

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΈΛΕΓΧΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ



ΜΟΡΡΙΣΟΝ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ – ΙΩΑΝΝΗΣ

ΣΚΙΑΔΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΡΩΜΑΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ -2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° : ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	7
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	7
1.2 ΑΝΕΜΟΣ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	9
1.2.1 Άνεμος.....	9
1.2.2 Αιολική ενέργεια.....	10
1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	11
1.3.1 Πλεονεκτήματα.....	11
1.3.2 Μειονεκτήματα	11
1.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	12
1.5 ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΛΛΑΔΑΣ	13
1.6 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ	13
1.6.1 Ανεμόμετρα ταχύτητας.....	14
1.6.2 Ανεμόμετρα πίεσης.....	17
1.7 Μεταβολές ταχύτητας ανέμου και κατανομή Weibull.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° : ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	21
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	21
2.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	22
2.3 ΔΟΜΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	23
2.4 ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	25
2.4.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	27
2.4.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	27
2.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΘΕΤΟΥ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° : ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	29
3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	29
3.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	30
3.3 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	33
3.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	34

3.5 ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ...	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° : ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	36
4.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ	36
4.1.1 Θόρυβος	36
4.1.2 Αισθητική	37
4.1.3 Επίδραση στα πτηνά	38
4.1.4 Ασφάλεια	39
4.1.5 Επίδραση στην γεωργία και στην κτηνοτροφία.....	39
4.1.6 Επιπτώσεις υπεράκτιων αιολικών πάρκων	40
4.1.7 Άλλου είδους προβλήματα	40
4.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° : ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ	42
5.1 ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ.....	42
5.1.1 Χερσαία αιολικά πάρκα	42
5.1.2 Υπεράκτια αιολικά πάρκα.....	42
5.2 ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ.....	43
5.2.1 Εγκατεστημένη ισχύς υπεράκτιων πάρκων	45
5.3 ΚΥΡΙΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΣΕ ΕΡΓΑ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ.....	46
5.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6° : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΚΕΛΟΣ.....	48
6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ.....	48
6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	54
6.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	55
6.3.1 Μετρήσεις ανέμου στην έξοδο της αεροσύραγγας.....	55
6.3.2 Μετρήσεις ανέμου στην επιφάνεια της ανεμογεννήτριας και παραγόμενη ισχύς.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7° : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην εργασία που μας ανατέθηκε από τον καθηγητή μας κ. Αλέξανδρο Ρωμαίο, μελετάται και αναλύεται η λειτουργία των ανεμογεννητριών. Επίσης μαθαίνουμε πως η αιολική ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη λύση του ενεργειακού προβλήματος. Ασχοληθήκαμε με το κυριότερο είδος ανεμογεννητριών, (οριζόντιου άξονα), και στη συνέχεια μελετήσαμε και αναλύσαμε μέσα από μια πειραματική διάταξη τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας οικιακής χρήσης.

Για την προσομοίωση των συνθηκών ανέμου, κατασκευάσαμε κατάλληλη διάταξη με δυνατότητα ρυθμιζόμενης ταχύτητας και παροχής αέρα, καθώς και μέτρησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την ανεμογεννήτρια. Η διάταξη αποτελείται από μια αεροσήραγγα με πίνακα ελέγχου για ρύθμιση της παροχής του αέρα, μια ανεμογεννήτρια(τύπου istaBreeze i500), μια μπαταρία 12V, έναν φορτιστή για την μπαταρία, ένα πολύμετρο και ένα ψηφιακό ταχύμετρο. Χρησιμοποιήσαμε την συγκεκριμένη διάταξη για να κάνουμε το πείραμά μας και να καταγράψουμε την ισχύ, την τάση και την ένταση που παρήγαγε η ανεμογεννήτρια, καθώς και την ταχύτητα των πτερυγίων της για διάφορες ταχύτητες ανέμου. Η διάταξη θα χρησιμοποιείται επίσης και στα πλαίσια του μαθήματος ΑΠΕ II.

Με την ευκαιρία της ολοκλήρωσης της εργασίας, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας προς τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Αλέξανδρο Ρωμαίο καθώς και τον κ. Αντρέα Μπαϊλό για την τεράστια βοήθεια του στο πειραματικό κομμάτι της εργασίας.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

(Ονοματεπώνυμο)

.....

Υπογραφή

(Ονοματεπώνυμο)

.....

Υπογραφή

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

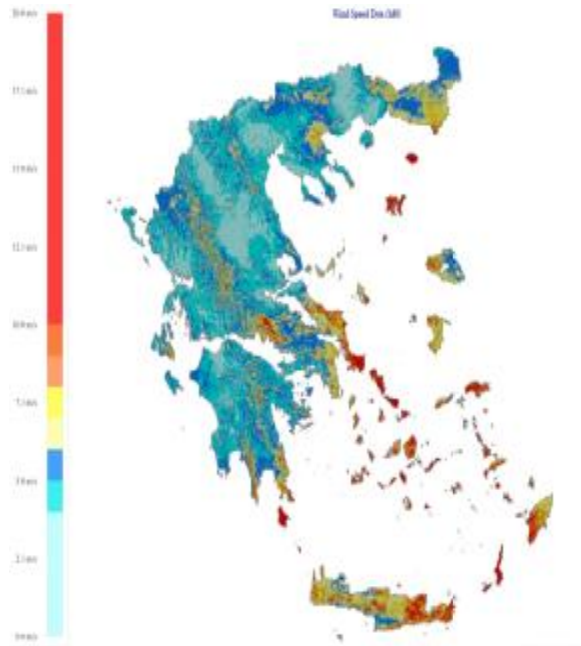
Το αντικείμενο της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας είναι η γνωριμία με τον τρόπο λειτουργίας των ανεμογεννητριών καθώς και η κατανόηση της σημαντικότητας της αιολικής ενέργειας και παράλληλα ο σχεδιασμός και η κατασκευή μιας διάταξης για έλεγχο ανεμογεννητριών εργαστηριακής κλίμακας και οικιακής χρήσης.

Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στην αιολική ενέργεια, τι είναι, πως την εκμεταλλευόμαστε και φυσικά ποια είναι τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματά της. Στην συνέχεια, γίνεται αναφορά στο αιολικό δυναμικό της Ευρώπης αλλά και της Ελλάδας και παράλληλα ανακαλύπτουμε τους διάφορους τρόπους μέτρησης του. Μέσα από αυτό ανακαλύπτουμε την κατανομή Weibull και την τεράστια σημασία της. Ύστερα, βλέπουμε την δομή μιας ανεμογεννήτριας καθώς και τα διάφορα είδη ανεμογεννητριών και φυσικά την αρχή λειτουργίας τους. Μετά, μαθαίνουμε για τους πολλαπλούς παράγοντες που επηρεάζουν την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας αλλά και για τις επιδράσεις που μπορεί να έχει στο περιβάλλον μια τέτοια εγκατάσταση. Έπειτα, μπαίνουμε στον κόσμο των αιολικών πάρκων, χερσαίων και υπεράκτιων, και επίσης μέσα από γραφήματα και πίνακες ανακαλύπτουμε την εγκατεστημένη ισχύ στην Ευρώπη, καθώς και που βρίσκεται η Ελλάδα ανάμεσα στις άλλες ευρωπαϊκές χώρες στον χώρο της αιολικής ενέργειας. Τέλος, στο πείραμά μας περιγράφουμε κάθε κομμάτι της πειραματικής μας διάταξης, τον τρόπο λειτουργίας της και μέσα από της μετρήσεις μας καταλήγουμε σε κάποια συμπεράσματα, όπως είναι ο έλεγχος καταλληλότητας της ανεμογεννήτριας μας για διάφορες χρήσεις(π.χ. σπίτι, σκάφος, φόρτιση μπαταριών).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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.



Εικόνα 1: Χάρτης αιολικού δυναμικού Ελλάδας - Πηγή: ΠΑΕ

Τα σύγχρονα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες.

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεσή τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας. Στην περίπτωση αυτή, ένα αιολικό πάρκο, δηλαδή μία συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μία περιοχή με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό σύστημα. Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται, μηχανικής ενέργειας για χρήση σε αντλιοστάσια, καθώς και θερμότητας. Όμως, η ισχύς που παράγεται σε εφαρμογές αυτού του είδους είναι περιορισμένη, το ίδιο και η οικονομική τους σημασία.

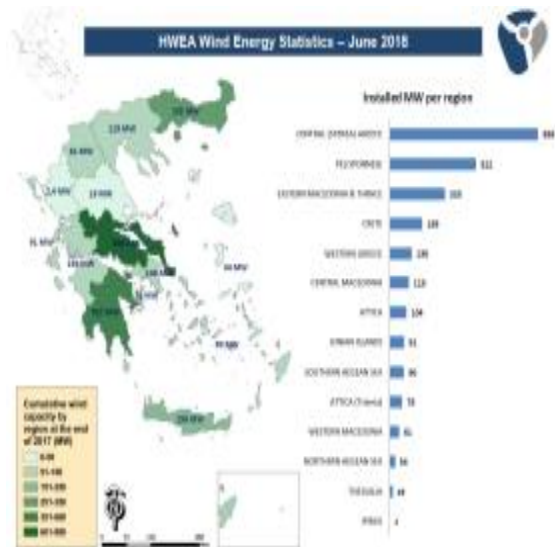
Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται, φυσικά, και για την κάλυψη ή τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών απομακρυσμένων εξοχικών κατοικιών, βιομηχανικών μονάδων, ιστιοφόρων πλοίων κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές, για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της άπνοιας ή οι αυξημένες ανάγκες σε ενέργεια κάποιες ώρες της ημέρας, η ενέργεια αποθηκεύεται σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) και χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται. Υπολογίζεται ότι είναι δυνατό μερικές



Εικόνα 2: Αιολικό πάρκο

χιλιάδες ανεμογεννήτριες να παράγουν την ενέργεια που δίνει η καύση μερικών εκατομμυρίων βαρελιών πετρελαίου ή η λειτουργία ενός μικρού πυρηνικού εργοστασίου.

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με συστηματικό τρόπο άρχισε παγκοσμίως στις αρχές της δεκαετίας του '80 και αυξήθηκε πολύ τα τελευταία χρόνια. Η χώρα μας, με μεγάλη παράδοση στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, προσφέρεται ιδιαίτερα για την αξιοποίηση αυτής της ανανεώσιμης και καθαρής πηγής αφού διαθέτει ισχυρούς ανέμους, βουνοκορφές και απομονωμένα νησιά. Η αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη δηλαδή ανανεώσιμη, αλλά και καθαρή, "φιλική" προς το περιβάλλον.



Εικόνα 3: Κατανομή αιολικής ισχύος τον Ιούνιο του 2018 στην Ελλάδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για πρώτη φορά γίνεται χρήση της αιολικής ενέργειας από τους Αιγύπτιους στην ναυσιπλοΐα περίπου το 3500 π.Χ. Ύστερα, τον 7ο με 10ο αιώνα μ.Χ. χρησιμοποιούνται για πρώτη φορά οι ανεμόμυλοι στο σημερινό Ιράκ και Αφγανιστάν. Οι ανεμόμυλοι αυτοί ήταν κατακόρυφου άξονα και χρησίμευαν για την άντληση νερού και την άλεση σιτηρών.

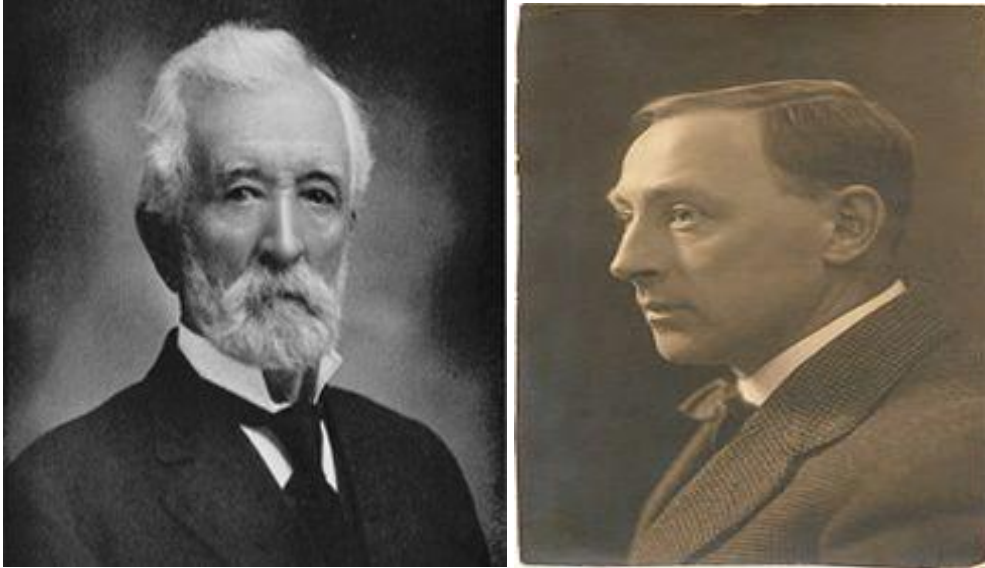
Ο πρώτος ανεμόμυλος εμφανίστηκε στην Ευρώπη από την Μέση Ανατολή με την διαφορά ότι ήταν οριζόντιου άξονα και είχε μια κλίση στα πτερύγια. Επιπλέον σε κλίμακα υψηλού μεγέθους, η χρήση της αιολικής ενέργειας, ξεκίνησε από την Αγγλία και την Ολλανδία από τον 5^ο μέχρι τον 15^ο αιώνα μ.Χ.



Εικόνα 1.1 : Ανεμόμυλος στην Ολλανδία (Μεσαίωνας)

Από τον 19ο αιώνα και μετά διαδόθηκε, κυρίως στην Αμερική, ένας νέος τύπος ανεμόμυλου γνωστού ως «western wheel». Ο συγκεκριμένος ανεμόμυλος είχε 20 πτερύγια κατασκευασμένα από ασάλι και χρησιμοποιούνταν για άρδευση.

Ο James Blyth στα τέλη του 19ου αιώνα έκανε την πρώτη προσπάθεια για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω μιας αιολικής μηχανής, κατασκευάζοντας μια ανεμογεννήτρια συνεχούς ρεύματος 12kW. Το 1922 ο Σουηδός Sigurd Johannes Savonius κατασκευάζει την Savonius η οποία ήταν μια ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα. Είναι μια από τις πιο απλές ανεμογεννήτριες, αφού αποτελείται από δυο ημικυκλικά πτερύγια με κενό ανάμεσα τους και η κάτοψή τους έχουν το σχήμα "S".



Εικόνα 1.2 : James Blyth και Sigurd Johannes Savonius

Το 1931 ο G.J.M. Darrieus κατασκευάζει μια ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα η οποία είχε καμπυλωτά πτερύγια. Οι Smith-Putman το 1941 κατασκεύασαν την μεγαλύτερη ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα σε παραγωγή ρεύματος η οποία ήταν σε θέση να παράγει MW. Από εκεί και πέρα έγιναν κάποιες προσπάθειες για την χρήση της αιολικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος αλλά εγκαταλήφθηκαν. Ωστόσο την δεκαετία του '70 και λόγω της απότομης αύξησης του πετρελαίου ξαναστράφηκαν στην αιολική ενέργεια και μέσω κάποιων χρηματοδοτήσεων από τις κυβερνήσεις οι ανεμογεννήτριες πήραν ξανά μεγάλη ανάπτυξη, και σιγά σιγά σε πολλές χώρες ξεκίνησε η δημιουργία αιολικών πάρκων.



Εικόνα 1.3 : Ανεμογεννήτρια Darrieus, κάθετου άξονα

1.2 ΑΝΕΜΟΣ ΚΑΙ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.2.1 Άνεμος

Άνεμος ονομάζεται η όποια αισθητή «οριζόντια κίνηση» του αέρα. Αιτία του ανέμου είναι ότι ο αέρας (οι αέριες μάζες της ατμόσφαιρας), που περιβάλλει την Γη βρίσκεται σε συνεχή «οριζόντια» και «κατακόρυφη» κίνηση. Όπως θα δούμε και παρακάτω κύρια αιτία δημιουργίας του ανέμου είναι η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα. Δηλαδή, αν σε δύο διπλανές περιοχές τύχει να μην έχουν την ίδια θερμοκρασία, τότε η ατμοσφαιρική πίεση της περισσότερο ψυχρής θα είναι μεγαλύτερη από εκείνη της θερμότερης περιοχής, με αποτέλεσμα να μετακινείται αέρια μάζα από τη ψυχρότερη προς την θερμότερη περιοχή.

Στοιχεία ανέμου είναι η διεύθυνση και η ένταση ή ισχύς του. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να προσδιοριστούν από ανεμομετρικά όργανα όπως οι ανεμοδείκτες και τα ανεμόμετρα.

- Διεύθυνση : Η *διεύθυνση* του ανέμου χαρακτηρίζεται από το σημείο του ορίζοντα απ' όπου πνέει ο άνεμος και όχι προς τα που πνέει άνεμος. (Βορράς, Νοτιάς, Ανατολικός, Δυτικός, κ.λπ.).
- Ένταση/Ισχύς : 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 (m/s , km/h, m/h, knots, Μποφόρ).

Ο άνεμος μπορεί να έχει και κάποιες επιδράσεις, είτε άμεσες είτε έμμεσες. Στις πρώτες (άμεσες) κατατάσσονται επιδράσεις όπως :

A) Στον ανθρώπινο οργανισμό, δυσφορία όταν πνέει ξηρός άνεμος και ευεξία όταν πνέει δροσερός άνεμος.

B) Σε κατοικημένες περιοχές, για ανέμους 10 Μποφόρ και άνω, καταστροφή περιουσιών (σπίτια, αμάξια κ.λπ.) ή και ξερίζωμα δέντρων.

Στις δεύτερες (έμμεσες) κατατάσσονται επιδράσεις όπως βροχοπτώσεις.

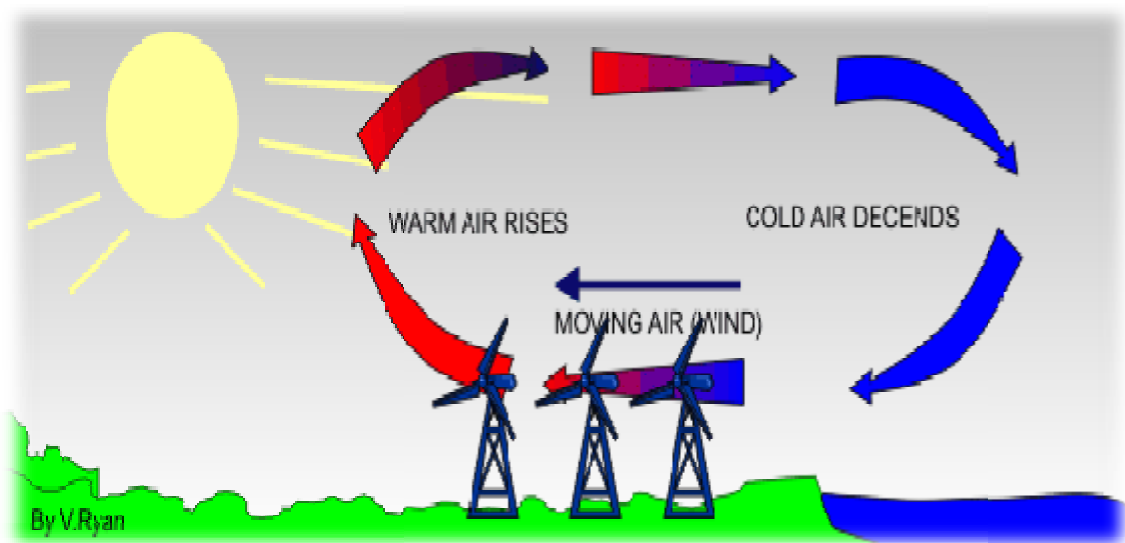
Στην Ελλάδα οι κυριότεροι άνεμοι που πνέουν είναι τα γνωστά μελέμια ή ετήσιες. Είναι ετήσιοι καλοκαιρινοί τοπικοί ημερήσιοι άνεμοι που εκδηλώνονται στις ελληνικές θάλασσες και κυρίως στο Αιγαίο. Οι άνεμοι αυτοί πνέουν συνήθως βόρειοι ως βορειοδυτικοί.



Εικόνα 1.4 : Δημιουργία μελεμίου

1.2.2 Αιολική ενέργεια

Αιολική ενέργεια είναι η ενέργεια του ανέμου που δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της Γης προκαλεί την μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από την 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 μείνει κενά.



Εικόνα 1.5: Κύκλος θέρμανσης και ψύξης αιολικού δυναμικού

Η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται “ήπια μορφή ενέργειας” και περιλαμβάνεται στις “καθαρές” ή “πράσινες” πηγές όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το “καύσιμο” είναι άφθονο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου ή άλλοι ρύποι και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.

1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.3.1 Πλεονεκτήματα

- § Η αιολική ενέργεια είναι μια καθαρή/πράσινη πηγή καυσίμου, και είναι μια πηγή που δεν μολύνει τον αέρα, το οποίο είναι καλό για τον άνθρωπο και το οικοσύστημα
- § Η αιολική ενέργεια είναι επίσης βιώσιμη. Όσο θα υπάρχει ο ήλιος, θα υπάρχει και η αιολική ενέργεια. Αυτό επειδή οι άνεμοι προκαλούνται από την θέρμανση της ατμόσφαιρας από τον Ήλιο σε συνδυασμό με την περιστροφή της Γης και τις ανωμαλίες της επιφάνειας της .
- § Η αιολική ενέργεια είναι επίσης μια πολύ καλή λύση για εξοικονόμηση χρημάτων. Μεταξύ όλων των πηγών ενέργειας συμπεριλαμβάνεται σε αυτές με τις χαμηλότερες τιμές. Κοστίζει από 0.04-0.06€/KWH.
- § Επιπλέον η παραγωγή αιολικής ενέργειας θα δημιουργήσει θέσεις εργασίας. Για παράδειγμα , σε ένα έργο εγκατάστασης ανεμογεννητριών, θα υπάρξει ζήτηση για εργαζομένους , κάτι από το οποίο η Ελλάδα πάσχει σε μεγάλο βαθμό.

1.3.2 Μειονεκτήματα

- § Οι περιοχές στις οποίες οι άνεμοι είναι υψηλού αιολικού δυναμικού, βρίσκονται συνήθως μακριά από τις πόλεις. Έτσι , από οικονομική άποψη , ένα μεγάλο ποσό χρημάτων θα πρέπει να δαπανηθεί ώστε να κατασκευαστούν γραμμές μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από το αιολικό πάρκο στην πόλη.
- § Έχει παρατηρηθεί ότι πολλά πτηνά συγκρούονται με τα φτερά των ανεμογεννητριών .Έτσι υπάρχει πάντα ο κίνδυνος να καταστραφεί το τοπικό οικοσύστημα.
- § Οι ανεμογεννήτριες δημιουργούν επίσης πολύ θόρυβο, το οποίο είναι ενοχλητικό για την πλειονότητα των ανθρώπων. Πράγμα το οποίο αποθαρρύνει τους ανθρώπους να ζήσουν κοντά σε περιοχές όπου είναι εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες.
- § Οι ανεμογεννήτριες ίσως να μην είναι η πιο κερδοφόρα χρήση της γης, καθώς υπάρχουν και άλλες χρήσεις της γης, όπως η γεωργία, η οποία μπορεί να προσφέρει περισσότερα έσοδα.
- § Τέλος, η αιολική ενέργεια απαιτεί λίγο μεγαλύτερη επένδυση από γεννήτριες με ορυκτά καύσιμα. Οπότε, οικονομικά, έχει κάποια μειονεκτήματα, πάντα από την άποψη έντασης κεφαλαίου.

