

ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

ΚΟΥΜΟΥΔΕΛΗ ΘΕΟΔΩΡΑ

ΛΑΖΑΡΗ ΙΟΥΛΙΑ

Επιβλέπων Καθηγητής
Κατσιγιαννης Ιωάννης

Χανιά
Απρίλιος 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1 ΤΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	6
1.1.1 Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	6
1.1.2 ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ.....	7
1.1.3 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ.....	8
1.1.4 ΤΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	9
1.1.5 ΝΕΑ ΕΠΟΧΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	11
1.2 ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	12
1.2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	12
1.2.2 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ.....	14
1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	16
1.3.1 ΣΚΟΠΟΣ.....	16
1.3.2 ΔΟΜΗ	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	18
2.1 Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	18
2.2 Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΑΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΠΗΓΗ	21
2.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	22
2.4 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	25
2.5 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ο ΑΝΕΜΟΣ ΩΣ ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	30
3.1 Ο ΑΝΕΜΟΣ	30
3.1.1 ΤΟ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ	30
3.1.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ	31
3.1.3 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ ΣΕ ΣΥΝΘΕΤΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ	32
3.1.4 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ.....	33
3.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ	34
3.2.1 ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΕΜΟΥ	35
3.3 Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΤΕΧΝΙΚΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	41
4.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	41
4.2 ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	41
4.2.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	43
4.2.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	46
4.3 ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	47
4.3.1 ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	47
4.3.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.....	49
4.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	53
4.5 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	54
4.5.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΑ.....	55
4.5.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	55
4.6 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	58
4.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	58
4.6.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	59
4.6.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	59
4.6.4 ΜΟΤΕΡ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ SAVONIUS	61
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	61
5.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	61
5.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ SAVONIUS.....	62
5.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	64
5.5 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ-ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ.....	68
6.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ.....	68
6.1.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	68
6.1.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	69
6.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	75
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	75
7.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	76
7.2.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	76
7.2.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	76
7.3 ΟΙ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ PRO/ENGINEER WILDFIRE.....	76
7.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	76
7.3.2 ΟΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	77
7.3.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ (DRAWINGS).....	78
7.3.4 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ (PART)	80
7.3.5 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ (ASSEMBLY)	84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΧΡΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	88
8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	88
8.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ SAVONIUS	88
8.2.1 ΑΞΟΝΑΣ	88
8.2.2 ΒΑΣΗ.....	90
8.2.3 ΦΤΕΡΟ.....	92
8.2.4 ΕΝΩΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	94
8.2.5 ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΟΛΗΣ DRAWING.....	95
8.3 ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	97
8.3.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ.....	97
8.3.2 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ.....	98
8.3.3 ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ	101
8.3.4 ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ	102
8.3.5 ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ	103
8.3.6 ΕΝΩΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	107
ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	110
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Έχοντας αναγνωρίσει το παγκόσμιο πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών, είναι πλέον προφανές ότι επιβάλλεται η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και η άμεση στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Από τεχνολογική και οικονομική πλευρά, η πιο ώριμη μορφή καθαρής ενέργειας είναι σήμερα η αιολική, η οποία συμβάλλει στην αποτροπή των κλιματικών αλλαγών, προσφέροντας συγχρόνως ποικίλα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Επιπλέον, η Ελλάδα είναι μία χώρα που είναι προικισμένη από τη φύση με ισχυρούς ανέμους, που έχει την εμπειρία της βιωσιμότητας της αιολικής ενέργειας.

Στην παρούσα εργασία μελετάται το ζήτημα της εγκατάστασης ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα για παραγωγή θέρμανσης σε αστικές περιοχές. Στο αρχικό κομμάτι της εργασίας γίνεται μια γενική αναφορά για τα περιβαλλοντικά και ενεργειακά προβλήματα αλλά και για τη σημασία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στη συνέχεια αναφέρεται η αιολική ενέργεια, η αξιοποίηση της και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της. Επίσης γίνεται αναφορά στον άνεμο, στις μετρήσεις του αιολικού δυναμικού όπως και σε διάφορες σχέσεις που σχετίζονται με τον άνεμο. Σε επόμενο βήμα γίνεται αναφορά στα συστήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας, στους τύπους που χωρίζονται τα συστήματα αυτά και στην αξιοποίηση της για παραγωγή θέρμανσης. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στον τύπο της ανεμογεννήτριας που έχει επιλεγεί (Savonius), καθώς και στους λόγους για τους οποίους επιλέχτηκε. Τέλος, γίνεται ο σχεδιασμός της ανεμογεννήτριας Savonius στο Pro/ENGINEER, που είναι ένα λογισμικό τρισδιάστατης παραμετρικής μοντελοποίησης. Επίσης, αναφέρονται οι λόγοι που επιλέχτηκε το λογισμικό αυτό, καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του σε σχέση με αντίστοιχα λογισμικά.

ABSTRACT

Taking in account the world problem of climatic changes, it is obvious that it is essential to be reduced the dependence by fossil fuels, as well as the direct turn in the renewable energy sources. From technological and economic point of view, the most mature technology of clean energy today is the wind energy, which contributes in the prevention of climatic changes, offering simultaneously various environmental, social and economic advantages. Moreover, Greece is a country that presents a significant wind potential, in which the viability of wind energy has been proved.

