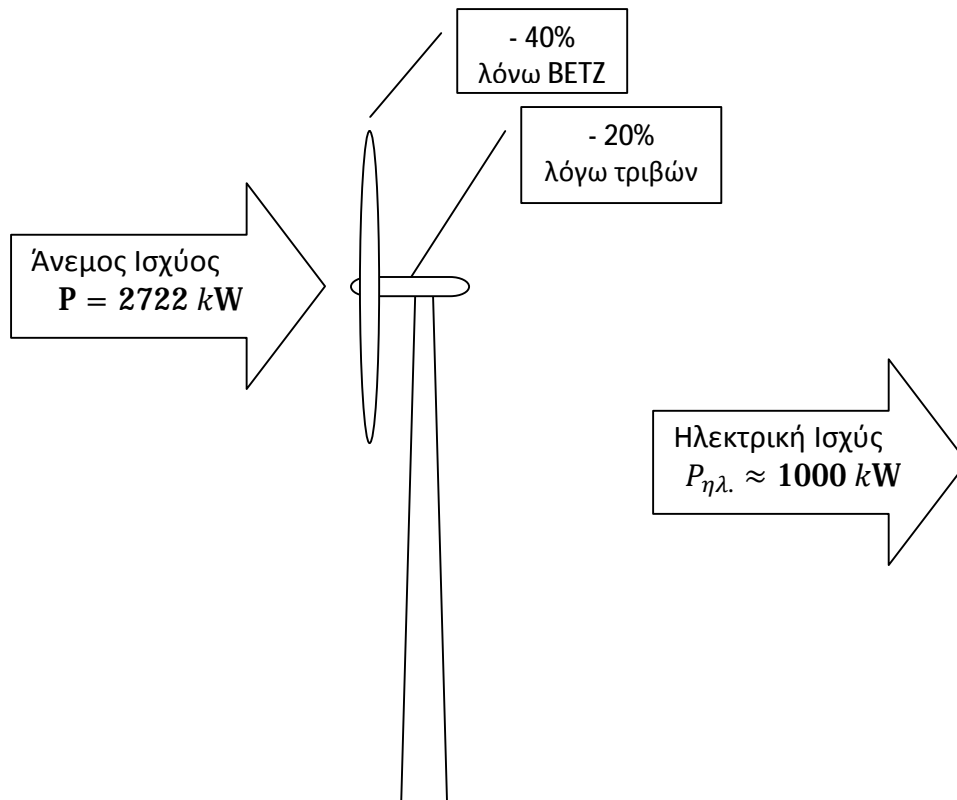
Ο συντελεστής αντίστασης C_T του δρομέα στη βέλτιστη λειτουργία παίρνει την τιμή $8/9$, τιμή μικρότερη της μέγιστης που είναι $C_{Tmax}=1$ και που επιτυγχάνεται για συντελεστή αξονικής επαγωγής $\alpha=0,5$. (Σχήμα 4.3)



Σχήμα 4.3 Καμπύλη C_p Απόδοσης Δρομέα και Συντελεστή Ώσης Ανεμοκινητήρα συναρτήσει του συντελεστή αξονικής επαγωγής (α).

4.4 Απώλειες ανεμογεννήτριας

Θεωρώντας ένα σύστημα ανεμογεννήτριας ισχύος 750kW που δέχεται ισχύ ανέμου $P = 2722597 \text{ W}$ έχει απώλειες στη γεννήτρια, στα έδρανα και στα γρανάζια του κιβωτίου ταχυτήτων λόγω τριβών. Αυτές οι απώλειες φτάνουν το 20% περίπου της ενέργειας που έχει καταφέρει να περάσει μέσα στο σύστημα μέσω του δρομέα και η οποία δεν είναι πάνω από 59% λόγω της θεωρίας του BETZ. Οπότε στην καλύτερη σχεδιαστικά ανεμογεννήτρια έχουμε τουλάχιστον 60% περίπου απώλειες. Πιο συγκεκριμένα στην ανεμογεννήτρια που μελετάμε θα έπρεπε να ισχύει η κατάσταση στο Σχήμα 4.4 εάν υποθέταμε πως έχει τον βέλτιστο δρομέα κατασκευαστικά καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία (π.χ. έδρανα, κιβώτιο ταχυτήτων κτλ) και λειτουργεί κάτω από ιδανικές συνθήκες λειτουργίας.



Σχήμα 4.4 Απώλειες ανεμογεννήτριας

Συμπεραίνουμε όμως πως η μέγιστη ενέργεια που μπορούμε να πάρουμε τελικά είναι έως $P_{\max} = 825 \text{ kW}$ σύμφωνα με τον κατασκευαστή. Αυτό σημαίνει πως στην πραγματικότητα υπάρχουν και άλλες απώλειες οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε παράγοντες του ανέμου ή στο γεγονός ότι η ανεμογεννήτρια που μελετάμε δεν είναι η τέλεια κατασκευαστικά.

4.5 Επίδραση της περιστροφής του όμορου ρεύματος

Ο όρος «όμορο» που αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει το ρεύμα του αέρα που, περνώντας τον ανεμοκινητήρα, διαστέλλεται μέχρι το άπειρο. Η επιστημονική ονομασία του είναι απόρευμα (wake) ή και ουραίο ρεύμα, αλλά η ονομασία «όμορο» έχει επικρατήσει ως τεχνικός όρος.

Η προηγούμενη ανάλυση βασίστηκε στην υπόθεση ότι το όμορο ρεύμα του πεδίου ροής (πεδίο ροής πίσω από το δίσκο) στερείται συστροφής, πράγμα που αληθεύει όταν ο ανεμοκινητήρας έχει δυο αντίθετα συστρεφόμενους δρομείς. Στην πράξη όμως ο ανεμοκινητήρας έχει ένα δρομέα και το όμορο ρεύμα ακόμη και στην ιδανικότερη των περιπτώσεων λειτουργίας του ανεμοκινητήρα, έχει συστροφή που δημιουργείται από την αλληλεπίδραση του ρεύματος του αέρα και του δρομέα.

Για τις έλικες των αεροσκαφών, το όμορο ρεύμα στρέφεται κατά τη φορά περιστροφής της έλικας, ενώ για ανεμοκινητήρα, έχει αντίθετη από το δρομέα φορά περιστροφής (φυσικά για ακίνητο παρατηρητή).

Στην περίπτωση του ανεμοκινητήρα (σε αντίθεση με την έλικα του αεροσκάφους), ο δρομέας έχει μικρή φόρτιση και αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο όμορος να έχει πολύ μικρή συστροφή. Η κινητική ενέργεια που έχει το ρευστό μετά το δρομέα, αποτελείται από την κινητική ενέργεια που οφείλεται στην αξονική (μεταφορική) ταχύτητα του ανέμου και από την περιφερειακή κινητική ενέργεια. (που οφείλεται στην συστροφή του ρευστού). Η περιφερειακή κινητική ενέργεια γενικά δεν μπορεί να ανακτηθεί στο άπειρο μακριά από το δρομέα και να γίνει στατική (ωφέλιμη) πίεση και ως εκ τούτου αποτελεί ενεργειακή απώλεια του συστήματος. Η ενεργειακή αυτή απώλεια μειώνει το συνολικό βαθμό απόδοσης του ανεμοκινητήρα. Να σημειωθεί ότι το ρευστό ανάντη του δίσκου στερείται συστροφής (αστρόβιλο), οπότε η κινητική του ενέργεια οφείλεται στην αξονική μεταφορική κίνησή του.

Το θεώρημα διατήρησης της ροπής της ορμής, εφαρμοζόμενο σε όγκο ισολογισμού που δεν περιβάλλει το δίσκο ενέργειας (διακοπτόμενη γραμμή στο Σχήμα 4.1), οδηγεί στο συμπέρασμα διατήρησης της συστροφής.

$$V_{\theta} \cdot R = \alpha$$

Η περιφερειακή ταχύτητα του ρευστού στην ανάντη επιφάνεια του δίσκου είναι μηδέν, είναι δε V_{θ} πάνω στην κατάντη επιφάνεια του και παραμένει η ίδια μακριά κατάντη στο άπειρο και φυσικά στην ίδια ακτινική απόσταση από τον άξονα.

