

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1607

ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ



ΣΙΜΙΔΑΛΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΣΤΑΜΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΗΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

Πρόλογος/Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη των ανεμογεννητριών και των αιολικών πάρκων. Παρουσιάζει μια όσο το δυνατόν ολοκληρωμένη εικόνα γύρω από το θέμα της αιολικής ενέργειας. Αρχικά αναφέρεται γενικά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε) και την Αιολική Ενέργεια. Στη συνέχεια αναλύεται το αιολικό δυναμικό, η ανεμογεννήτρια και όσα αφορούν ένα αιολικό πάρκο. Επίσης αναφέρεται στην μελέτη κατασκευής και στην επιλογή περιοχής του αιολικού πάρκου. Τέλος ασχολείται με την οικονομική μελέτη του πάρκου καθώς και την αδειοδότηση του.

Αποτελείται από 8 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στο Ενεργειακό, Οικολογικό πρόβλημα και στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Μεταβαίνοντας στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται γενικά η αιολική ενέργεια, γίνεται αναφορά στην ιστορική της αναδρομή, καθώς και στα πλεονεκτήματά της. Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται γενικά στις ανεμογεννήτριες, τα μέρη που τις αποτελούν καθώς και στον τρόπο λειτουργίας τους. Επίσης αναφέρεται στην σημερινή τεχνολογία και εφαρμογή των ανεμογεννητριών. Προχωρώντας στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα είδη των αιολικών πάρκων, αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας τους και γίνεται αναφορά στα οφέλη καθώς και τις επιπτώσεις τους. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο αιολικό δυναμικό του ανέμου, της περιοχής καθώς και τον τρόπο υπολογισμού του. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα κριτήρια επιλογής της περιοχής για την κατασκευή του αιολικού πάρκου και των κατάλληλων ανεμογεννητριών. Προχωρώντας στο έβδομο κεφάλαιο περιγράφεται η μελέτη κατασκευής και διασύνδεσης του αιολικού πάρκου. Τέλος στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην οικονομική μελέτη όσον αφορά το κόστος του αιολικού πάρκου, της μεταφοράς και της εγκατάστασης των ανεμογεννητριών καθώς και στο οικονομικό όφελος. Επίσης μια αναφορά σχετικά με την νομοθεσία και την αδειοδότηση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος/Περίληψη.....	3
Περιεχόμενα.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 (Εισαγωγή στις Α.Π.Ε).....	7
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	7
1.2 Ενεργειακό και Οικολογικό πρόβλημα.....	8
1.2.1 Ενεργειακή ζήτηση σε παγκόσμιο επίπεδο.....	9
1.2.2 Η κλιματική αλλαγή.....	11
1.3 Τι είναι Α.Π.Ε, Μορφές Α.Π.Ε.....	13
1.4 Πλεονεκτήματα, Μειονεκτήματα Α.Π.Ε.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 (Αιολική ενέργεια).....	17
2.1 Γενικά για την Αιολική Ενέργεια.....	17
2.2 Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα.....	18
2.3 Αιολική Ενέργεια στην Ευρώπη.....	19
2.4 Πλεονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 (Ανεμογεννήτριες).....	22
3.1 Γενικά για τις ανεμογεννήτριες.....	22
3.2 Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα.....	25
3.3 Βασικά μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα.....	28
3.4 Καμπύλη ισχύος.....	42
3.5 Ετήσιος υπολογισμός ενέργειας.....	43
3.6 Τρόπος λειτουργίας ανεμογεννήτριας και οι εφαρμογές τους.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 (Αιολικό Πάρκο).....	45
4.1 Γενικά για τα αιολικά πάρκα.....	46
4.2 Είδη αιολικών πάρκων.....	47
4.3 Τρόπος λειτουργίας αιολικού πάρκου.....	51
4.4 Οφέλη χρήσης αιολικού πάρκου.....	53
4.5 Επιπτώσεις αιολικών εγκαταστάσεων στο περιβάλλον.....	54
4.6 Συντήρηση αιολικού πάρκου.....	57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 (Μελέτη αιολικού δυναμικού).....	61
5.1 Χαρακτηριστικά του ανέμου.....	61
5.2 Χαρακτηριστικές παράμετρους του ανέμου.....	62
5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα και τη διεύθυνση του αέρα.....	66
5.4 Το αιολικό δυναμικό.....	68
5.5 Βασικές έννοιες αιολικής ενέργειας.....	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 (Επιλογή περιοχής και ανεμογεννήτριας).....	73
6.1 Εισαγωγή.....	73
6.2 Κριτήρια επιλογής περιοχής για εγκατάσταση αιολικού πάρκου.....	74
6.3 Κριτήριο επιλογής ανεμογεννήτριας.....	79
6.4 Χωροθέτηση και ενεργειακή μελέτη αιολικού πάρκου.....	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 (Κατασκευή και διασύνδεση αιολικού πάρκου).....	83
7.1 Περιγραφή εγκατάστασης και λειτουργίας ενός τυπικού αιολικού πάρκου.....	83
7.2 Δρόμοι πρόσβασης και εσωτερική οδοποιία κατά μήκος του αιολικού πάρκου.....	87
7.3 Σύνδεση του αιολικού πάρκου στο ηλεκτρικό δίκτυο.....	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 (Οικονομοτεχνική μελέτη και νομοθεσία).....	93
8.1 Λογισμικό RETSCREEN.....	92
8.2 Νομοθεσία - Διαδικασία αδειοδότησης αιολικού πάρκου στην Ελλάδα.....	94
8.3 Γενικοί Όροι Άδειας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	97
Βιβλιογραφία.....	101

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι στενά συνδεδεμένη με τη χρήση ενέργειας. Δεν είναι τυχαίο ότι οι ονομασίες των ιστορικών περιόδων της ανθρωπότητας, λίθινη εποχή, εποχή του σιδήρου ή του χαλκού, προέκυψαν από τη δυνατότητα των ανθρώπων να διαχειρίζονται διαφορετικές μορφές ενέργειας. Οι πρόγονοί μας στα πρώτα χρόνια της ζωής τους πάνω στη γη, δε γνώριζαν πολλά πράγματα για τη χρήση της ενέργειας. Χρησιμοποιούσαν μόνο τη μυϊκή τους δύναμη και αργότερα τη μυϊκή δύναμη των ζώων για τις μεταφορές τους και την καλλιέργεια της γης. Μεγάλη αλλαγή προέκυψε κατά την περίοδο όπου ο άνθρωπος άφησε τη νομαδική ζωή, οργανώθηκε στους πρώτους μόνιμους οικισμούς και ανέπτυξε την αγροτική καλλιέργεια. Αργότερα διαπίστωσαν ότι ο άνεμος, η φωτιά και το νερό είχαν ενέργεια που μπορούσαν να την εκμεταλλευτούν. Αυτή η διαπίστωση οδήγησε τους ανθρώπους στο σχεδιασμό και την δημιουργία εργαλείων και μηχανών με τα οποία μείωσαν τον προσωπικό τους μόχθο (ανεμόμυλοι, υδραυλικοί τροχοί κ.ά). Από τη λίθινη ακόμη εποχή γνωρίζουμε ότι οι κάτοικοι των σπηλαίων χρησιμοποίησαν την ενέργεια της φωτιάς αρχικά για το φωτισμό, τη θέρμανση και τη μαγειρική και με το πέρασμα των χιλιετιών για τη μεταλλουργία και την υαλουργία. Τα πρώτα καύσιμα ήταν τα ξερά χόρτα, το ξύλο, η κοπριά και στη συνέχεια το φυτικό και ζωικό λίπος (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας). Αργότερα ανακάλυψε τη δύναμη του ανέμου - αιολική ενέργεια - την οποία χρησιμοποίησε σαν "μηχανική ενέργεια" για την ύδρευση και άρδευση, άλεση δημητριακών, θαλάσσιες μεταφορές. Με την ανακάλυψη του τροχού του νερού αξιοποιείται η ενέργεια του νερού που έρρεε ή έπεφτε, για την άλεση των σπόρων - υδραυλική ενέργεια - και σήμερα έχει εξελιχθεί στον σύγχρονο υδροστρόβιλο για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι πρώτες προσπάθειες κατασκευής και χρήσης πιο πολύπλοκων μηχανών που απαλλάσσουν τον άνθρωπο από επίπονες εργασίες και αξιοποιούν τις πιο πάνω πηγές ενέργειας, εμφανίζονται περί το 300 π.Χ.. Ο Αρχιμήδης αναφέρεται ανάμεσα στους πρώτους εφευρέτες, καθώς το 212 π.Χ. με τα κοίλα κάτοπτρα

που κατασκευάζει, εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια και κατακαίει τα ρωμαϊκά πλοία κατά την πολιορκία των Συρακουσών. Ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς το 130 π.Χ. κατασκευάζει την πρώτη θερμική μηχανή που αποτελείται από μια περιστρεφόμενη σφαίρα με δύο ακροφύσια και εκμεταλλεύεται τη δύναμη του ατμού.

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα (467-1453 μ.Χ.) και της Αναγέννησης (1454-1700 μ.Χ.) εμφανίζονται μερικές από τις σπουδαιότερες εφευρέσεις, όπως το υγρό πυρ (7ος αιώνας-Καλλίνικος), η πυξίδα (1180), το τηλεσκόπιο (Γαλιλαίος), το ρολόι εκκρεμές (1673- Christiaan Huygens), ενώ διατυπώνονται οι βασικοί νόμοι της Φυσικής (νόμος βαρύτητας, παγκόσμιας έλξης, νόμοι διατήρησης της ενέργειας κ.λπ.).

Οι πρώτες χρήσιμες ατμομηχανές εμφανίζονται με τη χρήση των καύσιμων απολιθωμάτων. Στον 18ο αιώνα υπήρξε η ανακάλυψη της πρώτης ατμομηχανής από τον Thomas Newcomen, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την άντληση νερού από τα υπόγεια ορυχεία εξόρυξης άνθρακα. Έτσι ξεκινά η βιομηχανική επανάσταση (1760-1850 μ.Χ.). Το 1765, ο James Watt βελτιώνει σημαντικά την ατμομηχανή, δίνοντας τη δυνατότητα χρήσης της όχι μόνον για άντληση νερού αλλά και για την κίνηση μηχανών. Το 1799 ο ιταλός εφευρέτης Alessandro Volta, ανακαλύπτει την πρώτη μπαταρία, δίνοντας τη δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε αδιάλειπτο χρόνο.

Στις αρχές του 19ου αιώνα οι χρησιμοποιούμενες ατμομηχανές είχαν τη δυνατότητα να παρέχουν την ισχύ 200 περίπου ανδρών. Αρκούσε όμως να εξοπλίσει τις βιομηχανίες παραγωγής αγαθών. Για πρώτη φορά στην παγκόσμια ιστορία η ενέργεια μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε κάθε χώρο, κάθε ώρα και σε οποιαδήποτε ποσότητα. Παράλληλα, η χρήση της ατμομηχανής επεκτείνεται και στα μέσα μεταφοράς, το 1804 στο σιδηρόδρομο και το 1807 στη ναυτιλία.

Το 1850 κατασκευάζεται το πρώτο υδροηλεκτρικό φράγμα παραγωγής ενέργειας ιδιοκτησίας του Thomas Alva Edison, παρέχοντας με ηλεκτρισμό τη Wall Street και τις εγκαταστάσεις της New York Times, ενώ το 1880 λειτουργεί η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα. Η πρώτη εξόρυξη πετρελαίου λαμβάνει χώρα το 1859 στη Β. Αμερική αλλά εκείνη την εποχή η χρήση του ήτανε φοβερά περιορισμένη, μέχρι την ανακάλυψη της μηχανής καύσης. Η πρώτη μηχανή εσωτερικής καύσης κατασκευάζεται το 1860 από το Γάλλο μηχανικό Etienne Lenoir και τελειοποιείται το 1876 από το Γερμανό μηχανικό Nikolaus August Otto, ο οποίος κατασκευάζει την τετράχρονη μηχανή. Το 1885 ο Γερμανός μηχανικός Benz προσαρμόζει τη μηχανή του Otto σε αμάξωμα, τοποθετεί τρεις τροχούς και δημιουργεί το πρώτο αυτοκινούμενο όχημα. Τον επόμενο χρόνο ο Γερμανός μηχανικός Daimler κατασκευάζει το πρώτο τετράτροχο αυτοκίνητο με μηχανή εσωτερικής καύσης.

Στα τέλη του 19ου αιώνα η ισχύς της ατμομηχανής ξεπερνούσε την ισχύ 6000 ανδρών και ανακαλύπτεται ο ηλεκτρισμός που μεταμορφώνει τη ζωή και την εργασία του ανθρώπου και δημιουργεί μια παγκόσμια βιομηχανία με τεράστια οικονομικά μεγέθη. Το 1901 γενικεύεται η πετρελαιοκινούμενη μεταφορά.

Στον εικοστό αιώνα κατασκευάζονται σε μερικές χώρες βιομηχανίες που στηρίζονται στην εντατική χρήση πετρελαίου και ηλεκτρισμού και δίνουν τεράστια ώθηση στην οικονομική ανάπτυξη. Ταυτόχρονα όμως δημιουργούνται νέες ανάγκες που απαιτούν κατανάλωση ενέργειας. Το 1942 ο Ιταλός φυσικός Enrico Fermi σχεδιάζει και θέτει σε λειτουργία τον πρώτο πυρηνικό αντιδραστήρα στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, ενώ το 1954 το πρώτο πυρηνικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τίθεται σε λειτουργία στην τέως ΕΣΣΔ. Από τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας από τη δεκαετία του 1970 και μετά συσσωρεύονται πολλά προβλήματα στο περιβάλλον.

1.2 Ενεργειακό και Οικολογικό πρόβλημα

Η ενέργεια είναι η κινητήριος δύναμη στις καθημερινές ανθρώπινες δραστηριότητες, στην οικονομία και την τεχνολογία. Η κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας αποτελεί κριτήριο της ποιότητας του βιοτικού επιπέδου ενός λαού, καθώς τα δύο μεγέθη σχετίζονται σχεδόν γραμμικά.

Στις πόλεις καθημερινά καλύπτουμε τις ενεργειακές μας ανάγκες, σχεδόν αποκλειστικά, από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, δηλαδή το πετρέλαιο, τη βενζίνη και τον άνθρακα. Ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις πηγές αυτές, οι οποίες, παρόλη τη σπουδαία συνεισφορά τους στο σύγχρονο πολιτισμό, ρυπαίνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και εξαντλούνται με γοργούς ρυθμούς.

Ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας που βασίζεται σε συμβατικά καύσιμα είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με δύο σημαντικά προβλήματα:

- α) τη διαθεσιμότητα και την επάρκεια των αποθεμάτων που δεν είναι δεδομένες
- β) τις επιπτώσεις στο περιβάλλον.

1.2.1 Ενεργειακή ζήτηση σε παγκόσμιο επίπεδο

Μια ματιά στα δεδομένα ενεργειακής ζήτησης και κατανάλωσης καθώς και στους ρυθμούς μεγέθυνσης αυτών καταδεικνύει την τεράστια ενεργειακή ζήτηση παγκοσμίως και την επιτακτική ανάγκη αναζήτησης νέων πηγών ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί δραματικά μέσα στις επόμενες δεκαετίες σε ολόκληρο τον κόσμο, και με ιδιαίτερα ραγδαίους ρυθμούς στις χώρες της Ασίας.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας προέρχεται από τη χρήση καυσίμων υλών, που προέρχονται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ιδιαίτερα το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα του αποτελούν μία από τις βασικότερες ύλες, που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αγαθών σε όλο τον κόσμο. Η αλόγιστη χρήση όμως τέτοιων πηγών ενέργειας έχει αποφέρει αρνητικά αποτελέσματα στην ατμόσφαιρα και γενικότερα στο περιβάλλον. Η κλιματική αλλαγή συνιστά καίρια απειλή για το φυσικό περιβάλλον με πολλαπλές επιπτώσεις, όπως η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οι υψηλότερες ακραίες θερμοκρασίες, οι ξηρασίες και οι πιο ραγδαίες και συχνές καταιγίδες. Η αλλαγή του κλίματος ενδέχεται επίσης να οδηγήσει στην εξαφάνιση του 15-37% των ειδών που ζουν πάνω στον πλανήτη μέχρι το 2050. Η αλόγιστη χρήση όμως μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναγνωρίζεται ως ο κυριότερος παράγοντας δημιουργίας σωρείας προβλημάτων, που οδήγησαν σε οικολογική κρίση τον πλανήτη. Η αλλαγή στάσεων και συμπεριφορών σε σχέση με την αειφορική χρήση ενέργειας, καθώς και η αναγνώριση της χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας ως ζητούμενη λύση στο ενεργειακό και οικολογικό πρόβλημα, πρέπει να απασχολήσει τον άνθρωπο. Κατά προσέγγιση, το 88% της παγκόσμιας ζήτησης σε ενέργεια καλύπτεται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο: 44%, γαιάνθρακες: 24%, φυσικό αέριο: 23%).

Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος «στάτους κβο» στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας δημιουργήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των αλληπάλληλων πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα

αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια.

1.2.2 Η κλιματική αλλαγή

Κάθε χρόνο ως αποτέλεσμα των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) καθώς και άλλων αερίων όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αλλάζοντας τη σύσταση των αερίων. Η ανατροπή αυτή αναμένεται να αλλάξει δραστικά το κλίμα τις επρχόμενες δεκαετίες. Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται υπεύθυνο για το 50% της υπερθέρμανσης της ατμόσφαιρας. Κάθε χρόνο επιβαρύνουμε την ατμόσφαιρα με 6 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της γης θα ανέβει τα επόμενα 100 χρόνια από 2 έως και 6 βαθμούς κελσίου .

- **Το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα**

Η κυριότερη πολιτική αντιμετώπιση του προβλήματος πρέπει να συνίσταται στο να καταστούν οι χώρες περισσότερο αποτελεσματικές όσον αφορά την παραγωγή και την χρήση ενέργειας και λιγότερο εξαρτημένες από τα ορυκτά καύσιμα. Δυστυχώς σήμερα η εξάρτηση των χωρών ειδικά της ευρωπαϊκής ένωσης παραμένει μεγάλη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση εισάγει σήμερα το 50% της ενέργειας που χρειάζεται και η πρόβλεψη είναι να φθάσει το 70% έως το 2030 με ανάλογη αύξηση της χρήσης ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας. Μόνο το ρωσικό φυσικό αέριο καλύπτει το 20% των αναγκών της, γεγονός που δίνει την ευκαιρία στην Ρωσία να χρησιμοποιήσει την ενέργεια σαν πολιτικό όπλο τα επόμενα χρόνια.

- **Παγκόσμιο Δυναμικό**

Από το 1997 που επεγράφη το Πρωτόκολλο του Kyoto, οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές αυξάνονται διαρκώς με ταχείς ρυθμούς. Η εγκατεστημένη ισχύς σε ανεμογεννήτριες αυξάνεται κατά 25-30% ετησίως, τα φωτοβολταϊκα κατά 50-60% ετησίως, οι ηλιακοί συλλέκτες για θέρμανση νερού κατά 15-20% ετησίως και η παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων κατά 15-20% ετησίως. Παγκοσμίως ολοένα και περισσότερες χώρες στοχεύουν να αυξήσουν την

παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, διαμορφώνοντας τα θεσμικά πλαίσια για την προσέλκυση επενδύσεων.

Αναλυτικά, τα κυριότερα είδη των Α.Π.Ε. είναι τα ακόλουθα:

- Αιολική ενέργεια



- Ηλιακή ενέργεια



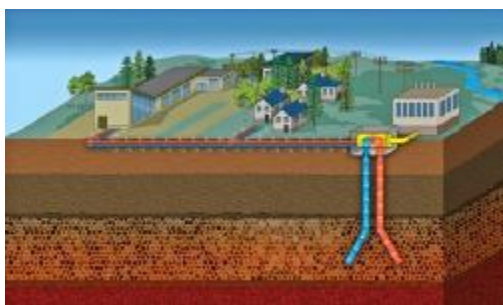
- Υδροηλεκτρική ενέργεια



- Βιομάζα



- Γεωθερμική ενέργεια



- Κυματική ενέργεια



1.3 Τι είναι οι Α.Π.Ε, μορφές Α.Π.Ε

Οι Α.Π.Ε είναι ανανεώσιμες πηγές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, με σκοπό τη συνειδητοποιημένη εκμετάλλευσή τους για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» αναφέρεται σ' αυτού του είδους μορφές πηγών ενέργειας διότι αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, το νερό είναι μορφές πηγών ενέργειας των οποίων η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μελετηθεί σαν λύση στο πρόβλημα της εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων τα οποία δεν είναι ανανεώσιμα και άρα έχουν «ημερομηνία λήξης».

Οι τρεις βασικές μορφές πηγών ενέργειας προέρχονται από τον ήλιο (ηλιακή ενέργεια), τον άνεμο (αιολική ενέργεια) και το νερό (υδροηλεκτρική ενέργεια). Στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές και σήμερα έχουν κύρια και καίρια θέση τέτοια έτσι ώστε πλέον να λαμβάνονται υπόψη όσον αφορά στους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια. Αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής ήδη ετοιμάζονται βήματα για την μελλοντική τους αξιοποίησή. Το κόστος των εφαρμογών μορφών ενέργειας μειώνεται συνεχώς τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά

όσον αφορά την αιολική καθώς και την υδροηλεκτρική ενέργεια. Έτσι πλέον υπάρχει η δυνατότητα του ανταγωνισμού των ανανεώσιμων με αυτών των παραδοσιακών πηγών ενέργειας. Όμως ακόμα και σ' αυτού του είδους μορφές πηγών ενέργειας υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

1.4 Πλεονεκτήματα, Μειονεκτήματα Α.Π.Ε

Με βάση αυτά που προαναφέραμε τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ έναντι των συμβατικών πηγών ενέργειας είναι τα εξής:

- Είναι πρακτικά και συνειδητά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας λόγω της μορφής τους (ήλιος, άνεμος, νερό).
- Συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης και της εξάντλησης των συμβατικών ενεργειακών πόρων που εξαντλούνται και δεν είναι ανανεώσιμοι, όπως είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας).
- Αποτελούν λύση εξοικονόμησης της ενέργειας και είναι φιλικές και ως προς το περιβάλλον αλλά και ως προς τον άνθρωπο τόσο για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα όσο και για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Επίσης βοηθούν στην αποκατάσταση των σταθμών παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές και έτσι μειώνονται οι εκπομπές και από άλλους ρύπους, όπως είναι τα οξείδια του θείου που προκαλούν την όξινη βροχή.
- Είναι πηγές ενέργειας που συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και έχουν άμεση συμβολή στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών τόσο σε τοπικό όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. Έτσι απαλλάσσονται τα συστήματα υποδομής κατά κάποιο τρόπο και υπάρχει μείωση των απωλειών από τη μεταφορά ενέργειας.

- Έχουν συνήθως μικρό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις αυξομειώσεις της διεθνούς οικονομίας και από τις τιμές των συμβατικών καυσίμων.
- Οι εγκαταστάσεις για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτουν τις συγκεκριμένες ανάγκες των χρηστών, τόσο σε μικρή όσο και σε ευρεία κλίμακα εφαρμογών.
- Έχουν μικρό χρόνο κατασκευής και έτσι επιτρέπουν τη γρήγορη ανταπόκριση προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας.
- Οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως και η ανάπτυξη τους συμβάλλουν σημαντικά στη δημιουργία θέσεων για την πρόσληψη νέων σε θέσεις εργασίας και αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι απασχολεί τους νέους και βοηθά στην μείωση της ανεργίας όσον αφορά τον τοπικό παράγοντα.
- Μπορούν να βοηθήσουν και να συντελέσουν την αιτία για οικονομική ενίσχυση καθώς και ανάπτυξη υποβαθμισμένων και μην αναδειγμένων περιοχών μέχρι τώρα, πόλο έλξης της τοπικής ανάπτυξης, μέσω της προσφοράς και της παρουσίασης αντίστοιχων επενδύσεων ικανές και πραγματοποιήσιμες για την τοπική κοινωνία όπως καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας, τηλεθέρμανση οικισμών μικρών πόλεων με ατμό/ζεστό νερό που προέρχεται από την ενεργειακή αξιοποίηση γεωργικής και δασικής βιομάζας,

Τα μειονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:

- Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν έναν αρκετά χαμηλό συντελεστή απόδοσης της τάξης του 30% ή και μικρότερο. Και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απαίτηση ενός μεγάλου συνόλου εγκαταστάσεων επομένως και ενός αρκετά μεγάλου αρχικά κόστους εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης.
- Λόγω του παραπάνω γεγονότος χρησιμοποιούνται ως βοηθητικές πηγές ενέργειας και όχι ως κύριες έτσι ώστε να καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες των μεγάλων αστικών κέντρων.

- Το κόστος περιορίζεται τις περισσότερες φορές με κάποια μορφή κρατικής επιχορήγησης. Δηλαδή ασκείται μεγάλη πίεση στις ηλεκτρικές εταιρείες να αγοράζουν ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε μία τιμή που δεν στηρίζεται στην πραγματική τιμή της ενέργειας, αλλά υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η παραγωγική διαδικασία του σταθμού ανανεώσιμης πηγής ενέργειας να είναι κερδοφόρα. Έτσι ο ηλεκτρισμός θα οδηγηθεί σε αύξηση ως αποτέλεσμα της οποίας οι καταναλωτές να πληρώνουν κάποιο παραπάνω κόστος το οποίο παράγεται από τις Α.Π.Ε
- Εξαιτίας της αύξησης της φορολογίας για τις βοηθητικές πηγές ενέργειας αυξάνεται και το κόστος παραγωγής τους με αποτέλεσμα να γίνονται πιο ανταγωνιστικές οι Α.Π.Ε
- Η παροχή και η απόδοση της εγκατάστασης της αιολικής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους, το γεωγραφικό πλάτος καθώς και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται
- Όσον αφορά τώρα τις ανεμογεννήτριες υπάρχει η άποψη ότι επηρεάζεται ο χώρος ο οποίος έχουν εγκατασταθεί από αισθητική άποψη και επίσης ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Αυτό όμως με την εξέλιξη της τεχνολογίας τους, και την πιο προσεκτική επιλογή χώρων εγκατάστασης το πρόβλημα αυτό θα έχει μειωθεί.
- Η μεταφορά λοιπόν της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται εξαιρετικά δύσκολη, πρώτον γιατί το κόστος και η πολυπλοκότητα του συστήματος μεταφοράς αυξάνεται εξαιτίας των μεγάλων αποστάσεων, δεύτερον σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει αυτές οι γραμμές να περαστούν από περιοχές που δεν υπάρχει και πολιτική ευστάθεια με αποτέλεσμα τον κίνδυνο για σαμποτάζ των γραμμών μεταφοράς. Επίσης η κατασκευή φραγμάτων, τεχνητών λιμνών για την ύπαρξη των υδροηλεκτρικών σταθμών πολλές φορές προκαλεί καταστροφή στο τοπικό οικοσύστημα εξαιτίας της αναγκαστικής μετακίνησης κάτοικων.
- Επίσης η παροχή και η απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους ,από το γεωγραφικό πλάτος αλλά και από το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

2.1 Γενικά για την Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μία από τις πρώτες μορφές φυσικής ενέργειας που χρησιμοποιήσε και χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για την διευκόλυνση της ζωής του. Δημιουργείται από την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας τους ανέμους. Λόγω της ιδιότητας του θερμού αέρα να διαστέλλεται, με συνέπεια να μειώνεται η πυκνότητα και το βάρος του, οι θερμές μάζες αέρα παρουσιάζουν ανοδική κίνηση. Αντίστοιχα, οι ψυχρές μάζες μετακινούνται προς τα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας, που έχουν κενωθεί. Έτσι λοιπόν δημιουργείται ο άνεμος.

Η ονομασία της αιολικής ενέργειας προέρχεται από την ελληνική μυθολογία και πιο συγκεκριμένα από το όνομα του Θεού των ανέμων που δεν είναι άλλο πέραν από το όνομα Αίολος. Αιολική ενέργεια ονομάζεται η κινητική ενέργεια των ανέμων η οποία χρησιμοποιείται απευθείας ή μετασχηματίζεται σε μηχανική ενέργεια προς όφελος. Από αρχαιοτάτων χρόνων η ανάγκη της χρήσης του ανέμου και της συνειδητής εκμετάλλευσής του είναι εμφανείς μέσα από τις χρήσεις και εφαρμογές του όπου χρειαζόταν και ήταν απαραίτητη. Έτσι ξεκίνησαν με τις πρώτες εφαρμογές όπως ήταν η κίνηση των πλοίων με πανιά στη συνέχεια οι ανεμόμυλοι που ήταν απαραίτητοι για την άλεση σιτηρών για την άντληση νερού ή και για άλλες είδους εργασία και αργότερα με την διεύρυνση και την ανάπτυξη της τεχνολογίας οι ανεμογεννήτριες. Η αιολική ενέργεια κρίνεται μία απαραίτητη και πολύτιμη πηγή ενέργειας και το μέλλον της φαντάζει λαμπρό και εποικοδομητικό διότι αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση τόσο στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής όσο και στο χώρο των επενδύσεων. Ειδικά τα τελευταία χρόνια όπου το ενδιαφέρον των επενδυτών έχει στραφεί στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών με σκοπό την εκμετάλλευση του ανέμου και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του ανέμου.

Η αιολική ενέργεια είναι μία από τις πρώτες μορφές φυσικής ενέργειας που χρησιμοποιήσε και χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για την διευκόλυνση της ζωής του. Δημιουργείται από την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας τους ανέμους. Λόγω της ιδιότητας του θερμού αέρα να διαστέλλεται, με

συνέπεια να μειώνεται η πυκνότητα και το βάρος του, οι θερμές μάζες αέρα παρουσιάζουν ανοδική κίνηση. Αντίστοιχα, οι ψυχρές μάζες μετακινούνται προς τα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας, που έχουν κενωθεί. Έτσι λοιπόν δημιουργείται ο άνεμος.

2.2 Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα

Στην χώρα μας τώρα το συνολικό αιολικό δυναμικό της Ελλάδας είναι ικανό ώστε να καλύψει ένα μεγάλο ποσοστό των ηλεκτρικών αναγκών και απαιτήσεών της. Σύμφωνα με μελέτες η κινητική ενέργεια των ανέμων είναι τόση ώστε θα μπορούσε να καλύψει πάνω από δύο φορές τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι έρευνες και οι προσπάθειες για την εκμετάλλευση και τη «συλλογή» της αιολικής ενέργειας καθώς και την παραγωγή ηλεκτρισμού ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του 80 από τη δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η) και συνεχίζονται μέχρι και σήμερα. Προνόμιο της χώρας μας οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές περιοχές όπως τα νησιά του Αιγαίου κυρίως στην περιοχή των Κυκλάδων, του Ιονίου στην περιοχή της Κεφαλονιάς, την Κρήτη κυρίως στο Βόρειο τμήμα του νησιού, την Εύβοια, ανατολική και νοτιοανατολική Πελοπόννησο καθώς και την Θράκη με μέσες ταχύτητες 6-7 m/sec καθιστούν απαραίτητη τη δημιουργία και την εγκατάσταση αιολικών πάρκων εξαιτίας του αιολικού δυναμικού που υπάρχει στις περιοχές αυτές λόγω των γεωγραφικών τοποθεσιών τους. Έτσι το πρώτο αιολικό πάρκο που δημιουργήθηκε και τέθηκε σε λειτουργία ήταν στην Κύθνο.