1.4 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Κατά τη διάρκεια του 2017, 16.8 GW αιολικής ενέργειας εγκαταστάθηκαν σε όλη την Ευρώπη, εκ των οποίων 15.6 GW είχαν εγκατασταθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Μιλάμε για μια αύξηση του 18% σε σχέση με το 2016. Από την εγκατεστημένη ισχύ στην ΕΕ, τα 12.484 MW προέρχονταν από χερσαίες ανεμογεννήτριες και τα 3.154 MW από υπερράκτιες. Οι ετήσιες χερσαίες εγκαταστάσεις αυξήθηκαν κατά 14%, ενώ οι υπερράκτιες εγκαταστάσεις διπλασιάστηκαν. Συνολικά, ο αριθμός των νέων εγκαταστάσεων ήταν κατά 25% μεγαλύτερος από εκείνον του 2016. Η Γερμανία εγκατέστησε το μεγαλύτερο ποσό αιολικής ενέργειας το 2017, με 6.581 MW νέας χωρητικότητας (αύξηση 15% συγκριτικά με το 2016). Το 19% της εγκατεστημένης ισχύος στη Γερμανία ήταν υπερράκτιες ανεμογεννήτριες. Στην δεύτερη θέση το Ηνωμένο Βασίλειο με 4.270 MW, πέντε φορές περισσότερο από τις εγκαταστάσεις του 2016. Η Γαλλία ήρθε τρίτη με 1.694 MW (αύξηση 9% σε σχέση με το προηγούμενο έτος). Ακολουθούν η Φινλανδία (535 MW), το Βέλγιο (467 MW) και η Ιρλανδία (426 MW), με προσθήκες άνω των 400 MW και φτάνοντας σε επίπεδα ρεκόρ εγκατάστασης. Το 2017 η αιολική ενέργεια παρήγαγε αρκετή ηλεκτρική ενέργεια για να καλύψει το 11,6% της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ. Συνολικά επενδύθηκαν 22.3 δις. ευρώ (14.8 για onshore και 7.5 για offshore).

EU wind power Capacity (MW) 2017-2018

Rank	Country	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998
1	Germany	65,182	56,919	44,942	39,165	33,730	31,932	29,060	27,214	25,777	23,997	22,217	20,622	18,416	15,620	14,600	11,094	8,751	6,115	4,442	2,870
2	Spain	23,110	23,026	22,907	22,906	22,909	22,796	21,014	20,016	19,149	16,609	15,121	11,620	10,020	5,264	6,230	4,026	3,037	2,326	1,012	0
3	UK	18,870	16,760	14,201	12,440	10,701	8,487	6,540	5,204	4,051	2,771	2,405	1,060	1,320	904	657	550	474	405	360	353
4	France	13,759	11,670	10,324	9,205	8,204	7,190	6,000	5,000	4,492	3,404	2,454	1,967	757	390	257	140	60	66	26	19
5	Italy	8,419	8,265	8,921	8,003	8,551	8,114	8,117	5,787	4,050	3,000	2,216	2,120	1,700	1,296	808	700	600	407	277	100
6	Sweden	6,691	6,760	6,000	5,425	4,470	3,740	2,907	2,165	1,760	1,048	788	571	500	440	300	245	203	191	200	174
7	Poland	6,291	5,702	6,100	3,034	3,390	2,491	1,616	1,107	725	544	276	160	60	60	60	27	0	0	0	0
8	Austria	5,415	5,202	5,000	4,911	4,722	4,760	3,811	3,407	3,011	3,165	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120
9	Portugal	5,816	5,260	5,034	4,014	4,724	4,020	4,088	3,808	3,380	2,862	2,400	1,716	1,022	622	236	190	181	100	61	60
10	Netherlands	4,241	4,100	3,940	3,005	2,690	2,240	2,290	2,245	2,224	2,225	1,747	1,500	1,218	1,008	910	690	400	406	400	361
11	Ireland	3,127	2,765	2,440	2,270	2,017	1,738	1,681	1,405	1,260	1,027	700	746	406	330	130	157	124	118	74	75
12	Romania	3,029	3,020	2,976	2,964	2,969	1,900	902	402	14	11	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0
13	Hungary	2,845	2,400	2,160	1,800	1,801	1,300	1,000	911	885	410	267	134	167	98	80	50	30	15	8	6
14	Austria	2,828	2,692	2,401	2,000	1,581	1,978	1,084	1,011	990	990	982	360	310	606	410	140	94	77	34	30
15	Greece	2,051	2,214	2,120	1,900	1,965	1,740	1,029	1,200	1,007	905	0/1	746	570	470	300	297	272	109	112	39
16	Finland	2,113	1,783	1,000	607	448	288	197	167	145	145	110	88	80	80	50	43	30	30	30	17
17	Bulgaria	691	691	691	691	691	674	612	375	177	120	57	36	10	10	0	0	0	0	0	0
18	Czechia	615	600	600	347	320/300	900	651	180	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Iceland	493	493	458	270	270	207	170	165	61	61	51	51	48	6	6	0	0	0	0	0
20	Luxembourg	329	329	329	329	329	329	329	295	201	127	65	61	17	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 1: Εγκατεστημένη ισχύς (χερσαία) στην Ε.Ε τα τελευταία 20 χρόνια

1.5 ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών. Ως εκ τούτου, οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 13,6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας.

Ενέργειες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας έχουν γίνει σε ολόκληρη τη χώρα, ενώ στο γεγονός αυτό έχει συμβάλει και η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ΑΠΕ, η οποία ενθαρρύνει και επιδοτεί επενδύσεις στις ήπιες μορφές ενέργειας. Αλλά και σε εθνική κλίμακα, ο νέος αναπτυξιακός νόμος 3299/04, σε συνδυασμό με το νόμο για της ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 3468/06, παρέχει ισχυρότητα κίνητρα ακόμα και για επενδύσεις μικρής κλίμακας.

Η περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας αν και έχει μικρότερο αιολικό δυναμικό σε σύγκριση με άλλες περιοχές, διαθέτει ένα ισχυρό ηλεκτρικό δίκτυο και το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη ανεμωδών λόφων, υψωμάτων κ.λπ. με εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό την καθιστούν ενδιαφέρουσα για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων.

Αιολικά πάρκα υπάρχουν και σε πλήθος νησιών, όπως το Αιολικό Πάρκο «Μανολάτη - Ξερολίμπα» του Δ.Δ. Διλινάτων Δήμου Αργοστολίου στην Κεφαλονιά. Στο ίδιο νησί έχουν ήδη δημιουργηθεί δύο ακόμη αιολικά πάρκα: το Αιολικό Πάρκο "Αγία Δυνατή" του Δήμου Πυλαρέων, και το Αιολικό Πάρκο "Ημεροβίγλι" στα διοικητικά όρια των Δήμων Αργοστολίου και Πυλαρέων. Με τη λειτουργία των τριών αιολικών πάρκων ο Νομός Κεφαλληνίας τροφοδοτεί το δίκτυο ηλεκτροδότησης της χώρας με σύνολο 75,6 MW ηλεκτρικής ισχύος. Επιπλέον, σε διαδικασία αδειοδότησης βρίσκονται πέντε ακόμη μονάδες. Οι ανάγκες του νησιού σε ηλεκτρική ενέργεια και σε περίοδο αιχμής (Αύγουστος) ανέρχονται σε 50MW. Η αντιστοιχία μεταξύ της ισχύος που αποδίδει η Κεφαλονιά στο δίκτυο και της ισχύος που καταναλώνει είναι εξαιρετικά ενθαρρυντική για την εξάπλωση της αιολικής ενέργειας και σε πολλά ακόμη νησιά της επικράτειας

1.6 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Η καταγραφή και αξιοποίηση των στοιχείων του ανέμου μιας περιοχής έχει ως σκοπό να κατανοηθούν σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο βαθμό τα αιολικά της χαρακτηριστικά. Με αυτό τον τρόπο καταλαβαίνουμε εάν μια περιοχή είναι ικανή να φιλοξενήσει μια ανεμογεννήτρια ή και ολόκληρο αιολικό πάρκο.

Για να μετρήσουμε την ένταση του ανέμου και στην συνέχεια να εκτιμήσουμε το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής χρησιμοποιούμε ανεμόμετρα, τα οποία μετρούν την ταχύτητα και την διεύθυνση του αέρα. Το ανεμόμετρο μας δίνει σημαντικές πληροφορίες όπως το τι είδους ανεμογεννήτρια θα μπορούσε να εγκατασταθεί καθώς και τα όρια λειτουργίας της. Όπως θα δούμε και παρακάτω υπάρχουν αρκετές κατηγορίες και υποκατηγορίες ανεμόμετρων.

Αρχικά, έχουμε τα ανεμόμετρα ταχύτητας τα οποία υπολογίζουν την ένταση του ανέμου, καθώς ορισμένα τμήματα της συσκευής δέχονται τον αέρα. Τα συγκεκριμένα ανεμόμετρα μετρούν τις μέσες τιμές του ανέμου που δέχονται. Η δεύτερη κατηγορία είναι τα ανεμόμετρα πίεσης. Αυτά είναι πολύ χρήσιμα όταν θέλουμε να καταγράψουμε στιγμιαίες τιμές της έντασης του ανέμου και λειτουργούν καθώς μετράνε την πίεση που δέχονται από τον άνεμο.

1.6.1 Ανεμόμετρα ταχύτητας

- **Κυπελλοφόρα ανεμόμετρα** : Ο αρχικός τους σχεδιασμός (1845) αποτελούνταν από 4 ημισφαιρικά κύπελλα, τοποθετημένα σε οριζόντιους βραχίονες, οι οποίοι ήταν τοποθετημένοι σε κατακόρυφο άξονα. Η ροή του αέρα που διαπερνούσε τα κύπελλα σε οποιαδήποτε οριζόντια κατεύθυνση έστρεφε τον άξονα με ρυθμό που ήταν περίπου ανάλογος με την ταχύτητα του ανέμου. Επομένως, μετρώντας τις στροφές του άξονα σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα παρήγαγε μια τιμή ανάλογη με τη μέση ταχύτητα του ανέμου για ένα ευρύ φάσμα ταχυτήτων. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα τροποποιήθηκε και αφαιρέθηκε ένα από τα κύπελλα. Διαπιστώθηκε ότι κάθε φλιτζάνι παρήγαγε μέγιστη ροπή όταν ήταν στις 45° ως προς την ροή του ανέμου. Το ανεμόμετρο τριών κυπέλλων είχε επίσης πιο σταθερή ροπή και ανταποκρίθηκε πιο γρήγορα σε ριπές από το ανεμόμετρο τεσσάρων κυπέλλων.



Εικόνα 1.6 : Κυπελλοφόρα ανεμόμετρα τριών και τεσσάρων κυπέλλων

- **Ανεμόμετρα πτερυγίων** : Σε αντίθεση με τα κυπελλοφόρα ανεμόμετρα, των οποίων ο άξονας περιστροφής είναι κατακόρυφος, το ανεμόμετρο πτερυγίων πρέπει να έχει τον άξονά του παράλληλο στην κατεύθυνση του ανέμου και κατά συνέπεια οριζόντιο. Ένα ανεμόμετρο πτερυγίων συνδυάζει μια έλικα και μια ουρά στον ίδιο άξονα για να επιτύχει ακριβείς μετρήσεις της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του ανέμου από ένα και μοναδικό όργανο. Η ταχύτητα του ανεμιστήρα μετριέται με ένα στροφόμετρο και μετατρέπεται σε ταχύτητα ανέμου με την βοήθεια ενός ηλεκτρονικού τσιπ. Ως εκ τούτου, ο ογκομετρικός ρυθμός ροής μπορεί να υπολογιστεί εάν είναι γνωστή η περιοχή διατομής.



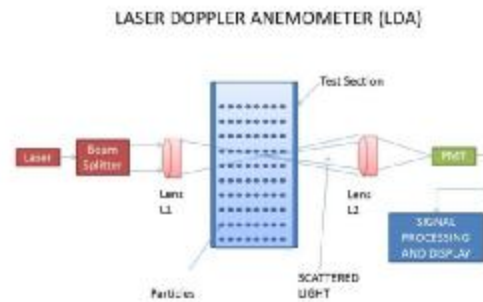
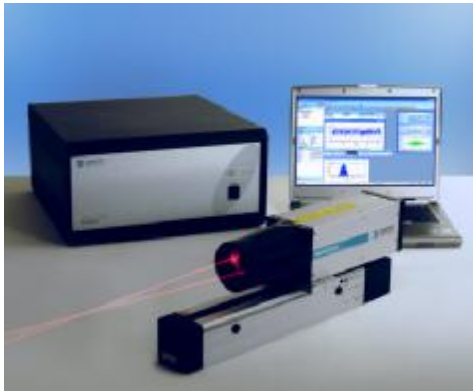
Εικόνα 1.7: Ανεμόμετρο πτερυγίων

- **Ανεμόμετρο θερμού σύρματος :** Τα ανεμόμετρα θερμού σύρματος χρησιμοποιούν ένα λεπτό σύρμα (της τάξης των μικρομέτρων) ηλεκτρικά θερμαινόμενο σε κάποια θερμοκρασία πάνω από του περιβάλλοντος. Ο αέρας που διαπερνά το σύρμα το ψύχει παράλληλα. Δεδομένου ότι η ηλεκτρική αντίσταση των περισσότερων μετάλλων εξαρτάται από τη θερμοκρασία του μετάλλου (το βολφράμιο είναι δημοφιλής επιλογή για θερμικά σύρματα), μπορεί να επιτευχθεί σχέση μεταξύ της αντίστασης του σύρματος και της ταχύτητας ροής. Παρότι τα συγκεκριμένα ανεμόμετρα είναι πολύ ευαίσθητα, έχουν παράλληλα εξαιρετικά υψηλή απόκριση συχνότητας και εξαιρετική χωρική ανάλυση σε σύγκριση με άλλες μεθόδους μέτρησης και ως εκ τούτου χρησιμοποιούνται σχεδόν παγκοσμίως για τη λεπτομερή μελέτη τυρβώδους ροής ή για οποιαδήποτε ροή στην οποία παρουσιάζουν ενδιαφέρον οι διακυμάνσεις της ταχύτητας.



Εικόνα 1.8 : Ανεμόμετρο θερμού σύρματος

- **Ανεμόμετρο Doppler με λέιζερ :** Τα ανεμόμετρα Doppler με λέιζερ χρησιμοποιούν μια δέσμη φωτός από ένα λέιζερ που χωρίζεται σε δύο δέσμες φωτός, με την μία να διαδίδεται από το ανεμόμετρο. Τα σωματίδια που ρέουν μαζί με τα μόρια του αέρα κοντά στο σημείο όπου εξέρχεται η δέσμη αντανακλούν ή επαναστέλλουν το φως πίσω σε έναν ανιχνευτή, όπου μετρίεται σε σχέση με την αρχική δέσμη λέιζερ. Όταν τα σωματίδια βρίσκονται σε μεγάλη κίνηση, παράγουν μια μετατόπιση Doppler για τη μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου στο φως του λέιζερ, η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ταχύτητας των σωματιδίων και συνεπώς του αέρα γύρω από το ανεμόμετρο.



Εικόνα 1.8 : Ανεμόμετρο Doppler με λέιζερ και τρόπος λειτουργίας

- Ανεμόμετρα υπερήχων :** Εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1950 και χρησιμοποιούν υπερηχητικά ηχητικά κύματα για τη μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου. Μετρούν την ταχύτητα του ανέμου βάσει του χρόνου πτήσης των ηχητικών παλμών μεταξύ ζευγών μετατροπέων. Οι μετρήσεις από τα ζεύγη μετατροπέων μπορούν να συνδυαστούν για να δώσουν μια μέτρηση της ταχύτητας σε μονοδιάστατη, δισδιάστατη και τρισδιάστατη ροή. Η χωρική ανάλυση δίνεται από το μήκος διαδρομής μεταξύ των μετατροπέων, το οποίο είναι συνήθως 10 έως 20 cm. Τα υπερηχητικά ανεμόμετρα μπορούν να λάβουν μετρήσεις με πολύ λεπτή χρονική ανάλυση, 20Hz ή καλύτερα, που τα καθιστά κατάλληλα για μετρήσεις στροβιλισμού. Η έλλειψη κινούμενων μερών τις καθιστά κατάλληλες για μακροχρόνια χρήση σε εκτεθειμένους αυτοματοποιημένους μετεωρολογικούς σταθμούς και σε ανιχνευτές βροχόπτωσης, όπου η ακρίβεια και η αξιοπιστία των παραδοσιακών ανεμόμετρων (κυπελλοφόρων και πτερυγίων) επηρεάζονται δυσμενώς από αλμυρό αέρα ή σκόνη. Το κύριο μειονέκτημα τους είναι η παραμόρφωση της ροής του αέρα από τη δομή που υποστηρίζει τους μοροτροπέες, η οποία απαιτεί διόρθωση με βάση τις μετρήσεις της αεροσήραγγας για ελαχιστοποίηση αυτής της επίδρασης. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η μικρότερη ακρίβεια λόγω της βροχόπτωσης, όπου οι σταγόνες της βροχής μπορεί να μεταβάλλουν την ταχύτητα του ήχου. Τέλος, τα συγκεκριμένα ανεμόμετρα χωρίζονται σε 2 κατηγορίες. Στα δισδιάστατα και τα τρισδιάστατα. Εκείνα των δύο διαστάσεων (ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου) χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως μετεωρολογικούς σταθμούς, πλοήγηση πλοίων αεροπορία και ανεμογεννήτριες. Η παρακολούθηση ανεμογεννητριών απαιτεί συνήθως ρυθμό ανανέωσης των μετρήσεων ταχύτητας ανέμου 3 Hz, που επιτυγχάνεται εύκολα με ηχητικά ανεμόμετρα. Από την άλλη, τα τρισδιάστατα ηχητικά ανεμόμετρα χρησιμοποιούνται ευρέως για τη μέτρηση των εκπομπών αερίων και των ροών του οικοσυστήματος χρησιμοποιώντας τη μέθοδο διασποράς τύπου eddy όταν χρησιμοποιούνται με αναλυτές υπέρυθρων αερίων ταχείας αντίδρασης ή με αναλυτές με βάση το λέιζερ.



Εικόνα 1.9 : Ανεμόμετρα υπερήχων 2D και 3D

1.6.2 Ανεμόμετρα πίεσης

- Ανεμόμετρο πλάκας :** Αποτελείται από από μια επίπεδη πλάκα, είτε τετράγωνη είτε κυκλική, η οποία διατηρείται κανονικά στον άνεμο από έναν ανεμοδείκτη. Η πίεση του ανέμου στις πλάκες εξισορροπείται από ένα ελατήριο. Η συμπίεση του ελατηρίου καθορίζει την πραγματική δύναμη που ασκεί ο άνεμος στην πλάκα, και αυτό είτε διαβάζεται σε κατάλληλο μετρητή είτε σε συσκευή εγγραφής. Τα όργανα αυτού του είδους δεν ανταποκρίνονται σε ανέμους χαμηλής έντασης, είναι ανακριβή για υψηλές ταχύτητες ανέμων και έχουν αργή αντίδραση σε μεταβλητούς ανέμους. Τα ανεμόμετρα πλάκας έχουν χρησιμοποιηθεί σε γέφυρες για την ενεργοποίηση συναγερμών όταν το αιολικό δυναμικό φτάσει σε υψηλά επίπεδα.
- Ανεμόμετρο σωλήνα :** Το ανεμόμετρο του James Lind του 1775 αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα σε σχήμα U που περιέχει ένα υγρό μανόμετρο (μετρητής πίεσης), με το ένα άκρο να κάμπτεται σε οριζόντια κατεύθυνση για να αντιμετωπίζει τον άνεμο και το άλλο κατακόρυφο άκρο παραμένει παράλληλο με τη ροή του ανέμου. Αν και το ανεμόμετρο του Lind δεν ήταν το πρώτο, ήταν το πιο πρακτικό και πιο γνωστό ανεμόμετρο αυτού του τύπου. Όταν ο άνεμος φυσά μέσα στο στόμιο του ενός σωλήνα, προκαλείται αύξηση της πίεσης στη μία πλευρά του μανόμετρου. Ο άνεμος στο ανοικτό άκρο ενός κατακόρυφου σωλήνα προκαλεί μικρή αλλαγή στην πίεση στην άλλη πλευρά του μανόμετρου. Η προκύπτουσα διαφορά ύψους στα δύο πόδια του σωλήνα U είναι ένδειξη της ταχύτητας του ανέμου. Ωστόσο, μια ακριβής μέτρηση απαιτεί η ταχύτητα του ανέμου να χτυπάει απευθείας το ανοικτό άκρο του σωλήνα. Μικρές διαφορές από την πραγματική κατεύθυνση του ανέμου προκαλούν μεγάλες διακυμάνσεις στο αποτέλεσμα. Το μεγάλο πλεονέκτημα του ανεμόμετρου σωλήνα έγκειται στο γεγονός ότι το εκτεθειμένο τμήμα μπορεί να τοποθετηθεί σε έναν υψηλό στύλο και δεν απαιτεί λάδια ή συντήρηση για αρκετά χρόνια και το τμήμα εγγραφής των μετρήσεων μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε βολική θέση.



Εικόνα 1.10: Ανεμόμετρο με σωλήνα Pitot

1.7 Μεταβολές ταχύτητας ανέμου και κατανομή Weibull

Ένα από τα βασικά στοιχεία της αεροδυναμικής είναι οι μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου. Αναλύοντας αυτό το στοιχείο, σε συνδυασμό με την κατανομή Weibull μπορούμε εύκολα να κατανοήσουμε τα αιολικά φαινόμενα μιας συγκεκριμένης περιοχής. Αυτό, όπως θα δούμε και στο 3^ο κεφάλαιο, συμβάλλει σημαντικά στην μελέτη για εγκατάσταση ανεμογεννητριών.

Το βασικό κριτήριο μέτρησης του ανέμου είναι η ταχύτητα η οποία ποικίλλει συνεχώς σε χρόνο και ένταση. Προκειμένου να είναι δυνατή η πρόβλεψη της παραγωγής μιας ανεμογεννήτριας, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε πόσο συχνά και πόσο δυνατά φυσάει ο άνεμος. Κανονικά, ο άνεμος μετράται με ανεμόμετρο και η μέση ταχύτητα ανέμου καταγράφεται κάθε 10 λεπτά. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να ταξινομηθούν σε τάξεις ταχύτητας ανέμου του 1 m/s το καθένα. Η ενέργεια του ανέμου σε μια συγκεκριμένη θέση μπορεί στη συνέχεια να εκφραστεί από την παρακάτω κατανομή συχνότητας.

