

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΙΚΡΗΣ  
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΣΕ ΟΙΚΙΑ ΣΤΗΝ ΠΑΤΡΑ»**

ΚΟΤΤΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Κρουστάλλη Ανθούλα

ΠΑΤΡΑ 2012

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην υλοποίηση της τοποθέτησης μικρής ανεμογεννήτριας σε μια οικιακή μονάδα στην περιοχή της Πάτρας.

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 συγκεκριμένη ανεμογεννήτρια, η οποία θα χρησιμοποιηθεί είναι ισχύος 2 kW και προκύπτει μέσω υπολογισμών έχοντας υπόψη μας την μέση ταχύτητα ανέμου στη πόλη της Πάτρας.

Σε αντίθεση με τις μεγάλες ανεμογεννήτριες που κατά κανόνα συναντώνται σε αιολικά πάρκα, οι μικρές ανεμογεννήτριες είναι απλουστευμένα συστήματα μικρού μεγέθους που κάνουν προσιτή την ηλεκτρική παραγωγή, τα περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά οφέλη της αιολικής ενέργειας στο ευρύτερο κοινό. Πέρα από τις οικίες, βρίσκουν εφαρμογή σε σχολεία και πανεπιστήμια, αντλιοστάσια, απομακρυσμένους σταθμούς και σε αγροτικές/ βιομηχανικές περιοχές. Παράλληλα, μπορεί να αποτελέσουν μέρος της πολιτικής μιας εταιρείας για εταιρική κοινωνική ευθύνη.

Σε πολλές από τις παραπάνω εφαρμογές ο ρόλος τους είναι ζωτικός εφόσον πρόκειται για αυτόνομα ενεργειακά συστήματα ενώ σε άλλες απλά χρησιμοποιούνται ως διασυνδεδεμένα συστήματα για παραγωγή και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας. Η τελευταία κατηγορία παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, καθώς λαμβάνει εγγυημένη επιδότηση από το διαχειριστή του ηλεκτρικού συστήματος και αποτελεί μια σίγουρη επιλογή για επενδύσεις.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Λίγο έως πολύ η αιολική ενέργεια είναι γνωστή στους περισσότερους από εμάς. Μόνο που μέχρι τώρα, είχε ταυτιστεί με τα μεγάλα αιολικά πάρκα και τις τεράστιες ανεμογεννήτριες οι οποίες εγκαθίστανται κυρίως σε μεγάλες και απομακρυσμένες εκτάσεις. Ωστόσο, αιολική ενέργεια μπορεί να παραχθεί και από τις λεγόμενες μικρές ή οικιακές ανεμογεννήτριες, οι οποίες μπορεί σε άλλες χώρες να είναι πολύ δημοφιλείς και διαδεδομένες, αλλά στην Ελλάδα μέχρι πρότινος παρέμεναν άγνωστες, κυρίως, διότι δεν υπήρχε ένα συγκεκριμένο νομοθετικό πλαίσιο ενώ δεν είχαν θεσπιστεί ούτε οικονομικά κίνητρα για την εγκατάστασή τους. Καταρχήν, όπως και οι μεγάλες ανεμογεννήτριες, οι μικρές Α/Γ εκμεταλλεύονται την ενέργεια του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μεγέθη των μικρών ή οικιακών ανεμογεννητριών ποικίλουν, ξεκινώντας από οικιακής εγκατάστασης ανεμογεννήτριες με διάμετρο μικρότερης του 1m και ισχύος μικρότερης του 1 kW, μέχρι ανεμογεννήτριες διαμέτρου 20 m και ισχύος 50 kW.

Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι στην κατηγορία των μικρών ανεμογεννητριών μπορούν να ενταχθούν και Α/Γ μεγαλύτερης ισχύος, ωστόσο, βάσει της νομοθεσίας, εκείνες που είναι μέχρι 50kW λαμβάνουν την προνομιακή τιμή για το ρεύμα που παράγουν.

Στην συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζουμε τα χαρακτηριστικά των μικρών ανεμογεννητριών και μέσα από μια διαδικασία υπολογισμών, καταλήγουμε στην επιλογή της κατάλληλης ανεμογεννήτριας ώστε να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες μια οικιακής μονάδας στην Πάτρα.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικά αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά. Ονομάζεται αιολική, γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου. Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και 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.

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 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 είναι κατασκευασμένος 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.

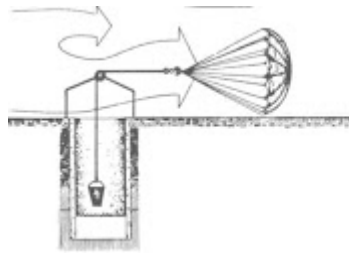
## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	4
1. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ .....	6
1.1 ΈΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ .....	6
1.2 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ .....	10
1.3 ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ .....	12
1.4 ΤΥΠΟΙ ΔΡΟΜΕΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΟΡΦΗ ΤΟΥΣ-ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ .....	16
1.5 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ .....	19
1.5.1 Μέγεθος ανεμοκινητήρα .....	19
1.5.2 Σύστημα Αύξησης Στροφών (Σ.Α.Σ) .....	19
1.5.3 Σύστημα πέδησης άξονα-δρομέα .....	20
1.5.4 Ελαστικοί σύνδεσμοι .....	21
1.6 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ – ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ .....	21
1.7 ΠΥΡΓΟΣ .....	22
2. ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΕΣ .....	25
2.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ .....	25
2.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ VS ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΝΕΛ .....	26
2.3 ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ .....	29
2.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΞΟΝΑ ..	33
3. ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ .....	35
3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ .....	35
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	36
3.2.1 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ .....	39
3.2.2 ΔΟΝΗΣΕΙΣ .....	41
3.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ .....	42
3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΙΑΣ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ .....	44
4. ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΣΕ ΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΠΑΤΡΑ .....	54
4.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ .....	54
4.3 ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΙΜΩΝ ΛΟΓΩ ΑΠΩΛΕΙΩΝ .....	70
4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ .....	73
5. ΕΓΓΡΑΦΑ/ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΤΙΚΑ – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ .....	78
5.1 ΕΓΓΡΑΦΑ/ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΤΙΚΑ .....	78
5.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	79
5.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ .....	80
6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	84

# 1. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

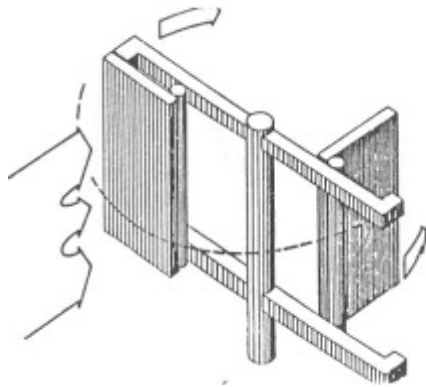
## 1.1 ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

Η έρευνα πάνω σε θέματα αιολικής ενέργειας καθώς και η εξέλιξη της τεχνολογίας είχαν σαν αποτέλεσμα οι σημερινοί αεροκινητήρες να μοιάζουν ελάχιστα ή και καθόλου με τους παραδοσιακούς ανεμόμυλους. Χαρακτηριστική είναι η διαφορά που υπάρχει στην αρχή λειτουργία τους. Οι παραδοσιακοί ανεμόμυλοι κινούνται είτε με τη βοήθεια της αντίστασης των πτερυγίων τους στον άνεμο, είτε με (κακή) εκμετάλλευση της άνωσης που ασκείται πάνω τους.

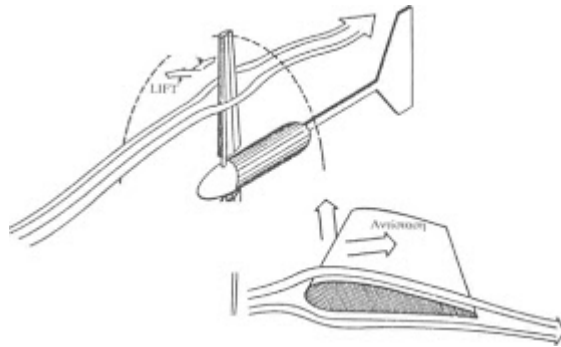


Εικόνα 1 : Εκτέλεση έργου με εκμετάλλευση της αεροδυναμικής αντίστασης

Στους σύγχρονους ανεμοκινητήρες η κίνηση οφείλεται κατά κύριο λόγο στην άνωση. Η υπεροχή των σημερινών μονάδων γίνεται προφανής, αν ληφθεί υπ' όψη ότι σε μια αεροτομή, η άνωση μπορεί να γίνει υπερδεκαπλάσια της αντίστασης.

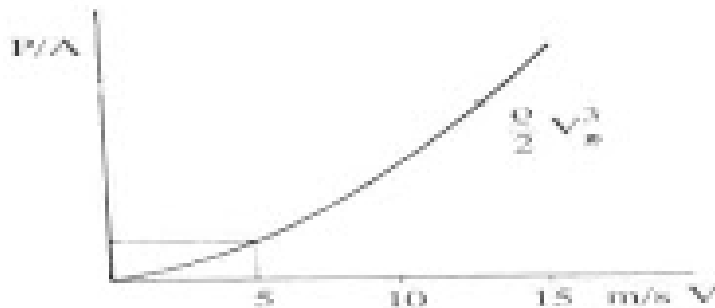


**Εικόνα 2 : Εκμετάλλευση αντίστασης για παραγωγή έργου**



**Εικόνα 3 : Εκμετάλλευση άνωσης για παραγωγή έργου**

Ο βαθμός απόδοσης  $C_p$  που χαρακτηρίζει τους ανεμοκινητήρες και που ονομάζεται και συντελεστής ισχύος ορίζεται ως:  
 $C_p = P / (1/2 \rho V^3 A)$

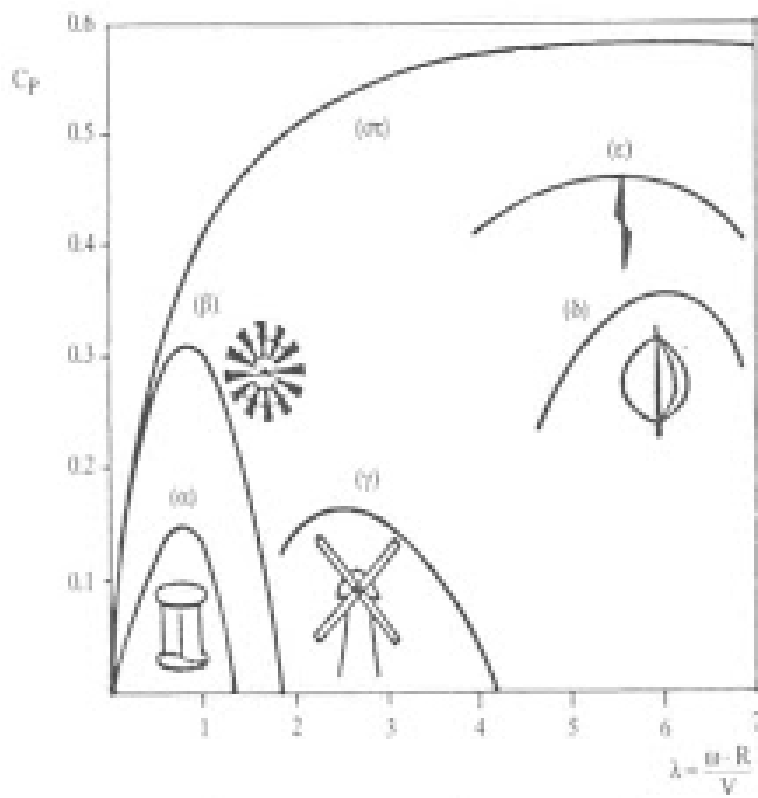


Εικόνα 4 : Κυβική σχέση ισχύος

Κυβική σχέση ισχύος ορίζεται η κατάσταση λειτουργίας του δρομέα ταχύτητας του ανέμου, κατά την οποία,  $P$  η ισχύς που αποδίδεται από τον αεροκινητήρα ως προς την ισχύ που έχει ο άνεμος ταχύτητας  $V$  και που περνάει από τον αεροκινητήρα μετωπικής επιφάνειας  $A$  ( $\rho$  πυκνότητα του αέρα). Η ισχύς του ανέμου ανά τετραγωνικό μέτρο μετωπικής επιφάνειας (αεροκινητήρα) είναι ανάλογη του κύβου της ταχύτητας του ανέμου. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει αυτή τη τυπική μεταβολή.

Στην παρακάτω εικόνα δίνονται τυπικές καμπύλες του συντελεστή ισχύος, για διάφορα είδη αεροκινητήρων. Φαίνεται καθαρά ότι οι σύγχρονοι ανεμοκινητήρες υπερέχουν των παραδοσιακών, διότι παρουσιάζουν μεγαλύτερους συντελεστές ισχύος και μάλιστα σε μεγάλες τιμές καταστάσεως λειτουργίας (μεγάλη περιφερειακή ταχύτητα του δρομέα). Να σημειωθεί ότι ο μέγιστος συντελεστής ισχύος αεροκινητήρα είναι στην ιδανικότερη των περιπτώσεων περίπου 59%.



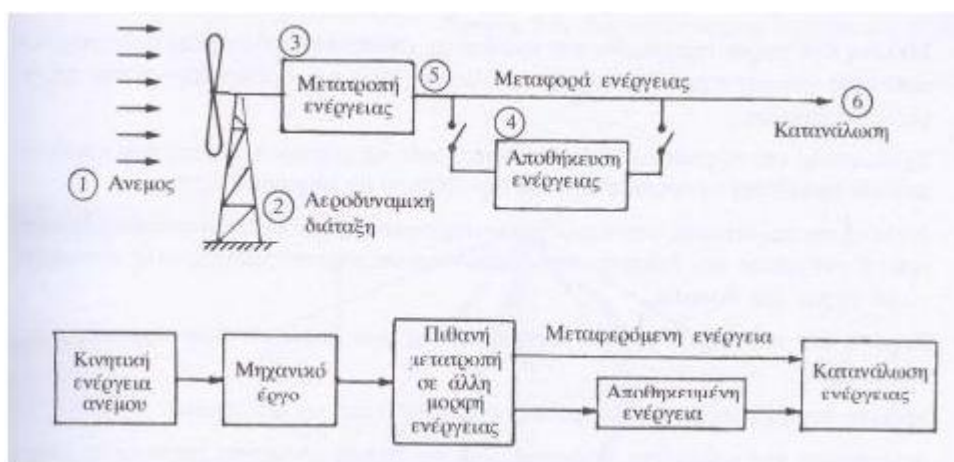


Εικόνα 5 : Συντελεστής ισχύος ως συνάρτηση της ταχύτητας ακροπτερυγίου.

## 1.2 ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Ο ανεμοκινητήρας από την εποχή της εμφάνισης του μέχρι σήμερα έχει περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο του (οριζόντιου ή κατακόρυφου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματα του (πτερύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργο, αυτοματισμούς, γεννήτρια κλπ). Εξελίξεις έχουν επίσης σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από τον ανεμοκινητήρα, σε άλλη «αναβαθμισμένη» μορφή ενέργειας.

Μια εικόνα των βασικών μερών που αποτελούν μια διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας καθώς και της ροής ενέργειας, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 6 : Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας

Η διάταξη αυτή είναι μια γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια μιας αεροδυναμικής διάταξης (πχ. μιας έλικας). Αυτό το μηχανικό έργο, μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμο επί τόπου (π.χ. άντληση νερού). Στη γενικότερη όμως περίπτωση απαιτείται η μετατροπή του σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας, είτε γιατί δεν χρειαζόμαστε μόνο μηχανικό έργο,

είτε γιατί ο τόπος της κατανάλωσης δεν συμπίπτει με τον τόπο που είναι εγκατεστημένος ο ανεμοκινητήρας. Δηλαδή απαιτείται η μεταφορά της δεσμευόμενης αιολικής ενέργειας. Σ' αυτήν την περίπτωση η πιο πρόσφορη διάταξη είναι εκείνη που μετατρέπει το μηχανικό έργο σε άλλη μορφή ενέργειας, που μπορεί να μεταφέρεται εύκολα και αποδοτικά στο τόπο της κατανάλωσης.

Εδώ και πολύ καιρό οι περισσότερες έρευνες στρέφονται προς τη κατεύθυνση της μετατροπής του μηχανικού έργου του δρομέα του ανεμοκινητήρα σε ηλεκτρική ενέργεια, λόγω της εύκολης μεταφοράς της ή της παραγωγής επί τόπου υδρογόνου (με ηλεκτρόλυση) που μπορεί να αποθηκευτεί ή να μεταφερθεί και να καεί ως αέριο καύσιμο. Η τελευταία περίπτωση αποτελεί ίσως και την βέλτιστη από πολλές απόψεις, πρόταση αξιοποίησης γενικότερα των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, δεδομένου ότι είναι οικολογικά αποδεκτή, διότι με την καύση του υδρογόνου παράγεται μόνο νερό.

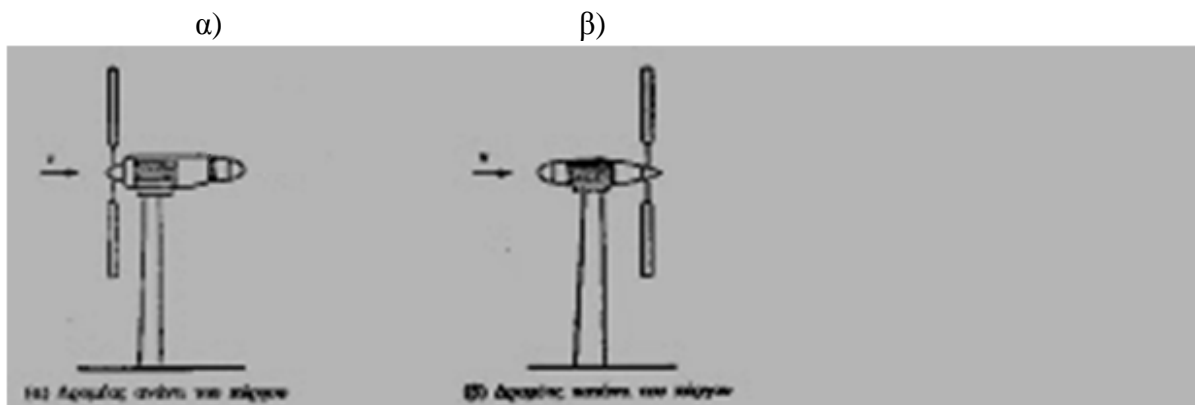
Είναι γνωστές οι μεγάλες διακυμάνσεις της ενέργειας του ανέμου με το χρόνο. Είναι επίσης γεγονός, ότι πολλές φορές δεν πνέει καθόλου άνεμος για ορισμένα χρονικά διαστήματα. Αυτά έχουν ως συνέπεια χρονική ασυμφωνία μεταξύ ζήτησης και παραγωγής ενέργειας. Η λύση στο πρόβλημα βρίσκεται βασικά στην αποθήκευση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

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός πλήρους συστήματος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας περιλαμβάνει:

1. Μελέτη των χαρακτηριστικών του ανέμου με σκοπό την εκλογή της βέλτιστης τοποθεσίας για την εγκατάσταση του ανεμοκινητήρα και την πρόβλεψη της παραγωγής ενέργειας.
2. Σχεδιασμός της αεροδυναμικής διάταξης, που να μετατρέπει κατά τον αποδοτικότερο τρόπο την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανικό έργο.
3. Μελέτη της περίπτωσης μετατροπής του μηχανικού έργου σε άλλη πιο συμφέρουσα μορφή ενέργειας και βέλτιστο σχεδιασμό του συστήματος μετατροπής του μηχανικού έργου του δρομέα.
4. Εύρεση του καλύτερου τρόπου αντιμετώπισης των διακυμάνσεων της ενέργειας του ανέμου.
5. Μελέτη του βέλτιστου τρόπου μεταφοράς ενέργειας, αν απαιτείται.
6. Διερεύνηση της καλύτερης προσαρμογής της μεταβαλλόμενης παραγωγής ενέργειας του συστήματος προς την κατανάλωση.

Οι λέξεις «καλύτερος», «βέλτιστος», υποδηλώνουν βελτιστοποίηση τόσο από τεχνικής όσο και -κυρίως- οικονομικής σκοπιότητας. Μία οποιαδήποτε επιστημονική έρευνα ή και βέλτιστη διάταξη αιολικής εγκατάστασης, θα έχανε το μεγαλύτερο μέρος της αξίας της, αν στους στόχους της δεν είχε να καταστήσει την αιολική ενέργεια οικονομικά ανταγωνιστική με τις άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας.

### 1.3 ΤΥΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ



Εικόνα 7 : α) Ανεμοκινητήρας με τον δρομέα μπροστά από τον πύργο

Εικόνα 7 : β) Ανεμοκινητήρας με τον δρομέα πίσω από τον πύργο

Ο περιστρεφόμενος μηχανισμός τέτοιων μηχανών, που καλείται δρομέας, μπορεί να έχει από ένα πτερύγιο (μονόπτερος) μέχρι 30 ή και περισσότερα (πολύπτερος). Σε σχέση με τη θέση του δρομέα ως προς τον πύργο στήριξης και τη διεύθυνση του ανέμου, οι ανεμοκινητήρες αυτού του τύπου μπορούν να έχουν τον δρομέα μπροστά από τον πύργο (ανάτη) ή πίσω (κατόπι).

Για τη μεγιστοποίηση δέσμευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου, απαιτείται το επίπεδο του δρομέα του ανεμοκινητήρα να είναι κάθετο στην κατεύθυνση του ανέμου. Για το σκοπό αυτό στους μεν μικρής ισχύος ανεμοκινητήρες (και στον ανάτη τύπο) υπάρχει συνήθως πτερύγιο που ευθυγραμμίζει τον άξονα του δρομέα στον άνεμο, στους δε μεγάλους ανεμοκινητήρες εφαρμόζονται συστήματα αυτόματης ρύθμισης της σωστής θέσης του δρομέα ως προς τον άνεμο μέσω σερβομηχανισμού.

Σερβομηχανισμός ορίζεται το μηχανικό σύστημα, στο οποίο ένα ορισμένο μέγεθος μηχανικής φύσης (μέγεθος εξόδου ή έξοδος) εξαρτάται, δηλαδή ακολουθεί πιστά τις μεταβολές ενός άλλου μεταβλητού μεγέθους (μέγεθος εισόδου ή είσοδος). Γι' αυτό τον σκοπό ο σ. συγκρίνει την τρέχουσα τιμή της εξόδου με την επιθυμητή τιμή της. Αν υπάρχει ένα σφάλμα, δηλαδή μια διαφορά μεταξύ των δύο τιμών, το σύστημα δρα επί του μεγέθους εξόδου για να μειώσει ή να εκμηδενίσει το σφάλμα αυτό. Οι σ., μαζί με τα συστήματα ρύθμισης, ανήκουν στη μεγαλύτερη κατηγορία των σερβοσυστημάτων. Ο σ. αποτελείται κανονικά από έναν συγκριτή, ικανό να ανιχνεύσει το σφάλμα, και έναν ενισχυτή, που δίνει ενέργεια στον κινητήρα, τόση όση είναι αναγκαία για την εξάλειψη του σφάλματος. Ο κινητήρας (σερβοκινητήρας) μεταβάλλει με τη σειρά του τη θέση των κινητών μερών, κατανικώντας την αντίσταση

που του αντιτίθεται από τις διατάξεις επί των οποίων δρα (τριβές, αδράνειες κλπ.). Οι σ. μπορούν να διακριθούν σε σ. με διακοπτόμενη δράση (ονομάζονται επίσης «όλα ή τίποτε»), οι οποίοι αντιλαμβάνονται μόνο την ύπαρξη και το πρόσημο του σφάλματος και στους οποίους η απλότητα και η οικονομία κατασκευής υπερισχύουν επί της ακριβείας, και σ. συνεχούς δράσης, οι οποίοι αντιλαμβάνονται όχι μόνο την ύπαρξη και το πρόσημο του σφάλματος αλλά και το μέγεθός του. Οι σ. αυτοί είναι πολύ πιο ακριβείς από τους προηγούμενους. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ενός σ. είναι η ταχύτητα απόκρισης, η ευστάθεια, η ευαισθησία και η ακρίβεια της απόκρισης με τις μεταβολές της εντολής εισόδου.