Η συνολική παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα από τα τελευταία χρόνια λειτουργίας των 17 αιολικών πάρκων φτάνει σε ύψος τα 360 GWh ανά έτος. Οι προοπτικές για το μέλλον της ελληνικής αγοράς όσον αφορά στο τμήμα της αιολικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα αισιόδοξες και με «καλά σημάδια» καθώς η κατασκευή ανεμογεννητριών αποτελεί αντικείμενο τόσο τεχνολογικά όσο και οικονομικά προσιτό στη μεταλλοβιομηχανία μας χωρίς προσθετές επενδύσεις και επιπλέον έξοδα σε τεχνικό εξοπλισμό. Σε συνεργασία με το αιολικό δυναμικό με το οποίο η χώρα μας έχει σε μεγάλο βαθμό μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στο ενεργειακό μας ισοζύγιο. Έτσι σύμφωνα λοιπόν πάντα με εκτιμήσεις υπάρχει η δυνατότητα λειτουργίας

αιολικών πάρκων συνολικής ισχύος 3.000 MW σε όλη την Ελλάδα, με δυνατότητα κάλυψης το 25-35% των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Τώρα όσον αφορά το οικονομικό ζήτημα το πρόβλημα επικεντρώνεται κυρίως στα νησιά και στη μη ύπαρξη δυνατότητα διασύνδεσης με το εθνικό δίκτυο της υπόλοιπης χώρας και στην ύπαρξη εκμετάλλευσης της παραγόμενης ενέργειας κατά την εποχή χαμηλής ζήτησης αυτής, έξω από την τουριστική περίοδο. Περιοχές με αιολικό δυναμικό υπάρχουν και στη λοφώδη παράκτια ζώνη της Δυτικής Ελλάδας αλλά και σε αρκετά βουνά. Επίσης για τη μελέτη δημιουργίας και την εγκατάσταση αιολικών πάρκων πολλοί κάτοικοι των νησιωτικών περιοχών αντιδρούν φοβούμενοι στην άσχημη εικόνα της ύπαρξης των ανεμογεννητριών όσον αφορά τον τουριστικό τομέα που είναι κύριος και βασικός τομέας για την επιβίωση και τη διαβίωση των κατοίκων των νησιών. Ακόμα όμως και σ αυτή την περίπτωση η λύση «έρχεται» από την τεχνολογία και τα αιολικά πάρκα που βρίσκονται στη θάλασσα ή αλλιώς τα ονομαζόμενα και «Αιολικά Πάρκα offshore» Αυτή η δυνατότητα δημιουργίας τέτοιου είδους αιολικών πάρκων δίνεται στο Αιγαίο Πέλαγος όπου σε μια τέτοιου είδους επένδυση στη χώρα μας, η παραγωγή ετησίως μπορεί να φτάσει μέχρι και το 40% περισσότερου ηλεκτρικού ρεύματος σε αντίθεση με ένα ηπειρώτικο. Έτσι για άλλη μια φορά η χώρα μας αποδεικνύει και μας «φανερώνει τα πλούτη» καθώς και τις δυνατότητες που μπορεί να μας προσφέρει προς όφελός μας.

2.3 Αιολική Ενέργεια στην Ευρώπη

Η αιολική ενέργεια σε όλη την Ευρώπη χρησιμοποιείται ευρέως. Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (EWEA) εγκαταστάθηκαν και συνδέθηκαν στο δίκτυο στην ΕΕ το 2015, αύξηση κατά 6,3% στις εγκαταστάσεις του 2014. Το 2014 υπήρχαν 142 GW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας στην ΕΕ (περίπου 131 GW στην ξηρά και 11 GW στην ανοικτή θάλασσα), όπου η αιολική ενέργεια εγκαταστάθηκε περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη μορφή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και αντιπροσώπευε το 44,2% των συνολικών εγκαταστάσεων ισχύος για το 2015 ξεπερνώντας την υδροηλεκτρική ενέργεια με μερίδιο 15,6% της συνολικής ισχύος. Το 2015 ανεγέρθηκαν νέες ανεμογεννήτριες με συνολική ισχύς αιολικής ενέργειας που μπορούσε να

παράγει 315 TWh, όπου, να καλύπτει το 11,4% της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ σε ένα κανονικό έτος ανέμου.

Οι τρεις πρώτες χώρες σε αξιοποίηση και εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας είναι η Γερμανία, η Ισπανία και η Γαλλία. Ωστόσο αναλογικά με τον πληθυσμό, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βάση της αιολικής ξεπερνά ξεπερνάει το 20% στη Δανία. Θεωρητικά, η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της Ευρώπης στο μέγιστο θα μπορούσε να καλύψει όλες τις ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια. Οι σκέψεις για το μέλλον της εναλλακτικής αυτής μορφής ενέργειας είναι πολύ θετικές. Η μελέτη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής εκτιμά ότι τη δεκαετία 2011-2020 θα εγκατασταθούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση 333 GW νέας ισχύος ηλεκτροπαραγωγής. Η αιολική ενέργεια θα φθάσει τα 136 GW δηλαδή το 41% των νέων εγκαταστάσεων, ποσοστό που είναι σαφώς το μεγαλύτερο από όλες τις τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής. Άξιο αναφοράς είναι πως στην παγκόσμια αγορά αιολικής ενέργειας, η Ευρώπη συνολικά παραμένει σταθερά δεύτερη δύναμη πίσω από την Κίνα.

2.4 Πλεονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας

- Η αιολική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δηλαδή το απόθεμα της δεν εξαντλείται αλλά ανανεώνεται λόγω της μορφής της σε αντίθεση με αυτή των συμβατικών καυσίμων.
- Είναι μια καθαρή και φιλική μορφή ενέργειας ως προς το περιβάλλον και ως προς τον άνθρωπο. Καθώς μπαίνει στη «θέση» των πηγών ενέργειας που προκαλούν ρύπους όπως κάρβουνο, πετρέλαιο και την πυρηνική ενέργεια.

Εδικά στη χώρα μας ισχύουν ειδικά και τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Το αιολικό μας δυναμικό είναι στα ύψη και ιδιαίτερα στις νησιωτικές περιοχές όπου και πνέουν άνεμοι δυνατοί όσον αφορά την ταχύτητα καθώς και μεγάλης διάρκειας.
- Δίνει στη χώρα μας δυνατότητες ώστε να συστηθεί για αιολικά πάρκα παραγωγής ενέργειας και έτσι δίνεται η δυνατότητα στην αξιοποίηση σημαντικών αριθμών αναξιοποίητων θέσεων εγκατάστασης.
- Τίθεται σε απεξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα, και κάνει τη χώρα μας ανεξάρτητη όσον αφορά και τις συναλλαγματικές αλλά και την εξάρτησή της από χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης.

- Λόγω της υψηλής σεισμικότητας που υπάρχει στη χώρα μας υπάρχουν κίνδυνοι στην εγκατάσταση θερμοηλεκτρικών καθώς και πυρηνικών εγκαταστάσεων, με αποτέλεσμα να υπάρχει αμφιβολία και πρόβλημα στην κατασκευή τέτοιου είδους πυρηνικών σταθμών.
- Η σημαντική διασπορά και ανομοιομορφία του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στα διάφορα τμήματα της χώρας μας
- Μια άλλη δυνατότητα της Ελλάδας όσον αφορά τον τομέα της κατασκευαστικής δραστηριότητας θα μπορούσε να είναι και η απόφαση συμπαραγωγής ανεμογεννητριών στην χώρα μας, συνεισφέροντας έτσι στη μείωση της ανεργίας αλλά ταυτόχρονα και στην αύξηση και εθνικής μας οικονομίας.
- Αξιόλογη επίσης είναι η αναφορά στην ηλεκτρομηχανολογική εμπειρία, καθώς και στο σημαντικό επιστημονικό και ερευνητικό ενδιαφέρον που υπάρχει όσον αφορά το κλάδο της αιολικής ενέργειας.
- Όσον αφορά τώρα την προσφορά θέσεων εργασίας που δίνονται από τη δημιουργία και την εγκατάσταση αιολικών πάρκων καθώς και για την επίβλεψη τους κυρίως στην τοπική κοινωνία είναι πολύ σημαντική διότι βοηθούν στη μείωση της ανεργίας. Ως παράδειγμα για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου 10MW απαιτούνται 120 μήνες εργασίας και ένα μεγάλο ποσοστό των θέσεων καλύπτονται από ανθρώπινο δυναμικό της τοπικής κοινωνίας ενώ για την επίβλεψη λειτουργίας του απαιτούνται τουλάχιστον 3-5 άτομα τα οποία προέρχονται κυρίως από το τοπικό δυναμικό της περιοχής.
- Έτσι ένα γενικό συμπέρασμα που βγαίνει από την εγκατάσταση πάρκων για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας προκύπτει ότι απασχολήθηκε ένα σημαντικό ποσοστό εργαζομένων τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά τη διάρκεια της επίβλεψης για τη λειτουργία του
- Ένα Ακόμα θετικό στοιχείο είναι τα συμπεράσματα που προκύπτουν για την απασχόληση από τη σύγκριση αιολικών και λιγνιτικών εγκαταστάσεων από βάσιμους υπολογισμούς της Δ.Ε.Η ότι για κάθε MW εγκατεστημένης ισχύος απαιτούνται 0,2 μόνιμες θέσεις εργασίας ενώ για ίδιας ισχύος αιολική εγκατάσταση απαιτούνται 0,5-1 μόνιμες θέσεις. Εκτός από τις θέσεις που προκύπτουν τόσο για την τοποθέτηση όσο και για τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, θα ήταν μεγάλο όφελος για τη χώρα μας να εξεταστεί περαιτέρω ο κατασκευαστικός τομέας διότι

παρέχει στην τοπική κοινωνία προοπτικές ενίσχυσης και θέσεις απασχόλησης. Ως παράδειγμα για συνολική εγκατεστημένη ισχύ 10 MW μαζί με τη φάση κατασκευής των ανεμογεννητριών, οι θέσεις εργασίας που απαιτούνται ανέρχονται από 150-190.

- Επίσης η συνεισφορά των αιολικών πάρκων στα τοπικά εισοδήματα και τα έσοδα των οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης όπου στα όρια ή στις περιοχές αυτών βρίσκονται εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα είναι σημαντική.
- Ένα επιπλέον οικονομικό κίνητρο για τους κατοίκους των περιοχών όπου είναι εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα είναι η επιστροφή 1% επί του ετήσιου ακαθάριστου εισοδήματος από την πώληση της ενέργειας, στους οικιακούς καταναλωτές του διαμερίσματος του Δήμου ή της Κοινότητας η οποία θα λαμβάνεται με μορφή πίστωσης των λογαριασμών της ΔΕΗ. Είναι ένα μέσο το οποίο χρησιμοποιείται από τους επενδυτές ώστε να δελεάσουν θετικά τον τοπικό πληθυσμό απέναντι στις αιολικές εγκαταστάσεις, καλύπτοντας έτσι τα διάφορα ζητήματα που πιθανώς θα προκύψουν.
- Έτσι λοιπόν για την δημιουργία και την εγκατάσταση αιολικού πάρκου πρέπει πρώτα να μεταφερθούν τα μέρη της ανεμογεννήτριας στην περιοχή δημιουργίας του πάρκου και οτιδήποτε άλλο υλικό θεωρηθεί απαραίτητο για την έναρξη του έργου. Αυτό απαιτεί καλό οδικό καθώς και ηλεκτρικό δίκτυο στα οποία αν θεωρηθεί οτιδήποτε απαραίτητο θα υπάρξουν και βελτιώσεις. Έτσι λοιπόν οι επενδυτές συνήθως φροντίζουν να παρέχουν στον τοπικό πληθυσμό μια σειρά από κοινωφελή έργα. Όπως σχολεία, πάρκα, δρόμους και άλλου είδους έργα. Και είναι αυτονόητο ότι για την κατασκευή των όποιων έργων γίνονται δεν επιβαρύνεται ούτε ο τοπικός παράγοντας αλλά και ο εκάστοτε Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Ανεμογεννήτριες

3.1 Γενικά για τις ανεμογεννήτριες

Οι ανεμογεννήτριες είναι αιολικές μηχανές οι οποίες μετατρέπουν τη κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Μπορούν να λειτουργήσουν ως αυτόνομα συστήματα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας μικρής εγκατάστασης (σπίτι, αγρόκτημα κ.λπ.) ή να συνδεθούν στο δημόσιο δίκτυο (αιολικά πάρκα) ώστε να τροφοδοτήσουν με ρεύμα κατοικημένες περιοχές όπως χωριά, κωμοπόλεις ή πόλεις.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου :

- **Ανεμογεννήτριες Οριζοντίου άξονα**, των οποίων ο δρομέας (ρότορας του μοτέρ) είναι τύπου έλικα και βρίσκεται σε θέση παράλληλη με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους.
- **Ανεμογεννήτριες Κατακόρυφου άξονα**, των οποίων ο δρομέας (ρότορας του μοτέρ) παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους.



Εικόνα 3.1: Ανεμογεννήτριες καθέτου και οριζοντίου άξονα

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα είναι τα εξής:

Πλεονεκτήματα:

- Λόγω του ύψους της ανεμογεννήτριας, εκμεταλλεύεται και άνεμο μεγαλύτερης ταχύτητας.
- Εύκολη συναρμολόγηση.
- Υψηλό αεροδυναμικό συντελεστή.

- Υψηλότερη αποδοτικότητα και καλύτερη απόδοση σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα.

Μειονεκτήματα:

- Η γεννήτρια και το κιβώτιο ταχυτήτων είναι τοποθετημένα πάνω στον πύργο στήριξης, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο το κόστος και την πολυπλοκότητα της κατασκευής ενώ παράλληλα η συντήρηση γίνεται πιο δύσκολη.
- Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή θορύβου.
- Λόγω του μεγέθους κοστίζει πολύ η κατασκευή και η μεταφορά της.
- Για να εκμεταλλεύεται η ανεμογεννήτρια συνέχεια τον άνεμο, χρειάζεται έναν μηχανισμό περιστροφής για τον προσανατολισμό των πτερυγίων στην διεύθυνση του ανέμου.

Γενικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ανεμογεννήτριας καθέτου άξονα είναι τα εξής:

Πλεονεκτήματα:

- Εκμεταλλεύεται τον άνεμο από όλες τις διευθύνσεις.
- Η γεννήτρια και το κιβώτιο ταχυτήτων είναι τοποθετημένο στην βάση και έτσι είναι πιο εύκολη η τοποθέτηση και η συντήρηση αυτών των μηχανικών μερών.
- Μπορεί να τοποθετηθεί σε περισσότερα μέρη λόγω του μεγέθους(όπως μέσα στην πόλη, στις ταράτσες, σε αυτοκινητόδρομους).
- Η κατασκευή της είναι πιο απλή και χαμηλότερου κόστους.

Μειονεκτήματα:

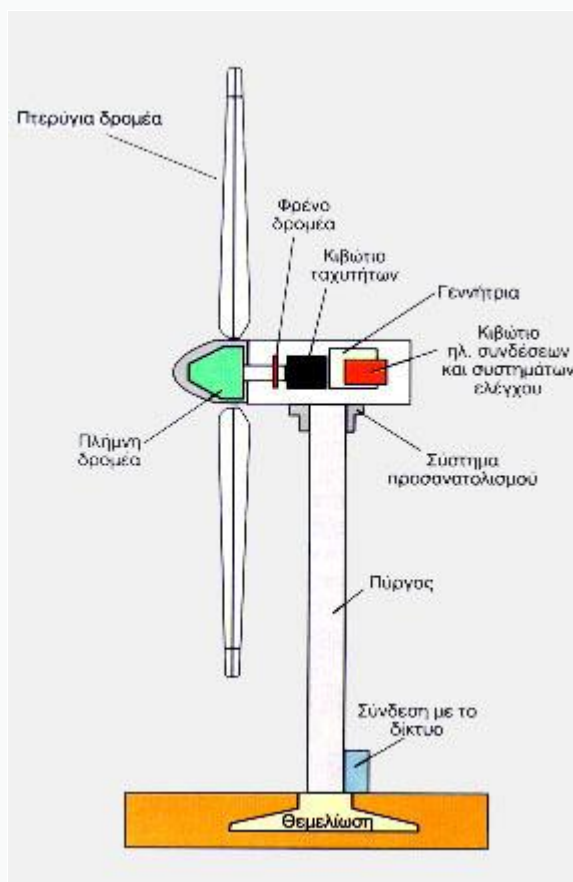
- Χαμηλή απόδοση.
- Ροπή εκκίνησης υψηλή που σημαίνει χαμηλή ταχύτητα περιστροφής.
- Λόγω του μικρού μεγέθους δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί ανέμους υψηλών ταχυτήτων.
- Υπάρχει δυσκολία συντήρησης σε κάποια μηχανικά μέρη, για παράδειγμα η αλλαγή των εδράνων κύλισης.

3.2 Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα

Με την πάροδο των χρόνων χρησιμοποιήθηκαν πολλοί διαφορετικοί τύποι ανεμογεννητριών όσον αφορά τον αριθμό των πτερυγίων, τον προσανατολισμό του άξονα αλλά και την ταχύτητα περιστροφής. Όλες οι ανεμογεννήτριες, χωρίς να παίζει ρόλο το μέγεθος, αποτελούνται από μερικά βασικά χαρακτηριστικά:

- το ρότορα
- τη γεννήτρια
- ένα σύστημα ελέγχου ταχύτητας
- το πύργο.

Μερικές μηχανές έχουν συστήματα προστασίας, έτσι ώστε αν ένα μέρος χαλάσει το σύστημα προστασίας σταματάει τα πτερύγια ή βάζει τα φρένα.

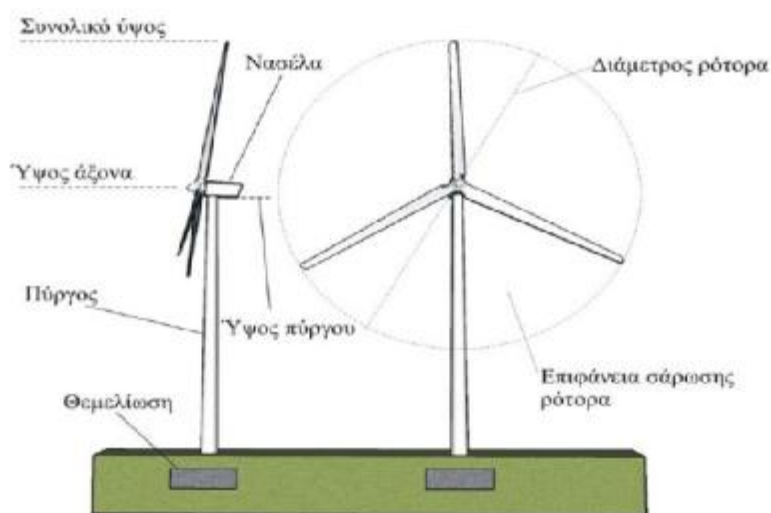


Εικόνα 3.2.1: Βασικά χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Οι ακόλουθοι παράμετροι χρησιμοποιούνται συνήθως για τον προσδιορισμό της ανεμογεννήτριας:

- Ύψος ατράκτου: βασικά το ύψος του άξονα περιστροφής της έλικας πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.
- Επιφάνεια σαρώσεως: η επιφάνεια που καλύπτει η περιστρεφόμενη έλικα και που σαρώνεται από τον άνεμο (επιφάνεια κύκλου).
- Στερεότητα: ο λόγος του αθροίσματος της επιφάνειας κάθε πτερυγίου της έλικας προς την επιφάνεια σαρώσεως.
- Λόγος ταχύτητας ακραίου σημείου: ο λόγος της ταχύτητας του άκρου του πτερυγίου προς την ταχύτητα του ανέμου.
- Εκτιμητέα ισχύς: η μέγιστη συνεχής ισχύς εξόδου στο σημείο ηλεκτρικής σύνδεσης.

Το μεγαλύτερο μέρος των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα.



Εικόνα 3.2.2: γενική διάταξη μιας τυπικής ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα έχουν τοποθετημένο τον ρότορα (δρομέα) και την ηλεκτρογεννήτρια στην κορυφή του πύργου και πρέπει να είναι στραμμένες προς τον άνεμο. Οι μικρές ανεμογεννήτριες στρέφονται προς τον άνεμο με έναν απλό δείκτη κατεύθυνσης άνεμου ενώ οι μεγάλες χρησιμοποιούν γενικά ένα αισθητήρα ανέμου σε συνδυασμό με ένα σερβομοτέρ.

Οι περισσότερες έχουν ένα κιβώτιο ταχυτήτων, που μετατρέπει την αργή περιστροφή από τα πτερύγια σε μια πιο γρήγορη περιστροφή που είναι η κατάλληλη για την λειτουργία της ηλεκτρικής

γεννήτριας. Αν λάβουμε ως δεδομένο ότι ένας πύργος παράγει αναταράξεις από πίσω του, όλο το σύστημα της γεννήτριας συνήθως τοποθετείται μπροστά από τον πύργο υποστήριξης για να χτυπάει αυτό πρώτα ο άνεμος. Επίσης τα πτερύγια γίνονται σκληρά για να αποτραπεί η πιθανότητα μεγάλου λυγισμού τους ή ακόμα και θραύσης από τους δυνατούς ανέμους. Επιπλέον, οι λεπίδες τοποθετούνται σε σημαντική απόσταση μπροστά από τον πύργο και επίσης μερικές φορές έχουν μια μικρή κλίση προς τα εμπρός μέσα στον άνεμο. Όσον αφορά την κατεύθυνση του προσπίπτοντος ανέμου, οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, ταξινομούνται σε ανάντη και κατάντη με τις περισσότερες να ανήκουν στην πρώτη κατηγορία δεδομένου ότι οι επαναλαμβανόμενες αναταραχές κυκλικών διακυμάνσεων μπορεί να οδηγήσουν σε κόπωση και αστοχία υλικού. Κατάντη μηχανές έχουν κατασκευαστεί, παρά το πρόβλημα της αναταραχής λόγω του ανέμου επειδή δεν χρειάζονται έναν επιπλέον μηχανισμό για τη διατήρησή τους στην κατεύθυνση του ανέμου και επειδή σε δυνατούς ανέμους τα πτερύγια μπορούν να υποστούν κάμψη που μειώνει την περιβάλλουσα περιοχή τους και έτσι την αντίσταση στους ανέμους.

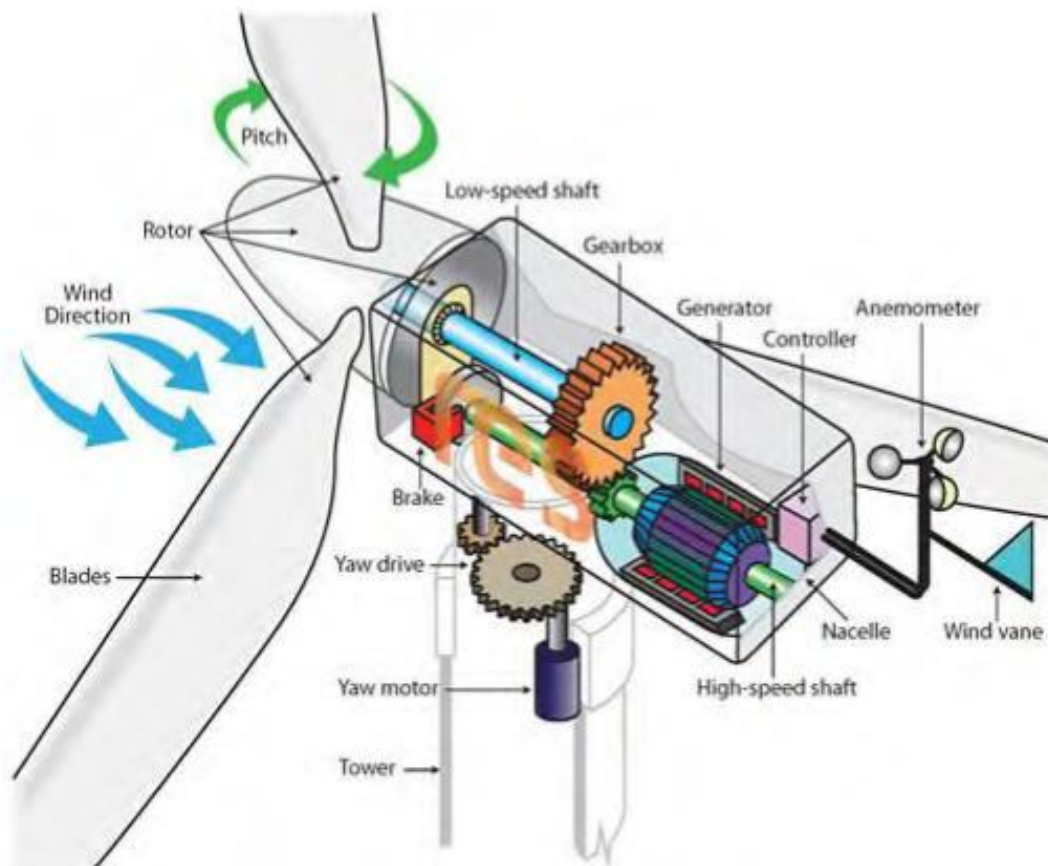
Όταν περισσότερες από μια ανεμογεννήτριες συνιστούν σταθμό ή πάρκο, η εκτιμητέα ισχύς τους μπορεί να ανέρχεται σε 200 – 750 ή περισσότερα kW και η διάμετρος των ελίκων τους μπορεί να φτάνει τα 25 – 50m.

Είναι συνήθως με τρία πτερύγια και στρέφονται προς τον άνεμο με μοτέρ ελεγχόμενα από υπολογιστή. Αυτές αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες περιστροφής, πάνω από 320 km/h, έχουν υψηλή απόδοση και χαμηλή μέση ροπή, με όλα αυτά να συμβάλλουν στην καλή αξιοπιστία. Τα πτερύγια συνήθως είναι χρωματισμένα λευκά για καλή ημερήσια ορατότητα από αεροσκάφη και με φάσμα μήκους από 20 έως 50m ή και περισσότερο. Οι ατσάλινοι σωληνωτοί πύργοι έχουν φάσμα από 60 έως 90 μέτρα ύψος. Τα πτερύγια περιστρέφονται με 10 έως 22 στροφές ανά λεπτό. Στις 22 περιστροφές ανά λεπτό η ταχύτητα υπερβαίνει τα 90 μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Ένα κιβώτιο ταχυτήτων χρησιμοποιείται συνήθως για την αύξηση της ταχύτητας της γεννήτριας, αν και μερικές ανεμογεννήτριες έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε η αύξηση της ταχύτητας περιστροφής να γίνεται απευθείας στην γεννήτρια. Ορισμένα μοντέλα λειτουργούν με σταθερή ταχύτητα, αλλά μπορεί να εισπραχθεί περισσότερη ενέργεια από ανεμογεννήτριες μεταβλητής ταχύτητας που χρησιμοποιούν ένα μετατροπέα ενέργειας για την λειτουργία με το σύστημα μετάδοσης κίνησης. Όλες οι ανεμογεννήτριες είναι εξοπλισμένες με συστήματα προστασίας προς αποφυγή της ζημίας σε μεγάλες ταχύτητες ανέμου γεγονός που αυξάνει ακόμη περισσότερο την αξιοπιστία τους.

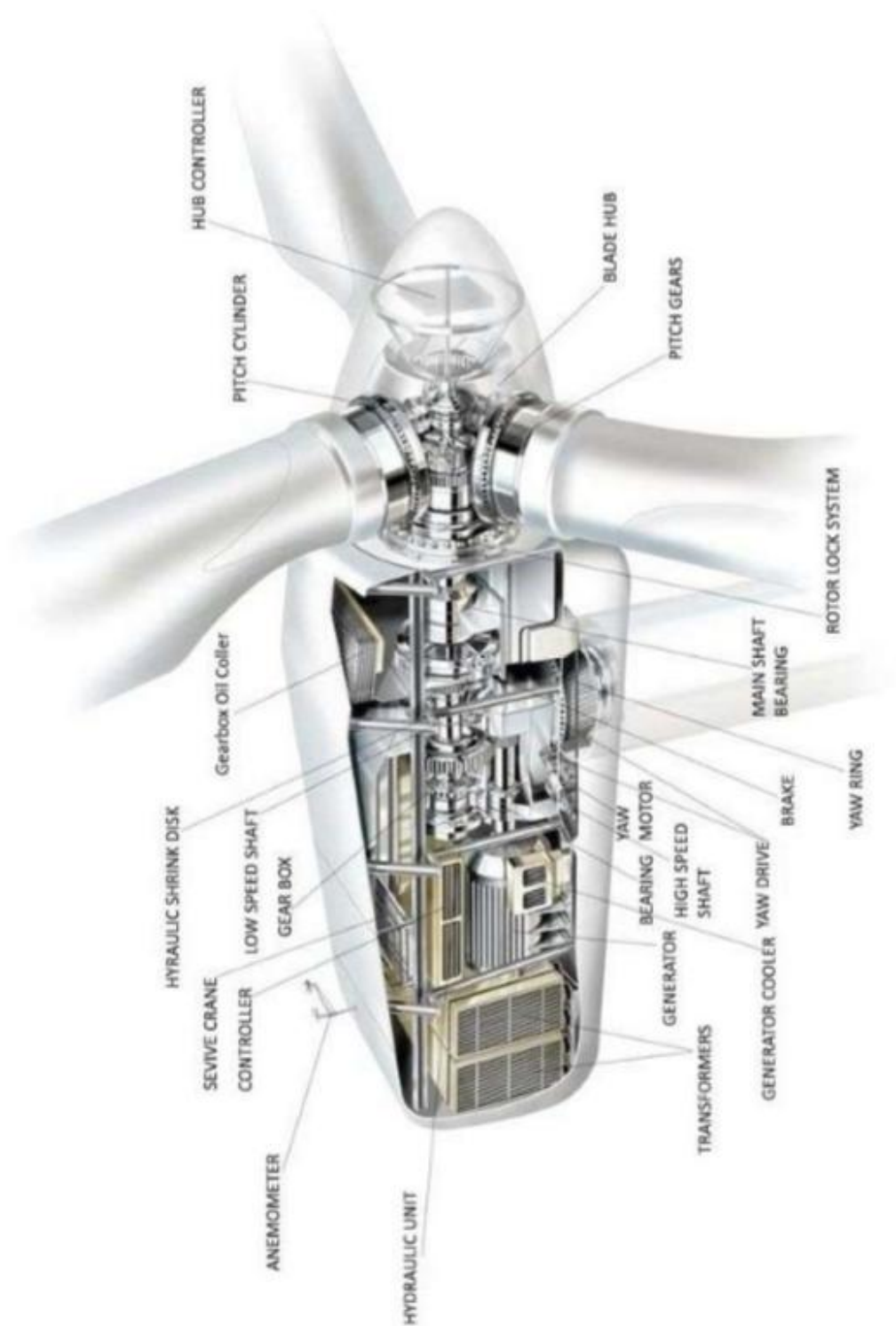
3.3 Βασικά μέρη ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν όλα τα επιμέρους μέρη που απαρτίζουν μια κοινή ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα που είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος στον κόσμο.