The present work studies the aspect of a vertical axis wind turbine installation for heating purposes in urban regions. Initially, an introduction on the environmental and energy problems, as well as on the importance of renewable energy sources is presented. Following this, there is a description on wind energy, its exploitation and its advantages and disadvantages. Additionally, there is a description about wind speed and direction variations and wind measurements. As a next step, there is a report about the systems of wind energy exploitation (wind turbines), their types, and their applications for heating production. There is a specific reference to the chosen type of wind turbine (Savonius) and the advantages that it offers. Finally, this work contains the modeling of the selected Savonius type wind turbine in Pro/ENGINEER, which is a parametric three-dimensional design software. Also, the reasons for the selections of this software are reported, as well as its advantages and disadvantages compared to related programs.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΤΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1.1.1 Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Κάθε χρόνο ως αποτέλεσμα των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) κυρίως από την καύση ορυκτών καύσιμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) καθώς και άλλων αερίων όπως το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου, απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αλλάζοντας τη σύσταση των αερίων που παρέμενε σταθερή για δεκάδες χιλιάδες χρόνια. Η ανατροπή αυτή αναμένεται να αλλάξει δραστικά το κλίμα τις επρχόμενες δεκαετίες. Το διοξείδιο του άνθρακα θεωρείται υπεύθυνο για το 50% της υπερθέρμανσης της ατμόσφαιρας εφόσον σε λιγότερο από 2 αιώνες η συνολική ποσότητα CO_2 της ατμόσφαιρας αυξήθηκε κατά 25%. Κάθε χρόνο επιβαρύνεται η ατμόσφαιρα με 6 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της γης θα ανέβει τα επόμενα 100 χρόνια από 2 έως και 6 βαθμούς κελσίου .



Εικόνα 1.1: Εκπομπές ρύπων από εργοστάσια

Οι συνέπειες της υπερθέρμανσης της γης δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένες σε όλα τα μήκη και πλάτη. Πρόσφατες έρευνες σε Αμερική και Ευρώπη δείχνουν ότι κάτω από τις συνθήκες αυτές προβληματικά κλιματολογικά φαινόμενα όπως οι ξηρασίες, οι πλημύρες, το el niño και άλλα, αναμένεται να εμφανίζονται πιο συχνά. Οι σίγουρες συνέπειες της παγκόσμιας υπερθέρμανσης είναι:

1. Η μείωση στα αποθέματα του νερού.
2. Οι απότομες μεταβολές στη θερμοκρασία του πλανήτη.
3. Οι υψηλές θερμοκρασίες στη θερινή περίοδο.
4. Η είσοδος των θαλάσσιων υδάτων στον παράκτιο υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και η υποβάθμιση του.
5. Οι σημαντικές μετακινήσεις πληθυσμού και αγαθών.

6. Η δραματική μείωση του αριθμού των ειδών.

Η αλλαγή του κλίματος αμφισβητήθηκε στο παρελθόν και σε οποιαδήποτε προσπάθειες για την έγκαιρη αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού αντέδρασαν λόμπι ισχυρών συμφερόντων. Πλέον όμως αυτή η πραγματικότητα είναι αδιαμφισβήτητη καθώς οι συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι ήδη πραγματικότητα. Την τελευταία δεκαετία, εκδηλώθηκαν τρεις φορές περισσότερες φυσικές καταστροφές -κυρίως πλημμύρες και τυφώνες- στον κόσμο από ότι στην δεκαετία του 60, ενώ τετραπλασιάστηκε το κόστος των καταστροφών από παρόμοια φαινόμενα.

Τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με την καύση λιγνίτη, λιθάνθρακα, πετρελαίου και άλλων ορυκτών καυσίμων, ευθύνονται για το μεγαλύτερο μέρος της περιβαλλοντικής κρίσης προκαλώντας αλόγιστη ρύπανση στον αέρα (Εικόνα 1.1), το έδαφος, το υπέδαφος, τον υδροφόρο ορίζοντα άλλα και την υγεία των πολιτών. Στην Ευρώπη οι πιο ρυπογόνοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν στην Ελλάδα, την Γερμανία, την Πολωνία και την Ισπανία.

Συμφώνα με έκθεση της WWF, η ελληνική ΔΕΗ είναι η πέμπτη μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής λιγνίτη στον κόσμο, και οι πιο ρυπογόνοι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί στην Ευρώπη είναι αυτοί του Άγιου Δημητρίου και της Καρδίας στην Κοζάνη. Οι σταθμοί της ΔΕΗ εκλύουν κάθε χρόνο 43 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ποσό που αποτελεί το 40% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα της χώρας.

1.1.2 ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ

Σε μια προσπάθεια αντιμετώπισης των κλιματικών αλλαγών η διεθνής κοινότητα συμφώνησε στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου υπογράφοντας την σύμβαση πλαίσιο για την κλιματική αλλαγή γνωστό ως το πρωτόκολλο του Κιότο. Η συμφωνία αυτή επικυρώθηκε πάνω από 100 χώρες στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1997. Εκεί οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμευτήκαν να μειώσουν συνολικά τις εκπομπές των 6 κύριων αερίων του θερμοκηπίου (διοξείδιο του άνθρακα CO₂, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου και διάφορα βιομηχανικά φθοριούχα αέρια) κατά 5,2% με βάση τις εκπομπές του 1990 ως το 2012.