Ένα άλλο κριτήριο κατάταξης των σ. βασίζεται επί του τύπου του σερβοκινητήρα, ο οποίος μπορεί να είναι υδραυλικός, με πεπιεσμένο αέρα, μηχανικός, ηλεκτρικός, μεικτός. Στην αεροναυτική, ο αυτόματος πιλότος είναι ένα παράδειγμα εφαρμογής ενός ή περισσότερων σ., οι οποίοι, σε συνάρτηση ορισμένων χαρακτηριστικών της κίνησης του αεροσκάφους, ασκούν δράσεις επί των οργάνων χειρισμού, τέτοιες ώστε να διατηρούν τις μεταβολές αυτές μέσα σε περιορισμένα όρια. Παραδείγματα εφαρμογής σ. στην αυτοκινητιστική τεχνική είναι το σερβόφρενο και το σερβοτιμόνι. Αυτά συνήθως εφαρμόζονται στα βαρέα οχήματα για την πέδηση και τη στροφή, επειδή απαιτούν σημαντικές δυνάμεις.

Ανάλογα με τη δραστηριοποίηση των φρένων, τα σερβόφρενα διαιρούνται σε μηχανικά, με πεπιεσμένο αέρα και με υποπίεση. Τα πρώτα εκμεταλλεύονται για την πέδηση την ορμή του ίδιου του οχήματος: αποτελούνται από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο στερεωμένο στον άξονα μετάδοσης της κίνησης και από μια ταινία τριβής, η οποία ωθείται, με ισχύ ανάλογη προς τη δύναμη που εξασκείται από το πεντάλ του φρένου, επί του τυμπάνου. Έτσι η ταινία κινεί, με το ενδιάμεσο ενός συστήματος μοχλών, τις άρπαγες των φρένων. Τα αερόφρενα, αντίθετα, χρησιμοποιούν την ενέργεια πεπιεσμένου αέρα, η οποία αποθηκεύεται σε δοχεία όπου υπάρχει υποπίεση. Όταν πιεστεί το πεντάλ του φρένου, ανοίγει μια βαλβίδα η οποία θέτει σε επικοινωνία το δοχείο με τους κυλίνδρους που ελέγχουν την πέδηση. Τα σερβοτιμόνια είναι συνήθως του τύπου αέρα με πίεση. Σε αυτά, η περιστροφή του πηδαλίου προκαλεί άνοιγμα μιας βαλβίδας τοποθετημένης μεταξύ ενός δοχείου ελαίου υπό πίεση και ενός κυλίνδρου που ελέγχει τον άξονα του πηδαλίου.

Κατάλληλες διατάξεις φροντίζουν ώστε η βαλβίδα να κλείνει μόλις τελειώσει η περιστροφή του πηδαλίου. Στους «μικρούς» ανεμοκινητήρες, με το δρομέα κατάντη δεν τοποθετείται πτερύγιο προσανατολισμού, γιατί το κουβούκλιο που καλύπτει τα εξαρτήματα της διάταξης μετατροπής της ενέργειας του δρομέα έχει τέτοιο σχήμα, ώστε το ίδιο να αποτελεί πτερύγιο προσανατολισμού.

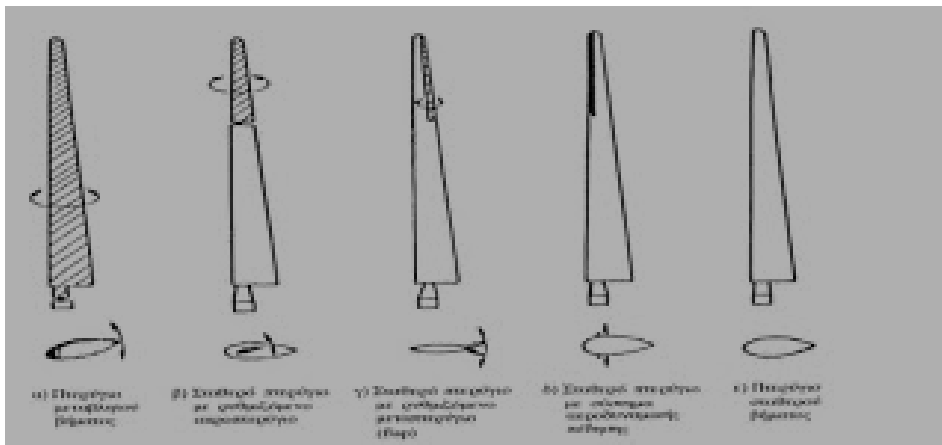


**Εικόνα 8 : Δρομέας-πτερύγιο προσανατολισμού**

Ο πύργος στήριξης του ανεμοκινητήρα μπορεί να είναι σωληνωτού τύπου, ή τύπου δικτυωτού. Οι δύο αυτοί τύποι είναι αυτοστηριζόμενοι, ενώ ο τρίτος τύπος λεπτής κολώνας, απαιτεί πρόσδεση με συρματοσχοίνα.

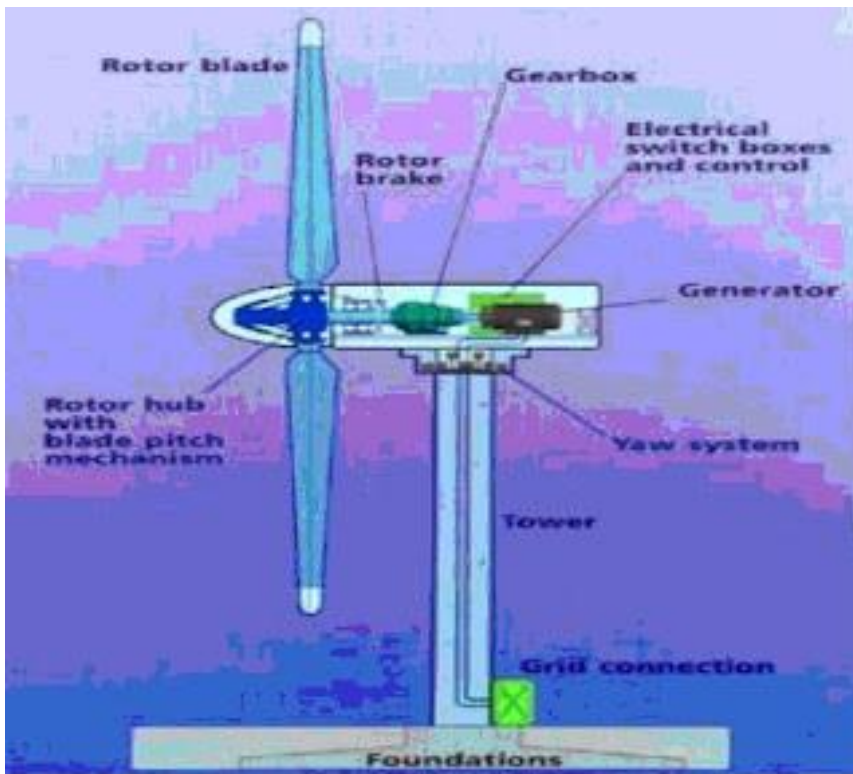
Ο δρομέας του ανεμοκινητήρα δεν πρέπει να ξεπερνάει κάποια μέγιστη γωνιακή ταχύτητα, για λόγους προστασίας των πτερυγίων από μηχανικές καταπονήσεις που προέρχονται από φυγόκεντρες δυνάμεις. Για την προστασία έναντι υπερτάχυνσης έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αυτοματισμοί, όπως λειτουργία αεροπέδης στα ακροπτερύγια του δρομέα, γωνιακή στροφή του δρομέα ως προς τη διεύθυνση πνοής του ανέμου κ.λπ.

Στην περίπτωση ανάγκης πέδησης του δρομέα, είτε γιατί επιταχύνθηκε ο δρομέας (π.χ. δεν λειτούργησε η αεροπέδη των ακροπτερυγίων) είτε υπάρχει υπερβολική ταχύτητα ανέμου είτε ακόμα μηδενική ενεργειακή ζήτηση (π.χ. διακοπή ΔΕΗ), χρησιμοποιείται αυτόματης ενέργειας πέδη (fail safe) ασφάλειας αστοχίας τύπου δίσκου που ενεργεί, είτε στον χαμηλόστροφο άξονα του δρομέα (πριν από το κιβώτιο ταχυτήτων), είτε στον υψηλόστροφο (μετά το κιβώτιο ταχυτήτων).



**Εικόνα 9 : Μέθοδοι ρύθμισης βήματος - ισχύος Α/Κ.**

Το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας του δρομέα σε άλλη μορφή ενέργειας, στεγάζεται μέσα στο κουβούκλιο της μηχανής και συνήθως βρίσκεται πάνω στον πύργο του ανεμοκινητήρα, ενώ στις περιπτώσεις απ' ευθείας χρήσης της μηχανικής ενέργειας του δρομέα π.χ. για άντληση νερού, το κιβώτιο ταχυτήτων βρίσκεται κάτω στη βάση του πύργου και από την κορυφή του πύργου μέχρι κάτω κατεβαίνει ο άξονας κίνησης, συνήθως σε υψηλότερες στροφές απ' αυτές του δρομέα.



Εικόνα 10 : Δρομέας

Ο σχεδιασμός του δρομέα είναι ίσως το πιο βασικό ζήτημα στη σχεδίαση του όλου συστήματος. Στόχος είναι να βρεθεί ένας βέλτιστος συνδυασμός των διαφόρων παραμέτρων που συνθέτουν τον δρομέα: ταχύτητα περιστροφής, διάμετρος δρομέα, αριθμός πτερυγίων, κατανομή πλάτους πτερυγίου, κατάλληλη αεροτομή ή αεροτομές, συστροφή, μέσο γεωμετρικό βήμα.

Στο συγκεκριμένο σημείο θα αναφερθούμε στα κριτήρια επιλογής είναι η μεγιστοποίηση της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας και η ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής της. Η διάμετρος του δρομέα θα εξαρτηθεί από την απαιτούμενη ονομαστική ισχύ της μηχανής και το αιολικό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης του ανεμοκινητήρα.

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

#### **1.4 ΤΥΠΟΙ ΔΡΟΜΕΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΟΡΦΗ ΤΟΥΣ-ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ**

(α) Δρομείς με πολλά λεπτά πτερύγια (πολυπτέρυγους)

Χαρακτηριστικό των δρομέων αυτών είναι η μικρή διάμετρος, η μικρή περιφερειακή ταχύτητα και η μεγάλη ροπή. Στο παρελθόν κατασκευάστηκαν σε βιομηχανική κλίμακα (οι γνωστοί Αμερικανικοί πολυπτέρυγοι ανεμόμυλοι) και βρήκαν πλατιά εφαρμογή για άντληση νερού. Η κατασκευή τέτοιων ανεμοκινητήρων καθώς και η έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή τείνουν να εγκαταλειφθούν για πολλούς λόγους, όπως ο μικρός συντελεστής ισχύος και η μικρή διάμετρος που μπορούν να κατασκευαστούν.

(β) Δρομείς με λίγα πτερύγια

Οι δρομείς αυτοί έχουν συνήθως δύο ή τρία πτερύγια (τελευταία κατασκευάστηκαν δρομείς με ένα πτερύγιο, μονόπτερος). Έχουν τη μορφή των πτερυγίων των ελίκων των αεροσκαφών με αρκετή συστροφή από τη βάση μέχρι το ακροπτερύγιο και μεταβαλλόμενη χορδή με λέπτυνση προς το ακροπτερύγιο. Η τεχνολογία κατασκευής του είναι παρόμοια με εκείνη των ελίκων αεροπλάνων, δανείζεται δε και μερικά στοιχεία από εκείνη του δρομέα των ελικοπτέρων. Τα βασικά χαρακτηριστικά του δρομέα είναι ο μεγάλος συντελεστής ισχύος και η βέλτιστη λειτουργία του σε μεγάλο σχετικά λόγο ταχυτήτων ακροπτερυγίου λ. Οι παλαιότεροι δρομείς είχαν πλατιά πτερύγια, ενώ οι σύγχρονοι δρομείς, λόγω αεροδυναμικής βελτιστοποίησης, έχουν λεπτά πτερύγια. Οι αεροτομές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των πτερυγίων είναι σύγχρονες αεροτομές που παρουσιάζουν μεγάλο



συντελεστή άνωσης σε μικρές σχετικά γωνίες πρόσπτωσης ενώ συγχρόνως διατηρούν χαμηλό συντελεστή αντίστασης σε ευρεία περιοχή γωνιών πρόσπτωσης.

Οι δρομείς αυτοί είναι πιο πολύστροφοι από τους πολυπτέρυγους δρομείς και ελαφρώς οικονομικότεροι, παρουσιάζουν δε ευκολία στην επιτόπου συναρμολόγηση του ανεμοκινητήρα. Γενικά ο τρίπτερος δρομέας είναι κατά 5% περισσότερο αποδοτικός από τον δίπτερο και τα φορτία που ενεργούν σε κάθε πτερύγιο είναι μικρότερα, είναι όμως ακριβότερος. Αντίθετα ο μονόπτερος δρομέας είναι φθηνότερος, έχει 10% μικρότερη ενεργειακή απόδοση από τον δίπτερο, αλλά έχει θορυβώδη λειτουργία και η ζυγosityση του παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα.

### Υλικά πτερυγίων

Τα υλικά κατασκευής των πτερυγίων των δρομένων δεν έχουν ακόμα ξεκαθαριστεί εντελώς. Στους μικρούς ανεμοκινητήρες χρησιμοποιούνται κυρίως πολυουρεθάνη, υαλόνημα και ξύλο, υλικά που δεν υποφέρουν από διάβρωση αλλά έχουν όμως άγνωστη συμπεριφορά σε εναλλασσόμενη φόρτιση, φόρτιση που οδηγεί σε πρόωρη γήρανση του υλικού. Στους μεσαίου μεγέθους δρομείς χρησιμοποιούνται υαλονήματα με εναλλαγή της κατεύθυνσης των υαλονημάτων σε πολλαπλές στρώσεις, ενώ στους μεγάλου μεγέθους ανεμοκινητήρες χρησιμοποιείται πιο ανεπτυγμένη τεχνολογία όπως είναι η τεχνολογία των ελίκων των αεροσκαφών ή ακόμα και ξύλο ή και τεχνολογία πτερύγων αεροσκαφών.

### Το βήμα του πτερυγίου

Υπάρχουν δρομείς με πτερύγια μεταβλητού βήματος και σταθερού βήματος. Η μηχανική ρύθμιση ισχύος σε μία ανεμογεννήτρια έχει ως σκοπό να εξισορροπεί, για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από την ονομαστική, την ισχύ την παραγομένη από την πτερύγωση με την ονομαστική ισχύ της εγκατάστασης (π.χ. γεννήτριας), ώστε η εγκατάσταση να μην υπερφορτίζεται.

### Τρόποι μηχανικής ρύθμισης ισχύος:

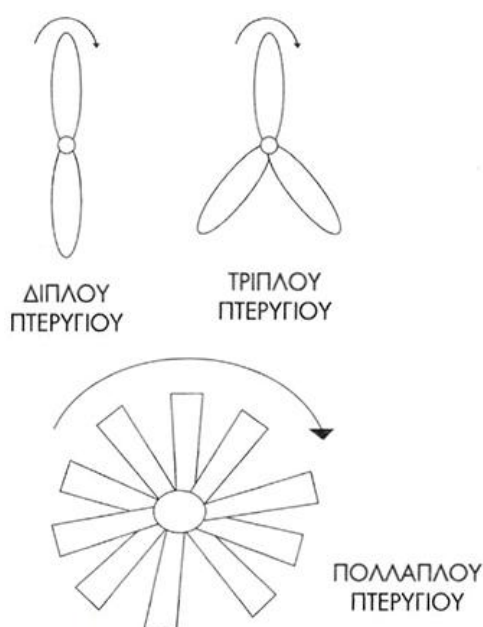
1) Είναι δυνατόν να μειωθεί το μέγεθος της παραγόμενης από την πτερύγωση ισχύος με την αλλαγή του προσανατολισμού ολόκληρου του πτερυγίου ή μέρους του (ακροπτερύγιο) ως προς τη διεύθυνση του ανέμου. Ο τρόπος αυτός απαιτεί την ύπαρξη σερβομηχανισμού και έχει εφαρμογή στις ανεμογεννήτριες μικρής αλλά κυρίως μεγάλης ισχύος.

2) Ρύθμιση με τη βοήθεια αεροδυναμικών φρένων στα άκρα των πτερυγίων. Η διάταξη αυτή αποτελεί περισσότερο μέσον προστασίας της ανεμογεννήτριας έναντι υπερτάχυνσης της και τίθεται σε λειτουργία όταν η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα υπερβεί την επιτρεπόμενη τιμή. Αυτό μπορεί να συμβεί σε περίπτωση υπερβολικής ταχύτητας ανέμου (μεγαλύτερης της ταχύτητας ανέμου στην οποία η ανεμογεννήτρια σταματάει, VF) ή όταν ο δρομέας παράγει έργο, ενώ δεν υπάρχει κατανάλωση.

Οι ανεμογεννήτριες με σύστημα ρύθμισης του βήματος του πτερυγίου παρουσιάζουν τεχνολογική πολυπλοκότητα στο ρυθμιστικό μηχανισμό και τα πτερύγια είναι σαφώς ακριβότερα και βαρύτερα. Παρουσιάζουν όμως καλή ρύθμιση ισχύος, μειωμένα αεροδυναμικά φορτία, ευκολία στην εκκίνηση της ανεμογεννήτριας και συγχρόνως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για πέδηση.

Οι ανεμογεννήτριες που δεν έχουν μηχανική ρύθμιση ισχύος (πτερύγιο σταθερού βήματος) είναι απλούστερες τεχνολογικά και φυσικά φθηνότερες, έχουν όμως περίπου 5-10% μικρότερη παραγωγή ενέργειας, μεγαλύτερα φορτία καταπόνησης

και απαιτούν δισκόφρενα ασφάλειας αστοχίας ή αεροπέδες. Ανεμογεννήτριες σταθερού βήματος πτερυγίου είναι σχεδόν όλες οι ανεμογεννήτριες που είναι κατασκευασμένες στην Δανία μεσαίου μεγέθους



Εικόνα 11 : Τύποι πτερυγίων

## 1.5 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

### 1.5.1 Μέγεθος ανεμοκινητήρα

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα κατασκευάζονται από ισχύς μμερικών 100άδων W μέχρι πάνω από 1 MW (σήμερα ξεπερνούν και τα 4MW). Γενικά διακρίνουμε μικρά μεγέθη (έως λίγα KW) (διάμετρος έως 10 μέτρα) μεσαία μεγέθη (50-250 KW) (διάμετρος έως 25 μέτρα) και μεγάλα μεγέθη (500-2500 KW). Είναι γενικά δύσκολο να ξεπεράσουμε την ισχύ των 2500 KW, γιατί απαιτείται κατασκευή δρομέων πολύ μεγάλης διαμέτρου (άνω των 80m) κατασκευή που συνεπάγεται μεγάλα προβλήματα.

### 1.5.2 Σύστημα Αύξησης Στροφών (Σ.Α.Σ)

Η σχεδίαση του συστήματος αύξησης των στροφών του δρομέα για να προσαρμοστεί ο δρομέας στις στροφές της γεννήτριας ή της αντλίας δεν αφορά άμεσα τη σχεδίαση της ανεμογεννήτριας.

Η τεχνολογική εξέλιξη των ΣΑΣ, λόγω απαιτήσεων της βιομηχανίας, έχει δώσει πολλούς και καλούς τύπους κιβωτίου ταχυτήτων από άποψη αντοχής υλικού, φθοράς, μεταφερόμενης ισχύος και διαστάσεων.

Βασικά κριτήρια επιλογής του είναι η διάρκεια ζωής του, ο βαθμός απόδοσής του και ο θόρυβος λειτουργίας του. Λόγω της συνεχούς μεταβολής της ισχύος του ανέμου, το κιβώτιο ταχυτήτων λειτουργεί συνεχώς με κρουστικά φορτία τα οποία οδηγούν σε πρόωρη φθορά υλικού και μείωση της διάρκειας ζωής του κιβωτίου.

Για το λόγο αυτό, ο κιβώτιο ταχυτήτων της ανεμογεννήτριας επιλέγεται να έχει ονομαστικό μέγεθος ισχύος πολύ μεγαλύτερο από το ονομαστικό μέγεθος της μηχανής, ακόμα και ονομαστική ροπή 200% μεγαλύτερη της ονομαστικής ροπής της μηχανής.

Διακρίνονται δύο είδη κιβωτίων:

Το κιβώτιο με παράλληλες οδοντώσεις γραναζιών (κιβώτιο παραλλήλων αξόνων) και το κιβώτιο στο οποίο οι οδοντωτοί τροχοί που χρησιμοποιούνται έχουν ελικοειδή οδόντωση (συνήθως κιβώτιο με πλανητικό σύστημα οδοντωτών τροχών).

Το πρώτο είδος κιβωτίου είναι απλούστερο κατασκευαστικά, έχει χαμηλότερο κόστος συντήρησης.

Το κιβώτιο με ελικοειδή οδόντωση έχει υψηλότερο κόστος αγοράς και συντήρησης αλλά καλύτερο βαθμό απόδοσης και χαμηλότερη στάθμη θορύβου. Για την αύξηση της ζωής του κιβωτίου και τη μείωση των κρουστικών φορτίων λειτουργίας, σε ορισμένες περιπτώσεις το κιβώτιο ταχυτήτων στηρίζεται πάνω σε ελατήρια απόσβεσης κραδασμών.

### 1.5.3 Σύστημα πέδησης άξονα-δρομέα

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ακινητοποίησης του δρομέα του ανεμοκινητήρα.

- 1) Μεταβολή του βήματος του πτερυγίου ή του ακροπτερυγίου ή και ενεργοποίησης της αεροπέδης στο ακροπτερύγιο.
- 2) Στροφή του ίδιου του δρομέα ώστε να γυρίσει παράλληλα προς τον άνεμο με αποτέλεσμα την αύξηση της αεροδυναμικής αντίστασης του πτερυγίου με την ενεργοποίηση αεροπέδης (τύπου spoiler).
- 3) Πέδηση του άξονα.

Είναι φανερό ότι ο προτιμότερος τρόπος ακινητοποίησης της μηχανής είναι η σταδιακή μείωση των αεροδυναμικών φορτίων στη μηχανή με παράλληλη αύξηση της αντίρροπης. Με τον τρόπο αυτό δεν αναπτύσσονται κρουστικά φορτία στη φάση πέδησης της μηχανής. Σε περίπτωση αστοχίας όμως των μηχανισμών ρύθμισης του βήματος του πτερυγίου ή των άλλων μεθόδων ρύθμισης ισχύος απαιτείται η πέδηση του άξονα του δρομέα.

Η πέδηση αυτή γίνεται συνήθως με δισκόφρενο τύπου ασφάλειας αστοχίας που ενεργεί αυτόματα στον άξονα. Το δισκόφρενο αυτό συνήθως τοποθετείται στον υψηλόστροφο άξονα της μηχανής (μετά το κιβώτιο ταχυτήτων) διότι έτσι η απαιτούμενη ροπή πέδησης είναι πολύ μικρή (λόγω υψηλής γωνιακής ταχύτητας) και κατά συνέπεια το δισκόφρενο είναι μικρού κόστους. Συνήθως η πέδη αυτή είναι ηλεκτρομαγνητικού τύπου που ενεργοποιείται αυτόματα με τη διακοπή του ρεύματος, δηλαδή η πέδη παραμένει πάντα ανοικτή με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητών και σε περίπτωση διακοπής ρεύματος ενεργοποιείται από τα ελατήρια.