Τα βασικά εξαρτήματα μιας ανεμογεννήτριας ηλεκτροπαραγωγής είναι η έλικα, το σύστημα μετάδοσης κίνησης ή κιβώτιο ταχυτήτων, η γεννήτρια και το σύστημα απόκλισης ή προσανεμισμού, καθώς και το σύστημα ελέγχου της μηχανής. Η σύνδεση των εξαρτημάτων αυτών φαίνεται στις Εικόνες 3.2 και 3.3. 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 στον πύργο.



Εικόνα 3.3.1: Το εσωτερικό μιας ανεμογεννήτριας



Εικόνα 3.3.2: Το εσωτερικό μιας ανεμογεννήτριας

Παρακάτω ακολουθεί η επεξήγηση των 2 παραπάνω εικόνων και αμέσως μετά ακολουθεί η ανάλυση των βασικότερων μερών της ανεμογεννήτριας.

- Πύργος ανεμογεννήτριας
- Άτρακτος ανεμογεννήτριας (Nacelle)
- Δρομέας (Rotor)
- Πτερύγια (Blades)
- Κύλινδρος στροφέα πτερυγίων (Pitch cylinder)
- Γρανάζια στροφέα πτερυγίων (Pitch gears)
- Κέλυφος έδρασης πτερυγίων (Blade hub)
- Ελεγκτήρας κελύφους (Hub controller)
- Σύστημα στήριξης δρομέα (Rotor lock system)
- Ανεμόμετρο (Anemometer)
- Σημείο πρόσδεσης με γερανό για την ανύψωση (Service crane)
- Ελεγκτήρας (Controller)
- Συσκευή ένωσης κελύφους με τον άξονα (Hydraulic shrink disk)
- Άξονας χαμηλής ταχύτητας (Low speed shaft)
- Κιβώτιο ταχυτήτων (Gear box)
- Ψήκτρα λαδιού κιβωτίου ταχυτήτων (Gearbox oil cooler)
- Υδραυλική μονάδα (Hydraulic unit)
- Μετασχηματιστές τάσεως ρεύματος (Transformers)
- Γεννήτρια (Generator)
- Ψήκτρα γεννήτριας (Generator cooler)
- Έδρανο κύλισης-Ρουλεμάν (Bearing)
- Μοτέρ οδηγού αποφυγής εκτροπής (Yaw motor)
- Οδηγός για την αποφυγή εκτροπής (Yaw drive)
- Μετάδοση κίνησης οδηγού αποφυγής εκτροπής (Yaw ring)
- Άξονας υψηλής ταχύτητας (High speed shaft)
- Φρένο (Brake)
- Έδρανο κύλισης-Ρουλεμάν κυρίου άξονα περιστροφής (Main shaft bearing)

1. **Άτρακτος.** Η άτρακτος μιας αιολική μηχανής είναι το στοιχείο του μοιάζει με κουτί πλαίσιο, που κάθεται πάνω από τον πύργο και είναι συνδεδεμένο με τον ρότορα. Η άτρακτος περιέχει την ποσότητα των περίπου 8.000 συνιστωσών της αιολικής μηχανής όπως το κιβώτιο ταχυτήτων, την γεννήτρια, κύριο πλαίσιο κ.λπ. δηλαδή όλο τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Το υλικό κατασκευής της ατράκτου είναι από ανθρακονήματα (fiberglass) και προστατεύει τα εσωτερικά στοιχεία από το περιβάλλον. **Στη κορυφή της είναι εγκατεστημένα το ανεμόμετρο, ο ανεμοδείκτης και το**

αλεξικέραυνο, τα οποία είναι απαραίτητα για τη σωστή λειτουργία της ανεμογεννήτριας.

Μερικές άτρακτοι είναι τόσο μεγάλες ώστε ακόμη και ένα ελικόπτερο μπορεί να προσγειωθεί πάνω τους.



Εικόνα 3.3.3: Άτρακτος ανεμογεννήτριας

2. **Θάλαμος:** Ο θάλαμος παρέχει επαρκή χώρο παραμονής και εργασίας για συντήρηση και επισκευές. Το στέγαστρο θα πρέπει να φωτίζεται καλά με φεγγίτες και να αερίζεται, επιτρέποντας να πραγματοποιούνται με ασφάλεια όλες οι εργασίες συντήρησης και επισκευών, προσφέροντας πρόσβαση στα πτερύγια και στην πλήμνη. Διαθέτει, (μπροστά και συνήθως κάτω), είσοδο αέρα για τη ψύξη που οδηγείται, μέσω αεραγωγών, με σιγαστήρες από έναν θερμοστατικά ενεργοποιημένο ηλεκτρικό ανεμιστήρα στη γεννήτρια. Εξέρχεται από το πίσω τμήμα του θαλάμου, πάλι μέσω αεραγωγών με ηχητικούς ανακλαστήρες.



Εικόνα 3.3.4: Θάλαμος της ατράκτου

3. **Πλήμνη.** Η πλήμνη είναι πολύ σημαντικό μέρος στην ανεμογεννήτρια διότι εδράζουν επάνω της τα περύγια. Ο αριθμός των οπών της πλήμνης εξαρτάται από πόσα περύγια έχουμε υπολογίσει να περιλαμβάνει η αιολική μας μηχανή.

Η πλήμνη κατασκευάζεται συνήθως από χυτό όλκιμο σίδηρο και προσαρμόζεται κατευθείαν στον άξονα του δρομέα. Τα μέτωπα επαφής των περυγίων κατασκευάζονται με κοιλώματα και οπές για τις βίδες, που μπορεί να είναι σε μορφή σχισμών ώστε να επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση της γωνίας βήματος κατά τη συναρμολόγηση καθώς επίσης τη συντήρηση και την επισκευή κατά τις μετέπειτα εργασίες. Στις μεγάλες ανεμογεννήτριες προβλέπεται η δυνατότητα πρόσβασης στο εσωτερικό της πλήμνης, για την εξέταση και τη συντήρηση της διασύνδεσης των ακροπερυγίων και των κοχλιών στηριξης των περυγίων.



Εικόνα 3.3.5: πλήμνη της ανεμογεννήτριας

4. **Δρομέας.** Αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια (συνήθως από ενισχυμένο πολυεστέρα). Τα πτερύγια προσδένονται πάνω στη πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα της μεταβάλλοντας το βήμα.

Οι ανεμογεννήτριες με 3 πτερύγια (τριπτέρες), κατασκευάζονται από 10 μέτρα και πάνω

Οι ανεμογεννήτριες με 2 πτερύγια (δίπτερες), κατασκευάζονται με ρότορα μικρών διαστάσεων και έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού δυναμικού. Έχουν κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρότερο από αυτό των τρίπτερων αντίστοιχου μεγέθους.

Η τελευταία περίπτωση εφαρμόζεται κυρίως σε ανεμοκινητήρες που χρησιμοποιούνται για άντληση από γεωτρήσεις, όπου χρειάζεται μεγάλη ροπή με ήπιους άνεμους (μικρή ταχύτητα περιστροφής). Το πηλίκο της συνολικής επιφάνειας των πτερυγίων προς την επιφάνεια που σαρώνει κατά την περιστροφική του κίνηση ο δρομέας ορίζεται ως στερεότητα (solidity):
$$S = n \cdot A_{\pi\tau} / (\pi \cdot d^2 / 4)$$

Όπου S η στερεότητα (αδιάστατο μέγεθος, μικρότερο της μονάδας), n ο αριθμός των πτερυγίων, $A_{\pi\tau}$ η επιφάνεια κάθε πτερυγίου (m^2) και d η διάμετρος του δρομέα (m). Στην ακραία περίπτωση, όπου η στερεότητα προσεγγίζει τη μονάδα (περίπτωση περιστρεφόμενου δίσκου), ασκείται η μέγιστη ώθηση στην ανεμογεννήτρια. Στα αιολικά πάρκα οι ανεμογεννήτριες στρέφονται με ταχύτητα ακροπτερυγίου στην περιοχή 50-70m/s. Σε αυτή την ταχύτητα οι τρίπτρες δίνουν την καλύτερη απόδοση, αν και οι δίπτερες έχουν μόλις 2% λιγότερη απόδοση και οι μονόπτερες 6% λιγότερο. Άλλωστε στην περίπτωση του μικρότερου αριθμού πτερυγίων θα απαιτηθεί μεγαλύτερος ρυθμός περιστροφής, μεγαλύτερη ταχύτητα ακροπτερυγίου και αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα αύξηση του θορύβου και γρηγορότερη φθορά. Γενικά, δρομέας με μικρή στερεότητα επιτυγχάνει υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής, ενώ για μεγαλύτερη ροπή από χαμηλές ταχύτητες επιλέγεται δρομέας με μεγάλη στερεότητα. Ο δρομέας μπορεί να βρίσκεται ανάντη ή κατάντη του πύργου (σπανιότερα), και στη δεύτερη περίπτωση θα πρέπει η διάταξη των πτερυγίων να εμφανίζει κωνικότητα για να αυξηθεί η απόστασή τους από τον πύργο

5. **Πτερύγια:** Τα πτερύγια σε μεγάλες ανεμογεννήτριες περιστρέφονται κατά μήκος του άξονά τους. Το πτερύγιο δέχεται τον άνεμο κατά μήκος του υπό διαφορετικές γωνίες. Η γωνία πρόσπτωσης αυξάνεται προς τη βάση του πτερυγίου. Οι πολύ μεγάλες γωνίες δεν έχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Προκειμένου να υπάρχει ενιαία γωνία πρόσπτωσης κατά μήκος του πτερυγίου, το πτερύγιο έχει μορφή περιστροφική.

Υπάρχουν πτερύγια κατασκευασμένα από ξύλο, πλαστικό ενισχυμένο με ανθρακονήματα (CFRP), χάλυβα και αλουμίνιο. Όμως αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι κυρίως από πλαστικό (πολυεστερική

ρητίνη) ενισχυμένο με υαλονήματα (GRP) λόγω του μικρού βάρους κατασκευής και της αντοχής τους.

Στο πτερύγιο μπορεί να ενσωματώνεται η αντικεραυνική προστασία, καθώς επίσης και η προστασία από την υπερϊώδη ακτινοβολία (όπου αυτό επιτυγχάνεται με την επικάλυψη ενός λείου στρώματος γέλης). Επιπλέον μπορούν να έχουν σταθερό βήμα, οπότε η πέδηση σε υψηλές ταχύτητες γίνεται αεροδυναμικά, ή με μεταβλητό βήμα ή τέλος με απλή περιστροφή του ακροπτερυγίου (flap). Στις τελευταίες περιπτώσεις το πτερύγιο ή το ακροπτερύγιο μπορεί να στρέφεται κατά +6 έως -90 μοίρες έξω από το επίπεδο του δρομέα, ενώ παράλληλα γίνεται έλεγχος από το σύστημα σύνδεσης, μέσω υδραυλικού ενεργοποιητή (σερβομηχανισμός), που βρίσκεται στο θάλαμο.

Η περιστροφή των πτερυγίων ενός δρομέα οριζοντίου άξονα οφείλεται στη συνδυασμένη δύναμη της άνωσης και της πίεσης που ασκείται, όταν οι μάζες του αέρα προσπίπτουν στα πτερύγια. Τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας έχουν αεροδυναμικό σχήμα και μπορεί να είναι ενιαία ή να διαθέτουν ακροπτερύγια.

Ο υπολογισμός των πτερυγίων χωρίζεται σε δύο μέρη:

- Αεροδυναμική αξιολόγηση

Με την χρήση ειδικών λογισμικών που χρησιμοποιούν θεωρητικές βάσεις δεδομένων των πτερυγίων πραγματοποιούμε μια ανάλυση αεροδυναμικής επίδοσης. Τα αποτελέσματα που θα λάβουμε μας δείχνουν την συνολική επίδοση της ανεμογεννήτριας που θέλουμε να κατασκευάσουμε (Ισχύ εξόδου, ροπή, πίεση κ.τ.λ.) σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου καθώς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πτερυγίων (αριθμός πτερυγίων, κατανομή πλάτους, επιλογή αεροτομής, συστροφή, την στρέψη τους ως προς τον άξονα στήριξης τους (κλίση) και την ελικοειδή διάταξη τους (βήμα)). Επίσης λαμβάνουμε αποτελέσματα για την επίδοση του κάθε πτερυγίου ξεχωριστά. Ένα τέτοιο λογισμικό είναι το WF Perf (Επιδόσεις ανεμογεννήτριας)

- Αξιολόγηση και υπολογισμός υλικού/κατασκευής

Χρησιμοποιώντας την δύναμη και την ταχύτητα περιστροφής, μπορούμε να υπολογίσουμε κατά προσέγγιση την κατανομή δύναμης κατά μήκος του πτερυγίου.

Στη συνέχεια πραγματοποιούμε μια ανάλυση με τη βοήθεια λογισμικών πεπερασμένων στοιχείων που μπορούν να μας δώσουν τα τελικά αποτελέσματα, δηλαδή σε ποια σημεία καταπονείται το πτερύγιο και αν είναι σύμφωνα με την επιθυμία μας.

6. **Στροφέας πτερυγίων (Pitch):** Το σύστημα ελέγχου του στροφέα των πτερυγίων είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα που έχουν σχεδόν όλες οι

μεγάλες σύγχρονες ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα. Κατά τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας, το σύστημα ελέγχου στροφέα ρυθμίζει το βήμα περιστροφής του πτερυγίου έτσι ώστε να κρατηθεί η ταχύτητα περιστροφής του ρότορα εντός ορίων λειτουργίας κατά την συνεχόμενη αλλαγή ταχύτητας του ανέμου.

7. **Σύστημα μετάδοσης της κίνησης:** Αποτελείται από τον κύριο άξονα περιστροφής, από τα έδρανα στήριξης και από το κιβώτιο προσαρμογής των στροφών.

Το κιβώτιο προσαρμογής των στροφών (κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών), προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας εξαρτάται από τον αριθμό των ζευγών των πόλων που έχει και παραμένει σταθερή κατά τη κανονική λειτουργία.

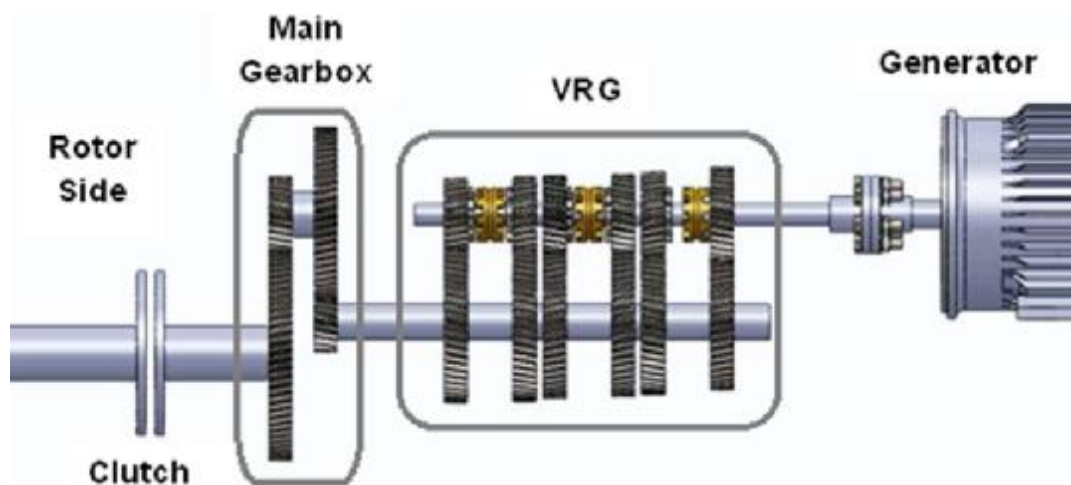
Το σύστημα ελέγχου του στροφέα των πτερυγίων είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα που έχουν σχεδόν όλες οι μεγάλες σύγχρονες ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα. Κατά τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας, το σύστημα ελέγχου στροφέα ρυθμίζει το βήμα περιστροφής του πτερυγίου έτσι ώστε να κρατηθεί η ταχύτητα περιστροφής του ρότορα εντός ορίων λειτουργίας κατά την συνεχόμενη αλλαγή ταχύτητας του ανέμου.

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης αποτελείται από τους άξονες χαμηλής και υψηλής ταχύτητας με τα έδρανα τους καθώς και το κιβώτιο ταχυτήτων το οποίο πολλαπλασιάζει τις στροφές και προσαρμόζει την ταχύτητα του δρομέα στην ταχύτητα περιστροφής που χρειάζεται η ηλεκτρογεννήτρια για την παραγωγή του ρεύματος.

Η ηλεκτρική γεννήτρια η οποία είναι σύγχρονη ή επαγωγική, συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω υδραυλικού ή ελαστικού συνδέσμου και μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Οι τυπικές ηλεκτρογεννήτριες λειτουργούν με περιστροφική ταχύτητα από 1000 έως 3000rpm. Επειδή όμως αυτές οι στροφές είναι πολύ υψηλές για την λειτουργία της ανεμογεννήτριας λύνουμε το πρόβλημα με το κιβώτιο.

8. **Κιβώτιο ταχυτήτων:** Το κιβώτιο ταχυτήτων έχει το διαφορικό χαμηλών στροφών από αριστερά και μεταφέρει την κίνηση στο διαφορικό υψηλών στροφών (από δεξιά) κάνοντάς το να περιστρέφεται με ταχύτητα 50 φορές μεγαλύτερη από αυτή του διαφορικού χαμηλών στροφών.

Λόγω της χαμηλής ταχύτητας περιστροφής του δρομέα (μεταξύ 15 έως 35rpm), σε σχέση με τις συνήθεις ταχύτητες περιστροφής στις γεννήτριες (μεταξύ 1000 και 3000rpm), συνήθως εφαρμόζεται κατάλληλο κιβώτιο για τον πολλαπλασιασμό των στροφών. Το στέγαστρο του κιβωτίου ταχυτήτων σχεδιάζεται ώστε να μεταδίδει όλες τις στατικές και δυναμικές φορτίσεις κατευθείαν στη κατασκευή του πύργου. Μπορεί να έχει περισσότερα από ένα στάδια πολλαπλασιασμού των στροφών, με αντίστοιχα περισσότερους από δύο παράλληλους άξονες. Ο χαμηλόστροφος άξονας εφαρμόζει άμεσα στο δρομέα, ενώ ο υψηλόστροφος άξονας εφαρμόζει στη γεννήτρια μέσω ελαστικού συνδέσμου. Σπάνια εφαρμόζεται και συμπλέκτης.



Εικόνα 3.3.6: Κιβώτιο ταχυτήτων

9. **Γεννήτρια:** Η ηλεκτρική γεννήτρια είναι μια σύγχρονη ή μια ασύγχρονη γεννήτρια. Οι σύγχρονες γεννήτριες είναι λίγο πιο αποδοτικές από τις επαγωγικές και έχουν το πλεονέκτημα της δυνατότητας ελέγχου της αέργου ισχύος τους. Στις τελευταίες ανεμογεννήτριες η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς είναι μεταξύ 600 και 3000 kW. Συνήθως είναι σύγχρονη με 2 έως και 10 ζεύγη πόλων και συνδέεται με τον άξονα κιβωτίου προσαρμογής, μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου, που μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Η ταχύτητα της γεννήτριας για συχνότητα των 50Hz, που έχει το κεντρικό δίκτυο διανομής, θα πρέπει να είναι:

- Για δύο ζεύγη πόλων ($p=2$), $\eta_s = \frac{f \cdot 60}{P} = \frac{50 \cdot 60}{2} = 1500 \text{στρ./ min}$
- Για 10 ζεύγη πόλων ($p=10$), $\eta_s = \frac{f \cdot 60}{P} = \frac{50 \cdot 60}{10} = 300 \text{στρ./ min}$

Η θερμοκρασία της γεννήτριας ελέγχεται με αισθητήρες (στις περιελίξεις) που παρέχουν άμεση ανάγνωση της θερμοκρασίας στην οθόνη του ελεγκτή κι ένα σήμα για αυτόματο κλείσιμο της ανεμογεννήτριας, όταν ξεπερνιέται κάποιο συγκεκριμένο όριο θερμοκρασίας, που μπορεί να έχει προκαθοριστεί από το χρήστη. Η γεννήτρια ψύχεται μ' έναν θερμοστατικά ελεγχόμενο ανεμιστήρα, ο οποίος προμηθεύει αέρα περιβάλλοντος στο στέγαστρο της, όποτε αυτό είναι αναγκαίο. Ο αέρας ψύξης διοχετεύεται στον ανεμιστήρα της γεννήτριας μέσω αεραγωγών στο εμπρόσθιο τμήμα του θαλάμου. Τόσο στην είσοδο αέρα στο εμπρόσθιο τμήμα όσο και στην έξοδο του στο εμπρόσθιο τμήμα του θαλάμου, υπάρχουν συνήθως ανακλαστικές για την απορρόφηση του θορύβου. Το σύστημα προσαγωγής - απαγωγής εμποδίζει τον αέρα ψύξης να ανακυκλοφορεί και επιπλέον μειώνει τη δια του αέρα μετάδοση του θορύβου που παράγεται από την μηχανή.

10. **Σύστημα πέδησης:** Εφαρμόζεται για προστασία της ανεμογεννήτριας στις υψηλές ταχύτητες, για έλεγχο ή και για εργασία συντήρησης. Το σύστημα πέδησης μπορεί να συμπεριλαμβάνει αεροδυναμικό και μηχανικό σύστημα ασφαλείας, που συνίσταται από: μερικό έλεγχο του ανοίγματος (πτερύγιο, μεταπτερύγιο) και ένα μηχανικό φρένο με δύο επίπεδα ροπών ρυθμιζόμενα από το σύστημα ελέγχου. Η αεροπέδη διατηρείται σε θέση λειτουργίας από ενεργή υδραυλική πίεση. Εάν παρατηρηθεί εντολή στάσης της ανεμογεννήτριας, ή εάν προκύψει απώλεια ηλεκτρικής ισχύος από το δίκτυο, το υδραυλικό σύστημα αποσυμπιέζεται γρήγορα, ενεργοποιώντας έτσι την αεροπέδη και τα μηχανικά φρένα. Συγκεκριμένα, ανοίγουν όλες οι μαγνητικές βαλβίδες στη μονάδα της υδραυλικής αντλίας και ενεργοποιούνται τα ακροπτερύγια, όπως επίσης και το μηχανικό φρένο. Όταν επανεγκαθίσταται η παροχή ισχύος από το δίκτυο, ο ελεγκτής της ανεμογεννήτριας θέτει αυτόματα σε λειτουργία και τα δύο φρένα και ξαναξεκινά η ανεμογεννήτρια.

- **Αεροπέδη:** Τα πτερύγια είναι εξοπλισμένα με ένα κινητό πτερύγιο το οποίο, στην ενεργοποιημένη θέση, στρέφεται 90 μοίρες σε σχέση προς το επίπεδο του δρομέα, δρώντας έτσι ως μια αποτελεσματική αεροπέδη. Κατά τη συνήθη λειτουργία, το κινητό πτερύγιο διατηρείται σε θέση λειτουργίας με θετική υδραυλική πίεση που εφαρμόζεται μέσω ενός συστήματος διασύνδεσης. Το σύστημα διασύνδεσης ελέγχεται από υδραυλικό ενεργοποιητή πίσω από το κιβώτιο ταχυτήτων. Όταν απελευθερώνεται η υδραυλική πίεση, τα κινητά πτερύγια στρέφονται ταυτόχρονα στη θέση πέδης, με υδραυλική πίεση από έναν υδραυλικό συσσωρευτή. Θέτοντας και πάλι σε εφαρμογή το υδραυλικό σύστημα, τα κινητά πτερύγια στρέφονται πίσω στη θέση λειτουργίας, ενώ απελευθερώνονται και τα μηχανικά φρένα.

- **Μηχανικά φρένα:** Τα μηχανικά φρένα είναι συνήθως ασφαλείας – αστοχίας (fail safe), δύο σταδίων, τριών δίσκων, με σύστημα ελατηρίου που ενεργοποιεί τη δύναμη πέδησης. Το πρώτο στάδιο προσφέρει τη μέση ροπή για στάσεις συντήρησης και το δεύτερο στάδιο προσφέρει την υψηλή ροπή για στάσεις επείγουσας ανάγκης. Τα δισκόφρενα εφαρμόζονται στον υψηλόστροφο άξονα, για ακραία φορτία πέδησης. Αν και θα ήταν προτιμότερο να εφαρμοζόταν στον αργόστροφο άξονα (του δρομέα) ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργία τους και σε περίπτωση βλάβης του πολλαπλασιαστή των στροφών, (οι ροπές θα ήταν πολύ μεγάλες), ωστόσο επιλέγεται ως οικονομικότερη η εφαρμογή στον υψηλόστροφο άξονα. Τα φρένα διατηρούνται στην ανοικτή θέση (λειτουργίας) με ενεργή υδραυλική πίεση. Τα τακάκια των φρένων είναι συνήθως αυτορυθμιζόμενα, διατηρώντας δηλαδή σταθερή απόσταση μεταξύ αυτών και του δίσκου. Ένας αισθητήρας φθοράς, στον πίνακα ελέγχου της ανεμογεννήτριας, μπορεί να υποδεικνύει την ανάγκη για την αντικατάστασή τους.

11. **Μηχανισμός περιστροφής:** Ο μηχανισμός περιστροφής χρησιμοποιεί ηλεκτρικές μηχανές (κινητήρας περιστροφής) για να στρέφει το κουβούκλιο απέναντι στον άνεμο. Ο μηχανισμός περιστροφής ελέγχεται από ηλεκτρονικό ελεγκτή ο οποίος αντιλαμβάνεται τη διεύθυνση του ανέμου χρησιμοποιώντας τον ανεμοδείκτη.

Ηλεκτρονικός ελεγκτής: Περιέχει ένα υπολογιστή που παρακολουθεί διαρκώς την κατάσταση της ανεμογεννήτριας και ελέγχει τον μηχανισμό περιστροφής. Σε κάθε περίπτωση επιπλοκής, π.χ. υπερθέρμανση του κιβωτίου ταχυτήτων ή της γεννήτριας, σταματά αυτόματα την ανεμογεννήτρια και καλεί τον υπολογιστή του ελεγκτή της ανεμογεννήτριας μέσω μιας τηλεφωνικής σύνδεσης.

12. Ο μηχανισμός περιστροφής της ανεμογεννήτριας

Ο μηχανισμός περιστροφής της ανεμογεννήτριας χρησιμοποιείται για να στρέφει το δρομέα της ανεμογεννήτριας απέναντι στον αέρα. Η ανεμογεννήτρια λέγεται ότι έχει σφάλμα περιστροφής, αν ο δρομέας δεν είναι κάθετος στη διεύθυνση του ανέμου. Το σφάλμα περιστροφής συνεπάγεται ότι θα αξιοποιείται από την ανεμογεννήτρια μικρότερο μέρος της ενέργειας του ανέμου. Αν όμως αυτό ήταν το μόνο που συνέβαινε, τότε ο έλεγχος περιστροφής θα ήταν ένας εξαιρετικός τρόπος ελέγχου της ισχύος εισόδου στο ρότορα της ανεμογεννήτριας. Εκείνο το μέρος του ρότορα, όμως, που βρίσκεται πλησιέστερα στη διεύθυνση από την όποια φυσάει θα δέχεται μεγαλύτερη δύναμη απ' ό,τι το υπόλοιπο μέρος του ρότορα. Απ' τη μια αυτό συνεπάγεται ότι ο ρότορας θα έχει την τάση να στρέφεται

απέναντι στον αέρα αυτόματα. Απ' την άλλη, σημαίνει ότι τα πτερύγια θα γέρνουν μπρος και πίσω σε μια ταλαντωτική κίνηση σε κάθε περιστροφή του ρότορα. Οι ανεμογεννήτριες που λειτουργούν με σφάλμα περιστροφής δέχονται μεγαλύτερα φορτία κόπωσης απ' ότι ανεμογεννήτριες που είναι στραμμένες σε μια διεύθυνση κάθετη στον αέρα.

13. **Σύστημα προσανατολισμού:** Το σύστημα προσανεμισμού λειτουργεί ηλεκτρικά και οδηγείται από τον ελεγκτή της ανεμογεννήτριας με βάση τις πληροφορίες που καταγράφουν από τον ανεμοδείκτη που είναι εγκατεστημένος στην κορυφή του θαλάμου. Το σύστημα προσανεμισμού συνίσταται από το κατάστρωμα προσανεμισμού που είναι κατασκευασμένο από όλκιμο σίδηρο, ένα δακτύλιο περιστροφής με γρανάζι στο εσωτερικό του, μία ή δύο ηλεκτρικές μονάδες οδήγησης του συστήματος προσανεμισμού και ένα ρυθμιζόμενο σύστημα τριβής για να αποσβένει τις περιττές κινήσεις προσανεμισμού. Το πλήρες σύστημα, εφαρμόζει σε ένα κυλινδρικό κολάρο στην κορυφή του πύργου. Αν και φαίνεται απλό, το σύστημα αποδείχτηκε ένα από τα δυσκολότερα τμήματα που πρέπει να σχεδιαστούν σε μία ανεμογεννήτρια, καθώς δε μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια τα φορτία του, ειδικότερα σε συνθήκες τυρβώδους ανέμου. Το κατάστρωμα προσανεμισμού λειτουργεί ως σύνδεσμος μεταξύ του κιβωτίου πολλαπλασιασμού των στοφών και της κορυφής του πύργου. Η άνω πλευρά του καταστρώματος φέρει το κιβώτιο πολλαπλασιασμού των στοφών και δύο μονάδες γραναζιών οδήγησης του συστήματος προσανεμισμού. Ο δακτύλιος περιστροφής έχει δόντια γραναζιού στο εσωτερικό του και φέρει περιφερειακή σφράγιση για να προστατεύει το μηχανισμό οδήγησης από σκόνη και ρύπανση. Το σύστημα προσανεμισμού κατευθύνεται από έναν ή δύο πλανητικούς οδηγούς με ηλεκτρικούς κινητήρες. Οι οδηγοί προσανεμισμού έχουν υποστηρικτικά έδρανα κυλίσεως τοποθετημένα δίπλα στους οδοντωτούς τροχούς, στην κάτω πλευρά του καταστρώματος προσανεμισμού, για να εμποδίζουν λυγισμό των αξόνων των οδοντωτών τροχών κατά τη λειτουργία. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται αποτελεσματικά η θραύση των αξόνων των οδοντωτών τροχών και η επιβολή μεγάλων φορτίων στα έδρανα (οι δύο οδηγοί του προσανεμισμού τοποθετούνται σε ενάντιες θέσεις, ώστε η φθορά να κατανέμεται και στις δύο πλευρές των οδώντων του εσωτερικού γραναζιού του δακτυλίου, επεκτείνοντας έτσι τον ενεργό χρόνο ζωής του). Η κίνηση του συστήματος προσανεμισμού περιορίζεται από τα τακάκια, ώστε να αποφευχθούν τα φορτία αιχμής που θα προκαλούνταν από θυελλώδεις ανέμους και οι οποίοι θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην καταστροφή του γραναζιού προσανεμισμού από κόπωση. Τα τακάκια (frena) επιφέρουν δυνάμεις τριβής και στις δύο πλευρές του δακτυλίου περιστροφής, και

υφίστανται ρυθμιζόμενη φόρτιση με ελατήρια. Τέλος, υπάρχει αισθητήρας συστροφής καλωδίου, για να δίνει την ακριβή μέτρηση της περιστροφής του θαλάμου. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που ο αισθητήρας ανιχνεύσει τρεις πλήρεις στροφές των 360 μοιρών προς μια κατεύθυνση, ο ελεγκτής σταματά αυτόματα το δρομέα, αποσυστρέφει το καλώδιο και ξεκινά πάλι την ανεμογεννήτρια.

