



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

ΜΙΣΥΡΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΑΜ: 6302

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή έχει σκοπό να μελετήσουμε και να κατανοήσουμε την ανάγκη μας καθώς και του πλανήτη να στρέψουμε τα βλέμματα μας σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθαρές προς το περιβάλλον και στην ενέργεια που διαθέτει η χώρα μας και παραμένουν ακόμα σήμερα σε μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτες.

Σε αυτήν την εργασία θα μελετήσουμε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συγκεκριμένα θα επικεντρωθούμε στα αιολικά πάρκα. Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας ως έναν πολύ σημαντικό ενεργειακό πόρο κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερη απήχηση μεταξύ των υπευθύνων για τη λήψη αποφάσεων τα τελευταία χρόνια, λόγω της συνεχούς αυξανόμενης ανάγκης για βιώσιμη ανάπτυξη.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	II
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	III
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	V
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	8
2.1 Από το παρελθόν στο σήμερα	8
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 –ΤΥΠΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ) 11	
3.1 Γενικά για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	11
3.2 Μη ανανεώσιμη ή Βρώμικη ενέργεια.....	12
3.3 Η Ηλιακή ενέργεια.	13
3.4 Η Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	14
3.5 Ενέργεια από Βιομάζα	15
3.6 Η Γεωθερμική ενέργεια	15
3.7 Η Παλιρροιακή και κυματική ενέργεια	16
3.8 Η Αιολική ενέργεια	17
4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ.....	18
4.1 Η Κινητική Ενέργεια ανέμων	19
4.1.1 Ηλεκτρική Ενέργεια μπορεί να παραχθεί από τον άνεμο.....	20
4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου.....	22
4.2.1 Χαρακτηριστικά του ανέμου	22
4.2.2 Επίδραση της τραχύτητας του εδάφους	22
4.2.3 Επίδραση επιφανειακών εμποδίων	23
4.3 Υπολογισμός αιολικού δυναμικού	24
4.4 Ισχύς ανέμου	25

5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	27
5.1	Τύποι και υποσυστήματα ανεμογεννητριών.	28
5.2	Περιγραφή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα	30
5.3	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Α/Γ	35
5.3.1	Πλεονεκτήματα.....	35
5.3.2	Μειονεκτήματα	35
5.4	Ο σχεδιασμός και η κατασκευή της ανεμογεννήτριας	36
5.5	Α/Γ μικρής ισχύος για οικιακές εφαρμογές.....	40
5.5.1	Το αιολικό σύστημα μικρής ισχύος.....	41
6	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ.	44
6.1	Γενικά για τα Αιολικά Πάρκα.	44
6.2	Είδη Αιολικού Πάρκου.....	45
6.2.1	Τα χερσαία αιολικά πάρκα (onshore wind farms).....	45
6.2.2	Παράκτια αιολικά πάρκα (nearshore wind farms).	47
6.2.3	Υπεράκτια αιολικά πάρκα (offshore wind farms).	48
6.3	Ανεμογεννήτριες σε αυτοκινητόδρομους.	50
6.4	Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.....	54
6.5	Τα κριτήρια επιλογής περιοχής μελέτης αιολικού πάρκου	55
6.6	Κριτήριο επιλογής ανεμογεννήτριας	56
6.7	Κατασκευή αιολικού πάρκου	56
6.8	Παράδειγμα διαστασιολόγησης αιολικού πάρκου.....	60
7	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	62
8	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1: Αρχαιοι Περσικοί Ανεμόμυλοι.....	8
Εικόνα 3-1 ΦΒ πάνελ σε στέγη.....	13
Εικόνα 3-2 Φράγμα υδροηλεκτρικού σταθμού	14
Εικόνα 3-3 Πηγές βιομάζας.....	15
Εικόνα 3-4: Ο πυρήνας της γης είναι η πηγή της γεωθερμίας	16
Εικόνα 3-5 Εγκατάσταση ωκεάνιας ενέργειας.....	17
Εικόνα 3-6: Ανεμογεννήτριες	17
Εικόνα 4-1 Άνεμοι	18
Εικόνα 4-2 Η σύνθετη κίνηση προκύπτει από την μεταφορική και από την περιστροφική κίνηση	19
Εικόνα 4-3 Οι εδαφολογικές ιδιομορφίες μιας περιοχής διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην απόφαση εγκατάστασης μιας αιολικής μηχανής.....	23
Εικόνα 5-1 Δύο βασικοί τύποι ανεμογεννήτριας, κατακόρυφου άξονα (αριστερά) και οριζόντιου άξονα (δεξιά)	28
Εικόνα 5-2 :Απεικόνιση σύνδεσης.....	29
Εικόνα 5-3 Διάταξη δρομέα Ανάντη και Κατάντη	31
Εικόνα 5-4 Κλίση δρομέα	32
Εικόνα 5-5 Εξαρτήματα ανεμογεννήτριας.....	36
Εικόνα 5-6 Τυπική κατασκευή.....	37
Εικόνα 5-7 Τεχνικά μέρη	38
Εικόνα 5-8 Μικρή ανεμογεννήτρια οικίας	41
Εικόνα 6-1: Χερσαίο Αιολικό Πάρκο	46
Εικόνα 6-2: Παράκτιο Αιολικό Πάρκο.....	47
Εικόνα 6-3: Υπεράκτιο Αιολικό Πάρκο	49
Εικόνα 6-4: Ανεμογεννήτρια αυτοκινητόδρομου.	50
Εικόνα 6-5 Ανεμογεννήτριες τοποθετημένες οριζόντια στα χαλύβδινα πλαίσια που κρατούν σήμερα πινακίδες αυτοκινητοδρόμων.....	51
Εικόνα 6-6 Ανεμογεννήτριες τοποθετημένες στους ιστούς των φωτιστικών	52
Εικόνα 6-7 Αυτό είναι το πρωτότυπο μιας εφεύρεσης του Sanwal Muneer, ενός νεαρού επιχειρηματία από το Πακιστάν.....	52
Εικόνα 6-8 Αιολικό Δυναμικό Ελλάδας.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές.

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 στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια.

Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. 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 στον ενεργειακό τομέα, εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου από τον άνθρωπο αποτελεί μία πρακτική που βρίσκει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι τα ιστιοφόρα και οι ανεμόμυλοι.

Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε τις ανεμογεννήτριες (Α/Γ). Οι ανεμογεννήτριες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και

στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Οι Α/Γ χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις Α/Γ, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή.

Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης Η/Ε, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες.

Η άντληση ύδατος με χρήση Η/Ε παραγόμενης από Α/Γ και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη Η/Ε είναι μεγάλη.

Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό, σε αρκετές περιοχές της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Ευβοίας και φυσικά στα νησιά του Αιγαίου. Σε αυτές τις περιοχές θα συναντήσουμε και τα περισσότερα αιολικά πάρκα, τα οποία αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών σε βέλτιστη διάταξη για την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού.

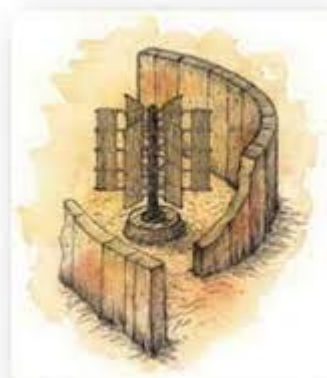
Η αιολική ενέργεια είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Η εκμετάλλευση του υψηλού της δυναμικού στη χώρα μας, σε συνδυασμό με τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών που ενσωματώνεται στις σύγχρονες αποδοτικές ανεμογεννήτριες, έχει τεράστια σημασία για τη βιώσιμη ανάπτυξη, την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

2.1 Από το παρελθόν στο σήμερα

Η ιστορία της αιολικής ενέργειας φανερώνει μια γενική εξέλιξη από τη χρήση απλών ελαφρών συσκευών που χρησιμοποιούσαν την αεροδυναμική, στη χρήση των μοντέρνων με προηγμένα υλικά συσκευών. Η πιο παλιά χρήση της δύναμης του αέρα είναι η χρήση των ιστίων στα αρχαία ήδη καράβια και η τεχνογνωσία αυτή συνέργησε και στην μετέπειτα ανάπτυξη των ανεμόμυλων, των οποίων οι ανεμογεννήτριες αποτελούν συνέχεια.

Ο ανεμόμυλος είναι μια διάταξη που χρησιμοποιεί ως κινητήρια δύναμη την κινητική ενέργεια του άνεμου (αιολική ενέργεια). Χρησιμοποιείται για την άλεση σιτηρών, την άντληση νερού και σε άλλες εργασίες. Αυτό το συγκρότημα των ανεμόμυλων βρισκόταν στο Σειστάν, στα σύνορα της Περσίας και Αφγανιστάν και ήταν “οριζόντιου τύπου” δηλαδή με ιστία τοποθετημένα ακτινικά σε έναν “κατακόρυφο άξονα”. Ο άξονας αυτός στηριζόταν σε ένα μόνιμο κτίσμα με ανοίγματα σε αντιδιαβητικά σημεία για την είσοδο και την έξοδο του αέρα. Κάθε μύλος έδινε απευθείας κίνηση σε ένα μόνο ζεύγος μυλόπετρες.



Εικόνα 2-1: Αρχαίοι Περσικοί Ανεμόμυλοι

Τον 13ο αιώνα οι μύλοι αυτού του τύπου ήταν γνωστοί στην Βόρεια Κίνα, όπου μέχρι και τον 16ο αιώνα τους χρησιμοποιούσαν για εξάτμιση του θαλασσινού νερού στην παραγωγή αλατιού. Ο πιο αντιπροσωπευτικός από

όλους αυτούς τους τύπους των ανεμόμυλων είναι ο τύπος με το «στροφείο σχήματος S» που ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται σε φτωχές ή απομονωμένες περιοχές λόγω της φτηνής και εύκολης κατασκευής του. Οι πρώτοι ευρωπαϊκοί ανεμόμυλοι.

Ο ανεμόμυλος έφτασε στην Ευρώπη από τους Άραβες, χρησιμοποιήθηκε δε στον τύπο του κατακόρυφου ρωμαϊκού υδραυλικού τροχού, με τη διαφορά ότι ο ανεμόμυλος είχε στην θέση του τροχού κατακόρυφα φτερά που μετέδιδαν την κίνηση στις μυλόπετρες με ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών. Οι πρώτοι τέτοιοι περιστρεφόμενοι μύλοι εμφανίστηκαν στη Γαλλία το 1180, στην Αγγλία το 1191 και στη Συρία το 1190. Οι πρώτοι ανεμόμυλοι ήταν τύπου οριζοντίου άξονα. Ανθίζουν στην Ευρώπη στα μέσα του 13ου αιώνα μ.Χ.

Στις αρχές του 14ου αιώνα αναπτύχθηκε στη Γαλλία ο ανεμόμυλος σε σχήμα πύργου (μετοχάρης). Σε αυτόν τον τύπο ανεμόμυλου οι μυλόπετρες και οι οδοντωτοί τροχοί ήταν τοποθετημένοι σε ένα σταθερό πύργο με κινητή οροφή, στην οποία στηρίζονταν τα ιστία και η οποία μπορούσε να περιστραφεί σε ειδική τροχιά, στην κορυφή του πύργου. Ο “περιστρεφόμενος ανεμόμυλος με κοίλο εσωτερικά άξονα” επινοήθηκε στις Κάτω Χώρες στις αρχές του 15ου αιώνα.

Το 1500 μ.Χ. κάνουν την εμφάνιση τους στην Ολλανδία, ενώ το 1860 η Δανία στρέφει το ενδιαφέρον της προς τον άνεμο, αρχίζοντας μάλιστα ένα ειδικό πρόγραμμα για την κατασκευή ανεμοκινητήρων που θα παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Διέθετε έναν κατακόρυφο άξονα με γρανάζια στα δύο του άκρα, ο οποίος περνούσε μέσα από τον κοίλο άξονα και κινούσε ένα τροχό με περιφερειακά διαταγμένα σκαφίδια που μετέφερε το νερό σε υψηλότερη στάθμη. Οι ανεμομηχανές της Δανίας απέδιδαν 25 KW.

Η επόμενη προσπάθεια έγινε από τους Ρώσους, οι οποίοι το 1931 δημιούργησαν μια παρόμοια μηχανή διαμέτρου 30 μέτρων. Οι ουσιαστικότερες μελέτες στον κλάδο της αιολικής ενέργειας ξεκίνησαν μετά το Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα είναι η ανεμογεννήτρια Best Romani, η οποία διέθετε τρία πτερύγια, είχε διάμετρο 30 μέτρων και παρήγαγε 800 Kw.

Το πιο σημαντικό συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι οι μεγάλες αιολικές μηχανές που έχουν κατασκευαστεί σωστά (βάση υπολογισμών της θέσης του εδάφους και της ροής των τοπικών ανέμων) δεν κάνουν καθόλου θόρυβο.

Η μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια της εποχής κατασκευάστηκε τη δεκαετία του '50 στις ΗΠΑ. Εμπνευστές και σχεδιαστές του μεγάλου αυτού εγχειρήματος ήταν το επιστημονικό προσωπικό του Τεχνολογικού Ιδρύματος της Μασαχουσέτης. Η ισχύς της έφτανε τα 1,25 Mw και η λειτουργία της διακόπηκε μετά από πέντε χρόνια λόγω ανεπανόρθωτης βλάβης. Μέχρι την περίοδο αυτή, ανάλογη ήταν και η εξέλιξη στον ευρωπαϊκό χώρο.

Η πρώτη ανάλογη προσπάθεια έγινε στην Ελλάδα το 1982, και πιο συγκεκριμένα στο νησί της Κύθνου. Μια ηλεκτρομηχανική εταιρεία κατασκεύασε την αιολική μηχανή Bonrget, διαμέτρου 20 μέτρων με δυο πτερύγια, η οποία όμως καταστράφηκε από τον άνεμο. Αξίζει να σημειωθεί, όμως, πως στις αρχές της δεκαετίας του 1950 η χαμηλή τιμή του πετρελαίου οδήγησε σε στασιμότητα τις όποιες ερευνητικές προσπάθειες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΥΠΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

3.1 Γενικά για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ανθεί, καθώς η καινοτομία μειώνει το κόστος και αρχίζει να εκπληρώνει την υπόσχεση για ένα μέλλον καθαρής ενέργειας. Η ηλιακή και αιολική παραγωγή σπάει ρεκόρ και ενσωματώνεται στο εθνικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς να διακυβεύεται η αξιοπιστία του. Αυτό σημαίνει ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εκτοπίζουν ολοένα και περισσότερο τα «βρώμικα» ορυκτά καύσιμα στον τομέα της ενέργειας, προσφέροντας το πλεονέκτημα των χαμηλότερων εκπομπών άνθρακα και άλλων τύπων ρύπανσης.

Αλλά δεν είναι όλες οι πηγές ενέργειας που διατίθενται στο εμπόριο ως «ανανεώσιμες» ωφέλιμες για το περιβάλλον. Η βιομάζα και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά φράγματα δημιουργούν ερωτήματα, όταν εξετάζονται οι επιπτώσεις στην άγρια ζωή, την κλιματική αλλαγή και άλλα ζητήματα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που συχνά αναφέρονται ως καθαρή ενέργεια, προέρχονται από φυσικές πηγές ή διαδικασίες που ανανεώνονται συνεχώς. Για παράδειγμα, το φως του ήλιου ή ο άνεμος συνεχίζουν να λάμπουν και να φυσούν, ακόμα κι αν η διαθεσιμότητά τους εξαρτάται από την ώρα και τον καιρό.

Ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται συχνά ως μια νέα τεχνολογία, η αξιοποίηση της δύναμης της φύσης έχει χρησιμοποιηθεί από καιρό για θέρμανση, μεταφορά, φωτισμό και πολλά άλλα. Ο άνεμος έχει τροφοδοτήσει βάρκες για να πλεύσουν τις θάλασσες και ανεμόμυλους για να αλέσουν σιτηρά. Ο ήλιος παρείχε ζεστασιά κατά τη διάρκεια της ημέρας και βοηθούσε να ανάψουν οι φωτιές που διαρκούσαν μέχρι το βράδυ.

Όμως τα τελευταία 500 περίπου χρόνια, οι άνθρωποι στράφηκαν όλο και περισσότερο σε φθηνότερες, πιο βρώμικες πηγές ενέργειας, όπως ο άνθρακας.

Τώρα που οι τρόποι δέσμευσης και διατήρησης της αιολικής και ηλιακής ενέργειας έχουν γίνει λιγότερο δαπανηροί, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

γίνονται πιο σημαντική πηγή ενέργειας. Η επέκταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συμβαίνει επίσης σε μεγάλες και μικρές κλίμακες, από ηλιακά πάνελ ταράτσας σε σπίτια που μπορούν να πουλήσουν ενέργεια πίσω στο δίκτυο μέχρι γιγάντια υπεράκτια αιολικά πάρκα. Ακόμη και ορισμένες ολόκληρες αγροτικές κοινότητες βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για θέρμανση και φωτισμό. Καθώς η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνεχίζει να αυξάνεται, βασικός στόχος είναι ο εκσυγχρονισμός του ηλεκτρικού δικτύου, καθιστώντας το πιο έξυπνο, ασφαλέστερο και καλύτερα ενοποιημένο σε όλες τις περιοχές.