Το βασικό κριτήριο μέτρησης του ανέμου είναι η ταχύτητα η οποία ποικίλλει συνεχώς σε χρόνο και ένταση. Προκειμένου να είναι δυνατή η πρόβλεψη της παραγωγής μιας ανεμογεννήτριας, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε πόσο συχνά και πόσο δυνατά φυσάει ο άνεμος. Κανονικά, ο άνεμος μετράται με ανεμόμετρο και η μέση ταχύτητα ανέμου καταγράφεται κάθε 10 λεπτά.

$$f(v) = \frac{k}{A} \left[\frac{v}{A} \right]^{k-1} \cdot \exp \left\{ - \left[\frac{v}{A} \right]^k \right\}$$

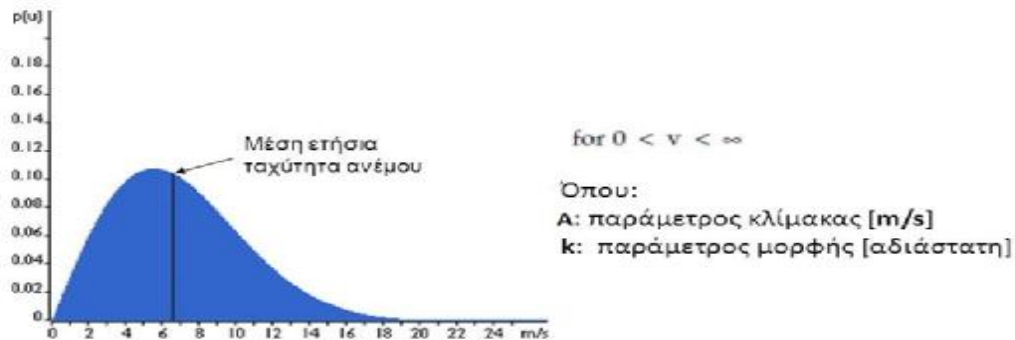
Όπου:

- A είναι η παράμετρος κλίμακας Weibull σε m/s και είναι ανάλογη της μέσης ταχύτητας του ανέμου. Δίνεται από τον τύπο : $A = \frac{2v}{\sqrt{\pi}}$
- k είναι η παράμετρος μορφοποίησης Weibull. Καθορίζει το σχήμα μιας κατανομής Weibull και παίρνει τιμές μεταξύ 1 και 3. Μια μικρή τιμή του k, δηλώνει ότι έχουμε πολύ μεταβλητούς ανέμους, ενώ για μεγάλες τιμές του k, οι άνεμοι χαρακτηρίζονται σχετικά σταθεροί. Δίνεται από τον τύπο : $k = \frac{3A^3\sqrt{\pi}}{2v^3}$

Γενικά γνωρίζουμε ότι για την ικανοποιητική περιγραφή του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής μέσω της κατανομής Weibull, χρειαζόμαστε μελέτες αρκετών εβδομάδων για να πετύχουμε όσο το δυνατόν περισσότερη ακρίβεια.

Όπως είδαμε και παραπάνω για να σχεδιάσουμε την καμπύλη Weibull, χωρίζουμε τον άξονα x σε κλάσεις ταχυτήτων με εύρος 1m/s και για κάθε μέση ταχύτητα, σημειώνουμε την πιθανότητα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι στις περισσότερες περιοχές οι πιθανότητες άπνοιας και ισχυρών ανέμων είναι περίπου ίσες και κοντά στο μηδέν, καθώς επίσης οι ισχυροί άνεμοι είναι σπανιότερο να εμφανιστούν από ότι οι μέτριοι ή ασθενείς.

Κατανομή Weibull:



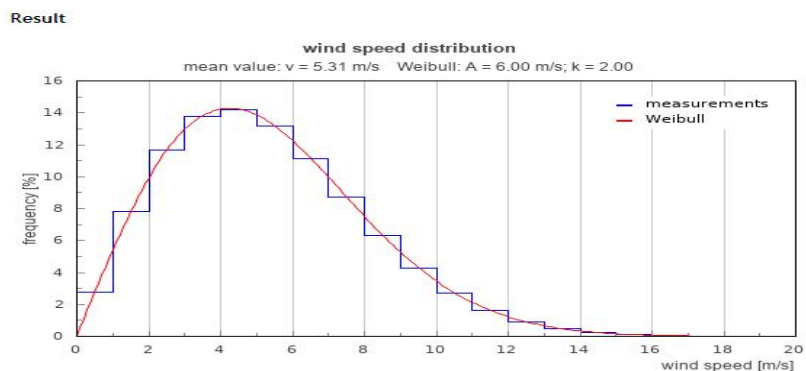
Εικόνα 1.11 : Μέση Κατανομή Weibull

Θα πρέπει να τονιστεί, ότι το εμβαδό που σχηματίζει η κατανομή είναι πάντα ίση με την μονάδα. Επίσης, το άθροισμα των συνολικών πιθανοτήτων θα ισούται με το 100%. Ένα ακόμα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό είναι ότι στο γράφημα κατανομής Weibull, διαπιστώνεται ότι η μισή επιφάνεια βρίσκεται αριστερά της γραμμής της κατανομής και η υπόλοιπη μισή βρίσκεται δεξιά της. Η γραμμή κατανομής προσδιορίζει ότι το μισό χρόνο η ταχύτητα του ανέμου θα βρίσκεται κάτω από αυτή και τον υπόλοιπο χρόνο πάνω από αυτή. Αυτό που θα πρέπει να σημειωθεί είναι ότι η μορφή της κατανομής διαφέρει από τόπο σε τόπο και εξαρτάται από τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, τα ανάγλυφο του εδάφους και άλλους γεωγραφικούς παράγοντες.

Για παράδειγμα με βάση την Εικόνα 1, της εισαγωγής, που εμφανίζονται οι περιοχές μικρού, μεσαίου και υψηλού αιολικού δυναμικού, οι κατανομές Weibull για την Ελλάδα θα ήταν οι εξής :

A) Περιοχές χαμηλού αιολικού δυναμικού

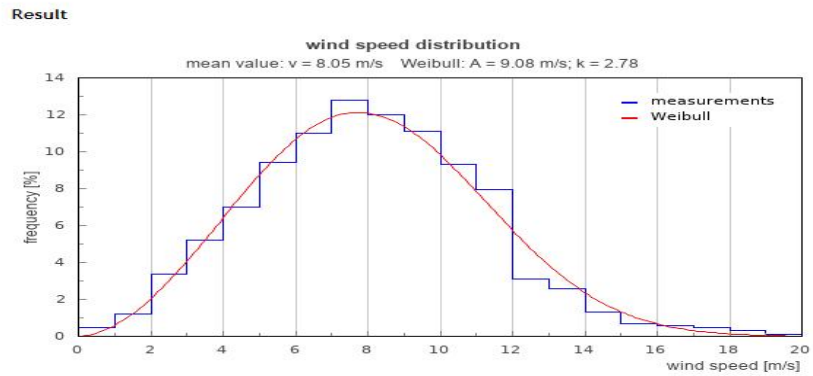
Class	Frequency in %
0 - 1 m/s	2.75
1 - 2 m/s	7.80
2 - 3 m/s	11.64
3 - 4 m/s	13.79
4 - 5 m/s	14.20
5 - 6 m/s	13.15
6 - 7 m/s	11.14
7 - 8 m/s	8.72
8 - 9 m/s	6.34
9 - 10 m/s	4.30
10 - 11 m/s	2.73
11 - 12 m/s	1.62
12 - 13 m/s	0.91
13 - 14 m/s	0.48
14 - 15 m/s	0.24
15 - 16 m/s	0.11
16 - 17 m/s	0.05
17 - 18 m/s	0.02
18 - 19 m/s	0.01
19 - 20 m/s	0.00
Sum	100.00



Εικόνα 1.12: Κατανομή Weibull χαμηλού αιολικού δυναμικού

Β) Περιοχές μέτρου αιολικού δυναμικού (Ακτογραμμές και παραθαλάσσιες περιοχές)

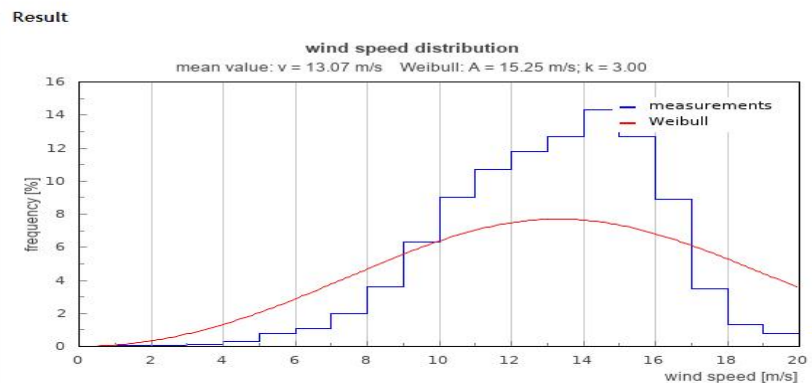
Class	Frequency in %
0 - 1 m/s	0.50
1 - 2 m/s	1.19
2 - 3 m/s	3.37
3 - 4 m/s	5.20
4 - 5 m/s	7.00
5 - 6 m/s	9.40
6 - 7 m/s	11.00
7 - 8 m/s	12.80
8 - 9 m/s	12.00
9 - 10 m/s	11.10
10 - 11 m/s	9.30
11 - 12 m/s	7.94
12 - 13 m/s	3.10
13 - 14 m/s	2.60
14 - 15 m/s	1.30
15 - 16 m/s	0.70
16 - 17 m/s	0.60
17 - 18 m/s	0.50
18 - 19 m/s	0.30
19 - 20 m/s	0.10
Sum	100.00



Εικόνα 1.13: Κατανομή Weibull μέτρου αιολικού δυναμικού

Γ) Περιοχές υψηλού αιολικού δυναμικού (Κυρίως νησιά)

Class	Frequency in %
0 - 1 m/s	0.02
1 - 2 m/s	0.04
2 - 3 m/s	0.07
3 - 4 m/s	0.10
4 - 5 m/s	0.30
5 - 6 m/s	0.80
6 - 7 m/s	1.10
7 - 8 m/s	2.00
8 - 9 m/s	3.60
9 - 10 m/s	6.30
10 - 11 m/s	9.00
11 - 12 m/s	10.70
12 - 13 m/s	11.80
13 - 14 m/s	12.68
14 - 15 m/s	14.29
15 - 16 m/s	12.70
16 - 17 m/s	8.90
17 - 18 m/s	3.50
18 - 19 m/s	1.30
19 - 20 m/s	0.80
Sum	100.00



Εικόνα 1.14: Κατανομή Weibull υψηλού αιολικού δυναμικού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανεμογεννήτριες είναι οι σύγχρονες αιολικές μηχανές που έχουν την δυνατότητα παραγωγής ρεύματος από την αιολική ενέργεια. Ο στόχος τους είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αξιοποιώντας όσο το δυνατόν περισσότερο την κινητική ενέργεια του ανέμου. Έχουν την ικανότητα να καλύψουν ολοκληρωτικά ή σε μεγάλο βαθμό τις ενεργειακές ανάγκες βιομηχανιών, οικιών, έως και μικρών και μεγάλων πόλεων. Οι ανεμογεννήτριες πιστεύονται να είναι ένα από τα μεγαλύτερα τεχνολογικά επιτεύγματα των ανθρώπων κυρίως αν σκεφτούμε τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Η τοποθέτηση πολλών ανεμογεννητριών μαζί αποτελεί την δημιουργία αιολικού πάρκου.

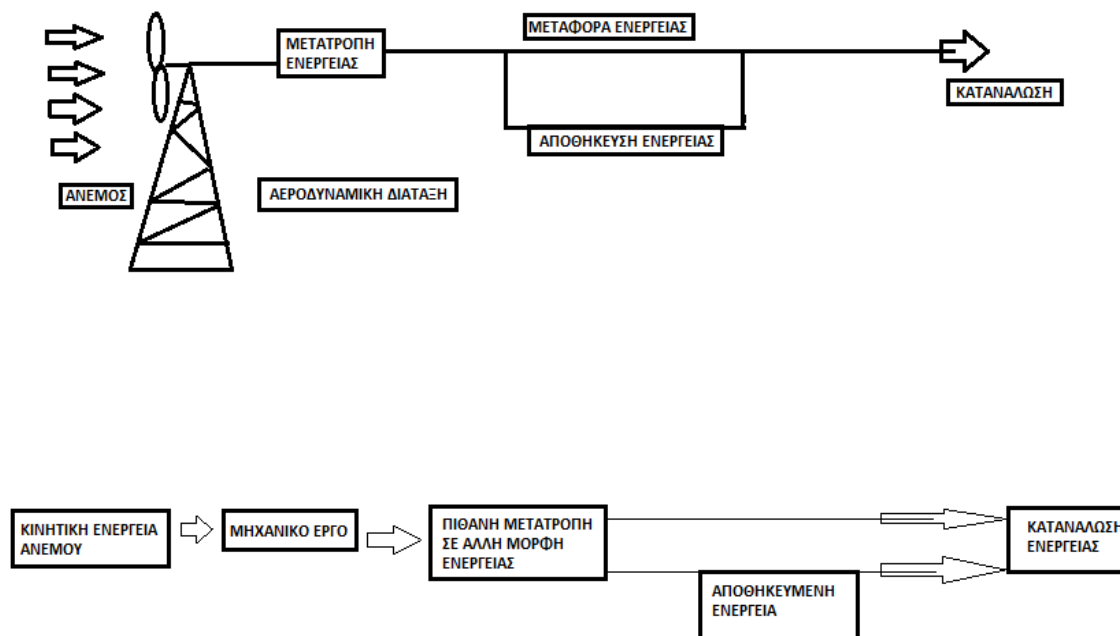


Εικόνα 2.1: Αιολικό πάρκο

Η εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας, για να μην πούμε για ολόκληρο αιολικό πάρκο, απαιτεί διεξοδική μελέτη του αιολικού δυναμικού της περιοχής καθώς και της νομοθεσίας περί εγκαταστάσεων ανεμογεννητριών και φυσικά επενδύσεις τουλάχιστον 2εκ. ευρώ όταν μιλάμε για μεγάλες ανεμογεννήτριες (από 1 MW και άνω). Πάντως, μέχρι σήμερα, πιστεύεται ότι δεν έχει επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας.

2.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η αρχή λειτουργίας των ανεμογεννητριών είναι πολύ απλή. Ο αέρας περιστρέφει τα περύγια της ανεμογεννήτριας, τα οποία είναι συνδεδεμένα με έναν περιστρεφόμενο άξονα. Αυτός ο άξονας περνάει σε ένα κιβώτιο μετάδοσης κίνησης και το κιβώτιο συνδέεται με έναν άλλον άξονα μέσω του οποίου κινείται μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Σε περίπτωση που η ένταση του ανέμου ενισχυθεί δραματικά, η ανεμογεννήτρια έχει εγκατεστημένο ένα φρένο που περιορίζει την υπερβολική αύξηση της περιστροφής των περρυγίων. Αυτό έχει ως στόχο την αποφυγή φθοράς ή και καταστροφής της ανεμογεννήτριας. Τέλος, η γεννήτρια υπό περιπτώσεις μπορεί να συνδέεται με έναν μετασχηματιστή έτσι ώστε να υπάρχει κατάλληλη προσαρμογή της τάσης στο εκάστοτε δίκτυο. Οι σημερινές ανεμογεννήτριες μπορούν να παράγουν από μερικές δεκάδες ή εκατοντάδες W μέχρι μερικά MW.



Σχήμα 2.1: Διάταξη δέσμμευσης της αιολικής ενέργειας

Θα πρέπει να αναφέρουμε βέβαια ότι υπάρχουν πολλοί και διάφοροι τύποι ανεμογεννητριών με συνέπεια η αρχή λειτουργίας να διαφέρει από τύπο σε τύπο. Όμως η παραπάνω αρχή λειτουργίας καλύπτει και έχει ως βάση τα κοινά χαρακτηριστικά που έχουν όλοι οι τύποι ανεμογεννητριών.

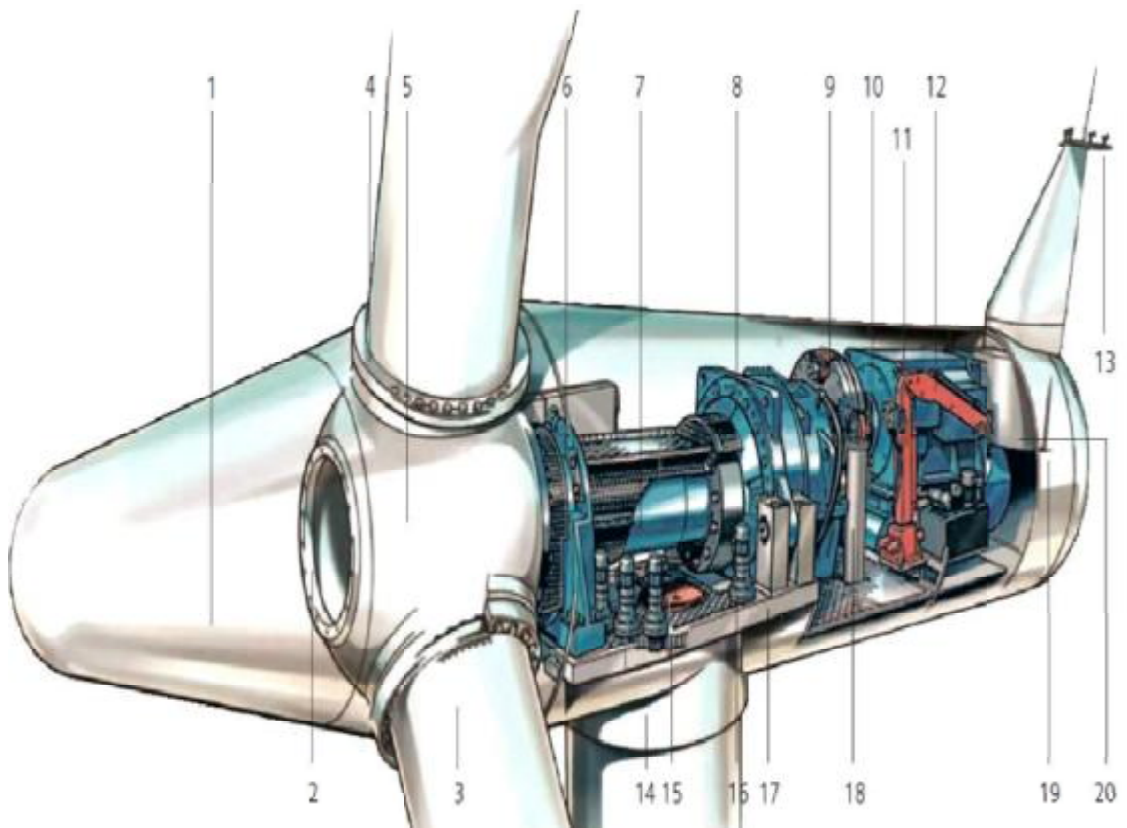
2.3 ΔΟΜΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Σε πρώτη φάση, η ανεμογεννήτρια χωρίζεται σε δύο συστήματα μετατροπής ενέργειας:

A) *Τον ανεμοκινητήρα* : Δουλειά του είναι να μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανική κινητική ενέργεια.

B) *Την ηλεκτρογεννήτρια* : Είναι υπεύθυνη να μετατρέπει την προσλαμβανόμενη κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια.

Τα δύο κύρια αυτά μέρη, τα συνδέει ένα κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο μπορεί να είναι είτε υδραυλικό είτε συμβατικό. Είναι υπεύθυνο να διασυνδέει τον άξονα του ανεμοκινητήρα ο οποίος είναι χαμηλών στροφών με τον άξονα της γεννήτριας ο οποίος είναι υψηλών στροφών. Παρακάτω βλέπουμε την αναλυτική δομή μιας ανεμογεννήτριας.



Σχήμα 2.2: Αναλυτική δομή ανεμογεννήτριας

Παρακάτω αναφέρονται ονομαστικά όλα τα εξαρτήματα που βλέπουμε στο σχήμα 2.2.

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Στροβιλιστές ανεμοκινητήρα | 11. Γεννήτρια |
| 2. Βάση στήριξης στροβιλιστή | 12. Γερανός |
| 3. Πτερύγια | 13. Αισθητήρες ανέμου |
| 4. Βάση στήριξης πτερυγίων | 14. Πύργος |
| 5. Πλήμνη | 15. Οδηγός εκτροπής |
| 6. Κύριο ρουλεμάν | 16. Κινητήρας εκτροπής |
| 7. Άξονας χαμηλών στροφών | 17. Έδρανο στήριξης ατράκτου |
| 8. Κιβώτιο ταχυτήτων | 18. Φίλτρα λαδιού |
| 9. Δισκόφρενο | 19. Κέλυφος |
| 10. Άξονας υψηλών στροφών | 20. Ψήκτρα γεννήτριας |

Ας δούμε όμως αναλυτικά την σημασία των πιο σημαντικών εξαρτημάτων στις ανεμογεννήτριες.

- *Πτερύγια* : Ο άνεμος πάνω στα πτερύγια δημιουργεί άνοση που έχει ως αποτέλεσμα μια ροπή γύρω από τον άξονα περιστροφής και αναγκάζει τα πτερύγια να περιστρέφονται.
- *Ρότορας* : Αποτελεί το 20% του συνολικού κόστους. Δεν αναφέρεται παραπάνω διότι ο ρότορας εμπεριέχει τα πτερύγια, την βάση στήριξης των πτερυγίων και την πλήμνη.
- *Άξονας χαμηλών στροφών* : Κινείται με την βοήθεια του ρότορα, περίπου στις 30 με 60 στροφές ανά λεπτό.
- *Κιβώτιο ταχυτήτων* : Όπως προαναφέρθηκε, δουλειά του είναι τους δύο άξονες (χαμηλών και υψηλών στροφών). Από τα 30 με 60 RPM αυξάνει την ταχύτητα στα 1200 με 1500 RPM. Λόγω του ακριβού κόστους του κιβωτίου, μελετώνται από μηχανικούς, γεννήτριες οι οποίες θα λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής, με σκοπό να αφαιρεθούν τελείως τα κιβώτια ταχυτήτων.
- *Δισκόφρενο* : μπορεί να λειτουργεί μηχανικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά για να σταματήσει τον κινητήρα σε περίπτωση ανάγκης.
- *Άξονας υψηλών στροφών* : οδηγεί την γεννήτρια.
- *Γεννήτρια* : παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα στα 60 Hz. Σε συνδυασμό με τους άξονες και το κιβώτιο ταχυτήτων αποτελεί το 35% του κόστους.
- *Αισθητήρες ανέμου* : Εδώ εμπεριέχονται δύο εξαρτήματα. Αρχικά ένα ανεμόμετρο το οποίο έχει ως σκοπό να υπολογίζει την ταχύτητα του ανέμου και να μεταφέρει τις τιμές σε έναν ελεγκτή. Το δεύτερο εξάρτημα είναι ένας ανεμοδείκτης του οποίου η δουλειά είναι να υπολογίζει την διεύθυνση του ανέμου και επικοινωνεί με τον οδηγό εκτροπής, έτσι ώστε να προσανατολίζεται στον άνεμο.
- *Πύργος* : Είναι κατασκευασμένος 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.
- *Οδηγός εκτροπής* : Φέρνει την ανεμογεννήτρια 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* : δίνει ενέργεια στον οδηγό εκτροπής.