14. **Ανεμόμετρο και ανεμοδείκτης:** Το ανεμόμετρο και ο ανεμοδείκτης χρησιμοποιούνται για να μετρούν την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου. Τα ηλεκτρικά σήματα του ανεμόμετρου χρησιμοποιούνται από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας για να αρχίσει την λειτουργία της όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει μια ελάχιστη τιμή. Ο υπολογιστής σταματά τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας αυτόματα αν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί ένα ανώτατο όριο προκειμένου να προστατεύσει την ανεμογεννήτρια και το περιβάλλον αυτής. Τα σήματα του ανεμοδείκτη χρησιμοποιούνται από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας για να στρέφει αυτήν απέναντι στον άνεμο, μέσω του μηχανισμού περιστροφής.

15. **Πύργος:** Ο πύργος στις ανεμογεννήτριες αποτελεί τον κορμό της όλης κατασκευής διότι στηρίζει επάνω του το κουβούκλιο και τα κινούμενα μέρη της, δηλαδή ολόκληρη την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση.

Ο πύργος έχει σχήμα κωνικό έτσι ώστε να επιτευχθεί η αύξηση της αντοχής παράλληλα με εξοικονόμηση υλικών για μείωση του κόστους παραγωγής και η διάμετρος του αυξάνεται όσο πλησιάζουμε τη βάση. Η θεμελίωση του γίνεται με οπλισμένο σκυρόδεμα πάνω στο οποίο σταθεροποιείται με κοχλίες.

Τα τυπικά ύψη για τους πύργους είναι 40-80 μέτρα (το ύψος ενός κτιρίου 17 έως 27 ορόφων) και είναι τέτοια ώστε ο αέρας που προσπίπτει στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας να έχει ομαλή ροή και όχι τυρβώδη για την μείωση του θορύβου στο ελάχιστο. Γενικά είναι πλεονέκτημα ο πύργος να είναι ψηλός, αφού οι ταχύτητες του ανέμου αυξάνονται όσο απομακρύνεται από το έδαφος. Ένας πύργος μεταξύ 40 και 80 μετρα θα έχει μια σύγχρονη ανεμογεννήτρια 1000 kW.

Στο εσωτερικό του ο πύργος έχει καλώδια για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας και για την γείωση της κατασκευής καθώς επίσης και σκάλες και ανελκυστήρες για να μπορεί το προσωπικό που κάνει συντήρηση να φτάσει στο κέλυφος.

Μπορεί να εφαρμόζεται είτε πύργος δικτύωματος είτε πύργος σωληνωτού τύπου, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης και με τα εφαρμοζόμενα οικονομικά κριτήρια. Ο κάθε πύργος έχει τα πλεονεκτήματά του. Ο τύπου δικτύωματος είναι πιο οικονομικός, ενώ ο σωληνωτός

προσφέρει προστασία στους εργαζόμενους κατά τη συντήρηση και επισκευή της ανεμογεννήτριας σε άσχημες καιρικές συνθήκες. Ο πύργος θα πρέπει να στηρίζεται σε ισχυρή έδραση, και να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε οι ιδιοσυχνότητές του να μη συμπίπτουν με αυτές που επάγονται από το δρομέα. Ως δύσκαμπτος ορίζεται ένας πύργος που η ιδιοσυχνότητα του είναι μεγαλύτερη από του πτερυγίου.

- **Πύργος τύπου δικτυώματος:** Ο πύργος τύπου δικτυώματος είναι συμβατικής τριγωνικής στήριξης και κατασκευάζεται από χάλυβα. Τα στοιχεία του πύργου είναι συνήθως γαλβανισμένα εν θερμώ για την προστασία κατά της διάβρωσης. Μία κλίμακα, η οποία οδηγεί σε πλατφόρμα, βρίσκεται ακριβώς κάτω από την κορυφή του πύργου, για συντήρηση και επισκευή του δακτυλίου περιστροφής και για εύκολη πρόσβαση στο στέγαστρο του θαλάμου.
- **Πύργος σωληνωτού τύπου:** Ο πύργος σωληνωτού τύπου μπορεί να κατασκευάζεται από τσιμέντο ή από χαλυβδόφυλλα σε ένα ή περισσότερα τμήματα. Στην δεύτερη περίπτωση εφαρμόζονται συγκολλήσεις σε αυτόματα ελεγχόμενες μηχανές συγκόλλησης, ενώ οι επιφάνειες υπόκεινται αμμοβολή και πολυστρωματική επικάλυψη για προστασία κατά της διάβρωσης. Η πρόσβαση στην ανεμογεννήτρια γίνεται μέσω χαλύβδινης θύρας, που κλειδώνει και βρίσκεται στη βάση του πύργου και μιας εσωτερικής κλίμακας, που οδηγεί στο στέγαστρο του θαλάμου.



Εικόνα 3.3.7: Πύργοι τύπου σωληνωτού και δικτυώματος

16. **Ηλεκτρικός ηλεκτρολογικός πίνακας:** Τοποθετείται συνήθως στη βάση του πύργου και με τις κατάλληλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές διατάξεις,

παρακολουθεί, ελέγχει και συντονίζει με ασφάλεια όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.

17. **Βάση στήριξης (Θεμελίωση):** Η βάση κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα μέσα στο οποίο εγκιβοτίζεται ο κορμός του πύργου στήριξης, (εξωτερικές διαστάσεις οπλισμού και κατηγορία σκυροδέματος) καθορίζεται μετά από προσεκτική μελέτη μηχανικού.

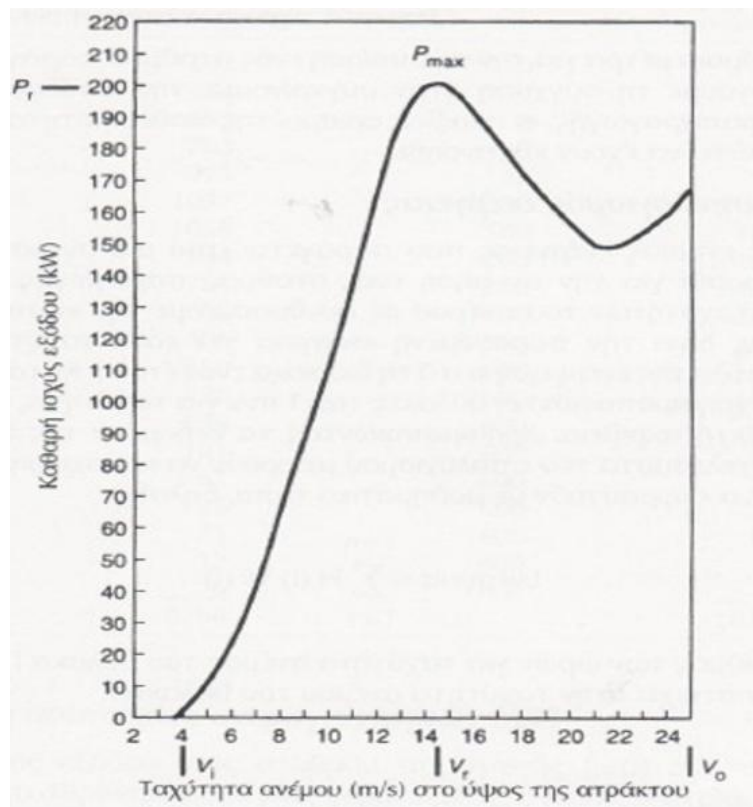


Εικόνα 3.3.8: Τοποθέτηση σκυροδέματος για τη δημιουργία της βάσης

3.4 Καμπύλη ισχύος

Η καμπύλη ισχύος μιας ανεμογεννήτριας δείχνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε συνάρτηση με την ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί στο ύψος της ατράκτου. 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. Οι καμπύλες ισχύος που προκύπτουν από αυτές τις δοκιμές καταγράφουν τους μέσους όρους μετρήσεων που λαμβάνονται μέσα σε χρονικά διαστήματα 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.



Εικόνα 3.4: Καμπύλη ισχύος

Στην παραπάνω καμπύλη φαίνονται οι εξής παράμετροι:

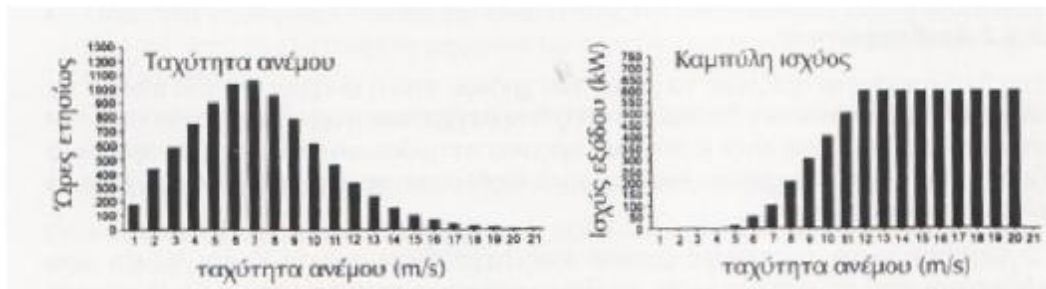
- Ταχύτητα κατωφλίου εισόδου V_i : Η ταχύτητα του ανέμου που η γεννήτρια αρχίζει να παράγει καθαρή ισχύ. Η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για την εκκίνηση της έλικας.
- Ταχύτητα κατωφλίου εξόδου V_o : Είναι η ταχύτητα του ανέμου που η γεννήτρια παράγει ισχύ με ελαττωμένο μηχανικό και αεροδυναμικό φορτίο και άνευ ηλεκτρικών απωλειών.
- Η εκτιμητές 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.

3.5 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 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. Συνεπώς η ενέργεια αυτή υπολογίζεται από:

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

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.



Πίνακας 3.5: Υπολογισμός ετήσιας ενέργειας

3.6 Πώς λειτουργεί η ανεμογεννήτρια κι εφαρμογες της

Η γενική αρχή λειτουργίας είναι η εξής:

Ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας, τα οποία είναι συνδεδεμένα με ένα περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας περνάει μέσα σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Το κιβώτιο συνδέεται με έναν άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής ο οποίος κινεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αν η ένταση του ανέμου ενισχυθεί πάρα πολύ, η τουρμπίνα έχει ένα φρένο που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων για να περιοριστεί η φθορά της και να αποφευχθεί η καταστροφή της.

Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να είναι περισσότερο από 15 kph για να μπορέσει η μια κοινή τουρμπίνα να παράγει ηλεκτρισμό. Συνήθως παράγουν 50-300 Kw η κάθε μία. 1 Kw ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να ανάψει 100 λάμπες των 100w.

Καθώς η γεννήτρια περιστρέφεται παράγει ηλεκτρισμό με τάση 25.000 volt. Το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει πρώτα από ένα μετεσχηματιστή στην ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ο οποίος ανεβάζει την τάση του στα 400.000 volt. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα διανύει μεγάλες αποστάσεις είναι καλύτερα να έχουμε υψηλή τάση.

Τα μεγάλα, χοντρά σύρματα της μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή αλουμίνιο για να υπάρχει μικρότερη αντίσταση στη μεταφορά του ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του σύρματος τόσο πιο πολύ θερμαίνεται. Έτσι κάποιο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας χάνεται επειδή μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια.

Τα σύρματα μεταφοράς ρεύματος καταλήγουν σε ένα υποσταθμό όπου οι μετασχηματιστές του μετατρέπουν την υψηλή τάση σε χαμηλή για να μπορέσουν να λειτουργήσουν ηλεκτρικές συσκευές.

Όπως είπαμε οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε έναν πύργο στήριξης για μεγιστοποίηση της παραγωγής τους. Το ύψος του πύργου ξεκινά από 30 και φτάνει σε περισσότερα μέτρα πάνω από το έδαφος έτσι ώστε μπορεί να γίνει εκμετάλλευση πιο ομαλού και ταχύτερου αέρα. Το ύψος του πύργου στήριξης και η τοποθέτηση των πτερυγίων του δρομέα σε αυτό το ύψος δίνει πρόσβαση σε μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου. Σε μερικές περιοχές, ανά 10 μέτρα ύψος, η ταχύτητα ανέμου μπορεί να αυξάνεται κατά 20% και η παραγωγή ενέργειας κατά 34%.

Εφαρμογές ανεμογεννήτριας

Η πρώτη μορφή ενέργειας που παίρνουμε από τον άνεμο είναι η μηχανική. Η μηχανική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική με τη βοήθεια μιας γεννήτριας. Η κινητική ενέργεια του άξονα περιστροφής μετατρέπεται και αυτή από μια γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι η αιολική ενέργεια μπορεί να βρει εφαρμογή ως ηλεκτρική ή μηχανική μορφή ενέργειας. Η σπουδαιότερη εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία διοχετεύεται στη συνέχεια στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται, φυσικά, και για την κάλυψη ή τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών απομακρυσμένων εξοχικών κατοικιών, βιομηχανικών μονάδων, ιστιοφόρων πλοίων κ.λ.π. Στις περιπτώσεις αυτές, για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της άπνοιας ή οι αυξημένες ανάγκες για ενέργεια κάποιες ώρες της ημέρας, η ενέργεια αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) και χρησιμοποιείται

όταν χρειάζεται. Εκτός όμως από τις περιπτώσεις αυτές, οι ανεμογεννήτριες γενικότερα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για αφαλάτωση νερού, αποθήκευση νερού, αποθήκευση συμπιεσμένου αέρα, αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, φωτισμό φάρων κ.λ.π.

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος του έλικά της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Αιολικό Πάρκο

4.1 Γενικά για τα αιολικά πάρκα

Η πρώτη ανάπτυξη αιολικού πάρκου έγινε τη δεκαετία του 1950 στο Λασίθι της Κρήτης και ήταν το μεγαλύτερο αιολικό πάρκο του κόσμου με 13.000 περίπου ανεμόμυλους, συνολικής ισχύος πάνω από 5 MW. Οι ανεμόμυλοι, φτιάχτηκαν από κατοίκους της περιοχής σε μια δύσκολη εποχή και περιοχή καθώς τα υλικά όπως και η τεχνολογία της τότε εποχής ήταν περιορισμένα τόσο σε ποσότητα όσο και σε ποικιλία. Οι ανεμόμυλοι αυτοί λειτουργούσαν ως αντλητικές μηχανές στα πηγάδια του κάμπου για να ποτιστούν οι καλλιέργειες το καλοκαίρι.

Η εποχή όμως και η τεχνολογία προχώρησαν και έτσι από τους ανεμόμυλους μεταβήκαμε στις ανεμογεννήτριες και συγκεκριμένα στη Κύθνο όπου το 1982 έγινε και το πρώτο αιολικό πάρκο με 5 ανεμογεννήτριες τύπου MAN, των 20kW όπου η κάθε μία δημιουργήθηκε σε ελληνικό έδαφος. Η εγκατάστασή τους ξεκίνησε από τη ΔΕΗ και στόχος ήταν η κάλυψη των αναγκών του νησιού κατά 25% όπου αργότερα ξεπέρασε το 75%. Έτσι ξεκίνησε και η εξέλιξη των αιολικών πάρκων και η δυνατότητα μελέτης και εγκατάστασης και σε άλλους χώρους πέραν των χερσαίων εκτάσεων.

Αιολικό πάρκο ονομάζεται η χερσαία, παράκτια, υπεράκτια έκταση στην οποία έχει τοποθετηθεί συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών με σκοπό τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια, οι οποίες

εγκαθίστανται και λειτουργούν σε περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύουν το σύνολο της παραγωγής τους στο ηλεκτρικό σύστημα.

Η Ελλάδα είναι μια χώρα προικισμένη σε αιολικό δυναμικό λόγω της μορφολογίας της και της γεωγραφικής της θέσης και σε στεριά και σε θάλασσα. Έτσι σύμφωνα με μετρήσεις της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από 0,8MW το 1987 έφτασε το 2013 στα 1793,4 MW με πρωτιά που κυριάρχησε στην περιφέρεια της Στερεάς Ελλάδας και την παραγωγή 584 MW. Όσον αφορά τώρα τη θάλασσα, τα υπεράκτια θαλάσσια πάρκα τα οποία έχουν εγκριθεί αλλά εξαιτίας της οικονομικής κατάστασης στην οποία βρίσκεται η Ελλάδα δεν έχουν υλοποιηθεί είναι στις παρακάτω περιοχές: Αϊ Στράτη, Αλεξανδρούπολη, Θάσο, Κάρπαθο, Κέρκυρα, Κρυνόρι, Κύμη, Λευκάδα, Λήμνο, Πεταλιόι, Σαμοθράκη, Φανάρι.

Η σημαντικότερη μέχρι τώρα εφαρμογή των ανεμογεννητριών όσον αφορά το οικονομικό μέρος είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας και η διοχέτευση του ρεύματος της παραγωγής τους στο υπόλοιπο ηλεκτρικό σύστημα της χώρας, καθώς και η δυνατότητα αυτόνομης λειτουργίας σε περιοχές όπου δεν ηλεκτροδοτούνται.

Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό θεωρείται εκείνο του οποίου, η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου ξεπερνά την τιμή των 5m/s. Όσο μεγαλύτερη όμως είναι η ταχύτητα του ανέμου τόσο περισσότερη ενέργεια παρέχεται στο σύστημα. Έτσι είναι σημαντικό να γνωρίζουμε με μεγάλη ακρίβεια το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής, ώστε με την κατάλληλη και ορθή μελέτη για τη σχεδίαση του αιολικού πάρκου να γίνεται όσο πιο άριστη εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

Σημαντικό ρόλο παίζει ο τόπος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη η ανωμαλιών του εδάφους. Κτιρίων, δέντρων, ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την αποδοτικότητα. Πριν την επιλογή της περιοχής απαιτείται μελέτη στατιστικών μετεωρολογικών δεδομένων για τις κατευθύνσεις των κυρίαρχων ανέμων για περίοδο ενός χρόνου.

4.2 Είδη αιολικών πάρκων

Σήμερα αιολικό πάρκο ονομάζεται μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών συνδεδεμένες σε παράλληλη ηλεκτρική σύνδεση, οι οποίες εγκαθίστανται και λειτουργούν σε μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό για την παραγωγή

ηλεκτρικής ενέργειας και διοχετεύουν το σύνολο της παραγωγής τους στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Ανάλογα με το μέρος όπου εγκαθίστανται οι συστοιχίες των ανεμογεννητριών, τα αιολικά πάρκα διακρίνονται σε χερσαία, παράκτια και υπεράκτια.

Τα χερσαία αιολικά πάρκα είναι εγκατεστημένα σε χερσαίες περιοχές και απέχουν τρία τουλάχιστον χιλιόμετρα από την κοντινότερη ακτογραμμή. Η κατασκευή τους γίνεται κατά κανόνα σε κορυφογραμμές μεγάλου υψομέτρου, όπου παρουσιάζονται μεγάλες ταχυότητες ανέμων που αναπτύσσονται εκεί. Τέτοιου είδους πάρκα, εντοπίζονται και σε πεδινές περιοχές στις οποίες γίνεται προσπάθεια για την πλήρης αξιοποίηση του μεγαλύτερου δυνατού ποσοστού αιολικού δυναμικού.

Το μεγάλο πρόβλημα για την χερσαία εγκατάσταση είναι η μεταφορά του εξοπλισμού στο σημείο εκείνο εξαιτίας του όγκου των μηχανημάτων, των δύσβατων περιοχών και του ελλιπούς οδικού δικτύου. Έτσι το κόστος κατασκευής του πάρκου αυξάνεται και ειδικά όταν απαιτούνται περαιτέρω εργασίες όπως η διάνοιξη δρόμων για τη διέλευση των μηχανημάτων. Ακόμα και στις πεδινές περιοχές όμως υπάρχει κάποια σύγκρουση είτε από αγρότες για τη καλλιέργεια της γης είτε για εκμετάλλευση της γης για άλλου είδους δραστηριότητες. Όμως τα αιολικά πάρκα μπορούν να συνυπάρξουν με τα προαναφερθέντα. Ωστόσο σε κάθε είδους από τα παραπάνω πάρκο απαιτείται σημαντική εφαρμοσμένη μηχανική όσον αφορά την υποδομή, την τοποθέτηση, την ηλεκτρική σύνδεση και την χρήση υλικών αναλόγως με τον κάθε τόπο και το μέρος που βρίσκεται.



Εικόνα 4.2.1: Χερσαίο αιολικό πάρκο

Παράκτια αιολικά πάρκα είναι πάρκα τα οποία είναι εγκατεστημένα σε απόσταση από την ακτογραμμή μικρότερη των τριών χιλιομέτρων ή των δέκα χιλιομέτρων προς τη θάλασσα. Έχουν μεγάλο πλεονέκτημά λόγω των ισχυρών ανέμων εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Όμως τόσο τα παράκτια όσο και τα χερσαία πάρκα είναι το ίδιο διαδεδομένα και τεχνολογικά όμοια μεταξύ τους σε αντίθεση με τα παράκτια πάρκα εντός της θάλασσας τα οποία παρουσιάζουν δυσκολίες παρόμοιες με αυτές των υπεράκτιων όσον αφορά την στήριξη και τη βάση των ανεμογεννητριών.

Η αξία της γης σε παραθαλάσσιες περιοχές κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα προκαλώντας πρόβλημα στο κόστος της επένδυσης αλλά και στις αντιδράσεις όσον αφορά στην υποβάθμιση του τουριστικού προϊόντος καθώς και στην ασφάλεια των λουόμενων. Ένα άλλο πρόβλημα επίσης είναι οι κατηγορίες που αντιμετωπίζουν οι εγκαταστάσεις εντός της θάλασσας οι οποίες είναι για παρεμπόδιση αλιείας, υποβάθμιση ποιότητας και ποσότητας αλιευτικού προϊόντος καθώς και οι δυσκολίες που θα αντιμετωπίσει η ναυσιπλοΐα.



4.2.2: Παράκτιο αιολικό πάρκο

Υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι τα πάρκα τα οποία βρίσκονται τοποθετημένα μέσα στη θάλασσα και έχουν απόσταση από την ακτή μεγαλύτερη απ τα δέκα χιλιόμετρα. Η εγκατάστασή τέτοιου είδους πάρκων προϋποθέτει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του πυθμένα., όπως τη διατήρηση μικρού βάρους να είναι σε ικανοποιητική απόσταση από την ακτή καθώς και την μορφολογία του εδάφους και του βυθού ώστε να μην υπάρχουν απότομες κλίσεις.

Τα παράκτια πάρκα είναι η εξέλιξη στον τομέα της αιολικής ενέργειας εξαιτίας των διαθέσιμων θαλασσών και της τεχνολογικής εξέλιξης των ανεμογεννητριών και είναι η 'λύση' στο πρόβλημα κάλυψης των ανεμογεννητριών στις χερσαίες περιοχές. Τα προτερήματα που παρουσιάζουν είναι πολλά. Η μικρή διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θάλασσας επιφάνειας και ατμόσφαιρας κάνει τον άνεμο να είναι απαλλαγμένο από φαινόμενα τυρβής, και σημειώνεται αύξηση της απόδοσης ενώ η ταχύτητα του είναι μεγαλύτερη, συμβάλλοντας στην επίτευξη έως 30% μεγαλύτερων αποδόσεων και περιορίζοντας την καταπόνηση των ανεμογεννητριών. Λόγω της ομοιόμορφης κατανομής των ταχυτήτων του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας η τραχύτητα περιορίζεται και επιτρέπει τη χρήση πιο οικονομικών και χαμηλών ανεμογεννητριών.

Τέλος, με την εγκατάσταση πάρκων στη θάλασσα, σε αξιοσημείωτη απόσταση από την ξηρά, περιορίζεται η επίδραση τους στο ανθρώπινο περιβάλλον και τις χρήσεις της ακτής. Ωστόσο, η εφαρμογή τους παρουσιάζει δυσκολίες τεχνικής και οικονομικής φύσης. Η μεταφορά, εγκατάσταση, ασφαλής στήριξη και συντήρηση των ανεμογεννητριών απαιτεί πολύπλοκες διαδικασίες, υψηλού κόστους. Η διασύνδεση των υπεράκτιων μηχανών με τα χερσαία συστήματα, προϋποθέτει ιδιαίτερες μελέτες και χρήση πολύπλοκων μηχανισμών, προκειμένου να εξαλειφθεί ο κίνδυνος.



Εικόνα 4.2.3: Υπεράκτιο αιολικό πάρκο

4.3 Τρόπος λειτουργίας αιολικού πάρκου

Κύριο συστατικό στοιχείο για την λειτουργία ενός αιολικού πάρκου είναι το φυσικό στοιχείο άνεμος. Η κίνηση των πτερυγίων από τον άνεμο δίνουν κίνηση στη γεννήτρια η οποία με τη σειρά της παράγει ηλεκτρισμό. Ο άνεμος όμως μεταβάλλεται εύκολα προκαλώντας προβλήματα και αλλαγές στην κατεύθυνσή του τα οποία αντιμετωπίζονται εύκολα για να μην υπάρξει κάποια ανωμαλία στη λειτουργία της γεννήτριας. Το μόνο που χρειάζεται για να γίνει αυτό είναι κάποιο σύστημα το οποίο κρατάει τα πτερύγια στη σωστή θέση. Οι αλλαγές στην ταχύτητα του ανέμου είναι μεγάλο πρόβλημα και ακόμα μεγαλύτερο όταν ο άνεμος σταματάει εντελώς ή φυσάει πάρα πολύ δυνατά με αποτέλεσμα την καταστροφή των πτερυγίων τους, και επίσης προκαλούνται μεταβολές στην παροχή ενέργειας στις γεννήτριες. Ένα άλλο απαραίτητο εξάρτημα για τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας σε αιολικό πάρκο θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι ο μετασχηματιστής ο οποίος δεν διαφέρει στα κατασκευαστικά του στοιχεία με αυτούς στις κολώνες της Δ.Ε.Η. Η δουλειά του είναι να μετατρέπει τη χαμηλή τάση σε μέση τάση ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να μεταφερθεί από το δίκτυο της Δ.Ε.Η.. Με λίγα λόγια η ανεμογεννήτρια αποτελείται από υπομονάδες και υποσυστήματα.

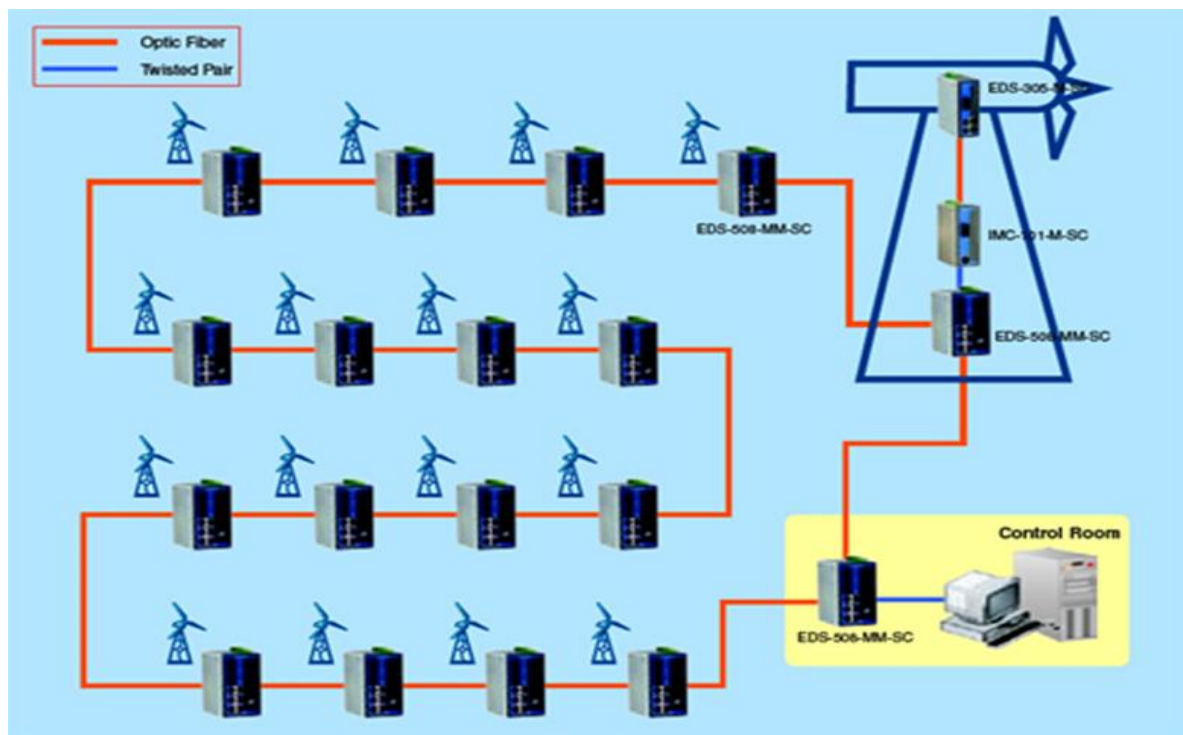
Το ρεύμα που έχει παραχθεί πηγαίνει διαμέσο των καλωδίων στον μικρό υποσταθμό της κάθε ανεμογεννήτριας (μετασχηματιστή) όπου γίνεται η μετατροπή της τάσης του από χαμηλή σε μέση τάση. Έπειτα το ρεύμα από όλες τις ανεμογεννήτριες περνάει από τον κεντρικό υποσταθμό μέσης τάσεως διαμέσο του δικτύου μέσης τάσης. Έτσι έχουμε την μαζική αποστολή όλου του ρεύματος που έχει παραχθεί σε όλο το αιολικό πάρκο στον υποσταθμό υψηλής τάσεως.

Ο υποσταθμός υψηλής τάσεως είναι το τελευταίο μέρος διαχείρισης του ρεύματος από το πάρκο. Το ρεύμα, αφού έχει μετατραπεί η τάση του σε υψηλή για την καλύτερη δυνατή μεταφορά του, διοχετεύεται στο εθνικό δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της γραμμής διασύνδεσης υψηλής τάσης. Τέλος, τα σύρματα μεταφοράς ρεύματος υψηλής τάσης καταλήγουν σε ένα υποσταθμό όπου οι μετασχηματιστές του μετατρέπουν την υψηλή τάση σε χαμηλή για να μπορέσουν να λειτουργήσουν οι ηλεκτρικές συσκευές από τους καταναλωτές. Όλη η παραπάνω διαδικασία εποπτεύεται από την κεντρική εγκατάσταση που είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο του αιολικού πάρκου, τις ρυθμίσεις βέλτιστης απόδοσης σε όλη το αιολικό πάρκο καθώς και για την άμεση παρέμβαση σε αστοχίες υλικών και εργασίες συντήρησης.