Άρα η περιφερειακή ταχύτητα του ρευστού πάνω στο δίσκο ισούται με το μισό του αθροίσματος της περιφερειακής ταχύτητας του στις δυο πλευρές του δίσκου (στην ανάντη και στην κατάντη επιφάνεια του), δηλαδή το μισό της περιφερειακής ταχύτητας του ρευστού κατάντη στο άπειρο (στην ίδια ακτινική απόσταση).

$$V_{\theta s} = \frac{1}{2} \cdot V_{\theta \infty} = 0,5(\omega \cdot r) = 27,95 \text{ m/sec}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 22,2}{60} = 2,32 \text{ rad/sec}$$

Ορίζεται συντελεστής περιφερειακής επαγωγής η ποσότητα α'

$$\alpha' = \frac{V_{\theta s}}{\omega \cdot R} = \frac{27,95 \text{ m/s}}{2,32 \text{ rad/sec} \cdot 24,1 \text{ m}} = 0,5$$

οπότε προκύπτουν οι σχέσεις

$$V_{\theta s} = \alpha' \cdot \Omega \cdot r$$

$$V_{\theta\infty} = 2 \cdot \alpha' \cdot \omega \cdot R = 2 \cdot 0,5 \cdot 2,32 \text{ rad/sec} \cdot 24,1\text{m} = 55,9 \text{ m/sec}$$

ω = Η περιφερειακή ταχύτητα του ρευστού

4.6 Καμπύλη λειτουργίας δρομέα ανεμοκινητήρα

Η ενεργειακή απόδοση του δρομέα εκφράζεται από την καμπύλη συντελεστή ισχύος C_p και ταχύτητας ακροπτερυγίου λ ($\lambda = \omega R / V_s$), όπου ω η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα, R η ακτίνα του και V_s η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του άξονα του δρομέα. Τυπική καμπύλη C_M και C_p παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.5.

Η ροπή περιστροφής M που αναπτύσσει ο δρομέας και η οποία έχει πρωταρχική σημασία για την κίνηση της μηχανής ισούται με:

$$M = \frac{P}{\omega}$$

Όπου P η ισχύς του δρομέα και ω η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα.

Οπότε

$$M = \frac{2720240 \text{ W}}{2,32 \text{ rad/sec}} = 1172517 \text{ N.m}$$

ορίζεται συντελεστής ροπής

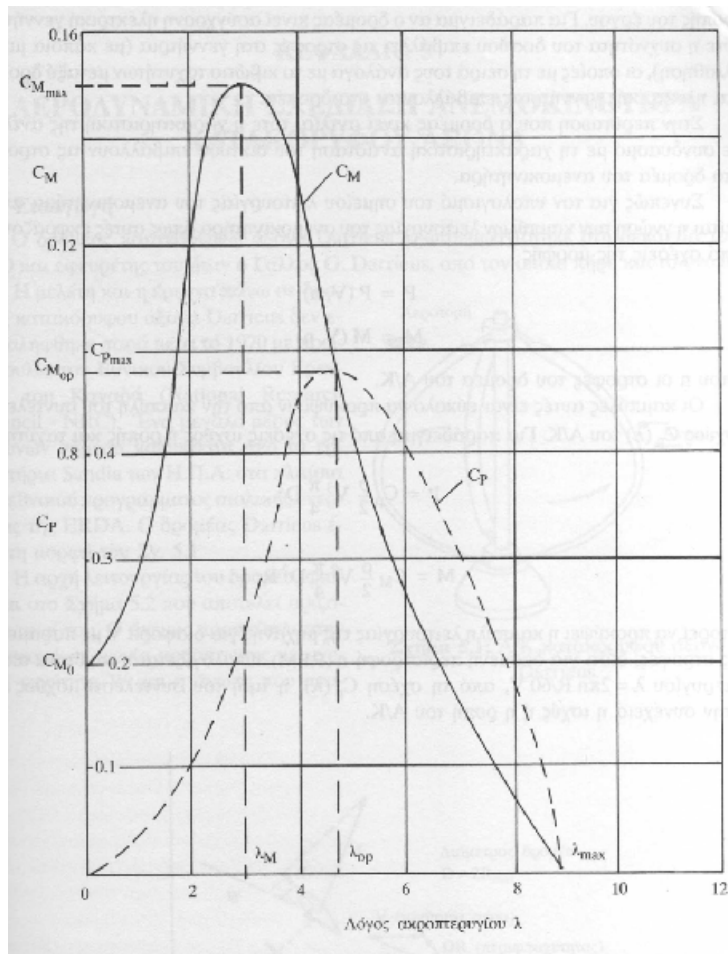
$$C_M = \frac{M}{\frac{\rho}{2} \cdot U^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot R} = \frac{1172517 \text{ N.m}}{\frac{1,23 \text{ kg/m}^3}{2} \cdot (16 \text{ m/s})^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (48,2 \text{ m}^2)^2 \cdot 24,1 \text{ m}}$$

$$= \frac{1172517}{6891153} = 0,17$$

οπότε από τη σχέση ορισμού της ροπής προκύπτει

$$C_M = \frac{C_p}{\lambda}$$

Τυπική μεταβολή της σχέσης συντελεστή ροπής C_M και ταχύτητας ακροπτερυγίου παρουσιάζεται στο ίδιο Σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5 Τυπικές καμπύλες C_M και C_P ενός ανεμοκινητήρα

Ένας δρομέας ανεμοκινητήρα εργάζεται σε διάφορες ταχύτητες ανέμου και η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής επηρεάζεται και αλλάζει ανάλογα τις απαιτήσεις των παραπέρα μηχανισμών. Δηλαδή εάν σε μία ανεμογεννήτρια με ασύγχρονη γεννήτρια οι στροφές της επιβάλλονται από την συχνότητα του δικτύου που είναι συνδεδεμένη με κάποια μικρή ολίσθηση, τότε αυτό περνάει στο κιβώτιο ταχυτήτων και ύστερα στον δρομέα. Αρκεί να σκεφτούμε την λειτουργία της με ανάποδο τρόπο για να κατανοήσουμε τον τρόπο που επηρεάζεται ο δρομέας.

Συνεπώς για τον υπολογισμό του σημείου λειτουργίας του ανεμοκινητήρα απαιτούνται οι καμπύλες λειτουργίας.

4.7 Βαθμός απόδοσης και διάμετρος ρότορα ανεμογεννήτριας:

Ο βαθμός απόδοσης του ρότορα ανεμογεννήτριας δίνεται από την σχέση:

Η διάμετρος του ρότορα η οποία είναι ικανή να παράγει την απαιτούμενη ισχύ των **2720240 W** υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\begin{aligned}
 P_m &= \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot A \cdot U^3 \Rightarrow \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot U^3 \Rightarrow D = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot P_m}{C_p \cdot \rho \cdot \pi \cdot U^3}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 2720240 \text{ W}}{0,59 \cdot 1,23 \cdot 3,14 \cdot 16^3}} = \sqrt{\frac{21761920}{9333,54}} = \sqrt{2331,58} \text{ m} \\
 &= \mathbf{48,2m} \text{ και ακτίνα } R = \mathbf{24,1}
 \end{aligned}$$

4.8 Υπολογισμός ελάχιστου ύψους τοποθέτησης της ανεμογεννήτριας

Το ελάχιστο ύψος τοποθέτησης ανεμογεννήτριας λαμβάνεται κατά κανόνα τουλάχιστον ίσο με τη διάμετρο της περύγωσης. Το ύψος αυτό μπορεί να υπολογιστεί σε σχέση με τη διάμετρο από τις παρακάτω σχέσεις:

$$U_T = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\pi\tau}}{60} \leq U_{\max} = 60 \text{ m/s}$$

$U_{\max} = 60 \text{ m/s}$ Δίνεται από τον κατασκευαστή και αντιστοιχεί στην μέγιστη οριακή ταχύτητα ανέμου που μπορεί να δεχθεί η ανεμογεννήτρια για 2 sec.

Οι στροφές του άξονα της περωτής $n_{\pi\tau}$ υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$i = \frac{n_G}{n_{\pi\tau}}$$

Έτσι έχουμε

$$n_{\pi\tau} = \frac{n_G}{i}$$

Το i αντιστοιχεί στο λόγο μετάδοσης του κιβωτίου της μηχανής και σύμφωνα με τα δεδομένα του κατασκευαστή αντιστοιχεί σε 81,48. Οι στροφές της σύγχρονης γεννήτριας n_G για δύο ζεύγη πόλων $p=2$ και συχνότητα $f=60 \text{ Hz}$ (σύμφωνα με το εγχειρίδιο του κατασκευαστή) είναι:

$$n_G = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 60}{2} = 1800 \text{ rpm}$$

Οπότε οι στροφές της περωτής είναι:

$$n_{\pi\tau} = \frac{n_G}{i} = \frac{1800}{81,48} = 22 \text{ rpm}$$

Συνεπώς η διάμετρος της πτερωτής είναι:

$$D = \frac{60 \cdot U_{max}}{\pi \cdot n_{\pi\tau}} \leq \frac{60 \cdot 60m/s}{3,14 \cdot 22m/s}$$

$$D \leq 52 m$$

Άρα το ελάχιστο ύψος τοποθέτησης της μηχανής είναι $H_{min}=52m$. Η ανεμογεννήτρια σε τέτοιας κατηγορίας ύψος μπορεί να εκμεταλλευτεί ομαλότερο και ταχύτερο αέρα σε σχέση με χαμηλότερα. Σε μερικές περιοχές κάθε 10 μέτρα ύψος, η ταχύτητα του ανέμου μπορεί να αυξάνεται και κατά 20%. Είναι ευνόητο πως το ύψος της ανεμογεννήτριας πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την ακτίνα του δρομέα για λόγους ασφαλείας.