Τοποθετώντας όμως την πέδη στον υψηλόστροφο άξονα υπερφορτίζετε το κιβώτιο ταχυτήτων στη διάρκεια της πέδησης (η ακινητοποίηση της μηχανής γίνεται εντός 2 ή 3 πληρών στροφών του δρομέα) ενώ συγχρόνως η αντικατάσταση, συντήρηση του κιβωτίου ή και η επισκευή του γίνεται προβληματική.

Η τοποθέτηση του δισκοφρένου στον χαμηλόστροφο άξονα απαιτεί ογκώδες δισκόφρενο υψηλού κόστους. Το δισκόφρενο αυτό είναι συνήθως υδραυλικού τύπου, ασφαλείας αστοχίας. Στην περίπτωση χρήσης υδραυλικού δισκοφρένου αντιμετωπίζονται προβλήματα διαρροής λαδιού, λειτουργίας αισθητηρίων μέτρησης στάθμης και θερμοκρασίας λαδιού κ.λπ.

#### 1.5.4 Ελαστικοί σύνδεσμοι

Για τη σύνδεση αξόνων μεταξύ των (π.χ. άξονας δρομέα με κιβώτιο ή δισκόφρενο με γεννήτρια κλπ) απαιτείται ελαστικός σύνδεσμος απορρόφησης κραδασμών. Συνήθως οι σύνδεσμοι αυτοί βασίζονται στην απορροφητική ικανότητα του καουτσούκ. Σε ακριβές κατασκευές χρησιμοποιείται και υδραυλικού τύπου συμπλέκτης ο οποίος συγχρόνως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μέσο προσαρμογής των στροφών του δρομέα στις στροφές της γεννήτριας και έτσι η μηχανή να δουλεύει σε σταθερές σύγχρονες στροφές ή σε στροφές μέγιστου συντελεστή ισχύος.

#### 1.6 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ – ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

Υπάρχουν δύο δυνατές λύσεις:

- A) Ασύγχρονη γεννήτρια
- B) Σύγχρονη γεννήτρια

Η απλότητα στην κατασκευή και η ευκολία με την οποία συνδέεται στο δίκτυο η ασύγχρονη γεννήτρια, είναι τα πλεονεκτήματά της. Όμως, η ανάγκη να παίρνει ρεύμα μαγνήτισης από το δίκτυο, δημιουργεί προβλήματα, όταν η ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι συγκρίσιμη με την ισχύ του ηλεκτρικού δικτύου. Φυσικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και γεννήτρια συνεχούς ρεύματος, πράγμα που γίνεται στις εφαρμογές φόρτισης συσσωρευτών. Αλλά οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος είναι ογκώδεις και ακριβές.

##### Σύστημα Προσανατολισμού

Όπως αναφέρθηκε, ο δρομέας μπορεί να βρίσκεται πριν από τον πύργο ή μετά από αυτόν (ανάντη και κατάντη μηχανές). Στους ανεμοκινητήρες με ανάντη τοποθέτηση του δρομέα απαιτείται σύστημα προσανατολισμού του δρομέα. Στις μικρού μεγέθους ή και μεσαίου μεγέθους ανεμογεννήτριες για τον προσανατολισμό χρησιμοποιείται καθοδηγητικό πτερύγιο (ουρά) που τόσο η επιφάνεια της ουράς όσο και η θέση της ως προς τον άξονα του πύργου επιλέγονται έτσι. ώστε σε απόκλιση του ανέμου κατά το πολύ 10 μοίρες να εξασκείται ροπή επαναπροσανατολισμού του δρομέα στον άνεμο ικανή να υπερνικήσει την αντίρροπη λόγω γυροσκοπικού φαινομένου.

Στις ανεμογεννήτριες μεγάλου μεγέθους χρησιμοποιείται αεροκινητήρας, ο οποίος ελέγχεται από τον ανεμοδείκτη του ανεμογράφου και που προσανατολίζει το δρομέα κάθετα στην κατεύθυνση του ανέμου.

Η τοποθέτηση του δρομέα κατάντη φαινομενικά τουλάχιστον φαίνεται να οδηγεί σε απλούστερη κατασκευή ανεμοκινητήρα γιατί δεν απαιτείται σύστημα προσανατολισμού, αλλά στην περίπτωση αυτή ο ανεμοκινητήρας είναι περισσότερο θορυβώδης στη λειτουργία του λόγω της σκίασης του πύργου πάνω στον δρομέα και επίσης δημιουργούνται αυξημένες καταπονήσεις στα πτερύγια λόγω της περιοδικότητας φορτίσεων του πτερυγίου καθώς αυτό σε κάθε περιστροφή σκιάζεται από τον πύργο. Τέλος απαιτείται κάποιο είδος αποσβεστήρα για τον περιορισμό των άσκοπων μετακινήσεων του κουβουκλίου λόγω της πλευρικής «τύρβης» του ανέμου.

## 1.7 ΠΥΡΓΟΣ

Κριτήρια επιλογής του είδους του πύργου είναι, το κόστος του, η ευκολία μεταφοράς του στον τόπο εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας και η ευκολία ανέγερσής του: Συνυφασμένο με το τελευταίο είναι και η διαδικασία στησίματος της μηχανής, ιδιαίτερα σε μεγάλες μονάδες, πράγμα που εξαρτάται από την ευκολία οδικής πρόσβασης στη θέση, την ύπαρξη ικανοποιητικού ανυψωτικού μέσου, τόσο σε ανυψωτική ικανότητα όσο και σε ύψος ανύψωσης. Δύο είναι κυρίως οι τύποι πύργων που έχουν επικρατήσει, ο σωληνωτός και ο τύπου δικτυώματος.

Ο πύργος τύπου δικτυώματος είναι ευκολότερος στην επιτόπου συναρμολόγηση και ανάρτηση, ελαφρότερος και φθηνότερος. Επειδή έχει πολλά μικρά κομμάτια είναι ευκολότερο να υποστεί ψυχρό γαλβάνισμα σε μικρά γαλβανιστήρια. Ο σωληνωτός πύργος είναι αισθητικά καλλίτερος, το εσωτερικό του πύργου μπορεί να αποτελεί και το θάλαμο στέγασης όλων των οργάνων της ανεμογεννήτριας και να έχει εσωτερική σκάλα ή και ασανσέρ πρόσβασης στο κουβούκλιο στην κορυφή του.

Παρουσιάζει όμως δυσκολία στην μεταφορά του, ιδίως από κάποιο ύψος και πάνω, δυσκολία στην ανέγερσή του (απαιτείται οπωσδήποτε γερανός), και αν είναι μεγάλος πρέπει να γαλβανισθεί σε κομμάτια και να συγκολληθεί επί τόπου, αλλά τότε καταστρέφεται το γαλβάνισμα τοπικά.

Ο σωληνωτός πύργος έχει χαμηλή ιδιοσυχνότητα (μικρότερη από την ιδιοσυχνότητα του δρομέα) γι' αυτό κατά την εκκίνηση του δρομέα η περιοχή ιδιοσυχνότητας του πύργου πρέπει να περνιέται γρήγορα για αποφυγή φαινομένων συντονισμού. Αντίθετα ο δικτυωτός πύργος έχει υψηλή ιδιοσυχνότητα ως προς την ιδιοσυχνότητα του δρομέα.

## Εξαγωγή ισχύος:

Ο μεγάλες μάζες του ανέμου που διαρκώς μετακινούνται στην ατμόσφαιρα περιέχουν τεράστια ποσά ενέργειας που προσφέρονται περισσότερο από κάθε άλλη μορφή ενέργειας για μετατροπή και εκμετάλλευση.

Η στιγμιαία ισχύς  $P$  που περιέχεται σε ένα ρεύμα αέρα διατομής  $A$  ομοιόμορφης στιγμιαίας ταχύτητας  $V$  και πυκνότητας  $\rho$  υπολογίζεται από τη σχέση :

$$P = \rho V^3 A$$

και είναι ανάλογη του κύβου της στιγμιαίας ταχύτητας του ανέμου. Αυτό όμως έχει τεράστια σημασία αφού η ταχύτητα δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται σε ευρύτατα όρια με την πάροδο του χρόνου.

Το γεγονός της ευρύτατης χρονικής μεταβολής μας επιβάλλει ένα ξεχωριστό τρόπο επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων όταν ενδιαφερόμαστε για το σημείο το οποίο εκτελούνται για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου και την εύρεση του κατάλληλου ανεμοκινητήρα για μια ορισμένη περιοχή.

Η ισχύς όμως που παρέχει η έλικα είναι μικρότερη. Επίσης από την ισχύ του ανέμου, σύμφωνα με τη σχέση προκύπτει το εξής :

$$P_{A/K} = C_P \rho V^3 A$$

Το μέγεθος  $C_P$  λέγεται συντελεστής ισχύος. Προσοχή χρειάζεται στο ότι το  $C_P$  δεν είναι αυστηρά ο βαθμός απόδοσης του δρομέα, αφού αναφέρεται σε μια ισχύ που δεν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε ολόκληρη, ακόμη και με μια ιδανική έλικα.

## Ενεργειακές απώλειες

Ο ανεμοκινητήρας δεν μπορεί να αξιοποιήσει όλη την ετήσια ενέργεια του ανέμου για τους ακόλουθους λόγους:

(α) Ο ανεμοκινητήρας είναι σε θέση να αποδώσει ωφέλιμη ισχύ, μόνο όταν η ισχύς του ανέμου είναι μεγαλύτερη από τις απώλειες κενού φορτίου (τριβές, άξονα, μειωτήρα, γεννήτριας). Την ταχύτητα του ανέμου, στην οποία ο ανεμοκινητήρας ξεκινάει ονομάζουμε ταχύτητα έναρξης λειτουργίας και συμβολίζουμε με  $V_{cut-in}$ .

(β) Καθώς η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται, αυξάνει και η αποδιδόμενη ισχύς μέχρι να φθάσει την ονομαστική ισχύ της γεννήτριας. Κατόπιν, όσο και να αυξάνεται η ισχύς του ανέμου, επιδιώκουμε να διατηρήσουμε την ισχύ σταθερή. Αυτό γίνεται με την αλλαγή της γωνίας κλίσεως των πτερυγίων ή με τα μεταπτερύγια (flaps) ή με την

αλλαγή της γωνιακής θέσης του δρομέα ως προς τον άνεμο ή την αλλαγή της γωνιακής ταχύτητας του δρομέα, ανάλογα φυσικά με την γεννήτρια που έχει το σύστημα. Η μικρότερη ταχύτητα ανέμου στην οποία ο δρομέας αναπτύσσει την ονομαστική ισχύ της μηχανής-γεννήτριας ορίζεται με  $V_R$  και ονομάζεται ονομαστική ταχύτητα ανέμου. Άρα για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες της  $V_R$  χάνεται ένα ποσό του αιολικού δυναμικού.

(γ) Όταν ο άνεμος φθάνει σε υψηλές ταχύτητες, ενδείκνυται η διακοπή λειτουργίας της εγκατάστασης για λόγους ασφαλείας. Η ταχύτητα διακοπής λειτουργίας (furling

speed), συμβολίζεται με  $V_p$  και η ενέργεια του ανέμου για ταχύτητες μεγαλύτερες της, παραμένει τελείως αναξιοποίητη.

(δ) Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας έχουμε αεροδυναμικές απώλειες.

(ε) Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας έχουμε, πρόσθετα, μηχανικές απώλειες στον άξονα, μειωτήρα και γεννήτρια, που μπορούν να θεωρηθούν σταθερές και ίσες με τις απώλειες κενού φορτίου. Ανάλογα με τα υποσυστήματα του ανεμοκινητήρα, οι συνολικές απώλειες κενού φορτίου μπορεί να ανέρχονται και στο 10% της ονομαστικής ισχύος της μηχανής.



## **2.ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΕΣ**

### **2.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΩΝ**

#### **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:**

Οι ανεμογεννήτριες κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους δεν παράγουν ρύπους με αποτέλεσμα να συμβάλουν στον αγώνα κατά των κλιματικών αλλαγών. Γιατί όλοι γνωρίζουμε πως οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία μας. Ενδεικτικά αξίζει να αναφερθεί πως για κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από αιολική ενέργεια συνεισφέρει στη αποφυγή έκλυσης 1 περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Επίσης μπορεί να συμβάλει στην οικονομική απεξάρτηση μιας χώρας η οποία στηρίζεται, για να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες στην εισαγόμενη συμβατική ενέργεια.

Είναι γνωστό πλέον σε όλους πως οι διαθέσιμες πηγές νερού αρχίζουν με ασθενείς βέβαια ρυθμούς να εξαντλούνται. Έτσι η χρησιμοποίηση της ανεμογεννήτριας συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος, από την στιγμή που για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν χρησιμοποιείται νερό.

Μπορούν να εξυπηρετηθούν απομακρυσμένες και νησιώτικες περιοχές που δεν είναι διασυνδεδεμένες στο δίκτυο για παράγωγη ηλεκτρικής ενέργειας, τηλεπικοινωνίες κλπ.

#### **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

Μπορεί ο θόρυβος των ανεμογεννητριών να μην είναι μεγάλος αλλά έχουν καταγραφεί παράπονα από κατοίκους κοντά σε ανεμογεννήτριες. Η διάκριση του θορύβου γίνεται σε δυο κατηγορίες. Σε αεροδυναμικό ο οποίος προκαλείται από την ροή του αέρα πάνω από α κινούμενα πτερύγια και σε μηχανικό που προκαλείται από τα κινούμενα μέρη της συσκευής όπως το κιβώτιο ταχυτήτων.

Επίσης με την χρήση της ανεμογεννήτριας επηρεάζεται το τηλεοπτικό σήμα της περιοχής μέσω ηλεκτρομαγνητικής επίδρασης λόγω ανάκλασης σημάτων αλλά αυτό το πρόβλημα είναι αντιμετωπίσιμο καθώς η επίδραση αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υλικό των πτερυγίων.

Διαλείπουσα λειτουργία καθώς πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι για να είναι οικονομικά βιώσιμη μια μικρή ανεμογεννήτρια πρέπει το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό της περιοχής να είναι σχετικά υψηλό. Είναι προτιμότερο η εγκατάσταση ανεμογεννητριών να γίνεται σε περιοχές με μέση ταχύτητα ανέμου τουλάχιστον μεγαλύτερη από 5,5 m/s (σε ύψος 10 m). Περιοχή με μέση ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη από 6 m/s θεωρείται ευνοϊκότερη.

## 2.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ VS ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΝΕΛ

Αυτό είναι ένα θέμα, το οποίο δεν μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια, καθώς πρέπει να ληφθούν πολλές παράμετροι ώστε να απαντηθεί το συγκεκριμένο ερώτημα.

Σε περίπτωση λοιπόν που θεωρήσουμε βέλτιστες τις συνθήκες άνεμου και ηλιοφάνειας μπορούμε να πούμε πως η χρήση ανεμογεννήτριας συμφέρει πιο πολύ από την χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ, καθώς το αρχικό κόστος της εγκατάστασης είναι μικρότερο και η απόδοση των δυο συστημάτων είναι ανάλογη.

Επειδή όμως ένα τέτοιο σχέδιο δεν θα μας φέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα, αν υλοποιηθεί σε ιδανικές συνθήκες, υπάρχουν ορισμένοι παράμετροι που θα πρέπει να ληφθούν προκειμένου να επιλέξουμε το κατάλληλο σύστημα, έτσι ώστε όταν το χρησιμοποιήσουμε να έχουμε τα επιθυμικά αποτελέσματα.

Η σημαντικότερη παράμετρος και για τα δύο συστήματα είναι η γεωγραφική θέση στην οποία θα γίνει η εγκατάσταση και συνεπώς οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην θέση αυτή. Μια επιπλέον παράμετρος είναι η περιοχή στην οποία θα γίνει η εγκατάσταση. Σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές οι ανεμογεννήτριες θεωρούνται ακατάλληλες για λόγους που συνδέονται κυρίως με την ασφάλεια και κατά την άποψη μου με την αισθητική.

Ας δούμε όμως κάποια βασικά χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας. Σε ότι αφορά την χρήση της ηλιακής ενέργειας ισχύουν τα εξής :

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν μεγαλύτερη αξιοπιστία και μεγάλο χρόνο ζωής (καλύπτονται από εγγύηση 25 ετών).

Είναι αποτελεσματικά ακόμα και τις μέρες που δεν παρατηρείται 100% ηλιοφάνεια.

Είναι εφικτός ο υπολογισμός της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας χρησιμοποιώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα της εκάστοτε τοποθεσίας.

Η εγκατάσταση έχει μικρότερο μέγεθος και το σημαντικότερο δεν έχει κινητά τμήματα επομένως μια τέτοια εγκατάσταση είναι κατάλληλη και ασφαλής όταν μιλάμε για αστικές περιοχές.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων το σύστημα τοποθετείται επάνω στην οροφή του κτιρίου και συνεπώς δεν απαιτείται επιπλέον ελεύθερος χώρος μέσα στην ιδιοκτησία.

Έχουν ελάχιστα έξοδα συντήρησης.

Η λειτουργία τους είναι 100% αθόρυβη.

Η ολοκλήρωση της εγκατάστασης είναι πιο γρήγορη και απαιτείται λιγότερη καλωδίωση.

Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι υψηλότερο.

Η εγκατάσταση πρέπει να γίνει αυστηρά σε σημεία που δεν υπάρχει σκίαση και τα φωτοβολταϊκά πάνελ θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο προσανατολισμένα προς τον νότο.

Σε ότι αφορά την χρήση της αιολικής ενέργειας ισχύουν τα παρακάτω :

Το αρχικό κόστος εγκατάστασης είναι χαμηλότερο.

Δεν απαιτείται ιδιαίτερος προσανατολισμός. Το μόνο που χρειάζεται είναι μια ελεύθερη έκταση σε οποιοδήποτε σημείο της ιδιοκτησίας στην οποία θα τοποθετηθεί ο πύργος. Παρόλα αυτά ο πύργος θα πρέπει να έχει τέτοιο ύψος ώστε να μην παρεμβάλλονται εμπόδια ανάμεσα στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας και στον αέρα. Αυτός είναι κι ένας επιπλέον λόγος για τον οποίο μια πυκνοκατοικημένη περιοχή δεν ενδείκνυται για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών.

Η εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές δεν είναι εφικτή για λόγους ασφάλειας και αισθητικής, το τελευταίο είναι προσωπικό κριτήριο.

Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να ξεπερνά τα 6 m/sec για να τεθεί σε λειτουργία η ανεμογεννήτρια.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι σταθερή εφόσον η ταχύτητα και η διεύθυνση του αέρα μεταβάλλονται μέσα στην ημέρα. Βέβαια, παρόλο που η ενέργεια που παράγεται από μια ανεμογεννήτρια σε μικρό χρονικό διάστημα (ώρες ή μέρες) δεν είναι προβλέψιμη, η ετήσια παραγωγή παρουσιάζει διακύμανση μόνο μερικών ποσοστιαίων μονάδων.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί "αραιή" μορφή ενέργειας. Έχει χαμηλό συντελεστή απόδοσης - της τάξης του 30% -35% ή και λιγότερο ανάλογα με την ποιότητα και το μέγεθος της ανεμογεννήτριας. Για παράδειγμα, για ένα συγκεκριμένο μέγεθος ανεμογεννήτριας και ταχύτητας ανέμου, αν η ισχύς του ανέμου που φθάνει στα πτερύγια είναι 1000W η ανεμογεννήτρια θα μπορέσει να αποδώσει μόνο τα 350W. Επομένως απαιτούνται περισσότερες ανεμογεννήτριες για να επιτευχθεί παραγωγή αξιόλογης ισχύος.

Απαιτείται συχνή συντήρηση της ανεμογεννήτριας καθώς τα κινητά μέρη της τείνουν να φθείρονται με την χρήση.

Οι ανεμογεννήτριες έχουν κατηγορηθεί από περιβαλλοντολογικές οργανώσεις ως επιβλαβείς για την πανίδα καθώς τα πτερύγια των ανεμογεννητριών μπορούν να τραυματίσουν διερχόμενα πουλιά.

Συνδυάζοντας τα δύο βασικότερα χαρακτηριστικά των δύο αυτών τεχνολογιών θα μπορούσαμε να καταλήξουμε στον παρακάτω απλουστευμένο κανόνα για την ορθή επιλογή του καταλληλότερου συστήματος.

Αν κάποιος μένει σε μια περιοχή :  
που χαρακτηρίζεται ως αστική  
με έντονη ετήσια ηλιοφάνεια  
με χαμηλές ταχύτητες ανέμων

τότε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση αποτελεί καλύτερη επιλογή παραγωγής ενέργειας.

Αν πάλι κάποιος ζει σε μια περιοχή :  
που χαρακτηρίζεται ως αγροτική  
με υψηλές ταχύτητες ανέμων (τουλάχιστον 6 m/sec)  
τότε η ορθότερη επιλογή είναι η εγκατάσταση ανεμογεννητριών.

Θα ήταν σκόπιμο βέβαια να αναφέρουμε πως υπάρχει και μια τρίτη λύση η οποία είναι και η ιδανική όπου είναι εφικτή. Η χρήση υβριδικών συστημάτων ηλιακής - αιολικής ενέργειας.

Κατά την διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους υπάρχουν περίοδοι που η ένταση του ανέμου είναι μειωμένη ενώ η ηλιοφάνεια είναι βέλτιστη (καλοκαιρινή περίοδος) και αντίστοιχα υπάρχουν περίοδοι με μειωμένη ηλιοφάνεια και υψηλές ταχύτητες ανέμων (χειμερινή περίοδος).

Επιπλέον, σε πολλές περιοχές οι εναλλαγές αυτές είναι ορατές και μέσα στην ίδια μέρα. Στις περιπτώσεις αυτές η εγκατάσταση υβριδικών συστημάτων θα επιτύχει την μέγιστη αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το μειονέκτημα των υβριδικών συστημάτων είναι ότι η εγκατάστασή τους περιορίζεται σε αγροτικές , μη-πυκνοκατοικημένες περιοχές , για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

## 2.3 ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι μικρές ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο είδη. Το πρώτο είδος είναι οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα και το δεύτερο είναι οι ανεμογεννήτριες καθέτου άξονα.

Οριζόντιου άξονα (HAWT - Horizontal Axis Wind Turbines) είναι οι ανεμογεννήτριες οι οποίες περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα οριζόντιο ως προς το επίπεδο του εδάφους.



Εικόνα 12 : Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα

Στην παραπάνω εικόνα 12 βλέπουμε μια τέτοια ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα. Τα πτερύγιά της περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα ο οποίος είναι οριζόντιος ως προς το επίπεδο του εδάφους.

Είναι φανερό ότι κάθε στιγμή, πρέπει να προσανατολίζεται προς την κατεύθυνση του ανέμου.

Είναι η συνηθισμένη εικόνα της ανεμογεννήτριας που έχουμε οι περισσότεροι στο μυαλό μας, αφού αυτές έχουν επικρατήσει για διάφορους λόγους που θα αναφέρουμε παρακάτω.

Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα (VAWT - Vertical Axis Wind Turbines) αντίθετα, περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα ο οποίος είναι κάθετος ως προς το επίπεδο του εδάφους.