Η λειτουργία τώρα ενός αιολικού πάρκου παρακολουθείται καθημερινά και ελέγχεται μέσω ενός συστήματος που λέγεται SCADA. Το SCADA εγκαθίστανται κυρίως σε εργοστάσια, σταθμούς παραγωγής και σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Το SCADA ή πιο αναλυτικά **Supervision Control And Data Acquisition** (Ελέγχου Εποπτείας και Απόκτηση Δεδομένων) είναι ένα βιομηχανικό σύστημα το οποίο μετράει, ελέγχει, παρακολουθεί και μεταφέρει τα δεδομένα της λειτουργίας από απόσταση. Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν κύριο σταθμό, μία MTU, στοιχεία συλλογής τομέων και μονάδες ελέγχου καθώς και μία συλλογή λογισμικού το οποίο χρησιμεύει για τον εντοπισμό και την καταγραφή των στοιχείων σε μακρινή απόσταση που μεταφέρει πληροφορίες. Το σύστημα αυτό παρέχει τη δυνατότητα συλλογής πληροφοριών όλων των σημείων της εγκατάστασης, απεικόνισης τους σε έγχρωμες οθόνες και εκτύπωσης αναφορών τους, υλοποίησης τηλεχειρισμών και ρυθμίσεων P ID, απεικόνισης και στατιστικής επεξεργασίας των πληροφοριών και ρύθμιση παραγωγής με χρήση Expert Systems.

Το σύστημα αυτό είναι διασυνδεδεμένο με τις ανεμογεννήτριες, μετεωρολογικούς σταθμούς και υποσταθμούς δηλαδή τα βασικά μέρη ενός αιολικού πάρκου σε έναν κεντρικό υπολογιστή ο οποίος παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να παρακολουθεί και να ελέγχει τη λειτουργία του

αιολικού πάρκου. Το σύστημα επίσης παρέχει και αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του αιολικού πάρκου και έτσι μπορούν να εντοπιστούν τυχόν αστοχίες που έχουν γίνει ή προβλήματα λειτουργίας συγκεκριμένων ανεμογεννητριών.



Εικόνα 4.3 Σύστημα SCADA

4.4 Οφέλη χρήσης αιολικού πάρκου

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια θεαματική άνοδος της ηλεκτρικής ισχύος η οποία είναι εγκατεστημένη σε νησιώτικες περιοχές της χώρας μας. Ο μεγάλος αυτός ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας έφερε ανησυχία στην τοπική κοινωνία για πιθανές επιπτώσεις στο οικοσύστημα, που άλλοτε ήταν υπερβολικές και άλλοτε έπρεπε να μελετηθούν επιπλέον για να γίνουν πιο φιλικές. Σε κάθε περίπτωση και πριν τη μη ή εγκατάστασή τους στην τοπική κοινωνία υπάρχει πληροφόρηση για τα οφέλη και τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον.

Τα οφέλη της χρήσης της αιολικής ενέργειας είναι αρκετά. Αρχικά ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη, δωρεάν και σε αντίθεση με τα ορυκτά υλικά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Αυτού του είδους η ενέργεια είναι ανταγωνιστική ως προς την οικονομία και το πιο σημαντικό φιλική στο περιβάλλον γιατί δεν το επιβαρύνει με επικίνδυνους αέριους ρύπους όπως γίνεται με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Προστατεύει κάποια ειδικά κτίρια, όπως αυτά εταιρειών τηλεφωνίας, όπου είναι απαραίτητη η

παροχή ηλεκτρικής ισχύος ακόμη και όταν το υπόλοιπο κράτος είναι σε ολική διακοπή. Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας συμβάλλοντας έτσι στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας καθώς και στην ασφάλεια κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη χώρα μας και την Ευρώπη γενικότερα.

Άλλο ένα σημαντικό πλεονέκτημα της εγκατάστασης αιολικού πάρκου είναι ότι βοηθά στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος και έτσι μειώνονται οι απώλειες μεταφοράς ενέργειας και το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται σε ορεινές και δύσβατες περιοχές κάτι το οποίο παλιότερα ήταν πολύ δύσκολο λόγω οικονομικού κόστους.

Δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας και έτσι συμβάλλει και αυτό με τον τρόπο του στο πρόβλημα της ανεργίας. Υπολογίζεται ότι στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας από την έναρξη των εργασιών μέχρι και το πέρας απασχολούνται περισσότεροι από 2 εκατομμύρια εργαζόμενοι. Ακόμα πιο προσιτή και οικονομική λύση το κάνουν οι περιορισμένες απαιτήσεις γης καθώς και το χαμηλό λειτουργικό κόστος του. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας βρίσκεται σε αλματώδη ανάπτυξη και το μέλλον της θαυμάζει λαμπρό.

4.5 Επιπτώσεις αιολικών εγκαταστάσεων στο περιβάλλον

Προφανώς η κατασκευή αιολικών πάρκων εκτός από τα οφέλη στο περιβάλλον παρουσιάζει και ορισμένες επιπτώσεις.

Αρχικά το υψηλό κόστος κατασκευής ενός αιολικού πάρκου το οποίο διακρίνεται ανάλογα με το είδος του δηλαδή σε ξηρή ή θάλασσα. Η κατασκευή ενός αιολικού πάρκου στη ξηρή είναι ακριβή αλλά ακριβέστερη είναι η κατασκευή του στη θάλασσα και αυτό διότι απαιτούνται μεγάλα κεφάλαια λόγω βυθού και της σύνδεσης του με υποθαλάσσιο καλώδιο ώστε να συνδεθεί με το υπόλοιπο ηλεκτρολυτικό σύστημα της χώρας. Οι ανεμογεννήτριες που περιβάλλουν ένα τέτοιου είδους αιολικό πάρκο πρέπει η κατασκευή τους να είναι ανθεκτική ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν σε δύσκολες καιρικές συνθήκες όπως θύελλες, πανύψηλα κύματα και πάνω από όλα το αλμυρό νερό. Επίσης σημαντικό πρόβλημα των ανεμογεννητριών είναι ο θόρυβος που πηγάζει από αυτές και διακρίνεται σε δύο κατηγορίες πάντα ανάλογα με το είδος του. Στον μηχανικό και στον αεροδυναμικό θόρυβο.

Ο μηχανικός θόρυβος είναι ο ο θόρυβος ο οποίος είναι αποτέλεσμα των περιστρεφόμενων μηχανικών τμημάτων που απαρτίζουν μια ανεμογεννήτρια.

Ενώ αεροδυναμικός θόρυβος είναι ο θόρυβος που προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας. Ο θόρυβος αντιμετωπίζεται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του.

Βέβαια οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι μηχανικά πιο ήσυχες σε σύγκριση με την ισχύ που παράγουν και αυτό οφείλεται στις μελέτες των κατασκευαστών και στις βελτιώσεις τους έχοντας ως αποτέλεσμα να γίνονται όλο και πιο αθόρυβες. Η μείωση ή ελαχιστοποίηση των μηχανικών θορύβων επιτυγχάνεται με δυο τρόπους είτε με την σχεδίαση εξαρχής των γρاناζιών πλάγιας οδόντωσης είτε με την ηχομονωτική επένδυση στο εσωτερικό στο κέλυφος της κατασκευής, καθώς επίσης με ηχομονωτικά πετάσματα και αντικραδασμικά πλέγματα στήριξης. Στην αντιμετώπιση τώρα του αεροδυναμικού θορύβου συμβάλλει η προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων από τους κατασκευαστές οι οποίοι έχουν ως κύρια προτεραιότητα την ελάττωσή του τόσο ώστε ο θόρυβος από μία ανεμογεννήτρια σύγχρονων προδιαγραφών να είναι μικρότερος σε απόσταση 200 μέτρων από αυτόν που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου περιβάλλοντος και δεν αποτελεί πηγή ενόχλησης.

Επίσης ένα άλλο μεγαλύτερο πρόβλημα το οποίο υπήρχε στην πρώτη γενιά ανεμογεννητριών ήταν τα μεταλλικά πτερύγια τα οποία είχαν ως αποτέλεσμα την αυξομείωση του σήματος λόγω των αντανάκλασεων αλλά πλέον και αυτό αντιμετωπίζεται καθώς η κατασκευή των πτερυγίων των συγχρόνων ανεμογεννητριών γίνεται αποκλειστικά από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελάχιστη επίπτωση στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Οι ταχύτητες του ανέμου είναι τέτοιες που προκαλούν το θόρυβό του σε δένδρα και θάμνους με αποτέλεσμα την υπερκάλυψη του οποιουδήποτε θορύβου προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες. Έτσι για την εγκατάσταση και διεκπεραίωση ενός αιολικού πάρκου λαμβάνονται υπόψη όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με τη γεωγραφική θέση του μέρους όπου θα εγκατασταθεί για την καλύτερη απόδοση του. Επίσης τα αιολικά πάρκα δεν προκαλούν αύξηση

του ήδη υπάρχοντος θορύβου εκτός των ορίων τους ακόμη και όταν αυτά βρίσκονται σε κατοικημένες περιοχές αλλά ούτε και σε ανθρώπους.

Όσον αφορά το θέμα ότι οι ανεμογεννήτριες είναι πρόβλημα στη γεωργία ή στην κτηνοτροφία της περιοχής που είναι τοποθετημένες οι ανεμογεννήτριες δε βασίζεται κάπου και αυτό διότι δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι τα αιολικά πάρκα επιβαρύνουν αυτούς τους δυο τομείς. Ο χώρος γύρω από τον οποίο είναι εγκατεστημένες οι ανεμογεννήτριες δεν απαγορεύει την ανάπτυξη αγροτικής δραστηριότητας ακόμη και μετά την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου. Αντιθέτως έχει παρατηρηθεί σε αιολικά πάρκα ότι έλκουν αιγοπρόβατα λόγω της δροσιάς που τους προσφέρουν οι πύργοι των ανεμογεννητριών

Επίσης έχουν υπάρξει καταγγελίες τόσο από ενώσεις κυνηγών όσο και ορνιθολόγων για τις επιπτώσεις των αιολικών πάρκων στον πληθυσμό των άγριων πουλιών της κάθε περιοχής με αποτέλεσμα και κάποιες φορές να οδηγήσουν ακόμα και στο πάγωμα αδειοδότησης τους. Πολλές φορές τα πουλιά κατά το πέταγμα τους έρχονται σε σύγκρουση με κτίρια και άλλου είδους κατασκευές. Σύμφωνα με μελέτες οι ανεμογεννήτριες δεν προκαλούν ιδιαίτερο πρόβλημα λαμβάνοντας υπόψη υπολογισμούς από τον συνολικό αριθμό πουλιών που σκοτώνονται κάθε χρόνο οι θάνατοι που οφείλονται σε ανεμογεννήτριες ανέρχονται μόνο στους είκοσι (για εγκατεστημένη ισχύ 1000 MW), 1.500 θάνατοι οφείλονται στους κυνηγούς και 2.000 σε πρόσκρουση με οχήματα και σε γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Ασφαλώς βέβαια το θέμα της προστασίας του πληθυσμού των πουλιών σε ευαίσθητες οικολογικά και προστατευόμενες περιοχές πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση σχεδιασμού και χωροθέτησης του αιολικού πάρκου.

Ένα άλλο θέμα που προβληματίζει την τοπική κοινωνία της περιοχής όπου είναι εγκατεστημένα τα αιολικά πάρκα είναι οι ισχυρισμοί οι οποίοι αφορούν στη μείωση της αξίας της γης σε αυτές τις περιοχές. Ακόμα και αυτοί οι ισχυρισμοί δεν έχουν βάσιμα στοιχεία κι αυτό γιατί οι περιοχές που επιλέγονται για τέτοιου είδους επενδύσεις είναι ορεινές και η βλάστηση δεν είναι τόσο αναπτυγμένη.

Σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο ισχύουν αρκετά από τα παραπάνω προβλήματα αλλά σαφώς υπάρχουν και κάποιες επιπρόσθετες επιπτώσεις που αξίζει να ειπωθούν λόγω της ιδιαίτερης τοποθεσίας των πάρκων. Μια επίπτωση είναι για τους θαλάσσιους οργανισμούς.

Με την πάροδο των ετών, στα θεμέλια των ανεμογεννητριών μπορεί να δημιουργηθούν τεχνητοί ύφαλοι με ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών από την αναμενόμενη αύξηση

της τροφής. Αυτή η αύξηση μπορεί να επιφέρει με την σειρά της αύξηση και στον αριθμό των πουλιών που αναζητούν την τροφή τους στη περιοχή με ως αποτέλεσμα τις πιθανές συγκρούσεις αυτών με τους πύργους και τα πτερύγια των ανεμογεννητριών.

Υπάρχουν βέβαια και άλλες περιπτώσεις επιπτώσεων για παράκτια ή υπεράκτια αιολικά πάρκα που είναι πιο περίπλοκες.

Συμπεραίνοντας λοιπόν από τα παραπάνω ένας εύκολος τρόπος για να πειστεί κάποιος για τη χρήση των αιολικών πάρκων δεν είναι άλλος πέραν του να κάνει μια επίσκεψη σε ένα αιολικό πάρκο σε ώρα λειτουργίας του.

4.6 Συντήρηση αιολικού πάρκου

Στο παρών υπόκεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται οι σημαντικότερες διαδικασίες συντήρησης ενός αιολικού πάρκου προκειμένου να αποφευχθούν τεχνικά προβλήματα, αστοχίες και ατυχήματα κατά τη λειτουργία του.

Αρχικά θα πρέπει να γνωρίζουμε την συντήρηση για μια ανεμογεννήτριας. Για την συντήρηση μιας ανεμογεννήτριας, γίνεται έλεγχος και αντικατάσταση κάποιων υλικών στα ηλεκτρικά και μηχανολογικά μέρη της. Τα προγράμματα συντήρησης χωρίζονται σε τέσσερις τομείς που αναφέρονται παρακάτω :

- **Τρίμηνη συντήρηση**

Αυτού του είδους η συντήρηση πραγματοποιείται τρεις μήνες μετά την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας και αφορά έλεγχο των ηλεκτρικών μέρων και των κοχλιών σύνδεσης.

- **Εξάμηνη συντήρηση**

Η πρώτη εξάμηνη συντήρηση γίνεται έξι μήνες μετά την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας και επαναλαμβάνεται μετά από ένα χρόνο. Αφορά έλεγχο των ηλεκτρικών και μηχανικών μέρων, λίπανση των ρουλεμάν και άλλων κρίσιμων μερών καθώς και έλεγχο της πίεσης των υδραυλικών συστημάτων.

- **Δωδεκάμηνη συντήρηση**

Αυτού του είδους η συντήρηση πραγματοποιείται ένα έτος μετά την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας. Αφορά έλεγχο πιεζοστατων, αλλαγή

φίλτρων καθώς και την επανάληψη των εργασιών που γίνονται στην εξάμηνη συντήρηση.

- **Συντήρηση 4 ετών**

Αυτού του είδους η συντήρηση πραγματοποιείται τέσσερα έτη μετά την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας και περιλαμβάνει την τρίμηνη και την ετήσια συντήρηση μαζί.

Ποιο αναλυτικά, οι ανεμογεννήτριες είναι αρκετά πολύπλοκες μηχανές και η σωστή λειτουργία τους επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων όπως είναι οι καιρικές συνθήκες, η ταχύτητα του ανέμου, οι δονήσεις των πτερυγίων κ.α. Επομένως είναι πολύ σημαντική η ορθή και τακτική συντήρηση τους προκειμένου να προληφθούν καταστάσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπανόρθωτες ζημιές.

Οι κυριότεροι παράγοντες που δημιουργούν πρόβλημα στις ανεμογεννήτριες είναι οι δονήσεις και η επικάθηση σκόνης.

- Οι δονήσεις που δέχονται κυρίως τα πτερύγια αλλά και άλλα μέρη μιας ανεμογεννήτριας από τον άνεμο είναι ο παράγοντας που καθορίζει κατά το μέγιστο τη πιθανότητα λειτουργικής αστοχίας ή ατυχήματος. Οι δονήσεις μπορούν να προκαλέσουν τη μετατόπιση υλικών, την αποκόλληση κάποιων συνδέσμων ακόμα και το μερικό ή ολικό σπάσιμο των πτερυγίων.
- Η σκόνη (με τη μορφή γύρης, χνουδιών, σπόρων, εντόμων, κλπ.) παρεμποδίζει τη ροή του αέρα και μειώνει την ψύξη οπότε κατά συνέπεια αυξάνεται η θερμοκρασία των διαφόρων μηχανικών και ηλεκτρικών εξαρτημάτων όπως η γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, το κιβώτιο ταχυτήτων, κλπ.

Για την εξάλειψη αυτών των προβλημάτων και την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας λειτουργικής αστοχίας ή ατυχήματος είναι απαραίτητη η εκτέλεση της κατάλληλης προληπτικής συντήρησης. Κάθε κατασκευαστής ανεμογεννητριών παρέχει το δικό του εγχειρίδιο και πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης.

Οι αναγκαίες συντηρήσεις ενός αιολικού πάρκου χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

- Προληπτική συντήρηση
- Έγκαιρη συντήρηση
- Προαιρετική συντήρηση
- Διορθωτική συντήρηση

Η ετήσια προληπτική συντήρηση περιλαμβάνει διάφορες εργασίες και δραστηριότητες στα διαφορετικά μέρη των ανεμογεννητριών όπως λίπανση των κινούμενων μερών, εκτέλεση αποσυναρμολόγησης του κιβωτίου ταχυτήτων των ανεμογεννητριών, ρυθμίσεις ή και αντικατάσταση εξαρτημάτων, εκτέλεση λειτουργικών ελέγχων.

Η προληπτική συντήρηση είναι σημαντική εκτός των άλλων και για τη βελτίωση της λειτουργίας των ανεμογεννητριών. Για παράδειγμα, η λίπανση των κινούμενων μερών εάν δεν εκτελεστεί, μπορεί να προκαλέσει σοβαρές συνέπειες ακόμα και σε βραχυπρόθεσμες λειτουργίες.

Εκτός της προληπτικής συντήρησης υπάρχει και η «έγκαιρη» συντήρηση. Οι στόχοι της είναι οι ίδιοι, δηλαδή η βελτίωση της αξιοπιστίας εξαλείφοντας πιθανές βλάβες ωστόσο έχει ορισμένες ιδιαιτερότητες. Αυτού του τύπου η συντήρηση βασίζεται στην ανάλυση συγκεκριμένων στοιχείων για μία έγκαιρη ανίχνευση των μεταβολών στις συνθήκες λειτουργίας και εκτελείται τακτικά αναλύοντας ορισμένα δεδομένα τα οποία οι τεχνικοί λαμβάνουν και προβαίνουν στις απαραίτητες ρυθμίσεις συνήθως τοπικά στην κάθε ανεμογεννήτρια.

Η εκτίμηση αυτή επιτρέπει τον προγραμματισμό διορθωτικών εργασιών με την ελάχιστη δυνατή επίδραση στην παραγωγικότητα της κάθε ανεμογεννήτριας.

Ένα άλλο είδος συντήρησης για τις ανεμογεννήτριες είναι η προαιρετική (proactive) συντήρηση. Η προαιρετική συντήρηση ασχολείται κυρίως με την ανάλυση των υπαρχόντων βλαβών και την προέλευσή τους. Εστιάζει στην αναγνώριση και διόρθωση των αιτιών των βλαβών τόσο στα εξαρτήματα της κάθε ανεμογεννήτριας όσο και στην διαδικασία εγκατάστασής της. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την πρόληψη αυτού του είδους των σφαλμάτων. Τροποποιήσεις στο σχεδιασμό, βελτίωση των διαδικασιών συντήρησης και βελτιώσεις στην εκπαίδευση και την εμπλοκή του προσωπικού συντήρησης, είναι κάποιοι από αυτούς.

Σε οποιαδήποτε φάση συντήρησης, η πρώτη εργασία που εκτελείται αμέσως με την άφιξη στο αιολικό πάρκο είναι ο έλεγχος της κατάστασης κάθε

ανεμογεννήτριας. Εάν μία ανεμογεννήτρια δεν λειτουργεί εξαιτίας κάποιας βλάβης, τότε απαιτείται διορθωτική παρέμβαση (διορθωτική συντήρηση). Η διορθωτική συντήρηση σε μία ανεμογεννήτρια είναι η εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών συντήρησης με στόχο την διόρθωση πιθανών σφαλμάτων, την αντικατάσταση εξαρτημάτων ή τη διόρθωση οποιασδήποτε ανωμαλίας ανιχνεύθηκε κατά τη διάρκεια οποιουδήποτε είδους συντήρησης που προηγήθηκε. Η διορθωτική συντήρηση μπορεί να είναι αρκετά πολύπλοκη και χρονοβόρα ανάλογα με το είδος βλάβης που εντοπίζεται.

Ένας πλήρες και λεπτομερές πρόγραμμα συντήρησης απαιτείται για τη βελτίωση της απόδοσης ενός αιολικού πάρκου. Η καθυστέρηση πραγματοποίησης μιας συντήρησης μπορεί να προκαλέσει προβλήματα λειτουργίας αλλά δεν είναι πάντα εύκολο να αποφευχθεί καθώς η συντήρηση εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, το μέγεθος των παρατηρούμενων βλαβών κλπ.

Ένα άλλο σημαντικό θέμα σε αυτο το υποκεφάλαιο συντήρησης είναι η ανάλυση των δεδομένων που λαμβάνονται από τις ανεμογεννήτριες (Σύστημα SCADA). Με ειδικά όργανα οι ανεμογεννήτριες δύναται να καταγράφουν ποικίλες πληροφορίες σχετικά με την κατάστασή τους την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου, την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κλπ. Αυτά τα δεδομένα πρέπει αφενός να αποθηκεύονται και αφετέρου να αναλύονται συστηματικά. Ο αριθμός των ωρών λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας, η παραγωγική της ικανότητα, ο μέσος χρόνος μεταξύ των παρατηρούμενων βλαβών και ο μέσος χρόνος επιδιόρθωσης αποτελούν επίσης πολύ σημαντικές πληροφορίες που πρέπει πάντα να καταγράφονται για κάθε αιολικό πάρκο.

Πέρα από τις τεχνικές εργασίες, υπάρχει και η ανάγκη διατήρησης εγγράφων σχετικά με τις διάφορες λειτουργίες και εργασίες στο αιολικό πάρκο. Σχεδόν όλα τα τεχνικά έγγραφα των αιολικών πάρκων είναι εγχειρίδια συντήρησης τα οποία περιλαμβάνουν ένα σύνολο προληπτικών δράσεων που πρέπει να εκτελεστούν. Υπάρχουν επίσης έγγραφα και προτεινόμενες διαδικασίες που καθορίζουν τον τρόπο διασφάλισης της ποιότητας, την πρόληψη ατυχημάτων, τη διαχείριση των πιθανών απορριμμάτων, τα ωράρια εργασίας του προσωπικού, κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 (Μελέτη αιολικού δυναμικού)

5.1 Χαρακτηριστικά του ανέμου

Άνεμος είναι η οριζόντια, κυρίως, κίνηση μεγάλων μαζών του ατμοσφαιρικού αέρα και προκαλείται από τρεις βασικούς παράγοντες που δημιουργούν και διαμορφώνουν τις κινήσεις του ατμοσφαιρικού αέρα:

- η περιστροφή της γης γύρω από τον άξονα της
- η ηλιακή ενέργεια που απορροφά η ατμόσφαιρα και η επιφάνεια του εδαφους
- η ανομοιομορφία του γήινου ανάγλυφου.

Εξαιτίας αυτών των τριών παραγόντων, η κατανομή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της γης δεν είναι ομοιόμορφη και η διαφορά πιέσεων που δημιουργείται, εξαναγκάζει τις αέριες μάζες να κινηθούν, για να αντισταθμίσουν αυτή τη διαφορά.

Η διεύθυνση και η ταχύτητα ή ένταση του ανέμου είναι τα δυο κύρια χαρακτηριστικά του, τα οποία πρέπει να καταγραφούν. Η διεύθυνση του ανέμου καθορίζεται σε σχέση με το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος, και σαν αποτέλεσμα της καταγραφής της διεύθυνσης του ανέμου προκύπτει το πολικό διάγραμμα.

Εκτός από τη ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου, είναι χρήσιμο να καταγραφεί η ύπαρξη ριπών ανέμου, η ύπαρξη στροβιλισμού και αναταράξεων καθώς και το επίπεδο της τύρβης του ανέμου. Για την περιγραφή της διανομής ταχύτητας του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος χρησιμοποιούνται αρκετοί ημ εμπειρικοί αναλυτικοί νόμοι, οι οποίοι βασίζονται στο γεγονός της αύξησης της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος μέσα στα όρια του οριακού στρώματος. Βέβαια, η διανομή της

ταχύτητας του ανέμου επηρεάζεται από την τραχύτητα του εδάφους, την ύπαρξη επιφανειακών εμποδίων καθώς και από το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής .

Μετά την καταγραφή της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου, συνήθως σε ετήσια βάση, ακολουθεί η επεξεργασία των ανεμολογικών στοιχείων με στόχο την κατασκευή του ιστογράμματος συχνότητας πιθανότητας του ανέμου, της ετήσιας καμπύλης διάρκειας, του πολικού διαγράμματος και των καμπυλών των διαστημάτων νηνεμίας της περιοχής. Λιγότερο ακριβείς είναι οι ανεμολογικές μετρήσεις που βασίζονται στη κλίμακα Beaufort, λόγω της σχετικής ασάφειας που εμφανίζουν οι επιμέρους βαθμίδες της κλίμακας. Από το σύνολο των κινήσεων του ανέμου η σπουδαιότερη σε σχέση με τον προσδιορισμό του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι η οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας του ανέμου.

5.2 Χαρακτηριστικές παραμετροί του ανέμου

Η γνώση των χαρακτηριστικών του ανέμου είναι απαραίτητη στις μελέτες εκτίμησης της ενέργειας που περικλείει ο άνεμος για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης αιολικών συστημάτων.

- **Μέση ταχύτητα του ανέμου.**
Είναι ένα ιδιαίτερα μεταβλητό μέγεθος με σημαντική εξάρτηση από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και με σημαντικές μεταβολές μέσα σε ένα χρονικό διάστημα όπου οι διακυμάνσεις μπορούν να θεωρηθούν τυχαίες.
- **Στιγμαία ταχύτητα ανέμου.**
Η στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου είναι το άθροισμα της μέσης ταχύτητας και της διακύμανσης γύρω από την μέση τιμή : $V(t) = \bar{V} + V'(t)$
- **Μέγιστη ταχύτητα του ανέμου.**
Εξαρτάται από την γεωγραφική θέση της περιοχής και τα χαρακτηριστικά του εδάφους και καθορίζει την αντοχή μιας αιολικής μηχανής. Με βάση τις μετρήσεις ανά ώρα καθορίζεται η μέγιστη ημερήσια ταχύτητα του ανέμου και στην συνέχεια ή μέγιστη μηνιαία και τέλος η μέγιστη ετήσια ταχύτητα του ανέμου που θα πρέπει να μελετηθεί σε βάθος χρόνου τουλάχιστον μιας δεκαετίας.
- **Ριπή του ανέμου.**

Είναι η ξαφνική και μικρής διάρκειας (~20sec) αύξηση της ταχύτητας του ανέμου. Η ταχύτητα του ανέμου μετά το τέλος της ριπής επανέρχεται στα προηγούμενα επίπεδα. Η ριπή συνήθως ξεπερνάει τα 9 m/sec και διαφέρει από τα συνηθισμένα επίπεδα περίπου κατά 4-5 m/sec. Οι ριπές ανέμου καθορίζουν τη κόπωση της πτερωτής της ανεμογεννήτριας και αν διαρκέσουν περισσότερο από 30 sec, θα πρέπει υπάρχει πρόβλεψη η αιολική μηχανή να τεθεί εκτός λειτουργίας.

- **Διεύθυνση ανέμου.**

Ως διεύθυνση του ανέμου ορίζεται το σημείο του ορίζοντα από το οποίο φυσά ο άνεμος σε σχέση με την θέση στην οποία μετράμε.

Η διεύθυνση του ανέμου «ταλαντώνεται» συνεχώς γύρω από μία μέση θέση εμφανίζοντας όμως μικρότερες διακυμάνσεις από την ταχύτητα του ανέμου και εξαρτάται από το προσανατολισμό της τοποθεσίας, από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και από την βλάστηση (λόφοι, βουνά, κοιλάδες, κτίρια,...)

Ως κύρια διεύθυνση του ανέμου ορίζεται η διεύθυνση που συνεισφέρει τουλάχιστον 10% στην συνολική διαθέσιμη αιολική ενέργεια.

Ως επικρατούσες διευθύνσεις ανέμου ορίζονται οι διευθύνσεις που εμφανίζουν στην περιοχή που μελετάμε την μεγαλύτερη συχνότητα και αλλάζουν συχνά με την εποχή.

Μια περιοχή διακρίνεται σε προσήνεμη και υπήνεμη.

Προσήνεμη είναι ο χώρος μεταξύ του σημείου που θέλουμε να εγκαταστήσουμε την αιολική μηχανή και του σημείου του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος (επικρατούσα διεύθυνση)

Υπήνεμη είναι περιοχή που είναι προστατευόμενη από τον άνεμο. Είναι η περιοχή που εκτίθεται σε ανέμους με ελάχιστη συχνότητα εμφάνισης και συχνά είναι αντίθετη της προσήνεμης.

- **Τραχύτητα του εδάφους.**

Η τραχύτητα του εδάφους εκφράζει το είδος του εδάφους και τα μεγέθη που την εκφράζουν είναι το μήκος τραχύτητας Z_0 και η κλάση (κατηγορία τραχύτητας).

Το μήκος τραχύτητας μπορεί να αλλάζουμε τις εποχές (εποχές, συγκομιδή,...)

Το μήκος τραχύτητας ορίζεται για επιφάνειες με ομοιόμορφη κατανομή στοιχείων τραχύτητας και επηρεάζεται από την πυκνότητα των εδαφικών χαρακτηριστικών.