Το πρωτόκολλο είναι ένα θετικό βήμα αλλά ατελές, για την σωτηρία του πλανήτη και για την προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς αποτελεί την πρώτη συμφωνία που έθεσε συγκεκριμένο στόχο μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και αναγνώρισε την κοινή αλλά διαφοροποιημένη ευθύνη των διαφόρων χωρών. Ο κοινός στόχος είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 5,2%, αλλά η ευθύνη είναι διαφοροποιημένη με βάση τις ανάγκες ανάπτυξης τους και την ιστορική τους ευθύνη στη δημιουργία του φαινομένου. Έτσι ενώ ο Καναδάς έχει στοχεύσει σε μείωση 6% των εκπομπών του, η Γερμανία σε μείωση κατά 21%, η Ελλάδα διεκδίκησε και «πέτυχε» να της επιτραπεί η αύξηση κατά 25%!!

Μαζί με το πρωτόκολλο του Κιότο γεννήθηκε μια σειρά πολύπλοκων εννοιών. Οι έννοιες αυτές ονομάζονται «ευέλικτοι μηχανισμοί» ή πιο απλά παραθυράκια για την αποφυγή της πραγματικής μείωσης των εκπομπών. Οι ευέλικτοι αυτοί μηχανισμοί δίνουν το δικαίωμα στις ανεπτυγμένες χώρες να πωλούν και να αγοράζουν πιστώσεις μεταξύ τους. Δηλαδή όταν μια χώρα έχει καταφέρει να μειώσει σε μεγαλύτερο ποσοστό τα αέρια του θερμοκηπίου από αυτό για το οποίο δεσμεύτηκε, έχει τη δυνατότητα να εμπορευτεί την επιπλέον αυτή ποσότητα με κάποια χώρα η οποία δεν κατάφερε να φτάσει στο στόχο της.

Όπως φαίνεται τα περιθώρια που προσφέρει το πρωτόκολλο του Κιότο στην ανάπτυξη της αγοράς του άνθρακα το καθιστά ανεπαρκές για την προστασία του παγκόσμιου κλίματος. Όμως οι περιβαλλοντικές οργανώσεις φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης, αλλά και ορισμένες κυβερνήσεις πιέζουν για νέους πιο φιλόδοξους αλλά αναγκαίους στόχους, για σοβαρότερη προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το μέλλον των έργων φαίνεται πως βλάπτει τα συμφέροντα των επιχειρήσεων που δε θέλουν να δουν να πηγαίνουν χαμένα τα σχέδια που προσφέρουν σε όσους χρειάζονται τις πιστώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αλλά και έσοδα στα ταμεία τους.

1.1.3 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ

Μέχρι τώρα το πλέον αποτελεσματικό ρυθμιστικό πλαίσιο για των περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ανάπτυξη των ΑΠΕ έχει πραγματοποιηθεί από την Ευρωπαϊκή ένωση. Το 2007 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε μια διεξοδική δέσμη μέτρων για την χάραξη μιας νέας ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι κλιματικές αλλαγές και να ενισχυθεί η ενεργειακή ασφάλεια και η ανταγωνιστικότητα της Ε.Ε. Η Επιτροπή έθεσε τρεις φιλόδοξους στόχους με χρονικό ορίζοντα το 2020 :

- 1) Βελτίωση της απόδοσης των ενεργειακών συστημάτων κατά 20%.
 - 2) Αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην τελική κατανάλωση στο επίπεδο του 20%.
 - 3) Αύξηση του ποσοστού βιοκαυσίμων στις μεταφορές στο 10% .
- Σημειώνεται ότι ο στόχος για 20% διείσδυση των ΑΠΕ αφορά το σύνολο των ενεργειακών χρήσεων (ηλεκτρισμός, θερμότητα και μεταφορές).

Τα κράτη μέλη παρακολουθούν τις οικείες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και υποβάλλουν σχετική έκθεση κάθε χρόνο. Αν μια έκθεση παρακολούθησης δείξει ότι ένα κράτος δεν τήρησε τις επιτρεπόμενες ποσότητες που καθορίζονται στην απόφαση για επιμερισμό της προσπάθειας, η κοινότητα μπορεί να κινήσει διαδικασίες για παράβαση κατά του υπόψη κράτους μέλους βάσει του άρθρου 226 της συνθήκης ΕΚ. Το άρθρο αυτό εξουσιοδοτεί την Επιτροπή να προσφεύγει στο Δικαστήριο κατά των κρατών μελών που δεν τηρούν τις υποχρεώσεις τους. Αυτό σημαίνει πως επιβάλλεται κάποιο χρηματικό πρόστιμο για κάθε μη συμμόρφωση των κρατών στις επιταγές της Επιτροπής.

Οι προτάσεις της Ευρωπαϊκής επιτροπής γεννούν για την Ελλάδα μια μεγάλη πρόκληση προκειμένου να εκπληρωθεί ο στόχος της Κοινοτικής Οδηγίας για την παραγωγή ηλεκτρισμού από ΑΠΕ. Σύμφωνα με αυτήν η Ελλάδα καλείται να αυξήσει τη συμβολή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο επίπεδο του 20,1% το 2010 (συμπεριλαμβανομένης της συμβολής των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών). Ωστόσο ο στόχος αυτός είναι μάλλον πολύ υψηλός για τα Ελληνικά δεδομένα αφού οι γραφειοκρατικές και πολιτικές δυσκολίες δεν επιτρέπουν επιτάχυνση στους ρυθμούς επένδυσης σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