- *Κέλυφος* : Ο ρότορας συνδέεται με το κέλυφος, το οποίο βρίσκεται πάνω απ' τον πύργο και περιέχει 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.
- *Ψήκτρα γεννήτριας* : Προστατεύει την γεννήτρια από υπερθέρμανση.
- *Ελεγκτής* : Προστατεύει την ανεμογεννήτρια από υπερθέρμανση έως και σπάσιμο πτερυγίων. Δέχεται τις μετρήσεις από το ανεμόμετρο και αποφασίζει αν θα ξεκινήσει ή αν θα σβήσει την μηχανή. Ο ελεγκτής ξεκινά τη μηχανή σε ταχύτητες ανέμου περίπου 8-16 μίλια την ώρα και κλείνει τη μηχανή περίπου στα 65 μίλια την ώρα (ανάλογα πάντα το είδος της ανεμογεννήτριας).

2.4 ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Τα είδη των ανεμογεννητριών είναι πολλά, με συνέπεια να έχουν διαχωριστεί σε κατηγορίες. Η βασική κατηγορία διαχωρισμού τους είναι ο προσανατολισμός των αξόνων τους σύμφωνα με την ροή του ανέμου και είναι ο ακόλουθος:

- Οριζοντίου άξονα (head on): στους οποίους ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου.
- Οριζοντίου άξονα (Crosswind): στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς τη επιφάνεια της γης αλλά κάθετος στη διεύθυνση του ανέμου.
- Κατακόρυφου άξονα: στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στη ροή του ανέμου.



Εικόνα 2.2 :

Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα



Εικόνα 2.3 :

Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

Επίσης, η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος της καθορίζεται από τις ανάγκες που καλείται να καλύψει και παρουσιάζει ποικιλομορφία στα Watt από εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια.

Ένα ενδιαφέρον γεγονός είναι ότι στην αγορά επικρατούν οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα και ο λόγος είναι κυρίως αισθητικός.

Παρόλ' αυτά, οι ανεμογεννήτριες διαχωρίζονται επίσης βάση κάποιων βασικών χαρακτηριστικών. Οι κατηγορίες είναι οι εξής:

1^η Κατηγορία: Ταχύτητα Περιστροφής

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να διαχωριστούν σύμφωνα με την ταχύτητα περιστροφής σε:

- Ταχύστροφες
- Αργόστροφες

2^η Κατηγορία: Σχεδιασμός πτερωτής

Αφορά τις ανεμογεννήτριες **οριζόντιου άξονα** και ο διαχωρισμός γίνεται με βάση τον αριθμό των πτερυγίων ως εξής :

- Πολύπτερες: Χαρακτηρίζονται από την χαμηλή ταχύτητα περιστροφής (Ανεμόμυλοι)
- Ολιγόπτερες: Είναι οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες με αριθμό πτερυγίων από ένα έως τρία σε κάθε πτερωτή (Μονόπτερες, Δίπτερες, Τρίπτερες).



Εικόνα 2.4
Μονόπτερες



Εικόνα 2.5
Δίπτερες

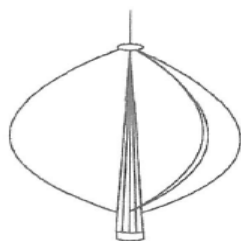


Εικόνα 2.6
Τρίπτερες

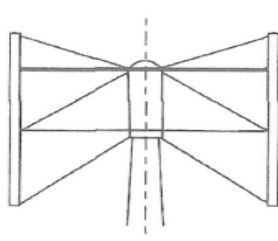


Εικόνα 2.7
Πολύπτερες

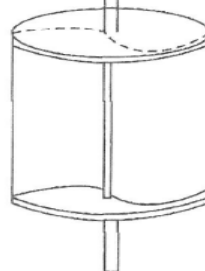
Ωστόσο και οι ανεμογεννήτριες **κατακόρυφου άξονα** χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :



DARRIEUS



H-DARRIEUS



SAVONIUS

Εικόνα 2.8: Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα

3^η Κατηγορία: Παράμετρος στιβαρότητας κατασκευής

Η παράμετρος της στιβαρότητας της κατασκευής επηρεάζει τα βασικά χαρακτηριστικά μιας ανεμογεννήτριας. Οι κατηγορίες είναι οι ακόλουθες:

- Μεγάλης στιβαρότητας: Είναι οι μηχανές που ανήκουν στην κατηγορία των αργόστροφων και έχουν σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης ενώ χαρακτηρίζονται για την ανθεκτικότητά τους και για τις μικρές ανάγκες συντήρησης.
- Μικρής στιβαρότητας: Είναι οι μηχανές που ανήκουν στην κατηγορία των πολύστροφων και έχουν σχετικά μεγάλο βαθμό απόδοσης και συγκριτικά με τις μεγάλης στιβαρότητας ανεμογεννήτριες είναι πιο ευπαθείς.

4^η Κατηγορία: Μηχανική Ισχύς

Ανάλογα με τη μηχανική ισχύ «P» που παρέχουν οι ανεμογεννήτριες στη έξοδο διαχωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Μικρές: η μηχανική ισχύς τους κυμαίνεται μεταξύ $50W \leq P \leq 30kW$.
- Μεσαίες: η μηχανική ισχύς του κυμαίνεται μεταξύ $30kW \leq P \leq 300kW$.
- Μεγάλες: η μηχανική ισχύς του κυμαίνεται μεταξύ $300kW \leq P \leq 5MW$.

2.4.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα έχουν τον ρότορα του άξονα και την ηλεκτρική γεννήτρια τοποθετημένα στην κορυφή ενός πύργου, στραμμένα προς την κατεύθυνση του ανέμου και παράλληλά στην επιφάνεια της γης. Οι μικρές ανεμογεννήτριες κατευθύνονται από έναν ανεμοδείκτη, ενώ οι μεγαλύτερες χρησιμοποιούν έναν αισθητήρα και ένα βοηθητικό μοτέρ για να στραφούν προς την κατεύθυνση του ανέμου. Όπως είδαμε και πιο πάνω, χρησιμοποιούν επίσης ένα κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο μετατρέπει την αργή περιστροφή των πτερυγίων σε μια ταχύτερη περιστροφή που απαιτείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η γεννήτρια τοποθετείται από την αντίθετη κατεύθυνση του πύργου υποστήριξης, έτσι ώστε να αποφεύγονται στροβιλισμοί λόγω του ανέμου και κατ' επέκταση κόπωση του εξαρτήματος. Σε δυνατούς ανέμους, τα πτερύγια μπορούν να καμφθούν, μειώνοντας την αντίσταση του αέρα πάνω τους. Επιπλέον, τα πτερύγια τοποθετούνται σε απόσταση από τον πύργο υποστήριξης και μερικές φορές με μία μικρή κλίση προς τα εμπρός.

Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται σε αιολικά πάρκα για την εμπορική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούνται συνήθως από τρία πτερύγια. Αυτή η διάταξη έχει χαμηλή κυμάτωση ροπής, η οποία συμβάλλει στην καλή αξιοπιστία. Τα πτερύγια είναι συνήθως λευκό χρώμα για να είναι ορατά από τα αεροσκάφη και το μήκος τους κυμαίνεται στα 20 με 80 μέτρα. Το μέγεθος και το ύψος των ανεμογεννητριών αυξάνεται με το πέρασμα των χρόνων. Ο πύργος στον οποίο στηρίζεται η γεννήτρια, είναι κατασκευασμένος συνήθως από χάλυβα, έχει σχήμα σωληνοειδές και ύψος 70 ως 120 μέτρα, ενώ σε ακραίες περιπτώσεις φτάνει τα 160 μέτρα. Ανεμογεννήτριες παραγωγής 8MW που έχουν χτιστεί σε θαλάσσια αιολικά πάρκα έχουν πτερύγια που φτάνουν τα 80μ.

2.4.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΞΟΝΑ

Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα έχουν τοποθετημένο το ρότορα κάθετα στο έδαφος. Το βασικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου είναι πως η γεννήτρια δε χρειάζεται να είναι στραμμένη

προς την κατεύθυνση του ανέμου για να είναι παραγωγική, οπότε είναι πιο αποδοτική σε περιοχές με μεταβλητούς ανέμους, αφού περιστρέφονται κατά 360°. Επίσης, το κιβώτιο ταχυτήτων και η γεννήτρια βρίσκονται τοποθετημένα κοντά στο έδαφος, καθιστώντας την εύκολα προσβάσιμη για συντήρηση. Ωστόσο, το βασικό μειονέκτημα αυτών των ανεμογεννητριών είναι ότι παράγουν πολύ λιγότερη ενέργεια κατά μέσο όρο με την πάροδο των χρόνων.

Άλλα μειονεκτήματα αυτού του τύπου είναι η σχετικά χαμηλή ταχύτητα περιστροφής του ρότορα, το υψηλότερο κόστος της γεννήτριας, ο χαμηλότερος συντελεστής απόδοσης, η μεγάλη φθορά των πτερυγίων λόγω της περιστροφής των 360° και η δυσκολία μοντελοποίησης του ανέμου κατά το σχεδιασμό, δυσκολεύοντας την ανάλυση και το σχεδιασμό του ρότορα κατά τη κατασκευή της ανεμογεννήτριας.

Όπως είδαμε και στο 1^ο Κεφάλαιο, οι δύο βασικές κατηγορίες της ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα είναι:

- *Ανεμογεννήτρια Darrieus* : Έχουν καλή απόδοση, αλλά δημιουργούν πολλούς στροβιλισμούς και ασκούν κυκλική πίεση στον πύργο υποστήριξης. Μπορεί να χρειάζονται μία εξωτερική πηγή ενέργειας να ξεκινήσει η περιστροφή της γεννήτριας, καθώς έχει πολύ χαμηλή ροπή εκκίνησης. Οι στροβιλισμοί μειώνονται με τη χρήση τριών ή περισσότερων κυρτών πτερυγίων, που προσφέρουν μεγαλύτερη σταθερότητα στο ρότορα. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες Darrieus δεν έχουν σχοινιά υποστήριξης, αλλά μία εξωτερική υπερκατασκευή που συνδέεται με ρουλεμάν.
- *Ανεμογεννήτρια Savonius* : Αυτή η ανεμογεννήτρια αποτελείται από δύο η περισσότερες «κουτάλες» ενωμένες αντικριστά τοποθετημένες σε κάθετο άξονα. Ο άνεμος ασκεί δύναμη να περιστρέφουν αυτές οι «κουτάλες» και κατ' επέκταση τον άξονα της γεννήτριας. Υπάρχει και η αντεστραμμένη ανεμογεννήτρια Savonius, η οποία χρησιμοποιείται σε σκάφη.

2.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΘΕΤΟΥ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα είναι πιο εύκολες στην κατασκευή και την εγκατάσταση σε σχέση με τις ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα. Επίσης είναι πιο αποτελεσματικές στην συλλογή και τη μετατροπή της αιολικής ενέργειας, μπορούν να παράγουν ηλεκτρισμό από μικρές ποσότητες ανέμου. Ενώ οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα απαιτούν μεγάλη ποσότητα αιολικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με λίγα λόγια η διαφορά στην απόδοση είναι τεράστια.

Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα δεν χρειάζονται να επανατοποθετηθούν για να συλλάβουν την αιολική ενέργεια, ενώ οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν την ανάγκη προσαρμογής προς την κατεύθυνση του ανέμου. Τέλος, οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα είναι εύκολες στην συντήρηση και την επισκευή καθώς τα μηχανικά εξαρτήματα είναι τοποθετημένα πάνω ή κοντά στο επίπεδο του εδάφους, σε αντίθεση με τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα όπου είναι δύσκολο να συντηρηθούν και να επισκευάζονται καθώς τα μηχανικά εξαρτήματα τοποθετούνται σε ύψος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 200 – 400kW. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται μερικές δεκάδες ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα «αιολικό πάρκο».

Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις.

3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Η επιλογή της θέσης εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας πρέπει να γίνει με σκοπό να βρεθεί η πιο συμφέρουσα τοποθεσία έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα παροχής της μέγιστης ισχύος άρα και του βέλτιστου συντελεστή απόδοσης. Ωστόσο η επιλογή της εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας δεν εξαρτάται μόνο από την βέλτιστη απόδοση που επιθυμείται αλλά και από την αισθητική ρύπανση που μπορεί να δημιουργήσει. Μια ανεμογεννήτρια πρέπει να τοποθετηθεί σε θέση που δεν θα αποτελεί εμπόδιο για την οικιστική ομορφιά της περιοχής καθώς θα πρέπει να γίνεται αποδεκτή από το κοινωνικό σύνολο.

Οι βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να πληρεί μια τοποθεσία για εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι οι εξής:

- **Εξέταση αιολικού δυναμικού**

Ο πιο σημαντικός παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί κατά την κατασκευή μιας αιολικής εγκατάστασης είναι το αιολικό δυναμικό της περιοχής. Μια περιοχή για να θεωρηθεί κατάλληλη θα πρέπει να έχει μια ελάχιστη μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 18-21 km/h .

- **Καθορισμός εγγύτητας σε ήδη υπάρχουσες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας**

Ένα κρίσιμο ζήτημα στη διατήρηση του κόστους σε χαμηλά επίπεδα, για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου, είναι η ελαχιστοποίηση των δικτύων μεταφοράς που πρέπει να εγκατασταθούν. Γραμμές υψηλής τάσης μπορούν να κοστίσουν χιλιάδες ευρώ ανά χιλιόμετρο. Για αυτό το λόγο, όποτε είναι δυνατόν, θα πρέπει να έχουμε υπόψιν την πρόσβαση σε περιοχές με ήδη υφιστάμενες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Εξασφάλιση πρόσβασης σε γη**

Οι γαιοκτήμονες, τόσο οι ιδιωτικοί όσο και οι δημόσιοι, θα περιμένουν να αποζημιωθούν για οποιαδήποτε ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας που εμφανίζεται στη γη τους. Συμφωνίες δικαιωμάτων ή μίσθωσης θα πρέπει να συζητηθούν με όλα τα εμπλεκόμενα πρόσωπα. Δρόμοι, εξοπλισμός μεταφοράς, υποδομές συντήρησης, ανεμογεννήτριες κ.λπ. θα πρέπει να είναι

υπόψη. Επιπλέον, η κατασκευή ενός αιολικού πάρκου απαιτεί τη χρήση βαρέος βιομηχανικού εξοπλισμού. Οι κατασκευαστές θα πρέπει να επενδύσουν σε δρόμους που μπορούν να αντέξουν σημαντικό βάρος. Για να γίνει αυτό, απαιτείται η συνεργασία των ιδιοκτητών της γης και, σε ορισμένες περιπτώσεις, την τοπική κοινότητα.

3.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

· Πρόσβαση σε κεφάλαια

Η κατασκευή ενός αιολικού πάρκου δεν είναι φθηνή. Κατά μέσο όρο, η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας κοστίζει περίπου 1 εκατομμύριο ευρώ ανά MW εγκατεστημένης ισχύος. Για να επωφεληθούμε από τις οικονομίες κλίμακας, οι εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας θα πρέπει να είναι άνω των 20 MW. Αν υποθέσουμε ότι η μέση ανεμογεννήτρια έχει εγκατεστημένη ισχύ 750 kW, αυτό σημαίνει ότι για την εγκατάσταση τουλάχιστον 26 ανεμογεννητριών θα χρειαστεί μια αρχική επένδυση των 20 εκατομμυρίων ευρώ.
(Οικονομίες κλίμακας είναι η τάση του μακροχρόνιου μέσου συνολικού κόστους να μειώνεται καθώς αυξάνεται η ποσότητα της παραγωγής.)

· Προσδιορισμός αξιόπιστου αγοραστή

Μέχρι σήμερα, η αιολική ενέργεια είναι η πιο οικονομικά ανταγωνιστική επιλογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην αγορά. Το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί τόσο πολύ που συναγωνίζεται πολλές παραδοσιακές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας. Ωστόσο, οι επιχειρήσεις τείνουν να αγοράζουν ενέργεια από την φθηνότερη και πιο αξιόπιστη τεχνολογία, όπου στις περισσότερες περιπτώσεις σήμερα για πολλούς, είναι το φυσικό αέριο. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει αγορά για την αιολική ενέργεια, όμως. Η ζήτηση για "πράσινη ενέργεια" (ηλεκτρικής ενέργειας από καθαρές πηγές, όπως η αιολική, που πωλείται σε πελάτες σε τιμή υπέρ το άρτιο) σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις, δημιουργούν αγοραστές για την αιολική ενέργεια και παράλληλα ανταγωνιστικές τιμές. Προτού γίνει επένδυση χιλιάδων ευρώ σε εκτιμήσεις των πόρων αιολικής ενέργειας, σε άδειες και προ-κατασκευαστικές δραστηριότητες, ο κατασκευαστής θα εξασφαλίσει δεσμεύσεις από έναν ή περισσότερους αγοραστές, για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι ανεμογεννήτριες, για διάστημα λειτουργίας 10 με 30 χρόνια.

· Επιπτώσεις στην πανίδα

Για την χωροθέτηση μιας αιολικής εγκατάστασης θα πρέπει να έχουμε υπόψιν τα πτηνά. Για την αποφυγή τέτοιου είδους προβλημάτων υπάρχουν οι εξής λύσεις :

A) Η χρήση υπαρχόντων δεδομένων σχετικά με τις μεταναστευτικές και άλλες κινήσεις της άγριας ζωής για την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης κινδύνου.

B) Ο προσδιορισμός συγκεκριμένων ειδών ή ομάδες ειδών που κινδυνεύουν περισσότερο σε περιοχές με υψηλό δυναμικό αιολικής ενέργειας.

Μετεωρολογικά προβλήματα

Η επιλογή της τοποθεσίας της εγκατάστασης θα πρέπει να γίνει σύμφωνα με τις μετεωρολογικές συνθήκες μιας περιοχής. Η ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στην κατασκευή, αλλά και να επηρεάσουν το κόστος συντήρησης και τη διάρκεια ζωής της μηχανής. Κάποιες από τις ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες είναι οι ακόλουθες:

A) **ΙΣΧΥΡΟΙ ΑΝΕΜΟΙ ΚΑΙ ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ** : Όταν μια περιοχή παρουσιάζει συχνά φαινόμενα έντονων ανέμων και κακοκαιριών γενικότερα, τότε η ανεμογεννήτρια που θα εγκατασταθεί θα πρέπει να σχεδιαστεί κατάλληλα με σκοπό να αντέχει σε μεγαλύτερα φορτία. Επιπλέον, οι καταιγίδες φέρνουν και κεραυνούς, με αποτέλεσμα να υπάρχει και το ρίσκο να χτυπηθεί η ανεμογεννήτρια και είτε να χαλάσει λίγο, μέχρι και να καταστραφεί ολοκληρωτικά. Άρα ανάλογα με τη θέση που επιλέγεται, μεταβάλλεται και ο τύπος της ανεμογεννήτριας που θα εγκατασταθεί. Με συνέπεια να μεταβάλλεται το κόστος κατασκευής αλλά και το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.



Εικόνα 3.1: Ανεμογεννήτρια χτυπημένη από κεραυνό

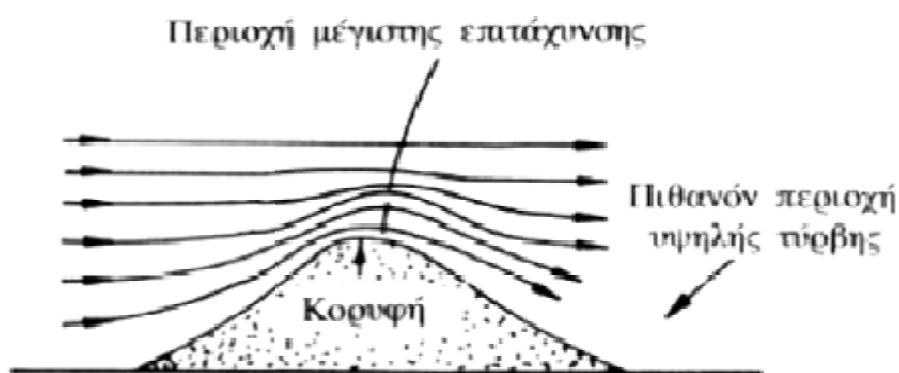
B) **ΠΑΓΕΤΟΣ** : Οι συνθήκες παγοποίησης που εμφανίζονται τους χειμερινούς μήνες, αποτελούν σοβαρή πρόκληση για τα πτερύγια των ανεμογεννητριών χωρίς ένα προ εγκατεστημένο σύστημα πρόληψης ή απόψυξης πάγου. Ο πάγος που συσσωρεύεται στα πτερύγια προκαλεί συνήθως υποβάθμιση της αεροδυναμικής απόδοσης της ανεμογεννήτριας ή θα σταματήσει εντελώς την παραγωγή ενέργειας. Ορισμένα αιολικά πάρκα αναφέρουν έως και 20% ετήσιες απώλειες παραγωγής ενέργειας εξαιτίας του πάγου. Εκτός από τις απώλειες στην παραγωγή, η προσαύξηση πάγου μπορεί να ξεπεράσει τα όρια αντοχής των πτερυγίων σε μεγάλα φορτία με αποτέλεσμα να σπάσουν, καθώς και άλλων εξαρτημάτων σε μια ανεμογεννήτρια εκτός των πτερυγίων. Για παράδειγμα, ο πάγος μπορεί να ξεκολλήσει από ένα πτερύγιο και να προκαλέσει βλάβη σε άλλα πτερύγια ή να χτυπήσει την οροφή του προστατευτικού κελύφους. Η επικάλυψη πάγου στα πτερύγια μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην ετήσια παραγωγή ενέργειας. Εξαρτάται από τη συχνότητα, τη διάρκεια, τη σοβαρότητα και την ένταση της κακοκαιρίας που ποικίλλει από έτος σε έτος, από μέρος σε μέρος και από ανεμογεννήτρια σε ανεμογεννήτρια. Συνήθως εφαρμόζεται επικάλυψη ή ψέκασμα στην επιφάνεια των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας για να ελαχιστοποιηθεί το πάγωμα και να μεγιστοποιηθεί η απορρόφηση της θερμότητας. Αυτές οι λύσεις απαιτούν τυπικά κάποια συντήρηση ή επαναχρησιμοποίηση των παραπάνω προληπτικών μεθόδων με την πάροδο των χρόνων ή μετά από σοβαρό γεγονός παγετού. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να επεμβαίνουν τεχνικοί/συνεργεία, πράγμα το οποίο δεν είναι και τόσο ιδανικό κάτω από αντίξοες συνθήκες. Υπάρχουν βέβαια κάποια συστήματα «αντί-πάγου» που αποτελούνται από έναν αισθητήρα πάγου τοποθετημένο πάνω στο κέλυφος και από συσκευές θέρμανσης ενσωματωμένες στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας. Ο αισθητήρας παρακολουθεί συνεχώς τις συνθήκες και αν παρατηρηθεί έστω και μικρή πιθανότητα να πραγματοποιηθεί ένα γεγονός παγοποίησης, ενεργοποιούνται αυτόματα τα στοιχεία θέρμανσης των πτερυγίων. Καθώς το



Εικόνα 3.2 : Ανεμογεννήτρια καλυμμένη από πάγο

σύστημα «αντί-πάγου» δουλεύει δεν χρειάζεται να σταματήσει ή να μειωθεί η λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Συστήματα «αντί-πάγου» είναι πράγματα όπως τα ενσωματωμένα ηλεκτρικά φύλλα ή ο θερμαινόμενος αέρας.