Για επίπεδη περιοχή με τα στοιχεία τραχύτητας να καταλαμβάνουν 10-20% το Z_0 συνδέεται με το μέσο ύψος (h) των στοιχείων τραχύτητας με την σχέση:

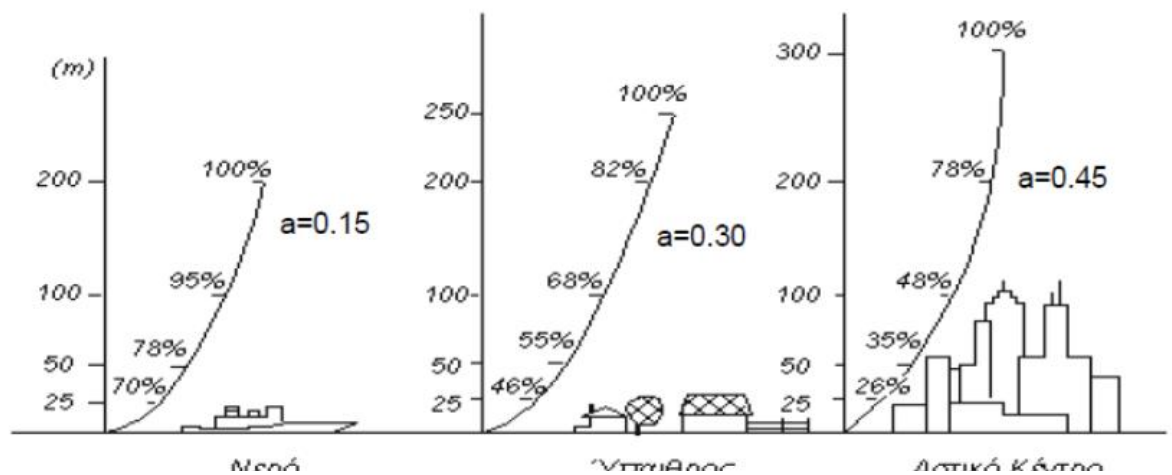
$$Z_0=0.15h$$

Av $Z_0 \leq 0,03$, Κλάση= $1,699823015 + \ln(Z_0)/\ln(150)$,

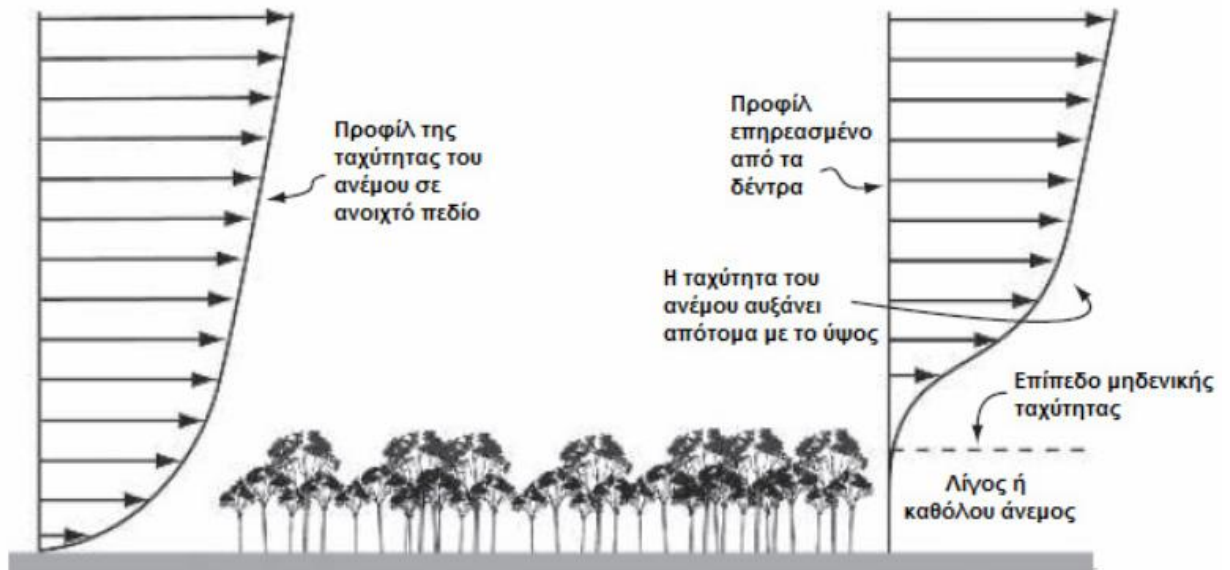
Av $Z_0 > 0,03$, Κλάση = $3,912489289 + \ln(Z_0)/\ln(3.3333333)$.

Κατηγορία τραχύτητας	Είδος εδάφους	α	z_0 (m)
0	Εξομαλυμένο (θάλασσα, χιόνι, άμμος)	0.10÷0.13	0.001÷0.02
1	Μέτρια βλάστηση (χαμηλή βλάστηση, καλλιέργειες, αγροτικές περιοχές)	0.13÷0.20	0.02÷0.30
2	Τραχύ έδαφος (δάση, προάστια πόλεων)	0.20÷0.27	0.30÷2.0
3	Πολύ τραχύ έδαφος (αστικές περιοχές, υψηλά κτίρια)	0.27÷0.45	2.0÷15.0

Σχήμα 5.2.1: Στοιχεία τραχύτητας εδάφους



Εικόνα 5.2.2: Μεταβολή του ύψους του ατμοσφαιρικού στρώματος ανάλογα με την τραχύτητα του εδάφους.



Εικόνα 5.2.3: Αλλαγή της κατανομής ταχύτητας του ανέμου λόγω εμποδίων.

- **Ανατάραξη του αέρα (Τύρβη)**

Είναι η διακύμανση της ταχύτητας του αέρα γύρω από την μέση τιμή.

Η ένταση της ανατάραξης εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους και μπορεί να υπολογισθεί με βάση το μήκος της τραχύτητας Z_0 .

Για $Z_0 \leq 0,20$ m

$$I = \frac{1}{\ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)}$$

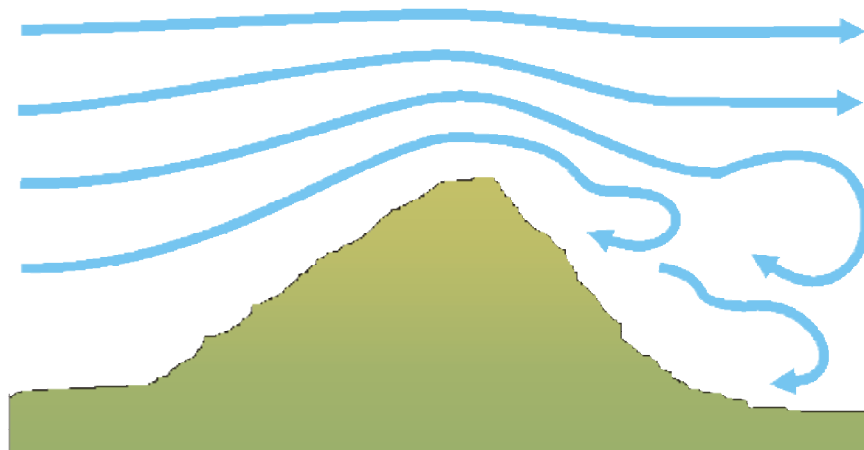
Για $Z_0 > 0,20$ m

$$I = \frac{-0,14 \ln Z_0 + 0,78}{\ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)}$$

Όπου I η ένταση ανατάραξης αέρα (καθαρός αριθμός).

- **Στροβιλισμός του αέρα.**

Είναι η δημιουργία ανωμαλιών στη ροή του αέρα λόγω της ανατάραξης και των διαφόρων χαρακτηριστικών εμποδίων της επιφάνειας του εδάφους.



Εικόνα 5.2.4: Στροβολισμός του αέρα.

5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου

- **Επίδραση της τραχύτητας του εδάφους.**

Είναι συνηθισμένο το φαινόμενο της μέτριας λειτουργίας μια ανεμογεννήτριας ενώ έχει εγκατασταθεί σε περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό. Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις αυτές η ανεμογεννήτρια λειτουργεί σε έντονα μεταβαλλόμενο πεδίο ροής λόγω της υψηλής τύρβης της περιοχής. Η εμφάνιση υψηλής τυρβής εξαρτάται εκτός από τις γενικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, τόσο από την ύπαρξη μεμονωμένων κτιριών ή άλλων εμποδίων όσο και από την τραχύτητα του εδάφους της περιοχής.

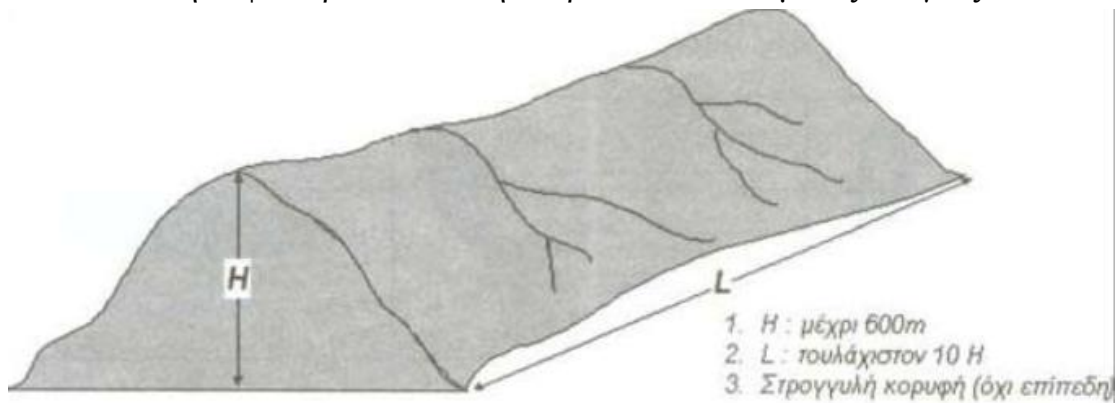
- **Επίδραση επιφανειακών εμποδίων.**

Για τη σωστή αεροδυναμική συμπεριφορά μιας αιολικής μηχανής είναι σκόπιμο η πτερωτή της γεννήτριας να βρίσκεται εκτός πεδίου επιρροής τυχόν επιφανειακών εμποδίων. Με τον τρόπο αυτό έχουμε μέγιστοποίηση της διαθέσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου, το πεδίο ροής είναι ελεύθερο στροβιλισμών και η τύρβη του ανέμου είναι ελάχιστη. Είναι συνεπώς σκόπιμο να εντοπίσουμε τις περιοχές επιρροής των κυριότερων επιφανειακών εμποδίων.

• **Επίδραση του τοπογραφικού ανάγλυφου της περιοχής.**

Η διαμόρφωση του πεδίου ταχύτητας επηρεάζεται από την τραχύτητα του εδάφους και τα επιφανειακά εμπόδια, όμως μεγαλύτερη επίδραση έχουν οι εδαφολογικές ιδιομορφίες στην περιοχή της πιθανής θέσης εγκατάστασης μιας αιολικής μηχανής.

Η έννοια της λοφοσειράς λαμβάνεται κάθετη στην επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3. Το μέγιστο ύψος της λοφοσειράς δεν υπερβαίνει τα εξακόσια (600m) μέτρα, ενώ το πλάτος της είναι τουλάχιστον δεκαπλάσιο του υψους της λοφοσειράς. Η ανάλυση μας βασίζεται στην υπόθεση ότι ο άνεμος περνάει επάνω από τη λοφοσειρά και δεν την παρακάπτει κινούμενος πλαγίως.



Εικόνα 5.3: Τυπική λοφοσειρά

Βασιζόμενοι στους κλασικούς νόμους της αεροδυναμικής (π.χ. εξίσωση Bernoulli), μπορούμε να πούμε ότι η κορυφή της λοφοσειράς είναι μια πολύ καλή θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας, δεδομένης της συμπίεσης των γραμμών ροής, η οποία ισοδυναμεί με επιτάχυνση της αέριας δέσμης. Συχνά είναι προτιμότερο να εγκατασταθεί η ανεμογεννήτρια λίγο πριν την κορυφή της λοφοσειράς, ώστε να αποφευχθούν αφενός αρνητικές κλίσεις της ταχύτητας που συνοδεύουν τυχόν αποκόλληση της ροής, αφετέρου περιοχές υψηλής τυρβής.

5.4 Το αιολικό δυναμικό

Ο υπολογισμός του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής είναι μια επίπονη διαδικασία που στηρίζεται σε μαθηματικά μοντέλα τα οποία έχουν ακριβή αποτελέσματα μόνο σε επίπεδα εδάφη. Επειδή όμως η συντριπτική πλειοψηφία των περιοχών που είναι κατάλληλες για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων είναι περιοχές με έντονη ορογραφία, βασιζόμαστε στα μαθηματικά μοντέλα που υπάρχουν και μεριμνούμε, έτσι ώστε οι μετρήσεις που έχουμε για την περιοχή να είναι σε κοντινό μέρος, σε σχέση με την περιοχή ενδιαφέροντος. Είναι κοινά αποδεκτό ότι σε μια περιοχή περίπου 10 χιλιόμετρα γύρω από τον ανεμογράφο, μπορούμε να εξάγουμε ακριβή συμπεράσματα για την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου.

Οι μετρήσεις λαμβάνονται από μετεωρολογικούς ιστούς, οι οποίοι χωροθετούνται κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος και κατά προτίμηση στην ψηλότερη κορυφή, έτσι ώστε να μην έχουμε παρεμπόδιση των ανέμων από ενδεχομένως ψηλότερες κορυφές. Οι ιστοί στήνονται σε ύψος τουλάχιστον 10 μέτρων από το έδαφος και μακριά από δέντρα και άλλα εμπόδια, όπου αυτό είναι εφικτό. Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου θέλουμε μεγαλύτερη ακρίβεια στα δεδομένα μας. Σε αυτές τις περιπτώσεις εγκαθιστούμε ψηλότερους ιστούς με ύψος έως και 60 μέτρα και τοποθετούμε όργανα σε διάφορα ύψη (10m,30m,45m,60m). Με αυτό τον τρόπο έχουμε ακριβή ένδειξη της ταχύτητας στο ύψος της πτερωτής της ανεμογεννήτριας που είναι συνήθως πάνω από τα 50m. Οι προϋποθέσεις αυτές εξασφαλίζουν την ορθότητα των δεδομένων που παίρνουμε. Οι μετρητικές διατάξεις που τοποθετούνται σε ένα ιστό είναι το ανεμόμετρο και ο ανεμοδείκτης και πολλές φορές τοποθετούνται σε ζευγάρια, έτσι ώστε στην περίπτωση που το ένα καταστραφεί, να έχουμε ενδείξεις από το άλλο. Τα όργανα συνδέονται σε ένα καταγραφικό (datalogger) το οποίο παίρνει μετρήσεις από τα όργανα. Μέσα από τις ρυθμίσεις του καταγραφικού, ορίζουμε το διάστημα δειγματοληψίας για τις μετρήσεις. Για εφαρμογές όπως η ανέγερση ενός αιολικού πάρκου, οι μετρήσεις γίνονται ανά 1 δευτερόλεπτο και η ολοκλήρωση των μετρήσεων γίνεται κάθε 10 λεπτά. Έτσι έχουμε μέσες 10 λεπτές τιμές για την ταχύτητα και τη διεύθυνση.



Εικόνα 5.4.1: Datalogger

Ανεμόμετρο

Για τη μέτρηση της έντασης του ανέμου χρησιμοποιούνται τα ανεμόμετρα ή οι ανεμογράφοι. Τα πλέον απλά είναι τα ανεμόμετρα ταχύτητας, στα οποία η ένταση του ανέμου προκύπτει από την ταχύτητα περιστροφής που επιβάλλει ο άνεμος σε ορισμένα τμήματα του οργάνου. Τα ανεμόμετρα αυτού του τύπου είναι αθροιστικά και μετρούν μέσες τιμές της έντασης του ανέμου. Στον ιστό μας χρησιμοποιούνται δυο τέτοιου τύπου κυπελλοφόρα ανεμόμετρα.



Εικόνα 5.4.2: Κυπελλοφόρο ανεμόμετρο

Τα κυπελλοφόρα ανεμόμετρα αποτελούνται από έναν κατακόρυφο άξονα στην κορυφή του οποίου υπάρχουν τρεις ή τέσσερις οριζόντιοι βραχίονες συμμετρικά τοποθετημένοι. Στα άκρα κάθε βραχίονα είναι τοποθετημένο ένα ημισφαιρικό ή κωνικό κύπελλο, με τρόπο ώστε η διαμετρική τομή του να είναι κατακόρυφη. Γνωρίζοντας ότι η αεροδυναμική αντίσταση της κοίλης πλευράς είναι σημαντικά μεγαλύτερη της κυρτής, το σύστημα περιστρέφεται υπό την επίδραση του ανέμου και ο αριθμός των περιστροφών του καταγράφεται δια

μέσου του κατακόρυφου άξονα σε ένα καταγραφικό σύστημα. Για την καταγραφή των στροφών του κατακόρυφου άξονα χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα, που περιλαμβάνουν:

- μηχανικό στροφόμετρο, που καταγράφει τον αριθμό των περιστροφών των κυπέλλων από τη στιγμή ενάρξεως λειτουργίας του οργάνου
- ηλεκτρική επαφή, η οποία κλείνει μετά από ένα ορισμένο αριθμό στροφών, και μέσω καταγραφικού δίνει απ'ευθείας τη μέση ταχύτητα του ανέμου
- μικρή ηλεκτρογεννήτρια, η οποία μετατρέπει την περιστροφική κίνηση του άξονα σε ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο και μετατρέπεται σε ένδειξη ταχύτητας
- φωτοηλεκτρικό διακόπτη, ο οποίος μετατρέπει την ταχύτητα περιστροφής σε στιγμιαία ταχύτητα ανέμου στην έξοδο του συστήματος.

Διευθυνσιόμετρο

Η διεύθυνση του ανέμου μετράται συνήθως με τη βοήθεια των ανεμοδεικτών. Ο ανεμοδείκτης αποτελείται από έναν κατακόρυφο άξονα στο πάνω άκρο του οποίου περιστρέφεται ένας οριζόντιος άξονας με ένα ή δύο ελάσματα στο ένα άκρο του. Όταν η πίεση που ασκεί ο άνεμος εξισορροπηθεί και από τις δύο πλευρές του ελάσματος του ανεμοδείκτη, αυτός έχει στραφεί έτσι ώστε ο δείκτης του ανεμοδείκτη, που βρίσκεται και το αντίβαρο εξισορρόπησης του ελάσματος, να διευθύνεται προς τη μεριά από την οποία φυσά ο άνεμος. Ένας ακριβής ανεμοδείκτης έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονά του με ελάχιστες τριβές
- δεν παρουσιάζει τάσεις κλίσεως προς μια διεύθυνση, με την ακριβή αντιστάθμιση των ελασμάτων με τη χρήση αντίβαρου
- εμφανίζει τη μέγιστη ροπή στρέψης για δεδομένη αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου σε σχέση με την αδράνεια του οργάνου
- παρουσιάζει γρήγορη απόκριση στις διαρκείς διακυμάνσεις της διεύθυνσης του ανέμου
- παρουσιάζει επαρκή απόσβεση των τυχαίων ταλαντώσεων

Τέλος, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι επειδή η διεύθυνση του ανέμου μετριέται συναρτήσει του αληθούς βορρά, το όργανο πρέπει να προσανατολισθεί με τη βοήθεια της χαραγής που υπάρχει επάνω του.



Εικόνα 5.4.3: Ανεμοδείκτης

5.5 Βασικές έννοιες αιολικής ενέργειας

- Ορισμός αιολικής ενέργειας
Η αιολική ενέργεια ορίζεται ως η κινητική ενέργεια E_k των αερίων μαζών της ατμόσφαιρας. Έτσι, η κινητική ενέργεια μιας μάζας m (kg), που κινείται με ταχύτητα u (m/sec) θα είναι :

$$E_k = \frac{1}{2} * m * u^2$$

- Ισχύς ανέμου
Η ισχύς του ανέμου είναι:

$$P_A$$

όπου :

ρ : η πυκνότητα του αέρα σε kg/m^3

A: η επιφάνεια ροής σε m²

Με τη βοήθεια της εξίσωσης της ισχύος μπορεί να υπολογιστεί το φυσικά διαθέσιμο αιολικό δυναμικό μιας περιοχής που ορίζεται ως η κινητική ενέργεια των αερίων μαζών που κινούνται κάθε έτος πάνω από το έδαφος της περιοχής αυτής και φυσικά εξαρτάται από τις ιδιαίτερες ατμοσφαιρικές συνθήκες και την τοπογραφία της. Αν στη ροή του ανέμου τοποθετήσουμε ένα ανεμοκινητήρα με επιφάνεια προσβολής A_t και συντελεστή αεροδυναμικής απόδοσης C_P , η ισχύς που δεσμεύεται από τον ανεμοκινητήρα δίνεται από τη σχέση:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * A_t * C_p * V^3$$

- Συντελεστής απασχόλησης (capacity factor)

Με δεδομένη την ενεργειακή παραγωγή μιας ανεμογεννήτριας ή αιολικού πάρκου σε χρονικό διάστημα T , ο συντελεστής χρησιμοποίησης ή συντελεστής εκμετάλλευσης (capacity factor) ορίζεται ως το πηλίκο της ενέργειας E που παράγεται προς αυτή που θα μπορούσε να παράγει η μηχανή ή το πάρκο αν λειτουργούσε συνεχώς υπό ονομαστική ισχύ PR :

$$CF = \frac{E}{T * PR}$$

Ο συντελεστής χρησιμοποίησης έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς σχετίζεται άμεσα με τη βιωσιμότητα μιας ενεργειακής επένδυσης. Συνήθεις τιμές του είναι μεταξύ 0,25 και 0,35, χωρίς να αποκλείονται και υψηλότερες τιμές. Προφανώς είναι υψηλός σε θέσεις με μεγάλη μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου, αλλά η τιμή του εξαρτάται επίσης από τη μορφή της καμπύλης ισχύος της ανεμογεννήτριας και από τη διαθεσιμότητά της.

Υπολογιστικό πρόγραμμα Wasp

Η εκτίμηση του αιολικού δυναμικού μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του διεθνώς αναγνωρισμένου λογισμικού ανάπτυξης αιολικού άτλαντα Wasp του Εθνικού Εργαστηρίου της Δανίας (RISOE). Το λογισμικό WasP θα μας βοηθήσει να εξάγουμε τα κύρια μεγέθη για την οικονομοτεχνική μελέτη. Επίσης με τη βοήθεια του προγράμματος θα αναπτυχθεί ο αιολικός χάρτης της περιοχής. Η αξιοπιστία των υπολογισμών που θα εκτελεστούν από το πρόγραμμα εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- την αξιοπιστία των νομολογικών μετρήσεων, οι οποίες εξαρτώνται από τη θέση και την τεκμηρίωση του ανεμογράφου, τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε κτλ.

- τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων.
- την απόσταση του σημείου των μετρήσεων από την περιοχή.
- την σωστή τοποθέτηση του ανεμογράφου στον ψηφιακό χάρτη πριν την έναρξη των υπολογισμών.
- τη σωστή εκτίμηση των χαρακτηριστικών του εδάφους, δηλαδή της τραχύτητα.
- τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής στην οποία γίνεται ο υπολογισμός, όσο πιο έντονη τόσο μεγαλύτερο ποσοστό σφάλματος υπάρχει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Επιλογή περιοχής και ανεμογεννήτριας

6.1 Εισαγωγή

Για την επιλογή της περιοχής, την ανάπτυξη και τη δημιουργία αιολικού πάρκου διακρίνουμε την πρόοδο σε τέσσερις φάσεις.

Αρχικά γίνεται μια μελέτη για την σκοπιμότητα του έργου ώστε αυτό να ξεκινήσει, το αρχικό αυτό στάδιο διαρκεί από ενάμιση έως τριάμισι χρόνια. Μετά ακολουθεί η προκατασκευαστική περίοδος η οποία διαρκεί από έναν έως ενάμιση χρόνο και εν συνεχεία ακολουθεί η κατασκευαστική περίοδος η οποία διαρκεί από ένα έως δυο χρόνια. Στη συνέχεια ακολουθεί η λειτουργία και η συντήρηση της ανεμογεννήτριας καθώς και του έργου.

Με μια άλλη αναλυση το πρώτο στάδιο για τη διαδικασία της εκκίνησης δημιουργίας ενός αιολικού πάρκου είναι η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για την οποία εφόσον τηρεί τις προδιαγραφές θα πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες συμφωνίες με τους ιδιοκτήτες του οικόπεδου ή του χώρου αυτού. Μετά ακολουθεί η φάση της ανάπτυξης δηλαδή οι μετρήσεις για το αιολικό δυναμικό, οι επιλογές χωροθέτησης για την έναρξη κατασκευής του αιολικού πάρκου και ο καθορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών του έργου. Σειρά μετά έχουν οι υποβολές αιτήσεων για την δανειοδότηση του έργου οι οποίες πρέπει να ολοκληρωθούν μέσα σε ένα διάστημα έξι έως δεκαοκτώ μηνών.

Μετά από τα παραπάνω ακολουθεί η προκατασκευαστική φάση η οποία διαρκεί κάποιους μήνες και μέσα σ αυτή την περίοδο γίνεται η χορήγηση αδειών, η επιλογή πόρων και οι διαπραγματεύσεις του συμβολαίου κατασκευής.

6.2 Κριτήρια επιλογής περιοχής για εγκατάσταση αιολικού πάρκου

Γενικά τα κριτήρια επιλογής μιας περιοχής για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου είναι, αρχικά η εξασφάλιση τέτοιας έκτασης εγκατάστασης ώστε να καλύπτεται η αντίστοιχη επιθυμητή τιμή ονομαστικής ισχύος του αιολικού πάρκου και του επιλεγμένου μοντέλου ανεμογεννήτριας για την εγκατάσταση αυτή. Δεύτερον μεγάλο και σημαντικό ρόλο έχει η δυνατότητα επίλυσης θεμάτων όσον αφορά την ιδιοκτησία, τη θέση της εγκατάστασης, τη μορφολογία της επιλεγμένης περιοχής και τη προσβασιμότητα που θα έχει κάποιος στο χώρο αυτό. Ένα άλλο κομμάτι του κριτηρίου της επιλογής είναι και αυτό του περιορισμού του θορύβου από το εργοτάξιο λόγω των εργασιών και των θορύβων που θα προκαλούνται από τα μηχανήματά του.

Επίσης ένα από τα στοιχεία που έχει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία του αιολικού πάρκου είναι και το καλό αιολικό δυναμικό της περιοχής το οποίο μελετάται από χάρτες αιολικού δυναμικού.

Η τιμή του αιολικού δυναμικού θα πρέπει να ξεπερνά το 5,5 m/sec για την προσέλκυση ενδιαφέροντος. Και πιο ενδεικτικά και αναλυτικά οι τιμές του αιολικού δυναμικού για την επιλεγμένη περιοχή της εγκατάστασης του αιολικού πάρκου είναι: Όταν το αιολικό δυναμικό είναι **ανεπαρκές** η τιμή του αιολικού δυναμικού είναι μικρότερη από 4 m/a,

Όταν το αιολικό δυναμικό είναι **χαμηλό** η τιμή του αιολικού δυναμικού είναι από 4 –5,5 m/a,

Όταν το αιολικό δυναμικό είναι **μέσο** η τιμή του αιολικού δυναμικού είναι από 5,5 –7 m/a,

Όταν το αιολικό δυναμικό είναι **υψηλό** η τιμή του αιολικού δυναμικού είναι από 7–9 m/a,

Όταν το αιολικό δυναμικό είναι **πολύ υψηλό** η τιμή του αιολικού δυναμικού είναι μεγαλύτερη από 9 m/a.

Μετεωρολογικές συνθήκες στην υποψήφια περιοχή

Οι μετεωρολογικές συνθήκες στις οποίες πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή της τοποθεσίας και της μετέπειτα μελέτης είναι οι παρακάτω:

- Η υγρασία και οι συχνές βροχοπτώσεις. Η υψηλή υγρασία επιταχύνει φαινόμενα οξείδωσης και διάβρωσης της μηχανής, ενώ αντίθετα αυξάνει την πυκνότητα του αέρα και συνεπώς και την αποδιδόμενη ισχύ. Βέβαια, με την αύξηση της υγρασίας σε επίπεδα κορεσμού εμφανίζονται σταγόνες νερού πάνω στα πτερύγια οι οποίες όπως και στην περίπτωση της βροχής αλλοιώνουν την αεροδυναμική συμπεριφορά των πτερυγίων οδηγώντας σε πρόωρη αποκόλληση του οριακού στρώματος και σε πρόωρη απώλεια στήριξης των πτερυγίων της μηχανής.
- Ο παγετός. Η επικάλυψη πάγου στα μέρη της εγκατάστασης αυξάνει τη στατική και δυναμική τους καταπόνηση, με ως αποτέλεσμα να αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα κατά τον υπολογισμό των μέρων της εγκατάστασης αλλά και των γραμμών μεταφοράς ενέργειας σε καταπονήσεις των μηχανικών φορτίων.
Επίσης είναι πιθανόν να προκληθεί εκτόξευση τμημάτων πάγου κατά την περιστροφή των πτερυγίων καθώς και η καταστροφή των ανεμομέτρων ή βλάβη των συστημάτων ελέγχου της εγκατάστασης.
- Το υψόμετρο και η θερμοκρασία σε συνάρτηση με την αποδιδόμενη ισχύ μιας ανεμογεννήτριας.
- Η συχνότητα εμφάνισης υπερβολικά ισχυρών ανέμων (>9 Beaufort).
Κάνοντας χρήση των διαθέσιμων ανεμολογικών στοιχείων που θα προκύψουν από μετέπειτα μετρήσεις, είναι δυνατόν να επιλεχθούν κατασκευές που είναι ικανές να λειτουργούν και σε μεγάλες ταχύτητες του ανέμου, ενώ διαθέτουν και την απαραίτητη στιβαρότητα να επιβιώσουν σε ιδιαίτερα δυσμενείς ανεμολογικές καταστάσεις, δηλαδή σε αιολικό δυναμικό ανωτέρων κλάσεων από τις συνήθειες.
- Η έντονη τύρβη της περιοχής εγκατάστασης έχει σαν συνέπεια τη διαρκή μεταβολή του μέτρου και της διεύθυνσης του ανέμου. Οι διαρκείς αυτές μεταβολές προκαλούν κόπωση των υλικών της κατασκευής, με αποτέλεσμα τη μείωση της διάρκειας ζωής της

ανεμογεννήτριας, αλλά και την αύξηση του κόστους συντήρησης της αιολικής εγκατάστασης.

- Τα μεταφερόμενα υλικά από τον άνεμο όπως η σκόνη η ακόμα και μεγαλύτερης κλίμακας υλικά προκαλούν συχνά σημαντικά προβλήματα στα μέρη της μηχανής.
- Η σταθερότητα των πνεόντων ανέμων σε μία περιοχή συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση της καταπόνησης μιας ανεμογεννήτριας, με ως αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου ζωής της εγκατάστασης και την πιο ομαλή λειτουργία της.

Μετρήσεις αιολικού δυναμικού-Ανεμολογικές μετρήσεις

Η μέτρηση του αιολικού δυναμικού είναι το κρισιμότερο στάδιο στην ανάπτυξη κάθε εφαρμογής της αιολικής ενέργειας. Έχει στόχο τον προσδιορισμό των ανεμολογικών χαρακτηριστικών μια περιοχής υποψήφιας για εγκατάσταση ανεμογεννητριών.

Επίσης, αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή επιλογή θέσης ενός αιολικού πάρκου, καθώς και τη βέλτιστη διάταξη των ανεμογεννητριών σε αυτό.