1.1.4 ΤΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Τις τελευταίες δεκαετίες οι ενεργειακοί πόροι έχουν εξελιχθεί σε πόρους στρατηγικής σημασίας για την λειτουργία του οικονομικού συστήματος. Όμως η ενεργοβόρα δομή παραγωγής, η αυξανόμενη κατανάλωση και ταυτόχρονα ανορθολογική χρήση της ενέργειας έχουν οδηγήσει σε μείωση των αποθεμάτων των ενεργειακών πόρων και αρά αύξηση του κόστους εξόρυξης και παραγωγής τους. Η στενότητα των φυσικών πόρων και η επίπτωση της στην οικονομική ανάπτυξη έχει απασχολήσει ιδιαίτερα την οικονομική σκέψη. Στοχαστές όπως ο Malthus και Marx διερευνούσαν ήδη από το 19ο αιώνα κατά πόσο η φύση θέτει φραγμούς στην οικονομική ανάπτυξη, ώστε η οικονομία να οδηγηθεί μακροχρόνια σε μια στάσιμη κατάσταση.

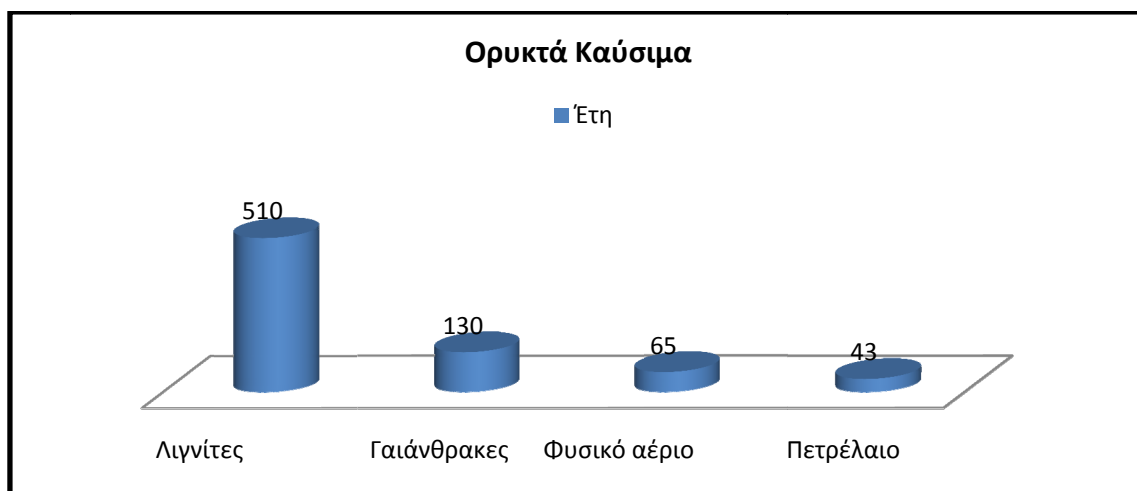
Μετά το 2ο παγκόσμιο πόλεμο, αρκετοί οικονομολόγοι ασχολήθηκαν με την μέτρηση της στενότητας συγκεκριμένων φυσικών πόρων. Ειδικότερα το ενδιαφέρον για την στενότητα των ορυκτών καυσίμων υπήρξε αρκετά έντονο λόγω των δυο μεγάλων ενεργειακών κρίσεων. Ο προβληματισμός στρεφόταν πάντα γύρω από το πώς θα μπορέσει να συμβαδίσει η κοινωνική ευημερία σε συνάρτηση με την στενότητα των φυσικών πόρων. Οι ενεργειακοί πόροι που κατέχουν σήμερα δεσποζουσα θέση στην παγκοσμία κατανάλωση ενέργειας είναι κυρίως το πετρέλαιο και τα προϊόντα του ενώ ακολουθεί ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Το πετρέλαιο και τα λοιπά ορυκτά καύσιμα είναι εξαντλήσιμοι και σπάνιοι πόροι και επομένως υπό την πίεση της αυξανόμενης ζήτησης θα αυξάνονται ολοένα και οι τιμές τους. Η διάρκεια ζωής παγκόσμιων αποθεμάτων εξαντλήσιμων πηγών ενέργειας (όπως είναι ο λιγνίτης, ο γαιάνθρακας, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο) φαίνεται στο Σχήμα 1.1.

Πρόσφατα οι διεθνείς τιμές του πετρελαίου έφτασαν σε πρωτόγνωρα υψηλά επίπεδα φθάνοντας στο υψηλότερο επίπεδο σε πραγματικούς όρους, από το τέλος της δεκαετίας του '70. Στα τέλη του Μαΐου του 2008 η τιμή του αργού πετρελαίου τύπου Μπρεντ κινήθηκε γύρω στα 132 USD το βαρέλι, ήταν δηλαδή υπερδιπλάσια σε σχέση με τα επίπεδα του 2007. Η μέση τιμή του πετρελαίου για τους πέντε πρώτους μήνες του 2008 ανερχόταν σε 105 USD έναντι μέσου όρου της τάξης των 73 USD το βαρέλι, κατά το 2007 ενώ οι τιμές είχαν ήδη τριπλασιαστεί σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2002.

Οι τιμές του άνθρακα και του φυσικού αερίου ακολούθησαν αύξηση, με τον ίδιο ρυθμό ή και με ταχύτερο σε σχέση με τις τιμές του πετρελαίου, κατά τους τελευταίους

12 μήνες του 2008. Αυτό σημαίνει ότι οι υψηλές τιμές του πετρελαίου είχαν ως αποτέλεσμα τις αυξημένες τιμές των ενεργειακών προϊόντων, πιέζοντας τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας στην Ευρώπη να αυξήσουν τις τιμές τους.