3.2 Μη ανανεώσιμη ή Βρώμικη ενέργεια

Η μη ανανεώσιμη ή «βρώμικη» ενέργεια περιλαμβάνει ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι διαθέσιμες μόνο σε περιορισμένες ποσότητες και χρειάζονται πολύ χρόνο για να αναπληρωθούν. Όταν αντλούμε φυσικό αέριο, χρησιμοποιούμε έναν πεπερασμένο πόρο διυλισμένο από αργό πετρέλαιο που υπάρχει από την προϊστορική εποχή.

Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκονται επίσης συνήθως σε συγκεκριμένα μέρη του κόσμου, γεγονός που τις καθιστά πιο άφθονες σε ορισμένα έθνη από άλλα. Αντίθετα, κάθε χώρα έχει πρόσβαση στον ήλιο και τον άνεμο. Η ιεράρχηση της μη ανανεώσιμης ενέργειας μπορεί επίσης να βελτιώσει την εθνική ασφάλεια μειώνοντας την εξάρτηση μιας χώρας από τις εξαγωγές από χώρες πλούσιες σε ορυκτά καύσιμα.

Πολλές μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο το περιβάλλον ή την ανθρώπινη υγεία. Για παράδειγμα, η γεώτρηση πετρελαίου μπορεί να απαιτεί εξόρυξη λωρίδων σε δάσος, η τεχνολογία εξόρυξης μπορεί να προκαλέσει σεισμούς και ρύπανση των υδάτων και οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με άνθρακα μολύνουν τον αέρα. Συμπληρωματικά, όλες αυτές οι δραστηριότητες συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

3.3 Η Ηλιακή ενέργεια.

Οι άνθρωποι εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια εδώ και χιλιάδες χρόνια για να καλλιεργήσουν, να παραμείνουν ζεστοί και να στεγνώσουν τρόφιμα. Σύμφωνα με το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας των ΗΠΑ, «περισσότερη ενέργεια από τον ήλιο πέφτει στη γη σε μια ώρα από ό,τι χρησιμοποιείται από όλους στον κόσμο σε ένα χρόνο». Σήμερα, χρησιμοποιούμε τις ακτίνες του ήλιου με πολλούς τρόπους για να θερμαίνουμε σπίτια και επιχειρήσεις, να ζεσταίνουμε νερό ή να τροφοδοτούμε συσκευές.



Εικόνα 3-1 ΦΒ πάνελ σε στέγη

Τα ηλιακά, ή φωτοβολταϊκά (PV) κύτταρα κατασκευάζονται από πυρίτιο ή άλλα υλικά που μετατρέπουν το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα καταναμεμημένα ηλιακά συστήματα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια τοπικά για κατοικίες και επιχειρήσεις, είτε μέσω πάνελ ταράτσας είτε μέσω κοινοτικών έργων που τροφοδοτούν ολόκληρες γειτονιές. Οι ηλιακές φάρμες μπορούν να παράγουν ενέργεια για χιλιάδες σπίτια, χρησιμοποιώντας καθρέφτες για τη συγκέντρωση του ηλιακού φωτός σε στρέμματα ηλιακών κυψελών. Τα πλωτά ηλιακά πάρκα ή «πλωτοβολταϊκά» μπορούν να είναι μια αποτελεσματική χρήση εγκαταστάσεων αποχέτευσης και υδάτινων σωμάτων που δεν είναι οικολογικά ευαίσθητα. Τα ηλιακά

συστήματα ενέργειας δεν παράγουν ατμοσφαιρικούς ρύπους ή αέρια θερμοκηπίου και εφόσον είναι υπεύθυνα τοποθετημένα, τα περισσότερα ηλιακά πάνελ έχουν λίγες περιβαλλοντικές επιπτώσεις πέρα από τη διαδικασία κατασκευής

3.4 Η Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια βασίζεται στο νερό - συνήθως ταχέως κινούμενο νερό σε ένα μεγάλο ποτάμι ή νερό που κατεβαίνει γρήγορα από ένα υψηλό σημείο - και μετατρέπει τη δυναμική ενέργεια αυτού του νερού σε ηλεκτρική ενέργεια περιστρέφοντας τα πτερύγια του στροβίλου μιας γεννήτριας.

Σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, οι μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί ή τα μεγάλα φράγματα θεωρούνται συχνά ως μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα μεγάλα φράγματα εκτρέπουν και μειώνουν τις φυσικές ροές, περιορίζοντας την πρόσβαση των πληθυσμών ζώων και ανθρώπων που στηρίζονται σε ποτάμια. Οι μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί (με εγκατεστημένη ισχύ κάτω από περίπου 40 MW), με προσεκτική διαχείριση, δεν τείνουν να προκαλούν τόση περιβαλλοντική ζημιά, καθώς εκτρέπουν μόνο ένα κλάσμα της ροής.



Εικόνα 3-2 Φράγμα υδροηλεκτρικού σταθμού

3.5 Ενέργεια από Βιομάζα

Η βιομάζα είναι οργανικό υλικό που προέρχεται από φυτά και ζώα και περιλαμβάνει καλλιέργειες, άχρηστα ξύλα και δέντρα. Όταν καίγεται βιομάζα, η χημική ενέργεια απελευθερώνεται ως θερμότητα και μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια με έναν ατμοστρόβιλο.



Εικόνα 3-3 Πηγές βιομάζας

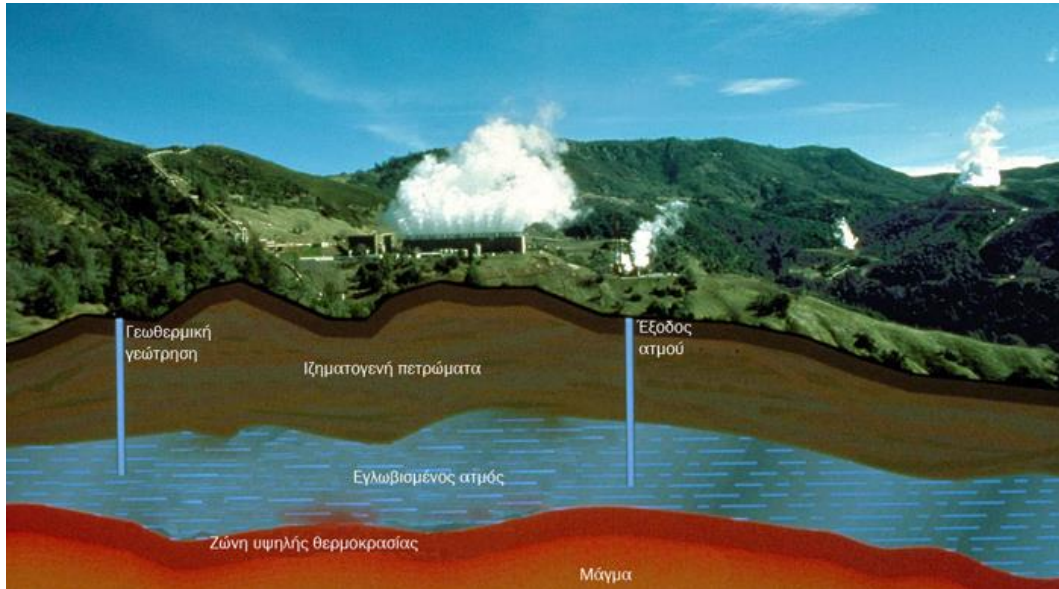
Η βιομάζα συχνά λανθασμένα περιγράφεται ως καθαρό, ανανεώσιμο καύσιμο και ως μια πιο πράσινη εναλλακτική λύση έναντι του άνθρακα και άλλων ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η πρόσφατη επιστήμη δείχνει ότι πολλές μορφές βιομάζας ειδικά από δάση παράγουν υψηλότερες εκπομπές άνθρακα από τα ορυκτά καύσιμα.

Υπάρχουν επίσης αρνητικές συνέπειες για τη βιοποικιλότητα. Ωστόσο, ορισμένες μορφές ενέργειας από βιομάζα θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν ως επιλογή χαμηλών εκπομπών άνθρακα υπό τις κατάλληλες συνθήκες. Για παράδειγμα, το πριονίδι και τα τσιπ από πριονιστήρια που διαφορετικά θα αποσυντίθενται γρήγορα και θα απελευθερώνουν άνθρακα μπορεί να είναι πηγή ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

3.6 Η Γεωθερμική ενέργεια

Ο πυρήνας της γης είναι περίπου τόσο ζεστός όσο η επιφάνεια του ήλιου, λόγω της αργής αποσύνθεσης των ραδιενεργών σωματιδίων σε βράχους στο κέντρο του πλανήτη. Η γεώτρηση βαθιάς γεωτρήσεων φέρνει πολύ ζεστό υπόγειο νερό στην επιφάνεια ως υδροθερμικό πόρο, το οποίο στη συνέχεια αντλείται μέσω ενός στρόβιλου για τη δημιουργία ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι γεωθερμικές μονάδες έχουν συνήθως χαμηλές εκπομπές εάν αντλούν τον ατμό και το νερό που χρησιμοποιούν πίσω στη δεξαμενή. Υπάρχουν τρόποι δημιουργίας γεωθερμικών σταθμών όπου δεν υπάρχουν υπόγειες δεξαμενές, αλλά υπάρχουν ανησυχίες ότι μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο σεισμού σε περιοχές που ήδη θεωρούνται γεωλογικά hot spots.



Εικόνα 3-4:Ο πυρήνας της γης είναι η πηγή της γεωθερμίας

3.7 Η Παλιρροιακή και κυματική ενέργεια

Η παλιρροιακή και η κυματική ενέργεια είναι ακόμα σε αναπτυξιακή φάση, αλλά ο ωκεανός θα κυβερνάται πάντα από τη βαρύτητα του φεγγαριού, γεγονός που καθιστά την αξιοποίηση της ισχύος του μια ελκυστική επιλογή. Ορισμένες προσεγγίσεις της παλιρροιακής ενέργειας μπορεί να βλάψουν την άγρια ζωή, όπως τα παλιρροϊκά φράγματα, τα οποία λειτουργούν σαν φράγματα και βρίσκονται σε έναν ωκεάνιο κόλπο ή λιμνοθάλασσα. Όπως η παλιρροιακή ισχύς, η κυματική ισχύς βασίζεται σε δομές που μοιάζουν με φράγματα ή συσκευές αγκυρωμένες στον πυθμένα του ωκεανού πάνω ή ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του νερού.



Εικόνα 3-5 Εγκατάσταση ωκεάνιας ενέργειας

3.8 Η Αιολική ενέργεια

Έχουμε διανύσει πολύ δρόμο και έχουν μεσολαβήσει πολλές τεχνολογικές εξελίξεις από την εποχή των ανεμόμυλων. Σήμερα, τουρμπίνες σε ύψος ουρανοξύστη με ανεμογεννήτριες με επίσης σχεδόν τόσο μεγάλη διάμετρο προσελκύουν την προσοχή σε όλο τον κόσμο. Η αιολική ενέργεια περιστρέφει τα πτερύγια μιας τουρμπίνας, η οποία τροφοδοτεί μια ηλεκτρική γεννήτρια και παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Ο άνεμος έχει γίνει η φθηνότερη πηγή ενέργειας σε πολλά μέρη της γης. Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε με υψηλές ταχύτητες ανέμου όπως κορυφές λόφων και ανοιχτές πεδιάδες ή ακόμα και σε ανοιχτά νερά.

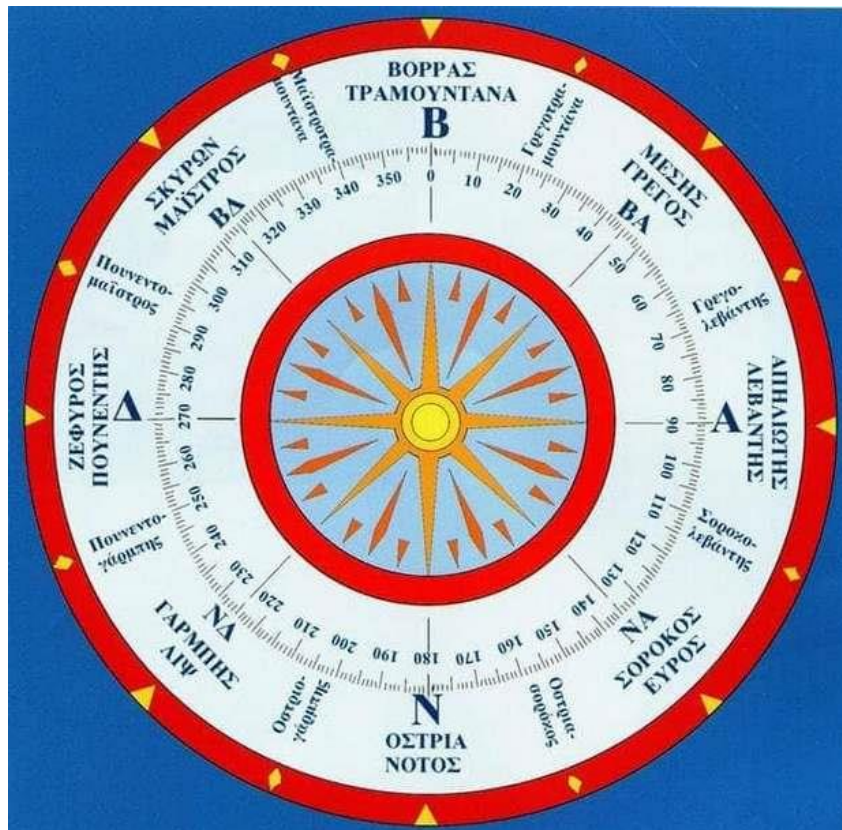


Εικόνα 3-6: Ανεμογεννήτριες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ

Άνεμος ονομάζεται η όποια αισθητή οριζόντια κίνηση του αέρα. Αιτία του ανέμου είναι ότι οι αέριες μάζες της ατμόσφαιρας, που περιβάλλει τη γη βρίσκεται σε συνεχή «οριζόντια» και «κατακόρυφη» κίνηση. Στοιχεία ανέμου θεωρούνται η διεύθυνση και η ένταση ή ισχύς του. Και τα δύο αυτά στοιχεία μπορούν να προσδιοριστούν από τα ανεμομετρικά όργανα που είναι οι ανεμοδείκτες και τα ανεμόμετρα. Η ένταση του ανέμου εκφράζεται είτε με την πίεση την οποία ασκεί στην επιφάνεια των διαφόρων σωμάτων, είτε με την ταχύτητα με την οποία αυτός κινείται.

Στην μετεωρολογία η ένταση του ανέμου εκφράζεται συνήθως με την ταχύτητά του, οπότε δίδεται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο ή σε χιλιόμετρα ή μίλια ανά ώρα ή σε κόμβους. Η κλίμακα Μποφόρ είναι ένας εμπειρικός τρόπος μέτρησης της έντασης των ανέμων.

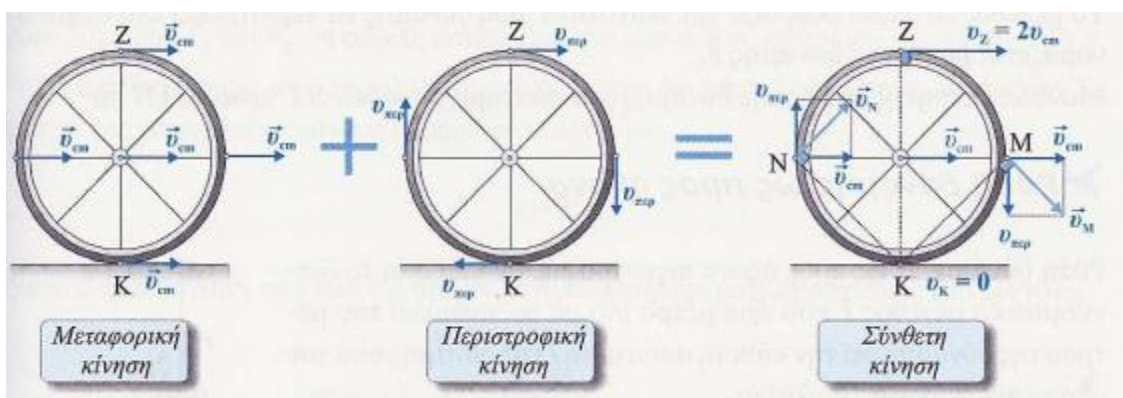


Εικόνα 4-1 Άνεμοι

4.1 Η Κινητική Ενέργεια ανέμων

Κινητική ενέργεια είναι η ενέργεια που έχει ένα σώμα όταν κινείται και αναφέρεται στην ικανότητά του να παράγει έργο. Ως κινητική ενέργεια ενός σώματος ορίζεται η συνολική ενέργεια που χρειάζεται να απορροφήσει ένα σώμα προκειμένου να αποκτήσει ορισμένη μεταφορική ταχύτητα ή και γωνιακή ταχύτητα ξεκινώντας από την ακινησία.