Τα δεδομένα που υπολογίσαμε είναι πολύ κοντά στα πραγματικά που δίνει ο κατασκευαστής.

4.9 Υπολογισμός ατράκτου

Για να υπολογίσουμε τον άξονα του ρότορα (Σχήμα 4.6) πρέπει να υπολογίσουμε την ροπή στρέψης T την οποία δέχεται. Η ισχύς P του αέρα που μεταφέρεται στον ρότορα υπολογίζεται με βάση την μέγιστη ταχύτητα του αέρα (25m/s) όπου έχει τη δυνατότητα η ανεμογεννήτρια να παράγει έργο.

Οπότε:

$$P = 2 \cdot p \cdot A_{\delta} \cdot U^3 \cdot \alpha \cdot (1 - \alpha)^2 = 2 \cdot 1,23 \cdot 1824 \cdot 25^3 \cdot 0,33 \cdot (1 - 0,33)^2$$

$$= 10385 KW$$

$$T = 9,55 \cdot 10^6 \frac{P}{n} = 9,55 \cdot 10^6 \cdot \frac{10385 KW}{22,2 rpm} = 4467421171 N \cdot mm$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη ροπή κάμψης M_b θεωρώντας πως οι δυνάμεις που καταπονούν καμπτικά τον άξονα έχουν απόσταση l από το πρώτο σημείο έδρασης 100mm και το βάρος της πτερύγωσης μαζί με την πλήμνη είναι 14000Kg ή 139270N σύμφωνα με το εγχειρίδιο του κατασκευαστή.

Έτσι έχουμε:

$$M_b = F \cdot l = 139270N \cdot 100mm = 13927000N \cdot mm$$

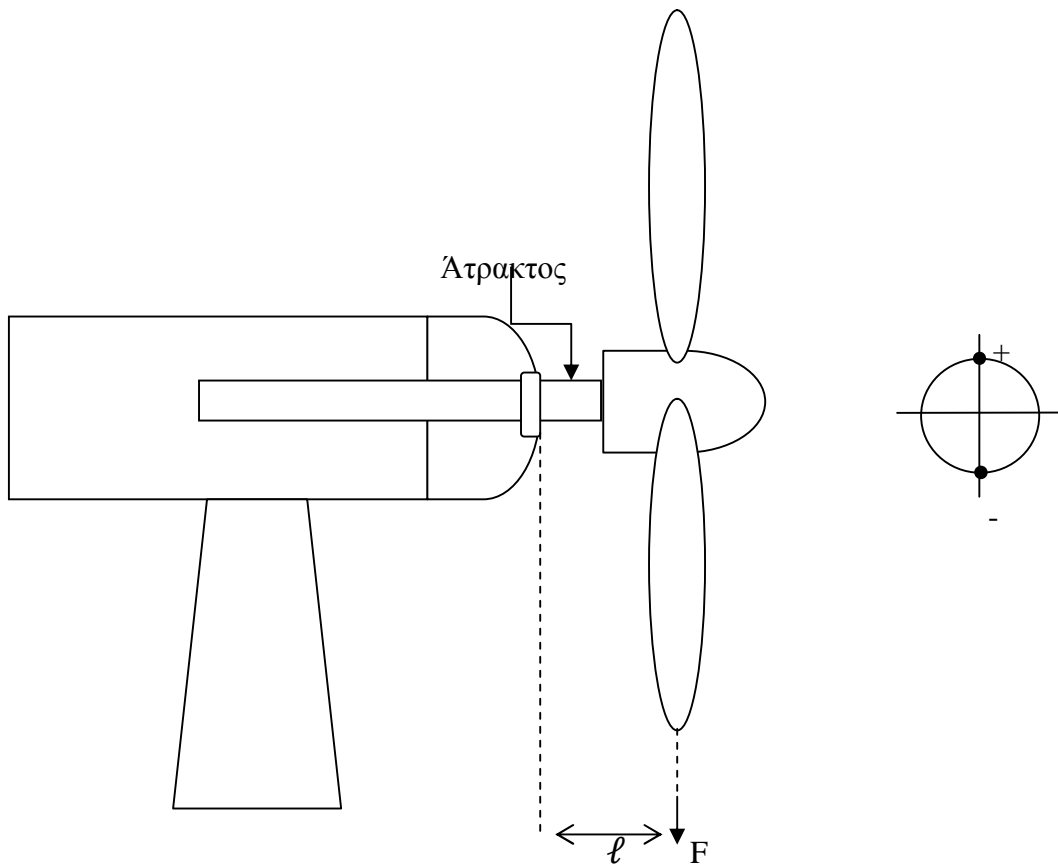
Η ισοδύναμη ροπή είναι:

$$\begin{aligned}
 M_v &= \sqrt{M_b^2 + 0,75 \cdot (a_0 \cdot T)^2} \\
 &= \sqrt{(13927000 \text{ N} \cdot \text{mm})^2 + 0,75 \cdot (1 \cdot 4467421171 \text{ N} \cdot \text{mm})^2} \\
 &= \sqrt{7,33 \cdot 10^{18} \text{ N} \cdot \text{mm}} = 2707397274 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$

Η τιμή a_0 είναι ο λόγος καταπόνησης και είναι ίσος με 0,7 αφού έχουμε εναλλασσόμενη κάμψη και επαναλαμβανόμενη στρέψη.

Τελικά η απαιτούμενη διάμετρος ατράκτου είναι:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_v}{0,1 \cdot \sigma_{b\epsilon\pi}}} = \sqrt[3]{\frac{3860051813 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0,1 \cdot 110 \text{ N} \cdot \text{mm}^2}} = 626 \text{ mm}$$



Σχήμα 4.6 Υπολογισμός ατράκτου

5. ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΙΣΧΥΟΣ 1,5 MW

Αιολικό Πάρκο συνολικής ισχύος 1,5 MW για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας με εκμετάλλευση της φιλικής προς το περιβάλλον ενέργειας του ανέμου (Αιολικό Πάρκο - Α/Π).

Με δεδομένη την πρόθεση της Πολιτείας όπως αυτή εκφράζεται από το Νόμο 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» και το νόμο 2773/1999 «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις» για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας με τρόπο τεχνικοοικονομικά συμφέροντα, ο οποίος θα δίνει παράλληλα σημαντική βαρύτητα στην προστασία του περιβάλλοντος. Η περιοχή της εγκατάστασης αιολικού πάρκου βρίσκεται στη θέση Δραγούνι στο Δήμο Β. Κυνουρίας, Νομού Αρκαδίας .

Τα έργα που είναι αναγκαία να κατασκευαστούν είναι τα εξής:

- A) Αιολικό Πάρκο Ισχύος 1,5 MW αποτελούμενο από 2 ανεμογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 750 kW έκαστη και συγκεκριμένα η Neg Micon 750/48.
- B) Συνωδά έργα υποδομής αιολικού πάρκου ως κάτωθι:
- Υποσταθμός Ανύψωσης Τάσης στο επίπεδο του δικτύου της ΔΕΗ.
 - Ηλεκτρική γραμμή που θα αποτελείται από εναέρια καλώδια στηριγμένα πάνω σε ξύλινους στύλους για τη μεταφορά της ενέργειας από το Αιολικό Πάρκο στον Υποσταθμό.
 - Εσωτερική οδοποιία αιολικού πάρκου και δρόμος πρόσβασης αιολικού πάρκου και Υ/Σ καθώς και - όπου είναι απαραίτητο - δρομίσκοι (τρακτερόδρομοι) για την εγκατάσταση των ξύλινων στύλων Μέσης Τάσης.

5.1 Γενικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αιολικού Πάρκου

Το αιολικό πάρκο αποτελείται στο σύνολο του από δύο (2) μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ανεμογεννήτριες) οι οποίες μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρισμό.

Οι ανεμογεννήτριες θα τοποθετηθούν εν σειρά κατά μήκος του οικοπέδου και θα συνδέονται μεταξύ τους μέσω εσωτερικού δρόμου διασύνδεσης, ηλεκτρικά δε, θα διασυνδέονται μέσω αυτόνομων υποσταθμών ανυψώσεως τάσεως (μετασχηματιστής), σε υπόγεια γραμμή μέσης τάσεως που θα κατασκευαστεί μέσα στο αιολικό πάρκο, προκειμένου να μεταφερθεί η παραγόμενη ενέργεια στον κεντρικό πίνακα διανομής και διασύνδεσης με το Ηλεκτρικό Σύστημα. Θα τοποθετηθούν αντίστοιχοι με τον αριθμό των ανεμογεννητριών μετασχηματιστές.