Γ) *ΤΥΡΒΗ* : Όταν έχουμε τυρβώδη ροή εννοούμε ότι το συγκεκριμένο είδος ροής των ρευστών χαρακτηρίζεται από χαώδεις ή τυχαίες μεταβολές του πεδίου ροής αυτών. Δηλαδή το μέτρο και η διεύθυνση της ταχύτητας του ρευστού υφίσταται μεγάλες διακυμάνσεις. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να προκαλέσει κόπωση στην ανεμογεννήτρια, με συνέπεια το κόστος συντήρησης και η διάρκεια ζωής της να επηρεάζονται δραματικά. Επομένως, είναι προτιμότερο η εγκατάσταση ανεμογεννητριών να γίνεται σε επίπεδες περιοχές με στόχο την ομοιόμορφη ροή αέρα, και θα πρέπει να αποφεύγονται περιοχές που βρίσκονται μέσω βουνών, κοιλάδων, λόφων κ.λπ.).



Εικόνα 3.3: Παράδειγμα τύρβης

Διάταξη ανεμογεννητριών

Η διάταξη των ανεμογεννητριών μεταξύ τους, είναι πολύ σημαντικό κομμάτι της μελέτης και έχει ως στόχο την μείωση της αλληλεπίδρασης των ανεμογεννητριών η μία στην άλλη, την κατάλληλη εγκατάσταση σε μια δεδομένη έκταση και στην μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του αιολικού πάρκου. Το φαινόμενο που παρατηρείται είναι το εξής. Οι πρώτες σε σειρά ανεμογεννήτριες εξάγουν ενέργεια από τον άνεμο και έτσι μειώνεται η ταχύτητα του ανέμου που θα συναντήσει τις επόμενες ανεμογεννήτριες. Αν αυτό το ρεύμα αέρα συναντήσει την δεύτερη ανεμογεννήτρια πριν ολοκληρωθεί η επαναφορά του στις αρχικές τιμές, τότε η απόδοση της δεύτερης ανεμογεννήτριας μειώνεται αισθητά. Αυτό ονομάζεται το φαινόμενο του όμορου και έχει μεγάλη επίδραση στην παραγωγή ενέργειας ενός αιολικού πάρκου. Επιπλέον, είναι σημαντικό να εξεταστούν τα φαινόμενα όμορων σε γειτονικά αιολικά πάρκα καθώς και οι πιθανές επιπτώσεις των αιολικών πάρκων που θα κατασκευαστούν στο μέλλον. Επομένως. Καταλαβαίνουμε πόσο σημαντική είναι η διάταξη σε ένα αιολικό πάρκο για την σωστή λειτουργία του με μηδαμινές απώλειες αιολικής ενέργειας.

3.3 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

ΕΞΟΔΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Τα έξοδα συντήρησης μιας νέας ανεμογεννήτριας θα είναι πολύ χαμηλά, αλλά με τη γήρανση της, αυτές οι δαπάνες θα αυξηθούν. Μελέτες που έχουν γίνει στη Δανία για τις 5000 εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες στη χώρα από το 1975, απέδειξε ότι κάθε νέα γενιά ανεμογεννητριών έχει χαμηλότερο κόστος επισκευής και συντήρησης από την προηγούμενη.

Οι παλαιότερες ανεμογεννήτριες έχουν ένα ετήσιο κόστος συντήρησης περίπου 3% του αρχικού κόστους της ανεμογεννήτριας. Επειδή οι νεότερες ανεμογεννήτριες είναι συνήθως αρκετά μεγαλύτερες δημιουργείται μια οικονομία κλίμακας, δηλαδή χαμηλότερο κόστος συντήρησης ανά kW ονομαστικής ισχύος. Αυτό, επειδή δεν χρειάζεται να επισκευαστεί μια μεγάλη ανεμογεννήτρια πιο συχνά από ό,τι μια μικρή. Αυτό σε συνδυασμό με τη συνεχή ανάπτυξη νέων υλικών και τεχνικών, θα οδηγήσει στην εξοικονόμηση στο κόστος συντήρησης. Για τις σύγχρονες ανεμογεννήτριες τα εκτιμώμενα κόστη συντήρησης είναι της τάξης του 1,5% έως 2% του αρχικής επένδυσης ετησίως.

Τις περισσότερες φορές, το κόστος επισκευής μιας ανεμογεννήτριας θα είναι σταθερό, αλλά ίσως να είναι προτιμότερο να βασίσουμε το κόστος επισκευής σε μια τιμή ανά kWh. Αυτό είναι καθαρά λόγω των αυξημένων φθορών στην ανεμογεννήτρια καθώς αυξάνεται και η παραγωγή, και έτσι υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ αποταμίευσης και κόστους.

ΕΠΑΝΕΠΕΝΔΥΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗ, ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ)

Κάθε ανεμογεννήτρια έχει μια συγκεκριμένη διάρκεια ζωής βασισμένη στο χρονικό διάστημα όπου αναμένονται να αντέξουν τα τμήματα/κομμάτια της. Ορισμένα από τα μέρη μιας ανεμογεννήτριας, υπόκεινται πιο εύκολα σε φθορές από 'τι κάποια άλλα. Γενικά ένα κινούμενο μέρος φθείρεται γρηγορότερα από ένα στατικό τμήμα και ένα εκτεθειμένο εξάρτημα φθείρεται γρηγορότερα από 'τι αν είναι θωρακισμένο-καλυμμένο. Έτσι, τα μέρη που φθείρονται ταχύτερα είναι τα πτερύγια ρότορα και τα κιβώτια ταχυτήτων.

Σε πολλές περιπτώσεις, όταν μια ανεμογεννήτρια έρχεται στο τέλος της τεχνικής ζωής του σχεδιασμού της, μπορεί να είναι πιο οικονομικό να επισκευαστεί, με σκοπό την αύξηση του χρόνου ζωής της, παρά να αντικατασταθεί. Μια τέτοια επισκευή περιλαμβάνει την αντικατάσταση μερικών από τις εσωτερικές λειτουργίες και τα πτερύγια του ρότορα. Σε πολλές περιπτώσεις ο ίδιος ο πύργος θα είναι σε καλή κατάσταση και ασφαλής για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Παρά το γεγονός ότι η τυπική τιμή των ανταλλακτικών (σετ πτερυγίων του δρομέα, κιβώτιο ταχυτήτων και γεννήτρια) είναι 15% - 20% της τιμής μιας νέας ανεμογεννήτριας, πρέπει να γίνει ένας πλήρης έλεγχος των υπαρχόντων εξαρτημάτων για να βεβαιωθούμε ότι είναι ασφαλής και κατάλληλα.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΖΩΗΣ

Τα εξαρτήματα μιας ανεμογεννήτριας, συνήθως είναι σχεδιασμένα ώστε να λειτουργούν για 20 χρόνια. Θα ήταν αρκετά εύκολο, και καθόλου ακριβό να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν μερικά από τα εξαρτήματα ώστε να παραμείνει σε λειτουργία για πολύ περισσότερο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, επειδή τα περισσότερα από τα βασικά εξαρτήματα θα ήταν πολύ ακριβά στην κατασκευή τους, θα ήταν σπατάλη να έχουμε μια ολόκληρη ανεμογεννήτρια σε μη λειτουργική κατάσταση, επειδή ένα κομμάτι χάλασε χρόνια νωρίτερα από τα υπόλοιπα.

Συμφωνώντας σε μια σχεδιασμένη διάρκεια ζωής είκοσι χρόνων, πληρείται ένας οικονομικός συμβιβασμός ο οποίος καθοδηγεί τους μηχανικούς, που κατασκευάζουν νέα εξαρτήματα για τις ανεμογεννήτριες. Προγραμματίζοντας για νέα εξαρτήματα, ο μηχανικός ξέρει ότι αναμένεται να λειτουργήσουν αξιόπιστα για δύο δεκαετίες. Πρέπει να αποδειχτεί ότι τα προγραμματισμένα εξαρτήματα θα έχουν ελάχιστες πιθανότητες αποτυχίας μέσα σε είκοσι χρόνια εγκατάστασης.

Η σχεδιασμένη διάρκεια ζωής ενός εξαρτήματος σε σχέση με την πραγματική διάρκεια ζωής του, σημαίνει ότι η ανεμογεννήτρια μπορεί να “ζήσει” πολύ περισσότερο από ό,τι είχε αρχικά προγραμματιστεί. Το πόσο καιρό θα συνεχίσει να λειτουργεί, εξαρτάται από την ποιότητα κατασκευής όλων των εξαρτημάτων της ανεμογεννήτριας, από το πόσο καλά έχουν συναρμολογηθεί τα κομμάτια και από τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Περιβάλλον δεν είναι μόνο ο άνεμος, όπως π.χ.: οι αναταράξεις που βιώνει η περιοχή, αλλά και η πυκνότητα του αέρα, η μέση υγρασία, ακόμη και σεισμικοί παράγοντες.

Μια υπεράκτια ανεμογεννήτρια μπορεί να “ζήσει” περισσότερο, και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν εμπόδια για τον άνεμο με αποτέλεσμα, οι αναταράξεις να είναι λιγότερες και πιο ήπιες. Αυτό με τη σειρά του θα οδηγούσε σε χαμηλότερα κόστη συντήρησης, αλλά αντισταθμίζεται από το μεγάλο κόστος της πρόσβασης στην ανεμογεννήτρια για να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε συντήρηση.

3.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

1) Ένταση ανέμων

Όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα και η ένταση του ανέμου, τόσο πιο μεγάλη θα είναι η ενέργεια που θα παραγάγει η ανεμογεννήτρια.

2) Υψόμετρο

Περιοχές με μεγάλο υψόμετρο φιλοξενούν ανέμους με μεγαλύτερες ταχύτητες λόγω διάφορων ατμοσφαιρικών παραγόντων. Επίσης τέτοιου είδους περιοχές έχουν μικρότερο αριθμό εμποδίων π.χ. λόφους, δέντρα και κτήρια (όπως θα δούμε και παρακάτω). Τέλος, καθώς η απόσταση μεταξύ της ανεμογεννήτριας και του εδάφους διπλασιάζεται, τότε η ταχύτητα των ανέμων αυξάνεται κατά 12%.

3) Εμπόδια

Λόφοι, δέντρα, κτήρια και βουνά είναι τα βασικά εμπόδια τα οποία μπορεί να συναντήσει ο άνεμος. Έτσι, καθώς ο άνεμος συγκρούεται με αυτά τα εμπόδια δημιουργείται τριβή με αποτέλεσμα να περιορίζεται η ελεύθερη ροή του αέρα. Για τον λόγο αυτό, είναι αναγκαίο να παρθούν μετρήσεις, στο μέρος όπου σκοπεύεται να γίνει η εγκατάσταση, για τουλάχιστον ένα χρόνο ώστε να καθοριστεί η βιωσιμότητα του έργου.

4) Θερμοκρασία αέρα

Ο κρύος αέρας είναι πιο πυκνός και αυξάνει την ισχύ της ανεμογεννήτριας. Για παράδειγμα η ισχύς μιας ανεμογεννήτριας θα αυξηθεί κατά 16% καθώς η θερμοκρασία μεταβάλλεται από τους +20° C στους -20° C.

5) Κλίση πτερυγίων

Το σύστημα ελέγχου της κλίσης των πτερυγίων είναι ένα χαρακτηριστικό όλων σχεδόν των μεγάλων σύγχρονων ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα. Κατά τη λειτουργία, το σύστημα ελέγχου μιας ανεμογεννήτριας προσαρμόζει τη γωνία των φτερών, για να κρατήσει την ταχύτητα του ρότορα στα λειτουργικά όρια, καθώς μεταβάλλεται η ταχύτητα του ανέμου.

3.5 ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι μια κατηγορία ΑΠΕ που εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μεγέθη τους ποικίλουν, ξεκινώντας από οικιακής εγκατάστασης ανεμογεννήτριες με διάμετρο μικρότερης του ενός μέτρου και ισχύος μικρότερης του ενός kW, μέχρι ανεμογεννήτριες διαμέτρου 20 μέτρων και ισχύος 50 kW.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού χρήσης ΑΠΕ, τιμολογείται σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (€/MWh) σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος > 50 kW	87,85	99,45
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με εγκαταστάσεις ισχύος ≤ 50 kW	250	

Εικόνα 3.5: Τιμοκατάλογος MWh παραγόμενες από αιολική ενέργεια

Μια ανεμογεννήτρια των 50kW μπορεί να παραγάγει έως 250 MWh ετησίως, ποσό ενέργειας ικανό να καλύψει την ενέργεια που καταναλώνουν περισσότερα από 60 νοικοκυριά. Παράλληλα, βοηθά στις εξοικονόμηση 275 τόνων CO₂ που θα εκπέμπονταν από συμβατικές μορφές παραγωγής ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

4.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Αν και οι ανεμογεννήτριες έχουν σχετικά μικρή επίδραση στο περιβάλλον σε σύγκριση με άλλες πηγές παραγωγής ενέργειας, όπως είναι για παράδειγμα τα ορυκτά καύσιμα, υπάρχουν ανησυχίες για τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Κάποια από τα βασικά προβλήματα εγκατάστασης και χρήσης ανεμογεννητριών είναι τα εξής :

- Θόρυβος
- Αισθητική
- Επίδραση στα πτηνά
- Ασφάλεια
- Επίδραση στην γεωργία και στην κτηνοτροφία
- Επιπτώσεις υπεράκτιων αιολικών πάρκων

4.1.1 Θόρυβος

Όπως όλα τα μηχανικά συστήματα, οι ανεμογεννήτριες παράγουν κάποιο θόρυβο όταν λειτουργούν. Το μεγαλύτερο μέρος του θορύβου της ανεμογεννήτριας, καλύπτεται από τον ήχο του ίδιου του ανέμου και οι ανεμογεννήτριες δουλεύουν μόνο όταν φυσάει ο άνεμος. Ο θόρυβος που εκπέμπεται ανάλογα με την προέλευση του, μπορεί να καταταχθεί σε δύο κατηγορίες :

A) Αεροδυναμικός : Προκαλείται από την περιστροφή των πτερυγίων.

B) Μηχανικός : Προκαλείται από όλα τα εσωτερικά κινούμενα μηχανικά τμήματα της ανεμογεννήτριας.

Τα τελευταία χρόνια, οι μηχανικοί έχουν κάνει αλλαγές στον σχεδιασμό των ανεμογεννητριών για τη μείωση του θορύβου τους. Οι πρώτοι τύποι ανεμογεννητριών ήταν γενικά πιο θορυβώδεις από τα περισσότερα νέα και μεγαλύτερα μοντέλα. Καθώς οι ανεμογεννήτριες έχουν γίνει πιο αποτελεσματικές, ο εκμεταλλεύσιμος άνεμος μετατρέπεται σε μεγαλύτερο βαθμό σε περιστροφική ροπή και λιγότερο σε ακουστικό θόρυβο. Αυτό διότι, η κατασκευή αντιμετωπίζεται με προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων από τους κατασκευαστές, που δίνουν άμεση προτεραιότητα στην ελάττωση του. Επιπλέον, κατάλληλα τοποθετημένα υλικά ηχομόνωσης στο κέλυφος της ανεμογεννήτριας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ελαχιστοποίηση του θορύβου.

Για να αντιληφθούμε όμως πλήρως πόσο πραγματικά είναι το μέγεθος του προβλήματος, αρκεί να γνωρίζουμε ότι ο αντιληπτός θόρυβος μιας ανεμογεννήτριας μεγάλου μεγέθους και υψηλής ισχύος, σε μια απόσταση 200m είναι σχεδόν ίσος με τον μέσο θόρυβο που παράγεται από μια μικρή πόλη, ο οποίος δεν είναι αρκετός για να προκαλεί ενόχληση. Επιπλέον, εάν σκεφτούμε ότι ο νόμος προϋποθέτει, τις ανεμογεννήτριες και γενικά τα αιολικά πάρκα να

εγκαθίστανται τουλάχιστον σε απόσταση 500m από οικισμούς, καταλαβαίνουμε πόσο μηδαμινά γίνονται τα επίπεδα θορύβου.

Για να γίνει πλήρως κατανοητό το πρόβλημα του θορύβου ακολουθεί πίνακας με τα ντεσιμπέλ από διάφορες πηγές ως σημεία σύγκρισης με τις ανεμογεννήτριες.

Πίνακας 4.1: Μέσος όρος dB διαφόρων πηγών

ΠΗΓΗ	ΗΧΟΣ (dB)
Έκρηξη ηφαιστίου	190
Βροντή (Κεραυνού)	120
Αεροσκάφος	120
Εργοστασιακός λέβητας	110
Τρένο	110
Αυτοκίνητα	90
Γάβγισμα	70
Δυνατή συνομιλία	70
Ανεμογεννήτριες	45-60
Ψιθίρισμα	15
Αναπνοή	10

Έτσι συμπεραίνουμε ότι :

- A) Σε κατοικημένες περιοχές ο θόρυβος που ήδη υπάρχει δεν πρόκειται να αυξηθεί λόγω της ύπαρξης ανεμογεννητριών.
- B) Δεν τίθεται θέμα έκθεσης ανθρώπων σε υψηλή στάθμη θορύβου

4.1.2 Αισθητική

Επειδή πρέπει να είναι εγκατεστημένες σε εκτεθειμένα σημεία, οι ανεμογεννήτριες είναι συχνά πολύ ορατές. Τα αισθητικά θέματα είναι από τη φύση τους πολύ υποκειμενικά. Η σωστή απόφαση τοποθέτησης ανεμογεννητριών μπορούν να μας βοηθήσουν να αποφύγουμε την δημιουργία ενός αντιαισθητικού τοπίου. Μια στρατηγική που χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση αυτού του θέματος, είναι να τοποθετούνται λιγότερες ανεμογεννήτριες σε κάποια θέση χρησιμοποιώντας όμως πολλαπλές τοποθεσίες και εκμεταλεύοντας τα σημερινά μεγαλύτερα και πιο αποδοτικά μοντέλα ανεμογεννητριών.

Για κάποιους, η αισθητική των αιολικών πάρκων, συγκρούεται με την προστασία των ιστορικών χώρων και μνημείων. Οι αιολικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής είναι λιγότερο πιθανό να εκληφθούν αρνητικά σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Τα αισθητικά θέματα όπως αναφέραμε και παραπάνω, είναι υποκειμενικά και μερικοί άνθρωποι βρίσκουν τα αιολικά πάρκα ευχάριστα ή τα θεωρούν ως σύμβολα ενεργειακής ανεξαρτησίας και τοπικής ευημερίας.

Επομένως, μια σκέψη για την λύση του συγκεκριμένου προβλήματος είναι να αποφευχθεί η τοποθέτηση ανεμογεννητριών ή ενός αιολικού πάρκου σε σημεία τα οποία θεωρούνται «ξεχωριστά» για την μοναδική ομορφιά ή σημασία που προσφέρουν.

4.1.3 Επίδραση στα πτηνά

Οι θάνατοι πουλιών και νυχτερίδων είναι ένα από τα πιο αμφιλεγόμενα βιολογικά ζητήματα που σχετίζονται με τις ανεμογεννήτριες. Ο θάνατος των πτηνών και των νυχτερίδων στις εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων έχει προκαλέσει ανησυχίες σε φιλοζωικές εταιρίες. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν πολλές αιολικές εγκαταστάσεις που λειτουργούν εδώ και χρόνια με ελάχιστα περιστατικά θανάτων.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα, η αιολική βιομηχανία και οι κυβερνητικές υπηρεσίες υποστηρίζουν την έρευνα για συγκρούσεις πτηνών με ανεμογεννήτριες, την συμπεριφορά πτηνών και νυχτερίδων, μέτρα ελαχιστοποίησης του προβλήματος και κατάλληλα πρωτόκολλα σχεδιασμού μελέτης. Επιπλέον, οι υπεύθυνοι ανάπτυξης των αιολικών έργων οφείλουν να συλλέγουν δεδομένα μέσω των δεδομένων παρακολούθησης σε υπάρχοντες και προτεινόμενους χώρους εγκατάστασης αιολικών έργων. Απαιτείται προσεκτική επιλογή της τοποθεσίας για την ελαχιστοποίηση των θανάτων και σε ορισμένες περιπτώσεις, ενδέχεται να χρειαστούν πρόσθετες έρευνες για την αντιμετώπιση του ζητήματος αυτού.

Παρότι τέτοιου είδους δομές, όπως καμινάδες, φάροι, ψηλά κτίρια, ραδιοφωνικοί και τηλεοπτικοί σταθμοί έχουν επίσης συσχετιστεί με θανάτους πουλιών και νυχτερίδων συνεχίζει να είναι μια σοβαρή ανησυχία για τη βιομηχανία της αιολικής ενέργειας.

Πίνακας 4.2: Ετήσιος αριθμός θανάτων πτηνών παγκοσμίως

ΑΙΤΙΑ ΘΑΝΑΤΟΥ	ΕΚΤΙΜΟΜΕΝΟΙ ΘΑΝΑΤΟΙ (ΕΚ.)
ΚΤΗΡΙΑ	680
ΚΥΝΗΓΙ	110
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	75
ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ	0.08
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	0.03

Βέβαια, ένα ενθαρρυντικό στατιστικό είναι ότι τα τελευταία χρόνια το πρόβλημα αυτό σπανίζει όλο και περισσότερο, διότι ο πληθυσμός των πτηνών δείχνει την ικανότητα να αποφεύγει αυτά τα εμπόδια.



Εικόνα 4.1: Πτηνά πετούν κοντά σε ανεμογεννήτρια

4.1.4 Ασφάλεια

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα μετεωρολογικά φαινόμενα που επικρατούν σε μία περιοχή παίζουν μεγάλο ρόλο στην ομαλή λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας. Προβλήματα πυρκαγιών και παγετών πάνω στην ανεμογεννήτρια θέτουν σε κίνδυνο την χλωρίδα, την πανίδα μέχρι και ανθρώπους σε κάποιες περιπτώσεις.

Ορισμένες πυρκαγιές στις ανεμογεννήτριες δεν μπορούν να σβηστούν εύκολα εξαιτίας του ύψους τους και ορισμένες φορές αφήνονται να καούν. Σε τέτοιες περιπτώσεις παράγονται τοξικοί καπνοί και μπορεί να προκληθούν δευτερεύουσες πυρκαγιές στο κάτω μέρος. Όπως είδαμε όμως και στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι νεότερες ανεμογεννήτριες έχουν εγκατεστημένα αυτόματα συστήματα πυρόσβεσης που είναι παρόμοια με εκείνα των αεροσκαφών. Αυτά τα αυτόνομα συστήματα, τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν και σε παλαιότερες ανεμογεννήτριες, ανιχνεύουν αυτόματα μια πυρκαγιά, κλείνουν τη μονάδα της ανεμογεννήτριας και σβήνουν τις πυρκαγιές.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, μπορεί να σχηματιστεί πάγος στα πτερύγια των ανεμογεννητριών και στη συνέχεια κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της, να πέσει κάποιο κομμάτι πάγου. Πρόκειται για ένα γεγονός, σοβαρό για την ασφάλεια που έχει οδηγήσει σε διακοπές λειτουργίας των ανεμογεννητριών. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες μπορούν να ανιχνεύσουν τον σχηματισμό πάγου και την υπερβολική δόνηση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της και κλείνουν αυτόματα. Μια μελέτη του 2007 διαπίστωσε ότι δεν είχαν κατατεθεί ασφαλιστικές αιτήσεις, ούτε στην Ευρώπη ούτε στις ΗΠΑ, για τους τραυματισμούς από την πτώση πάγου από τις ανεμογεννήτριες, και επιπλέον ότι, ενώ κάποια θανατηφόρα ατυχήματα έχουν συμβεί σε εργαζόμενους της βιομηχανίας. Μόνο ένας θάνατος έχει σημειωθεί που να σχετίζεται με μη εργαζόμενο άτομο στις ανεμογεννήτριες: ένας αλεξιπτωτιστής.