Ως αιολικό δυναμικό ορίζεται η ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα χρόνου που μπορεί να δεσμευτεί ανά μονάδα επιφάνειας που προσβάλλεται από τον άνεμο. Ο προσδιορισμός του αιολικού δυναμικού μιας θέσης γίνεται σε ετήσια βάση με βάση την κατανομή της ταχύτητας (εντάσεως) του ανέμου, η οποία καθορίζεται πλήρως όταν είναι δεδομένες (κατ' ελάχιστον) οι ωριαίες τιμές της έντασης του ανέμου καθώς και η συχνότητα εμφάνισης τους στη διάρκεια του έτους. Πρακτικά, η καταγραφή των δεδομένων που απαρτίζουν το αιολικό δυναμικό μιας θέσης γίνεται μέσω της μέτρησης και καταγραφής της ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου κατά τη διάρκεια ενός με δύο ετών το μέγιστο, με τη χρήση μετεωρολογικού ιστού ο οποίος με τα όργανα που φέρει λαμβάνει όλες τις απαραίτητες μετρήσεις.

Η βέλτιστη επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης αιολικού πάρκου σε σχέση με το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό προϋποθέτει την επιλογή μέρος με :

- Υψηλή μέση ταχύτητα ανέμου
- Αιολικό δυναμικό υψηλής ποιότητας, δηλαδή μεγάλη διάρκεια ισχυρών ανέμων και περιορισμένη ύπαρξη περιόδων νηνεμίας
- Απουσία αποφράξεων του ανέμου καθώς και υψηλών εμποδίων.

Βάσει των παραπάνω κριτηρίων, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται σε μέρη που αποτελούν κορυφές λείων και κυκλοτερών λόφων με ελαφρές κατωφέρειες και ανοιχτό ορίζοντα καθώς και σε ανοιχτές πεδιάδες, σε ακρογιαλιές ή τέλος στα ανοίγματα των βουνών που δημιουργούν φυσικούς επιταχυντές ανέμου (ρεύματα αέρα).

Το αιολικό δυναμικό στην χώρα μας μπορεί να μας γνωστοποιηθεί από τον διαθέσιμο χάρτη που μας δείχνει την μέση ταχύτητα ανέμου σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο όμως, όταν έρθει η ώρα να μάθουμε το δυναμικό ενός συγκεκριμένου σημείου, τότε πρέπει να προβούμε σε υπολογισμούς. Ο υπολογισμός του τεχνικά αξιοποιήσιμου αιολικού δυναμικού είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία ακόμα και αν ληφθεί υπόψη μόνο η διαθεσιμότητα του ανέμου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιούμε. Η μέση μηνιαία ή ετήσια ταχύτητα ανέμου και ο βαθμός απόδοσης των ανεμογεννητριών δεν αρκούν για τον υπολογισμό.

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε ακριβώς την μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου κατά την διάρκεια του έτους. Πολλές φορές η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου συναρτήσει του χρόνου παριστάνεται με την βοήθεια της κατανομής Weibull

Μορφολογία του εδάφους-Επίδραση της τραχύτητας του

Είναι συνηθισμένο το φαινόμενο της μέτριας λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας αν και έχει εγκατασταθεί σε περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό. Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις αυτές η ανεμογεννήτρια λειτουργεί σε έντονα μεταβαλλόμενο πεδίο ροής λόγω της υψηλής τύρβης της περιοχής. Η εμφάνιση υψηλής τύρβης εξαρτάται από τις γενικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, από την ύπαρξη μεμονωμένων κτιρίων ή άλλων εμποδίων αλλά και από την τραχύτητα του εδάφους της περιοχής.

Αφού γίνει το παραπάνω βήμα και βρεθεί η περιοχή που πρόκειται να τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες, θα πρέπει να μελετηθεί με βάση την μορφολογία της. Έτσι ελέγχουμε τις δύο περιπτώσεις όπου:

- Η μορφολογία του εδάφους είναι επίπεδη
- Η μορφολογία του εδάφους είναι ανώμαλη

Τοποθεσία με επίπεδο έδαφος

Στην τοποθεσία με επίπεδο έδαφος πρέπει να ελεγχθεί εάν υπάρχουν κάποια εμπόδια όπως τα δέντρα διότι η παρουσία τους έχει σαν αποτέλεσμα το

μηδενισμό της ταχύτητας του ανέμου μέχρι και το ύψος της κορυφής τους, ενώ το οριακό στρώμα επιρροής φαίνεται να αναπτύσσεται από την κορυφή τους και κατάντη.

Στην περίπτωση αυτή το ύψος της ζώνης επιρροής του ανέμου είναι τουλάχιστον πέντε έως έξι φορές το μέσο ύψος των δένδρων και η τοποθέτηση της πτερωτής της ανεμογεννήτριας θα πρέπει να βρίσκεται εκτός του οριακού στρώματος της ζώνης επιρροής, που αναπτύσσεται στην περιοχή της συστοιχίας των δέντρων.

Τυχόν παρακείμενα κτίρια αποτελούν ένα άλλο είδος εμποδίων, δεδομένου ότι η παρουσία τους διαταράσσει και αυτή σε σημαντική έκταση το πεδίο ροής του ανέμου. Επιπλέον, οι οξείες γωνίες του κτιρίου αποτελούν την πηγή εκροής μεμονωμένων στροβίλων με ως αποτέλεσμα την πλήρη τροποποίηση των χαρακτηριστικών του ανέμου.

Τοποθεσία με ανώμαλη μορφολογία εδάφους

Στην περίπτωση που η μορφολογία του εδάφους είναι ανώμαλη τότε δεν υπάρχει συγκεκριμένος τρόπος εξέτασης διότι κάθε περίπτωση είναι ξεχωριστή. Για να γίνει λοιπόν η μελέτη τέτοιων περιπτώσεων κατασκευάζεται ομοίωμα της περιοχής για πειράματα μέσα σε αεροδυναμική σήραγγα ή γίνεται προσημείωση της τοποθεσίας με την χρήση υπολογιστή χρησιμοποιώντας μαθηματικά μοντέλα και διάφορα προγράμματα. Πάραυτα, μερικές μορφολογικές τοπογραφίες μπορούν να τυποποιηθούν και να χρησιμεύσουν ως κατευθυντήριες γραμμές στην προκαταρκτική λήψη της απόφασης για την τοποθεσία τοποθέτησης μιας ανεμογεννήτριας.

Επίσης, κατά τη φάση προεπιλογής των θέσεων εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου πρέπει να ληφθούν υπόψη οι τοπικοί νόμοι και οι κανονισμοί, που πιθανόν να εμποδίζουν τη χρησιμοποίηση της γης για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου. Τέτοιοι νόμοι αναφέρονται είτε στην προστασία ιστορικών και αρχαιολογικών χώρων, είτε στην προστασία του περιβάλλοντος με τη διατήρηση των τοπικών οικοσυστημάτων. Επιπλέον πρέπει να αποφεύγονται περιοχές με έντονη σεισμικότητα, περιοχές με πρόβλημα κατολισθήσεων όπως επίσης και βραχώδεις περιοχές που θα δυσχεράνουν την προσπάθεια μεταφοράς και θεμελίωσης των μηχανών. Τέλος, στα θέματα χρήσης γης υπάρχει μία σαφής τάση για περιορισμό της απαιτούμενης έκτασης, είτε με την εγκατάσταση μεγαλύτερων και συνεπώς λιγότερων

μηχανών, είτε με την πυκνότερη διάταξη των ανεμογεννητριών στα ιδρυόμενα αιολικά πάρκα.

6.3 Κριτήριο επιλογής Ανεμογεννήτριας

Για την επιλογή του τύπου των Α/Γ που θα απαρτίζουν ένα Α/Π λαμβάνονται υπ' όψιν οι εξής παράγοντες:

- καμπύλη ισχύος κάθε τύπου Α/Γ
- οι διαστάσεις της ανεμογεννήτριας σε συνάρτηση με τη διαθέσιμη έκταση του γηπέδου εγκατάστασης και την επιθυμητή ισχύ του αιολικού πάρκου
- περιορισμοί περιβαλλοντικής και χωροταξικής φύσεως
- τεχνικά και κατασκευαστικά θέματα (π.χ. μεταφορά ανεμογεννητριών)
- οικονομική προσφορά αγοράς και προγράμματος συντήρησης αιολικού πάρκου από τον προμηθευτή των ανεμογεννητριών.

Ένα άλλο κριτήριο είναι και η διάταξη των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας η οποία διακρίνεται σε δυο κατηγορίες στην προσήνεμη και στην υπήνεμη διάταξη.

Η κατηγοριοποίηση αυτή των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα έχει σχέση με τη θέση των πτερυγίων της και τον πυλώνα. Όταν η ανεμογεννήτρια είναι προσήνεμης διάταξης ο άνεμος συναντάει πρώτα τα πτερύγια και μετά τον πυλώνα ενώ όταν είναι υπήνεμης διάταξης η ανεμογεννήτρια ο άνεμος συναντά πρώτα τον πυλώνα και μετά τα πτερύγια. Οι ανεμογεννήτριες αυτές

κυκλοφορούν στην αγορά και δεν χρειάζονται ουρά για να λειτουργήσουν. Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του τύπου των ανεμογεννητριών που θα απαρτίζουν το αιολικό πάρκο είναι αρχικά η καμπύλη ισχύος κάθε τύπου ανεμογεννήτριας, το μέγεθος της συναρτήσεως της διαθέσιμης έκτασης για την οποία προορίζονται και την ισχύ που θα εξάγουν. Ένας άλλος παράγοντας είναι οι περιορισμοί οι οποίοι είναι περιβαλλοντικής και χωροταξικής φύσης, τόσο τα τεχνικά όσο και τα κατασκευαστικά θέματα καθώς και οι οικονομική προσφορά αγοράς και προγράμματος συντήρησης αιολικού πάρκου από την προμηθευτή των ανεμογεννητριών.

6.4 Χωροθέτηση και ενεργειακή μελέτη αιολικού πάρκου

Έχοντας βρει τις κατάλληλες τοποθεσίες και έχοντας ολοκληρώσει επιτυχώς τις ανεμολογικές μετρήσεις καθώς και έχοντας αποδείξει πως υπάρχει αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό, μπορούμε να περάσουμε στο επόμενο βήμα, που περιλαμβάνει τον πλήρη και κατά το δυνατόν άρτιο τεχνικό σχεδιασμό του έργου.

Από τα ανεμολογικά δεδομένα και την τοπογραφία της περιοχής, γίνεται η επιλογή του τύπου ανεμογεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό. Στην συνέχεια, πραγματοποιείται η χωροθέτηση των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου, δηλαδή επιλέγονται οι συγκεκριμένες θέσεις τοποθέτησης κάθε ανεμογεννήτριας. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί και ενεργειακή μελέτη, με την οποία θα γίνει πρόβλεψη της αναμενόμενης ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το αιολικό πάρκο. Τέλος, θα χρειαστεί να πραγματοποιηθούν έργα οδοποιίας και ηλεκτρικής διασύνδεσης.

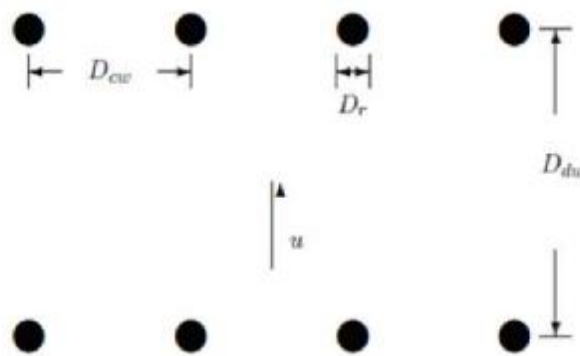
Ο απαιτούμενος χώρος που καταλαμβάνει μια ανεμογεννήτρια για λόγους ασφαλείας, όπως προβλέπεται από τις υπουργικές αποφάσεις, αντιστοιχεί σε επιφάνεια κύκλου με κέντρο το κέντρο της ανεμογεννήτριας και ακτίνα 36m.

Για την χωροθέτηση, συνυπολογίζονται όλοι οι παράμετροι που επηρεάζουν την λειτουργία και την απόδοση των ανεμογεννητριών καθώς επίσης και όλοι

οι χωροταξικοί περιορισμοί που προκύπτουν μέσω των ισχυόντων κανονισμών και διατάξεων που προβλέπονται για την χωροθέτηση των αιολικών πάρκων. Ιδιαίτερα η απόσταση μεταξύ των ανεμογεννητριών θεωρείται τουλάχιστον ίση με 2.5 διαμέτρους του δρομέα έτσι ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα αλληλεπίδρασης που έχουν αποτέλεσμα αφενός μεν την ελάττωση της παραγωγής, αφετέρου δε την ελάττωση της διάρκειας ζωής των ανεμογεννητριών λόγω αυξημένης φόρτισης τους.

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα, έχουμε να ορίσουμε δύο αποστάσεις, την D_{cw} η οποία είναι η απόσταση εντός σειράς μεταξύ των ανεμογεννητριών και την D_{dw} η οποία είναι η απόσταση μεταξύ των σειρών των ανεμογεννητριών. Οι αποστάσεις είναι υπολογισμένες ως πολλαπλάσια της διαμέτρου του ρότορα της ανεμογεννήτριας D_r . Για να κάνουμε την χωροθέτηση, επιλέγουμε :

$$D_{cw} = 3 \times D_r \quad , \quad D_{dw} = 10 \times D_r$$



Εικόνα 6.4: Αποστάσεις μεταξύ των Ανεμογεννητριών

Η συνολική ονομαστική ισχύς του αιολικού πάρκου συμβολίζεται με P_{wf} , και υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο : $P_{wf} = N \cdot P_{tur}$

Όπου,

N = Αριθμός ανεμογεννητριών

P_{tur} = Ονομαστική ισχύς ανεμογεννήτριας

Αν για παράδειγμα έχουμε $P_{tur} = 1.8 \text{ MW}$, $N = 72$ ανεμογεννήτριες και $D_r = 86 \text{ m}$ η P_{wf} είναι $P_{wf} = 129,6 \text{ MW}$. Ανάλογα με το σημείο που βρισκόμαστε, θέλουμε να ορίσουμε την εγκατάσταση έτσι ώστε να καταλαμβάνει την μικρότερη επιφάνεια. Στην περίπτωση μας, επιλέγουμε να τοποθετήσουμε τις

ανεμογεννήτριες σε δύο σειρές, δηλαδή 36 ανεμογεννήτριες σε κάθε σειρά που το μήκος της συμβολίζεται με D_{row} . Με τον παρακάτω τύπο ,βρίσκουμε ακριβώς την τιμή του μήκους της κάθε σειράς: $N_{row} = \frac{D_{row}}{D_{cw}} + 1$

Όπου,

N_{row} = Αριθμός ανεμογεννητριών σε μία σειρά

$$D_{cw} = 3D_r$$

D_r = Διάμετρος ρότορα

Έτσι έχουμε : $D_{row} = (N_{row} - 1) * D_{cw} = (36-1) \cdot 3 \cdot 86 = D_{row} \leftrightarrow D_{row} = 9.030$
Μέτρα

Έπειτα υπολογίζουμε και την συνολική κάθετη απόσταση των ανεμογεννητριών που συμβολίζεται με D_{col} :

$$D_{dw} = \frac{D_{col}}{N_{col} - 1}$$

Όπου,

$$D_{dw} = 10 \cdot D_r$$

N_{col} = Ο αριθμός των ανεμογεννητριών σε μία στήλη=2

Έτσι έχουμε $D_{col} = (2-1) \cdot 10 \cdot 86 \leftrightarrow D_{col} = 860$ m

Συνεπώς, η συνολική έκταση που θα έχει το πάρκο μας είναι:

$$9.030 \cdot 860 = 7.765.800 \text{ m}^2 = 7.765,8 \text{ στρέμματα}$$

Εφόσον τώρα έχουμε την συνολική έκταση του πάρκου, θα πρέπει να υπολογίσουμε και το μέγεθος της περιφραξής της εγκατάστασης (D_{fence}). Ο υπολογισμός πρέπει να γίνει για να αποφευχθούν ατυχήματα σύγκρουσης με τις ανεμογεννήτριες και πραγματοποιείται με την βοήθεια της παρακάτω σχέσης: $D_{fence} = 2 \cdot (D_{row} + 2h_t + D_t) + 2 \cdot (D_{col} + 2h_t + D_t)$

Όπου,

h_t = Το ύψος της πλήμνης (Παρέχεται από τον κατασκευαστή ας υποθέσουμε 80m)

Άρα έχουμε:

$$D_{\text{fence}} = 2 \cdot (D_{\text{row}} + 2h_t + D_t) + 2 \cdot (D_{\text{col}} + 2h_t + D_t)$$

$$\leftrightarrow D_{\text{fence}} = 2 \cdot (9030 + 2 \cdot 80 + 86) + 2 \cdot (860 + 2 \cdot 80 + 86) \leftrightarrow 18552 +$$

$$\leftrightarrow D_{\text{fence}} = 20.764 \text{ m} \leftrightarrow D_{\text{fence}} = 20,76 \text{ km}$$

Ετήσια παραγωγή ενέργειας και συντελεστής χωρητικότητας

Γνωρίζοντας πλέον τον αριθμό και τον τύπο της ανεμογεννήτριας, μπορούμε να υπολογίσουμε την ετήσια παραγωγή ενέργειας και τον συντελεστή χωρητικότητας χρησιμοποιώντας την καμπύλη ισχύος, σε συνδυασμό με την ετήσια ταχύτητα διανομής ανέμου (Καμπύλη Weibull). Συγκεκριμένα, πολλαπλασιάζουμε την ισχύ που αντιστοιχεί σε κάθε ταχύτητα του ανέμου με τον αριθμό των ωρών ανά έτος που ο άνεμος φυσάει σε αυτήν την ταχύτητα για να εκτιμηθεί η ποσότητα της ενέργειας που έχει παραχθεί σε κάθε ταχύτητα ξεχωριστά. Στη συνέχεια, αθροίζουμε τα αποτελέσματα για να πάρουμε την ετήσια παραγόμενη ενέργεια

Ο συντελεστής χωρητικότητας μιας ανεμογεννήτριας είναι το σύνολο της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας δια την ενέργεια που θα μπορούσε να προκύψει αν δούλευε συνεχώς στην ονομαστική ισχύ 24 ώρες το 24ωρο και για 365 μέρες το χρόνο.

ο συντελεστής χωρητικότητας είναι:

$$\{\text{ετήσια παραγωγή ενέργειας (σε Mwh)}\} / \{(1.8 \text{ Mw} * 8760 \text{ ώρες})\}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Κατασκευή και διασύνδεση αιολικού πάρκου

7.1 Περιγραφή εγκατάστασης και λειτουργίας ενός τυπικού αιολικού πάρκου

Όπως προείπαμε ,τα υπεράκτια και τα επίγεια αιολικά πάρκα μοιάζουν αρκετά στον τρόπο δομής και λειτουργίας τους. Επειδή όμως τα επίγεια πάρκα αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό στον πλανήτη ,θα ασχοληθούμε μόνο με αυτά στην συνέχεια της εργασίας.

Τα βήματα τα οποία πρέπει να πραγματοποιηθεί η ολοκλήρωση του έργου είναι τα εξής:

1. Εντοπισμός υποψήφιων τοποθεσιών για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου
2. Μετρήσεις αιολικού δυναμικού-Μετεωρολογικές μετρήσεις
3. Επιλογή ανεμογεννήτριας και χωροθέτηση έργου
4. Οικονομοτεχνική μελέτη
5. Διαδικασία αδειοδότησης αιολικού πάρκου.
6. Κατασκευή έργων υποδομής -Σύνδεση του αιολικού πάρκου στο ηλεκτρικό δίκτυο

Ο κύριος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός του αιολικού σταθμού αποτελείται από :

- Ανεμογεννήτριες
- Καλωδίωση μεταφοράς ενέργειας και σήματος
- Υποσταθμούς σε κάθε ανεμογεννήτρια χαμηλής τάσεως-μέσης τάσεως(X.T.M.T.)
- Τον κεντρικό υποσταθμό μέσης τάσεως
- Τον υποσταθμό μέσης τάσεως-υψηλής τάσεως του εθνικού δικτύου παροχής ρεύματος.
- Κεντρικές εγκαταστάσεις έλεγχου και ρύθμισης
- Σύστημα αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας (σε ανεξάρτητες μονάδες εκτός εθνικού δικτύου)

Ανεμογεννήτριες

Όλες σχεδόν οι σύγχρονες εμπορικές ανεμογεννήτριες είναι οριζοντίου άξονα. Παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα χαμηλής τάσεως, 400 έως 1000 Volt, το οποίο με

την κατάλληλη ανύψωση, διοχετεύεται στο δίκτυο μέσης ή υψηλής τάσεως της ΔΕΗ. Η ανύψωση των βολτ στη μέση τάση γίνεται μέσω μετασχηματιστών για κάθε ανεμογεννήτρια ξεχωριστά. Οι μετασχηματιστές αυτοί βρίσκονται πλησίον των ανεμογεννητριών ή εντός του πυλώνα αυτών. Στις μεγάλες ανεμογεννήτριες συχνά τοποθετούνται στην κορυφή του πυλώνα, μαζί με τα υπόλοιπα εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας.

Καλώδια μεταφοράς σήματος και ενέργειας

Τα καλώδια συνδέουν την κάθε ανεμογεννήτρια ξεχωριστά με την κεντρική μονάδα διαχείρισης ενέργειας. Εκτός από τα καλώδια που παραδίδουν την ηλεκτρική ενέργεια από την γεννήτρια υπάρχουν και καλώδια τα οποία συνδέουν την κάθε ανεμογεννήτρια με μια εγκατάσταση κεντρικού ελέγχου που παρακολουθεί και ελέγχει τις λειτουργίες της καθεμίας. Τα καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και σήματος είναι στις περισσότερες περιπτώσεις θαμμένα μέσα στο έδαφος.

Κεντρικός υποσταθμός μέσης τάσης

Ο κεντρικός υποσταθμός μέσης τάσης είναι το σημείο διασύνδεσης όλων των ανεμογεννητριών και περιλαμβάνει τον αυτόματο διακόπτη διασύνδεσης (ΑΔΔ) του αιολικού πάρκου (ο οποίος είναι ένας αυτόματος διακόπτης ισχύος) με έναν αποζεύκτη και τους μετασχηματιστές τάσεως και εντάσεως, καθώς και τους διακόπτες φορτίου των αναχωρήσεων της ισχύς από τις ανεμογεννήτριες. Ο ΑΔΔ ελέγχεται από έναν ελεγκτή βιομηχανικού τύπου μέσω των μετασχηματιστών τάσεως και εντάσεως. Ο ελεγκτής αυτός, εκτός από την προστασία, παρέχει τη δυνατότητα τηλεχειρισμού του ΑΔΔ και ρυθμίζεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ΔΕΗ.

Υποσταθμός υψηλής τάσης

Ο υποσταθμός υψηλής τάσης είναι το μέρος όπου γίνεται η μετατροπή της μέσης τάσης σε υψηλή και αποτελεί το σημείο σύνδεσης του αιολικού πάρκου με το δίκτυο μεταφοράς του εθνικού συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόκειται για συμβατικό υποσταθμό, ο οποίος κατασκευάζεται πλησίον ή μακράν του αιολικού πάρκου. Σε έναν τέτοιο υποσταθμό μπορούν να συνδεθούν και άλλα αιολικά πάρκα. Στην Ελλάδα, κατασκευάζονται σε υψόμετρα κάτω των 1000 μέτρων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ΔΕΗ, ενώ για μεγαλύτερα υψόμετρα απαιτείται εξοπλισμός ειδικών προδιαγραφών. Τα βασικά μέρη ενός υποσταθμού υψηλής τάσης είναι ο κεντρικός

μετασχηματιστής (Μ.Τ.-Υ.Τ.), ο διακόπτης ισχύος, οι μετασχηματιστές τάσεως και εντάσεως, διάφοροι αποζεύκτες και γειωτές, η μονάδα αντιστάθμισης άεργου ισχύος και οι πίνακες ελέγχου.

Κεντρικές εγκαταστάσεις ελέγχου και ρύθμισης

Τα αιολικά πάρκα παρακολουθούνται και διαχειρίζονται από πολύπλοκα συστήματα εποπτικού ελέγχου και απόκτησης δεδομένων (SCADA). Τα στοιχεία που απαρτίζουν το σύστημα SCADA στεγάζονται συνήθως στην εγκατάσταση κεντρικού ελέγχου, ωστόσο, τις περισσότερες φορές η λειτουργία της κάθε ανεμογεννήτριας και της κεντρικής εγκατάστασης διαχείρισης ενέργειας μπορεί να παρακολουθηθεί και να ελεγχθεί απομακρυσμένα εκτός της εγκατάστασης του αιολικού πάρκου χρησιμοποιώντας τυπική επίγεια καλωδίωση ή καλώδια οπτικών ινών.

Βοηθητικός και λοιπός Η/Μ εξοπλισμός

Ο βοηθητικός ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός είναι απαραίτητος για την λειτουργία και συντήρηση του αιολικού πάρκου και αποτελείται από τα παρακάτω:

- Ηλεκτρικό δίκτυο μέσης τάσης και δίκτυο επικοινωνίας (υπογείως)
- Δίκτυο υψηλής τάσης
- Εξοπλισμός οικίσκου ελέγχου
- Μετασχηματιστής υπηρεσίας 50 kVA
- Τηλεφωνικές γραμμές

Ασφάλεια λειτουργίας αιολικού πάρκου

Οι απαιτήσεις σε ασφάλεια όσον αφορά την ασφαλή λειτουργία του σταθμού είναι ελάχιστες σε σύγκριση με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Συνοπτικά οι απαιτήσεις σε ασφάλεια προσωπικού, εγκαταστάσεων και περιοίκων συνίστανται σε:

- Ασφάλεια προσωπικού : Για την ασφάλεια του προσωπικού διατίθενται όλα τα απαραίτητα μέσα ατομικής προστασίας και εκδίδεται κανονισμός ασφαλείας ο οποίος εφαρμόζεται τόσο κατά την διάρκεια εγκατάστασης του σταθμού τόσο και κατά την διάρκεια λειτουργίας

- Πυρασφάλεια : Για λόγους πυρασφάλειας, αφαιρείται η βλάστηση τριγύρω από όλους τους υποσταθμούς σε όλη την περίοδο λειτουργίας της αιολικής εγκατάστασης καθώς και προστίθεται χαλίκι στην επιφάνεια της γης για την αποστράγγιση των υδάτων.
- Αντικεραυνική προστασία : Η αντικεραυνική προστασία των εγκαταστάσεων γίνεται με αλεξικέραυνα σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 1197/1991. Ο ακριβής αριθμός των αλεξικέραυνων που χρησιμοποιείται, προσδιορίζεται αναλυτικά μετά από σχετική μελέτη που εκπονείται για το σύνολο των εγκαταστάσεων.
- Σύστημα γείωσης αιολικού πάρκου : Η γείωση κάθε υποσταθμού και της αντίστοιχης ανεμογεννήτριας είναι συνδυασμός θεμελιακής γείωσης με δακτυλιοειδή ηλεκτρόδια και ακτινικά ηλεκτρόδια γείωσης, ενώ επιτυγχάνεται αντίσταση γείωσης μικρότερη των 10Ω ανά Α/Γ. Όλος ο ηλεκτρικός εξοπλισμός τοποθετείται επάνω σε πλάκες σκυροδέματος καθώς και ένα μεταλλικό πλέγμα θάβεται κάτω από τους υποσταθμούς διαχείρισης ρεύματος για την επίτευξη της γείωσης.
- Περίφραξη : Η περίφραξη τοποθετείται γύρω από όλες τις εγκαταστάσεις με ψηλούς μεταλλικούς φράκτες για να εμποδίζεται η πρόσβαση σε μη εξουσιοδοτημένα άτομα ή άγρια ζώα.

Κατασκευή έργων υποδομής-εγκατάστασης

Τα έργα υποδομής αφορούν κυρίως χωματουργικές εργασίες και έργα πολιτικού μηχανικού. Οι εργασίες αυτές περιορίζονται στο ελάχιστο καθώς υπάρχει το κατάλληλο οδικό και ηλεκτρικό δίκτυο. Τα έργα αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Εσωτερική οδοποιία
- Πλατείες γύρω από την κάθε ανεμογεννήτρια (0,8 έως 3,0 στρέμματα)
- Κεντρικός οικίσκος ελέγχου (50-120 μ.τ.)
- Κανάλι υπογείας καλωδίωσης

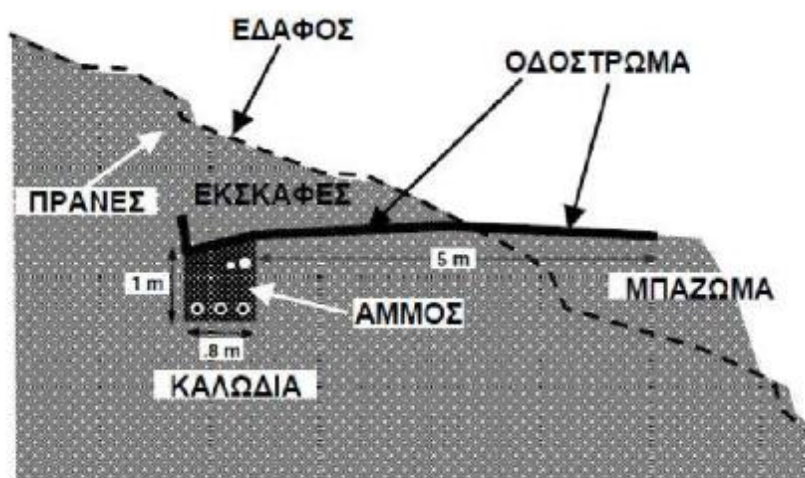
7.2 Δρόμοι πρόσβασης και εσωτερική οδοποιία κατά μήκος του αιολικού πάρκου

Το πιο βασικό έργο υποδομής είναι η οδοποιία. Σε περίπτωση που υπάρχει ήδη κάποιος διαμορφωμένος αγροτικός δρόμος που φτάνει κοντά στο χώρο εγκατάστασης, τότε το μόνο που χρειάζεται είναι η διάνοιξη ενός ακόμα δρόμου που θα οδηγεί ακριβώς στον χώρο κατασκευής καθώς επίσης και πιθανή διάνοιξη του υπάρχοντος δρόμου έτσι ώστε να δοθεί η δυνατότητα προσπέλασης των φορτηγών, αυτοκινήτων και γερανών που απαιτούνται κατά την μεταφορά και ανέγερση του εξοπλισμού όπου αυτό είναι αναγκαίο. Τέλος, κατά μήκος του αιολικού πάρκου, προβλέπεται η διάνοιξη δρόμου για την πρόσβαση στις κάθε μια από τις θέσεις των ανεμογεννητριών.

Μια τυπική διατομή οδοποιίας ενός αιολικού πάρκου φαίνεται στο επόμενο σχήμα και είναι με επίκλιση στις ευθυγραμμίες 2,5%. Οι κλίσεις των πρανών είναι μεγάλη λόγω της μεγάλης ευστάθειας του εδάφους. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της οδού είναι τα παρακάτω:

- Πλάτος 5 m
- Μέγιστη κλίση 2%

Στην άκρη του δρόμου και από την πλευρά του πρανού, υπάρχει συνήθως το κανάλι των υπογείων καλωδίων, μπαζωμένο με υλικά λατομείου. Το οδόστρωμα είναι επίσης από συμπιεσμένο υλικό λατομείου, πάχους 10 cm.