Οι μετασχηματιστές προβλέπεται να τοποθετηθούν εντός των πυλώνων των ανεμογεννητριών ή εναλλακτικά εντός μεταλλικού οικίσκου τύπου "κίосκι" που θα ακολουθούν τις σχετικές προδιαγραφές της ΔΕΗ, για συνεπτυγμένους υποσταθμούς εξωτερικού χώρου, ανάλογα με τις τεχνικές λύσεις των οριστικών μελετών, αλλά και υποδείξεων και κανονισμών της ΔΕΗ για την απρόσκοπτη και ασφαλέστερη συντήρηση και λειτουργία αυτών. Σημειώνεται πάντως πως θα προτιμηθεί οι υποσταθμοί να τοποθετηθούν εντός των πυλώνων των Α/Γ, έτσι ώστε να μην επιβαρυνθεί από την άποψη αυτή η αισθητική του περιβάλλοντος.

Ο κεντρικός πίνακας μέσης τάσεως καθώς και οι λοιπές απαιτούμενες βοηθητικές εγκαταστάσεις θα στεγαστούν εντός ενός από τους υποσταθμούς ανυψώσεως τάσεως που θα κατασκευαστούν.

Από τον Κεντρικό Πίνακα Μέσης Τάσεως του τερματικού υποσταθμού του αιολικού πάρκου θα υπάρχει αναχώρηση μέσης τάσης που θα συνδέεται με νέο Υποσταθμό Ανύψωσης ο οποίος θα κατασκευαστεί σε κατάλληλο χώρο πλησίον της υπάρχουσας Γραμμής Μεταφοράς της ΔΕΗ, σύμφωνα και με τις υποδείξεις του ΔΕΣΜΗΕ και της ΔΕΗ.

Οι ανεμογεννήτριες που θα χρησιμοποιήσουμε είναι τύπου NM48/750 KW του Δανέζικου κατασκευαστικού οίκου N.E.G. MICON ,θα διαθέτουν περωτή 3 περυγίων σταθερού βήματος, διαμέτρου 48.2 μέτρων εξού και η ονομασία που της έχουν δώσει. Πρέπει να αναφέρουμε ότι η κατασκευαστική εταιρία NEG MICON βγάζει πολλούς τύπους ανεμογεννητριών όπως:

- M1500-500 (500 kW, 40 m diameter)
- M1500-600 (600 kW, 43 m diameter)
- M1500-750 (750 kW, 44 m diameter)

- M1800-600 (600 kW, 46 m diameter)
- M1800-600 (600 kW, 48 m diameter)
- M400 (400 kW, 36 m diameter)
- M530 (250 kW, 26 m diameter)
- M700-225 (225 kW, 29.8 m diameter)
- M750 (250 kW, 31 m diameter)
- MIC6013 (60 kW, 16 m diameter)
- NM43/600 (600 kW, 43 m diameter)
- NM44/750 (750 kW, 44 m diameter)
- NM48/750 (750 kW, 48 m diameter)
- NM52/900 (900 kW, 52 m diameter)
- NM60/1000 (1000 kW, 60 m diameter)
- NM64/1500 (1500 kW, 64 m diameter)
- NM64c/1500 (1500 kW, 64 m diameter)
- NM72/2000 (2000 kW, 72 m diameter)
- NM72c/1500 (1500 kW, 72 m diameter)
- NM82/1500 (1500 kW, 82 m diameter)
- NM82/1650 (1650 kW, 82 m diameter)
- NM92/2750 (2750 kW, 92 m diameter)

Η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια είναι μεταβλητών στροφών (22/15 rpm), τριών πτερυγίων που ελέγχεται από τρία ανεξάρτητα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα. Έχει σταθερό βήμα έλικας, ενεργό stall , μεταβλητής ταχύτητας και μια σύγχρονη γεννήτρια 4/6 πόλων.

Η ανεμογεννήτρια, θα αποτελείται από έναν χαλύβδινο πυλώνα ύψους 55 μέτρων, στην κορυφή του οποίου εδράζεται το μεταλλικό κέλυφος (nacelle). Στο κέλυφος ευρίσκεται ο κύριος μηχανισμός της ανεμογεννήτριας, ο οποίος αποτελείται από την πτερωτή που είναι κατασκευασμένη από εποξική ρητίνη, εντός δε του κελύφους ευρίσκεται ο κύριος άξονας ο οποίος είναι χαλύβδινος, τον πολλαπλασιαστή στροφών, ο οποίος αποτελείται από σύστημα γραναζιών, και την ηλεκτρική γεννήτρια.

Ο πυλώνας της ανεμογεννήτριας είναι χαλύβδινος, κυλινδρικός με ελαφρά κωνικότητα, κατασκευασμένος από συγκολλημένα ελάσματα. Η διάμετρος του είναι περίπου 3m στην βάση και 1,64m στην κορυφή. Ο πυλώνας είναι εντελώς κλειστός προς το εξωτερικό περιβάλλον. Στην βάση του υπάρχει στεγανή μεταλλική πόρτα, η οποία επιτρέπει την πρόσβαση στο εσωτερικό.

Ο πυλώνας φέρει στο εσωτερικό του μεταλλική σκάλα, η οποία επιτρέπει την πρόσβαση στο κέλυφος της ανεμογεννήτριας. Το κέλυφος της ανεμογεννήτριας αποτελείται από ένα χαλύβδινο πλαίσιο και το περίβλημα το οποίο είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένα ελάσματα. Το κέλυφος είναι επίσης κλειστό προς το εξωτερικό περιβάλλον, είναι μάλιστα στεγανό ώστε να αποφεύγεται η εισροή υγρασίας στο εσωτερικό και η φθορά των υλικών από διάβρωση. Η ψύξη της γεννήτριας γίνεται με κατάλληλους εναλλάκτες ψύξεως νερού - αέρα.

Στην βάση της ανεμογεννήτριας και εσωτερικά του πυλώνα ευρίσκεται ο κεντρικός ηλεκτρικός πίνακας της ανεμογεννήτριας μέσω του οποίου γίνεται η σύνδεση της ανεμογεννήτριας στο ηλεκτρικό δίκτυο, προκειμένου να μεταφερθεί η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Το περίβλημα του κεντρικού ηλεκτρικού πίνακα είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένο χαλυβδοέλασμα. Ο ηλεκτρικός πίνακας είναι στεγανός βαθμού προστασίας IP54.

Στον κεντρικό ηλεκτρικό πίνακα καταλήγουν αφ' ενός τα καλώδια της γεννήτριας, τα οποία διατρέχουν την διαδρομή από το κέλυφος μέχρι την βάση του πύργου, κατάλληλα υποστηριζόμενα, αφ' ετέρου τα υπόγεια καλώδια χαμηλής τάσεως, τα οποία συνδέουν την κάθε ανεμογεννήτρια με τον αντίστοιχο υποσταθμό.

Όλες οι συνδέσεις του ηλεκτρικού πίνακα, τόσο οι κύριες όσο και οι δευτερεύουσες, είναι κατάλληλα προστατευμένες σύμφωνα με τους ισχύοντες ηλεκτρολογικούς κανονισμούς, και συγκεκριμένα με την χρήση ασφαλειών και αυτομάτων διακοπών, οι οποίοι διακόπτουν τα κυκλώματα τόσο σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, όσο και υπερφορτώσεως.

Πρόσθετα στον αιολικό σταθμό θα είναι εγκατεστημένο σύστημα κεντρικού εποπτικού ελέγχου και τηλεπίβλεψης αποτελούμενο από ηλεκτρονικό υπολογιστή και τις κατάλληλες διατάξεις και γραμμές επικοινωνίας. Το σύστημα θα καταγράφει όλα τα στοιχεία σχετικά με την λειτουργία του αιολικού σταθμού, και θα επιτρέπει την τηλεπίβλεψη και τον τηλεχειρισμό αυτού.

5.2 Περίληψη έργου

Το έργο αφορά την κατασκευή εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση της ανεξάντλητης και φιλικής προς το περιβάλλον αιολικής

ενέργειας στα πλαίσια του Νόμου 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» και του Νόμου 2773/1999 «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις» για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας με τρόπο τεχνικοοικονομικά συμφέροντα, δίνοντας παράλληλα σημαντική βαρύτητα στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η εγκατεστημένη ισχύς του σταθμού θα είναι 1,5 MW και η συνολική ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να είναι 4048 MWh περίπου σύμφωνα με την καμπύλη ενέργειας που μας δίνει ο κατασκευαστής και για μέση ταχύτητα ανέμου στην περιοχή 10m/s. Ολόκληρη η παραγόμενη ενέργεια θα αγοράζεται αποκλειστικά από τον Διαχειριστή του Συστήματος (ΔΕΣΜΗΕ)

Η σύνδεση του αιολικού πάρκου με το δίκτυο μέσης τάσεως, θα γίνει μέσω κατάλληλου αυτόματου αποζεύκτη, ο οποίος θα προστατεύει την εγκατάσταση. Ο κεντρικός πίνακας μέσης τάσεως καθώς και οι λοιπές απαιτούμενες βοηθητικές εγκαταστάσεις θα στεγαστούν εντός του οικίσκου ελέγχου που θα κατασκευαστεί. Εν συνεχεία, θα υπάρχει αναχώρηση γραμμής Μέσης Τάσης η οποία και θα καταλήγει σε νέο Υποσταθμό Ανύψωσης ο οποίος θα κατασκευαστεί σε κατάλληλο χώρο πλησίον της υπάρχουσας Γραμμής Μεταφοράς της ΔΕΗ.