Υπάρχουν δύο ανεξάρτητα είδη κινήσεων για ένα μηχανικό σώμα, η μεταφορική κίνηση και η περιστροφή, οι οποίες χαρακτηρίζονται από την ταχύτητα και τη γωνιακή ταχύτητα αντίστοιχα. Έτσι, ορίζονται δύο ειδών κινητικές ενέργειες, η μεταφορική κινητική ενέργεια και η περιστροφική κινητική ενέργεια, οι οποίες συμβολίζονται με K_{μ} και K_{π} αντίστοιχα. Συνεπώς κινητική ενέργεια έχουν τα σώματα που εκτελούν κίνηση ή περιστροφή ή ταλάντωση.



Εικόνα 4-2 Η σύνθετη κίνηση προκύπτει από την μεταφορική και από την περιστροφική κίνηση

Ο Αμερικανός μετεωρολόγος Χ. Χ. Λήτταου υπολόγισε την ολική κινητική ενέργεια των ανέμων σε 140 Βαττώρες ανά τετραγωνικό μέτρο (140 Wh/m^2) καθώς και το μέσο ρυθμό διασποράς της ενέργειας αυτής των ανέμων σε 2 βατ ανά τετραγωνικό μέτρο (2 W/m^2). Σημειώνεται πως 1 βαττώριο είναι το παραγόμενο έργο από δύναμη ισχύος 1 βάτ σε 1 ώρα. Ένα βατ εξάλλου ισοδυναμεί με ρυθμό παραγωγής έργου ίσο με 1 τζάουλ ανά δευτερόλεπτο. Στην πραγματικότητα όμως δεν συμβαίνει τίποτα από αυτά.

Η ενέργεια των ανέμων δεν διασπείρεται με ομοιόμορφο ρυθμό στην επιφάνεια της Γης για δύο κύριους λόγους:

Πρώτον, η απώλεια ταχύτητας λόγω τριβής πάνω στις λείες επιφάνειες των τεράστιων πολικών περιοχών καθώς και των ηρεμούντων επιφανειών των θαλασσών είναι πολύ μικρότερη από εκείνη που συμβαίνει πάνω σε τραχιές επιφάνειες της Γης (οροσειρών, πόλεων κλπ.).

Δεύτερον, ο ρυθμός διασποράς είναι πάντα ανάλογος της ταχύτητας του ανέμου.

Έτσι ένα μεγάλο μέρος της κινητικής ενέργειας του ανέμου χάνεται, ή στην κυριολεξία, μετατρέπεται από την τριβή σε θερμότητα, σε μεγάλες κυκλωνικές θύελλες.

Εκείνο που δεν θα πρέπει να διαφεύγει από τον παρατηρητή είναι πως, η ατμόσφαιρα στο σύνολό της μεταφέρει ενέργεια σε διάφορες μορφές, μη μετατρέψιμες όμως όλες σε κινητική ενέργεια. Εκείνο που θα πρέπει να υπολογισθεί κάθε φορά είναι το ποσοστό της δυναμικής ενέργειας που μπορεί να μετατραπεί σε κινητική, προκαλώντας έτσι την κίνηση της ατμόσφαιρας.

4.1.1 Ηλεκτρική Ενέργεια μπορεί να παραχθεί από τον άνεμο

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα, που αναφέρεται στην κινητική ενέργεια των κινούμενων ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό ρεύμα), λόγω της ύπαρξης διαφοράς δυναμικού στα άκρα ενός αγωγού. Όταν γίνεται χρήση του ηλεκτρισμού η *ηλεκτρική ενέργεια* μετατρέπεται σε άλλη μορφή ενέργειας π.χ. σε κινητική ενέργεια όταν λειτουργεί ένας κινητήρας ή σε φως όταν ανάβει ένας λαμπτήρας. Ο σύγχρονος κόσμος εξαρτά την επιβίωση και την ευημερία του από αυτό το είδος ενέργειας. Η πλειονότητα των συσκευών λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κυριότεροι είναι η καύση διαφόρων ουσιών (λιγνίτης, πετρέλαιο, κάρβουνο), τα πυρηνικά εργοστάσια, τα ηλιακά πάρκα, τα υδροηλεκτρικά φράγματα και τα αιολικά πάρκα. Τα τελευταία 20 χρόνια γίνονται έντονες προσπάθειες αύξησης του ποσοστού ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Το μεγάλο μειονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η δύσκολη, σχεδόν αδύνατη μακροχρόνια αποθήκευσή της. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να καταναλώνεται ταυτόχρονα με την παραγωγή της ή να αποθηκεύεται αφού πρώτα μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας (π.χ. χημική, δυναμική κ.λ.π.). Η ανάγκη άμεσης κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας έχει οδηγήσει στην κατασκευή ενός παγκόσμιου πλέγματος ηλεκτρικών δικτύων, έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρεται εύκολα, από το σημείο παραγωγής της, στο σημείο κατανάλωσης. Τη χρησιμοποιούν ακόμα και τα οχήματα, όπως τρένα, αυτοκίνητα.

Επίσης, είναι το μέλλον τρόπου καύσης για την κίνηση ενός οχήματος, αφού το ντίζελ (πετρέλαιο) και τα παράγωγά του (βενζίνη, φυσικό αέριο, κυροζύνη κλπ) είναι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και κάποτε θα πάψουν να υπάρχουν

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από έναν αιολικό σταθμό πραγματοποιείται μέσω της μετατροπής της κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Όταν ο άνεμος φτάσει σε ορισμένα επίπεδα ταχύτητας, θα κινήσει τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας και την πλήμνη σε περιστροφή. Τα πτερύγια της τουρμπίνας και η πλήμνη συνθέτουν τον ρότορα και συνδέονται με έναν άξονα που κινεί μια γεννήτρια. Ενώ ο ρότορας περιστρέφεται, η κινητική ενέργεια εξάγεται από τον άνεμο και στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια από τη γεννήτρια.

Η ηλεκτρική ενέργεια πριν διανεμηθεί στο δίκτυο, πρέπει να μετατραπεί στην κατάλληλη τάση, σύμφωνα με την τιμή τάσης του δικτύου. Όταν η ηλεκτρική ενέργεια έχει το κατάλληλο επίπεδο τάσης, μπορεί να διανεμηθεί στο δίκτυο και να παρέχει στους τελικούς πελάτες ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ αποτελεί δραστηριότητα δημοσίου συμφέροντος.

Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, ως εναλλακτική πηγή ενέργειας, είναι η πιο αποδοτική από άποψη κόστους, ταχύτητα εφαρμόσιμη και πρωτοποριακή ενεργειακή τεχνολογία, η οποία προσφέρει γρήγορη και μακροπρόθεσμη εξάλειψη των επιβλαβών εκπομπών ρύπων στο περιβάλλον.

4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου

Βασική προϋπόθεση για να κατασκευαστεί ένα αιολικό πάρκο, είναι να έχει καλό αιολικό δυναμικό η περιοχή στην οποία θα κατασκευαστεί. Επομένως, σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθώ στον άνεμο και στα μεγέθη του, και στη μελέτη του αιολικού δυναμικού της περιοχής. Η μελέτη αυτή προϋποθέτει την εγκατάσταση ιστού για να έχουμε ανεμολογικές μετρήσεις μια περίοδο τουλάχιστον ενός έτους. Η εγκατάσταση ιστού και λήψη ανεμολογικών μετρήσεων γίνεται βάσει του προτύπου τυποποίησης ISO 17025:2005, έτσι ώστε οι μετρήσεις του να είναι αξιόπιστες και να μπορούμε να βασιστούμε σε αυτές.

4.2.1 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 :

- α). Η περιστροφή της γης γύρω από τον άξονα της
- β). Η ηλιακή ενέργεια που απορροφά η ατμόσφαιρα και η επιφάνεια του εδάφους
- γ). 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.

4.2.2 Επίδραση της τραχύτητας του εδάφους

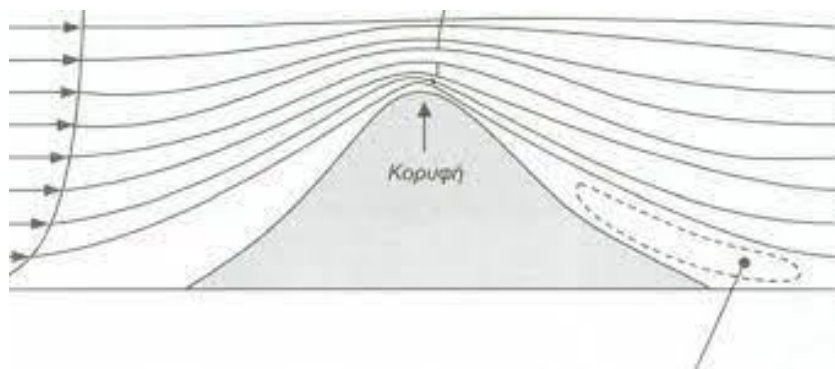
Είναι συνηθισμένο το φαινόμενο της μέτριας λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας αν και έχει εγκατασταθεί σε περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό. Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις αυτές η ανεμογεννήτρια

λειτουργεί σε έντονα μεταβαλλόμενο πεδίο ροής λόγω της υψηλής τύρβης της περιοχής. Η εμφάνιση υψηλής τύρβης εξαρτάται εκτός από τις γενικές ατμοσφαιρικές συνθήκες, τόσο από την ύπαρξη μεμονωμένων κτιρίων ή άλλων εμποδίων όσο και από την τραχύτητα του εδάφους της περιοχής.

4.2.3 Επίδραση επιφανειακών εμποδίων

Για τη σωστή αεροδυναμική συμπεριφορά μιας αιολικής μηχανής είναι σκόπιμο η πτερωτή της ανεμογεννήτριας να βρίσκεται εκτός του πεδίου επιρροής τυχόν επιφανειακών εμποδίων. Με τον τρόπο αυτό έχουμε μεγιστοποίηση της διαθέσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου, το πεδίο ροής είναι ελεύθερο στροβιλισμών και η τύρβη του ανέμου είναι η ελάχιστη δυνατή.

Είναι συνεπώς σκόπιμο να εντοπίσουμε τις περιοχές επιρροής των κυριότερων επιφανειακών εμποδίων. Η διαμόρφωση του πεδίου ταχύτητας επηρεάζεται μεν από την τραχύτητα του εδάφους και τα επιφανειακά εμπόδια, πλην όμως μεγαλύτερη επίδραση έχουν οι εδαφολογικές ιδιομορφίες στην περιοχή της πιθανής θέσης εγκατάστασης μιας αιολικής μηχανής.



Εικόνα 4-3 Οι εδαφολογικές ιδιομορφίες μιας περιοχής διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην απόφαση εγκατάστασης μιας αιολικής μηχανής

Βασιζόμενοι στους κλασσικούς νόμους της αεροδυναμικής υποηχητικών ταχυτήτων (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. Ένας πιθανός διπλασιασμός της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της κορυφής ισοδυναμεί με οκταπλασιασμό της

διαθέσιμης ισχύος του ανέμου στην εν λόγω περιοχή. 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 τύρβης.

Ολοκληρώνοντας πρέπει να επισημάνουμε ότι ιδιαίτερη επίδραση στη συνολική διανομή της ταχύτητας του ανέμου έχει η διαμόρφωση του εδάφους, δεδομένου ότι η παρουσία εμποδίων, στενώσεων ή ανοιγμάτων τροποποιεί σημαντικά τα αιολικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής. Αν και υπάρχουν αρκετές αναλυτικές ημιεμπειρικές σχέσεις που προτείνουν διορθώσεις της ταχύτητας του ανέμου παρουσία εμποδίων ή λόγω της τραχύτητας του εδάφους, ακριβείς υπολογισμοί μπορούν να γίνουν μόνο με την αριθμητική προσομοίωση της υπό εξέταση περιοχής και τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τέλος, σαν γενικός κανόνας πρέπει να θεωρηθεί η αρχή ότι ο δρομέας (πτερωτή) μιας ανεμογεννήτριας, πρέπει να βρίσκεται έξω από τη ζώνη επιρροής οποιουδήποτε επιφανειακού εμποδίου που βρίσκεται έναντι της ανεμογεννήτριας, ώστε να μεγιστοποιηθεί η διαθέσιμη αιολική ενέργεια και να ελαχιστοποιηθεί η αναπτυσσόμενη ατμοσφαιρική τύρβη.

4.3 Υπολογισμός αιολικού δυναμικού

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. Σ'αυτές τις περιπτώσεις εγκαθιστούμε ψηλότερους ιστούς με ύψος έως και 60 μέτρα και τοποθετούμε όργανα σε διάφορα ύψη (10 m, 30 m, 45 m, 60 m). Με αυτό τον τρόπο έχουμε ακριβή ένδειξη της ταχύτητας στο ύψος της πτερωτής της ανεμογεννήτριας που είναι συνήθως πάνω από τα 50 m. Οι προϋποθέσεις αυτές εξασφαλίζουν την ορθότητα των δεδομένων που παίρνουμε. Οι μετρητικές διατάξεις που τοποθετούνται σε ένα ιστό είναι το ανεμόμετρο και ο ανεμοδείκτης. 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 10λεπτες τιμές για την ταχύτητα και τη διεύθυνση.

4.4 Ισχύς ανέμου

Η κινητική ενέργεια μίας μάζας αέρα m που κινείται με ταχύτητα V , δίνεται από τη σχέση:

$$E = \frac{1}{2}m \cdot v^2 \text{ [joule]}$$

και η ισχύς του (η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου) από τη σχέση:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v^2 \text{ [W] όπου:}$$

$\dot{m} = \rho \times V \times A \text{ [kg/s]}$ η μαζική παροχή του αέρα μέσω της επιφάνειας που σαρώνεται από τα πτερύγια του δρομέα,

$\rho \text{ [kg/m}^3 \text{]}$: η πυκνότητα του αέρα (σε κανονικές συνθήκες – πίεση 1 atm και θερμοκρασία 25°C – η πυκνότητα του αέρα είναι 1,225 Kg/m³)

V [m/s]: η ταχύτητα του ανέμου και,

A [m^2]: το εμβαδόν της επιφάνειας που σαρώνεται από τα πτερύγια του δρομέα.

Οπότε, η εξίσωση που δίνει την ισχύ του ανέμου, που διέρχεται από μία επιφάνεια A , κάθετη στη διεύθυνση του, με ταχύτητα V , παίρνει τη μορφή:

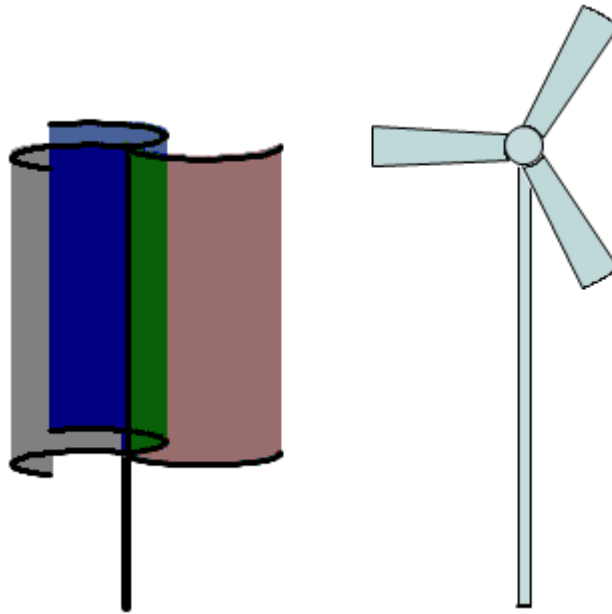
$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_t \cdot C_p \cdot V^3$$

Αποδεικνύεται ότι η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει ο συντελεστής ισχύος C_P είναι $16/27$. Η μέγιστη αυτή τιμή καλείται όριο του Betz.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Η ανεμογεννήτρια (Α/Γ) είναι αιολική μηχανή που μετατρέπει τον άνεμο από κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Η κατασκευή της αποτελείται από μία στήλη κάθετη προς το έδαφος και από μία τουρμπίνα στην κορυφή της. Μικρές ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για διάφορες εφαρμογές, όπως η φόρτιση μπαταριών, για συμπληρωματική ενέργεια σε σκάφη και τροχόσπιτα ή για τροφοδοσία ρεύματος σε πινακίδες. Μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για παροχή ρεύματος σε σπίτια. Πλήθος τέτοιων ανεμογεννητριών συγκροτούν τα αιολικά πάρκα, που αποτελούν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Πολλές χώρες έχουν κατασκευάσει αιολικά πάρκα, με σκοπό τη μείωση εκπομπής ρυπογόνων ουσιών και την ανεξάρτησή τους από τα ορυκτά καύσιμα.

Οι αιολικές μηχανές διακρίνονται σε δυο κύριους τύπους: κατακόρυφου άξονα περιστροφής και οριζόντιου άξονα περιστροφής. Στις Α/Γ οριζοντίου άξονα ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Στις Α/Γ κατακόρυφου άξονα ο δρομέας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους. Στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα για την ηλεκτροπαραγωγή, σε ποσοστό 90 %. Η ισχύς τους φτάνει τα 5 MWatt, η διάμετρος του δρομέα κυμαίνεται μεταξύ 40 και 120 μέτρων, το ύψος του πύργου εγγίζει τα 120 μέτρα και λειτουργούν σε ένα παράθυρο ταχυτήτων ανέμου 3 ως 30 m/s. Μπορούν να συνδεθούν απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας.