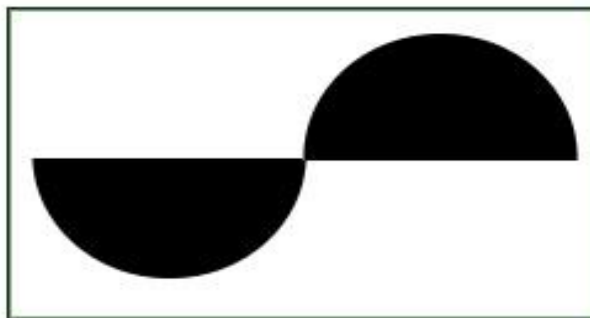
Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα, από τον τρόπο της κατασκευής τους, "πιάνουν" τον αέρα από κάθε κατεύθυνση. Στην διπλανή φωτογραφία απεικονίζεται μια ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα τύπου "savonius", που είναι και η απλούστερη σε ότι αφορά την κατασκευή της.

Αποτελείται ουσιαστικά από ένα σωλήνα κομμένο στη μέση κατά μήκος, με τα δύο κομμάτια τοποθετημένα κάθετα όπως στο παρακάτω σχέδιο (αυτό που βλέπουμε όταν κοιτάμε κάθετα την ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα τύπου "savonius" από ψηλά) όπως είναι σαφές στην εικόνα 14

Αυτός ο τύπος κάθετου άξονα ονομάζεται "savonius" και είναι ο ευκολότερος στην κατασκευή και όπως έγινε κατανοητό αυτή η κατηγορία ανεμογεννητριών είναι η χαμηλότερη σε απόδοση.



Εικόνα 11 : Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα



Εικόνα 14 : Οριζόντια τομή ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα

Μεγάλη έμφαση στην δημιουργία μια πρωτοποριακής ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα έδωσε η εταιρεία H1VAWT από την Ταιβάν δημιουργώντας το μοντέλο DS-300. Η ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα DS-300W περιστρέφεται γύρω από έναν

άξονα ο οποίος είναι κάθετος ως προς το επίπεδο του εδάφους όπως φαίνεται και στην εικόνα 15.

Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα, από τον τρόπο της κατασκευής τους, "πιάνουν" τον αέρα από κάθε κατεύθυνση γεγονός που συντελεί στην χρήση της σε οικιστικές περιοχές όπου οι αλλαγές στην διεύθυνση του ανέμου είναι συχνές.

Το πλεονέκτημα τις τεχνολογίας του κάθετου άξονα είναι ότι δεν χρειάζονται "ουρά" για να προσανατολιστούν ως προς την διεύθυνση του ανέμου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε περιοχές με τυρβώδη αέρα και μη σταθερού προσανατολισμού ( αστικό περιβάλλον) να λειτουργούν πιο σταθερά.



**Εικόνα 15 : Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα DS-300W**

Στον παρακάτω πίνακα (εικόνα 16) βλέπουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά που διαθέτει η ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα DS-300W

DS-300 VAWT Information			
Specifications	Controller	Documents and Downloads	
<b>General Information</b>			
P/N:	DS03-S000-00-2	Rated Power:	300W
Rated Wind Speed:	13.5 m/s	Rated Speed:	835 rpm
Cut-In Wind Speed:	<3 m	Cut-Out Wind Speed:	15.5 m/s
Survival Wind Speed:	60 m/s		
<b>Dimension/Weight</b>			
Rotor Diameter:	1.24m	Rotor Height:	1.06m
Mast Height(Not Included):	4m	Total Height:	5.06m
Total Weight:	25.5 Kgs	(Mast not included)	
<b>Rotor Specification</b>			
External Darrieus:	3 Blades		
Internal Savonius:	2 Layers		
Material of Blades:	Anodized Aluminum		
Material of Axis:	Galvanized Steel SS400/Anodized Aluminum		
<b>Generator Specification</b>			
Generator Type:	AC, 3 Phase, Synchronism PMG		
Rated Output:	300W		
<b>Braking System</b>			
Automatic Braking:	Over speed short circuit braking system		
Manual Braking:	3-phase short circuit by NFB brake		
<b>Operation Environment</b>			
Ambient Temperature:	-10~40°C		
Ambient Humidity:	95% max.		
<b>Special Notes</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Information and specification are subject to change without notice!</li> <li>The information provided is based on the use of our standard 4m mast, please consult your local certified engineer if you are going to install with the mast higher than 4m.</li> <li>Please follow your local regulations to install the DS-300 at proper location. Always consult your local certified civil engineer or structural engineer if you are planning to install the DS-300 on top of the roof.</li> </ul>			

Εικόνα 16 : Πίνακας τεχνικών πληροφοριών DS-300W

Αξίζει βέβαια να αναφερθεί πως υπάρχουν και άλλοι τύποι ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα, που βελτιώνουν την απόδοση σημαντικά (πχ. "darrieus"), ποτέ όμως δεν φτάνουν την απόδοση μιας σωστά σχεδιασμένης ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα, γι' αυτό και έχουν επικρατήσει οι τελευταίες.



## 2.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΞΟΝΑ

Στην κατασκευή ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα, έχουμε τα εξής πλεονεκτήματα:

- Ανάλογα με τον τύπο ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα, έχουμε πολύ μεγαλύτερη ευκολία κατασκευής σε σχέση με την κατασκευή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα. Κυρίως όσον αφορά την ευκολότερη κατασκευή (ιδιοκατασκευή) των πτερυγίων και την έλλειψη της ανάγκης για μηχανισμό φρεναρίσματος της ανεμογεννήτριας σε υψηλές ταχύτητες ανέμου.
- Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα δεν χρειάζεται να προσανατολίζονται κάθε φορά ως προς την κατεύθυνση του ανέμου. Λόγω κατασκευής "πιάνουν" τον αέρα από όλες τις κατευθύνσεις. Αυτό τις κάνει καταλληλότερες σε τοποθεσίες όπου ο αέρας δεν είναι σταθερός ή όπου περιβάλλονται από κάποια μικρά εμπόδια (με σημαντικά μειωμένη απόδοση όμως).
- Το κόστος κατασκευής τους είναι χαμηλότερο από το κόστος κατασκευής μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα λόγω απλούστερου σχεδιασμού.
- Είναι ασφαλέστερες διότι δεν υπάρχει ο κίνδυνος να σπάσει κάποιο πτερύγιο, ούτε κινούνται με την μεγάλη ταχύτητα στροφών που κινούνται οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα.

Αντίθετα, τα μειονεκτήματα μιας ανεμογεννήτριας κάθετου άξονα είναι κυρίως τα εξής:

- Το πρώτο και σημαντικότερο μειονέκτημα είναι ότι οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα έχουν πολύ χαμηλή απόδοση. Αυτό ισχύει σε μεγάλο βαθμό για τον τύπο "savonius" όπου δεν ξεπερνούν το 15%, αλλά και στους άλλους τύπους σε μικρότερο βαθμό (μια καλή μικρή ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα έχει μέση απόδοση 30%-40%)
- Από το προηγούμενο προκύπτει ότι για να έχει μια ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα την ίδια περίπου παραγωγή με μια οριζόντιου άξονα, θα πρέπει η κάθετου άξονα να έχει μέχρι και τριπλάσια επιφάνεια επαφής με τον αέρα. Αυτό συνεπάγεται μεγάλο όγκο και βάρος της κατασκευής.
- Λόγω χαμηλότερων στροφών περιστροφής ανά λεπτό, χρειάζονται πιο ισχυρούς ανέμους για να ξεκινήσουν την φόρτιση των συσσωρευτών (με δεδομένο το ίδιο μοτέρ σε οριζόντιου άξονα ανεμογεννήτρια).

- Για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα δεν χρειάζεται να επεκταθώ, αφού προκύπτουν από τα παραπάνω:

Τέλος πρέπει να αναφερθεί πως τα πλεονεκτήματα του ενός τύπου είναι τα μειονεκτήματα του άλλου και αντίστροφα.

## 3.ΑΥΤΟΝΟΜΕΣ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

### 3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Οι ανεμογεννήτριες όπως και τα φωτοβολταϊκά συστήματα διακρίνονται σε 2 κατηγορίες. Το κριτήριο το οποίο έχουμε σαν βάση για τον διαχωρισμό των δύο κατηγοριών είναι αν πρόκειται για αυτόνομα συστήματα όπως π.χ. εγκαταστάσεις σε απομονωμένες περιοχές ή συστήματα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η δεύτερη κατηγορία παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον καθώς λαμβάνει εγγυημένη επιδότηση από το διαχειριστή του ηλεκτρικού συστήματος και αποτελεί μια σίγουρη επιλογή για επενδύσεις. Στην συγκεκριμένη πτυχιακή θα μας απασχολήσουν οι αυτόνομες μικρές ανεμογεννήτριες.

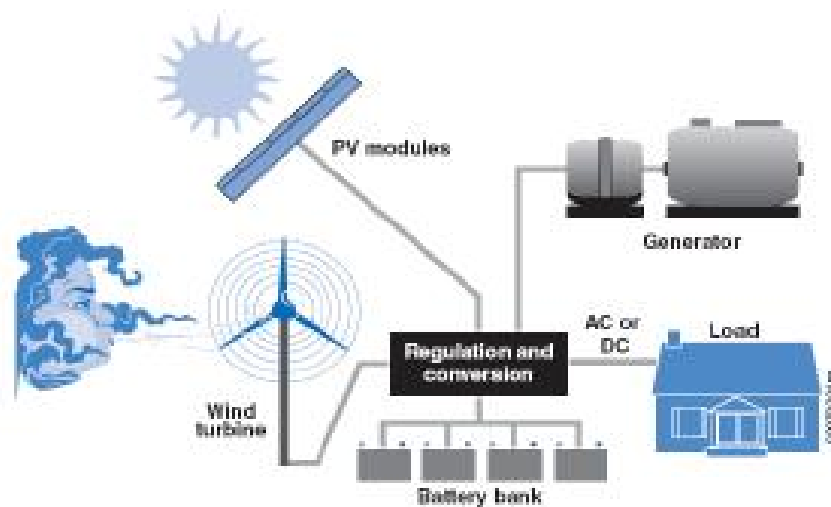
Το κυριότερο που πρέπει να αναφέρουμε είναι πως όταν μιλάμε για αυτόνομο σύστημα μικρής ανεμογεννήτριας εννοούμε ότι δεν υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ, αλλά η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του σπιτιού ή γενικότερα του χώρου όπου εγκαθίστανται.

Καταρχήν πρέπει να αναλύσουμε τους χώρους εγκατάστασης στους οποίους μπορούν να εγκατασταθούν οι μικρές ανεμογεννήτριες οι οποίοι είναι οι εξής:

- Σε απομονωμένα σπίτια όπου δεν υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο
- Σε μικρές βιομηχανίες
- Σε αγροκτήματα
- Για άντληση νερού
- Για αφαλάτωση νερού
- Για κάλυψη ενεργειακών αναγκών σε περιοχές με μικρό αριθμό κατοίκων
- Σε τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις

### 3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Στη παρακάτω εικόνα φαίνεται με απλό τρόπο η μέθοδος με την οποία λειτουργεί η ανεμογεννήτρια, την οποία μέθοδο θα αναλύσουμε παρακάτω.



Εικόνα 17 : Περιγραφή λειτουργίας ανεμογεννήτριας

Η ενέργεια του ανέμου (αιολική ενέργεια) μπορεί να ληφθεί αν επιτραπεί η διέλευσή του από κινούμενα πτερύγια τα οποία κατά την περιστροφή τους εξασκούν ροπή σε έναν ρότορα.

Το ποσό της ενέργειας που μεταφέρεται είναι απευθείας ανάλογο της πυκνότητας του αέρα, της επιφάνειας που σαρώνει ο ρότορας και του κύβου της ταχύτητας του ανέμου. Η διαθέσιμη ισχύς του ανέμου είναι:

$$P = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3$$

Όπου  $P$  η ισχύς σε Watt,  $a$  μια σταθερά απόδοσης,  $\rho$  η πυκνότητα του αέρα σε  $\text{Kg/m}^3$ ,  $r$  η ακτίνα της ανεμογεννήτριας σε μέτρα και  $v$  η ταχύτητα του ανέμου σε  $\text{m/s}$ .

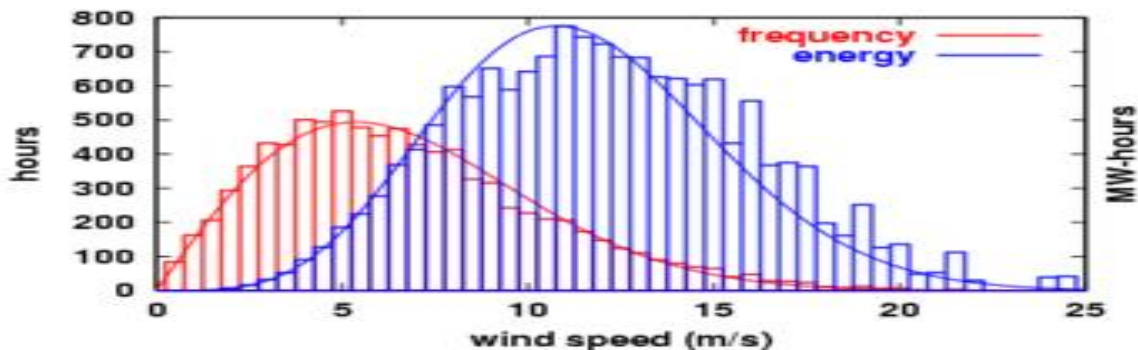
Η ροή μάζας του αέρα που διέρχεται από την επιφάνεια που σαρώνει η ανεμογεννήτρια μεταβάλλεται με την ταχύτητα του ανέμου και την πυκνότητα του αέρα. Για παράδειγμα, σε μια ημέρα όπου η θερμοκρασία είναι  $15^\circ\text{C}$  στην επιφάνεια της θάλασσας, η πυκνότητα του αέρα είναι  $1.225 \text{ kg/m}^3$ . Ένα αεράκι ταχύτητας  $8 \text{ m/s}$  που διέρχεται από έναν ρότορα διαμέτρου  $100 \text{ m}$  θα μετακινούσε σχεδόν  $77.000 \text{ Kg}$  αέρα ανά δευτερόλεπτο από την επιφάνεια σάρωσης.

Η κινητική ενέργεια μιας δεδομένης μάζας μεταβάλλεται με το τετράγωνο της ταχύτητάς της. Επειδή η ροή του αέρα αυξάνεται γραμμικά με την ταχύτητα του ανέμου, η αιολική ισχύς διαθέσιμη σε μια ανεμογεννήτρια αυξάνεται με τον κύβο της ταχύτητας του ανέμου. Η ισχύς του προηγούμενου παραδείγματος θα ήταν  $2.5 \text{ MW}$ .

Καθώς η ανεμογεννήτρια απορροφά ενέργεια από τον άνεμο, αυτός επιβραδύνεται, γεγονός που τον αναγκάζει να διαχέεται και να αποκλίνει τριγύρω από την ανεμογεννήτρια σε κάποιο βαθμό. Ο Γερμανός φυσικός Albert Betz προσδιόρισε το 1919 ότι μια ανεμογεννήτρια μπορεί να απορροφήσει το πολύ το 59% της ενέργειας που, σε άλλη περίπτωση, θα διερχόταν από την διατομή της (Νόμος του Betz). Το όριο του Betz είναι ανεξάρτητο από τη σχεδίαση της ανεμογεννήτριας.

Το δυναμικό του ανέμου μεταβάλλεται και η μέση τιμή για μια δεδομένη τοποθεσία από μόνη της δεν προσδιορίζει την ενέργεια που θα μπορούσε να παράγει μια ανεμογεννήτρια στο σημείο αυτό. Για τον προσδιορισμό των κλιματολογικών δεδομένων σχετικών με την ταχύτητα του ανέμου για μια δεδομένη τοποθεσία, συνήθως μια συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας προσαρμόζεται σε πειραματικά δεδομένα. Διαφορετικές τοποθεσίες έχουν διαφορετικές κατανομές ταχύτητας ανέμου.

Το μοντέλο που συνήθως χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της κατανομής της ταχύτητας του ανέμου είναι μια κατανομή Weibull δύο παραμέτρων γιατί είναι ικανή να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος κατανομών από γκαουσιανή έως εκθετική.



Το μοντέλο Rayleigh, που απεικονίζεται στην εικόνα 18 σε ένα πραγματικό δείγμα

δεδομένων, είναι ειδική περίπτωση της συνάρτησης Weibull στην οποία η παράμετρος μορφοποίησης έχει την τιμή 2, και περιγράφει πολύ καλά την πραγματική ωριαία κατανομή της ταχύτητας του ανέμου σε πολλές περιοχές.

Επειδή το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας παράγεται σε μεγάλες ταχύτητες ανέμου, η μέση τιμή της παραγόμενης ενέργειας περιέχεται σε σύντομες ριπές ανέμου. Σύμφωνα με το δείγμα του 2002 του Lee Ranch η μισή παραγόμενη ενέργεια λήφθηκε μόλις στο 15% του χρόνου λειτουργίας.

Το αποτέλεσμα είναι ότι η αιολική ενέργεια δεν παρέχει μια σταθερή έξοδο όπως γίνεται στις γεννήτριες υγρών καυσίμων.

Επειδή η ταχύτητα του ανέμου δεν είναι σταθερή, η ετήσια παραγωγή της ενέργειας που παράγει μια ανεμογεννήτρια δεν είναι ποτέ ίση με το γινόμενο της ονομαστικής της ισχύος επί τις ώρες του έτους. Ο λόγος της πραγματικής παραγωγής σε ένα έτος προς το θεωρητικό μέγιστο ονομάζεται παράγοντας χωρητικότητας.

Μια ανεμογεννήτρια που έχει τοποθετηθεί σε σωστή θέση θα έχει παράγοντα χωρητικότητας περίπου 35%. Αυτός μπορεί να συγκριθεί με τον παράγοντα χωρητικότητας των πυρηνικών εργοστασίων 90%, των εργοστασίων που λειτουργούν με λιγνίτη 70% και των εργοστασίων πετρελαίου 30%. Όταν γίνεται σύγκριση του μεγέθους των τουρμπινών των ανεμογεννητριών με εκείνες που λειτουργούν με καύσιμα, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μια ανεμογεννήτρια 1000 kW αναμένεται να παράγει σε ένα έτος τόση ενέργεια όση παράγει μια γεννήτρια που λειτουργεί με λιγνίτη.

Παρόλο που η ενέργεια που παράγεται από μια ανεμογεννήτρια σε μικρό χρονικό διάστημα (ώρες ή μέρες) δεν είναι προβλέψιμη, η ετήσια παραγωγή παρουσιάζει διακύμανση μονομερικών ποσοστιαίων μονάδων.

### 3.2.1 ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ

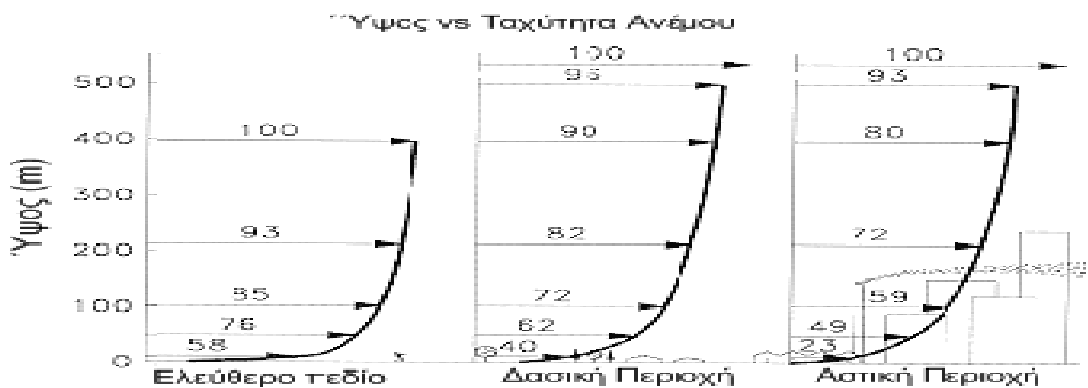
Ο άνεμος είναι το αποτέλεσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Καθώς ο ήλιος λάμπει, διάφορα τμήματα του εδάφους και της θάλασσας θερμαίνονται με διαφορετικό ρυθμό. Εξαιτίας της γωνίας που σχηματίζει ο άξονας περιστροφής της γης, μεγαλύτερα ποσά θερμότητας πέφτουν στις περιοχές του ισημερινού και αρκετά λιγότερα προς τις περιοχές των πόλων.

Ο θερμός αέρας στις περιοχές του ισημερινού σαν ελαφρύτερος ανεβαίνει προς τα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας επιτρέποντας στα ψυχρά αέρια τμήματα των πόλων να κινηθούν προς τον ισημερινό.

Επομένως, ο άνεμος είναι το αποτέλεσμα της διαφοράς ατμοσφαιρικής πίεσης. Η ταχύτητα και η διεύθυνσή του καθορίζονται από τη διαφορά πίεσης και την απόσταση των κέντρων υψηλής και χαμηλής πίεσης.

Σε ικανοποιητικό ύψος (περίπου 100 μέτρα) η ταχύτητα του ανέμου και η διεύθυνση είναι ίδια σε μια μεγάλη περιοχή. Όσο πλησιάζουμε στο έδαφος αυτή η εικόνα αλλάζει εξαιτίας της αντίστασης που συναντά ο άνεμος από τις ανωμαλίες του εδάφους, για να γίνει πρακτικά μηδενική (η ταχύτητα) στην επιφάνεια του εδάφους όπως φαίνεται και στην εικόνα 19.

Ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους στην περιοχή του ανέμου, η ταχύτητα του ανέμου μπορεί να αυξάνεται γρήγορα ή αργά, καθώς αυξάνεται το ύψος.



Εικόνα 19 : Ταχύτητα ανέμου

Για παράδειγμα η επιφάνεια του νερού ασκεί μικρή αντίσταση στον άνεμο με αποτέλεσμα ο άνεμος να γίνεται αισθητός από μικρό ύψος. Ενώ σε κατοικημένες περιοχές ο άνεμος εμποδίζεται ιδιαίτερα από την παρουσία των κτηρίων. Παρόλο που υπάρχει μετακίνηση αέρα ανάμεσα στα κτήρια, αυτή δεν συνιστά άνεμο αλλά αναταράξεις. Μόνο υψηλότερα από το μέσο ύψος των κτηρίων η μετακίνηση του αέρα γίνεται πραγματικά άνεμος.

Οι μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου πραγματοποιούνται σε ύψος 10 μέτρων πάνω από το έδαφος ή ανάγονται σε αυτό το ύψος. Με βάση τα στοιχεία της ταχύτητας του ανέμου σε αυτό το ύψος, τη μορφολογία του εδάφους και τη γεωγραφική θέση, είναι δυνατόν να υπολογισθεί η κατανομή της ταχύτητας του ανέμου για μια δεδομένη εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας.

Όσον αφορά τον άνεμο σε κατοικημένες περιοχές ο άνεμος επιλέγει το μονοπάτι της μικρότερης αντίστασης κατά την κίνησή του, περνώντας τριγύρω από τα εμπόδια. Κοντά στις ακμές των εμποδίων τόσο η ταχύτητα όσο και η πυκνότητα του ανέμου αυξάνονται. Αν μια ανεμογεννήτρια μπορούσε να αξιοποιήσει αυτού του είδους τον άνεμο, τότε η παραγωγή της θα ήταν μέχρι και δύο φορές περισσότερο από εκείνη που θα είχε στην ομαλή ροή ανέμου.

Όμως αν τοποθετηθεί στην υπήνεμη πλευρά ενός μεγάλου εμποδίου (π.χ. κτηρίου), η παραγωγή της μειώνεται τουλάχιστον στο μισό από την αναμενόμενη όπως μπορεί να φανεί και στην εικόνα 20. Επειδή οι ανεμογεννήτριες για οικιστικές περιοχές είναι μικρές σε μέγεθος, τα φαινόμενα αυτά είναι σημαντικά και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την απόδοσή τους.