Ο Υποσταθμός σκοπό έχει να ανυψώνει την ηλεκτρική ώστε να διοχετεύεται η ενέργεια που παράγεται από το αιολικό πάρκο στο Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ). Η προτεινόμενη θέση κατασκευής του Υ/Σ βρίσκεται στην θέση Δερβίσια Αγκώνας, Δήμος Κορυθίου, Νομού Αρκαδίας. Το οικόπεδο στο οποίο θα εγκατασταθεί ο Υ/Σ έχει διαστάσεις 110x90 μέτρα περίπου.

Η περιοχή εγκατάστασης του αιολικού πάρκου χαρακτηρίζεται από σχετικά ομαλές κλίσεις. Προς τα βόρεια και εκτός της θέσης εγκατάστασης οι κλίσεις γίνονται απότομες. Το Αιολικό Πάρκο θα εγκατασταθεί ουσιαστικά κατά μήκος οροσειράς μέσου υψόμετρου 1050 μέτρων με προσανατολισμό από το Βορρά προς το Νότο.

Η κατασκευή του έργου αναμένεται να έχει μικρές αρνητικές τοπικές επιπτώσεις στην μορφολογία του εδάφους αφού θα γίνουν εκσκαφές για την διαμόρφωση του χώρου που θα δεχτεί τις ανεμογεννήτριες και για την διάνοιξη του εσωτερικού δικτύου επικοινωνίας μεταξύ των ανεμογεννητριών καθώς και του δρόμου πρόσβασης προς τον χώρο εγκατάστασης.

Το έργο δεν θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον αφού η λειτουργία των μηχανημάτων κατασκευής και η κίνηση των οχημάτων δεν θα έχουν σημαντικές εκπομπές ρύπων, ούτε θα προκαλέσουν σημαντικές εκπομπές σκόνης. Απεναντίας, η λειτουργία του έργου θα έχει ως άμεση θετική επίπτωση τη συμβολή του στην εξοικονόμηση συμβατικού καυσίμου και αέριων ρύπων, επίπτωση ιδιαίτερα σημαντική σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο.

Το έργο δεν θα προκαλεί καμία αρνητική επίπτωση στο ακουστικό περιβάλλον λόγω του σχετικά μικρού αριθμού των μηχανημάτων κατασκευής που απαιτούνται και του σύντομου χρόνου υλοποίησης του. Κατά τη λειτουργία θα αυξηθεί το επίπεδο θορύβου στην άμεση γειτνίαση και κάτω από τις ανεμογεννήτριες, ενώ την νύχτα το επίπεδο θορύβου δεν ξεπερνά το επίπεδο θορύβου σε αγροτική περιοχή. Θόρυβος προερχόμενος από την λειτουργία των ανεμογεννητριών δεν πρόκειται να γίνεται αντιληπτός στους πλησιέστερους οικισμούς, οι οποίοι βρίσκονται σε ικανή απόσταση.

Το έργο δεν θα προκαλεί καμία αρνητική επίπτωση στα νερά της περιοχής κατά τη φάση κατασκευής και λειτουργίας του. Το έργο δεν θα επηρεάσει το υδρολογικό δίκτυο της άμεσης περιοχής του έργου λόγω του μικρού πραγματικού χώρου που καλύπτουν οι ανεμογεννήτριες συνολικά καθώς και της μεγάλης απόστασης μεταξύ τους.

Το έργο δεν πρόκειται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην χλωρίδα και πανίδα της άμεσης περιοχής του έργου, δεδομένου ότι η συνολική έκταση των εκχερσώσεων είναι σχετικά μικρή.

Σημειώνεται ότι πρώτη ύλη παραγωγής ενέργειας είναι ο άνεμος και η λειτουργία του αιολικού πάρκου δεν προκαλεί κανενός είδους στερεά, υγρά ή αέρια απόβλητα ή άλλου είδους απορρίμματα.

Το αιολικό πάρκο θα επιφέρει μικρής έντασης επιπτώσεις στην αισθητική του τοπίου κατά τη διάρκεια λειτουργίας του αφού θα γίνεται αντιληπτό από μικρού κυρίως μεγέθους αποστάσεις. Μη σημαντικές θα είναι οι επιπτώσεις σε μέσου και μεγάλου μεγέθους αποστάσεις όπου βρίσκονται οικισμοί.

Τέλος κατά την διάρκεια κατασκευής και λειτουργίας του αιολικού σταθμού θα υπάρχουν θετικές επιπτώσεις στο οικονομικό και κοινωνικό περιβάλλον λόγω της αύξησης της απασχόλησης και ανάπτυξης δραστηριοτήτων τοπικά σε σχέση με το έργο.

5.3 Επιλογή θέσης

Η τοποθεσία του υπό μελέτη αιολικού πάρκου θα βρίσκεται στην Πελοπόννησο και ειδικότερα στο Νομό Αρκαδίας. Διοικητικά ανήκει στην Περιφέρεια Πελοποννήσου, Νομός Αρκαδίας, Δήμος Β. Κυνουρίας. Ο χώρος εγκατάστασης του Υποσταθμού ανύψωσης ανήκει διοικητικά στο Δήμο Κορυθίου, Νομού Αρκαδίας.

Η γεωγραφική ενότητα Πελοποννήσου εκτείνεται μεταξύ των παραλλήλων 38° 20' Β (ακρωτήρι Δρέπανο) και 36° 23' Β (Ακρωτήρι Ταίναρο) και των μεσημβρινών 21° 10' Α (Παραλία Κυλλήνης) και 23° 31' Α (ακρωτήρι Σκύλλαιο). Έχει συνολική έκταση 21.440 km² που αποτελεί το 16,25% της συνολικής έκτασης της Ελληνικής Επικράτειας.

Η Περιφέρεια Πελοποννήσου καταλαμβάνει το νότιο τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας. Αποτελείται από τους νομούς Αργολίδος, Κορινθίας, Αρκαδίας, Μεσσηνίας και Λακωνίας και έχει έδρα την Τρίπολη, πρωτεύουσα του νομού Αρκαδίας. Βρέχεται δυτικά από το Ιόνιο Πέλαγος και συνορεύει με την Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδος, βορειοανατολικά με την Περιφέρεια Αττικής, ενώ ανατολικά βρέχεται από το Μυρτώο Πέλαγος.

Έχει συνολική έκταση 15.490 km² και καλύπτει το 11,7% της συνολικής έκτασης της χώρας, με χαρακτηριστικό της μορφολογίας της τους μεγάλους ορεινούς όγκους.

Ο πληθυσμός της Περιφέρειας Πελοποννήσου ανέρχεται σε 670.284 κατοίκους σύμφωνα με την εκτίμηση της ΕΣΥΕ για το 1998 και αντιστοιχεί στο 6,4 % του συνολικού πληθυσμού της χώρας.

Η πληθυσμιακή πυκνότητα της Περιφέρειας Πελοποννήσου είναι μικρότερη της αντίστοιχης εθνικής (43,8 έναντι 79,7 κατοίκων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο).

Ο Νομός Αρκαδίας, έχει έκταση 4.419 km² και πληθυσμό 102.035 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2001. Ο πληθυσμός χωρίζεται σε αγροτικό: 65.407 και σε αστικό 36.628 κάτοικοι. Ο Νομός αποτελείται από 22 Δήμους, με πρωτεύουσα την Τρίπολη και τα κυριότερα βουνά είναι το Μαίναλο, ο Ολίγυρτος, το Λύρκειο, το Αρτεμίσιο και ο Πάρνωνας. Τα σημαντικότερα ποτάμια του Νομού είναι ο Αλφειός και ο Λάδωνας.

Ο νομός συνορεύει βόρεια με τους Νομούς Ηλείας και Μεσσηνίας, νότια με τους Νομούς Λακωνίας και Μεσσηνίας, ανατολικά με το νομό Αργολίδας και βρέχεται από τον Αργολικό κόλπο.

Ο Δήμος Βόρειας Κυνουρίας βρίσκεται στο Ν.Α. τμήμα του Νομού Αρκαδίας και καταλαμβάνει μια έκταση 575.980 στρ. και εκτείνεται μεταξύ των όμορων νομών της Αργολίδας και της Λακωνίας ενώ ένα μέρος του βρέχεται από τον Αργολικό Κόλπο και συνορεύει με τους νεοσύστατους Δήμους της Τεγέας, Τυρού και Κορυθίου. Ο Δήμος Β. Κυνουρίας συμπεριλαμβάνει στα όρια του είκοσι έξι (26) Δημοτικά Διαμερίσματα και έχει έδρα το Άστρος.