Εικόνα 5-1 Δύο βασικοί τύποι ανεμογεννήτριας, κατακόρυφου άξονα (αριστερά) και οριζόντιου άξονα (δεξιά)

5.1 Τύποι και υποσυστήματα ανεμογεννητριών.

Οι ανεμογεννήτριες από την εποχή της εμφάνισης τους μέχρι σήμερα έχουν περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο τους (οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματά τους (πτερύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργος, αυτοματισμοί, γεννήτρια κ.λπ.). Εξελίξεις έχουν επίσης σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από την ανεμογεννήτρια σε άλλη αναβαθμισμένη μορφή ενέργειας. Μια εικόνα των βασικών μερών που αποτελούν μια διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας καθώς και της ροής ενέργειας. Η διάταξη αυτή είναι μια γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια μιας αεροδυναμικής διάταξης (έλικας).

Σ' αυτήν την περίπτωση η πιο πρόσφορη διάταξη είναι εκείνη που μετατρέπει το μηχανικό έργο σε άλλη μορφή ενέργειας, που μπορεί να μεταφέρεται εύκολα και αποδοτικά στον τόπο κατανάλωσης. Εδώ και πολύ καιρό μάλιστα οι περισσότερες έρευνες στρέφονται προς την κατεύθυνση

της μετατροπής του μηχανικού έργου του δρομέα της ανεμογεννήτριας σε ηλεκτρική ενέργεια, λόγω της εύκολης μεταφοράς της.



Εικόνα 5-2 :Απεικόνιση σύνδεσης

Είναι γνωστές οι μεγάλες διακυμάνσεις της ενέργειας του ανέμου με τον χρόνο. Είναι επίσης γεγονός ότι πολλές φορές δεν πνέει καθόλου άνεμος για ορισμένα χρονικά διαστήματα. Αυτά έχουν ως συνέπεια χρονική ασυμφωνία μεταξύ ζήτησης και παραγωγής ενέργειας. Η λύση στο πρόβλημα βρίσκεται βασικά στην αποθήκευση της ενέργειας. Η αποθηκευμένη ενέργεια καλύπτει το ενεργειακό έλλειμμα που παρουσιάζεται, όταν η ισχύς του ανέμου πέφτει κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο. Το επίπεδο αυτό εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά ενεργειακής ζήτησης και τα χαρακτηριστικά των άλλων πηγών ενέργειας που υπάρχουν για την ικανοποίηση της ζήτησης αυτής.

Ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός πλήρους συστήματος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας περιλαμβάνει:

- Μελέτη των χαρακτηριστικών του ανέμου με σκοπό την εκλογή της βέλτιστης τοποθεσίας για την εγκατάσταση του ανεμοκινητήρα και την πρόβλεψη της παραγωγής ενέργειας.
- Σχεδιασμός της αεροδυναμικής διάταξης, που να μετατρέπει κατά τον αποδοτικότερο τρόπο την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανικό έργο.

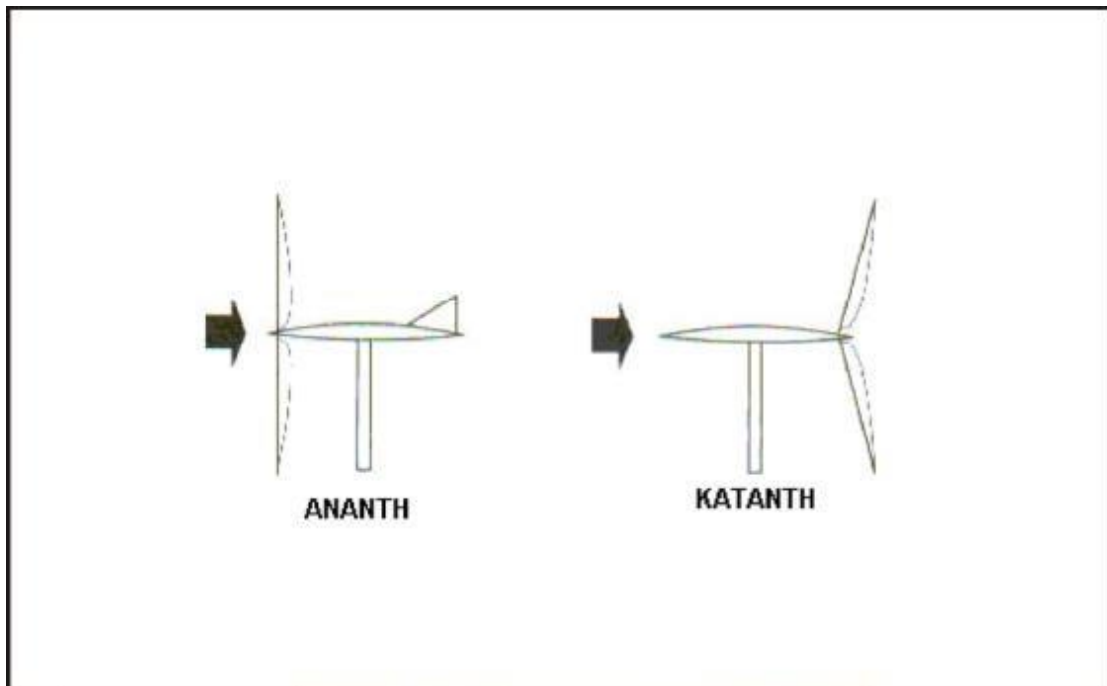
- Μελέτη της περίπτωσης μετατροπής του μηχανικού έργου σε άλλη πιο συμφέρουσα μορφή ενέργειας και βέλτιστο σχεδιασμό του συστήματος μετατροπής του μηχανικού έργου του δρομέα.
- Εύρεση του καλύτερου τρόπου αντιμετώπισης των διακυμάνσεων της ενέργειας του ανέμου.
- Μελέτη του βέλτιστου τρόπου μεταφοράς ενέργειας, αν απαιτείται.
- Διερεύνηση της καλύτερης προσαρμογής της μεταβαλλόμενης παραγωγής ενέργειας του συστήματος προς την κατανάλωση.

5.2 Περιγραφή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

Τα βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα είναι ο πύργος στηρίξεως, η πτερωτή, ο άξονας περιστροφής, το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας, η ηλεκτρική γεννήτρια καθώς και το σύστημα προσανατολισμού της μηχανής.

Η πτερωτή της ανεμογεννήτριας αποτελείται από πτερύγια, των οποίων το σχήμα έχει προέλθει από αντίστοιχα πτερύγια αεροπορικών κινητήρων (π.χ. αεροτομές τύπου NACA) και είναι κατασκευασμένα συνήθως από ελαφρά κράματα μετάλλων, ενισχυμένο πολυεστέρα, αλλά και από ξύλο σε συνδυασμό με ειδικές ρητίνες.

Η πτερωτή τοποθετείται είτε στα ανάντη είτε στα κατόντη του πύργου στηρίξεως και τα πτερύγια καλύπτουν ένα μικρό ποσοστό (2% έως 10%) του εμβαδού της περιφέρειας που διαγράφουν. Όταν ο δρομέας λειτουργεί στα κατόντη του πύργου στηρίξεως έχουμε μεν αυξημένο επίπεδο αεροδυναμικού θορύβου, αλλά και αυτόματο προσανατολισμό της πτερωτής στη διεύθυνση του ανέμου. Στην ανάντη λειτουργία της πτερωτής εκλείπουν τα παραπάνω φαινόμενα, με αποτέλεσμα η διάταξη αυτή να προτιμάται σήμερα.



Εικόνα 5-3 Διάταξη δρομέα Ανάντη και Κατάντη

Η επιλογή του πλήθους των πτερυγίων σχετίζεται με την αεροδυναμική φόρτιση των πτερυγίων, με το βαθμό απόδοσής τους, με το κόστος κατασκευής της ανεμογεννήτριας καθώς και με θέματα αντοχής και συντονισμού λόγω ταλαντώσεων (προβλήματα ιδιοσυχνοτήτων). Επιπλέον, θέματα που συνεκτιμώνται είναι η κυκλική μεταβολή της ροπής της μηχανής λόγω της καθ' ύψος μεταβολής της ταχύτητας του ανέμου, καθώς και τα θέματα ζυγοστάθμισης των πτερυγίων. Για τον περιορισμό της κυκλικής μεταβολής του φορτίου των πτερυγίων δίνεται μια μικρή κλίση του άξονα περιστροφής ως προς το οριζόντιο. Τέλος, για λόγους περιορισμού των καμπτικών τάσεων πάνω στα πτερύγια, επιβάλλεται συνήθως μια μικρή κωνικότητα αυτών που δεν ξεπερνά τις 10



Εικόνα 5-4 Κλίση δρομεία

Για λόγους ασφάλειας της ανεμογεννήτριας, τα πτερύγια είναι συνήθως εφοδιασμένα με συστήματα αεροδυναμικής πέδησης (αερόφρενα), τα οποία διακόπτουν τη λειτουργία της μηχανής σε έκτακτες περιπτώσεις. Σε ειδικές κατασκευές εκτός από την παρουσία των αερόφρενων (π.χ. επίπεδες πλάκες κάθετες στην επιφάνεια του πτερυγίου) χρησιμοποιούνται και μικρά αλεξίπτωτα, που απελευθερώνονται φυγοκεντρικά μετά από κάποιο όριο στροφών και επιβραδύνουν την ανεμογεννήτρια.

Για τη βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς μιας πτερωτής ανεμογεννήτριας, χρησιμοποιούνται πτερωτές μεταβλητού βήματος σε αντιδιαστολή με τις απλούστερες περιπτώσεις πτερωτών σταθερού βήματος. Η μεταβολή του βήματος μιας πτερωτής συνίσταται στην περιστροφή του πτερυγίου γύρω από το διαμήκη άξονά του, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της γωνίας προσβολής του από τον άνεμο. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διατήρηση σταθερής ταχύτητας περιστροφής της ανεμογεννήτριας, η βελτιστοποίηση της αεροδυναμικής απόδοσης των πτερυγίων, ο έλεγχος της παραγόμενης ισχύος, ο περιορισμός των δυνάμεων που καταπονούν τα πτερύγια κ.α.

Η πλήμνη αποτελεί το δεύτερο συστατικό της πτερωτής (δρομέα) και περιλαμβάνει εκείνο το μέρος της ανεμογεννήτριας πάνω στο οποίο προσαρμόζονται τα πτερύγια. Η τελική της μορφή εξαρτάται τόσο από το είδος της πτερωτής όσο και από τους επιθυμητούς βαθμούς ελευθερίας στη θέση σύνδεσης πτερυγίων και άξονα.

Ο άξονας της ανεμογεννήτριας κατασκευάζεται από ειδικό ενισχυμένο χάλυβα, ώστε να δύναται να μεταφέρει ισχυρές μη μόνιμες στρεπτικές και καμπτικές ροπές, ενώ η έδρασή του γίνεται συνήθως σε δύο ένσφαιρα έδρανα ικανά να παραλαμβάνουν τόσο το βάρος του άξονα όσο και τα εξασκούμενα φορτία.

Η δυνατότητα περιστροφής του άξονα σε διεύθυνση παράλληλη προς αυτή του ανέμου εξασφαλίζεται με τη χρήση καθοδηγητικών πτερυγίων και ειδικών αυτοματισμών. Η πλέον σύγχρονη μέθοδος προσανατολισμού στηρίζεται στη χρήση ειδικού αισθητηρίου και σερβομηχανισμού, που περιστρέφει την άτρακτο της μηχανής (υπερκατασκευή) με τη βοήθεια οδοντωτής περιστροφής.

Ένα από τα σπουδαιότερα μέρη της ανεμογεννήτριας είναι το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, που περιλαμβάνει διβάθμιο ή τριβάθμιο κιβώτιο μετασχηματισμού της χαμηλής ταχύτητας περιστροφής της πτερωτής (συνήθως 20 έως 110 rpm) σε υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής (άνω των 1000 rpm), στις οποίες λειτουργούν συνήθως οι ηλεκτρικές γεννήτριες.

Ο τυπικός βαθμός απόδοσης ενός διβάθμιου συστήματος μετάδοσης είναι περίπου 96%, ενώ για λόγους ασφαλείας η μέγιστη μεταφερόμενη ισχύς πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια της ονομαστικής ισχύος της ανεμογεννήτριας. Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει επίσης, υδραυλικό ή μηχανικό φρένο και ελαστικούς συνδέσμους απορρόφησης στρεπτικών ταλαντώσεων.

Το μηχανικό φρένο της ανεμογεννήτριας τοποθετείται είτε στον άξονα υψηλής ταχύτητας περιστροφής, οπότε απαιτείται μικρή σχετικά δύναμη πέδησης, αλλά δεν προστατεύεται η πτερωτή από απώλεια φορτίου ή θραύση του συστήματος μετάδοσης κίνησης, είτε στον άξονα χαμηλής ταχύτητας περιστροφής. Στην τελευταία περίπτωση λόγω της μεγάλης

ροπής πέδησης απαιτείται φρένο αυξημένων διαστάσεων, βάρους και κόστους. Στην περίπτωση όμως αυτή προστατεύεται καλύτερα η πτερωτή και το κιβώτιο μετάδοσης γι' αυτό και αποτελεί τη βέλτιστη τεχνικά λύση.

Τέλος, για λόγους πρόσθετης ασφάλειας, απαιτείται η αυτόματη ενεργοποίηση του φρένου με τη βοήθεια ελατηρίου, στην περίπτωση πτώσης της υδραυλικής πίεσης ή της ηλεκτρικής τάσης για την περίπτωση ηλεκτρομαγνητικού συστήματος πέδησης.

Για την προστασία των τμημάτων της ανεμογεννήτριας από τις καιρικές συνθήκες χρησιμοποιείται ειδικό κέλυφος από σύνθετο υλικό, π.χ. ειδικά κράματα χάλυβα ή αλουμινίου, που στην περιοχή της πλήμνης πρέπει να έχει και αεροδυναμική μορφή. Επιπλέον, το κέλυφος τη ανεμογεννήτριας πρέπει να έχει αντιδιαβρωτική προστασία. Ο πύργος στηρίξεως της ανεμογεννήτριας αποτελείται συνήθως είτε από ένα μεταλλικό δικτύωμα, είτε από μια στήλη μπετόν ή μεταλλικό σωλήνα για μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες.

Στην τελευταία περίπτωση υπάρχει ειδική μέριμνα για εσωτερική σκάλα, ενώ για ανεμογεννήτριες μεγάλων διαστάσεων υπάρχει πρόσθετη μέριμνα για εγκατάσταση ανελκυστήρα. Το ελάχιστο ύψος του πύργου στηρίξεως είναι συνήθως ίσο με τη διάμετρο της πτερωτής, ενώ κατά την εκλογή του πρέπει να ληφθούν υπόψιν τόσο το αυξημένο κόστος κατασκευής και θεμελίωσης για μεγάλα ύψη όσο και η δυνατότητα αξιοποίησης υψηλότερων ταχυτήτων του ανέμου, με την αύξηση του ύψους τοποθέτησης της πτερωτής.

Ολοκληρώνοντας τη σύντομη περιγραφή των βασικών τμημάτων μιας ανεμογεννήτριας πρέπει να αναφέρουμε και την ύπαρξη των ηλεκτρικών γεννητριών, που χρησιμοποιούνται για μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, καθώς και των συστημάτων αυτοματισμού. Εν συντομία αναφέρουμε ότι για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται κυρίως σύγχρονες και ασύγχρονες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος και σπανιότερα ηλεκτρικές γεννήτριες συνεχούς ρεύματος.

5.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Α/Γ

5.3.1 Πλεονεκτήματα

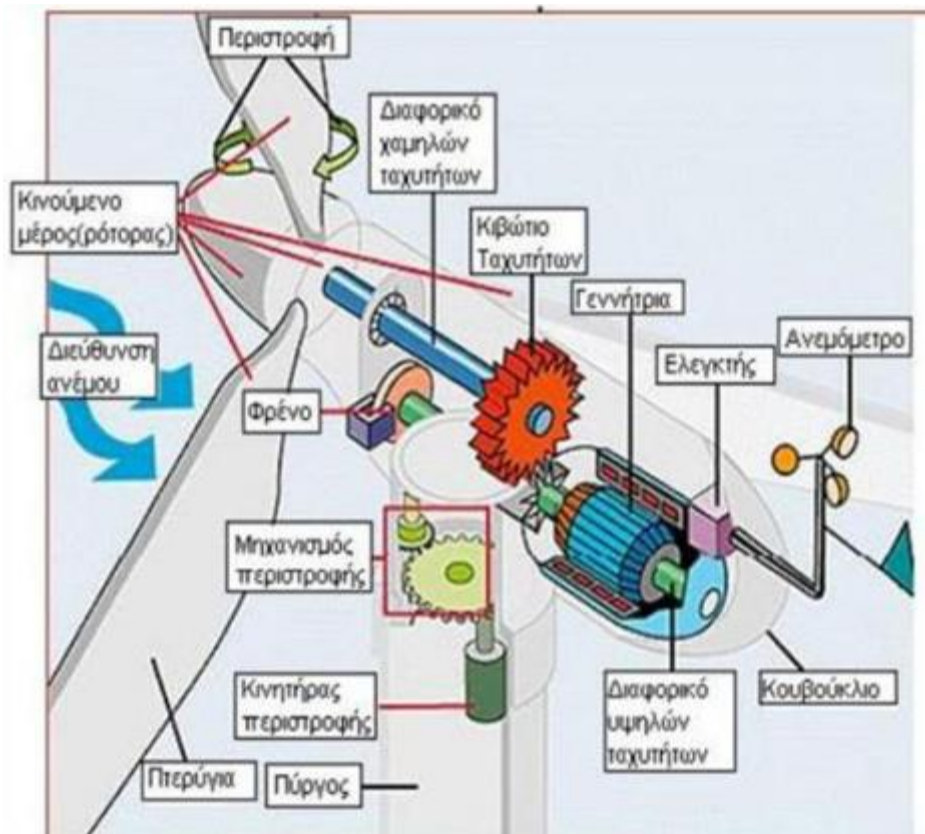
- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές, που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο), αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.
- Συμβάλλουν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, αφού υπάρχουν σε πολλά γεωγραφικά σημεία και καλύπτουν ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.
- Επιπλέον μειώνουν τις απώλειες κατά τη μεταφορά ενέργειας.