Εικόνα 7.2: Ευστάθεια του εδάφους

Εκσκαφές θεμελίων ανεμογεννητριών

Με κέντρα τα σημεία εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, θα γίνουν οι εκσκαφές των θεμελίων τετραγωνικής διατομής με ενδεικτικές διαστάσεις 12 x12 μέτρων και βάθους 2.5 μέτρων περίπου. Οι τελικές διαστάσεις καθορίζονται επακριβώς με βάση την μελέτη θεμελίωσης των ανεμογεννητριών. Τα προϊόντα της εκχωμάτωσης παραμένουν σε μικρή

απόσταση από το θεμέλιο και χρησιμοποιούνται μετά την σκυρόδεση του θεμελίου για την επιχωμάτωση του.

Οφείλουμε να έχουμε διαμορφώσει κατάλληλα όλο το κυκλικό δίσκο της επιφάνειας ώστε να μην υπάρχει η παραμικρή υψομετρική διαφορά και να εδραστεί το σκυρόδεμα πιο εύκολα. Οι εκσκαφές των βάσεων των ανεμογεννητριών οφείλουν να γίνονται σε υγιή και βραχώδη ως επί των πλείστων εδάφη, ώστε οι τροχιές των κυρίων τάσεων που μεταβιβάζει το κυκλικό θεμέλιο της ανεμογεννήτριας να προσπίπτουν στη υγιή επιφάνεια βραχώδους υλικού υπεδάφους όπου η αντοχή υλικού του πετρώματος εξασφαλίζει την ανάπτυξη επιτρεπόμενων τάσεων κάτω από το όριο ασφαλείας.

Εκσκαφές καναλιών καλωδιώσεων μέσης τάσης και σημάτων ελέγχου

Για την όδευση των καλωδίων μέσης τάσης και των καλωδίων σημάτων ελέγχου διανοίγονται κανάλια πλάτους 0.7 μ. και βάθους 1.2 μ., όπως προβλέπεται από τους ηλεκτρολογικούς κανονισμούς και από τις οδηγίες της ΔΕΗ, κατά μήκος του εσωτερικού δρόμου του αιολικού πάρκου.

Διαμόρφωση πλατειών γύρω από τις θέσεις των ανεμογεννητριών

Στην θέση κάθε θεμελίου ανεμογεννήτριας θα διαμορφώνεται επίπεδη πλατεία διαστάσεων 40 mX 40 m γύρω από το θεμέλιο της ανεμογεννήτριας ώστε να είναι δυνατόν να πραγματοποιούνται ελιγμοί των οχημάτων μεταφοράς του εξοπλισμού και των οχημάτων ανέγερσης καθώς και για την συντήρηση ή επισκευή του εξοπλισμού που θα απαιτηθεί σε μελλοντικό στάδιο. Ο επίπεδος χώρος αυτός θα πρέπει να έχει κατά το δυνατόν μικρές κλίσεις και για τον λόγο αυτό δίνεται ειδική μέριμνα κατά τον σχεδιασμό ώστε παράλληλα να μην αλλοιωθεί η υπάρχουσα κορυφογραμμή

Επιχωματώσεις - Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών θεμελίωσης των ανεμογεννητριών και των καναλιών διέλευσης των καλωδίων ισχύος και σημάτων, γίνονται οι απαιτούμενες επιχωματώσεις όπως προβλέπεται στις σχετικές προμελέτες και

στην συνέχεια ολοκληρώνεται η γενικότερη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην επαναφορά στην φυσική αρχική του κατάσταση, ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η οποιαδήποτε τεχνική παρέμβαση. Παράλληλα η ίδια προσπάθεια γίνεται και κατά το στάδιο των εκσκαφών ώστε να περιοριστούν αυτές στις ελάχιστες απαιτούμενες που παράλληλα θα διασφαλίσουν την ομαλή και ασφαλή εργασία των συνεργείων και των μηχανημάτων ανέγερσης.

Μεταφορά και εγκατάσταση των ανεμογεννητριών

Η μεταφορά των ανεμογεννητριών γίνεται συνήθως με μεγάλα εμπορικά πλοία και στη συνέχεια με ειδικά φορτηγά έως το σημείο εγκατάστασης του αιολικού πάρκου. Ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η διαδικασία αυτή δεν είναι σταθερός αλλά ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος και τον αριθμό των ανεμογεννητριών, το μέσο μεταφοράς τους, την απόσταση που οποία απέχει η τοποθεσία εγκατάστασης από την τοποθεσία κατασκευής, τη δυνατότητα πρόσβασης στην περιοχή καθώς και οποιεσδήποτε άλλες συνθήκες που μπορεί να επηρεάσουν τη μεταφορά όπως μηχανικές βλάβες, ατυχήματα η κακοκαιρία.

Όταν φτάσουν στο χώρο εγκατάστασης, πρέπει να πραγματοποιηθεί η ανέγερση της κάθε ανεμογεννήτριας στο κατάλληλο ύψος. Αρχικά, η ανέγερση μιας ανεμογεννήτριας απαιτεί τα κατάλληλα θεμέλια για τον πύργο. Ο τύπος των θεμελίων που απαιτούνται εξαρτάται από τις γεωλογικές συνθήκες και από το μέγεθος των πύργων. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την ανέγερση μιας ανεμογεννήτριας στο κατάλληλο ύψος όπως η ανύψωση με γερανούς και με ελικόπτερα. Τα βασικότερα κριτήρια βάσει των οποίων επιλέγεται η μέθοδος ανύψωσης είναι το ύψος των πύργων, το βάρος που πρέπει να ανυψωθεί και ο διαθέσιμος εξοπλισμός ανύψωσης.

Η δυνατότητα πρόσβασης του σημείου ανύψωσης των Α/Γ από τα βαριά οχήματα παίζει επίσης σημαντικό ρόλο. Η διαδικασία αυτή μπορεί να διαρκέσει πάνω από είκοσι ώρες για μία αρκετά ψηλή ανεμογεννήτρια .

7.3 Σύνδεση του αιολικού πάρκου στο ηλεκτρικό δίκτυο

Το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο της Ελλάδας καθώς και όλης της Ευρώπης λειτουργεί με τριφασικό ρεύμα στη συχνότητα των 50 Hz ενώ στην Αμερική, η συχνότητα είναι στα 60 Hz. Οι διαθέσιμες τάσεις χωρίζονται σε τρία επίπεδα:

- Υψηλή τάση: 380 kV, 220 kV, 110 kV,
- Μέση τάση: 30 kV, 20 kV, 10 kV,
- Χαμηλή τάση: 400 V.

Στην Ελλάδα, η μεταφορά μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας με ελάχιστες απώλειες πραγματοποιείται μέσω του διασυνδεδεμένου δικτύου υψηλής τάσης. Τα μεγάλα αιολικά πάρκα με ισχύ μεγαλύτερη από 10 ή 15 MW όπως και αυτό που μελετούμε, οφείλουν να συνδεθούν με το δίκτυο υψηλής τάσης (110 kV). Σε μερικές σπάνιες περιπτώσεις, η σύνδεση στο δίκτυο των 380 kV κρίνεται επίσης απαραίτητη.

Τεχνικός εξοπλισμός - κόστος της σύνδεσης

Ο τεχνικός εξοπλισμός και το κόστος της σύνδεσης στο δίκτυο καθορίζονται από τέσσερις παράγοντες:

- Την απόσταση των ανεμογεννητριών από το δίκτυο
- Την τάση και την ικανότητα μεταφοράς του δικτύου
- Τον έλεγχο της ισχύος και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό των ανεμογεννητριών
- Τις τεχνικές απαιτήσεις της χρησιμότητας για τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται παράλληλα με το δίκτυο.

Τα βασικά κριτήρια και οι προϋποθέσεις που εξετάζονται προκειμένου να επιτραπεί η σύνδεση νέων εγκαταστάσεων παραγωγής είναι τα ακόλουθα:

- Επάρκεια δικτύου (γραμμών, μετασχηματιστών κλπ.)

- Συμβολή στη στάθμη βραχυκύκλωσης
- Αργές μεταβολές της τάσης μόνιμης κατάστασης
- Ταχείες μεταβολές της τάσης
- Εκπομπές flicker
- Εκπομπές αρμονικών
- Διαμόρφωση των προστασιών της διασύνδεσης εγκαταστάσεων-δικτύου
- Επίπτωση στη λειτουργία συστημάτων Τηλεχειρισμού Ακουστικής Συχνότητας (ΤΑΣ)

Τρόπος σύνδεσης των Α/Γ στο δίκτυο ανάλογα με την ισχύ τους

Η επιλογή του τρόπου σύνδεσης ενός σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ανεμογεννήτριες στο δίκτυο αποτελεί αντικείμενο τεχνικοοικονομικής εξέτασης, λαμβάνοντας υπόψη αφενός το κόστος κεφαλαίου των έργων ενίσχυσης και επέκτασης του δικτύου και αφετέρου τις απώλειες ενέργειας κάθε τρόπου διασύνδεσης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης, τον χρόνο, την δυνατότητα κατασκευής των έργων, την χρηματοδότησή τους και άλλα. Αυτοί οι τρόποι αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

Ενδεικτική ισχύς (MW)	Πιθανός τρόπος σύνδεσης στο δίκτυο
Έως 0.1	Δίκτυο χαμηλής τάσης
Έως 4	Δίκτυο ΜΤ-σε υφιστάμενη γραμμή
Έως 6	Δίκτυο ΜΤ-Μέσω αποκλειστικής γραμμής απλού κυκλώματος
Έως 20	Δίκτυο ΜΤ- Μέσω αποκλειστικής γραμμής διπλού κυκλώματος
Άνω των 20	Δίκτυο ΥΤ-Με κατασκευή υποσταθμού υψηλής τάσης ανύψωσης από σε ΜΤ σε ΥΤ

Σχήμα 7.3: Πιθανοί τρόποι συνδεσης ανεμογεννητριών στο διαδύκτιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Οικονομοτεχνική μελέτη και νομοθεσία

8.1 Λογισμικό RETSCREEN

Μετά από την ολική σχεδίαση του έργου, ακολουθεί η οικονομοτεχνική μελέτη. Σκοπός της μελέτης αυτής είναι το να δείξει αν και κατά πόσο επικερδής θα είναι η συγκεκριμένη επένδυση, πότε γίνεται η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου καθώς και ποία θα είναι η καθαρή αξία ολόκληρου του έργου. Οι υπολογισμοί αυτοί μπορούν να πραγματοποιηθούν με την βοήθεια του λογισμικού RETscreen.

Το λογισμικό Ανάλυσης έργων καθαρής ενέργειας RETScreen International είναι ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που δημιουργήθηκε με την συμβολή μεγάλου αριθμού ειδικών από την κυβέρνηση του Καναδά καθώς και την

βιομηχανία και την εκπαίδευση. Το λογισμικό, το οποίο παρέχεται δωρεάν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για να αποτιμήσει την ενεργειακή παραγωγή και εξοικονόμηση ενέργειας, το κόστος κύκλου ζωής, τη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και για την οικονομική ανάλυση διαφόρων τεχνολογιών ενεργειακής απόδοσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Το λογισμικό περιλαμβάνει επίσης βάσεις δεδομένων με προϊόντα, κόστος και κλιματολογικά δεδομένα καθώς και ένα αναλυτικό online εγχειρίδιο χρήστη.

Το Retscreen αποτελείται από λογιστικά φύλλα Excel τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- **Εισαγωγή:** Συμπληρώνονται το όνομα και η τοποθεσία του έργου, ο τύπος του και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται, καθώς και τα στοιχεία που αφορούν τα πλησιέστερα μετεωρολογικά δεδομένα.
- **Ενεργειακό μοντέλο:** Συμπληρώνονται τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης και τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας που πρόκειται να εγκατασταθεί, η ισχύς και το ύψος της, ο αριθμός των ανεμογεννητριών και τέλος οι διάφοροι συντελεστές που έχουν να κάνουν με την απόδοση της ανεμογεννήτριας.
- **Ανάλυση κόστους:** Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των δαπανών που συνδέονται με τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου. Συμπληρώνονται ο τύπος της ανάλυσης και οι δαπάνες κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία του έργου.
- **Ανάλυση συνεισφοράς στο φαινόμενο θερμοκηπίου:** Καταγράφονται διάφορες παράμετροι σχετικά με τα αέρια του θερμοκηπίου που μειώνονται χρησιμοποιώντας την αιολική ενέργεια.
- **Οικονομική ανάλυση:** Καταγράφονται διάφορες οικονομικές παράμετροι σχετικά με την αιολική ενέργεια που αξιοποιείται, καθώς και τα οικονομικά οφέλη που απορρέουν χρησιμοποιώντας την.
- **Ανάλυση επικινδυνότητας:** Βοηθά τον χρήστη να εκτιμήσει την ευαισθησία σημαντικών οικονομικών δεικτών σε σχέση με βασικές τεχνικές και οικονομικές παραμέτρους.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται σε μορφή πινάκων που περιλαμβάνουν:

- Παρουσίαση του επενδυτικού κεφαλαίου
- Κοστολόγηση του έργου
- Πάγια έξοδα
- Πάγια έσοδα

8.2 Νομοθεσία - Διαδικασία αδειοδότησης αιολικού πάρκου στην Ελλάδα

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Ν. 2244/94 και 2773/99) η ΔΕΗ είναι υποχρεωμένη να αγοράζει την παραγόμενη ενέργεια από ανεξάρτητο παραγωγό. Η τιμή πώλησης της kwh συνδέεται με τα τιμολόγια των καταναλωτών. Συγκεκριμένα, για το διασυνδεδεμένο δίκτυο και για τον ανεξάρτητο παραγωγό, η τιμή πώλησης καθορίζεται στο 90% του τιμολογίου Β2. Επιπλέον, παρέχεται ένα σταθερό επιχειρησιακό περιβάλλον, αφού υπογράφονται μακροχρόνιες συμβάσεις πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας (20-25 έτη). Επίσης, μέσω του αναπτυξιακού νόμου 2601/98, τα αιολικά πάρκα χρηματοδοτούνται με ένα ποσοστό 40% που οδηγεί στην πλήρη απόσβεση της επένδυσης από 2 έως 7 έτη, ανάλογα με το αιολικό δυναμικό της περιοχής και την ονομαστική ισχύ του σταθμού. Μια εναλλακτική πηγή χρηματοδότησης μπορεί να είναι τα κοινοτικά προγράμματα (ενεργειακά επιχειρησιακά προγράμματα). Απαραίτητες προϋποθέσεις για την έκδοση της άδειας εγκατάστασης για τον αιολικό σταθμό αποτελούν η χωροθέτηση, η άδεια εγκατάστασης η άδεια λειτουργίας και άδειας παραγωγής. Η λήψη της άδειας εγκατάστασης απαιτεί αναμονή 1 με 2 έτη, ενώ η άδεια λειτουργίας εκδίδεται αμέσως μετά την εγκατάσταση του σταθμού. Όσον αφορά στη λήψη της άδειας παραγωγής, βάσει του νόμου 2773/99, ιδρύθηκε μια ανεξάρτητη αρχή ενέργειας (ΡΑΕ), όπου οι ενδιαφερόμενοι επενδυτές-εταιρείες/κοινοπραξίες μπορούν να καταθέτουν μια αίτηση και ένα φάκελο μελέτης. Η ΡΑΕ, με τη σειρά της, εξετάζει κάθε αίτηση ξεχωριστά και διαμορφώνει μια γνώμη η οποία κοινοποιείται στον υπουργό ανάπτυξης, ο οποίος λαμβάνει και την τελική απόφαση για την έκδοση άδειας παραγωγής ή όχι.

Οι άδειες που απαιτούνται από τον αρχικό σχεδιασμό μέχρι και τη λειτουργία ενός πάρκου είναι κατά σειρά:

1. Άδεια Παραγωγής

2. Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
3. Οριστική Προσφορά Σύνδεσης
4. Άδεια Εγκατάστασης
5. Σύμβαση Σύνδεσης
6. Σύμβαση Πώλησης (ως 31.12.2015) ή Σύμβαση Λειτουργικής Ενίσχυσης
7. Άδεια Λειτουργίας

1. Άδεια Παραγωγής

Εκδίδεται από τη ΡΑΕ σύμφωνα με τον κανονισμό Αδειών Παραγωγής (ΦΕΚ 2373/25.10.2011).

2. Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ)

Εκδίδεται από την οικία Δ/νση Περιβάλλοντος και Χωρικού Σχεδιασμού της Αποκεντρωμένης Διοίκησης του έργου, εκτός αν το έργο είναι υποκατηγορίας Α1 που αρμόδιος φορέας είναι το ΥΠΕΚΑ/ΥΠΠΕΝ.

Λεπτομέρειες θα βρεις στο ΦΕΚ 209/21.09.2011.

3. Οριστική Προσφορά Σύνδεσης

Εκδίδεται από τον αρμόδιο Διαχειριστή (ΑΔΜΗΕ ή ΔΕΔΔΗΕ). Πληροφορίες για τη διαδικασία θα βρεις στο ΦΕΚ 1153/10.07.2007.

4. Άδεια Εγκατάστασης

Εκδίδεται από τη Δ/νση Τεχνικού Ελέγχου της οικίας Αποκεντρωμένης Διοίκησης του έργου. Πληροφορίες στο ΦΕΚ 1153/10.07.2007.

5. Σύμβαση Σύνδεσης

Συνάπτεται με τον αρμόδιο διαχειριστή (ΑΔΜΗΕ ή ΔΕΔΔΗΕ). Πληροφορίες πάλι στο ΦΕΚ 1153/10.07.2007 και στο site του ΑΔΜΗΕ.

6. Σύμβαση Πώλησης ή Σύμβαση Λειτουργικής Ενίσχυσης

Σύμβαση Πώλησης μπορούσαν να υπογράψουν οι παραγωγοί ως 31.12.2015 (σταθερή ταρίφα). Σύμφωνα με το νέο πλαίσιο στήριξης των ΑΠΕ (Ν.4414/2016) συνάπτεται πλέον με το ΛΑΓΗΕ Σύμβαση Λειτουργικής Ενίσχυσης. Πληροφορίες στο ΦΕΚ 149/09.08.2016, αλλά και στο site του ΛΑΓΗΕ.

7. Άδεια Λειτουργίας

ΦΕΚ 1153/10.07.2007.

8.3 Γενικοί Όροι Άδειας Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

1.Ορισμοί

Οι λέξεις, οι όροι και οι εκφράσεις που χρησιμοποιούνται στην παρούσα Άδεια έχουν το περιεχόμενο που καθορίζεται στο Ν. 3468/2006, όπως ισχύει και στον Κανονισμό Αδειών.

2.Υποχρέωση τήρησης νομοθετικού και κανονιστικού πλαισίου

Ο Αδειούχος οφείλει να τηρεί το Νόμο, τον Κανονισμό Αδειών, τον Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος, τον Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και κάθε άλλη εκδιδόμενη κατ' εξουσιοδότηση του νόμου κανονιστική πράξη που διέπει τη δραστηριότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

3.Παροχή Στοιχείων-Διεξαγωγή ελέγχων

Ο Αδειούχος οφείλει να παρέχει στη Ρ.Α.Ε. τα έγγραφα ή τα στοιχεία που του ζητά, εντός εύλογου χρόνου μετά από γραπτή ειδοποίηση που απευθύνεται σε αυτόν, καθώς και να την διευκολύνει κατά τη διεξαγωγή ελέγχων.

4. Τήρηση λογαριασμών

Ο Αδειούχος οφείλει να τηρεί τις υποχρεώσεις, που προβλέπονται στο άρθρο 141 του νόμου 4001/2011 όπως ισχύει, σχετικά με την τήρηση λογαριασμών και να τηρείστην έδρα του αντίγραφα των λογαριασμών στη διάθεση του κοινού, εκτός εάν οι λογαριασμοί αυτοί δημοσιεύονται υποχρεωτικά.

5. Συμβάσεις με το Διαχειριστή του Συστήματος.

Ο Αδειούχος οφείλει να συνάπτει με τον αρμόδιο Διαχειριστή, κατά τα προβλεπόμενα στο νόμο 4001/2011, τις συμβάσεις που απαιτούνται για τη σύνδεσή του, τη χρήση του Συστήματος και τη λειτουργία του σταθμού του στο πλαίσιο του Συστήματος ή του Δικτύου και να τηρεί τους όρους των συμβάσεων αυτών.

6. Υποχρέωση σεβασμού κανόνων Ασφάλειας και Προστασίας Περιβάλλοντος.

Ο Αδειούχος οφείλει κατά την άσκηση των δραστηριοτήτων του, για τις οποίες έχει χορηγηθεί η άδεια αυτή να τηρεί:

i) τους Κανόνες Ασφαλείας που έχουν εκδοθεί σύμφωνα με το άρθρο 142 του νόμου 4001/2011, όπως ισχύει.

ii) τους περιβαλλοντικούς όρους, οι οποίοι ισχύουν κατά το χρόνο χορήγησης ή ισχύος της άδειας αυτής

7. Επιβολή Πρόσθετων Υποχρεώσεων.

Ο Αδειούχος οφείλει να τηρεί τις αποφάσεις του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής που εκδίδονται σύμφωνα με την παράγραφο 3 του άρθρου 135, του νόμου 4001/2011, με τις οποίες επιβάλλονται πρόσθετες υποχρεώσεις και να λαμβάνει τα μέτρα που απαιτούνται για την εφαρμογή των αποφάσεων αυτών.

8. Τέλη.

Ο κάτοχος της άδειας οφείλει να καταβάλει όλα τα τέλη που προβλέπονται από την ισχύουσα νομοθεσία.

9. Διάρκεια ισχύος Άδειας.

Η Άδεια αυτή ισχύει για χρονικό διάστημα 25 ετών. Η διάρκεια ισχύος της μπορεί να ανανεωθεί μέχρι ίσο χρόνο, σύμφωνα με τον Κανονισμό Αδειών.

10. Υποχρεώσεις που απορρέουν από την Άδεια.

Ο Αδειούχος υποχρεούται να ενημερώνει τη ΡΑΕ για την πρόοδο των έργων. Μετά τη λήψη της άδειας παραγωγής και μέχρι την έκδοση της άδειας λειτουργίας ο αδειούχος υποχρεούται:

α) Να ενημερώνει τη ΡΑΕ για την πρόοδο υλοποίησης των έργων, με την υποβολή σχετικής έκθεσης που προβλέπεται στο άρθρο 41 του Κανονισμού. Η έκθεση υποβάλλεται σύμφωνα με το Παράρτημα 4 και περιλαμβάνει, περιγραφή των εργασιών που έχουν πραγματοποιηθεί, τον προγραμματισμό εργασιών και ενεργειών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του έργου,

καθώς και κάθε άλλο στοιχείο και πληροφορία σχετικά με την εγκατάσταση και λειτουργία του έργου. Από την έκθεση του πρώτου εξαμήνου πρέπει να προκύπτει ότι ο αδειούχος έχει προβεί σε όλες τις αναγκαίες ενέργειες για τη λήψη της άδειας εγκατάστασης.

β) Να ενημερώνει τη ΡΑΕ για κάθε έγκριση ή άδεια ή αρνητική γνωμοδότηση που λαμβάνει στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης και να κοινοποιεί, χωρίς υπαίτια καθυστέρηση στη ΡΑΕ, αντίγραφα των σχετικών αποφάσεων και εγγράφων.

Μετά τη λήψη της άδειας λειτουργίας ο αδειούχος οφείλει εντός του πρώτου διμήνου κάθε ημερολογιακού έτους να ενημερώνει τη ΡΑΕ και την Ειδική Υπηρεσία ΑΠΕ του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, σχετικά με τα ακόλουθα στοιχεία που αφορούν το προηγούμενο έτος:

α) Την ετήσια παραγωγή ενέργειας και τη Μέγιστη Ισχύ Παραγωγής του σταθμού που καταγράφηκε κατά το διάστημα αυτό.

β) Το ετήσιο ποσοστό μη διαθεσιμότητας του σταθμού και τους λόγους στους οποίους οφείλεται.

γ) Τυχόν προβλήματα λειτουργίας του σταθμού που οφείλονται στο Σύστημα ή στο Δίκτυο.

11.Ανάκληση Άδειας.

Η Άδεια παραγωγής ανακαλείται κατά τα προβλεπόμενα στο Κεφάλαιο ΙΓ' του Κανονισμού Αδειών.

12.Υποχρέωση Δημοσίευσης της Άδειας.

Ο Αδειούχος οφείλει να δημοσιεύσει αμελλητί περίληψη της άδειας σε μια (1) ημερήσια εφημερίδα πανελλαδικής κυκλοφορίας.

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας για την τη χορηγηση της άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει υπόψη :

1.Τις διατάξεις του ν. 4001/2011 «Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις» (ΦΕΚ Α΄ 179/22.08.2011).

2.Τις διατάξεις του ν.3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»,ΦΕΚ Α΄ 129/27.06.2006, όπως ισχύει.

3.Τις διατάξεις του ν. 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής», ΦΕΚ Α 85/4.6.2010.

4.Τις διατάξεις του ν. 4254/2014 «μέτρα στήριξης της ελληνικής οικονομίας στο πλαίσιο εφαρμογής του ν.4046/2012 και άλλες διατάξεις», ΦΕΚ Α΄85/070.04.2014.

5.Τις διατάξεις του ν. 4152/2012 «Επείγοντα μέτρα εφαρμογής των Νόμων 4046/2012, 4093/2012 και 4127/2013», ΦΕΚ Α΄ 107/ 09.05.2013

6.Τις διατάξεις του ν. 3734/2009 «Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας και άλλες διατάξεις»ΦΕΚ Α 8/28.01.2009, και ειδικότερα τα άρθρα 27 και 27Α.

7.Τις διατάξεις του ν.2773/1999 «Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας», ΦΕΚ Α΄ 286/22.12.1999, όπως ισχύει.

8.Τις διατάξεις του ν. 2244/1994 «Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις» ΦΕΚΑ΄ 168/1994), όπως ισχύει.

9.Τις διατάξεις του ν.2690/1999 «Κώδικας Διοικητικής Διαδικασίας»,ΦΕΚ Α 45, όπως ισχύει.

10.Τις διατάξεις και τα Παραρτήματα της υπ' αριθμ.πρωτ. ΥΑΠΕ/Φ1/14810/04.10.2011απόφασης του Υφυπουργού ΠΕΚΑ«Κανονισμός αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ΑΠΕ και Σ.Η.Θ.Υ.Α. »(ΦΕΚ Β΄ 2373/25.10.2011), εφεξής ο «Κανονισμός Αδειών»

11.Την από 30.07.2001 απόφαση της Ρ.Α.Ε. «Οδηγός αξιολόγησης αιτήσεων αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. και μικρή Σ.Η.Θ.», όπως ισχύει εφεξής ο «Οδηγός Αξιολόγησης»

12.Την Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμ. Α.Υ./Φ1/οικ. 19598/01.10.2010 «Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας» (ΦΕΚ Β' 1630/11.10.2010).

13.Τις διατάξεις του ν.3852/2010 «Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης-Πρόγραμμα Καλλικράτης», ΦΕΚ Α 87/07.06.2010, όπως ισχύει.

14.Την ΚΥΑ 49828/12.11.2008 «Έγκριση ειδικού χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού», ΦΕΚ Β' 2464/3.12.2008, όπως ισχύει.

15.Την Υπουργική Απόφαση υπ' αριθμ. Α.Υ./Φ1/οικ. 19598/01.10.2010 «Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας» (ΦΕΚ Β' 1630/11.10.2010).

16.Την υπ' αριθμ.1258/2010 απόφαση της ΡΑΕ «Επί της αξιολόγησης της δυνατότητας υλοποίησης έργων ΑΠΕ σε συμμόρφωση με το ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις Α.Π.Ε. και ειδικότερα με τις διατάξεις του για τις περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης εγκαταστάσεων Α.Π.Ε.».

17.Την υπ' αριθμ. ΑΥ/Φ1/οικ.14586/19.07.2010 εγκύκλιο του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, με θέμα «Οδηγίες Εφαρμογής διατάξεων του ν. 3851/2010».

18.Την υπ' αριθμ. πρωτ. ΡΑΕ Γ-05924/10.03.2015 αίτηση (εφεξής "η Αίτηση") της εταιρείας με την επωνυμία «@@@@@» με δ.τ. @@@@ π.χ Α.Ε. (εφεξής "η Εταιρεία"), για τη χορήγηση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικό σταθμό @,@MW στις θέσεις «@@@» της Δημοτικής Ενότητας @@@@, του Δήμου @@@, της Περιφερειακής Ενότητας @@@, καθώς και τα έγγραφα και στοιχεία που υποβλήθηκαν.

19.Ταυπ' αριθμ. πρωτ. ΡΑΕ Ι-193900/19.03.2015, έγγραφα με το οποίο υποβλήθηκε επιστολή από την Εθνική Τράπεζα της Ελλάδας.

20.Το γεγονός ότι κατά της ανωτέρω αίτησης δεν έχουν υποβληθεί αντιρρήσεις

21. Το γεγονός ότι καταβλήθηκε το προβλεπόμενο ανταποδοτικό τέλος.

Βιβλιογραφία

- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων: “Μύθος και πραγματικότητα” Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) (Μπινόπουλος Ε., Χαβιαρόπουλος Π.)
- Wind Turbine Rotor Design-Final Design Report (Ryan T. Cowgill, Jake Fouts, Byron Haley, Chris Whitham)
- Ανεμοκινητήρες (Γ.Μπεργελές-Εκδόσεις Συμεών-Αθήνα 1995)
- Εναλλακτικές μορφές ενέργειας ,Βασίλειος Δ. Μπιτζιώνης Δημήτριος Β. Μπιτζιώνης , Εκδόσεις Τζιόλα 2010
- Ήπιες μορφές ενέργειας-Περιβάλλον & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ,Καπλάνης Ν. Σωκράτης ,εκδόσεις ΙΩΝ 2003
- Εργαστηριακές σημειώσεις εργαστηρίου μηχανολογίας ΑΤΕΙ Πειραιά “Ήπιες μορφές ενέργειας”
- Διαχείριση της αιολικής ενέργειας ,Ιωάννης Κ. Καλδέλλης ,εκδόσεις Αθ. Σταμούλη 2005
- energy world magazine ,αφιέρωμα στην αιολική ενέργεια Ιούλιος 2012
- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και πράσινη οικολογία
- Μηχανή αναζήτησης στο διαδίκτυο www.google.com
- Εταιρία ανάπτυξης αιολικών πάρκων <http://everpower.com/index.shtml>
- αιολικής ενέργειας <http://www.gwec.net/>
- Διαδικτυακή σελίδα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας www.civ.uth.gr
- Ιστοσελίδα λογισμικού RETscreen www.retscreen.net
- Ιστοσελίδα αιολικών συστημάτων <http://www.mywindpowersystem.com/>
- Εταιρία κατασκευής φρένων <http://www.mayr.com/>
- Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας : www.eletaen.gr
- Υπουργείο ανάπτυξης (ΥΠΙΑΝ) : www.ypan.gr
- EWEA , European Wind Energy Association (EWEA), www.ewea.org
- Κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ): www.cres.gr
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής

www.ypeka.gr

- ΔΕΣΜΗΕ , Διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας www.desmie.gr
- Ρυθμιστική αρχή ενέργειας (ΡΑΕ): www.rae.gr
- Ελληνικός σύνδεσμος ηλεκτροπαραγωγών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας www.hellasres.gr