Ο Δήμος Κορυθίου βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του Νομού Αρκαδίας και εκτείνεται μεταξύ των όμορων Δήμων της Τεγέας, Τρίπολης, Β. Κυνουρίας και Μαντινείας. Ο Δήμος Κορυθίου συμπεριλαμβάνει στα όρια του έξι (6) Δημοτικά Διαμερίσματα και έχει έδρα το Στενό.

Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης του Α/Π και των συνοδών του έργων έγινε μετά από σχολαστική εξέταση της περιοχής ώστε να ικανοποιεί όλους τους περιορισμούς της σχετικής νομοθεσίας, να μην επηρεάσει το περιβάλλον, τους υπάρχοντες οικισμούς και τις εν γένει δραστηριότητες της ευρύτερης περιοχής.

Για την εγκατάσταση του αιολικού σταθμού, οι κύριες άδειες τις οποίες έχει ήδη λάβει το επενδυτικό σχήμα είναι:

- Την απόφαση Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης του έργου από την Δ/ση ΠΕ.ΧΩ της Περιφέρειας Πελοποννήσου και
- Την Άδεια Παραγωγής από τον Υπουργό Ανάπτυξης

Επιπροσθέτως θα εκδοθούν και επιμέρους θετικές γνωμοδοτήσεις των Υπηρεσιών που προβλέπονται από την ΚΥΑ 1726/2003 για την έκδοση της θετικής ΠΠΕΑ του εν λόγω έργου.

Οι δύο αυτές άδειες όπως και το θεσμικό πλαίσιο που αναφέρθηκε ανωτέρω (Ν.2244/94, Ν.2773/99), εκφράζουν τη βούληση της πολιτείας για την υλοποίηση της συγκεκριμένης επένδυσης.

5.4 Υπολογισμός μέσης ετήσιας τεχνικής διαθεσιμότητας

Για τον υπολογισμό του ετήσιου συντελεστή φορτίου της εγκατάστασης θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση $E = N_0 \cdot CF \cdot \Delta_t$, η οποία επιλυόμενη ως προς "CF" δίνει:

$$CF = \frac{E}{N_0 \cdot \Delta_t} = \frac{4048000 \text{ KWh}}{1500 \text{ KW} \cdot 8760 \text{ h}} = 0,31$$

$CF = \text{Capacity Factor}$

$N_0 = \text{Ισχύς ανεμογεννήτριας}$

$\Delta_t = \text{Ώρες / χρόνο}$

Κατά τον υπολογισμό της τεχνικής διαθεσιμότητας 'Δ' μιας εγκατάστασης λαμβάνονται υπόψη οι ώρες του έτους 'δt' κατά τις οποίες η εγκατάσταση είναι εκτός λειτουργίας για τεχνικούς λόγους. Σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή ισχύουν τα εξής: 350h λόγω βλάβης, 100h λόγω τακτικής συντήρησης, 100h λόγω λειτουργίας των μηχανισμών αυτοπροστασίας. Βάσει των παραπάνω στοιχείων η εγκατάσταση είναι εκτός λειτουργίας για τεχνικούς λόγους τις παρακάτω ώρες του έτους:

$$\delta t = 350 + 100 + 100 = 550h$$

Συνεπώς η μέση τεχνική διαθεσιμότητα της εγκατάστασης ισούται με:

$$\Delta = 1 - \frac{\delta t}{8760} = 1 - \frac{550h}{8760} = 0,94 = 94\%$$

Η εμφανιζόμενη τιμή της ετήσιας τεχνικής διαθεσιμότητας είναι σχετικά χαμηλή για τα διεθνή δεδομένα, όπου σήμερα υλοποιούνται τιμές της τάξεως του 98%, ενώ μπορεί να χαρακτηριστεί αποδεκτή (αν και χαμηλή) και για τα εγχώρια δεδομένα. Αξίζει να τονισθεί ότι σήμερα οι ιδιωτικές εγκαταστάσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας εμφανίζουν ετήσιες τιμές της τεχνικής διαθεσιμότητας στα επίπεδα του 90%.

Από τη λεπτομερέστερη επεξεργασία των διαθέσιμων στοιχείων προκύπτει ότι η υπό εξέταση μηχανή της Neg Micon εμφανίζει σχετικά χαμηλό ποσοστό βλαβών και περιορισμένες απαιτήσεις συντήρησης (550h).

Συνεπώς η υπό μελέτη μηχανή δεν εμφανίζει υψηλότερα του συνηθισμένου τεχνικά προβλήματα, ενώ οι λόγοι που συνδέονται με τη συμπεριφορά του τοπικού ηλεκτρικού δικτύου περιορίζουν ουσιαστικά την τεχνική διαθεσιμότητα της εγκατάστασης.

6. Συμπεράσματα

Τελειώνοντας την πτυχιακή αυτή και αποκομίζοντας αρκετές σημαντικές γνώσεις καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

Γενικά είναι αναμφίβολα καλό να στραφούμε το συντομότερο προς τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και να κατανοήσουμε πως δεν έχουμε περιθώριο για καθυστερήσεις. Προς το παρόν οι ΑΠΕ είναι η σανίδα σωτηρίας για τον πλανήτη και πρέπει να βρούμε τρόπους να εκμεταλλευτούμε αυτά που μας δίνει η φύση δίχως να την επιβαρύνουμε. Ακόμα βέβαια είναι λίγο νωρίς για να πούμε πως βασιζόμαστε μόνο σε αυτού του είδους την τεχνολογία για τις απαιτήσεις που έχουμε, λόγω των μικρών σχετικά βαθμών απόδοσης. Σταδιακά όμως θα φτάσουμε σε σημείο που τα συμβατικά καύσιμα θα είναι παρελθόν.

Όσο αφορά τα αποτελέσματα των υπολογισμών μας, συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με τα στοιχεία του κατασκευαστή ανεμοκινητήρων Neg Micon ενώ είναι δυνατόν να κατασκευαστούν σύμφωνα με τις ονομαστικές τιμές που έχουμε σαν στοιχεία. Είναι λίγο δύσκολο βέβαια να κατασκευαστούν εξ' ολοκλήρου στην χώρα μας λόγω φτωχής βιομηχανίας αλλά ένα μέρος είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα όπως και γίνεται.

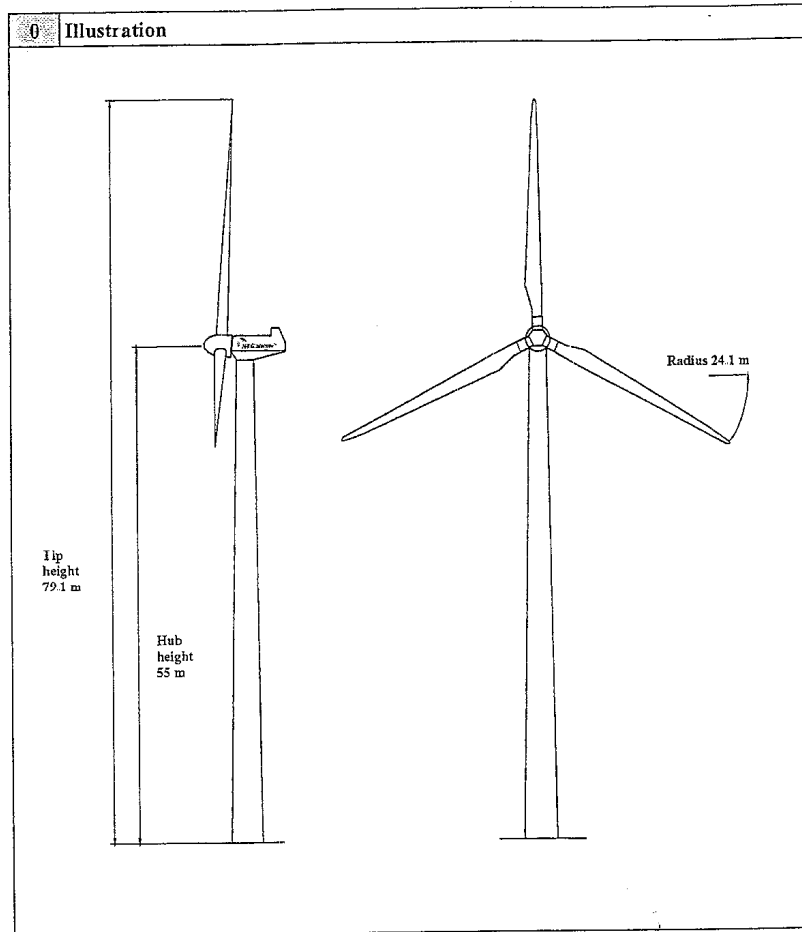
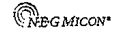
Η θέση που επιλέχθηκε για να δομηθεί το αιολικό πάρκο είναι η κατάλληλη για την παραγωγή ενέργειας που θέλουμε, γιατί και το αιολικό δυναμικό είναι ικανοποιητικό αλλά και η παρουσία ενός αιολικού πάρκου δεν βλάπτει την χλωρίδα και την πανίδα στην συγκεκριμένη περιοχή. Άλλωστε το γεγονός πως στη γύρω περιοχή υπάρχουν δεκάδες ανεμογεννήτριες αποτελεί έναν καλό οϊωνό για το έργο μας. Τέλος δεν πρέπει να ξεχνάμε πως ακόμα και στις ΑΠΕ δεν είναι δυνατόν να βγαίνουμε μόνο κερδισμένοι. Είναι σίγουρο πως κάπου αλλού θα χάνουμε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- «Αιολική ενέργεια και ανεμογεννήτριες» John F. Walker – Nicholas Jenkins Εκδόσεις ΙΩΝ Αθήνα 2007
- Υπολογιστικές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας Ιωάννης Κ. Καλδέλλης Κοσμάς Α. Καββαδίας Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης Αθήνα 2005
- «Αιολική ενέργεια - Σχεδιάζοντας στις αυλές των ανέμων» Εκδόσεις ΙΩΝ Αθήνα 2008
- «Ανεμοκινητήρες» Γ. Μπεργελές Εκδόσεις Συμεών Αθήνα 2005
- «Τεχνική μηχανική Αντοχή των Υλικών» Δρ. Π. Α. Βουθούνης Αθήνα 2002
- «Στοιχεία Μηχανών Ι» Ιωάννης Κ. Στεργίου – Κωνσταντίνος Ι. Στεργίου Αθήνα 2003
- WIND ENERGY HANDBOOK Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi JOHN WILEY & SONS, LTD 2001
- Έκθεση της Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων Βρυξέλλες, 26.5.2004
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής - Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα για την Ενέργεια
- <http://europa.eu/>
- <http://el.wikipedia.org/>
- <http://www.engineering.gr/>
- <http://www.michanikos.gr/>
- <http://www.energy-saving.gr/index.html>
- https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt/community/wind_power/424
- <http://www.vestas.com/>
- www.cres.gr
- <http://www.rae.gr/>
- Νόμος 3468/2006 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Εγχειρίδιο κατασκευαστή για την Neg Micon 750/48:



1 Main Data	
Nominal Power	750 kW
Rotor diameter	48.2 m
Swept area	1824 m ²
Hub height	55 m
Rotational speed approx.	22/15 rpm

TIC 385'001 GB	NM 750/48 IEC II 60 Hz Arctic Main Specification	Editor: JEL	Page 2 of 9
Date: 2000.12.15	Approval: JTO/EAA		

Printout from Extranet & CD will not be Updated Automatically

2	Nacelle Bed		
	Type description	20 t platform	
	Material	Welded steel plate or cast	
	Standard colour	RAL 7035	
	Corrosion class, outside	Acc. to ISO/DIS 12944: C5 I	
	Weight (without components mounted)	app. 5.5 tons	
	Total weight (without rotor and tower)	app. 20 tons	
3	Rotor		
	Number of blades	3 pieces	
	Swept area	1824 m ²	
	Rotor speed (synchronous)	22.2/14.8 rpm	
	Tip speed (synchronous)	55.8 m/s	
	Rotor shaft tilt	5 °	
	Eccentricity	2221/2233 mm (Cast/Welded)	
	Solidity (total blade area/rotor area)	6.3 %	
	Power regulation	Stall	
	Rotor orientation	Upwind	
	Total weight with hub (LM blades – type I)	app. 14 tons	
	Total weight with hub (AL blades – type II)	app. 13 tons	
4a	Blades – type I		
	Manufacturer	LM Glasfiber A/S	
	Type	LM 23.5	
	Blade length	23.5 m	
	Material	Glasfiber-PE/Carbon fibre-epoxy	
	Type of rotor air brake	Pivotable blade tip	
	Blade profiles	NACA 63-serie	
	Twist	18.66 °	
	Tip angle (standard)	-3.5 °	
	Largest cord	2.25 m	
	Tip length	3.5 m	
	Blade area	38.6 m ²	
	Weight each	app. 3.4 tons	
4b	Blades – type II		
	Manufacturer	Aerolaminates	
	Type	AL23	
	Blade length	23.5 m	
	Material	Glasfiber-polyester/wood-epoxy	
	Type of rotor air brake	Pivotable blade tip	
	Blade profiles	NACA 63-serie	
	Twist	22.93 °	
	Tip angle (standard)	-3.6 °	
	Largest cord	2.378 m	
	Tip length	3.0 m	
	Blade area	38.6 m ²	
	Weight each	app. 3.0 tons	
5	Hub		
	Type description	Spherical	
	Material	Meehanite SFF 400	
	Corrosion class, outside	Acc. to ISO/DIS 12944: C5 I	
	Weight	app. 3 tons	
TIC 385'001 GB	NM 750/48 IEC II 60 Hz Arctic Main Specification	Editor: JEL	Page
Date: 2000.12.15	Approval: JTO/EAA		3 of 9

Printout from Extranet & CD will not be Updated Automatically

6	Rotor shaft	
	Type description	Forged shaft and flange
	Material	34CrNiMo6V
	Corrosion class	Acc. to ISO/DIS 12944: C2
	Weight	app. 2.3 tons
7	Main Bearing	
	Type description	Spherical roller bearing
	Number of	1 piece
8	Main Bearing Housing	
	Type description	Flange bearing
	Number of	1 piece
9a	Gear box – type I	
	Manufacturer	Brook-Hansen
	Type description	1. step planet, 2. step parallel shaft
	Gear house material	Cast
	Ratio	1:81.48
	Mechanical power	807 kW
	Safety against fatigue in cog root acc to DIN 3990	$S_F > 1.6$
	Safety against pitting acc to DIN 3990	$S_H > 1.25$
	Safety against scuffing acc to DNV 41.2	$S_S > 1.3$
	Shaft seals	Spring loaded seals
	Lubrication	Splash - with lubrication channels
	Oil sump	app. 160 l
	Oil type	Mobilgear SHC XMP 320
	Weight without oil	app. 4.7 tons
9b	Gear box – type II	
	Manufacturer	Flender
	Type description	1. step planet, 2. step parallel shaft
	Gear house material	Cast
	Ratio	1:81.022
	Mechanical power	807 kW
	Safety against fatigue in cog root acc to DIN 3990	$S_F > 1.6$
	Safety against pitting acc to DIN 3990	$S_H > 1.25$
	Safety against scuffing acc to DNV 41.2	$S_S > 1.3$
	Shaft seals	Maintenance free labyrinth-type
	Lubrication	Splash- with lubrication channels
	Oil sump	app. 90 l
	Oil type	Mobilgear SHC XMP 320
	Weight without oil	app. 5.5 tons

TIC 385'001 GB	NM 750/48 IEC II 60 Hz Arctic Main Specification	Editor: JEL	Page
Date: 2000.12.15	Approval: JTO/EAA		4 of 9

Printout from Extranet & CD will not be Updated Automatically

9c	Gearbox – type III	
	Manufacturer	Jahnel-Kestermann
	Type description	1. step planet, 2. step helical
	Gear house material	Cast
	Ratio	1:81.491
	Mechanical power	807 kW
	Safety against fatigue in cog root acc to DIN 3990	$S_F > 1.6$
	Safety against pitting acc to DIN 3990	$S_H > 1.25$
	Safety against scuffing acc to DNV 41.2	$S_S > 1.3$
	Shaft seals	Maintenance free labyrinth-type
	Lubrication	Splash - with lubrication channels
	Oil sump	app. 100 l
	Oil type	Tribol 1710/320
	Weight without oil	app. 5.5 tons
9d	Gearbox – type IV	
	Manufacturer	Valmet
	Type description	1. step planet, 2. step helical
	Gear house material	Welded
	Ratio	1:81.386
	Mechanical power	807 kW
	Safety against fatigue in cog root acc to DIN 3990	$S_F > 1.6$
	Safety against pitting acc to DIN 3990	$S_H > 1.25$
	Safety against scuffing acc to DNV 41.2	$S_S > 1.3$
	Shaft seals	Maintenance free labyrinth-type
	Lubrication	Splash- with lubrication channels
	Oil sump	app. 80 l
	Oil type	Tribol 1710/320
	Weight without oil	app. 5.6 tons
10	Oil Pump	
	Voltage	3 x 480 V
	Pump capacity	35 l/min.
11	Heat Exchange Unit	
	Cooling capacity	18 kW (30 °C ambient)
12	Water Pump	
	Voltage	3 x 480 V
	Pump capacity	35 l/min.
13	Radiator	
	Capacity	40 kW (30 °C ambient)
14	Electrical Heater	
	Voltage	3x600 V
	Power	2x10 kW
15	Mechanical Brake	
	Type description	Fail safe – hydraulic release
	Brake disc	Steel, mounted on high speed shaft
	Number of calipers	1 piece