5.3.2 Μειονεκτήματα

- Έχουν ένα αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο, προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές.
- Αν χτυπηθούν πουλιά από τα περιστρεφόμενα φτερά τραυματίζονται ή πεθαίνουν.

- Καθώς γυρίζει η φτερωτή παράγει κάποιο θόρυβο και για τον λόγο αυτό αποφεύγεται η τοποθέτηση ανεμογεννητριών κοντά σε χωριά.
- Το κόστος κατασκευής και συντήρησης των ανεμογεννητριών είναι ακόμα ψηλό (σε σχέση με το την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν) αλλά με την έρευνα που γίνεται σε αυτό το χώρο, το κόστος μειώνεται.

5.4 Ο σχεδιασμός και η κατασκευή της ανεμογεννήτριας



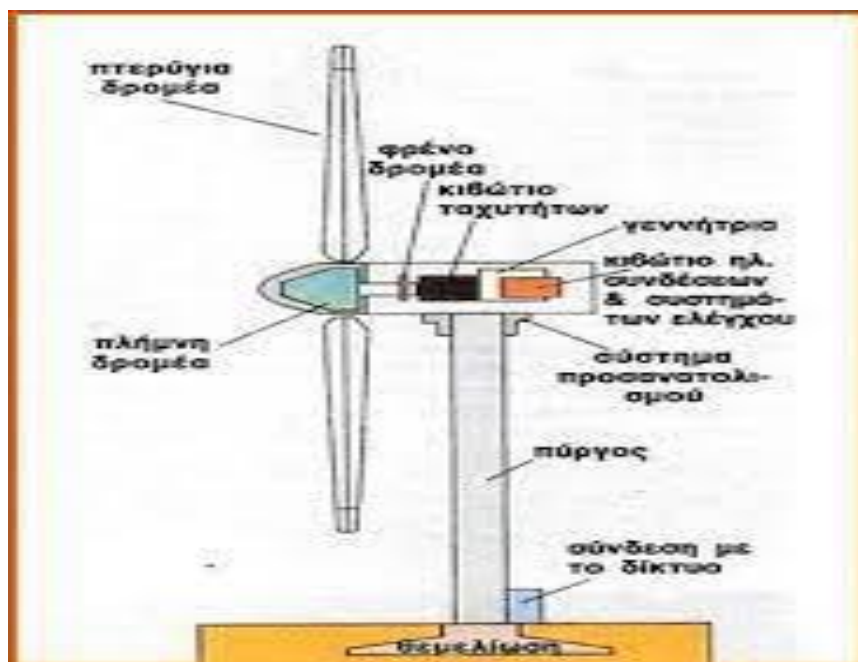
Εικόνα 5-5 Εξαρτήματα ανεμογεννήτριας

Οι ανεμογεννήτριες είναι σχεδιασμένες, χρησιμοποιώντας μια σειρά από τεχνικές μοντελοποίησης, να εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια που υπάρχει στην περιοχή. Η αεροδυναμική μοντελοποίηση χρησιμοποιείται για να καθοριστεί το βέλτιστο ύψος του πύργου, τα συστήματα ελέγχου, τον αριθμό και το σχήμα των λεπίδων. Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι συμβατικές

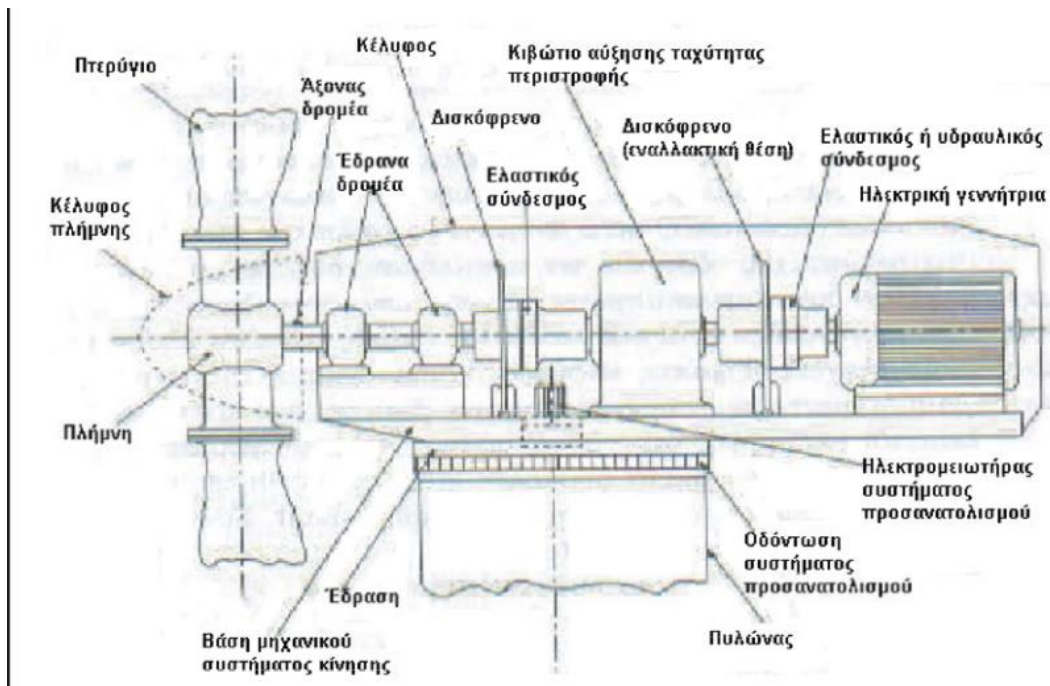
ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα μπορούν να χωριστούν σε τρία βασικά εξαρτήματα:

Ο ρότορας, ο οποίος αποτελεί περίπου το 20% του κόστους της ανεμογεννήτριας, και περιλαμβάνει τις λεπίδες οι οποίες μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε χαμηλής ταχύτητας κινητική.

Η ανεμογεννήτρια, η οποία αποτελεί περίπου το 34% του κόστους. Περιλαμβάνει τη γεννήτρια, τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, και (συνήθως) το κιβώτιο ταχυτήτων τη διευθυντήρια οδηγό ταχύτητας ή τη συνεχώς μεταβαλλόμενη μετάδοση¹, οι οποίες μετατρέπουν τη χαμηλή ταχύτητα περιστροφής σε υψηλή, ώστε να παραχθεί ενέργεια. Ο πύργος υποστήριξης, ο οποίος αποτελεί περίπου το 15% του κόστους και περιλαμβάνει τον πύργο και το μηχανισμό εκτροπής στροφών.



Εικόνα 5-6 Τυπική κατασκευή



Εικόνα 5-7 Τεχνικά μέρη

Αναλυτικά μια ανεμογεννήτρια αποτελείται συνήθως από τα παρακάτω μέρη:

Ανεμόμετρο (Anemometer): μετράει την ταχύτητα του ανέμου και μεταβιβάζει τα ανεμολογικά δεδομένα σε έναν ελεγκτή.

Πτερύγια (Blades): οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν δύο ή τρία πτερύγια. Ο άνεμος πάνω στα πτερύγια δημιουργεί άνοση (lift) που έχει σαν αποτέλεσμα μια ροπή γύρω από τον άξονα περιστροφής και αναγκάζει τα πτερύγια να περιστρέφονται.

Φρένο (Brake): ένα δισκόφρενο το οποίο μπορεί να λειτουργεί μηχανικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά για να σταματήσει τον κινητήρα σε περίπτωση ανάγκης.

Ελεγκτής (Controller): ο ελεγκτής ξεκινά τη μηχανή σε ταχύτητες ανέμου περίπου 8-16 μίλια την ώρα και κλείνει τη μηχανή περίπου στα 65 μίλια την ώρα. Οι ανεμογεννήτριες δε μπορούν να δουλεύουν σε ταχύτητες ανέμου πάνω απ' τα 65 μίλια την ώρα γιατί οι γεννήτριές τους μπορούν να υπερθερμανθούν ή/και τα πτερύγια τους να σπάσουν.

Κιβώτιο ταχυτήτων (Gear box): οι ταχύτητες συνδέουν τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας και αυξάνει την ταχύτητα περιστροφής από τις 30 με 60 στροφές ανά λεπτό στις 1200 με 1500 στροφές ανά λεπτό. Η ταχύτητα περιστροφής απαιτείται από τις περισσότερες γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα ακριβό (και βαρύ) μέρος μιας ανεμογεννήτριας και οι μηχανικοί μελετούν γεννήτριες οι οποίες θα λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής και δε θα απαιτούνται κιβώτια ταχυτήτων.

Γεννήτρια (Generator): συνήθως παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα 60 κύκλων.

Άξονας υψηλής ταχύτητας (High-speed Shaft): οδηγεί τη γεννήτρια.

Άξονας χαμηλής ταχύτητας (Low-speed Shaft): ο ρότορας κινεί τον άξονα χαμηλής ταχύτητας περίπου στις 30 με 60 στροφές ανά λεπτό.

Κέλυφος (Nacelle): ο ρότορας συνδέεται με το κέλυφος, το οποίο βρίσκεται πάνω απ' τον πύργο και περιλαμβάνει το κιβώτιο ταχυτήτων, τους άξονες υψηλής και χαμηλής ταχύτητας, τη γεννήτρια, τον ελεγκτή και το φρένο. Ένα κάλυμμα προστατεύει τα μέρη εντός του κελύφους. Μερικά κελύφη είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μπορεί ένας τεχνικός να κάθεται όρθιος μέσα σε αυτό ενώ δουλεύει.

Κλίση (Pitch): τα πτερύγια έχουν τη δυνατότητα να γύρω από τον διαμήκη άξονά τους, ώστε να μειώνουν τα αεροδυναμικά φορτία (lift) πάνω στην πτερύγωση στις μεγάλες ταχύτητες του ανέμου και να τα μειώνουν στις μικρές ταχύτητες.

Ρότορας (Rotor): τα πτερύγια και το κεντρικό σημείο ονομάζονται ρότορας.

Πύργος (Tower): οι πύργοι είναι κατασκευασμένοι από χαλύβδινο κέλυφος ή χωροδικτύωμα. Επειδή η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος, οι υψηλοί πύργοι περιέχουν γεννήτριες που συλλέγουν περισσότερη ενέργεια και παράγουν περισσότερο ηλεκτρισμό.

Ανεμοδείκτης (Wind vane): υπολογίζει την διεύθυνση και επικοινωνεί με τον οδηγό εκτροπής ώστε να προσανατολίζεται στον άνεμο.

Οδηγός εκτροπής (Yaw drive): φέρνει τις ανεμογεννήτριες προς τον άνεμο. Χρησιμοποιείται για να αφήνει το ρότορα να βρίσκεται προς τον άνεμο καθώς αυτός μεταβάλλεται. Οι ανεμογεννήτριες που λειτουργούν υπήνεμα δεν απαιτούν οδηγό εκτροπής. Ο άνεμος μόνος φέρνει υπήνεμα το ρότορα.

Κινητήρας εκτροπής (Yaw motor): δίνει ενέργεια στον οδηγό εκτροπής.

Μία ανεμογεννήτρια 1,5 MW (συχνός τύπος στις ΗΠΑ), έχει συνήθως ύψος 80 μέτρων. Ο ρότορας ζυγίζει 22.000 κιλά, ενώ η γεννήτρια, μαζί με τα υπόλοιπα εξαρτήματα ζυγίζει 52.000 κιλά.

Ο πύργος αποτελείται από 26.000 κιλά χαλύβδινου οπλισμού και 190 κυβικά μέτρα σκυρόδεμα. Στη βάση, ο πύργος έχει 15 μέτρα διάμετρο, ενώ το τοίχωμα είναι 2,4 μέτρα παχύ.

Ανάμεσα σε όλα τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι ανεμογεννήτριες έχουν την υψηλότερη αποτελεσματική σε σχέση με την επιφάνεια.

5.5 Α/Γ μικρής ισχύος για οικιακές εφαρμογές

Η ισχύς των μικρών Α/Γ κυμαίνεται από 400 W ως 50 kW (συνήθως 1-10 kW). Είναι πολύ χαμηλότερη σε σχέση με τις Α/Γ που προορίζονται για τη στελέχωση Αιολικών Πάρκων και έχουν ισχύ συνήθως πάνω από 700 kW.

Οι Α/Γ μικρής ισχύος διαθέτουν 3 ή 4 κινούμενα μέρη, ώστε να έχουν πολύ χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης. Έχουν 2 ή 3 πτερύγια, η διάμετρος του δρομέα κυμαίνεται μεταξύ 1 και 15 μέτρων και το ύψος του πύργου μεταξύ 5 και 30 μέτρων. Η ονομαστική ταχύτητα ανέμου είναι 12 - 16 m/s. Συνήθως επιθεωρούνται κάθε 2 έτη και η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται μεταξύ 20 και 40 ετών. Αν και δεν είναι στο προσκήνιο όσο άλλες τεχνολογίες, οι μικρές Α/Γ έχουν αποδείξει την ικανότητά τους να παράγουν ενέργεια αξιόπιστα και με χαμηλό κόστος. Υπάρχει μεγάλη εμπειρία στην λειτουργία τους αφού πάνω από 150.000 μονάδες έχουν εγκατασταθεί παγκοσμίως.

Δεδομένου ότι η ζήτηση για μικρά συστήματα αιολικής ενέργειας αυξάνεται, το κόστος αυτών των συστημάτων αναμένεται να μειωθεί στο μισό κατά τη διάρκεια της επόμενης δεκαετίας.



Εικόνα 5-8 Μικρή ανεμογεννήτρια οικίας

5.5.1 Το αιολικό σύστημα μικρής ισχύος.

Εκτός από την ίδια την ανεμογεννήτρια, σε ένα αιολικό σύστημα μικρής ισχύος συνήθως απαιτούνται τα εξής:

1. Θεμέλια - συνήθως από ενισχυμένο σκυρόδεμα
2. Καλωδίωση για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας
3. Διακόπτης, ο οποίος επιτρέπει στην ηλεκτρική παραγωγή να απομονωθεί από το φορτίο
4. Μια μονάδα επεξεργασίας της ισχύος, η οποία καθιστά την ισχύ της A/Γ συμβατή με το δίκτυο (inverter DC/AC),
5. Ένας μετρητής ενέργειας. ο οποίος καταγράφει τη ενεργειακή παραγωγή της A/Γ
6. Εάν το σύστημα σχεδιάζεται για απομονωμένη λειτουργία ή έτσι ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει το φορτίο σε μια διακοπή ρεύματος, θα χρειαστούν μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης για να αποθηκεύσουν ενέργεια και ένας ελεγκτής της φόρτισης για να τις διαχειρίζεται κατάλληλα. Ένα σύστημα που συνδέεται με το δίκτυο και δεν προορίζεται για λειτουργία σε διακοπή ρεύματος, δεν απαιτεί μπαταρίες.

Τα συστήματα με A/Γ μικρής ισχύος χαρακτηρίζονται, μερικές φορές, ως οικιακές εφαρμογές, και πράγματι είναι. Μπορούν, όμως, να παρέχουν ενέργεια σε αγροκτήματα, σχολεία και αγροτικές επιχειρήσεις. Μικρά

συστήματα μπορούν επίσης να εγκατασταθούν για να τροφοδοτήσουν μια συγκεκριμένη εφαρμογή όπως η άντληση του νερού σε τοποθεσία απομακρυσμένη από το δημόσιο δίκτυο. Το μέγεθος του συστήματος που απαιτείται για να ικανοποιήσει τις ανάγκες ενός δεδομένου πελάτη εξαρτάται από την ενέργεια που χρειάζεται ο πελάτης και την μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου της τοποθεσίας. Σε μία τυπική οικιακή εφαρμογή, σύστημα 4-10 kW μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες.

Το επίπεδο θορύβου των περισσότερων σύγχρονων οικιακών Α/Γ είναι περίπου 52-55 decibels. Ο θόρυβος γίνεται αντιληπτός μόνο αν κάποιος προσπαθήσει να τον παρατηρήσει. Οι περισσότερες μικρές Α/Γ κάνουν λιγότερο θόρυβο από ένα οικιακό κλιματιστικό.