Εικόνα 20 : Επίδραση κτηρίων στην ταχύτητα του ανέμου

Η επίδραση αυτή των κτηρίων στον άνεμο φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Οι αποκλίσεις από την ομαλή ροή αρχίζουν πριν καν φτάσει ο άνεμος στο κτήριο και συνεχίζουν για πολύ μετά από αυτό.

Χαρακτηριστικό είναι επίσης ότι ο άνεμος περνά από το όριο της κορυφής του κτηρίου με μια γωνία 300 έως 400. Σε μικρότερες γωνίες το μόνο που υπάρχει είναι αναταράξεις και όχι άνεμος. Για το λόγο αυτό μια ανεμογεννήτρια θα πρέπει να τοποθετηθεί σε ιστό ώστε να βρίσκεται πάνω από αυτές.



Αν τοποθετήσουμε την ανεμογεννήτρια λίγο πάνω από το επίπεδο των αναταράξεων και κοντά στην ακμή του εμποδίου, τότε η ταχύτητα του ανέμου είναι 20-40% μεγαλύτερη από εκείνη που είχε πριν συναντήσει το εμπόδιο. Επειδή όμως η ισχύς του ανέμου είναι συνάρτηση του κύβου της ταχύτητάς του, αυτή η διαφορά

οδηγεί σε διπλασιασμό ή και τριπλασιασμό της ισχύος σε σχέση με εκείνη της ομαλής οριζόντιας ροής.

Για να αξιοποιήσει το φαινόμενο αυτό μια ανεμογεννήτρια θα πρέπει να τοποθετηθεί όσο πιο κοντά γίνεται στην άκρη της οροφής, σε ιστό, πάνω από το επίπεδο των αναταράξεων.

Αυτή η τοποθέτηση θα είχε νόημα αν μπορούσαμε να ξέρουμε ότι ο άνεμος φυσάει κατά τον περισσότερο χρόνο από μια μόνο διεύθυνση. Όμως αυτό δεν είναι αλήθεια για τις περισσότερες περιοχές της Ευρώπης, επομένως η καλύτερη θέση είναι στο κέντρο του κτηρίου, σε ιστό, πάνω από το επίπεδο των αναταράξεων.

### **3.2.2 ΔΟΝΗΣΕΙΣ**

Η εγκατάσταση όμως ανεμογεννητριών πάνω στα κτήρια είναι ένα θέμα μακροχρόνιας διαμάχης. Όλες οι ανεμογεννήτριες δονούνται κατά τη λειτουργία τους, διαδίδοντας αυτή τη δόνηση στο σκελετό του κτηρίου. Ανάλογα με την κατασκευή του κτηρίου, αυτή η δόνηση μπορεί να προκαλεί από ενοχλητικό θόρυβο μέχρι βλάβες στο κτήριο. Μια συστηματική μελέτη της ανεμογεννήτριας σε συνδυασμό με τη κατασκευή του κτηρίου θα πρέπει να γίνει πριν αυτή εγκατασταθεί στην οροφή του.

### 3.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Πρόκειται για το μόνο ουσιαστικό πρόβλημα, αλλά συγχρόνως και το ευκολότερο να ελεγχθεί και να προληφθεί. Στις ανεμογεννήτριες ο εκπεμπόμενος θόρυβος μπορεί να υπαχθεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευση του: δηλαδή μηχανικός και αεροδυναμικός.

Ο πρώτος προέρχεται από τα περιστρεφόμενα μηχανικά τμήματα (κιβώτιο ταχυτήτων, ηλεκτρογεννήτρια, έδρανα κλπ.) Ο δεύτερος προέρχεται από την περιστροφή των πτερυγίων.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι μηχανές πολύ ήσυχες συγκριτικά με την ισχύ τους και με συνεχείς βελτιώσεις από τους κατασκευαστές γίνονται όλο και πιο αθόρυβες.

Η αντιμετώπιση του θορύβου γίνεται είτε στην πηγή είτε στη διαδρομή του. Οι μηχανικοί θόρυβοι έχουν ελαχιστοποιηθεί με εξαρχής σχεδίαση (γρανάζια πλάγιας οδόντωσης), ή με εσωτερική ηχομονωτική επένδυση στο κέλυφος της κατασκευής. Επίσης ο μηχανικός θόρυβος αντιμετωπίζεται στη διαδρομή του με ηχομονωτικά πετάσματα και αντικραδασμικά πέλματα στήριξης. Αντίστοιχα ο αεροδυναμικός θόρυβος αντιμετωπίζεται με προσεκτική σχεδίαση των πτερυγίων από τους κατασκευαστές, που δίνουν άμεση προτεραιότητα στην ελάττωση του .

Το επίπεδο του αντιληπτού θορύβου από μία ανεμογεννήτρια σύγχρονων προδιαγραφών σε απόσταση 200 μέτρων, είναι μικρότερο από αυτό που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου περιβάλλοντος μιας μικρής επαρχιακής πόλης και βεβαίως δεν αποτελεί πηγή ενόχλησης. Με δεδομένη δε τη νομοθετημένη απαίτηση να εγκαθίστανται οι ανεμογεννήτριες σε ελάχιστη απόσταση 500 μέτρων από τους οικισμούς, το επίπεδο είναι ακόμη χαμηλότερο και αντιστοιχεί πλέον σε αυτό ενός ήσυχου καθιστικού δωματίου. Επιπλέον, στις ταχύτητες ανέμου που λειτουργούν οι ανεμογεννήτριες ο φυσικός θόρυβος (θόρυβος ανέμου σε δένδρα και θάμνους) υπερκαλύπτει οποιονδήποτε θόρυβο που προέρχεται από τις ίδιες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και σε συνδυασμό με τη θέση των «οικοπέδων» που συνήθως εγκαθίστανται τα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα για να έχουν καλύτερη απόδοση, μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι τα αιολικά πάρκα δεν προκαλούν:

Αύξηση της υπάρχουσας στάθμης θορύβου εκτός των ορίων τους και ακόμη περισσότερο σε κατοικημένες περιοχές έκθεση ανθρώπων σε υψηλή στάθμη θορύβου.

Ο πιο εύκολος και αποτελεσματικός τρόπος, για να πεισθεί κανείς για το ζήτημα του θορύβου είναι μια επίσκεψη σε ένα αιολικό πάρκο μια μέρα που οι ανεμογεννήτριες βρίσκονται σε κανονική λειτουργία.

Ένα άλλο ερώτημα που απασχολεί τον κόσμο που σκέφτεται να τοποθετήσει στην οικία του ανεμογεννήτρια, είναι αν οι ανεμογεννήτριες δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.

Η ανησυχία αυτή συνήθως αναφέρεται αφενός σε προβλήματα που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες λόγω της θέσης τους σε σχέση με ήδη υπάρχοντες σταθμούς τηλεόρασης ή ραδιοφώνου και αφετέρου σε πιθανές ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές από τις ίδιες.

Είναι γεγονός ότι, η διάδοση των εκπομπών στις συχνότητες της τηλεόρασης ή και του ραδιοφώνου (κυρίως στις συχνότητες εκπομπών FM) επηρεάζεται από εμπόδια που παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη. Το κυριότερο πρόβλημα από τις ανεμογεννήτριες προέρχεται από τα κινούμενα πτερύγια που μπορούν να

προκαλέσουν αυξομείωση σήματος λόγω αντανάκλασεων. Αυτό ήταν πολύ εντονότερο στην πρώτη γενιά ανεμογεννητριών που έφερε μεταλλικά πτερύγια. Τα πτερύγια των συγχρόνων ανεμογεννητριών κατασκευάζονται αποκλειστικά από συνθετικά υλικά, τα οποία έχουν ελάχιστη επίπτωση στη μετάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Η Ελληνική νομοθεσία προβλέπει την προώθηση αδειοδότησης ενός αιολικού πάρκου μόνον εφόσον τηρούνται κάποιες ελάχιστες αποστάσεις από τηλεπικοινωνιακούς ή ραδιοτηλεοπτικούς σταθμούς. Οποιαδήποτε πιθανά προβλήματα παρεμβολών μπορούν να προληφθούν με σωστό σχεδιασμό και χωροθέτηση ή να διορθωθούν με μικρό σχετικά κόστος από τον κατασκευαστή του πάρκου με μια σειρά απλών τεχνικών μέτρων, όπως π.χ. η εγκατάσταση επιπλέον αναμεταδοτών. Σε σχέση με την συμβατότητα και τις παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες, αξίζει να αναφέρουμε, ότι σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες οι πύργοι των ανεμογεννητριών όχι μόνον δεν δημιουργούν εμπόδια, αλλά χρησιμοποιούνται ήδη για την εγκατάσταση κεραιών προς διευκόλυνση υπηρεσιών επικοινωνιών, όπως η κινητή τηλεφωνία!

Όσον αφορά τις εκπεμπόμενες ακτινοβολίες, όπως φαίνεται και από την περιγραφή των τμημάτων της ανεμογεννήτριας, τα μόνα υποσυστήματα που θα μπορούσαμε να πούμε ότι «εκπέμπουν» ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού επιπέδου, είναι η ηλεκτρογεννήτρια και ο μετασχηματιστής μέσης τάσης. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της ηλεκτρογεννήτριας είναι εξαιρετικά ασθενές και περιορίζεται σε μια πολύ μικρή απόσταση γύρω από το κέλυφος της που είναι

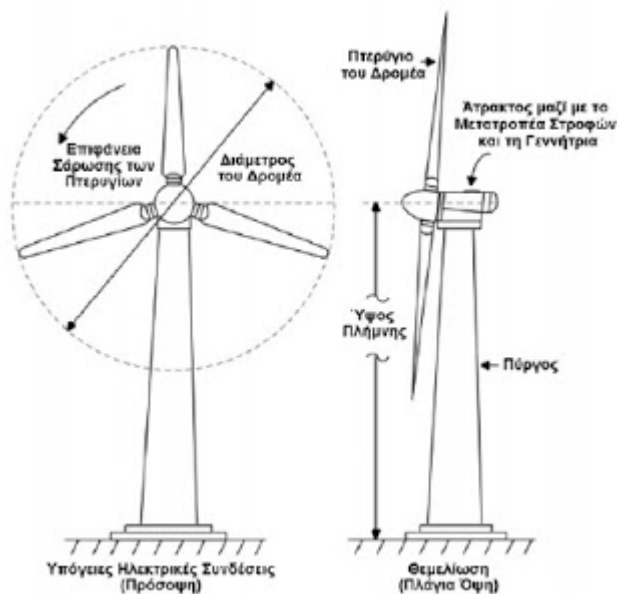
τοποθετημένο τουλάχιστον 40-50 μέτρα πάνω από το έδαφος. Για το λόγο αυτό δεν υφίσταται πραγματικό θέμα έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ούτε καν στη βάση της ανεμογεννήτριας.

Ο μετασχηματιστής, πάλι, περιβάλλεται πάντα από περίφραξη ασφαλείας ή είναι κλεισμένος σε μεταλλικό υπόστεγο. Η περίφραξη είναι τοποθετημένη σε τέτοια απόσταση που το επίπεδο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι αμελητέο. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε με βεβαιότητα, ότι αυτά που ακούγονται για εκπομπή ραδιενέργειας η ακτινοβολιών άλλου τύπου από τις ανεμογεννήτριες δεν ευσταθούν.

### **3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΙΑΣ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ**

Στο εικόνα 21 απεικονίζεται ένα γενικό σύστημα Α/Γ Οριζόντιου Άξονα (ΑΓΟΑ). Μία εξίσου εφικτή εναλλακτική σχεδίαση είναι η Α/Γ Κάθετου Άξονα (ΑΓΚΑ), που δεν είναι όμως τόσο συνήθης όσο η ΑΓΟΑ στα πρόσφατα έργα. Αν και δεν υφίσταται κάποια γενική μέθοδος για την ταξινόμηση των υποσυστημάτων των Α/Γ, οι συνιστώσες του σχήματος 2.5 θα μπορούσαν να διαιρεθούν σε τέσσερα (4) βασικά υποσυστήματα:

1. Τον δρομέα, συνήθως αποτελούμενο από δύο ή τρία πτερύγια, μια πλήμνη μέσω της οποίας συνδέονται τα πτερύγια με τον χαμηλής ταχύτητας κινητήριο άξονα και, μερικές φορές, υδραυλικά ή μηχανικά οδηγούμενα συστήματα συνδέσμων για τη μεταβολή του βήματος του συνόλου ή μέρους των πτερυγίων.
2. Την άτρακτο, η οποία γενικά περιλαμβάνει ένα μετατροπέα στροφών και μία γεννήτρια, άξονες και συνδέσμους, ένα κάλυμμα για ολόκληρη την άτρακτο, και συχνά ένα μηχανικό δισκόφρενο και ένα σύστημα εκτροπής.
3. Τον πύργο και τη θεμελίωση που στηρίζει το δρομέα και το σύστημα μετάδοσης της κίνησης (άτρακτος).
4. Τους ηλεκτρικούς ελεγκτές και καλωδιώσεις, καθώς και τον εξοπλισμό εποπτείας και ελέγχου.



Εικόνα 21 : Σχηματική αναπαράσταση μιας ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

Η ακολουθία των συμβάντων κατά την παραγωγή και μεταφορά της αιολικής ισχύος από μια ανεμογεννήτρια μπορεί να συνοψιστεί ως εξής :

- α. Καθώς ο άνεμος αλληλεπιδρά με το δρομέα της Α/Γ παράγεται μια ροπή.
- β. Η σχετικά χαμηλή συχνότητα περιστροφής του δρομέα αυξάνεται μέσω ενός μετατροπέα στροφών, του οποίου ο άξονας εξόδου περιστρέφει μια γεννήτρια.
- γ. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη γεννήτρια διέρχεται μέσω του συστήματος ελέγχου και των αποζευκτών της Α/Γ και ενισχύεται σε μια μέση τάση από το μετασχηματιστή.
- δ. Το σύστημα καλωδίωσης της θέσης, μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στο μετασχηματιστή της θέσης μέσω του συστήματος ελέγχου και αποζευκτών της θέσης, ο οποίος ενισχύει την τάση στην τιμή του δικτύου.
- ε. Το δίκτυο ισχύος μεταβιβάζει τον ηλεκτρισμό στην περιοχή τελικής χρήσης του.
- στ. Υποσταθμοί μετασχηματιστών μειώνουν την τάση στις οικιακές ή βιομηχανικές τιμές και τα τοπικά δίκτυα χαμηλής τάσης μεταβιβάζουν την ηλεκτρική ενέργεια στις οικίες, τα γραφεία και τα εργοστάσια.

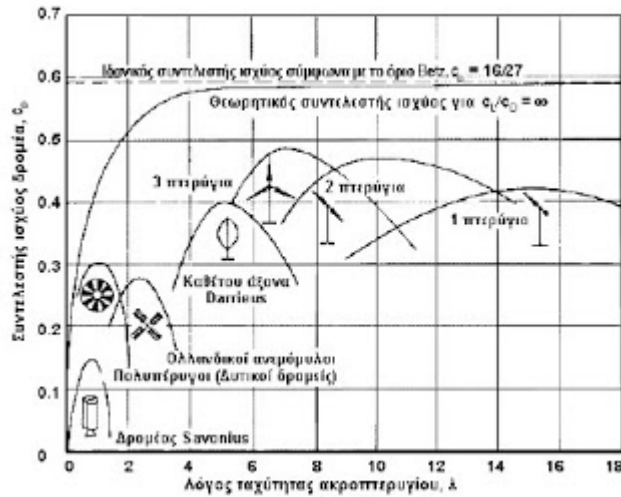
## Δρομέας

Στην αιολική βιομηχανία έχει αναπτυχθεί μία τεχνολογία πτερυγίων δρομέα αρκετά ιδιόζουσα που έχει συντελέσει στην εμπορική παραγωγή σήμερα μεγάλων δρομέων με διάμετρο μέχρι 66m για Α/Γ της τάξης του MW, ενώ έχουν δοκιμαστεί δρομείς με διαμέτρους μέχρι 100m (Growian, MOD5B). Η σχεδίαση των πτερυγίων του δρομέα έχει προοδεύσει με τις γνώσεις από την πτερυγική τεχνολογία, και χρησιμοποιεί τις αεροδυναμικές ανωστικές δυνάμεις που υφίσταται μια αεροτομή σ' ένα κινούμενο ρεύμα αέρα. Την αεροδυναμική απόδοση του πτερυγίου επηρεάζουν τόσο η μορφή του πτερυγίου όσο και η γωνία του σε σχέση με τη σχετική κατεύθυνση του ανέμου.

Το σύστημα του δρομέα μπορεί να τοποθετηθεί είτε "ανάντη" του πύργου και της ατράκτου, δεχόμενο έτσι τον άνεμο αδιατάρακτο από τον πύργο, είτε "κατάντη" του πύργου, το οποίο επιτρέπει την αυτο-ευθυγράμμιση του δρομέα με την κατεύθυνση του ανέμου (εκτροπή), αλλά προκαλεί την παρέκκλιση του ανέμου από τον πύργο και τη μετατροπή του σε τυρβώδη πριν φθάσει στο δρομέα (σκίαση πύργου). Οι Α/Γ μπορεί να έχουν διάφορους αριθμούς πτερυγίων δρομέα. Ο κανόνας είναι ότι όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των πτερυγίων τόσο ταχύτερα περιστρέφεται ο δρομέας. Το μέτρο γι' αυτό είναι ο λόγος ταχύτητας ακροπτερυγίου λ, που ορίζεται ως ο λόγος της ταχύτητας στο ακροπτερύγιο προς την ταχύτητα του ανέμου.

Οι σύγχρονες Α/Γ σχεδιάζονται για την παραγωγή ηλεκτρισμού και οι δρομείς τους οδηγούν ηλεκτρογεννήτριες με κατά κανόνα υψηλές ταχύτητες περιστροφής. Έτσι, οι δρομείς των Α/Γ πρέπει να περιστρέφονται με όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ταχύτητες προκειμένου να μειωθούν οι μάζες των γραναζιών μετάδοσης της κίνησης και των γεννητριών. Συνεπώς, ο αριθμός των πτερυγίων του δρομέα πρέπει να είναι μικρός, εν γένει όχι πάνω από τρία. Μόνο οι γνωστοί ανεμόμυλοι δυτικού τύπου διαθέτουν 12 έως 20 πτερύγια ή ακόμα περισσότερα, αλλά λόγω της υψηλής μηχανικής τους ροπής εφαρμόζονται στις άμεσα οδηγούμενες εμβολοφόρες αντλίες νερού.

Κανονικά, οι 3-πτέρυγοι δρομείς έχουν λόγους ταχύτητας ακροπτερυγίου σχεδιασμού της τάξης του 6 έως 8, οι 2-πτέρυγοι δρομείς 10 έως 12, και οι 1-πτέρυγοι δρομείς ακόμα μεγαλύτερες τιμές (εικόνα 26). Από την άλλη, οι εμπορικές Α/Γ με υψηλές ταχύτητες ακροπτερυγίου έχουν το μειονέκτημα των υψηλών εκπομπών θορύβου από το δρομέα. Σε γενικές γραμμές, το επίπεδο έντασης του θορύβου του δρομέα αυξάνεται με την έκτη δύναμη της ταχύτητας ακροπτερυγίου, και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι σχεδιαστές εμπορικών Α/Γ δεν υπερβαίνουν τα 70 m/s.



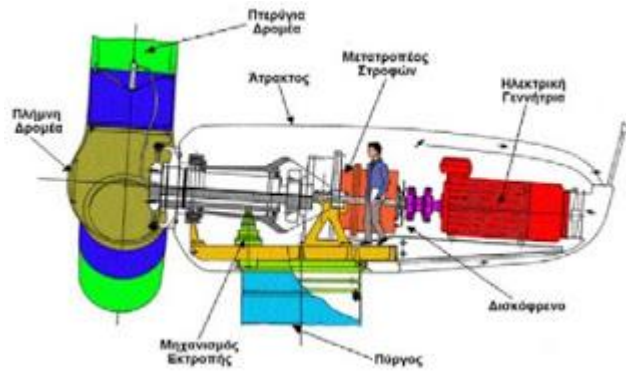
Εικόνα 22 : Τυπικά διαγράμματα  $C_p$ - $\lambda$  για μία πληθώρα διατάξεων/πτερυγίων Α/Γ

Η διάρκεια ζωής ενός δρομέα συσχετίζεται με τα μεταβαλλόμενα φορτία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που αντιμετωπίζει κατά τη λειτουργία του. Επομένως, οι εγγενείς μηχανικές ιδιότητες και ο σχεδιασμός του δρομέα επηρεάζουν την ωφέλιμη διάρκεια ζωής του.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των σύγχρονων πτερυγίων ανεμογεννητριών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες :

1. ξύλο (συμπεριλαμβανομένων των συνθετικών από αντικολλητικά φύλλα ξύλου)
2. συνδυασμοί συνθετικών (συνήθως πολυεστέρας ή εποξική μήτρα (epoxy matrix) ενισχυμένα με ίνες γυαλιού)
3. μέταλλα (κυρίως κράματα χάλυβα ή αλουμινίου)

## Άτρακτος



Εικόνα 23 : Σχηματική παράσταση της ατράκτου μιας Α/Γ

Η άτρακτος στεγάζει το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και την ηλεκτρογεννήτρια της Α/Γ, μαζί με το μηχανισμό εκτροπής και όλο τον εξοπλισμό ελέγχου. Στην εικόνα 23 παρουσιάζονται σχηματικά οι μηχανισμοί της ατράκτου μιας μέσου/μεγάλου μεγέθους Α/Γ. Το προσωπικό συντήρησης μπορεί να εισέλθει στην άτρακτο από τον πύργο της ανεμογεννήτριας.

Στη συνέχεια γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση του εξοπλισμού που εγκλείεται στην άτρακτο μιας τυπικής Α/Γ.

\* **Κύριος άξονας:** Ο κύριος άξονας, προκειμένου να μεταφέρει την αρχική ροπή από το σύστημα του δρομέα στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, στηρίζεται συνήθως σε έδρανα. Λόγω των υψηλών φορτίων ροπής, ο κύριος άξονας είναι ευπαθής σε αστοχία κόπωσης. Κατά συνέπεια, γι' αυτό το εξάρτημα είναι ενδεδειγμένες οι αποτελεσματικές προ-συντήρησης, μη-καταστρεπτικές δοκιμές. Σε μια σύγχρονη Α/Γ 600 kW ο δρομέας περιστρέφεται σχετικά αργά, με περίπου 19 έως 30 περιστροφές ανά λεπτό (RPM).

\* **Δισκόφρενο:** Το δισκόφρενο μπορεί να εγκαθίσταται στον κύριο άξονα πριν από το μετατροπέα στροφών ή μετά από αυτόν στον άξονα υψηλής ταχύτητας. Στη δεύτερη περίπτωση, απαιτείται ένα πιο μικρό (και φθηνότερο) σύστημα πέδης προκειμένου να παρέχεται η απαραίτητη ροπή για την επιβράδυνση του δρομέα. Εντούτοις, αυτή η διάταξη δεν παρέχει άμεσο έλεγχο του δρομέα και, σε περίπτωση αστοχίας του μετατροπέα στροφών, χάνεται η δυνατότητα ελέγχου της πέδησης του δρομέα.