Οι προηγούμενες πετρελαϊκές κρίσεις όπως εκείνη της δεκαετίας του '70 είχαν προκληθεί από τους περιορισμούς που επιβλήθηκαν στην πρόσφορα από τις χώρες παραγωγής. Στην προκειμένη περίπτωση η σταθερή ή ακόμη και ελαφρά μειούμενη πρόσφορα πετρελαίου αγωνίζεται να ανταποκριθεί σε μια αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση. Το συμπέρασμα είναι πως η αύξηση των τιμών του πετρελαίου δεν οφείλεται πια σε προσωρινούς παράγοντες όπως γινόταν κατά το παρελθόν αλλά σε μια διαρθρωτική μεταβολή της ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης πετρελαίου στην παγκόσμια οικονομία και ως εκ τούτου είναι πιθανόν μακροπρόθεσμα να παραμείνουν υψηλές οι τιμές.



Σχήμα 1.1: Διάρκεια ζωής παγκόσμιων αποθεμάτων εξαντλήσιμων πηγών ενέργειας

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

Για τις χώρες που είναι εισαγωγείς πετρελαίου, φυσικού αερίου και άλλων ορυκτών καυσίμων μια αύξηση στις τιμές των εν λόγω καυσίμων, θα αποτελούσε πηγή πληθωρισμού αυξάνοντας τις τιμές των προϊόντων και συρρικνώνοντας την αγοραστική δύναμη των πολιτών. Πρόσφατα στην Ευρώπη ο πληθωρισμός των τιμών ενέργειας συνέβαλε κατά 0.8% περίπου στην αύξηση του εναρμονισμένου δείκτη τιμών καταναλωτή κατά το τέταρτο τρίμηνο του 2007. Ομοίως οι τιμές πολλών

γεωργικών προϊόντων, όπως σίτου, των γαλακτοκομικών προϊόντων του κρέατος παρουσίασαν κατακόρυφη αύξηση.

1.1.5 ΝΕΑ ΕΠΟΧΗ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γίνεται σαφές πως ο ηλεκτρικός τομέας αποτελεί σήμερα την πιο κρίσιμη υποδομή των σύγχρονων κοινωνιών. Έτσι η αξιοπιστία και η αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας που δεν θα είναι εκτεθειμένη σε διακοπές εφοδιασμού και απότομες αυξήσεις των τιμών γίνεται πλέον επιτακτική ανάγκη.

Η στενότητα στα αποθέματα ορυκτών καυσίμων και τα μεγάλα ενεργειακά προβλήματα που εμφανίζονται κατά καιρούς, έχουν οδηγήσει σε νέες στρατηγικές στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής οι οποίες πλέον θα δίνουν έμφαση σε αποκεντρωμένες μονάδες με αποδοτικές τεχνολογίες όπως οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών. Τέτοιες αποκεντρωμένες τεχνολογίες θα μπορούσαν να παρέχουν όχι μόνο υποστήριξη στους μεγάλους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής αλλά και να τους αντικαταστήσουν.

Στο νέο περιβάλλον της ενέργειας η αποκεντρωμένη παραγωγή μπορεί να καλύπτει μεγάλο εύρος νέων τεχνολογιών με μικρές μονάδες εγκατεστημένες κοντά στην κατανάλωση. Η μεγάλη διείσδυση ανανεώσιμων πηγών και άλλων νέων και αποδοτικών τεχνολογιών αποτελεί τη νέα πρόκληση στον ενεργειακό τομέα και θα απαιτηθούν ανάλογες παρεμβάσεις στο δίκτυο.

Η ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών ηλιακής ενέργειας, αιολικής ενέργειας, βιομάζας, μικρών υδροηλεκτρικών, συστημάτων αποθήκευσης, συμπεριλαμβάνονται στους μεσοπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους στόχους κάθε χώρας. Στην Ευρώπη η διείσδυση και η συμμετοχή των αποκεντρωμένων μονάδων στην κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για το 2030 εκτιμάται για το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο 35% - 40% . Αυτό θεωρείται μεγάλη συμβολή στην ασφάλεια και στην αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς επίσης και στη βιώσιμη ανάπτυξη.

1.2 ΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η παγκοσμία επιτροπή για το περιβάλλον και την ανάπτυξη διατύπωσαν την εξής έννοια της βιώσιμης ή αειφόρου ανάπτυξης «βιώσιμη είναι η ανάπτυξη η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες της σημερινής γενιάς χωρίς να χειροτερεύει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες» Η δυνατότητα της βιώσιμης ανάπτυξης είναι υπαρκτή όσο υπάρχουν ανανεώσιμοι πόροι συμπεριλαμβανομένων και των ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών και αξιοποιούνται στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Η ευρύτερη έννοια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αναφέρεται σε κάθε πηγή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ανανεώνεται μέσω φυσικών φαινομένων μόνιμου κύκλου. Πρόκειται για καθαρές" μορφές ενέργειας, πολύ φιλικές στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Ενώ για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση όπως εξόρυξη, άντληση καύση αλλά απλώς η εκμετάλλευσή της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στην φύση. Αυτό σημαίνει πως πρόκειται για ανεξάντλητες πηγές ενέργειας που βασίζονται σε διάφορες φυσικές διαδικασίες όπως: ο ήλιος, ο άνεμος, οι υδατοπτώσεις, η ενέργεια των κυμάτων, ρευμάτων, ωκεανών, η βιομάζα και η γεωθερμία.