Επειδή οι μικρές Α/Γ τοποθετούνται σε ψηλούς πύργους στήριξης, είναι ορατές από σχετικά μεγάλη απόσταση. Μπορεί να υπάρξουν αντιρρήσεις από τους γείτονες, οι οποίες ρυθμίζονται με την διατήρηση κατάλληλων αποστάσεων, ανάλογα με την επιφάνεια της ιδιοκτησίας.

Ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται στις μέρες μας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ανεμογεννήτρια αποτελείται από διάφορα μέρη. Το περιστρεφόμενο τμήμα αποτελείται από έναν άξονα στην μία άκρη του οποίου βρίσκονται στερεωμένα τα φτερά. Τα φτερά περιστρέφονται και μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε περιστροφική (κινητική) ενέργεια στον άξονα (περιστρεφόμενος άξονας). Ένα σύστημα γραναζιών βοηθάει ώστε να αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Η ηλεκτρογεννήτρια (που είναι συνδεδεμένη στον κινούμενο άξονα) μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Υπάρχουν ανεμογεννήτριες στις οποίες η κλίση των φτερών μπορεί να μεταβάλλεται ώστε να προσαρμόζεται στην ταχύτητα του ανέμου.

Όταν η ταχύτητα του ανέμου γίνει πολύ μεγάλη το περιστρεφόμενο τμήμα γυρίζει σε συγκεκριμένη θέση (γωνία ως προς τον άνεμο) και η ανεμογεννήτρια σταματάει (για να μη σπάσει).

Σε κάθε μετατροπή ενέργειας δεν μετατρέπεται όλη η ενέργεια από την μία μορφή στην άλλη. Έτσι και εδώ δεν μετατρέπεται όλη η κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Όταν τα φτερά κινούνται με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα η

παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κυμαίνεται στο 45-60% της διαθέσιμης αρχικής κινητικής ενέργειας. Όταν η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται η απόδοση της ανεμογεννήτριας γίνεται ακόμα πιο μικρή.

Σε αρκετές περιοχές της χώρας μας αλλά και άλλων χωρών έχουν δημιουργηθεί Αιολικά πάρκα δηλαδή έχουν εγκατασταθεί (τοποθετηθεί) πολλές ανεμογεννήτριες μαζί.

Η κινητική ενέργεια του ανέμου ονομάζεται και αιολική, και τα πάρκα αιολικά, από το θεό Αίολο, που στην αρχαία ελληνική μυθολογία ήταν ο θεός των ανέμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ.

6.1 Γενικά για τα Αιολικά Πάρκα.

Μια διάταξη ανεμογεννητριών ονομάζεται αιολικό πάρκο. Σε μια περιοχή που επικρατούν δυνατοί άνεμοι, είναι υπό προϋποθέσεις κατάλληλη για τοποθέτηση ανεμογεννητριών. Οι αλλαγές στην ταχύτητα του ανέμου είναι επίσης σημαντικές, μιας και προκαλούν μεταβολές στην παροχή ενέργειας στις γεννήτριες. Κι ακόμη χειρότερα, ο άνεμος σταματάει τελείως για πολλές μέρες ή φυσάει τόσο δυνατά ώστε καταστρέφει τα πτερύγια των ανεμογεννητριών.

Σε αντίθεση με το νερό, ο άνεμος δεν μπορεί να περιοριστεί σε φράγματα ώστε να ρυθμίζεται η ροή του. Ενδιαφέρον, για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού τους, έχουν οι περιοχές με ικανοποιητικές μέσες ταχύτητες ανέμου. Σε χάρτη της παγκόσμιας μετεωρολογικής οργάνωσης έχει υπολογιστεί σε ύψος 10 m από το έδαφος, ότι επικρατούν άνεμοι με μέση ετήσια ταχύτητα πάνω από 5.1 m/s, στο 25% της επιφάνειας γης. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής θεωρείται εκμεταλλεύσιμο ενεργειακά, όταν η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου ξεπερνά την τιμή των 5.1m/s.

Όμως όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ανέμου τόσο περισσότερη είναι η παρεχόμενη (διαθέσιμη) ενέργεια, καθώς η ισχύς είναι ανάλογη του κύβου της ταχύτητας του ανέμου. Επομένως είναι σημαντικό να γνωρίζουμε με όσο μεγαλύτερη ακρίβεια γίνεται το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής, έτσι ώστε με τον κατάλληλο και ορθό σχεδιασμό του αιολικού πάρκου να γίνεται η βέλτιστη εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

Έτσι, ένα αιολικό πάρκο, το οποίο σε ταχύτητα 8m/sec αποδίδει 1600KW, σε ταχύτητα 4m/sec αποδίδει μόνο 200 KW. Σημαντικό ρόλο παίζει ο τόπος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη 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 τουλάχιστον ενός έτους.

Ως απαραίτητο εξάρτημα λειτουργίας μιας ανεμογεννήτριας σε αιολικό πάρκο, θα μπορούσαμε να συμπεριλάβουμε και τον μετασχηματιστή μετατροπής της χαμηλής τάσης της ανεμογεννήτριας σε μέση τάση προκειμένου να μεταφερθεί η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ.

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

6.2 Είδη Αιολικού Πάρκου

Τα αιολικά πάρκα ανάλογα την περιοχή κατασκευής τους διαχωρίζονται ονομαστικά σε χερσαία, παράκτια και υπεράκτια.

6.2.1 Τα χερσαία αιολικά πάρκα (onshore wind farms)

Είναι εγκατεστημένα σε χερσαίες περιοχές και απόσταση τριών τουλάχιστον χιλιομέτρων προς το εσωτερικό από την εγγύτερη ακτογραμμή. Κατασκευάζονται, κατά κανόνα, σε κορυφογραμμές μεγάλου υψομέτρου, λόγω των 54 ταχυτήτων ανέμων που επιτυγχάνονται εκεί χερσαία πάρκα, εντοπίζονται και σε πεδινές περιοχές, όπου έμφαση δίνεται στην αξιοποίηση του μεγαλύτερου δυνατού ποσοστού αιολικού δυναμικού.

Όντας η ευρύτερα διαδεδομένη μορφή αιολικών πάρκων, λόγω της προγενέστερης ανάπτυξής τους, η τεχνολογία τους χαρακτηρίζεται αρκετά ώριμη και οικονομικά συμφέρουσα, χωρίς, ωστόσο, να εκλείπουν οι προβληματισμοί γύρω από την εγκατάστασή τους.

Η κατασκευή πάρκων σε κορυφογραμμές οροσειρών αντιμετωπίζει το ζήτημα της μεταφοράς του εξοπλισμού στο σημείο τοποθέτησης, καθώς,

πρόκειται για μηχανήματα μεγάλου όγκου που καλούνται να μεταφερθούν σε δύσβατες περιοχές, με ελλιπές οδικό δίκτυο. Το γεγονός αυτό προσ αυξάνει το κόστος κατασκευής του πάρκου, ιδιαίτερα όταν απαιτείται διάνοιξη δρόμων. Επιπλέον, με αφορμή την περιβαλλοντική υποβάθμιση και την παρέμβαση στο φυσικό τοπίο, συχνά, προκαλούνται αντιδράσεις, παρότι, συνήθως, πρόκειται για θαμνώδεις περιοχές, περιορισμένου κάλους. Θετικό, πάντως, κρίνεται το γεγονός ότι οι περιοχές αυτές, σπάνια, προσφέρονται για άλλες χρήσεις, περιορίζοντας τις ενδεχόμενες συγκρούσεις.

Αναφορικά με την εκμετάλλευση πεδινών περιοχών, το κόστος μεταφοράς και εγκατάστασης είναι περιορισμένο, ενώ το σύνηθες πρόβλημα σχετίζεται με τη σύγκρουση χρήσεων γης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, πρόκειται για πυκνοκατοικημένες περιοχές, που προσφέρονται για την πραγματοποίηση ποικίλων δραστηριοτήτων(διαμονή, αγροτική εκμετάλλευση). Βέβαια, έχει αποδειχθεί ότι τα αιολικά πάρκα είναι δυνατόν να συνυπάρξουν με τέτοιες χρήσεις χωρίς ωστόσο να εκλείπουν οι αντιδράσεις.



Εικόνα 6-1: Χερσαίο Αιολικό Πάρκο

6.2.2 Παράκτια αιολικά πάρκα (nearshore wind farms).

Πρόκειται για αιολικά πάρκα εγκατεστημένα σε απόσταση από τηνακτογραμμή μικρότερη των τριών χιλιομέτρων προς το εσωτερικό ή μικρότερη των δέκα χιλιομέτρων προς τη θάλασσα. Το πλεονέκτημά τους έγκειται στους ισχυρούς ανέμους, που δημιουργούνται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας.

Τα παράκτια πάρκα, που βρίσκονται εγκατεστημένα στην ξηρά, θεωρούνται εξίσου διαδεδομένα και ώριμα με τα χερσαία, καθώς χρησιμοποιούν όμοια τεχνολογία. Αντίθετα, τα παράκτια πάρκα εντός της θάλασσας, παρουσιάζουν δυσκολίες παρόμοιες με των υπεράκτιων, αναφορικά με τη στήριξη των ανεμογεννητριών.

Ωστόσο, τα βάθη κοντά στις ακτές παραμένουν, συνήθως, μικρά, περιορίζοντας το πρόβλημα. Καθότι οι παράκτιες περιοχές συγκεντρώνουν μεγάλο μέρος πληθυσμού και χρήσεων γης, παγκοσμίως, τα παράκτια πάρκα αντιμετωπίζουν προβλήματα. Η αξία της γης των παραθαλάσσιων περιοχών είναι υψηλή, επιβαρύνοντας την επένδυση. Επιπλέον, αντιδράσεις παρουσιάζονται, με αφορμή την υποβάθμιση του τουριστικού προϊόντος και την ασφάλεια των λουόμενων. Τέλος, οι εγκαταστάσεις εντός της θάλασσας, κατηγορούνται για παρεμπόδιση της αλιείας, υποβάθμιση της ποιότητας και ποσότητας του αλιευτικού προϊόντος και δυσκολίες στη ναυσιπλοΐα.



Εικόνα 6-2: Παράκτιο Αιολικό Πάρκο

6.2.3 Υπεράκτια αιολικά πάρκα (offshore wind farms).

Υπεράκτια πάρκα αποκαλούνται εκείνα που βρίσκονται τοποθετημένα εντός της θάλασσας και σε απόσταση μεγαλύτερη των δέκα χιλιομέτρων από την ακτή. Αποτελούν την τελευταία εξέλιξη στον τομέα της χωροθέτησης της αιολικής ενέργειας, ενώ οι λεπτομέρειες της κατασκευής τους εξακολουθούν να μελετώνται. Η αρχική αιτία της εξέλιξής τους έγκειται στην προηγούμενη, σχεδόν πλήρη, κάλυψη των χερσαίων περιοχών που παρουσίασαν ενδιαφέρον.

Το ζήτημα, απασχόλησε, πρωτίστως, χώρες όπως η Γερμανία και η Ολλανδία και άλλες της Β. Ευρώπης, που διέθεταν, ήδη, ιδιαίτερη ανάπτυξη στον αιολικό τομέα και μέσω των υπεράκτιων πάρκων επιδίωξαν την επιπλέον επέκταση του κλάδου.

Οι άφθονες και συνεχείς διαθέσιμες θαλάσσιες εκτάσεις δεν άργησαν να αποτελέσουν τον σύγχρονο στόχο της τεχνολογίας εκμεταλλεύσεως της αιολικής ενέργειας Βέβαια, τα υπεράκτια πάρκα, πέραν της παραπάνω αναγκαιότητάς τους, παρουσιάζουν μια σειρά προτερημάτων.

Στις θαλάσσιες περιοχές, εξαιτίας της μικρής διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ θαλάσσιας επιφάνειας και ατμόσφαιρας, ο άνεμος είναι απαλλαγμένος από φαινόμενα τύρβης, ενώ η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη, συμβάλλοντας στην επίτευξη έως και 30% μεγαλύτερων αποδόσεων και περιορίζοντας την καταπόνησή των ανεμογεννητριών.

Η ομοιόμορφη, καθ' ύψος, κατανομή των ταχυτήτων του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας, περιορίζει την τραχύτητα της επιφάνειας, επιτρέποντας τη χρήση χαμηλότερων και πιο οικονομικών, ανεμογεννητριών. Τέλος, με την εγκατάσταση πάρκων στη θάλασσα, σε αξιοσημείωτη απόσταση από την ξηρά, περιορίζεται η επίδρασή 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 διασύνδεσή των υπεράκτιων μηχανών με τα χερσαία συστήματα, προϋποθέτει ιδιαίτερες μελέτες και χρήση πολύπλοκων μηχανισμών,

προκειμένου να εξαλειφθεί ο κίνδυνος. Τέλος, η εγκατάστασή τους προϋποθέτει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του πυθμένα όπως τη διατήρηση μικρού βάθους σε ικανοποιητική απόσταση από την ακτή και την επίπεδη μορφολογία, χωρίς απότομες κλίσεις, χαρακτηριστικά που εκλείπουν από τις ελληνικές θαλάσσιες περιοχές.

Σε ερευνητικό επίπεδο, εξετάζονται λύσεις των προβλημάτων αυτών, που εστιάζουν στα πλωτά αιολικά πάρκα, οι ανεμογεννήτριες των οποίων στηρίζονται σε αγκυρωμένες στον πυθμένα, πλατφόρμες.

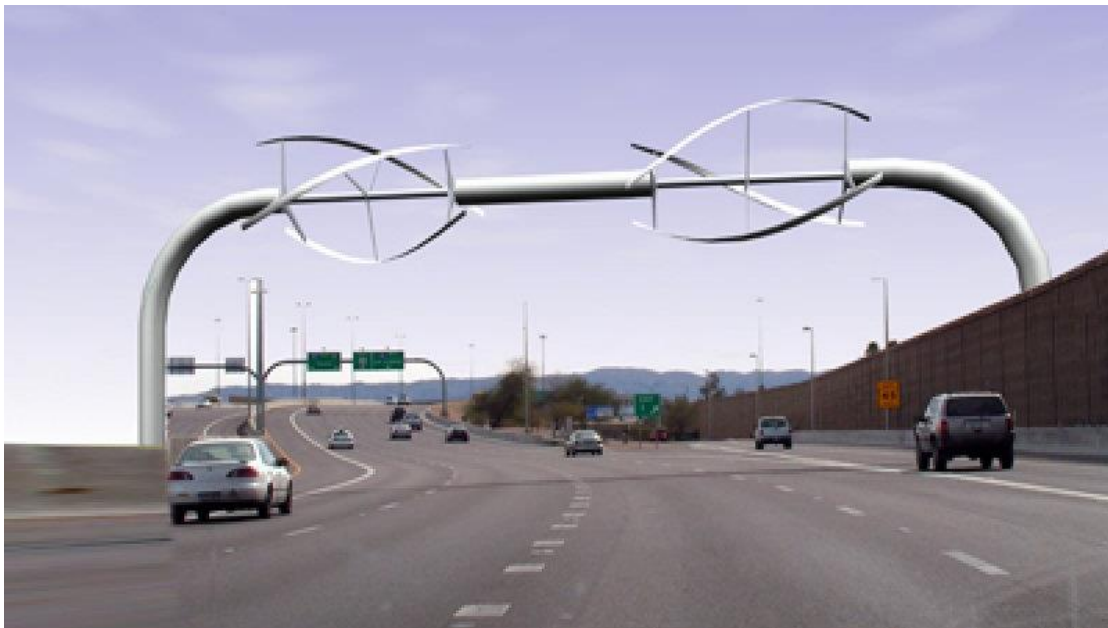


Εικόνα 6-3: Υπεράκτιο Αιολικό Πάρκο

Η διαδικασία συντήρησης τόσο των υπεράκτιων ανεμογεννητριών όσο και των χερσαίων ανεμογεννητριών απαιτεί τεχνογνωσία παρόμοια λόγω του ότι χρησιμοποιούν παρόμοιες συνιστώσες.

Ωστόσο, οι συνιστώσες είναι συνήθως μεγαλύτερου μεγέθους στην περίπτωση των υπεράκτιων ανεμογεννητριών. Το παρακάτω σχήμα επιδεικνύει το πόσο σημαντική είναι η ύπαρξη αξιόπιστων ανεμογεννητριών, ιδίως για τις απομακρυσμένες υπεράκτιες τοποθεσίες, που μερικές φορές απέχουν 14-20 χλμ. από την ακτή, όπως στην περίπτωση του αιολικού πάρκου HornsRev, το οποίο είναι εγκατεστημένο στη Δανία. Οι ανεμογεννήτριες σχεδιάζονται έτσι ώστε να απαιτούνται περιοδικοί έλεγχοι μία έως τρεις φορές κατ' έτος.

6.3 Ανεμογεννήτριες σε αυτοκινητόδρομους.