Δεδομένου του αυξανόμενου μεγέθους των ανεμογεννητριών, οι αποσυνδέσεις των πτερυγίων γίνονται ολοένα και πιο σημαντικές όταν αξιολογούνται οι κίνδυνοι για την δημόσια ασφάλεια από τις ανεμογεννήτριες. Η πιο συνηθισμένη «αποσύνδεση» είναι η απώλεια ενός πτερυγίου ή κάποιου άλλου τμήματος της ανεμογεννήτριας.

4.1.5 Επίδραση στην γεωργία και στην κτηνοτροφία

Από μελέτες, δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι οι ανεμογεννήτριες επιβαρύνουν την γεωργία και την κτηνοτροφία της περιοχής. Δεδομένου ότι περίπου το 99% της γης που φιλοξενεί μια ανεμογεννήτρια είναι διαθέσιμο για άλλες χρήσεις, μπορούμε να κατανοήσουμε ότι οι αγροτικές δραστηριότητες μπορούν να συνεχίζονται και μετά την εγκατάσταση.

Η γη μπορεί επίσης, να χρησιμοποιηθεί για εκτροφή και βόσκηση ζώων. Τα ζώα δεν επηρεάζονται από την παρουσία αιολικών πάρκων. Η διεθνής εμπειρία δείχνει ότι τα ζώα θα "βόσκουν μέχρι τη βάση των ανεμογεννητριών και συχνά θα τις χρησιμοποιούν ως δοκούς τριβής ή για σκιά".



Εικόνα 4.2: Αγελάδες βόσκουν κάτω από ανεμογεννήτριες

4.1.6 Επιπτώσεις υπεράκτιων αιολικών πάρκων

Ενώ η υπεράκτια αιολική βιομηχανία έχει αυξηθεί δραματικά τις τελευταίες δεκαετίες, ειδικά στην Ευρώπη, εξακολουθεί να υπάρχει κάποια αβεβαιότητα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η κατασκευή και η λειτουργία αυτών των αιολικών πάρκων επηρεάζουν τα θαλάσσια ζώα και το περιβάλλον τους.

Οι παραδοσιακές υπεράκτιες ανεμογεννήτριες εγκαθίστανται στον βυθό της θάλασσας σε ρηχά νερά πλησίον του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Καθώς οι υπεράκτιες τεχνολογίες αιολικής ενέργειας γίνονται πιο προχωρημένες, πλωτές κατασκευές έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται σε βαθύτερα νερά όπου υπάρχουν περισσότεροι αιολικοί πόροι.

Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες που σχετίζονται με εξελίξεις αιολικών πάρκων περιλαμβάνουν τα εξής :

- Ο κίνδυνος για τα θαλάσσια πτηνά να χτυπηθούν από πτερύγια ανεμογεννητριών ή να εκτοπιστούν από τους οικότοπούς τους.
- Υποβρύχιοι θόρυβοι που σχετίζονται με την εγκατάσταση των πύργων των ανεμογεννητριών.
- Η φυσική παρουσία υπεράκτιων αιολικών πάρκων αλλοιώνουν τη συμπεριφορά των θαλάσσιων θηλαστικών, των ψαριών και των θαλάσσιων πτηνών για λόγους έλξης σε αυτές ή αποφυγής από αυτές.
- Πιθανή διαταραχή των θαλάσσιων περιβαλλόντων πλησίον του έργου αλλά και μακριά του έργου.

Τέλος, μια μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2014 αναφέρει ότι ορισμένες φώκιες προτιμούν να κυνηγούν κοντά σε ανεμογεννήτριες, πιθανώς λόγω των πετρωμάτων του πύργου που λειτουργούν ως τεχνητοί ύφαλοι και προσελκύουν ασπόνδυλα και ψάρια.

4.1.7 Άλλου είδους προβλήματα

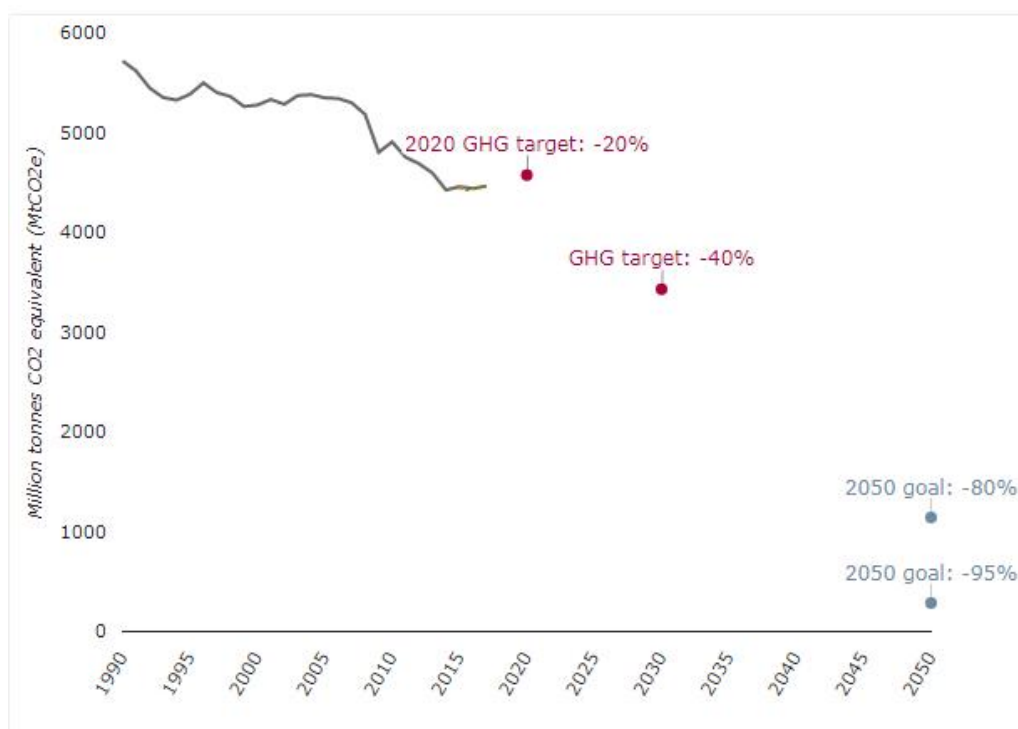
Σε αντίθεση με τις περισσότερες άλλες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, οι ανεμογεννήτριες δεν χρησιμοποιούν καύση για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και επομένως δεν παράγουν εκπομπές αερίων. Τα μόνα ίσως πιθανά τοξικά ή επικίνδυνα υλικά είναι μικρές ποσότητες λιπαντικών ελαίων, και υδραυλικών και μονωτικών ρευστών. Ως εκ τούτου, η μόλυνση των επιφανειακών ή υπογείων υδάτων, ή και των εδαφών είναι εξαιρετικά απίθανη. Οι βασικές ανησυχίες για την υγεία και την ασφάλεια σχετίζονται με την κίνηση των πτερυγίων και την παρουσία βιομηχανικού εξοπλισμού σε περιοχές εύκολα προσιτές στο κοινό. Μια πρόσθετη ανησυχία που σχετίζεται με τις ανεμογεννήτριες είναι η πιθανή παρεμβολή με εγκαταστάσεις ραντάρ και τηλεπικοινωνιών. Και όπως όλες οι εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής, οι ανεμογεννήτριες παράγουν ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.

4.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΟΦΕΛΟΣ

Η μετάβαση σε «πράσινη» ενέργεια μπορεί να βοηθήσει στον καθαρισμό του αέρα, μειώνοντας σημαντικά τις απειλές για την ανθρώπινη υγεία, λόγω τοξικών αερίων, όπως είναι το άσθμα. Η αιολική ενέργεια προσφέρει μια τεράστια ποικιλία περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης των αερίων θερμοκηπίου, και παρέχει ελπίδα για περαιτέρω εξελίξεις στους βιώσιμους ενεργειακούς πόρους.

Κάθε κιλοβατώρα (kWh) που παράγεται από αιολική ενέργεια, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης περίπου 1 kg διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η λειτουργία ενός αιολικού πάρκου μπορεί να συμβάλει στις ενεργειακές ανάγκες 7000 σπιτιών, εξοικονομώντας 2,5 τόνους πετρελαίου και 4 τόνους διοξειδίου του άνθρακα.

Εν τέλει, παρότι οι ανεμογεννήτριες δημιουργούν αρκετές επιπτώσεις στο περιβάλλον, τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη τους είναι τόσα πολλά και τόσο σημαντικά που κάνουν τις επιπτώσεις να φαντάζουν αμελητέες. Επιπλέον, οι ανεμογεννήτριες συμβάλλουν αποτελεσματικά στην αποτροπή της κλιματικής αλλαγής, ένα ζήτημα πολύ σημαντικό για το παρόν και το μέλλον.



Γράφημα 4.1: Τάσεις εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην Ευρώπη

Ενθαρρυντικό σημάδι είναι η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου με το πέρασμα των χρόνων και απ' ότι φαίνεται ο στόχος της μείωσης τους κατά 20% σε σχέση με το 1990, είναι πολύ εφικτός. Μακροχρόνιος στόχος βέβαια είναι το 2030 να έχουμε μια μείωση της τάξης του 40% και το 2050 το ποσοστό αυτό να αγγίξει το 80% ή ακόμα και το 95%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ

5.1 ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Ένα αιολικό πάρκο είναι ένα σύνολο ανεμογεννητριών στην ίδια τοποθεσία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα μεγάλο αιολικό πάρκο μπορεί να αποτελείται από αρκετές εκατοντάδες μεμονωμένες ανεμογεννήτριες και να καλύπτει μια εκτεταμένη περιοχή εκατοντάδων τετραγωνικών μιλίων, αλλά η γη μεταξύ των ανεμογεννητριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για γεωργικούς ή άλλους σκοπούς. Ένα αιολικό πάρκο μπορεί επίσης όπως θα δούμε και παρακάτω, να βρίσκεται στην ανοικτή θάλασσα.

Η τοποθεσία είναι κρίσιμη για την επιτυχία ενός αιολικού πάρκου. Όπως είδαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο οι παράγοντες που συμβάλλουν σε μια επιτυχημένη τοποθεσία αιολικού πάρκου περιλαμβάνουν: συνθήκες ανέμου, πρόσβαση σε ηλεκτρική μετάδοση, φυσική πρόσβαση και τοπικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας. Συνήθως, οι τοποθεσίες ελέγχονται με βάση έναν άτλαντα ανέμων και επικυρώνονται με μετρήσεις του ανέμου. Συνήθως, τα μετεωρολογικά δεδομένα ανέμου δεν επαρκούν για την ακριβή τοποθέτηση ενός μεγάλου έργου αιολικής ενέργειας.

Ο άνεμος σε μεγάλα υψόμετρα έχει μεγαλύτερη ένταση, λόγω της μειωμένης αντίστασης του αέρα. Η αύξηση της ταχύτητας με το υψόμετρο είναι πιο δραματική κοντά στην επιφάνεια της γης και επηρεάζεται από την τοπογραφία, την τραχύτητα των επιφανειών και τα εμπόδια, όπως τα δέντρα ή τα κτίρια.

Οι κατηγορίες των αιολικών πάρκων χωρίζονται στα χερσαία (στην στεριά) και στα υπεράκτια (στην θάλασσα). Ακολουθούν λίγα λόγια για την κάθε κατηγορία.

5.1.1 Χερσαία αιολικά πάρκα

Οι χερσαίες εγκαταστάσεις ανεμογεννητριών σε λοφώδεις ή ορεινές περιοχές τείνουν να βρίσκονται σε κορυφογραμμές σε απόσταση τριών χιλιομέτρων ή και περισσότερο εντός της πλησιέστερης ακτογραμμής. Αυτό γίνεται για να εκμεταλλευτούμε την «τοπογραφική επιτάχυνση» καθώς ο άνεμος επιταχύνει πάνω από μια κορυφογραμμή. Οι επιπρόσθετες ταχύτητες ανέμου που αποκτούνται με αυτό τον τρόπο μπορούν να αυξήσουν την ενέργεια που παράγεται από της ανεμογεννήτριες. Η ακριβής θέση κάθε ανεμογεννήτριας έχει σημασία, διότι μια διαφορά των 30 μέτρων θα μπορούσε να διπλασιάσει την ισχύ εξόδου. Αυτή η προσεκτική τοποθέτηση είναι γνωστή ως "μικρό-τοποθέτηση".

5.1.2 Υπεράκτια αιολικά πάρκα

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα αποτελούν στις μέρες μας μια καινούργια παγκόσμια προσπάθεια αύξησης της παραγωγής ενέργειας, εκμεταλλευόμενοι τον άνεμο. Ο μέχρι τώρα τρόπος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο ήταν η δημιουργία αιολικών πάρκων σε διάφορες χερσαίες περιοχές. Με μία νέα πρακτική, αυτή των υπεράκτιων αιολικών πάρκων εγκαθίστανται ανεμογεννήτριες σε θαλάσσιες περιοχές αυξάνοντας έτσι κατά πολύ τις κατάλληλες περιοχές δημιουργίας αιολικών πάρκων.

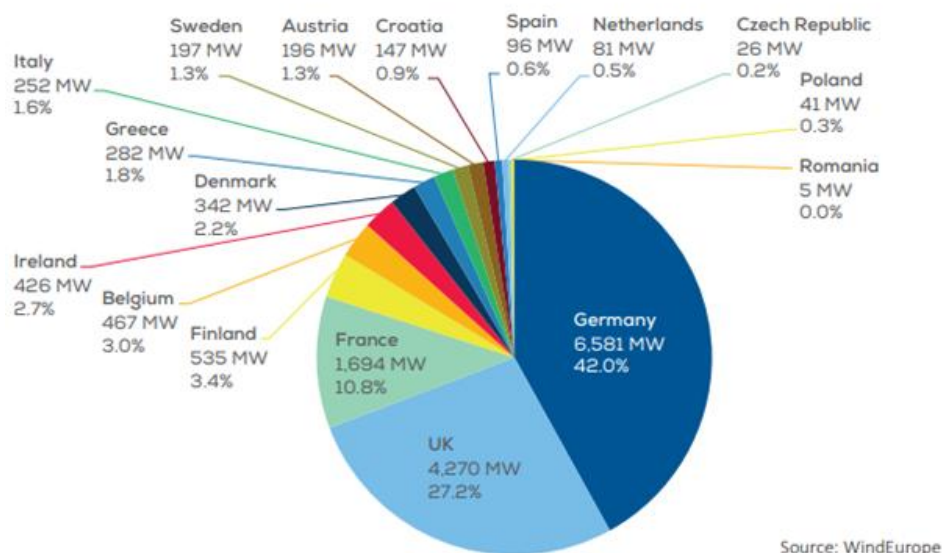
Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται και η δυνατότητα παραγωγής ενέργειας «φιλικής» προς το περιβάλλον από χώρες μικρές όπως η Ελλάδα όπου οι κατάλληλες περιοχές στη ξηρά για

δημιουργία αιολικών πάρκων είναι περιορισμένες ενώ από την άλλη πλευρά διαθέτει ατελείωτες θαλάσσιες περιοχές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό. Επίσης, έχει παρατηρηθεί, ότι η ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας είναι συνήθως μεγαλύτερη από αυτή στην ξηρά γεγονός που κάνει αποδοτικότερη τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας.

Σε παγκόσμιο επίπεδο η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι ακόμα σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με αυτή που παράγεται από πάρκα της ξηράς. Το ότι το θαλάσσιο περιβάλλον δίνει περισσότερη ελευθερία στην εύρεση κατάλληλης περιοχής για εγκατάσταση αιολικού πάρκου δεν σημαίνει ότι η επιλογή της περιοχής γίνεται αυθαίρετα. Για να επιλεγεί κάποια περιοχή πρέπει να πληρεί κάποια βασικά κριτήρια τα οποία θέτονται από την εκάστοτε χώρα. Συνήθως τα κριτήρια αυτά έχουν να κάνουν με το βάθος (συνήθως έως 50 μέτρα), την απόσταση από την ακτή (συνήθως μέχρι 10 χιλ.), την οπτική όχληση από την ακτή, αν η περιοχή είναι προστατευόμενη, ικανοποιητική ταχύτητα ανέμου κ.ά. Στην Ελλάδα, δυστυχώς, δεν έχουν εγκατασταθεί ακόμα υπεράκτια αιολικά πάρκα.

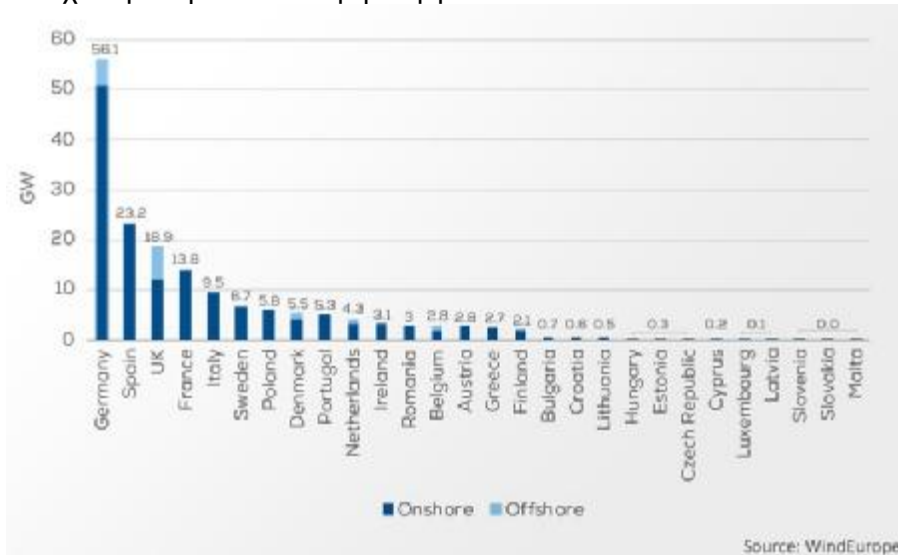
5.2 ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Από την εγκατεστημένη ισχύ του 2017 στην Ε.Ε, τα 12.484 MW ήταν από χερσαίες ανεμογεννήτριες και τα 3.154 MW προήλθαν από υπεράκτιες ανεμογεννήτριες. Οι ετήσιες χερσαίες εγκαταστάσεις αυξήθηκαν κατά 14%, ενώ οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις διπλασιάστηκαν. Συνολικά, ο αριθμός των νέων εγκαταστάσεων αυξήθηκε κατά 25% σε σχέση με το 2016. Η Γερμανία πραγματοποίησε τις περισσότερες εγκαταστάσεις το 2017, με 6.581 MW νέας χωρητικότητας (αύξηση 15% το 2016 και ένα έτος ρεκόρ). Το 19% της εγκατεστημένης ισχύος στη Γερμανία ήταν υπεράκτιες. Το Ηνωμένο Βασίλειο ήρθε δεύτερο με 4.270 MW εγκαταστάσεις, πέντε φορές περισσότερο από τις εγκαταστάσεις το 2016. Η Γαλλία ήρθε τρίτη με 1.694 MW (αύξηση 9% σε σχέση με το προηγούμενο έτος). Φινλανδία (535 MW), Βέλγιο (467 MW) και Ιρλανδία (426 MW) ακολούθησαν, με προσθήκες άνω των 400 MW και φτάνοντας σε επίπεδα εγκατάστασης ρεκόρ.



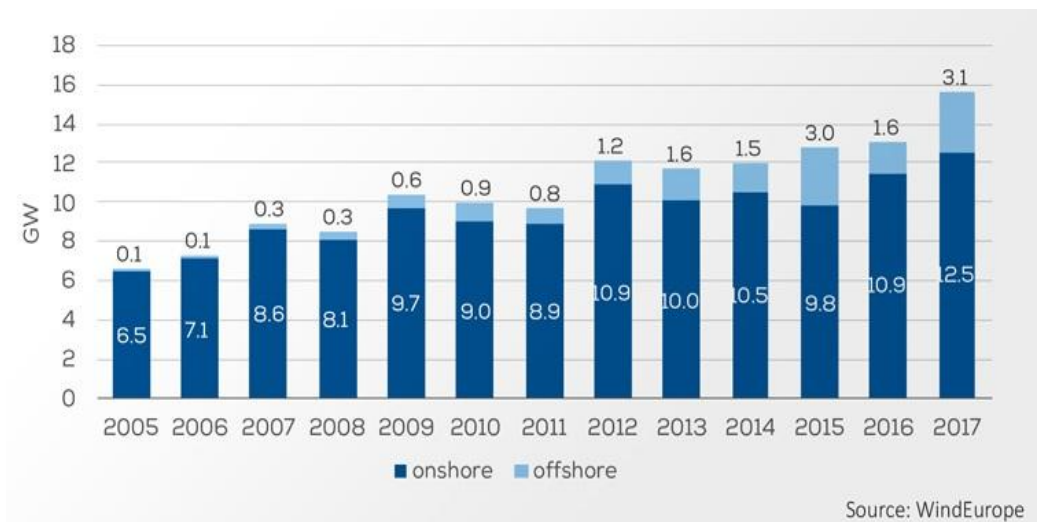
Γράφημα 5.1: Νέα εγκατεστημένη ισχύς ανά χώρα (2017)

Εώς και τον Δεκέμβριο του 2017, η εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση ανερχόταν στα 168,7 GW. Στο μέλλον, η αιολική ενέργεια θα συνεχίσει να αναπτύσσεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με έκθεση της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος, η αιολική ενέργεια μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη των ευρωπαϊκών στόχων για την ανανεώσιμη ενέργεια.