Οι Α.Π.Ε. μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση), είτε μετατρεπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις Α.Π.Ε. είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα, τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής, καθώς και οι πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που συνδέονται με τη διατήρηση του παρόντος επιπέδου ανάπτυξης στον ενεργειακό τομέα, εμπόδισαν την εκμετάλλευσή έστω και μέρους αυτού του δυναμικού.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των Α.Π.Ε., καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους, παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1979 ως αποτέλεσμα κυρίως των απαντών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων από την χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια, λόγω της εξέλιξης των τεχνολογιών τους και της διεύρυνσης της παραγωγικής βάσης τεχνολογίας σε αναπτυσσόμενες χώρες, με αντίστοιχη μείωση του κόστους επένδυσης και παραγωγής.

Αποτελούν επίσης για τα κράτη στρατηγική επιλογή, αφού έχουν ωριμάσει και είναι ασφαλείς, ανταγωνιστικές και ελκυστικές σε ιδιώτες και επενδυτές. Ενώ η εφαρμογή τους συμβάλλει στη βελτίωση των περιβαλλοντικών δεικτών και ειδικότερα στη μείωση των εκπομπών CO₂ και στην απεξάρτηση από το εισαγόμενο πετρέλαιο. Μπορούν δηλαδή να απαντήσουν αποτελεσματικά στο τρίπτυχο των προβλημάτων που απασχολούν τον τομέα της ενέργειας: α) επάρκεια αποθεμάτων, β) ασφάλεια ανεφοδιασμού και γ) προστασία του περιβάλλοντος.

Εξάλλου, στην προώθηση των Α.Π.Ε. στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά συνέβαλε το γεγονός ότι μπορούν να συμβάλλουν στην ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, αποτελώντας την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου. Είναι προφανές ότι χώρες με μεγάλα αποθέματα στις πρωταρχικές μορφές ενέργειας έχουν συνήθως την τάση να χρησιμοποιούν αυτό το πλεονέκτημα ως μέσο για πολιτικό και οικονομικό έλεγχο των υπολοίπων. Παράδειγμα τέτοιων συνεπειών είναι η πολιτική και οικονομική κατάσταση που έχει εδραιωθεί στη Μέση Ανατολή. Οι Α.Π.Ε. όμως, αποτελούν ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας παράλληλα την ανάγκη για τεράστιες μονάδες ενεργειακής παραγωγής, αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Ταυτόχρονα, υποβοηθείται η αποκέντρωση και η ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας σε κάθε περιοχή όπου εγκαθίστανται τέτοιου είδους μονάδες.

Το πιο σημαντικό όφελος που μπορούν να προσφέρουν σε μια οικονομία σχετίζεται με την βελτίωση της απασχόλησης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζουν καταπληκτικό δυναμικό ως προς την δημιουργία και διαφύλαξη θέσεων εργασίας. Μελέτη του WWF για τη Βιομάζα «Biomass Study» εντοπίζει ένα δυναμικό απασχόλησης της τάξεως των 170.000-290.000 θέσεων εργασίας πλήρους απασχόλησης στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. μόνο και μόνο από αυτή την συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Οι εν λόγω θέσεις εργασίας υπολογίζεται ότι θα δημιουργηθούν κυρίως σε αγροτικές, αδύναμες από πλευράς υποδομών, περιοχές και θα είναι ως εκ τούτου εξαιρετικά σημαντικές.

Ένα επιπρόσθετο πλεονέκτημα είναι ο απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση εξοπλισμός τους. Εξάλλου, το μηδενικό κόστος πρώτης ύλης, σε συνδυασμό με τις μικρές έως ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης που εμφανίζουν, συνεπάγεται περιορισμένο κόστος λειτουργίας. Έτσι, αντισταθμίζεται σε μεγάλο βαθμό το μέχρι σήμερα μειονέκτημα του αυξημένου κόστους που απαιτείται για την εγκατάσταση των μονάδων εκμετάλλευσής τους. Επιπρόσθετα, στα τεχνικά πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνονται: η δυνατότητα διαφοροποίησης των ενεργειακών φορέων, τεχνολογιών και υποδομών παραγωγής θερμότητας, καυσίμων και ηλεκτρισμού και η αύξηση της ευελιξίας των συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής, ώστε να ανταποκρίνονται στη μεταβαλλόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Για κάθε χώρα η επιλογή μεταξύ των διάφορων διαθέσιμων ενεργειακών πόρων εξαρτάται έντονα από τους φυσικούς περιορισμούς που τίθενται για κάθε τύπο

πόρου (υδατικό δυναμικό, αιολικό δυναμικό ανά περιοχή, μέγιστη μέση ηλιακή έκθεση ανά μονάδα επιφάνειας κλπ) . Για κάθε πόρο λοιπόν υπάρχει ένα κατώφλι της βέλτιστης απόδοσης. Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά τα οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια τα οποία είναι αναγκαία προκειμένου να πραγματοποιηθούν τεχνικά οι ανανεώσιμες πηγές σε μια χώρα:

- 1) Οικονομικός ανταγωνισμός (κόστος KWh).
- 2) Επιπτώσεις στην απασχόληση.
- 3) Ευαισθησία στις τιμές των πρώτων υλών (πετρέλαιο, και άλλα ορυκτά).
- 4) Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- 5) Κοινωνική αποδοχή.