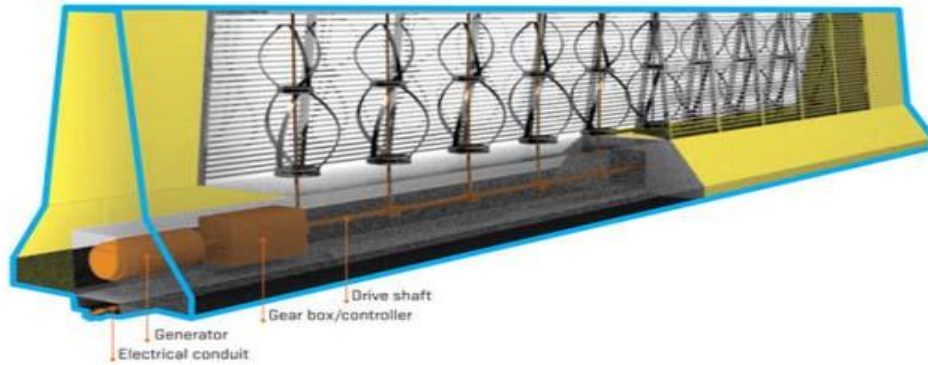


Εικόνα 6-4: Ανεμογεννήτρια αυτοκινητόδρομου.

Αυτό το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιεί τη δύναμη του αέρα από τα οχήματα που ταξιδεύουν σε δρόμους. Κινούμενοι με μεγάλη ταχύτητα, τα οχήματα απομακρύνουν τον αέρα καθώς ταξιδεύουν, παράγοντας πολλή ενέργεια. Με την τοποθέτηση ανεμογεννητριών στην άκρη ενός δρόμου ή στο κέντρο ενός δρόμου, μπορεί να συλληφθεί ενέργεια.

Το έργο του φοιτητή Joe προτείνει την εγκατάσταση δύο ανεμογεννητριών τοποθετημένων οριζόντια στα χαλύβδινα πλαίσια που κρατούν σήμερα πινακίδες αυτοκινητοδρόμων κατά μήκος της εθνικής οδού Phoenix. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του, υπολογίζει ότι κάθε στρόβιλος θα μπορούσε να παράγει 9.600 kWh ετησίως, κάτι που θα ήταν υπεραρκετό για να τροφοδοτήσει μερικά διαμερίσματα ή, όπως προτείνει, περισσότερους από μερικούς κοινοτικούς κόμβους κατά μήκος του αυτοκινητόδρομου.

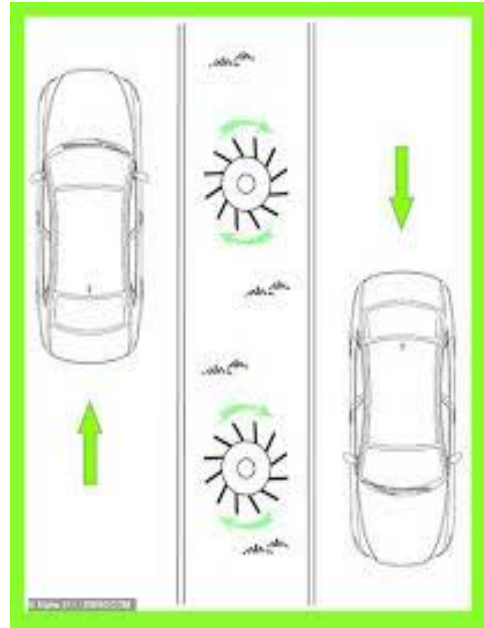
Υπάρχουν περισσότερα από 2,5 δισεκατομμύρια αυτοκίνητα, τα οποία δημιουργούν αναταράξεις ανέμου. Η ίδια ανεμογεννήτρια που είναι υπεύθυνη για την τεράστια περιστροφή του ανεμόμυλου μπορεί να αντικατασταθεί από μικρές αποδοτικές ανεμογεννήτριες κυκλοφορίας, οι οποίες περιστρέφονται με τη βοήθεια του κινούμενου αέρα από τα διερχόμενα αυτοκίνητα στον αυτοκινητόδρομο.



Εικόνα 6-5 Ανεμογεννήτριες τοποθετημένες οριζόντια στα χαλύβδινα πλαίσια που κρατούν σήμερα πινακίδες αυτοκινητοδρόμων

Η ταχύτητα του φυσικού ανέμου κανονικά δεν υπερβαίνει τα πολλά μίλια την ώρα. Για να υιοθετήσετε εμπορικά μια ανεμογεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτείται μια μεγάλης κλίμακας ανεμογεννήτρια. Χρησιμοποιώντας μικρές ανεμογεννήτριες στην άκρη του δρόμου, η ενέργεια μπορεί να συλληφθεί από το ρεύμα αέρα που παράγεται από οχήματα που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα.

Η ανεμογεννήτρια στο κέντρο του δρόμου έχει δύο αγωγούς ροής αέρα, έναν για κάθε πλευρά του δρόμου. Κάθε αγωγός έχει ένα άνοιγμα εισόδου, ένα άνοιγμα εξόδου και ένα μεσαίο άνοιγμα. Το άνοιγμα εισόδου βλέπει προς την αντίθετη κατεύθυνση της κυκλοφορίας του δρόμου. Το άνοιγμα εξόδου είναι στραμμένο προς την κατεύθυνση της κυκλοφορίας του δρόμου από την πλευρά του. Το μεσαίο άνοιγμα επιτρέπει στα πτερύγια των ανεμογεννητριών να λειτουργούν με τη ροή αέρα που ταξιδεύει μέσω αυτού του αγωγού.



Εικόνα 6-6 *Ανεμογεννήτριες τοποθετημένες στους ιστούς των φωτιστικών*

Αυτή η ιδέα χρησιμοποιεί όλο τον άσκοπο αέρα για να κάνει τον κάνει χρήσιμη ενέργεια, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία των φώτων των αυτοκινητοδρόμων τη νύχτα, ενώ τροφοδοτεί πίσω στο δίκτυο κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 6-7 *Αυτό είναι το πρωτότυπο μιας εφεύρεσης του Sanwal Muneer, ενός νεαρού επιχειρηματία από το Πακιστάν*

Η τουρμπίνα του Muneer έχει ύψος 8' και είναι κατασκευασμένη από ανακυκλώσιμες ίνες άνθρακα. Ο στρόβιλος ζυγίζει μόλις 20 κιλά, γεγονός που καθιστά εύκολη τη μεταφορά και την εγκατάσταση.

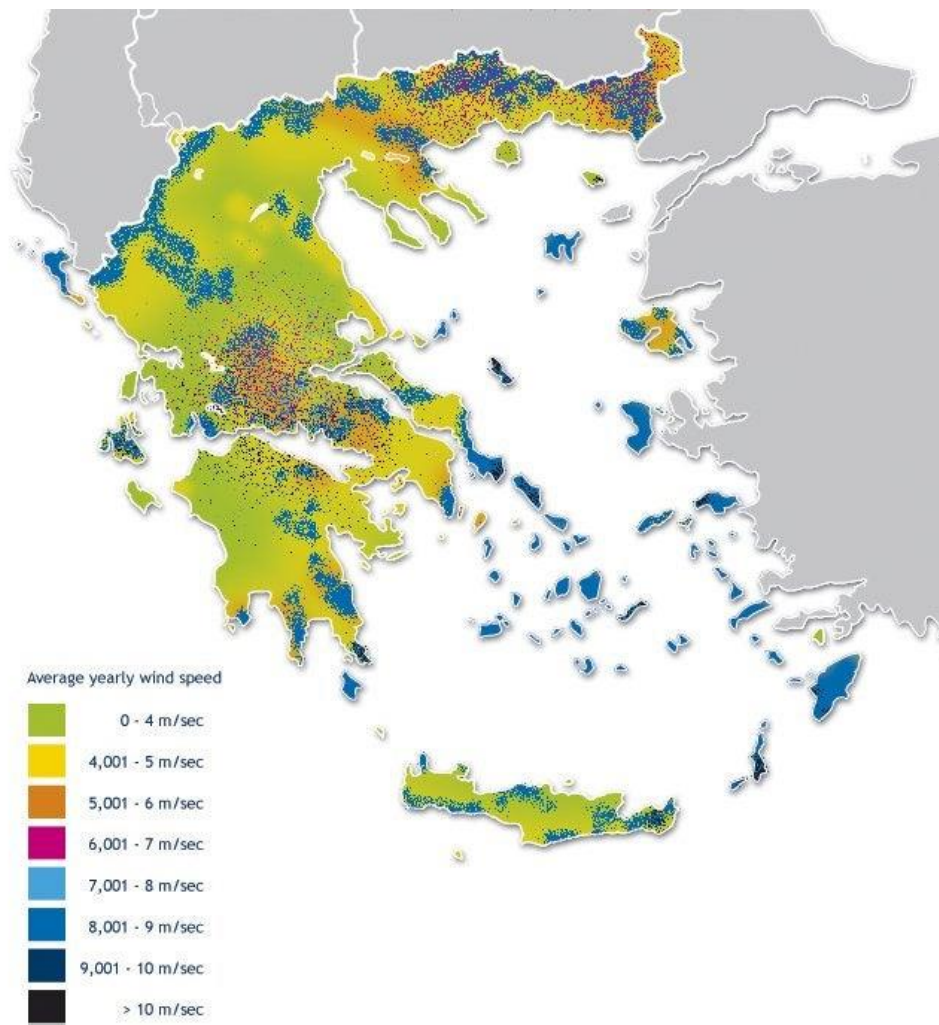
Η πλήρως φορτισμένη μπαταρία μπορεί να χωρέσει ένα κιλοβάτ ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι αρκετή για να λειτουργήσει δύο λαμπτήρες και ένας ανεμιστήρας για περίπου 40 ώρες. Η ιδέα είναι ότι αυτός ο στρόβιλος θα μπορούσε να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε αγροτικές κοινότητες στις αναπτυσσόμενες χώρες ή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία φαναριών ή οδικών σημάτων σε αστικές περιοχές.

Τα οχήματα που κινούνται στον αυτοκινητόδρομο προσφέρουν μια διακοπτόμενη και ανεξέλεγκτη πηγή αιολικής ενέργειας. Ο σχεδιασμός μιας ανεμογεννήτριας πρέπει να περιλαμβάνει την αποθήκευση ενέργειας και ένα σύστημα για την αποτελεσματική κατανομή της παραγόμενης ισχύος.

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται συνήθως σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, γεγονός που προσθέτει την πρόκληση της μεταφοράς της παραγόμενης ισχύος στην τοποθεσία όπου θα χρησιμοποιηθεί. Δεδομένου ότι οι ανεμογεννήτριες είναι τόσο κοντά στην κυκλοφορία, ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ασφάλεια. Τα μέτρα ασφαλείας θα πρέπει να περιλαμβάνουν σταθερούς προφυλακτήρες αυτοκινητόδρομου που περιβάλλουν τα περιστρεφόμενα πτερύγια του στροβίλου και προειδοποιητικές πινακίδες.

Πρέπει επίσης να πραγματοποιηθεί μια έρευνα της ροής της κυκλοφορίας για τον καθορισμό ορίων για το σχεδιασμό της ανεμογεννήτριας. Θα υπάρξουν στιγμές που δεν θα υπάρχει κυκλοφορία. Κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων, η ανεμογεννήτρια πρέπει να είναι σε θέση να αποθηκεύει ενέργεια. Αν και οι περισσότερες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται σε αγροτικές περιοχές, πρέπει να υπάρχει μια ανεμογεννήτρια σχεδιασμένη για χρήση στις πόλεις για να εξουδετερώσει την ποσότητα της ρύπανσης που δημιουργείται από την καύση ορυκτών καυσίμων, εισάγοντας παράλληλα μια πιθανή πηγή καθαρής ενέργειας.

6.4 Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.



Εικόνα 6-8 Αιολικό Δυναμικό Ελλάδας

Με βάση την ταχύτητα του ανέμου στην Ελλάδα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι τιμές της παραμέτρου 'C' για την Ελλάδα είναι μεταξύ 5 και 7. Ενώ για τιμές της παραμέτρου 'k' κυμαίνονται μεταξύ 1,3 και 2,0. Βέβαια υπάρχουν και πολλές μεμονωμένες περιοχές για τις οποίες η τιμή της παραμέτρου 'C' πλησιάζουν την τιμή των 10 m/s, και η παράμετρος 'k' υπερβαίνει την τιμή 2,0 πράγμα που πιστοποιεί την ύπαρξη υψηλού αιολικού δυναμικού πολύ καλής ποιότητας (δηλαδή με μεγάλη διάρκεια ισχυρών ανέμων). Πρέπει ακόμα να αναφέρουμε ότι όσο μικραίνει η τιμή του 'C' τόσο μεγαλώνει η τιμή της μέγιστης πιθανότητας διανομής.

Ενώ το αντίθετο συμβαίνει για την παράμετρο 'k'. Στοιχείο που φαίνεται και από τη σχέση που αναφέραμε παραπάνω για την πιθανότητα διανομής

6.5 Τα κριτήρια επιλογής περιοχής μελέτης αιολικού πάρκου

Τα κριτήρια αξιολόγησης που περιλαμβάνονται στη διαδικασία επιλογής του βέλτιστου τόπου χωροθέτησης αιολικών πάρκων αποτελούν κριτήρια που στοχεύουν στην μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα του έργου της εγκατάστασης και λειτουργίας ενός αιολικού πάρκου με την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής αλλά και την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αποδοχή του από την τοπική κοινωνία.

Για το λόγο αυτό, τα κριτήρια αξιολόγησης που επιλέγονται για την παρούσα εργασία είναι:

1) **Το αιολικό δυναμικό κάθε περιοχής.** Το αιολικό δυναμικό αποτελεί τη μέση ετήσια τιμή της ταχύτητας του ανέμου και συνδέεται άμεσα με την οικονομική αποδοτικότητα κάθε αιολικής εγκατάστασης καθιστώντας τη μελέτη των ανεμολογικών δεδομένων απαραίτητη για την αξιολόγηση κάθε περιοχής υποψήφιας να φιλοξενήσει ένα αιολικό πάρκο. Έτσι, η αξιολόγηση των διαθέσιμων περιοχών κρίνεται απαραίτητη ως προς το αιολικό τους δυναμικό. Οι περιοχές με το μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό λαμβάνουν υψηλότερη βαθμολογία στη διαδικασία σε σχέση με αυτές που έχουν χαμηλότερη ταχύτητα ανέμου.

2) **Η κλίση του εδάφους.** Η κλίση του εδάφους κάθε περιοχής επηρεάζει αποκλειστικά το κόστος κατασκευής ενός αιολικού πάρκου. Αυτό αιτιολογείται από τις χωματουργικές εργασίες που απαιτούνται προκειμένου το έδαφος να καταστεί κατάλληλο προς εγκατάσταση των αιολικών μονάδων. Γι' αυτό, στο σύνολο των μελετών που πραγματοποιούνται και λαμβάνουν την κλίση του εδάφους ως κριτήριο αξιολόγησης, οι περιοχές με μικρότερη κλίση προτιμώνται έναντι των υπολοίπων.

3) **Η απόσταση από το οδικό δίκτυο.** Η απόσταση από το οδικό δίκτυο αποτελεί κριτήριο αξιολόγησης κάθε περιοχής καθ' ότι όσο πιο κοντά βρίσκεται μια περιοχή στο υπάρχον οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης, τόσο μειώνεται η πιθανότητα να απαιτείται η διάνοιξη νέων δρόμων για την

κατασκευή και την πρόσβαση των αιολικών εγκαταστάσεων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος κατασκευής. Γι αυτό το σκοπό, όσο μικρότερη η απόσταση των περιοχών από το προϋπάρχον οδικό δίκτυο, τόσο μεγαλύτερη βαθμολογία λαμβάνουν έναντι όσων βρίσκονται πιο μακριά από αυτό.

4) **Η απόσταση από τις περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος.** Η απόσταση από τις περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης αποτελεί μέσο αξιολόγησης των υποψήφιων προς χωροθέτηση περιοχών συμβάλλοντας στην προτίμηση περιοχών που θα έχουν τη μεγαλύτερη απόσταση άρα και τις μικρότερες δυνατές επιπτώσεις στα ευαίσθητα οικοσυστήματα κατά τη διάρκεια λειτουργίας των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας.

6.6 Κριτήριο επιλογής ανεμογεννήτριας

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

- 1) Καμπύλη ισχύος κάθε τύπου Α/Γ
- 2) Οι διαστάσεις της ανεμογεννήτριας σε συνάρτηση με τη διαθέσιμη έκταση του γηπέδου εγκατάστασης και την επιθυμητή ισχύ του αιολικού πάρκου
- 3) Περιορισμοί περιβαλλοντικής και χωροταξικής φύσεως
- 4) Τεχνικά και κατασκευαστικά θέμα (π.χ. μεταφορά ανεμογεννητριών)
- 5) Οικονομική προσφορά αγοράς και προγράμματος συντήρησης αιολικού πάρκου από τον προμηθευτή των ανεμογεννητριών.

6.7 Κατασκευή αιολικού πάρκου

Κατασκευή και διασύνδεση αιολικού πάρκου

Κατασκευή δρόμου προσπέλασης και εσωτερικής οδοποιίας αιολικού πάρκου. Οι προδιαγραφές του δρόμου πρόσβασης στο αιολικό πάρκο ορίζονται από την εκάστοτε κατασκευάστρια εταιρία.