\* **Μετάδοση της κίνησης:** Η ηλεκτρική παραγωγή των Α/Γ πρέπει να είναι συμβατή με τη συχνότητα (50-60 HZ) και την τάση του τοπικού δικτύου διανομής. Η συχνότητα του δρομέα είναι συνήθως περίπου 0,5 HZ, οπότε η αύξηση της συχνότητας προκύπτει από το συνδυασμό ενός μετατροπέα στροφών και μιας πολυπολικής γεννήτριας. Οι περισσότερες εμπορικές γεννήτριες έχουν 4 ή 6 ζεύγη πόλων, οπότε απαιτείται σχέση μετάδοσης περίπου 25:1. Η απλούστερη μέθοδος οδήγησης της γεννήτριας είναι η απευθείας από το δρομέα χωρίς μετατροπέα στροφών, ενώ



όταν εξαλείφονται οι απώλειες ισχύος του μετατροπέα στροφών βελτιστοποιείται και η απόδοση της ενεργειακής μετατροπής.

Τότε όμως απαιτούνται ειδικές γεννήτριες χαμηλής ταχύτητας, με μεγάλες διαμέτρους ρότορα/στάτορα και περίπου 50 πόλους, για να επιτευχθεί η κατάλληλη συχνότητα (τέτοιος εξοπλισμός διατίθεται στο εμπόριο από μικρό μόνο αριθμό κατασκευαστών). Οι μικρού μεγέθους Α/Γ (50-150 kW) διαθέτουν μια ή δύο βαθμίδες μετάδοσης παράλληλου άξονα (με ελικοειδή γρανάζια για ελαχιστοποίηση του θορύβου και των απωλειών). Οι μεγαλύτερες εμπορικές Α/Γ (150-750 kW) συχνά διαθέτουν επικυκλικά ή πλανητικά συστήματα μετάδοσης της κίνησης, όπου ο άξονας της εξόδου είναι στην ίδια ευθεία με τον κύριο άξονα (έτσι μειώνονται οι τάσεις και οι απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης), με αντίστοιχη μείωση του μεγέθους.

**\* Ηλεκτρογεννήτρια:** Αυτή μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια του άξονα εισόδου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι γεννήτριες των Α/Γ είναι λίγο ασυνήθιστες, σε σχέση με άλλες μονάδες ηλεκτρογεννητριών που συνήθως συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο. Ένας λόγος γι' αυτό είναι ότι, αυτές πρέπει να είναι συμβατές με τις διατάξεις του δρομέα και του μετατροπέα στροφών στην είσοδο, και στην έξοδο με τη διανομή της εταιρείας ηλεκτρισμού (εάν συνδέονται με το δίκτυο) ή με τις τοπικές απαιτήσεις ισχύος (εάν αποτελούν μέρος ενός αυτόνομου συστήματος).

Εάν μια διασυνδεδεμένη Α/Γ είναι εξοπλισμένη με μια ηλεκτρογεννήτρια εναλλασσομένου ρεύματος (EP), αυτή πρέπει να παράγει ισχύ σε φάση με την τροφοδοσία του δικτύου της εταιρείας ηλεκτρισμού.

Πολλές διασυνδεδεμένες Α/Γ διαθέτουν επαγωγικές γεννήτριες EP διεγερόμενες από πυκνωτές, των οποίων το ρεύμα μαγνήτισης προέρχεται από το δίκτυο, και έτσι εξασφαλίζεται ότι η συχνότητα εξόδου της γεννήτριας ταυτίζεται με αυτή της εταιρείας ηλεκτρισμού, ενώ ρυθμίζεται και η ταχύτητα του δρομέα εντός κάποιων ορίων.

Οι σύγχρονες γεννήτριες παράγουν ηλεκτρισμό σε συγχρονισμό με τη συχνότητα του περιστρεφόμενου άξονά τους, οπότε η ταχύτητα του δρομέα πρέπει να συμπίπτει ακριβώς με τη συχνότητα εφοδιασμού της εταιρείας ηλεκτρισμού. Οι πολύ μικρές Α/Γ μπορεί να έχουν γεννήτριες που παράγουν συνεχές ρεύμα, το οποίο χρησιμοποιείται έπειτα για την τροφοδοσία φορτίων χαμηλής τάσης (συνήθως 12 Volt), τη φόρτιση συστοιχιών μπαταριών ή, μέσω ενός αντιστροφέα, για την παροχή EP υψηλότερης τάσης σ' ένα ηλεκτρικό δίκτυο.

**\* Σύστημα εκτροπής:** Προκειμένου να εξαχθεί όσο το δυνατόν περισσότερη από την κινητική ενέργεια του ανέμου, ο άξονας του δρομέα πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένος με την κατεύθυνση του αέρα. Οι μικρές ανάντη Α/Γ (μέχρι 25 kW) χρησιμοποιούν συνήθως ουραίους ανεμοδείκτες για να παραμένει η μηχανή

ευθυγραμμισμένη με τον άνεμο. Εντούτοις, οι μεγαλύτερες Α/Γ με ανάντη δρομείς απαιτούν ενεργό έλεγχο της εκτροπή για την ευθυγράμμιση της μηχανής με τον άνεμο.

Όταν συμβεί μια αλλαγή στην κατεύθυνση του ανέμου αισθητήρες ενεργοποιούν το μηχανισμό ελέγχου της εκτροπής, ο οποίος περιστρέφει την άτρακτο και το δρομέα έως ότου ευθυγραμμιστεί κατάλληλα η Α/Γ. Οι κατάντη μηχανές όλων των μεγεθών μπορεί να διαθέτουν παθητικό έλεγχο εκτροπής, δηλαδή μπορούν να ευθυγραμμίζονται με την κατεύθυνση του ανέμου από μόνες τους χωρίς την ανάγκη ύπαρξης ουραίου ανεμοδείκτη ή οδηγού εκτροπής.

## Πύργος

Ο πύργος μιας Α/Γ υποστηρίζει το σύστημα της ατράκτου (που μπορεί να ζυγίζει αρκετούς τόνους) και ανυψώνει το δρομέα σε ένα ύψος όπου η ταχύτητα του ανέμου είναι σημαντικά μεγαλύτερη και λιγότερο διαταραγμένη απ' ό,τι στο επίπεδο του εδάφους, λόγω της επίδρασης της διάτμησης του ανέμου. Σε περιοχές με μεγάλη τραχύτητα εδάφους η ύπαρξη ενός ψηλού πύργου αποτελεί πλεονέκτημα, καθώς τα πτερύγια των δρομέων στις Α/Γ με σχετικά χαμηλούς πύργους υπόκεινται σε πολύ διαφορετικές ταχύτητες ανέμου (και διαφορετική κάμψη) όταν φέρονται στην ανώτερη και κατώτερη θέση τους, το οποίο αυξάνει τα φορτία κόπωσης στην Α/Γ. Συχνά οι κατασκευαστές παραδίδουν τις Α/Γ με ύψος πύργου ίσο με τη διάμετρο του δρομέα.

Συνεπώς, η δομή του πύργου πρέπει να είναι ανθεκτική στα σημαντικά φορτία που οφείλονται στη βαρύτητα, την περιστροφή και την ώση του ανέμου.

Επιπλέον, ο πύργος πρέπει να είναι σε θέση να αντέχει στις περιβαλλοντικές επιδράσεις σε ολόκληρη τη διάρκεια ζωής σχεδιασμού της Α/Γ, η οποία μπορεί να είναι 20 έτη ή περισσότερα. Η αξία του πύργου μιας Α/Γ αποτελεί εν γένει περίπου το 20% της συνολικής τιμής. Για έναν πύργο ύψους περίπου 50m, το πρόσθετο κόστος για άλλα 10m πύργου είναι περίπου €17.500. Επομένως, είναι αρκετά σημαντικό για το τελικό κόστος της ενέργειας να κατασκευάζονται οι πύργοι όσο το δυνατόν πιο βέλτιστα. Οι συνήθεις τύποι των πύργων είναι οι εξής:

\* **Σταθεροί σωληνωτοί πύργοι:** Αυτοί κατασκευάζονται από κωνικά λεπτυνόμενο χάλυβα ή σκυρόδεμα. Οι περισσότερες μεγάλες Α/Γ τελευταία παραδίδονται με σωληνωτούς χαλύβδινους πύργους, οι οποίοι κατασκευάζονται σε τμήματα των 20 έως 30m με φλάντζες στα άκρα και συναρμολογούνται επιτόπου. Οι πύργοι είναι κωνικοί (η διάμετρός τους αυξάνεται προς τη βάση - σχήμα 2.8 αριστερά) ώστε να αυξάνεται η αντοχή τους και, συγχρόνως, να εξοικονομείται υλικό. Οι πύργοι από σκυρόδεμα με πλέγμα είναι γενικά λιγότερο εύκαμπτοι από τους χαλύβδινους, παρέχοντας έτσι βελτιωμένες ιδιότητες απόσβεσης (δεν διαβιβάζουν ούτε ενισχύουν τις προκαλούμενες από την περιστροφή ταλαντώσεις).

\* **Σταθεροί δικτυωτοί πύργοι:** Οι πύργοι αυτοί κατασκευάζονται από συγκολλημένες χαλύβδινες κατατομές. Η ανέγερση τους είναι σχετικά φθηνή και απαιτούν λιγότερο στιβαρά θεμέλια από τους σωληνωτούς πύργους, λόγω της εξάπλωσης των δομικών φορτίων σε ευρύτερη έκταση. Έτσι, το βασικό πλεονέκτημά

τους είναι στο κόστος, αφού ένας δικτυωτός πύργος απαιτεί μόνο το ήμισυ του υλικού ενός ελεύθερα ιστάμενου σωληνωτού με παρόμοια ακαμψία. Βασικό μειονέκτημα των δικτυωτών πύργων (εικόνα 24-δεξιά) είναι η οπτική τους εμφάνιση, αν και το ζήτημα σαφώς υποκειμενικό.



Εικόνα 24 : Α/Γ με σωληνωτό χαλύβδινο πύργο (αριστερά) και δικτυωτό πύργο (δεξιά)

Ανυψούμενοι πύργοι με επίτονους: Αυτοί έχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα κόστους έναντι των άλλων τύπων, δεδομένου ότι μπορούν να ανυψωθούν ή να χαμηλωθούν με τη βοήθεια μιας μηχανής ανύψωσης φορτίων, χωρίς την ανάγκη για γερανό. Επομένως, είναι δυνατή η συντήρηση του δρομέα και της ατράκτου στο έδαφος. Η διάμετρος των πύργων με επίτονους είναι, στην πράξη, πολύ μικρότερη απ' ό,τι των σωληνωτών πύργων. Οι πύργοι με επίτονους, μαζί με τις δικτυωτές διατάξεις, έχουν λιγότερη επίδραση λόγω σκίασης του πύργου από τους σωληνωτούς. Πάντως, απαιτούν μεγαλύτερο εμβαδόν εδάφους λόγω της ανάγκης για αρκετά ευρεία εξάπλωση των επίτονων, το οποίο μπορεί να αποτελεί μειονέκτημα εάν χρησιμοποιούνται μηχανές για τις καλλιέργειες γύρω από τις βάσεις των Α/Γ. Η βοσκή των ζώων δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα.

Με την αύξηση της ταχύτητας ροής του αέρα, οι αεροδυναμικές ανωστικές δυνάμεις στα πτερύγια του δρομέα αυξάνονται με την 2η δύναμη και η παραγόμενη από την Α/Γ ενέργεια με την 3η δύναμη της ταχύτητας του ανέμου, το οποίο απαιτεί έναν πολύ αποτελεσματικό και άμεσης δράσης έλεγχο ισχύος του δρομέα ώστε να αποφευχθεί η μηχανική και ηλεκτρική υπερφόρτωση στο σύστημα μετάδοσης ενέργειας της Α/Γ. Στις σύγχρονες Α/Γ εφαρμόζονται δύο διαφορετικές αρχές αεροδυναμικού ελέγχου για να περιοριστεί η παραγωγή ισχύος στην ονομαστική ισχύ της γεννήτριας. Η πιο παθητική από αυτές είναι γνωστή ως "έλεγχος με απώλεια στήριξης", ενώ η ενεργή είναι ο "έλεγχος με μεταβολή του βήματος".

Στην πρώτη περίπτωση, την παραγωγή ισχύος καθορίζουν οι εγγενείς

αεροδυναμικές ιδιότητες του πτερυγίου, και δεν υπάρχει κανένα κινούμενο μέρος που να ρυθμίζεται. Η συστροφή και το πάχος του πτερυγίου του δρομέα μεταβάλλονται κατά το μήκος αυτού με τέτοιο τρόπο ώστε να προκαλείται τύρβη πίσω από το πτερύγιο όποτε αυξάνεται πολύ η ταχύτητα του ανέμου. Αυτή η τύρβη αναγκάζει μέρος από την ενέργεια του ανέμου να διασκορπιστεί, ελαχιστοποιώντας την παραγωγή ισχύος στις υψηλότερες ταχύτητες. Οι μηχανές με έλεγχο απώλειας στήριξης διαθέτουν επίσης αερόφρενα στα ακροπτερύγια που φέρουν το δρομέα σε ακινησία, εάν χρειαστεί για οποιοδήποτε λόγο να σταματήσει η Α/Γ.

Στη δεύτερη περίπτωση, η γωνία των πτερυγίων του δρομέα μπορεί να ρυθμίζεται ενεργά από το σύστημα ελέγχου της μηχανής. Το σύστημα ελέγχου μεταβολής του βήματος έχει ενσωματωμένη πέδη, καθώς τα πτερύγια ακινητοποιούνται όταν είναι πλήρως "πτερυγωμένα". Κατά το παρελθόν, η πλειοψηφία των μικρού και μεσαίου μεγέθους συστημάτων Α/Γ χρησιμοποιούσαν τον απλό έλεγχο απώλειας στήριξης, αλλά τελευταία, με την αύξηση του μεγέθους των Α/Γ, οι κατασκευαστές προτιμούν όλο και περισσότερο το σύστημα ελέγχου μεταβολής του βήματος, το οποίο παρέχει περισσότερες δυνατότητες για παρέμβαση στη λειτουργία της Α/Γ.

Τα τελευταία χρόνια εμφανίστηκε και ένας συνδυασμός των δύο παραπάνω ελέγχων, η "**ενεργός απώλεια στήριξης**". Στην περίπτωση αυτή, το βήμα του πτερυγίου του δρομέα στρέφεται σε κατεύθυνση προς την απώλεια στήριξης και όχι προς τη θέση πτερυγώματος (μικρότερη άνωση), όπως γίνεται στα κανονικά συστήματα μεταβολής του βήματος.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι ότι:

<input type="checkbox"/> Απαιτούνται πολύ μικρές αλλαγές της γωνίας βήματος
<input type="checkbox"/> Είναι δυνατός ο έλεγχος ισχύος υπό συνθήκες μερικής ισχύος (ασθενείς άνεμοι)
<input type="checkbox"/> Τα πτερύγια του δρομέα φέρονται σε θέση πτερυγώματος για χαμηλά φορτία σε σφοδρούς ανέμους

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες συνδέονται στο δίκτυο με δύο τρόπους. Με τον απλό άμεσο συγχρονισμό μιας επαγωγικής ηλεκτρογεννήτριας, ο δρομέας λειτουργεί με σχεδόν σταθερή ταχύτητα επειδή το ισχυρό δίκτυο διατηρεί τη συχνότητα της γεννήτριας και η μόνη διακύμανση στην ταχύτητα περιστροφής προκαλείται από το εύρος ολίσθησης της γεννήτριας. Με τη βοήθεια ενός συστήματος αντιστροφέα μεταξύ της γεννήτριας της Α/Γ και του δικτύου, η Α/Γ αποσυνδέεται από τη συχνότητα του δικτύου και μπορεί να περιστρέφεται με μεταβλητές ταχύτητες.

Για πολλά χρόνια, στην παγκόσμια αγορά κυριάρχησαν οι άμεσα συνδεδεμένες στο δίκτυο Α/Γ λόγω της τεχνικής τους απλότητας, αλλά οι διάφορες θετικές πτυχές της λειτουργίας με μεταβλητή ταχύτητα του δρομέα μετέβαλαν το υφιστάμενο καθεστώς ανάπτυξης. Όπως αναφέρθηκε, η αεροδυναμικά βελτιστοποιημένη διαμόρφωση των Α/Γ βασίζεται σε μια σταθερή συσχέτιση μεταξύ των ταχυτήτων του ανέμου και του ακροπτερυγίου του δρομέα, τον λόγο ταχύτητας ακροπτερυγίου λ. Έτσι, προκειμένου να διατηρηθεί η μέγιστη αεροδυναμική αποδοτικότητα, η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα πρέπει να μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου.

Ως αποτέλεσμα, οι νέες μεγάλες Α/Γ της τάξης του MW χρησιμοποιούν ολοένα και περισσότερο μεταβλητή ταχύτητα του δρομέα προκειμένου να εκμεταλλεύονται τα αντίστοιχα τεχνικά οφέλη. Για να προσαρμόζεται καλύτερα η λειτουργία του δρομέα στο σημείο αεροδυναμικού σχεδιασμού (σχήμα 2.6), οι κατασκευαστές εγκαθιστούν συχνά επαγωγικές γεννήτριες δύο ταχυτήτων που επιτρέπουν την αλλαγή ταχύτητας του δρομέα σε δύο βήματα. Σε μικρές ταχύτητες ανέμου η γεννήτρια λειτουργεί με μικρή ταχύτητα περιστροφής (μεγαλύτερος αριθμός πόλων) και σε μεγάλες ταχύτητες ανέμου με μεγάλη ταχύτητα περιστροφής (μικρότερος αριθμός πόλων).

## 4.ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΣΕ ΟΙΚΙΑ ΣΤΗ ΠΑΤΡΑ

### 4.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

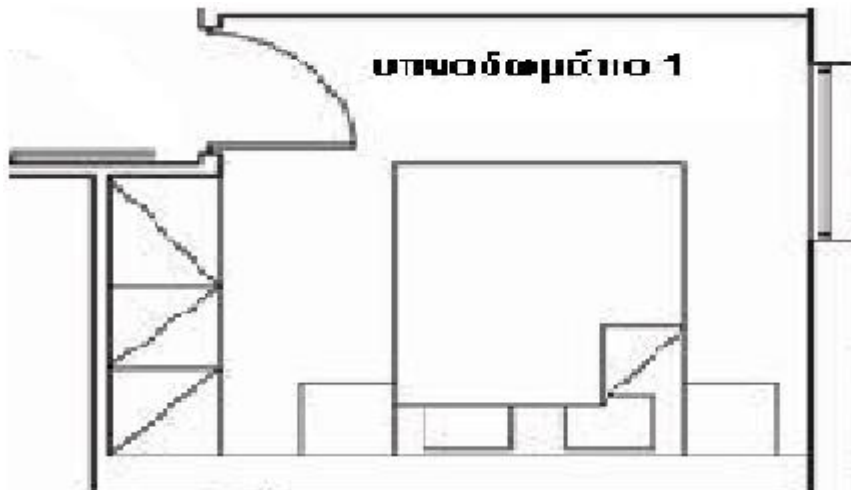
Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζεται η κάτοψη της οικίας, με την οποία θα ασχοληθούμε, προκειμένου να τοποθετήσουμε την ανεμογεννήτρια για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών. Όπως βλέπουμε, αποτελείται από τρία υπνοδωμάτια, ενιαία τραπεζαρία με κουζίνα, (στους υπολογισμούς μου θα ληφθούν σαν δύο ξεχωριστοί χώροι τραπεζαρία – κουζίνα) ένα χώρο υγιεινής WC, καθώς και μια αποθήκη.



Εικόνα 23 : Κάτοψη οικίας

Το πρώτο, το οποίο πρέπει να γίνει, προκειμένου να επιλεγεί η κατάλληλη ανεμογεννήτρια για την συγκεκριμένη οικία, είναι ο υπολογισμός της μέσης ετήσιας κατανάλωσης ρεύματος σε KWH. Για να το κάνω αυτό θα εργαστώ σε κάθε δωμάτιο ξεχωριστά και θα λάβω υπόψη μου τις συσκευές κατανάλωσης ρεύματος που διαθέτει.

#### ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1



Εικόνα 24 : Υπνοδωμάτιο 1

Συσκευές κατανάλωσης ρεύματος υπνοδωματίου 1:

έγχρωμη τηλεόραση 24" : 80 W

κλιματιστικό : 700 W

2 πορτατίφ (σύνολο W) : 50 W

Κεντρικός φωτισμός δωματίου : 80 W

ΣΥΝΟΛΟ : 910 W

Στον επόμενο πίνακα θα υπολογίσω την μέση ετήσια κατανάλωση ρεύματος για το υπνοδωμάτιο 1 και την ίδια λογική θα ακολουθήσω και για τα υπόλοιπα δωμάτια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟΥ 1

κατανάλωση δωματίου	εγκατεστημέ νη ισχύς (W) (1)	Μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργίας(h) (2)	Μέση Ημερήσια κατανάλω ση Wh/day (3) = (2) x (1)	Μέση κατανάλωση (4) = (3) x (1,82 * 31)	μηνιαία Wh/mo x ημέρες	Μέση ετήσια κατανάλω σηWh/yr (5) = (4) x 12
Σύνολο	910	2	1820Wh	56.4kWh		667kWh

Θεωρώ πως όλες οι συσκευές μου στο υπνοδωμάτιο 1 δουλεύουν κατά μέσω όρο δύο ώρες ημερησίως.



## ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2



Εικόνα 25 : Υπνοδωμάτιο 2

Συσκευές κατανάλωσης ρεύματος υπνοδωματίου 2:

Προσωπικός υπολογιστής με εκτυπωτή : 150 W

Πορτατίφ : 25 W

Κεντρικός φωτισμός δωματίου : 80 W

ΣΥΝΟΛΟ : 255 W

Στον επόμενο πίνακα θα υπολογίσω την μέση ετήσια κατανάλωση ρεύματος για το υπνοδωμάτιο 2

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟΥ 2

κατανάλωση δωματίου	εγκατεστημέ νη ισχύς (W) (1)	Μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργίας(h) (2)	Μέση Ημερήσια κατανάλω ση Wh/day (3) = (2) x (1)	Μέση κατανάλωση (4) = (3) x ημέρες μηνιαία Wh/mo	Μέση ετήσια κατανάλωση Wh/yr (5) = (4) x 12
Σύνολο	255	2	510Wh	15.8kWh	189.7kWh

Θεωρώ πως όλες οι συσκευές μου στο υπνοδωμάτιο 2 δουλεύουν κατά μέσω όρο δύο ώρες ημερησίως.

### ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 3



Εικόνα 26 : Υπνοδωμάτιο 3

Συσκευές κατανάλωσης ρεύματος υπνοδωματίου 3:

Προσωπικός υπολογιστής : 110 W

Λάμπα γραφείου : 30 W

Κεντρικός φωτισμός : 80 W

Λάμπα WC υπνοδωματίου 3 : 40 W

ΣΥΝΟΛΟ : 260 W

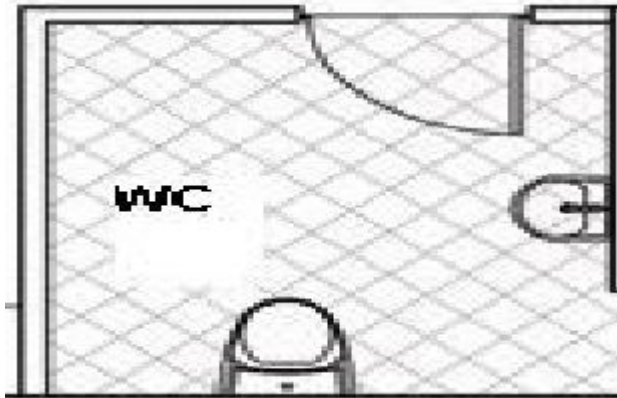
Στον επόμενο πίνακα θα υπολογίσω την μέση ετήσια κατανάλωση ρεύματος για το υπνοδωμάτιο 3 και το WC (2) που περιλαμβάνεται μέσα σε αυτό.