Γράφημα 5.2: Συνολικές εγκαταστάσεις ανά χώρα

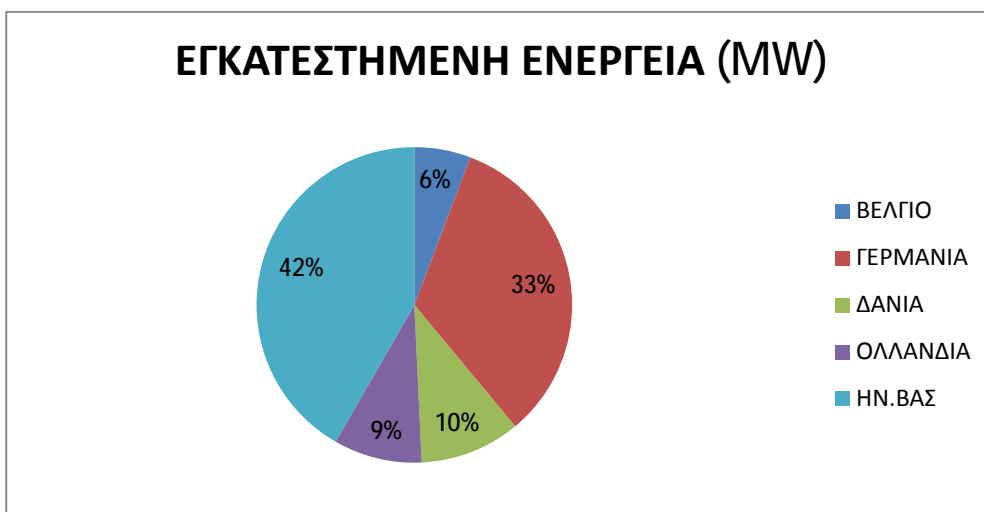
Η Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας (τώρα η Wind Europe) εκτιμά ότι στην Ευρώπη θα εγκατασταθούν 230 GW αιολικής χωρητικότητας έως το 2020, αποτελούμενη από 190 GW χερσαία και 40 GW υπεράκτια. Αυτό θα παράγει 14-17% της ηλεκτρικής ενέργειας της Ε.Ε, αποφεύγοντας την εκπομπή 333 εκατομμυρίων τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ετησίως και εξοικονομώντας 28 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως σε δαπάνες καυσίμων.



Γράφημα 5.3: Ετήσιες αιολικές εγκαταστάσεις Ε.Ε

5.2.1 Εγκατεστημένη ισχύς υπεράκτιων πάρκων

Οι 5 πρωτοπόρες χώρες στον χώρο των υπεράκτιων αιολικών πάρκων έως το 2017 όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα, είναι αρχικά το Ηνωμένο Βασίλειο έχει το μεγαλύτερο ποσό της εγκατεστημένης υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη και αντιπροσωπεύει το 42% του συνόλου των εγκαταστάσεων. Η Γερμανία ακολουθεί με 33%. Η Δανία είναι η τρίτη μεγαλύτερη της αγοράς με 10% , η Ολλανδία με 9% βρίσκεται στην τέταρτη θέση και τέλος το Βέλγιο με 6%. Ακολουθούν χώρες όπως, Ισπανία, Φινλανδία, Ιρλανδία, Νορβηγία και Σουηδία με πολύ μικρά ποσοστά.



Γράφημα 5.4: Εγκατεστημένη (offshore) ισχύς το 2017

Η κυριαρχία αυτών των 2 χωρών φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα. Σημειώνεται ότι οι πρώτες 5 χώρες αποτελούν το 98% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος.

Πίνακας 5.1: Αριθμός υπεράκτιων πάρκων και ανεμογεννητριών και εγκατεστημένη ισχύς

ΧΩΡΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΚΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
ΗΝ.ΒΑΣΙΛΕΙΟ	31	1753	6835
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	23	1169	5355
ΔΑΝΙΑ	12	506	1266
ΟΛΛΑΝΔΙΑ	7	365	1118
ΒΕΛΓΙΟ	6	232	877
ΣΟΥΗΔΙΑ	5	86	202
ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	3	28	92
ΙΡΛΑΝΔΙΑ	2	7	25
ΙΣΠΑΝΙΑ	1	1	5
ΝΟΡΒΗΓΙΑ	1	1	2
ΓΑΛΛΙΑ	1	1	2
ΣΥΝΟΛΟ	92	4149	15780

Τέλος, το θλιβερό είναι ότι η χώρα μας δεν έχει ούτε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο, γεγονός εξωφρενικό την στιγμή που διαθέτουμε τεράστιες εκτάσεις νερού.

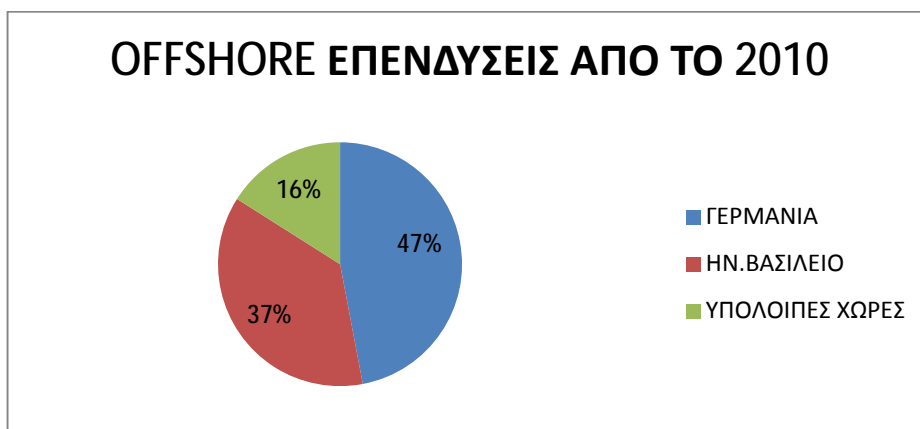
5.3 ΚΥΡΙΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΣΕ ΕΡΓΑ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Το 2017 η Ευρώπη συγκέντρωσε συνολικά από επενδύσεις 51,2 δισ. ευρώ, για την κατασκευή νέων αιολικών πάρκων, για λειτουργίες αναχρηματοδότησης, για εξαγορά έργων και επιχειρήσεων καθώς και για τη συγκέντρωση χρημάτων από δημόσιους οργανισμούς. Οι επενδύσεις σε νέα αιολικά πάρκα ανήλθαν στα 22,3 δισ. ευρώ, μια μείωση της τάξης του 19% από το 2016.



Γράφημα 5.5: Επενδύσεις σε αιολικά έργα τα τελευταία 7 χρόνια

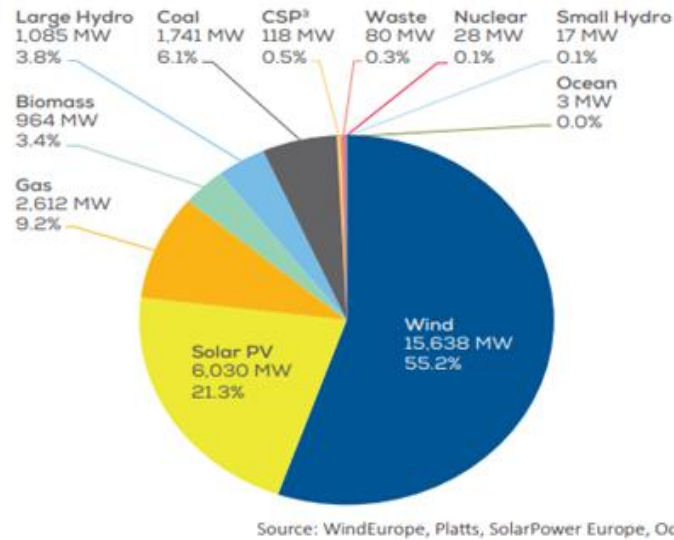
Ένα ενδιαφέρον στατιστικό στοιχείο, είναι ότι το 84% των υπεράκτιων επενδύσεων αφορούν την Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο, και μόλις το 16% αφορά όλες τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες.



Γράφημα 5.6: Υπεράκτιες επενδύσεις από το 2010 και ύστερα

4.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αιολική ενέργεια ήταν η ενεργειακή τεχνολογία με τις περισσότερες εγκαταστάσεις το 2017. Με 15,6 GW, αντιστοιχούσε στο 55,2% όλων των νέων εγκαταστάσεων. Η ηλιακή ενέργεια ήρθε δεύτερη με 6 GW (21,5%) και ακολούθησε το αέριο με 2,6 GW (9,2%).



Γράφημα 5.7: Εγκατεστημένες ενεργειακές τεχνολογίες το 2017

Όμως αξίζει να σημειωθεί ότι, στο κοντινό μέλλον η κύρια ενεργειακή τεχνολογία πιστεύεται πως θα είναι η αξιοποίηση του ηλίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΚΕΛΟΣ

6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από τα εξής :

- A) Αεροσήραγγα με πίνακα ελέγχου για ρύθμιση της παροχής του αέρα.
- B) Ανεμογεννήτρια
- Γ) Μπαταρία 12V
- Δ) Φορτιστής της μπαταρίας
- Ε) Πολύμετρο
- ΣΤ) Ψηφιακό ταχύμετρο
- Ζ) Ψηφιακό ανεμόμετρο-θερμόμετρο AM-4205

Αναλυτικά :

A) Η αεροσήραγγα που χρησιμοποιήσαμε έχει διάμετρο 40cm και μήκος 3.3m. Είναι φτιαγμένη από χάλυβα και είναι σταθεροποιημένη πάνω σε μία δοκό 3.5m η οποία έχει 3 πόδια σε τριγωνική μορφή για στήριξη. Στο εσωτερικό της αεροσήραγγας τοποθετήσαμε πλαστικούς σωλήνες (διαμέτρου 4 cm) σε σχήμα κυψέλης καθώς και ένα κόσκινο μεταλλικό με αποτέλεσμα να πετύχουμε όσο το δυνατόν περισσότερο, ομοιόμορφη ροή αέρα. Τέλος, από την αεροσήραγγα δεν θα μπορούσε να λείπει ένας πίνακας ελέγχου για την ρύθμιση της παροχής του αέρα. Ο πίνακας αυτός, μας έδινε την δυνατότητα να ρυθμίζουμε την παροχή του αέρα με ακρίβεια καθώς μας έδειχνε τις στροφές ανά λεπτό του ανεμιστήρα. Επιπλέον, μας έδινε την επιλογή να θέσουμε σε χρήση και έναν δεύτερο ανεμιστήρα για ακόμα μεγαλύτερη παροχή αέρα, πράγμα που δεν χρειάστηκε διότι θα ξεπερνούσαμε τα όρια αντοχής του φορτιστή της ανεμογεννήτριας (14 m/s).



Εικόνα 6.1: Αεροσήραγγα

B) Η ανεμογεννήτρια που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου istaBreeze i500 12V, κατασκευασμένη στην Τουρκία. Το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελείται από 3 πτερύγια μήκους 50cm, έναν κώνο

μύτης, την πλήμνη που συγκρατεί τα πτερύγια, το πτερύγιο ουράς για την περιστροφή της ανεμογεννήτριας προς τον άνεμο και φυσικά την γεννήτρια στο εσωτερικό.

Επίσης, έπρεπε να φτιαχτεί μια βάση για την ανεμογεννήτρια. Η βάση αποτελούνταν από ένα τετραγωνικό πλαίσιο 70cm x 70cm x 1cm, και ένα σωλήνα ύψους 90cm και διάμετρο 3.5cm.



Εικόνα 6.2: Ανεμογεννήτρια

Τεχνικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας:

ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	
ΥΛΙΚΟ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ + 30% ΓΥΑΛΙΝΕΣ ΙΝΕΣ
ΒΑΡΟΣ	5 kg
ΧΡΩΜΑ	ΛΕΥΚΟ

ΤΑΧΥΤΗΤΑ	
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΚΚΙΝΙΣΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	3 m/s
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	12.5 m/s
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	45 m/s

ΙΣΧΥΣ	
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	400 W
ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ	510 W
ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	40 A

ΠΤΕΡΥΓΙΑ	
ΥΛΙΚΟ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ + 30% ΓΥΑΛΙΝΕΣ ΙΝΕΣ
ΜΗΚΟΣ	50 cm
ΒΑΡΟΣ	220 g

Γ) Η μπαταρία που χρησιμοποιήσαμε για το πείραμά μας ήταν τύπου Sunlight SP 12-33. Όπως καταλαβαίνουμε και από την ονομασία της, η ονομαστική τάση της μπαταρίας είναι τα 12 V και η ονομαστική χωρητικότητα είναι 33Ah. Η εκφόρτιση της συγκεκριμένης μπαταρίας γίνεται με σταθερό ρυθμό και με ένα ρεύμα το οποίο θα φέρει την μπαταρία από την αρχική στην τελική της κατάσταση σε 10 ώρες. Όπως θα δούμε και παρακάτω για να φορτίσουμε την μπαταρία την συνδέσαμε σε σειρά με έναν φορτιστή ο οποίος με την σειρά του συνδεόταν με την ανεμογεννήτρια.

Λόγω του ότι η μπαταρία δεν έχει απόδοση 100% , για να φτάσει σε πλήρη φόρτιση πρέπει να της δώσουμε φορτίο 1.3 φορές του ονομαστικού. Έτσι για την συγκεκριμένη μπαταρία πρέπει να της δώσουμε, $33 \times 1.3 = 42.9 \text{ Ah}$. Έτσι, αν θέλουμε να την φορτίσουμε σε έστω 6 ώρες το ρεύμα φορτίσεως πρέπει να είναι: $42,9 / 6 = 7,15 \text{ Volt}$.

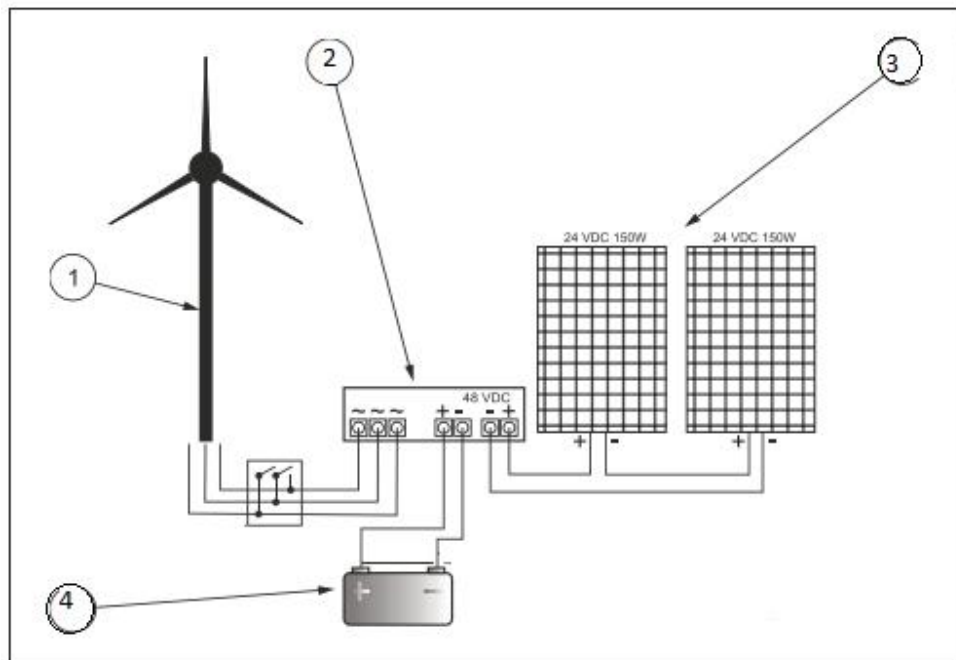
Οι συγκεκριμένες μπαταρίες χρησιμοποιούνται κυρίως σε αυτοκίνητα.

Δ) Ο φορτιστής της μπαταρίας είναι και αυτός τύπου istaBreeze 12V 650 W. Ο συγκεκριμένος φορτιστής όπως θα δούμε και παρακάτω είναι υβριδικός, δηλαδή μπορούμε να εκμεταλλευτούμε παράλληλα και την αιολική και την ηλιακή ενέργεια.

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΟΡΤΙΣΤΗ	
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ	650 W
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ	Μετατρέπει το AC σε DC, ρυθμίζει τη διαδικασία φόρτισης, προστατεύει την μπαταρία από υπερφόρτωση, επιβραδύνει την ανεμογεννήτρια σε υψηλές ταχύτητες ανέμων
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	140 x 120 x 60 mm
ΒΑΡΟΣ	0.6 kg

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	
ΕΥΡΟΣ ΤΑΣΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	12-14 V
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΙΣΟΔΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	150 W
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΙΣΟΔΟΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	520W
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΞΟΔΟΥ	650W
ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΝΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ	40A

Συνδεσμολογία ανεμογεννήτριας, με τον φορτιστή και την μπαταρία :



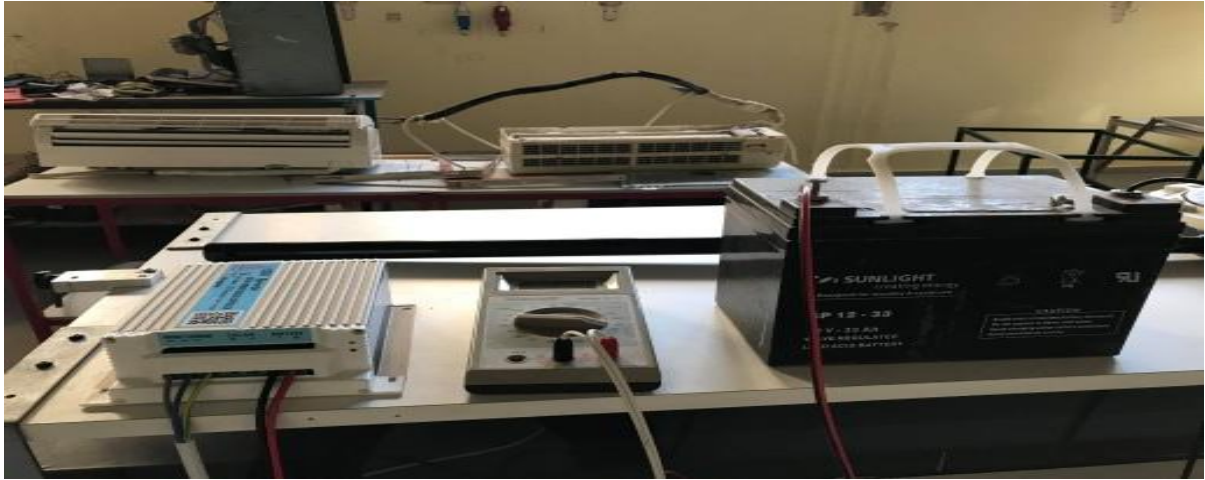
α/α	ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
1	ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	ΜΕΤΑΤΡΕΠΕΙ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ
2	ΦΟΡΤΙΣΤΗΣ	ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΣΗ
3	ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	ΜΕΤΑΤΡΕΠΟΥΝ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ
4	ΜΠΑΤΑΡΙΑ	ΑΠΟΘΗΚΕΥΕΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Στο δικό μας πείραμα δεν χρησιμοποιήθηκαν ηλιακοί συλλέκτες αλλά τους αναφέρουμε διότι ο συγκεκριμένος φορτιστής μας δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε, εκτός από την αιολική ενέργεια, και την ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που δεν είναι άλλη από την ηλιακή.

Ε) Το πολύμετρο που χρησιμοποιήσαμε είναι της εταιρίας "Thermal engineer company", model 3210, και αποσκοπεί στην μέτρηση των Volt και Ampere που παράγει η ανεμογεννήτρια.

Χαρακτηριστικά:

- DC voltage: 200m/2/20/200/1000V.
- AC voltage: 200 / 750V.
- Current: 2/20/200m/2A/10A.
- Resistance: 200/2k/20k/200k/2M/20M



Εικόνα 6.3 : Φορτιστής – Πολύμετρο – Μπαταρία

ΣΤ) Για την μέτρηση των στροφών της ανεμογεννήτριας χρησιμοποιήσαμε ένα ψηφιακό ταχύμετρο DT-2234C που λειτουργεί με λέιζερ. Για τις μετρήσεις τοποθετήσαμε σε κάθε πτερύγιο της ανεμογεννήτριας μια ανακλαστική ταινία και σε κάθε μέτρηση διαιρούσαμε το αποτέλεσμα δια του 3. Έτσι πετύχαμε μεγαλύτερη ακρίβεια απ' ότι θα είχαμε εάν χρησιμοποιούσαμε την ανακλαστική ταινία μόνο σε ένα πτερύγιο.

Χαρακτηριστικά:

- Εύρος τιμών 2.5 – 100000 RPM.
- Ακρίβεια $\pm 0.05\%$
- Απόσταση ανίχνευσης 50 – 500mm



Εικόνα 6.4: Στροφόμετρο

Ζ) Για την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου χρησιμοποιήσαμε ένα ψηφιακό ανεμόμετρο-θερμόμετρο AM-4205. Βέβαια δεν το χρησιμοποιήσαμε μόνο για τις τελικές μετρήσεις. Κατά την διαδικασία του στησίματος της διάταξης και πιο συγκεκριμένα της αεροσήραγγας, χωρίσαμε την διάμετρό της σε 20 σημεία, σε απόσταση 2cm το καθένα. Στη συνέχεια, για κάθε ένα από αυτά τα σημεία και για σταθερή παροχή αέρα, μετράγαμε την ταχύτητα του αέρα με σκοπό να καταλάβουμε σε τι βαθμό έχουμε ομοιόμορφη ροή. Εξού και οι πλαστικοί σωλήνες και τα κόσκινα που τοποθετήθηκαν εντός της αεροσήραγγας , όπως αναφέραμε παραπάνω.

Τεχνικά στοιχεία :

- Μέτρηση ανέμου από 0,4 έως 25 μέτρα/δευτερόλεπτο.
- Μέτρηση θερμοκρασίας από 0 έως 50 βαθμούς κελσίου
- Μέτρηση υγρασίας 10% έως 95%
- Ενδείξεις ανέμου σε m/s, ft/min, km/h, knots,mile/h
- Ενδείξεις θερμοκρασίας C° / °F



Εικόνα 6.5: Ανεμόμετρο

6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η ανεμογεννήτρια που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου istaBreeze i500 τριών πτερυγίων. Ο φορτιστής της ανεμογεννήτριας έχει εγκατεστημένο ένα σύστημα ασφαλείας (φρενάρισμα) για να μην ξεπερνάει ταχύτητες ανέμου άνω των 14 m/s και την παραγόμενη τάση που είναι 14.2V, έτσι ώστε να μην καεί. Επιπλέον η ανεμογεννήτρια αυτή, εκτός από ανώτατο όριο λειτουργίας, έχει και κατώτατο όριο λειτουργίας στα 3 m/s. Δηλαδή εάν η ταχύτητα του ανέμου είναι μικρότερη από 3 m/s, τότε η ανεμογεννήτρια δεν γυρνάει.

Αρχικά λοιπόν, τοποθετήσαμε την ανεμογεννήτρια σε απόσταση ενός μέτρου από την έξοδο της αεροσήραγγας και μετά την συνδέσαμε με τον φορτιστή και στην συνέχεια τον συνδέσαμε σε σειρά με την μπαταρία. Ύστερα, με τον ίδιο τρόπο συνδέσαμε το πολύμετρο με την μπαταρία. Τέλος, αφού βεβαιωθήκαμε ότι όλα τα «κομμάτια» της διάταξης ήταν συνδεδεμένα σωστά, θέσαμε την αεροσήραγγα σε λειτουργία και ξεκινήσαμε να παίρνουμε μετρήσεις.

Σκοπός του πειράματος ήταν να κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας των ανεμογεννητριών και να καταλάβουμε την σημαντικότητα και τα πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε στις μέρες μας. Επιπλέον, θέλαμε μέσα από τις μετρήσεις, να εξετάσουμε την ικανότητα της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας είτε για οικιακή χρήση, είτε για χρήση σε σκάφος/ιστιοφόρο, είτε για μια απλή φόρτιση μπαταρίας αυτοκινήτου.

Η πειραματική διάταξη βρίσκεται στο ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, στο εργαστήριο θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού.