1.2.2 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Από το 1997 που επεγράφη το Πρωτόκολλο του Κιότο, οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές αυξάνονται διαρκώς με ταχείς ρυθμούς. Η εγκατεστημένη ισχύς σε ανεμογεννήτριες αυξάνεται κατά 25-30% ετησίως, τα φωτοβολταϊκά κατά 50-60% ετησίως, οι ηλιακοί συλλέκτες για θέρμανση νερού κατά 15-20% ετησίως (εγκατεστημένοι σε 50 εκατομμύρια νοικοκυριά παγκοσμίως το 2007) και η παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων κατά 15-20% ετησίως.

Παγκοσμίως ολοένα και περισσότερες χώρες στοχεύουν να αυξήσουν την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, διαμορφώνοντας τα θεσμικά πλαίσια για την προσέλκυση επενδύσεων. Σήμερα 58 χώρες έχουν θέσει στόχους για την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό τους ισοζύγιο συμπεριλαμβανομένων και αναπτυσσόμενων χωρών αλλά και πολιτειών /περιφερειών των ΗΠΑ και του Καναδά, και η πλειοψηφία αυτών έχει διαμορφώσει συγκεκριμένες πολιτικές και κίνητρα για την χρήση Α.Π.Ε.. Την πρωτοπορία στον κλάδο διαθέτει η Ευρώπη, έχοντας άνω του 35% του παγκόσμιου δυναμικού σε παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες.

Σήμερα πάνω από 70 χώρες έχουν αιολική ενέργεια, μεταξύ τους και αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Κίνα, Αίγυπτος, Μεξικό, Ιράν, Βραζιλία κ.α. Η Ινδία και η Κίνα έχουν πολύ μεγάλη ισχύ σε αιολική ενέργεια, κατέχοντας 4η και 6η θέση αντίστοιχα (με τη Γερμανία και την Ισπανία να κατέχουν την πρώτη και δεύτερη) στη παγκόσμια κατάταξη όσο αφορά εγκατεστημένη ισχύ αιολικών πάρκων.

Χώρες όπως η Γερμανία κατάφεραν να χρησιμοποιήσουν με τέτοιο τρόπο τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας ώστε εκτός από τα πρωτεύοντα αποτελέσματα να αποκτήσουν οφέλη σε επίπεδο τεχνολογίας και κατασκευαστικής δραστηριότητας. Ο εξοπλισμός και οι κατασκευές στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν μεγάλο κομμάτι της βιομηχανικής παραγωγής της Γερμανίας, μαζί με τη βιομηχανική παραγωγή σε αυτοκίνητα και μηχανικά εργαλεία.

Ο μεγαλύτερος κατασκευαστής φωτοβολταϊκών κύψελων στον κόσμο που χρησιμοποιούνται στους ηλιακούς συλλέκτες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα είναι η εταιρία Q-CELLS και βρίσκεται στο

Wolfen της Γερμανίας σε μια χώρα που δεν φημίζεται για την ηλιοφάνεια της. Παρόλα αυτά είναι η πρώτη στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και είναι η τρίτη μεγαλύτερη παραγωγός ηλιακών συλλεκτών μετά την Κινά και την Ιαπωνία.

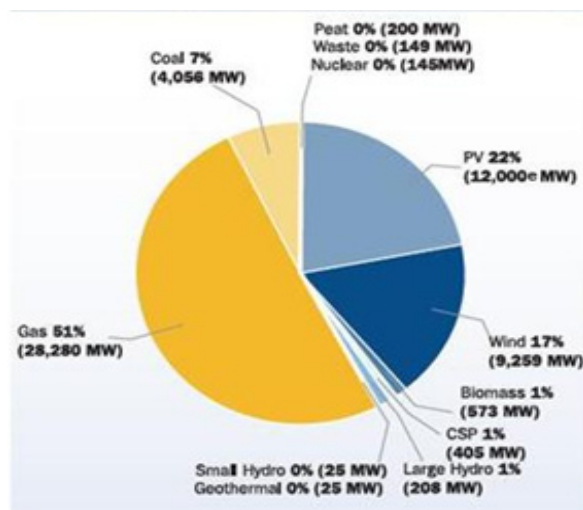
Σε μια άλλη περιοχή της Ευρώπης στην Σκωτία οι σημαντικότερες οικονομικές δραστηριότητες τα τελευταία χρόνια προέρχονται από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Εκεί έχει πραγματοποιηθεί ένα σπουδαίο επίτευγμα με 1,5 εκατομμύριο νοικοκυριά να έχουν ρεύμα από ανανεώσιμες πηγές. Το 2007 στην γιορτή της Πράσινης Ενέργειας ανακοίνωσαν ότι ήταν η ημέρα κατά την οποία οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ξεπέρασαν σε ικανότητα παραγωγής την πυρηνική ενέργεια. Ακόμη και σε αυτήν την περίοδο της οικονομικής κρίσης η Σκωτία διαθέτει ανεβασμένους οικονομικούς δείκτες πράγμα που αποδεικνύει την σημαντική συμβολή των ανανεώσιμων πηγών στην οικονομία της χώρας.