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟΥ 3

κατανάλωση δωματίου	εγκατεστημέ νη ισχύς (W) (1)	Μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργίας(h) (2)	Μέση Ημερήσια κατανάλω ση Wh/day (3) = (2) x (1)	Μέση κατανάλωση (4) = (3) x ημέρες μηνιαία Wh/mo	Μέση ετήσια κατανάλωση Wh/yr (5) = (4) x 12
Σύνολο	260	2	520Wh	16.1kWh	193.4kWh

Θεωρώ πως όλες οι συσκευές στο υπνοδωμάτιο 3 δουλεύουν κατά μέσω όρο δύο ώρες ημερησίως.

## ΚΕΝΤΡΙΚΟ WC



Εικόνα 27 : WC

Συσκευές κατανάλωσης ρεύματος WC:

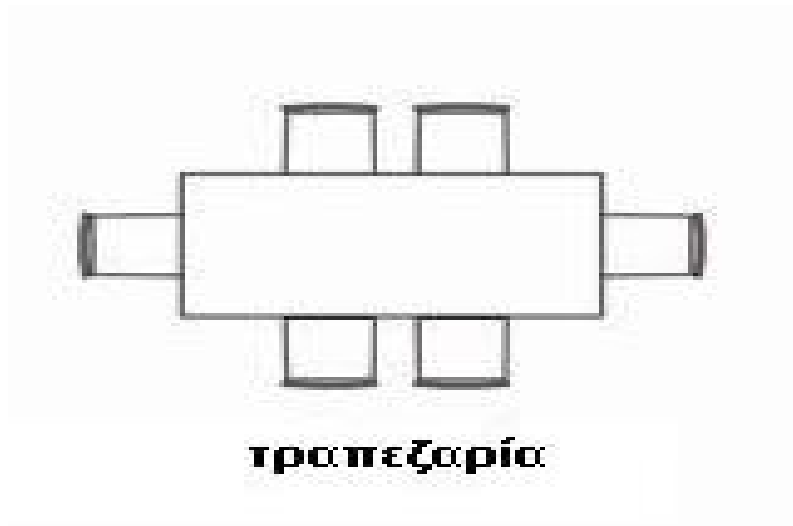
Κεντρικός φωτισμός – ΣΥΝΟΛΟ : 40 W

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ WC

κατανάλωση δωματίου	εγκατεστημέ νη ισχύς (W) (1)	Μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργίας(h) (2)	Μέση Ημερήσια κατανάλω ση Wh/day (3) = (2) x (1)	Μέση κατανάλωση (4) = (3) x ημέρες μηνιαία Wh/mo	Μέση ετήσια κατανάλωση Wh/yr (5) = (4) x 12
Σύνολο	40	2	80Wh	2.48kWh	29.76kWh

Θεωρώ πως όλες οι συσκευές μου στο WC δουλεύουν κατά μέσω όρο δύο ώρες ημερησίως.

## ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑ



Εικόνα 28 : Τραπεζαρία

Συσκευές κατανάλωσης ρεύματος στον χώρο της τραπεζαρίας:

Κεντρικός φωτισμός : 80 W

Φωτιστικό δαπέδου : 50 W

ΣΥΝΟΛΟ : 130 W

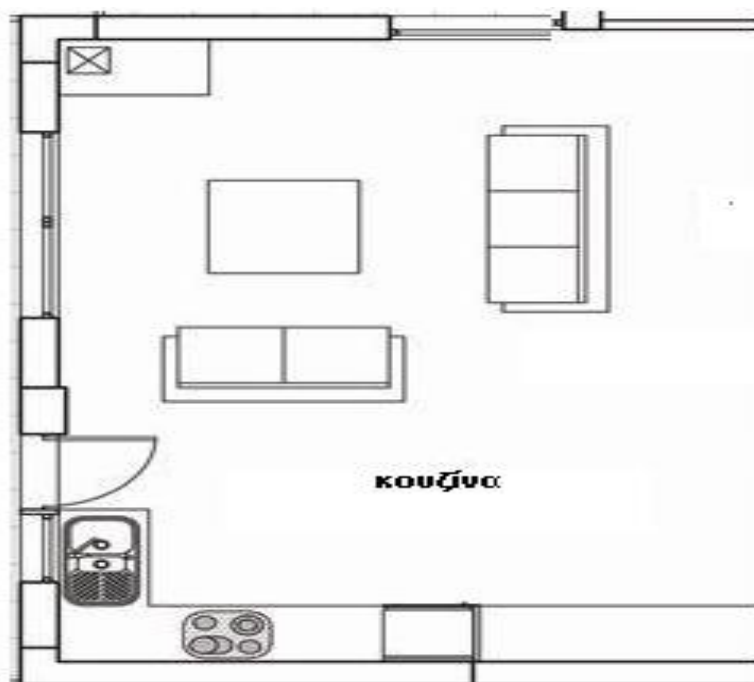
ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΤΡΑΠΕΖΑΡΙΑΣ

κατανάλωση δωματίου	εγκατεστημέ νη ισχύς (W) (1)	Μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργείας(h) (2)	Μέση Ημερήσια κατανάλω ση Wh/day (3) = (2) x (1)	Μέση κατανάλωση (4) = (3) x ημέρες μηνιαία Wh/mo	Μέση ετήσια κατανάλωση Wh/yr (5) = (4) x 12
Σύνολο	180	2	260Wh	8.06 kWh	96.72kWh

Θεωρώ πως όλες οι συσκευές μου στον χώρο της τραπεζαρίας δουλεύουν κατά μέσω όρο δύο ώρες ημερησίως.



## ΚΟΥΖΙΝΑ



Εικόνα 29 : Κουζίνα

Συσκευές κατανάλωσης ρεύματος στον χώρο της κουζίνας:

Απορροφητήρας κουζίνας : 70 W

Κυκλοφορητής ζεστού νερού : 70 W

Ηλεκτρικό ψυγείο δίπορτο με καταψύκτη : 150 W

Ηλεκτρική κουζίνα : 500 W

Κλιματιστικό : 700 W

Έγχρωμη τηλεόραση 33'' : 130 W

Κεντρικός φωτισμός : 80 W

Πλυντήριο : 350 W

ΣΥΝΟΛΟ : 2050 W

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΚΟΥΖΙΝΑΣ.

κατανάλωση δωματίου	εγκατεστημέ νη ισχύς (W) (1)	Μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργίας(h) (2)	Μέση Ημερήσια κατανάλω ση Wh/day (3) = (2) x (1)	Μέση κατανάλωση (4) = (3) x ημέρες μηνιαία Wh/mo	Μέση ετήσια κατανάλωση Wh/yr (5) = (4) x 12
Σύνολο	2050	2	4100Wh	127.1kWh	1525kWh

Θεωρώ πως όλες οι συσκευές μου στον χώρο της κουζίνας δουλεύουν κατά μέσω  
όρο δύο ώρες ημερησίως.

## ΑΠΟΘΗΚΗ



Εικόνα 30 : Αποθήκη

Συσκευές κατανάλωσης ρεύματος στον χώρο της αποθήκης

Κεντρικός φωτισμός : 80 W

ΣΥΝΟΛΟ : 80 W

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΑΠΟΘΗΚΗΣ.

κατανάλωση δωματίου	εγκατεστημέ νη ισχύς (W) (1)	Μέσος ημερήσιος χρόνος λειτουργίας(h) (2)	Μέση Ημερήσια κατανάλω ση Wh/day (3) = (2) x (1)	Μέση κατανάλωση (4) = (3) x ημέρες μηνιαία Wh/mo	Μέση ετήσια κατανάλωση Wh/yr (5) = (4) x 12
Σύνολο	80	2	160Wh	4.96kWh	59.52kWh

Τώρα προκειμένου να βρω την συνολική μέση ετήσια κατανάλωση ρεύματος για την συγκεκριμένη οικία, αρκεί να προσθέσω την μέση ετήσια κατανάλωση του κάθε δωματίου και να βρω το σύνολο και έτσι να προχωρήσω στην επιλογή της κατάλληλης γεννήτριας για την συγκεκριμένη οικία.

**Άρα Συνολική Μέση Ετήσια Κατανάλωση : 2761kWh**

Έχουμε υπολογίσει πως η οικία έχει ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 2761kWh. Η ημερήσια λοιπόν κατανάλωση wh/day είναι 7450wh ήτοι 7,45 kWh/day.

Το φορτίο αυτό ας υποθέσουμε ότι απαιτείται υπό μορφή AC και DC, ως εξής:

α. Φορτία DC 2980 Wh/day (40% της ημερήσιας κατανάλωσης)

β. Φορτίο AC 4470 Wh/day (60% της ημερήσιας κατανάλωσης)

Από τη μορφή της ημερήσιας κατανάλωσης των φορτίων εκτιμήθηκε πως το 40% των φορτίων, ήτοι  $7450\text{wh} \times 0.4 = 2980\text{ wh}$  καλύπτονται απ' ευθείας κατά την διάρκεια της ημέρας οπότε και η PV-γεννήτρια παρέχει την ισχύ απ' ευθείας στα φορτία ενώ το 60% ήτοι  $7450\text{wh} \times 0.6 = 4470\text{wh}$ , θα καλυφθεί μέσω συσσωρευτών.

Με αυτά τα δεδομένα και βάσει της αρχικής εκτίμησης προκύπτει :

**Φορτία DC** : άμεση κάλυψη από PV-γεννήτρια :  $0.4 \times 2980 = 1192\text{ Wh/day}$

Έμμεση κάλυψη από συσσωρευτές :  $0.6 \times 2980 = 1788\text{ Wh/day}$

**Φορτία AC** : άμεση κάλυψη των φορτίων από την

PV-γεννήτρια μέσω του αντιστροφέα DC/AC :  $0.4 \times 4470 = 1788\text{ Wh/day}$

Έμμεση κάλυψη των φορτίων από την

PV-γεννήτρια μέσω του αντιστροφέα DC/AC :  $0.6 \times 4470 = 2682\text{ Wh/day}$

Επομένως το σύνολο θα είναι : 7450 Wh/day

#### 4.3 ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΙΜΩΝ ΛΟΓΩ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Τα φορτία όπως προσδιορίστηκαν στο προηγούμενο βήμα, δεν μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε πρακτικά καθώς υπάρχουν και απώλειες. Έτσι, πρέπει να υπολογιστούν ξανά και να χρησιμοποιηθούν οι διορθωμένες τιμές στην ενεργειακή μέθοδο διαστασιολόγησης της γεννήτριας.

Η ομαδοποίηση των απωλειών θα γίνει με τον εξής τρόπο :

-Φορτία DC : Στα φορτία αυτά έχουμε απώλεια 5% που οφείλεται στις καλωδιώσεις για τα φορτία που εξυπηρετούν άμεσα την γεννήτρια. Για τα φορτία που εξυπηρετούνται μέσω συσσωρευτών έχουμε 5% απώλεια στον ελεγκτή φόρτισης καθώς και στις καλωδιώσεις και απώλειες της τάξης του 20% εξαιτίας της απόδοσης των συσσωρευτών που έχουν απόδοση 80% -καθώς το 20% που περισσεύει χάνεται στην διαδικασία της φόρτισης-εκφόρτισης καθώς και λόγω του φαινομένου της γήρανσης- και έχουμε σαν βάση την ενεργειακή μέθοδο.

Με βάση όσα αναφέραμε πριν, γίνεται κατανοητό πως οι συσσωρευτές επηρεάζουν και τις διαστάσεις της γεννήτριας.

-Φορτία AC : Τα συγκεκριμένα φορτία που έχουν άμεση σχέση με την γεννήτρια μέσω του αντιστροφέα DC/AC, έχουν απώλεια της τάξεως 15% στον αντιστροφέα και 5% στις καλωδιώσεις. Επίσης τα φορτία AC τα οποία εξαρτώνται άμεσα από τον αντιστροφέα και τον συσσωρευτή έχουν απώλειες της τάξεως του 5% λόγω του Ε.Φ., 15% απώλειες στον αντιστροφέα που αυτόματα η απόδοση του πηγαίνει στο 85% και 20% λόγω του κύκλου φόρτισης- εκφόρτισης και έτσι η απόδοση του συσσωρευτή μειώνεται στο 80%,

Άρα, έχουμε ένα σύνολο απωλειών 40%.

Με βάση τα παραπάνω ενεργειακά φορτία που πρέπει να αποδώσει η γεννήτρια σε πραγματικές τιμές για να φθάσουν στους καταναλωτές όπως πρέπει και προβλέπεται, δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας :

DC φορτίο άμεσης κάλυψης από PV-γεννήτρια	$1192 \times 1.05 = 1251.6 \text{ Wh}$
DC φορτίο έμμεσης κάλυψης από συσσωρευτές	$1788 \times 1.25 = 2235 \text{ Wh}$
AC φορτίο άμεση κάλυψη των φορτίων από την PV-γεννήτρια μέσω του αντιστροφέα DC/AC	$1788 \times 1.20 = 2145,6 \text{ Wh}$
AC φορτίο Έμμεση κάλυψη των φορτίων από την PV-γεννήτρια μέσω του αντιστροφέα DC/AC	$2682 \times 1.4 = 3754,8 \text{ Wh}$
ΣΥΝΟΛΟ	$9387 \text{ Wh} = 9.4 \text{ kWh}$
ΑΡΧΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	$7450 \text{ Wh} = 7.45 \text{ kWh}$

Με βάση το τελικό σύνολο που υπολογίσαμε στον πιο πάνω πίνακα δηλαδή την τιμή 9.4 kWh πρέπει να αποδείξουμε πως η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με μέση ημερήσια κατανάλωση 9.4kWh είναι χαμηλότερη της τιμής 3542kWh που υπολογίσαμε με βάση το διάγραμμα ισχύος της ανεμογεννήτριας που έχουμε επιλέξει.

Άρα :  $9.4 \text{ kWh} \times 31 \text{ days} \times 12 \text{ months} = 3496.8 \text{ kWh}$

Από την στιγμή που υπολόγισα την Συνολική Μέση Ετήσια Κατανάλωση της οικίας, δεν μένει παρά μόνο να υπολογίσω την μέση ταχύτητα ανέμου στην περιοχή της Πάτρας. Για τον υπολογισμό αυτό χρησιμοποιώ τα στοιχεία του πίνακα που περιέχει η παρακάτω εικόνα.

№	Μέρος	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
1	Αθήνα (Ελληνικά)	3,9	4,0	3,8	3,3	3,1	3,3	3,9	4,0	3,6	3,7	3,4	3,8
2	Αθήνα (Φιλαδέλφεια)	2,9	3,1	3,1	2,7	2,6	2,8	3,4	3,4	3,0	2,9	2,4	2,5
3	Αγγίλιο	1,9	2,3	2,4	2,2	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,7	1,6	1,7
4	Αγχαλαός	2,8	2,9	2,7	2,5	2,4	2,8	2,8	2,8	2,6	2,5	2,3	2,7
5	Αλεξανδρούπολη	4,3	4,4	4,3	3,2	2,8	2,8	3,5	3,5	3,4	3,9	3,5	4,1
6	Αλιάρτος	2,2	2,5	2,5	2,5	2,3	2,4	2,5	2,3	2,2	2,0	1,7	2,0
7	Ανδραβίδα	2,5	2,8	2,7	2,5	2,3	2,3	2,2	2,3	2,1	2,1	2,4	2,5
8	Αράδος	3,2	3,3	3,4	2,7	2,3	2,2	2,2	2,3	2,3	2,8	2,7	2,8
9	Αργος (Παργίαλα)	2,0	2,3	2,5	2,5	2,7	2,7	2,9	2,7	2,1	1,9	1,6	1,8
10	Αργυσόλη	3,5	3,8	3,7	3,3	3,2	3,2	3,2	3,0	2,9	3,1	3,2	3,4
11	Άρπη	1,4	1,6	1,9	1,8	2,0	2,0	1,6	1,7	1,6	1,4	1,1	1,3
12	Άρφα	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6
13	Έδεσσα	2,0	1,6	1,6	1,8	1,6	1,7	1,7	1,5	1,4	1,5	1,7	2,0
14	Σάκυνθος	2,8	3,2	2,8	2,5	2,2	2,4	2,4	2,4	2,0	2,4	2,8	2,8
15	Ηράκλειο	4,8	5,1	4,7	4,1	3,2	3,5	4,6	4,6	4,0	3,8	4,2	4,8
16	Θεσσαλονίκη	3,0	3,0	2,8	2,8	2,6	3,1	3,3	2,9	2,8	2,5	2,6	2,8
17	Ιεράπετρα	4,7	4,9	4,6	4,0	3,7	4,4	6,4	6,0	5,1	4,4	3,9	4,6
18	Ιωάννινα	1,6	1,9	2,1	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,5	1,0	1,2
19	Καλαμάτα	2,9	2,9	2,7	2,5	2,5	2,9	2,9	2,9	2,6	2,5	2,4	2,9
20	Καρόλια	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8	2,9	2,9	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4
21	Καρπενήσι	4,5	4,6	4,9	4,3	3,8	6,2	4,0	4,4	3,4	3,7	3,8	4,0
22	Κάρυστος	6,8	7,0	6,0	5,1	4,9	4,8	5,9	6,0	5,5	5,8	6,3	6,5
23	Κασσώπη	1,3	1,5	1,9	2,0	1,5	1,7	1,8	1,5	1,3	1,2	1,2	1,2
24	Κίρκιρα	2,5	2,8	2,6	2,2	1,8	1,9	1,8	1,8	1,7	2,1	2,6	2,7
25	Κοζάνη	2,4	2,3	2,0	2,0	1,8	2,1	2,2	2,0	1,7	1,7	1,6	2,1
26	Κομοτηνή	3,2	3,2	3,3	2,8	2,6	2,7	3,2	3,4	3,2	3,2	2,5	2,8
27	Κόνια	1,6	1,8	1,7	1,6	1,3	1,4	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
28	Κόρινθος (Βέλο)	2,9	2,9	2,8	2,7	2,7	2,9	2,7	2,5	2,5	2,7	2,4	2,4
29	Κύθηρα	7,1	6,8	6,8	5,7	5,0	4,4	4,4	4,5	5,0	6,3	5,8	6,8
30	Κως	5,1	5,8	5,0	4,7	4,5	4,9	6,0	5,6	5,0	4,5	4,9	5,2
31	Λαμία	2,7	2,8	3,0	3,2	3,2	3,4	3,2	3,0	2,7	2,5	2,4	2,6
32	Λάρισα	1,2	1,5	1,7	1,6	1,6	2,0	2,1	1,9	1,7	1,4	1,0	0,9
33	Λευκάδα	2,8	3,1	3,3	3,4	3,4	3,8	3,5	3,3	3,2	2,8	2,7	2,8
34	Λήμνος	5,8	6,3	5,7	4,2	3,9	3,7	4,4	4,8	4,4	5,3	5,3	5,7
35	Μεθώνη	5,5	5,7	5,5	5,3	4,8	5,0	5,1	4,9	4,6	4,5	5,1	5,5
36	Μήλος	7,9	8,0	7,1	5,7	4,4	4,1	5,7	5,9	5,9	6,3	6,3	7,4
37	Μυτιλήνη	5,5	5,8	5,1	4,3	3,5	3,8	4,9	4,7	4,4	4,3	4,7	5,6
38	Νάξος	7,9	8,1	7,6	5,9	4,9	5,0	6,6	6,9	7,0	7,4	6,7	7,5
39	Ενθη	1,4	1,3	1,0	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9	1,4	1,3	1,4
40	Πάρος	7,5	7,5	6,5	5,4	4,5	4,0	5,2	4,9	4,9	5,5	6,3	6,8
41	Πάτρα	2,5	2,6	2,6	2,6	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,3	2,4
42	Πολύγυρος	2,6	2,6	2,5	2,3	1,7	1,5	1,6	1,6	1,3	2,1	2,6	2,9
43	Πύργος	2,4	2,7	2,7	2,7	2,5	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	2,3	2,3
44	Ρέθυμνο	4,6	5,0	4,6	3,9	3,1	3,0	3,5	3,2	3,4	3,7	4,2	4,6
45	Ρόδος	3,9	4,4	4,4	4,5	4,3	5,2	6,0	5,8	4,9	3,4	3,1	3,8
46	Σάμος	6,0	6,2	5,5	4,3	4,2	4,7	7,0	6,6	5,7	5,1	5,5	6,0
47	Σέρρες	1,0	1,4	1,6	1,9	1,9	2,2	2,0	1,7	1,6	1,1	1,0	0,8
48	Σητεία	4,1	4,5	4,3	3,8	3,3	3,9	5,3	5,1	4,1	3,5	3,6	4,0
49	Σκύρος	6,8	6,9	6,2	4,9	4,0	4,2	4,8	5,1	5,1	6,0	5,6	6,4
50	Σούδα	4,1	4,3	4,2	4,0	3,6	3,8	3,5	3,2	3,1	3,2	3,2	3,9
51	Σπάρτη	1,7	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0	1,7	1,5	1,6	1,5

Εικόνα 31 : Μέση ταχύτητα του ανέμου

Έτσι με βάση τις τιμές του πίνακα για την μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή της Πάτρας, μπορώ να υπολογίσω την μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου, η οποία είναι : 2,4 m/s.



## 4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Από τα διαθέσιμα δεδομένα, υπολογίσαμε πως η οικία έχει ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 2761kWh.

Λαμβάνοντας υπόψη ένα συντελεστή χρησιμοποίησης ανεμογεννήτριας 0.25 (ο συντελεστής αυτός αντιπροσωπεύει τις ισοδύναμες ώρες λειτουργίας και διαθεσιμότητας), για να καλυφθούν οι 2761kWh.

Για να υπολογίσουμε λοιπόν την μικρότερη ισχύ που θέλουμε να έχει η ανεμογεννήτρια που θα εγκαταστήσουμε χρησιμοποιούμε τον εξής τύπο :  $2761\text{kWh} / (24 * 365 * 0.25)$ , όπου 2761kWh είναι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh, 24 είναι οι ώρες μιας ημέρας, 365 είναι το σύνολο των ημερών ενός ημερολογιακού έτους και 0.25 είναι ο συντελεστής χρησιμοποίησης της ανεμογεννήτριας.

Έτσι για να καλυφθούν οι 2761kWh απαιτείται μια ανεμογεννήτρια ισχύος τουλάχιστον της τάξης του 1.26 kW . Αποφασίζω να εγκαταστήσω μια ανεμογεννήτρια ισχύος 2 kW.

Με βάση την έρευνα αγοράς που έκανα κατέληξα στο εξής μοντέλο το οποίο θα μπορούσε να επιλεγθεί για να τοποθετηθεί στην συγκεκριμένη οικία.