Εικόνα 6.6: Πειραματική διάταξη



Εικόνα 6.7: Πειραματική διάταξη

6.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Ξεκινήσαμε τις μετρήσεις μας από τις μέγιστες τιμές που μπορούσε να αντέξει ο φορτιστής της ανεμογεννήτριας, που όπως αναφέραμε και προηγουμένως λόγω του συστήματος ασφαλείας ήταν ταχύτητες ανέμου έως και 14 m/s, παράγοντας ισχύ της τάξης των 510 W.

Στην συνέχεια μειώναμε σταδιακά τις στροφές της αεροσήραγγας και καταγράφαμε τις τιμές του πολύμετρου, τις τιμές του ανεμόμετρου, καθώς και τις τιμές του ψηφιακού ταχύμετρου όπου και παρατηρούσαμε τις στροφές της ανεμογεννήτριας για κάθε τιμή της ταχύτητας του ανέμου.

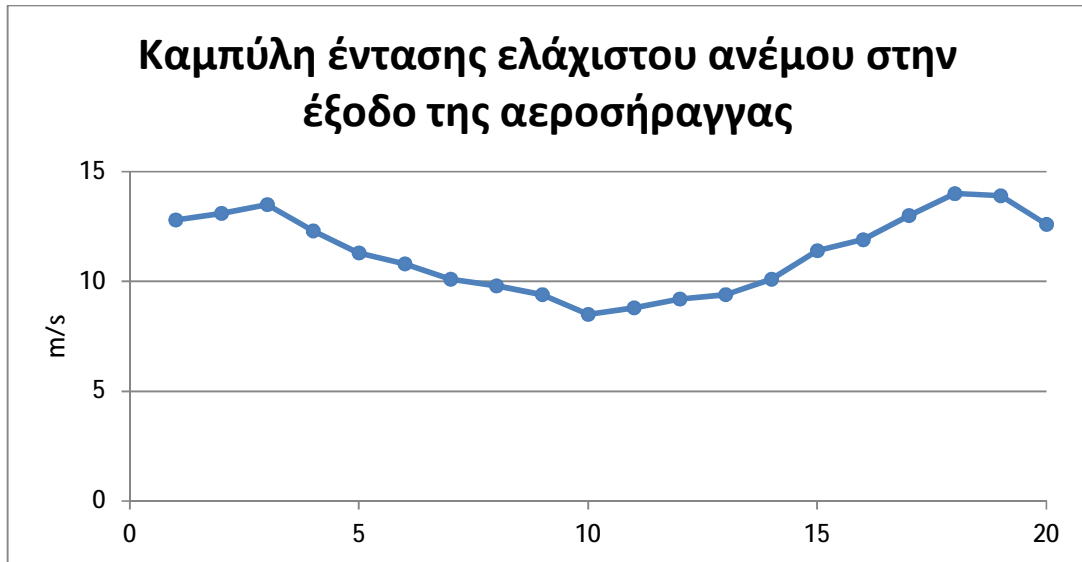
6.3.1 Μετρήσεις ανέμου στην έξοδο της αεροσήραγγας

Στον παρακάτω πίνακα, ακολουθούν οι μετρήσεις στην έξοδο της αεροσήραγγας για τις μέγιστες και τις ελάχιστες ταχύτητες του ανέμου που μπορεί να παράγει, με σκοπό να διαπιστώσουμε κατά πόσο έχουμε ομοιόμορφη ροή. Όπως αναφέραμε και στην αρχή του κεφαλαίου(1.6, Z) χωρίσαμε την διάμετρο της αεροσήραγγας σε 20 ίσα κομμάτια των 2cm και για κάθε μια από αυτές τις θέσεις προέκυπτε μια τιμή. Βέβαια, για να πετύχουμε μέγιστη ακρίβεια στις μετρήσεις μας, για κάθε μια θέση καταγράφαμε 3 τιμές, διότι το ανεμόμετρο δεν μας έδειχνε μια σταθερή τιμή, και στην συνέχεια κρατήσαμε τον μέσο όρο αυτών των τριών τιμών.

Πίνακας 6.1: Ταχύτητα ανέμου στην έξοδο της αεροσήραγγας

Ταχύτητα ανέμου αεροσήραγγας (m/s)	
Minimum	Maximum
12.8	17.3
13.1	17.6
13.5	18
12.3	17
11.3	16
10.8	15.5
10.1	15.1
9.8	14.8
9.4	14.4
8.5	13.2
8.8	13.5
9.2	14.2
9.4	14.4
10.1	15.1
11.4	16.1
11.9	16.6
13	17.7
14	18.5
13.9	18.4
12.6	17.1

Στην συνέχεια τα διαγράμματα που προέκυψαν είναι τα εξής:



Γράφημα 6.1: Ένταση ελάχιστου παραγόμενου ανέμου αεροσήραγγας

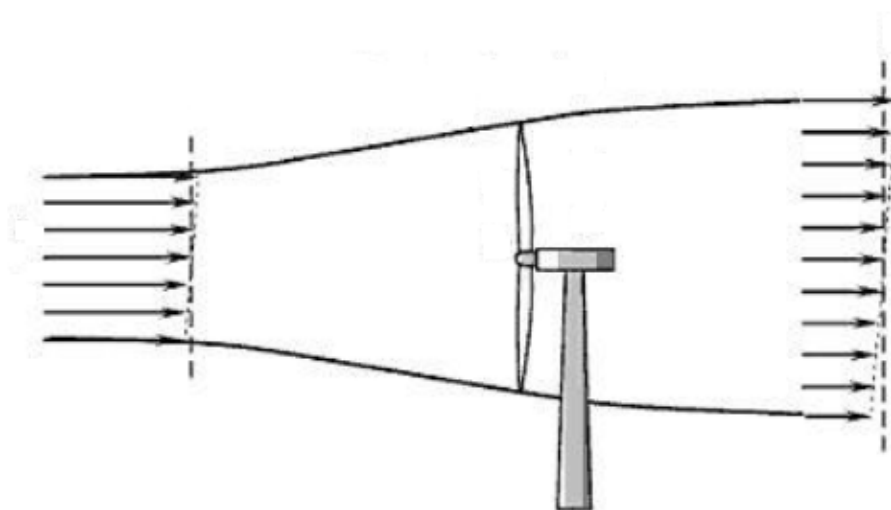


Γράφημα 6.2: Ένταση μέγιστου παραγόμενου ανέμου αεροσήραγγας

Επομένως, παρατηρούμε από τον πίνακα και ειδικά από τις καμπύλες ότι η ροή του αέρα δεν είναι 100% ομοιόμορφη. Στις χαμηλές εντάσεις ανέμου καταγράψαμε την μέγιστη διαφορά μεταξύ του κέντρου και των άκρων της αεροσήραγγας, να είναι 5.5 m/s. Ενώ στην περίπτωση των μέγιστων εντάσεων ανέμου η διαφορά ήταν 5.3 m/s.

6.3.2 Μετρήσεις ανέμου στην επιφάνεια της ανεμογεννήτριας και παραγόμενη ισχύς

Η ανεμογεννήτρια μας, είναι τοποθετημένη στο ένα μέτρο από την έξοδο της αεροσήραγγας και όπως είναι αναμενόμενο, η ένταση του ανέμου που θα φτάσει στην επιφάνειά της θα είναι μικρότερη από εκείνη στην έξοδο της αεροσήραγγας. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή η διάμετρος της ανεμογεννήτριας είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της αεροσήραγγας ο άνεμος που χτύπαγε τις άκρες των πτερυγίων ήταν μειωμένος περίπου κατά 20%. Αυτό όμως, δεν εμπόδισε την ανεμογεννήτρια από το να παραγάγει την μέγιστη ισχύς που αντέχει ο φορτιστής μας.



Εικόνα 6.8: Ροή ανέμου πειραματικής διάταξης

Έτσι, οι μετρήσεις πάρθηκαν με τον εξής τρόπο. Αρχικά μετρήσαμε τις ταχύτητες του ανέμου όσο πιο κοντά γινόταν στα άκρα των πτερυγίων. Όπως και στην έξοδο της σήραγγας, έτσι και εδώ χρησιμοποιήσαμε τον μέσο όρο τριών μετρήσεων ταχύτητας ανέμου. Στην συνέχεια, για κάθε μια ταχύτητα καταγράψαμε τις στροφές της ανεμογεννήτριας. Τέλος, το πολύμετρο μας έδινε τις τιμές των τάσεων και των εντάσεων, όπου ο πολλαπλασιασμός αυτών των δύο μας δίνει την τελική τιμή παραγόμενης ισχύος.

Ακολουθούν οι τιμές του πρώτου πειράματος :

Πίνακας 6.2: Πρώτες μετρήσεις στην επιφάνεια της ανεμογεννήτριας

ΙΣΧΥΣ (Watt)	ΤΑΣΗ (Volt)	ΕΝΤΑΣΗ (Amps)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (rpm)
500	14	35.7	14.5	733
472	13.3	35.5	13.8	695
446	12.5	35.7	13.3	680

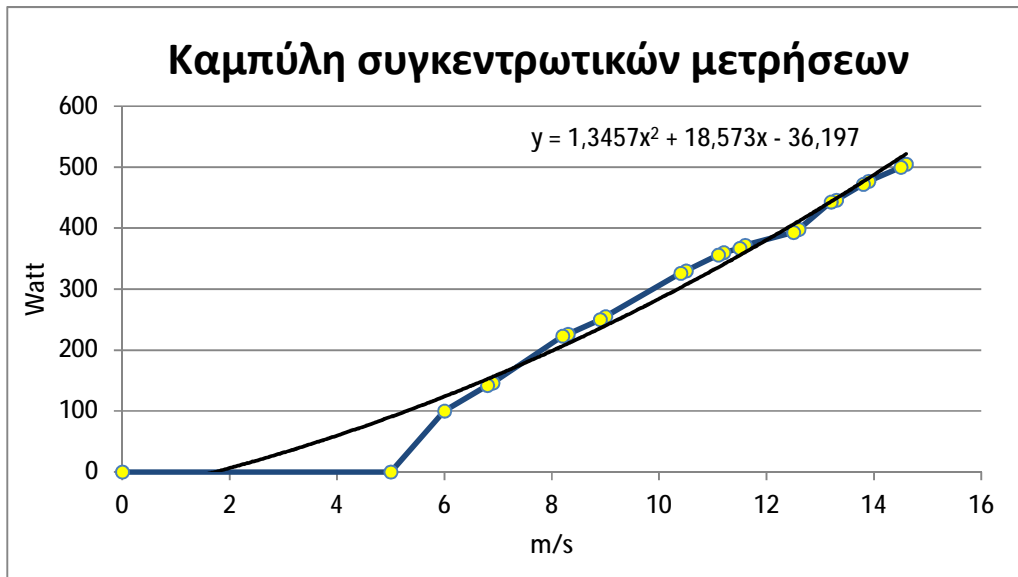
393	12.1	32.5	12.5	652
372	11.5	32.3	11.6	620
360	10.3	35.0	11.2	590
330	8.9	37.1	10.5	530
255	6.5	39.2	9	458
223	5.7	39.1	8.2	415
142	4	35.5	6.8	307
100	3.5	28.6	6	262
0	0	0	5	0
0	0	0	0	0

Στην συνέχεια επαναλαβάναμε το πείραμα για να αυξήσουμε την ακρίβεια των μετρήσεών μας:

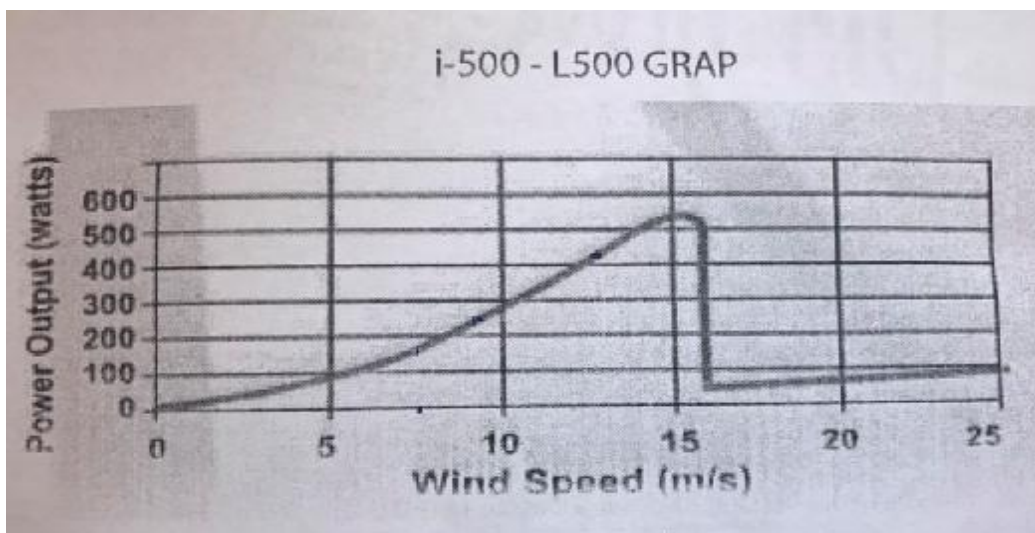
Πίνακας 6.3: Δεύτερες μετρήσεις στην επιφάνεια της ανεμογεννήτριας

ΙΣΧΥΣ (Watt)	ΤΑΣΗ (Volt)	ΕΝΤΑΣΗ (Amps)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ (m/s)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (rpm)
505	14.1	35.8	14.6	733
477	13.4	35.6	13.9	695
443	12.4	35.7	13.2	680
398	12.2	32.6	12.6	652
367	11.4	32.2	11.5	620
356	10.2	34.9	11.1	590
326	8.8	37.0	10.4	530
250	6.4	39.1	8.9	458
226	5.8	39.0	8.3	415
146	4.1	35.6	6.9	307
100	3.5	28.6	6	262
0	0	0	5	0
0	0	0	0	0

Τέλος, συγκεντρώνοντας τις παραπάνω μετρήσεις, καταλήξαμε στο εξής διάγραμμα, το οποίο και θα συγκρίνουμε με το διάγραμμα του κατασκευαστή.



Γράφημα 6.3: Καμπύλη λειτουργίας ανεμογεννήτριας/φορτιστή του πειράματος



Γράφημα 6.4: Καμπύλη λειτουργίας ανεμογεννήτριας/φορτιστή του κατασκευαστή

Οι δύο καμπύλες είναι αρκετά όμοιες όσον αφορά τις τιμές της ισχύος και της ταχύτητας του ανέμου. Ωστόσο, παρατηρήσαμε 2 βασικές διαφορές :

- Η πρώτη διαφορά είναι ότι ο κατασκευαστής έχει ως μέγιστη παραγόμενη ισχύ τα 520 Watt σε ταχύτητες ανέμου έως και 15,2 m/s. Στην δική μας περίπτωση με δυσκολία φτάσαμε τα 500 Watt σε ταχύτητες ανέμου 14,6 - 14,7 m/s, διότι ο φορτιστής, για να μην καεί, φρέναρε την ανεμογεννήτρια. Αυτές οι διαφορές στις τιμές βέβαια είναι αρκετά μικρές.
- Η δεύτερη και πιο ενδιαφέρουσα διαφορά ήταν η τιμή εκκίνησης της ανεμογεννήτριας. Ο κατασκευαστής την έχει ορίσει να είναι στα 5 m/s αλλά στην δική μας περίπτωση η ταχύτητα εκκίνησης ήταν περίπου τα 6 m/s.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέραμε και στην πειραματική διάταξη, θέλουμε να εξετάσουμε εάν η ανεμογεννήτρια μας, καλύπτει τις ανάγκες ενός μέσου σπιτιού στην Ελλάδα, ενός ιστιοφόρου ή σκάφους και μιας μπαταρίας αυτοκινήτου.

Συμπεράσματα :

A)

Το μέσο νοικοκυριό στην Ελλάδα καταναλώνει 5000 Kwh τον χρόνο. Δηλαδή 417 Kwh τον μήνα ή 14 Kwh την ημέρα. Αναλόγως την περιοχή στην οποία βρισκόμαστε, η ισχύς που θα παράγει η ανεμογεννήτρια αλλάζει δραματικά.

Έστω όμως, ότι χρησιμοποιούμε την ανεμογεννήτρια μας σε συνθήκες ανέμου 5 μποφόρ(9 m/s). Σε αυτές τις ταχύτητες η ανεμογεννήτρια μας θα δουλεύει στα 235 W (γραμμική παρεμβολή). Οπότε μέσα σε μια μέρα η θα παράγει $235 \cdot 24 = 5640$ Wh. Επομένως, θεωρητικά, θα μπορούσαμε να καλύψουμε το 40% της ημερήσιας κατανάλωσής μας.

B) Τώρα στην περίπτωση των σκαφών και ιστιοφόρων τα πράγματα, όσον αφορά τους υπολογισμούς, δυσκολεύουν. Αυτό επειδή, μπαίνουν πολλοί παράγοντες στην «εξίσωση». Για παράδειγμα, το μέγεθος του σκάφους, ο αριθμός και το είδος των συσκευών, ο χρόνος χρήσης της κάθε συσκευής και ο αριθμός των ατόμων μέσα στο σκάφος.

Δηλαδή, ένα σκάφος μπορεί να χρησιμοποιεί από 0 Kwh την ημέρα(αν είναι στάσιμο) έως και 20 Kwh την ημέρα (ίσως και παραπάνω). Εφόσον λοιπόν, δεν μιλάμε για στάσιμο ιστιοφόρο, στην θάλασσα, θα συναντούσαμε σίγουρα ταχύτητες ανέμων 5, 6 και 7 μποφόρ (εν κινήσει). Έτσι αν θεωρήσουμε ξανά ότι χρειαζόμαστε 14000Wh την ημέρα και η ταχύτητα ανέμου που χτυπάει την ανεμογεννήτρια είναι 11.6 m/s (6 μποφόρ), θα παράγουμε 8930 Wh ανά ημέρα.

Επίσης, εάν δεν φτάνει αυτή η παραγόμενη ενέργεια για κάποιον, παρατηρούμε πολλές φορές να χρησιμοποιούνται 2 ανεμογεννήτριες ή να χρησιμοποιούνται ηλιακοί συλλέκτες σε συνδυασμό με την μία ανεμογεννήτρια.



Εικόνα 7.1: Ανεμογεννήτρια σε ιστιοφόρο

Γ) Τέλος, το πιο απλό παράδειγμα είναι η φόρτιση μιας μπαταρίας αυτοκινήτου. Στην περίπτωση μας, έχουμε μία μπαταρία 12V και 33Ah. Αυτό σημαίνει ότι εάν φορτίζουμε την μπαταρία με ένταση 33A , τότε θεωρητικά θα φορτίσει πλήρως σε μία ώρα. Αυτό όμως ισχύει μόνο εάν ο φορτιστής μας έχει 100% αποδοτικότητα, πράγμα σπάνιο, αν όχι αδύνατο.

Επομένως, η φόρτιση της μπαταρίας, αναλόγως βέβαια και την ταχύτητα του ανέμου αναμένεται να πάρει από 1,5 έως 3 ώρες.

Η ανεμογεννήτρια που χρησιμοποιήσαμε επιλέχθηκε λόγω του μικρού μεγέθους της και παράλληλα λόγω των ικανοποιητικών χαρακτηριστικών της. Το αναφέρουμε αυτό, διότι όπως είδαμε και παραπάνω η συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμη σε διάφορες καταστάσεις.

Αξιοσημείωτο είναι ότι η αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη και ότι η επένδυση για μια τέτοια εγκατάσταση φαντάζει μικρή μπροστά στο ποσό που θα εξοικονομηθεί στα επόμενα χρόνια μετά την εγκατάσταση. Επιπλέον, τα λειτουργικά έξοδα και η συντήρηση για συστήματα μικρής ισχύος είναι πολύ λίγα με συνέπεια να γίνονται ολοένα και πιο ελκυστικά.

Τέλος, οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την εγκατάσταση μιας οικιακής ανεμογεννήτριας θεωρούνται μικρές έως και μηδενικές αφού αποφεύγονται οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που αποσταθεροποιούν το παγκόσμιο κλίμα.

Επομένως, καταλαβαίνουμε πόσο σημαντικό ρόλο παίζουν οι Α.Π.Ε τόσο στον οικονομικό όσο και στον περιβαλλοντικό τομέα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<https://www.windpowerengineering.com/business-news-projects/cracking-icing-problem-turbine-blades/>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1#%CE%97%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1>

<https://el.wikipedia.org/wiki/Ανεμογεννήτρια>

<https://medilab.pme.duth.gr/invonio/operating-principle.html>

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CMNG2123/2015/%CE%91%CE%9D%CE%9F%CE%99%CE%9A%CE%A4%CE%91%20%CE%9C%CE%91%CE%98%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%94%CE%9F%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%206%20%20%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%94%CF%85%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C.pdf>

<https://medilab.pme.duth.gr/invonio/history.html>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%BD%CE%B5%CE%BC%CE%BF%CF%82>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Anemometer>

<http://www.cres.gr/kape/kidsol/wind/34.htm>

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=287>

http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_wind.htm

<http://ape1epalsyrou.weebly.com/alphanuepsilonmuomicrongammaeplonnunu942taurhoiotaepsilonsigmaf.html> **

<https://www.energy.gov/eere/wind/inside-wind-turbine-0> **

<http://medilab.pme.duth.gr/invonio/operating-principle.html>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1>

<http://www.worldatlas.com/articles/countries-with-the-highest-installed-wind-power-capacity.html>

<http://www.geogroup.co.za/factors-to-consider-when-establishing-a-wind-farm>

http://www.agmrc.org/media/cms/10stwf_fs_8EF50C47B61F5.pdf

<http://www.anemogennitria.gr/horizontal-vs-vertical.htm>

<https://www.wind-energy-the-facts.org/wake-effect.html>

<http://ezinearticles.com/?What-Is-the-Difference-Between-Horizontal-and-Vertical-Wind-Generators?&id=5595037>

<http://www.technologystudent.com/energy1/wind1.htm>

<http://www.helmepacadets.gr/files/YperaktiaAiolikaParka.pdf>

<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Offshore-Statistics-2017.pdf>

<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2017.pdf>

<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Offshore-Statistics-2016.pdf>

<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2016.pdf>

<http://www.windmeasurementinternational.com/wind-turbines/om-turbines.php>

<https://www.slideshare.net/windturbinesnet/factors-affecting-wind-turbine-efficiency-7146602>

<https://wind-data.ch/tools/weibull.php?v0=0.00&v1=0.02&v2=0.05&v3=0.10&v4=0.20&v5=0.40&v6=1.00&v7=2.20&v8=4.00&v9=6.40&v10=8.2&v11=10&v12=12.14&v13=14.14&v14=15.79&v15=14.20&v16=7.80&v17=2.70&v18=1.20&v19=0.70&abfrage=Refresh>

<https://energypress.gr/news/iraklis-mathiopoylos-ola-osa-prepei-na-xerete-gia-tis-mikres-anemogennitries>

<http://www.desmie.gr/ape-sithya/adeiodotiki-diadikasia-kodikopoiisi-nomothesias-ape/periechomena/timologisi-energeias-apo-ape/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_wind_power#Land_use

<http://windeis.anl.gov/guide/concern/index.cfm>

<https://www.eea.europa.eu/airs/2018/resource-efficiency-and-low-carbon-economy/greenhouse-gas-emission>

https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_farm#Experimental_and_proposed_wind_farms