Διαμόρφωση πλατειών. Για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών του αιολικού πάρκου απαιτείται διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου γύρω

από τη θέση εγκατάστασης κάθε μίας ανεμογεννήτριας. Γύρω από τη θέση της κάθε ανεμογεννήτριας θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα πλήρως ισοπεδωμένο πλατώματος συγκεκριμένων διαστάσεων που εξαρτώνται από το μέγεθος της ανεμογεννήτριας (συνήθως τιμές είναι 40m x 40m ή 50m x 50m) για την τοποθέτηση του πυλώνα, του θαλάμου και τη συναρμολόγηση των πτερυγίων στο έδαφος επί της πλήμνης, πριν την τελική ανέγερση και εγκατάσταση τους στην τελική θέση. Οι πλατείες που θα διαμορφωθούν θα έχουν επίπεδη επιφάνεια και θα έχουν υποστεί τη διεργασία συμπύκνωσης με κατάλληλα βαρέα δονητικά οχήματα.

Κατασκευή βάσεων θεμελίωσης ανεμογεννήτριας. Μετά την εκσκαφή και μορφοποίηση της σκάφης των πλατειών θα πρέπει να κατασκευαστούν τα θεμέλια των βάσεων των ανεμογεννητριών. Τα πρανή του σκάμματος κάθε βάσης θα έχουν κατάλληλες κλίσεις ανάλογα με την ποιότητα του εδάφους ενώ το δάπεδο του σκάμματος θα είναι εντελώς οριζόντιο. Οι βάσεις των πύργων στήριξης θα κατασκευαστούν από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Ανέγερση πύργου πλήμνης και πτερυγίων των ανεμογεννητριών. Αφού ολοκληρωθεί η μεταφορά και εκφόρτωση των βασικών τμημάτων της ανεμογεννήτριας στην πλατεία κάθε ανεμογεννήτριας, ξεκινά η συναρμολόγηση των πτερυγίων και η σύνδεση τους στην πλήμη. Στη συνέχεια γίνεται η ανέγερση της, η καθετοποίηση της και τελικά η πάκτωση των τμημάτων του πύργου.

Δίκτυο σύνδεσης ανεμογεννήτριας. Η σύνδεση των ανεμογεννητριών θα γίνει με υπόγειο καλώδιο μέσης τάσης 20kV το οποίο συνήθως είναι τύπου XLPE, 12/20 Kv. Τα καλώδια θα τοποθετηθούν υπογείως από βρόχους σε κανάλι όδευσης καλωδίων. Ο κεντρικός πίνακας ελέγχου της μέσης τάσης, θα περιλαμβάνει κυψέλη εξόδου μέσης τάσης 20kV, από την οποία θα αναχωρεί καλώδιο προς της γραμμής M/T. Η κυψέλη εξόδου θα περιλαμβάνει και μονάδα προστασίας (Διακοπή Ισχύος), ελέγχου και μετρήσεων, με όλες τις απαιτούμενες προστασίες και μετρήσεις. Η βοηθητική τάση λειτουργίας των 400V, του Οικίσκου Ελέγχου, θα εξασφαλίζεται μέσω ενός M/T ελαίου ισχύος 20kV/ 0.4kV.

Σύστημα Γείωσης. Θα υπάρξει σύστημα γείωσης για την προστασία του Αιολικού Πάρκου. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή των μεταλλικών μερών της γείωσης και της αντικεραυνικής προστασίας γίνεται σύμφωνα με προδιαγραφές της Δ.Ε.Η.

Αντικεραυνική προστασία. Πάνω στην άτρακτο και στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας υπάρχουν αλεξικέραυνα, τα οποία συνδέονται με τη γεννήτρια, το Μ/Σ, τον πίνακα και όλα τα μεταλλικά μέρη της Α/Γ.

Διασύνδεση με το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Το αιολικό πάρκο, πρόκειται να συνδεθεί, σύμφωνα με τους όρους σύνδεσης του ΔΕΣΜΗΕ με το υφιστάμενο δίκτυο διανομής ηλεκτρικού ρεύματος Μ.Τ. της Δ.Ε.Η. Η σύνδεση θα γίνει με εναέρια γραμμή, μήκους 0.9km περίπου, από τον χώρο Μέσης Τάσης του κτιρίου ελέγχου μέχρι τον τερματικό στύλο του υφιστάμενου δικτύου διανομής.

Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός. Για την διασύνδεση της κάθε ανεμογεννήτριας με το εσωτερικό δίκτυο μέσης τάσης του αιολικού πάρκου χρησιμοποιούνται υποσταθμοί ΧΤ/ΜΣ, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στη βάση του πυλώνα κάθε ανεμογεννήτριας. Η ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ των ανεμογεννητριών αποτελείται από έναν κλάδο. Τα καλώδια μέσης τάσης θα συνδέουν την πλευρά του υποσταθμού της κάθε ανεμογεννήτριας (πίνακας εξόδου) με την πλευρά μέσης τάσης του υποσταθμού της επόμενης ανεμογεννήτριας (πίνακας εισόδου). Τα καλώδια μέσης τάσης 20kV για τη διασύνδεση της κάθε ομάδας ανεμογεννητριών θα οδεύουν σε υπόγειο κανάλι μέσα σε πλαστικούς σωλήνες για πρόσθετη μηχανική αντοχή και θα βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο σε απόσταση 20 cm περίπου μεταξύ τους. Στον πίνακα εισόδου του κτιρίου ελέγχου του αιολικού πάρκου το δίκτυο διασύνδεσης του αιολικού πάρκου με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. θα συνδεθεί με το υπόγειο καλώδιο ισχύος μέσης τάσης του αιολικού πάρκου, το οποίο θα διασχίζει το κτίριο ελέγχου υπόγεια μέχρι την αυλή του κέντρου ως το σημείο των στύλων ανύψωσης των γραμμών. Από εκεί θα αναχωρεί το δίκτυο μέσης διασύνδεσης του αιολικού πάρκου εναέρια μέχρι την άφιξη στο σημείο σύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.

Κατασκευή οικισμού ελέγχου και βοηθητικών χώρων. Σε στρατηγική θέση του αιολικού πάρκου θα ανεγερθεί οικισμός κατάλληλος για να στεγάσει το σύστημα ελέγχου, εποπτείας και μετρήσεων του αιολικού πάρκου, τους χώρους αποθήκευσης των απαραίτητων εργαλείων, αναλώσιμων και ανταλλακτικών, να παρέχει τις απαραίτητες διευκολύνσεις για την παραμονή των τεχνικών συντήρησης και λειτουργίας.

Το κέντρο ελέγχου αιολικού πάρκου θα είναι ισόγειο. Θα περιλαμβάνει τους εξής ανεξάρτητους χώρους :

1)Χώρος πινάκων μέσης τάσης.

2)Χώρος επισκευών

3)Γραφείο για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της λειτουργίας του αιολικού πάρκου, όπου θα εγκατασταθεί και ο κεντρικός ηλεκτρονικός υπολογιστής του συστήματος.

4)Αποθήκη για εργαλεία, ανταλλακτικά και αναλώσιμα τα οποία είναι απαραίτητα για την λειτουργία του αιολικού πάρκου.

5)W.C. και αποδυτήρια.

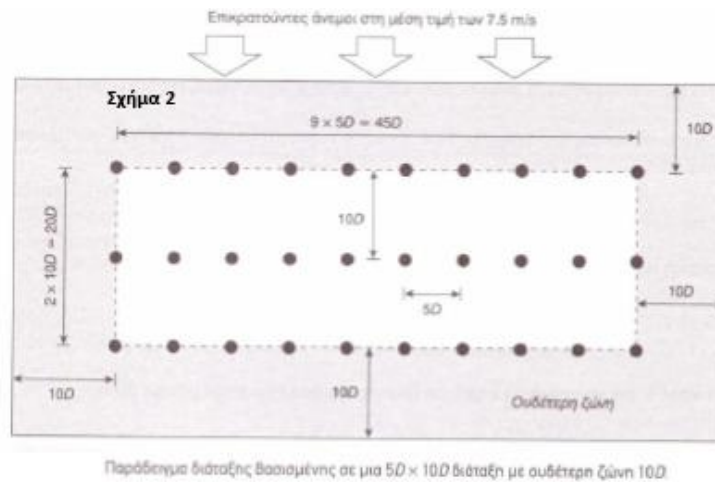
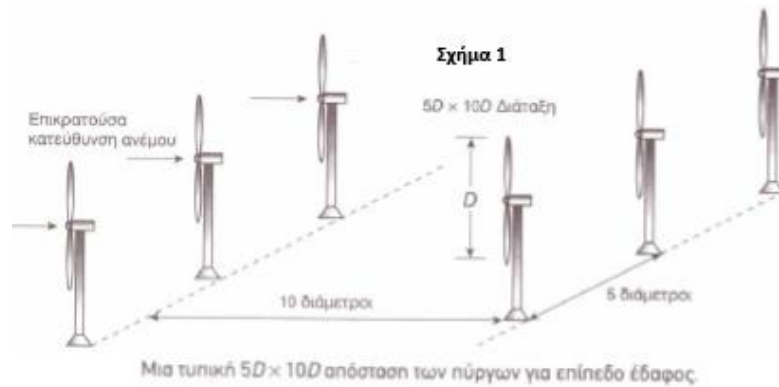
Στο χώρο του κτηρίου θα υπάρχουν :

Πεδία άφιξης καλωδίων μέσης τάσης της κάθε ομάδας ανεμογεννητριών.

- Πεδία αναχώρησης καλωδίων μέσης τάσης της κάθε ομάδας προς το σημείο του δικτύου Μέσης τάσης της Δ.Ε.Η. Πεδία πινάκων μέσης τάσης του αιολικού πάρκου.
- Υποσταθμός ΜΤ/ΧΤ με μετασχηματιστή τύπου λαδιού, χαμηλών απωλειών για την τροφοδοσία των βοηθητικών κυκλωμάτων και καταναλώσεων του κτηρίου.
- Μονάδα UPS (Uninterruptible Power Supply) για την τροφοδοσία των κρίσιμων φορτίων (π.χ. μονάδα Η/Υ, φώτα ασφαλείας κλπ.).
- Πίνακες χαμηλής τάσης υπηρεσιών κτιρίου.
- Συναγερμός.

6.8 Παράδειγμα διαστασιολόγησης αιολικού πάρκου

Αιολικό πάρκο αποτελείται από τριάντα γεννήτριες 2 MW, 90m, διατεταγμένες σε τρεις σειρές των 10 γεννητριών χρησιμοποιώντας απόσταση των πύργων $5D \times 10D$ όπως στο σχήμα 1 και 2. Στη συνέχεια προσθέστε μία επιπλέον $10D$ ουδέτερη ζώνη γύρω από ολόκληρη τη διάταξη των γεννητριών (σχήμα 2) και βρείτε τη συνολική επιφάνεια που απαιτείται. Τέλος να βρεθεί η πυκνότητα ισχύος τους



ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Με βάση το σχήμα 2, η βασική έκταση που καταλαμβάνουν οι ανεμογεννήτριες είναι $45D$ μήκος και $20D$ πλάτος. Προσθέτοντας μια ουδέτερη ζώνη $10D$ γύρω από όλη τη διάταξη, οι τελικές διαστάσεις είναι $65D$ μήκος και $40D$ πλάτος. Άρα το εμβαδό του αιολικού πάρκου είναι:

$$E = 65D \cdot 40D = 2600D^2 = 2600 \cdot 90^2 = 21,06 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

Η πυκνότητα ισχύος θα είναι $\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^3 = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 7^3 = 210,0875 \text{ W/m}^2$

Η ισχύς ανέμου που εισέρχεται στην ανεμογεννήτρια είναι:

$$P = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^3 = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 7^3 \Rightarrow P = 401,238 \text{ W/m}^2$$

Η παραπάνω ισχύς μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια λαμβάνοντας υπόψη έναν συντελεστή 90% διότι δίνονται από την άσκηση απώλειες όμορου 10% που σημαίνει ότι στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια έχουμε απώλειες 10%

$$E = 0,9 \cdot 401,238 \cdot \frac{90^2 \cdot \pi}{4} \cdot 8760 \cdot \frac{1}{1000} \Rightarrow E = 20,124 \cdot 10^6 \text{ kWh/year}$$

Άρα η ολική ηλεκτρική ενέργεια και από τις τριάντα ανεμογεννήτριες είναι

$$E_{ολ} = 30 \cdot E = 603,72 \cdot 10^6 \text{ kWh/year}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αιολική τεχνολογία είναι η πιο ανεπτυγμένη μεταξύ των ΑΠΕ. Το υπεράκτιο αιολικό δυναμικό είναι τεράστιο. Μπορεί να καλύψει επτά φορές τη ζήτηση ενέργειας στην Ευρώπη και τέσσερις φορές την αντίστοιχη στις ΗΠΑ. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στους ενεργειακούς στόχους της ΕΕ μέσω μιας μεγάλης αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος σε σχέση με σήμερα. Το βασικό πλεονέκτημα της Ελλάδας είναι ότι διαθέτει αρκετά υψηλό αιολικό δυναμικό κάτι που ευνοεί την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε το τι πρέπει να γνωρίζουμε για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου. Οι ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι είναι ζωτικής σημασίας έναντι των κρίσιμων ενεργειακών, οικονομικών και περιβαλλοντικών προκλήσεων. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια συντελεί στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο, ανεκμετάλλετο πόρο καθαρού, εγγώριου ενεργειακού δυναμικού. Προσφέρει ηλεκτρισμό με ανταγωνιστικό κόστος σε παράκτιους οικισμούς και να ωθήσει την οικονομική ανάπτυξη, ιδιαίτερα των βιομηχανικών και λιμενικών εγκαταστάσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<https://www.nrdc.org/stories/renewable-energy-clean-facts#sec-what-is>

[https://www.saltwire.com/atlantic-canada/news/nova-scotia-power-ceo-defends-proposed-solar-energy-charge-100686567/\)](https://www.saltwire.com/atlantic-canada/news/nova-scotia-power-ceo-defends-proposed-solar-energy-charge-100686567/)

<https://www.treehugger.com/wind-energy-pros-and-cons-5097577>

<https://www.scientificworldinfo.com/2020/03/four-major-types-of-hydropower-plants.html>

<https://www.uhhe.gr/πληροφορίες-για-τους-καταναλωτές/30-βιομάζα-ο-εναλλακτικός-τρόπος-θέρμανσης>

<https://ecologylearn.wordpress.com/2015/12/10/γεωθερμία-η-φυσική-θερμική-ενέργεια/0>

<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/tidal-energy/>

https://www.garyfallidou.org/elec_prod/gr_windmill.html

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CE%AE

"American Practical Navigator" H.O. No 9, U.S.Navy Hydrographic Office, 1958

"Admiralty Manual of Navigation" Volume II, - Her Majesty's Stationery Office, London, 1960

"Meteorology for Mariners Met O. 593, - Her Majesty's Stationery Office, London, 1967

"Ναυτική Μετεωρολογία" Χ. Περογιαννάκη, ταξίαρχου Π.Α. τ. Γενικού Διευθυντού ΕΜΥ, - Ίδρυμα Ευγενίδου, 1974, Αθήνα

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82

https://www.engadget.com/2007-04-30-proposals-would-turn-highways-into-wind-farms.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2x1LmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAALi5WmWYPJDUo_sjf2MPXpDI5ekMDmSXebYefwgaA3uInob3uiPR6gbzXoTYvyMIGJ1qJuPKYoU-z8VOLIFA9kzKtLtn0-aM-2aNR-XXowoq2mcuyLuSdVQ9WV8UTKPV2WpvEbhypHwDMKfcGaGcy-i4unPMowiYdqK0zGvYh9hY

<https://www.altenergymag.com/article/2019/05/top-article-from-2019-traffic-powered-wind-turbines/31030>

https://www.engadget.com/2007-04-30-proposals-would-turn-highways-into-wind-farms.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2x1LmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAALi5WmWYPJDUo_sjf2MPXpDI5ekMDmSXebYefwgaA3uInob3uiPR6gbzXoTYvyMIGJ1qJuPKYoU-z8VOLIFA9kzKtLtn0-aM-2aNR-XXowoq2mcuyLuSdVQ9WV8UTKPV2WpvEbhypHwDMKfcGaGcy-i4unPMowiYdqK0zGvYh9hY

http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1109/hlg_00748.pdf?sequence=1

<http://repository.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/8052/%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%A7%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%97%20%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%99%CE%91%20%281754%29%20%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%9A%CE%A4%CE%99%CE%91%20%CE%91%CE%99%CE%9F%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%91%20%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%9A%CE%91.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

https://www.google.com/search?q=%CF%83%CF%85%CE%BD%CE%B4%CE%B5%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%B1+anemogennhtrias+DC%2FAC&tbm=isch&ved=2ahUKEwjyK9Tnl eD6AhXZSsqQEHzsxBCQQ2-cCegQIABAA&oq=%CF%83%CF%85%CE%BD%CE%B4%CE%B5%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%B1+anemogennhtrias+DC%2FAC&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJ1C6B1jVQmCMSGgAcAB4AIABpAGIAbIPkgEEMC4xN5gBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n wAEB&sclient=img&ei=UpJJY_KiJdmVkdUPm-OQoAI&bih=625&biw=1366#imgrc=gXuuHQW05L_PbM