Εικόνα 32 : s400/430 2kw

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εξής ανεμογεννήτριας είναι τα εξής :

Διάμετρος ρότορα : 1,12m

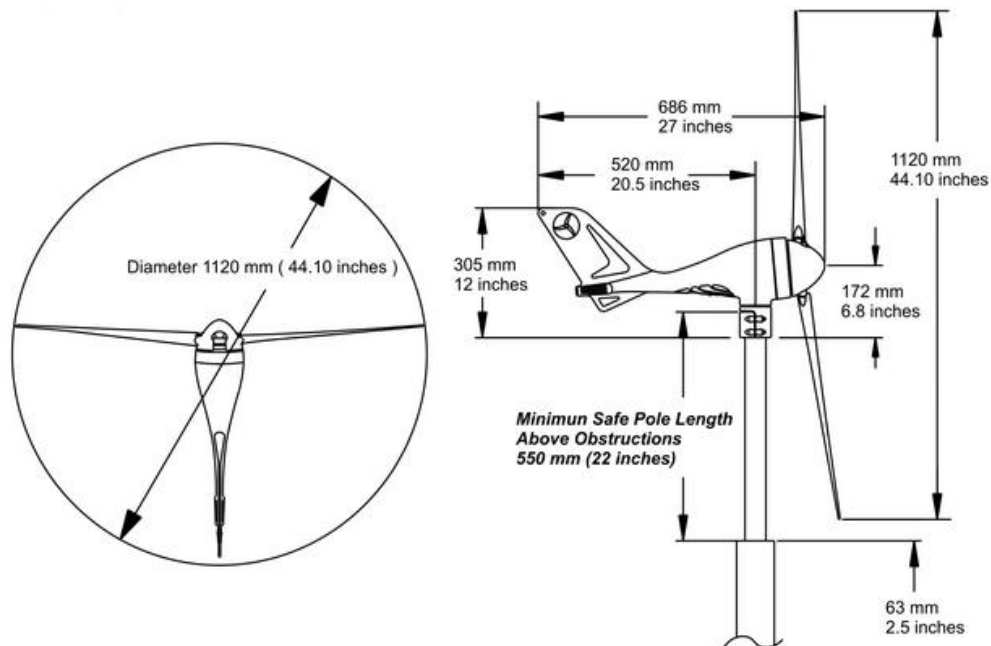
Ρεύμα : DC 24V

Τιμή ανέμου εκκίνησης : 1.6m/s

Μέγιστη τιμή ανέμου : 10m/s

Μέση τιμή ανέμου λειτουργίας : 2.2m/s

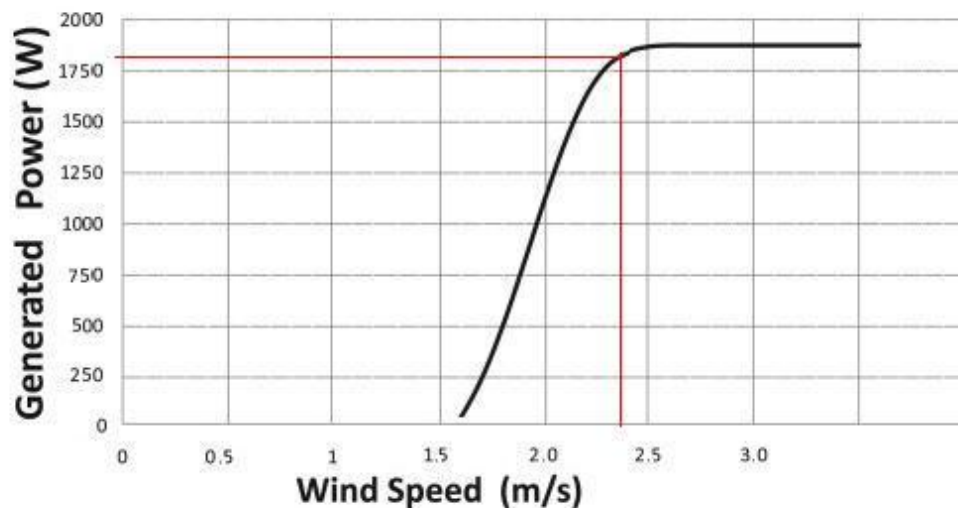
#### ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ



Εικόνα 33 : Διαστάσεις ανεμογεννήτριας

Στην εικόνα 33 βλέπουμε μια πλάγια όψη και κάτοψη της ανεμογεννήτριας οι οποίες μας παρέχουν πληροφορίες για τις διαστάσεις της.

Η επόμενη εικόνα μας δείχνει το γράφημα ισχύος το οποίο μας παρέχει πληροφορίες για την ταχύτητα ανέμου με την οποία αρχίζει να λειτουργεί η γεννήτρια μας καθώς και πόση ενέργεια παράγεται όταν επικρατεί η μέση ταχύτητα ανέμου στην Πάτρα που είναι 2.4m/s.



Εικόνα 34 : Διάγραμμα ισχύος-ταχύτητας ανέμου

Από το ακόλουθο διάγραμμα προκύπτει πως στην τιμή της μέσης ταχύτητας στην πόλη της Πάτρας που είναι 2.4 m/s η ανεμογεννήτρια παράγει ένταση ρεύματος ίση με 1.8Kw. Άρα δεν μένει παρά μόνο να υπολογιστούν οι ετήσιες kWh για παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ίση με 1.8 kWh ώστε να επιβεβαιώσουμε πως δεν παράγεται ηλεκτρική ενέργεια μικρότερης ισχύος από την τιμή που χρειάζεται η οικία που έχουμε επιλέξει.

$$1.8 \text{ Kw} \times 24\text{h} \times 365 \text{ days} \times 0.25 = 3542 \text{ kWh}$$

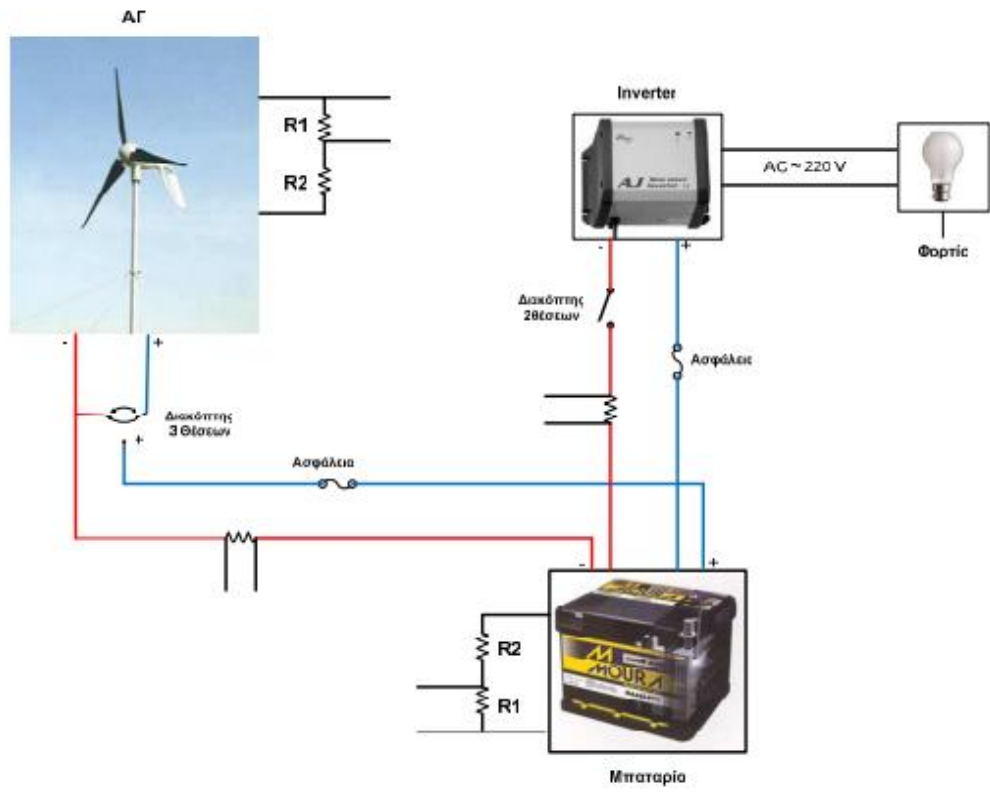
Που σημαίνει πως παράγεται ενέργεια παραπάνω από την τιμή που χρειαζόμαστε άρα δεν έχουμε κάνει λάθος στην επιλογή της συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας.

Άρα :  $9.4 \text{ kWh} \times 31 \text{ days} \times 12 \text{ months} = 3496.8 \text{ kWh} < 3542 \text{ kWh}$  που σημαίνει πως έχουμε επιλέξει την κατάλληλη Α/Γ.

Στην εικόνα 35 φαίνεται η μικρή ανεμογεννήτρια που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Όλα τα καλώδια και οι συνδέσεις που φαίνονται στο σχήμα χαρακτηρίζονται από μπλε ή κόκκινο χρώμα τα οποία συμβατικά εκφράζουν θετική και αρνητική τάση.

Όπως φαίνεται από το σχήμα, η ηλεκτρική έξοδος της Α/Γ οδηγείται σε ένα διακόπτη 3 θέσεων. Η θέση 1 του διακόπτη αντιστοιχεί σε κλειστό κύκλωμα, η θέση 2 αντιστοιχεί σε ανοιχτό κύκλωμα ενώ η θέση 3 αντιστοιχεί σε βραχυκύκλωση των άκρων της Α/Γ που οδηγεί σε μπλοκάρισμα των πτερυγίων της Α/Γ. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει και άκρο γείωσης της Α/Γ το οποίο έχει συνδεθεί με το αρνητικό άκρο της.

Και όπως είναι κατανοητό, ένα μέρος της παραγόμενης έντασης πάει κατευθείαν στο σύστημα, καθώς παρεμβάλλεται ένας inverter και ένα άλλο μέρος πηγαίνει στην μπαταρία προς αποθήκευση.



Εικόνα 35 : Κύκλωμα αυτόνομης μονάδας παραγωγής ενέργειας με ΑΓ

## 5. ΕΓΓΡΑΦΑ/ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΤΙΚΑ – ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

### 5.1 ΕΓΓΡΑΦΑ/ΔΙΚΑΙΟΛΟΓΗΤΙΚΑ

1. Συμπλήρωση του εντύπου του παραρτήματος της ΥΑ13310 / 2007
2. Τοπογραφικό διάγραμμα του γηπέδου με σημειωμένη τη θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας σε συντεταγμένες ΕΓΣΑ87
3. Τίτλος κυριότητας του χώρου εγκατάστασης
4. Τεχνική περιγραφή του βασικού εξοπλισμού της επένδυσης (σχέδια ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, σχέδια βάσης, Μ/Σ Ανύψωσης, Τεχνική έκθεση)
5. Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό διάγραμμα του σταθμού
6. Τεχνικά εγχειρίδια & πιστοποιήσεις εξοπλισμού

Τα δικαιολογητικά υποβάλλονται στη Διεύθυνση Διαχείρισης Δικτύου (Δ.Δ.Δ. - Πατησίων 27, Αθήνα).

Ο φάκελος συμπληρώνεται αργότερα με:

- αντίγραφο της έγκρισης από την Πολεοδομία (μικρής κλίμακας ή δόμησης), όταν αυτή εκδοθεί,
- αντίγραφο της απαλλαγής από Ε.Π.Ο. ή αποδεικτικό παρέλευσης του 20ημέρου από την υποβολή της αίτησης στη Δι.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας για εγκαταστάσεις κάτω από 20 kW. Όλες οι ανεμογεννήτριες ανεξαρτήτως ισχύος υπόκεινται σε διαδικασία Ε.Π.Ο. όταν:
  - εγκαθίστανται σε γήπεδα που βρίσκονται σε οριοθετημένες περιοχές του δικτύου Natura 2000 ή σε παράκτιες ζώνες που απέχουν λιγότερο από εκατό (100) μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού εκτός βραχονησίδων, ή
  - γειτνιάζουν, σε απόσταση μικρότερη των εκατόν πενήντα (150) μέτρων, με σταθμό Α.Π.Ε. της ίδιας τεχνολογίας που είναι εγκατεστημένος σε άλλο γήπεδο και έχει εκδοθεί γι' αυτόν άδεια παραγωγής ή απόφαση Ε.Π.Ο. ή προσφορά σύνδεσης, η δε συνολική ισχύς των σταθμών υπερβαίνει τα παραπάνω καθοριζόμενα όρια.

- Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων για εγκαταστάσεις από 20 έως 100 Kw

Κατά το νόμο, ο τίτλος κυριότητας και η έγκριση της Πολεοδομίας, δεν απαιτούνται για την έκδοση της προσφοράς σύνδεσης με τη ΔΕΗ, αλλά απαιτούνται για την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης η οποία ακολουθεί της προσφοράς σύνδεσης.

## 5.2 ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1. Νόμος 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.»
2. Ενοποίηση των διατάξεων του Ν. 3468/2006 όπως τροποποιήθηκαν από τους Ν. 3734/2009, Ν. 3851/2010, Ν. 3889/2010 και λοιπών διατάξεων νόμων. Πατήστε εδώ.
3. Αιτήσεις σύνδεσης για λοιπούς σταθμούς ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ που υποβάλλονται στη Διεύθυνση Διαχείρισης Δικτύου (Δ.Δ.Δ. - Πατησίων 27, 10432 ΑΘΗΝΑ, 8ος όροφος) με το έντυπο του παραρτήματος της ΥΑ 13310 / 2007.
4. Αποστάσεις ανεμογεννητριών σύμφωνα με το Άρθρο 10 της Διαδικασίας έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης .
5. ΜΠΕ ΚΥΑ 104247/ΕΥΠΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ ΦΕΚ663 κεφάλαιο Δ Άρθρο 10 υποκατηγορία 4 (βλέπε Ε.Π.Ο MINIWIND) της β κατηγορίας ΥΑ οικ 104247 ΕΥΠΕ ΥΠΕΧΩΔΕ

### 5.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Περίπτωση Α: Με βάση το άρθρο 8, παράγραφος 13 του ν.3468/2006, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 3, παράγραφος 2 του ν.3851/2010, οι μικρές α/γ απαλλάσσονται από την υποχρέωση περιβαλλοντικής αδειοδότησης (έκδοσης Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων Ε.Π.Ο. ή λήψης Πρότυπων Περιβαλλοντικών Δεσμεύσεων Π.Π.Δ.) όταν εγκαθίστανται σε γήπεδα, εφόσον η συνολική τους ισχύς δεν υπερβαίνει τα 20kW.

Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται η χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από Ε.Π.Ο. εντός αποκλειστικής προθεσμίας 20 ημερών από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας αιρετής Περιφέρειας (Εγκύκλιος 17 ΥΠΕΚΑ, 18.11.2011).

Επιπλέον, ανεμογεννήτριες που εγκαθίστανται σε κτίρια ή εντός οργανωμένων βιομηχανικών υποδοχέων, ανεξαρτήτως ισχύος, απαλλάσσονται τόσο από την υποχρέωση έκδοσης Απόφασης Ε.Π.Ο. όσο και βεβαίωσης απαλλαγής από Ε.Π.Ο.

Περίπτωση Β: Ωστόσο, σε διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης υπόκεινται οι μικρές α/γ με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση με το ως άνω όριο των 20 kW εφόσον εγκαθίστανται:

- σε γήπεδα που βρίσκονται σε οριοθετημένες περιοχές του δικτύου Natura 2000 ή σε παράκτιες ζώνες που απέχουν λιγότερο από 100 μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού (εκτός βραχονησίδων),
- σε απόσταση μικρότερη των 150 μέτρων από γήπεδο εγκατάστασης (ως γήπεδο εγκατάστασης νοούνται οι κορυφές του πολυγώνου του γηπέδου) όπου χωροθετείται άλλος αιολικός σταθμός για τον οποίο έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής ή απόφαση Ε.Π.Ο. ή προσφορά σύνδεσης και εφόσον η ισχύς του συνόλου των εγκατεστημένων ανεμογεννητριών υπερβαίνει (αθροιστικά) το προαναφερθέν καθοριζόμενο όριο των 20kW, με βάση δημοσιοποιημένα στοιχεία ή ίδια προφανή γνώση του επενδυτή.

Η διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης και οι απαιτούμενες μελέτες καθορίζονται από τις Υ.Α. 104247/2006 και 104248/2006 (ΦΕΚ Β' 663). Ωστόσο, ο νόμος 3851/2010 και ο νόμος 4014/2011 έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης (ενδεικτικά έχει καταργηθεί το στάδιο της προκαταρκτικής περιβαλλοντικής επίπτωσης και αξιολόγησης) αλλά οι ανωτέρω υπουργικές αποφάσεις δεν έχουν ακόμα τροποποιηθεί.

Σύμφωνα με την απόφαση του ΥΠΕΚΑ 1958/13.1.2012 (ΑΔΑ: ΒΟΝΝ0-ΜΒ0) για την κατάταξη των έργων σε κατηγορίες περιβαλλοντικής αδειοδότησης, οι μικρές α/γ κατατάσσονται στην κατηγορία Β (όπως ισχύει πλέον μετά την ισχύ του νέου



περιβαλλοντικού νόμου 4014/2011). Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι μικρές α/γ δεν υπόκεινται σε διαδικασία Ε.Π.Ο., αλλά θα λαμβάνουν τις λεγόμενες Πρότυπες Περιβαλλοντικές Δεσμεύσεις (Π.Π.Δ.) με απλή αίτησή τους στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος της οικείας Περιφέρειας. Για την πλήρη εφαρμογή αυτής της διαδικασίας θα πρέπει να εκδοθεί η υπουργική απόφαση που θα καθορίζει το περιεχόμενο των Π.Π.Δ. Μέχρι τότε, οι μικρές α/γ αδειοδοτούνται περιβαλλοντικά σύμφωνα με την παλιά κατηγορία Β4 και λαμβάνουν Ε.Π.Ο. από την αιρετή Περιφέρεια κατ' εφαρμογή της παρ. 3 του αρ. 30 του ν.4014/2011.

Μετά την έκδοση της απόφασης για το περιεχόμενο των Π.Π.Δ., οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να απευθύνονται στις Δ/νσεις Περιβάλλοντος των οικείων αιρετών Περιφερειών ώστε να λάβουν Π.Π.Δ.

Μέχρι τότε όμως, οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να απευθύνονται κατά περίπτωση ως ακολούθως:

- Προκειμένου για μικρές α/γ που απαλλάσσονται από Ε.Π.Ο. (δηλ. για μικρές α/γ σε κτίρια ή εντός οργανωμένων βιομηχανικών υποδοχέων ή ισχύος μικρότερης των 20kW πλην της περίπτωσης Β) στις Δ/νσεις Περιβάλλοντος των οικείων αιρετών Περιφερειών, προκειμένου να λάβουν βεβαίωση απαλλαγής από Ε.Π.Ο.. Ειδικά σε αυτήν την αίτηση θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα από τον αιτούντα για παραλαβή του αριθμού πρωτοκόλλου της υπηρεσίας –αν είναι δυνατό πάνω σε αντίγραφο της αίτησης– ώστε να τεκμαίρεται με ασφάλεια η παρέλευση του 20ημέρου που προβλέπεται στο άρθρο 8 του ν.3468/2006, όπως ισχύει, και μετά την παρέλευση του οποίου η εν λόγω βεβαίωση θεωρείται χορηγηθείσα. Παρά την ύπαρξη της αποκλειστικής αυτής προθεσμίας, οι ενδιαφερόμενοι παροτρύνονται να επιδιώκουν με υπομονή τη χορήγηση της βεβαίωσης από την Περιφέρεια δεδομένου ότι ένας πλήρης φάκελος διευκολύνει σημαντικά την συνέχιση της αδειοδοτικής διαδικασίας και να επικαλούνται το αποκλειστικό της προθεσμίας μόνο σε έσχατη ανάγκη.

- Προκειμένου για μικρές α/γ που υποχρεούνται να λάβουν Ε.Π.Ο. (δηλ. για μικρές α/γ ισχύος μεγαλύτερης των 20kW ή ισχύος μικρότερης των 20 kW που εμπίπτουν στην περίπτωση Β), οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει και πάλι να απευθύνονται στις Δ/νσεις Περιβάλλοντος των οικείων αιρετών Περιφερειών προκειμένου να λάβουν Ε.Π.Ο. ως έργα κατηγορίας Β4, σύμφωνα με την παρ. 3 του αρ. 30 του ν.4014/2011. Η αίτηση θα συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Αν και δεν υπάρχει κάποια ειδική υπουργική απόφαση ή εγκύκλιος που να ρυθμίζει το περιεχόμενο της αίτησης για τις μικρές α/γ, με βάση την εμπειρία άλλων τεχνολογιών και τις διατάξεις του νόμου, εκτιμάται ότι η αίτηση θα πρέπει να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο τα ακόλουθα:

Τοπογραφικό διάγραμμα του γηπέδου με σημειωμένο το κτίριο ή τη θέση, όπου πρόκειται να εγκατασταθεί η μικρή α/γ σε συντεταγμένες ΕΓΣΑ87.  
Απόσπασμα χάρτη ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000.  
Φωτογραφίες του χώρου εγκατάστασης.

Τομή της α/γ και διαστάσεις.

Στοιχεία του φορέα εγκατάστασης.

Στοιχεία του εξοπλισμού με βασικές πληροφορίες από τα τεχνικά φυλλάδια (π.χ. φωτογραφία του εξοπλισμού, ταχύτητα περιστροφής κ.λπ.) που επιτρέπουν σε μη τεχνικούς να αποκτήσουν άποψη της σκοπούμενης εγκατάστασης. Αν και οι μικρές α/γ, όπως και όλες οι α/γ, δεν δημιουργούν ηχητική όχληση σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 200-300 μ., θα πρέπει να επιδιώκεται να προσκομίζονται στοιχεία για την προκαλούμενη στάθμη θορύβου, ώστε να προληφθούν σχετικά ερωτήματα από τις αδειοδοτούσες υπηρεσίες. Στοιχεία των απαιτούμενων εγκαταστάσεων υποδομής (τρόπος στήριξης/θεμελίωσης, τρόπος ανέγερσης κ.λπ.).

Τέλος, προκειμένου μετά το πέρας της αδειοδοτικής διαδικασίας να αποφευχθούν προβλήματα με άλλες υπηρεσίες, η αρμοδιότητα των οποίων υφίσταται πιθανά ανάλογα με το είδος και τον χαρακτήρα του χώρου εγκατάστασης με βάση άλλες νομοθεσίες (δασική, αρχαιολογική κ.λπ.), συνιστάται οι ενδιαφερόμενοι να απευθύνονται εγκαίρως με σχετικό αίτημά τους και στις ακόλουθες αρχές: Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων, Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων, Εφορεία Νεωτέρων Μνημείων, Δασαρχείο, Δ/νση Αγροτικής Ανάπτυξης, Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, ΓΕΕΘΑ, ΓΕΑ.

## 6.ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ασχοληθήκαμε με την αιολική ενέργεια και συγκεκριμένα για το πως μπορούμε να την αξιοποιήσουμε, ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες μιας απλής οικιακής μονάδας. Η πόλη στην οποία επιλέξαμε να είναι η συγκεκριμένη οικιακή μονάδα, ήταν η πόλη της Πάτρας. Δυστυχώς όμως, αυτή η κατασκευή δεν θα είχε τα αναμενόμενα αποτελέσματα όπως θα είχε αν γινόταν σε μια οικιακή μονάδα σε ορεινή περιοχή, καθότι στη Πάτρα δεν πνέουν τόσο ισχυροί άνεμοι ώστε να λειτουργούσε όπως πρέπει η ανεμογεννήτρια και να μας καλύπτει ενεργειακά όλες τις οικιακές μας συσκευές και η οικιακή μονάδα να λειτουργεί αυτόνομα ενεργειακά, χωρίς να χρειάζεται την υποβοήθηση της Δ.Ε.Η.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://www.windipedia.info/>
2. <http://www.anemogennitria.gr/articles.htm>
3. <http://www.aveco.gr/>
4. <http://www.aenaon.net/gr/>
5. <http://el.wikipedia.org>
6. <http://tolinionews.blogspot.gr>
7. <http://www.econews.gr>
8. <http://www.4myhouse.gr>
9. <http://www.greenspot.gr/>
10. <http://www.oikoenergeia.gr/>
11. <http://inkarystos.wordpress.com>
12. <http://reviews.in.gr>
13. <http://www.ecotimes.gr/>
14. <http://www.cres.gr/>
15. <http://www.eletaen.gr/>
16. <http://www.ewea.org/>
17. <http://lakenak.sourceforge.net>
18. <https://groups.google.com/>
19. <http://gneng.blogspot.gr/>
20. <http://www.kathimerini.gr>
21. <http://www.eshop.com.gr>
22. Σ.Ν. ΚΑΠΛΑΝΗΣ, ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ II & III