TIC 385'001 GB	NM 750/48 IEC II 60 Hz Arctic Main Specification	Editor: JEL	Page
Date: 2000.12.15	Approval: JTO/EAA		5 of 9

Printout from Extranet & CD will not be Updated Automatically

16	Hydraulic Power Unit for Mechanical Brake		
	Voltage	3 x 480	V
	Working pressure range	140-180	bar
	Oil type	SHC 524	Mobil
	Oil capacity	2.5	l
17	Coupling		
	Type description		Flexible coupling, constant velocity
18	Generator		
	Manufacturer	Elin, or alike	
	Type description	2 speed generator, water cooled	
	Rated power	P _N	750 200 kW
	Apparent power	S _N	852 238 kVA
	Rated current	I _N	820 230 A
	Max power at Class F	P _{Fmax}	825 220 kW
	Max current at Class F	I _{Fmax}	902 253 A
	No load current	I ₀	230 71 A
	Reactive power consump. at rated power	Q _N	405 130 kvar (toleranc. acc to IEC 60034-1)
	Reactive power consumption at no load	Q ₀	240 74 kvar (toleranc. acc to IEC 60034-1)
	Number of poles	P	4 6
	Synchronous rotation speed	n ₀	1800 1200 rpm
	Rotation speed at rated power	n _N	1809 1208 rpm
	Slip at rated power	s _N	0.5 0.67 %
	Voltage	U _N	3 x 600 V
	Frequency	f	60 Hz
	Coupling	Δ	Δ
	Enclosure		IP54
	Insulation class/Temperature increase		Class F/Class B
	Weight		app. 3.6 tons
19	Hydraulic Power Unit for Blade Tip Air Brakes		
	Motor type		PM 50/80
	Voltage		24 V DC
	Working pressure range		95-100 bar
	Relief blow disc		120 bar
	Oil type		AERO HF Mobil
	Oil capacity		3 l
20a	Yaw System – Ball Bearing Slewing Ring		
	Type		Ball bearing, internal gearing
20b	Yaw System – Yaw Gear and Motors		
	Ratio		app. 1:2716
	Voltage		3 x 480 V
	Rotational speed at full load		1380 rpm
	Number of yaw gears		4 pieces

TIC 385'001 GB	NM 750/48 IEC II 60 Hz Arctic Main Specification	Editor, JEL	Page
Date, 2000.12.15	Approval: JTO/EAA		6 of 9

Printout from Extranet & CD will not be Updated Automatically

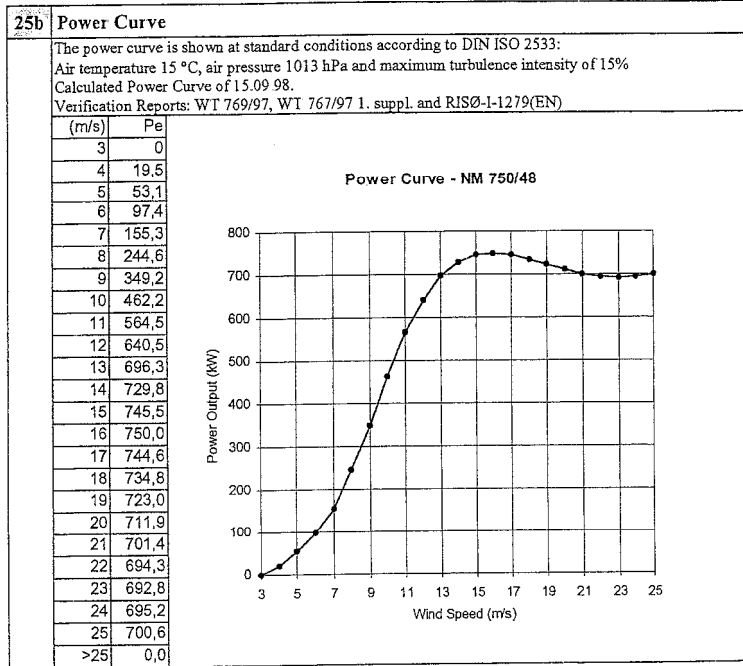
20c	Yaw System – Yaw Friction		
	Type description		Hydraulic disc brake
	Number of yaw friction units	3	pieces
21	Tower		
	Material		Welded steel plate
	Corrosion class, outside		Acc. to ISO/DIS 12944: C5 I
	Colour		RAL 7035
	Access conditions		Internal, safety harness, ladder cage
	Hub height over foundation		55.0 m
	Tower height		53.6 m
	Top diameter		1.64 m
	Bottom diameter		3.00 m
	Number of sections		2 pieces
	Total weight		48 tons
	Type (edged or round)		e
22	Wind Turbine Controller/Power Panel		
	Voltage	3 x 600	V
	Cut-in system		Soft with thyristors
	Maximum power	825	kW (10 min. average)
	Weight (total)	800	kg
22a	Electrical Grid Requirements		
	Max. voltage	+10	% (60 sec.)
	Min. voltage	-10	% (60 sec.)
	Max. voltage	+12.5	% (0.1 sec.)
	Min. voltage	-15	% (0.1 sec.)
	High frequency	+1	Hz (0.2 sec.)
	Low frequency	-2	Hz (0.2 sec.)
	Maximum asymmetri current	15	% (60 sec.)
	Maximum asymmetri voltage	2	% (60 sec.)
	Maximum short circuit current	20	kA (at 690 V)
	Single harmonic	max 1	% of any single harmonic
	Total harmonic distortion	max 3	% total harmonic distortion
	Connection	Solidly grounded wye at secondary side of transformer	

TIC 385*001 GB	NM 750/48 IEC II 60 Hz Arctic Main Specification	Editor: JEL	Page
Date: 2000.12.15	Approval: JTO/EAA		7 of 9

Printout from Extranet & CD will not be Updated Automatically

23	Power Factor						
Preconditions							
Rated power	P_N	750	200	kW			
Rated voltage	U_N	3 x 600		V			
Frequency	f	60		Hz			
Reactive power consump. at rated power	Q_N	405	130	kVAr (toleranc. acc to IEC 60034-1)			
Reactive power consumption at no load	Q_0	240	74	kVAr (toleranc. acc to IEC 60034-1)			
Capacitor banks:							
Capacitors	249.7 kVAr, split into steps						
Generator G, 4 poles, 750 kW:							
Generator load	%	25	50	75	100	110	
Power factor before phase compensation (toleranc. acc to IEC 60034-1)	cosφ	0,63	0,82	0,86	0,88	0,88	
Power factor after phase compensation (toleranc. acc to IEC 60034-1)	cosφ	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	
Generator g, 6 poles, 200 kW:							
Generator load	%	25	50	75	100	110	
Power factor before phase compensation (toleranc. acc to IEC 60034-1)	cosφ	0,55	0,75	0,82	0,84	0,84	
Power factor after phase compensation (toleranc. acc to IEC 60034-1)	cosφ	0,98	0,97	0,99	0,99	0,99	
24	Climate and Site Conditions						
Calculated minimum life	20		years				
Temperature interval for structure	-40 to +35		°C				
Temperature interval for operation	-30 to +30		°C				
A-factor	9.59		m/s				
Form factor, k	1.9						
Yearly average wind in 50 m hub height	8.5		m/s				
Wind shear	0.141						
Extreme wind speed	40.8		m/s (10 min. average)				
Survival wind speed	60		m/s (2 sec. average)				
Automatic stop limit	25		m/s (10 min. average)				
Turbulence intensity acc. to IEC II low (15 m/s)	16		%				
Air density (max.)	1.28		kg/m ³				
Distance between wind turbines in single rows	3		rotor diameters				
Distance between wind turbines in wind farms	5		rotor diameters				
Maximum in-flow angle	5		°				
25a	Conditions for Power Curve (at hub height)						
Air density	1.225		kg/m ³				
Wind shear	0.12-0.16						
Turbulence intensity (15 m/s)	11-15		%				
Blades	Clean						
Leading Edge	No erosion						
Rain	No						
Terrain	Flat						
Inflow angle (vertically)	0±2		°				
Grid frequency	50 ±0.5		Hz				
Measured acc. to	IEC 61400-12						
The power curve in this document is only related to air density.							

TIC 385'001 GB	NM 750/48 IEC II 60 Hz Arctic Main Specification	Editor: JEL	Page
Date: 2000.12.15	Approval: JTO/EAA		8 of 9



NEG Micon A/S reserves the right to change specifications and to use components of alternative manufacture without prior notice. Alternative components will be of the same high quality and standard as in this survey.

TIC 385'001 GB	NM 750/48 IEC II 60 Hz Arctic Main Specification	Editor. JEL	Page
Date. 2000.12.15	Approval: JTO/EAA		9 of 9

Printout from Extranet & CD will not be Updated Automatically