Ανάλογα οικονομικά οφέλη απολαμβάνει και η Δανία όπου περισσότεροι από 15.000 άνθρωποι ζουν από την αιολική ενέργεια, σχεδιάζοντας και κατασκευάζοντας ανεμογεννήτριες η τμήματα εξοπλισμού, ή προσφέροντας συμβουλευτικές υπηρεσίες καθώς και υπηρεσίες κατασκευών έργων. Σήμερα η απασχόληση ανθρώπινου δυναμικού στη Δανέζικη βιομηχανία αιολικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη από ότι πχ η αντίστοιχη απασχόληση στην ιχθυοβιομηχανία. Η παραγωγή ανεμογεννητριών στη χώρα αυτή συνδυάζεται με την πρόσφορα 5.000 επιπλέον θέσεων εργασίας σε άλλες χώρες όπου ανεγείρονται η κατασκευάζονται μέρη του εξοπλισμού των ανεμογεννητριών όπως οι γεννήτριες και τα κιβώτια ταχυτήτων.

Αναλυτικά, τα κυριότερα είδη των Α.Π.Ε. είναι τα ακόλουθα και στο Σχήμα 1.2 φαίνεται η συνεισφορά όλων των ενεργειακών μορφών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις χώρες της Ε.Ε. μέχρι τα τέλη του 2010:

- Αιολική ενέργεια : η κινητική ενέργεια που παράγεται από την ροή του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια και εν συνεχεία σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Ηλιακή ενέργεια : αξιοποιείται μέσω τεχνολογιών που εκμεταλλεύονται το φάσμα ακτινοβολιών προερχόμενο από τον ήλιο. Οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται είναι :
 - Ενεργητικά ηλιακά συστήματα : μετατρέπουν την θερμική ενέργεια προερχόμενη από τον ήλιο σε μηχανική και εν συνεχεία σε ηλεκτρική.
 - Φωτοβολταϊκά ηλιακά συστήματα : μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα σε ηλεκτρική.
- Υδραυλική ενέργεια : αξιοποιεί τις υδατοπτώσεις, με στόχο την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας .
- Βιομάζα : είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, που μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μία σειρά διεργασιών των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης.

- Γεωθερμική ενέργεια : η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και μετατρέπεται σε ηλεκτρική αφού προηγουμένως έχει μετατραπεί σε μηχανική.
- Αστικά Απορρίμματα: η αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου τους είτε μέσω καύσης τους είτε μέσω της καύσης του μεθανίου που παράγεται κατά την φυσική αποσύνθεσή τους.
- Ενέργεια από θαλάσσια κύματα: εκμεταλλεύεται την δυναμική ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων και την μετατρέπει σε μηχανική η οποία μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική.



Σχήμα 1.2: Συνεισφορά όλων των πηγών ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή το 2010 για τις χώρες της Ε.Ε.

1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.3.1 ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα για παραγωγή θέρμανσης σε σπίτια που βρίσκονται κυρίως σε αστικές περιοχές. Η εργασία αυτή επικεντρώνεται κυρίως στην επιλογή ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα, στις δυνατότητές της αλλά και στους λόγους επιλογής της.

1.3.2 ΔΟΜΗ

Η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σχετικά με την αιολική ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αρχικά μια ιστορική αναδρομή στις κατασκευές που εκμεταλλεύονται τον άνεμο για παραγωγή ενέργειας. Επίσης αναφέρεται η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα αλλά και στην Ευρώπη καθώς και τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα της αιολικής ενέργειας ως προς την αξιοποίησή της. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στον άνεμο ως φυσικό φαινόμενο και στους λόγους στους οποίους οφείλεται η ύπαρξή του. Επιπλέον

αναφέρονται οι σχέσεις που έχουν να κάνουν με τις ιδιότητες του ανέμου όπως και οι μετρήσεις του αιολικού δυναμικού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συστήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας (ανεμογεννήτριες). Πιο συγκεκριμένα γίνεται λόγος για τους τύπους ανεμογεννητριών που υπάρχουν και τους τρόπους λειτουργίας τους. Στο σημείο αυτό εξηγείται η κατάλληλη θέση για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας αλλά και οι παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή αυτής της θέσης. Τέλος γίνεται μια αναφορά για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας για θέρμανση χώρων, καθώς και η διαδικασία συνδεσμολογίας μιας μικρής ανεμογεννήτριας.

Το πέμπτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την σύγκριση μεταξύ των ανεμοκινητήρων κατακόρυφου άξονα, καθώς και τους λόγους επιλογής της ανεμογεννήτριας τύπου Savonius για εφαρμογή θέρμανσης χώρων στον οικιστικό τομέα. Επίσης περιγράφονται τα χαρακτηριστικά και η αρχή λειτουργίας της επιλεγόμενης ανεμογεννήτριας Savonius. Το έκτο κεφάλαιο έχει να κάνει με ένα αρκετά σημαντικό κομμάτι της μελέτης το οποίο είναι το χρηματοοικονομικό και νομοθετικό πλαίσιο για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος σε μια κατοικία.

Στο έβδομο και όγδοο κεφάλαιο αναφέρονται η παραμετρική μοντελοποίηση, τα χαρακτηριστικά της καθώς και τα πλεονεκτήματα-μειονεκτήματά της. Το πρόγραμμα που επιλέγεται για τον σχεδιασμό της ανεμογεννήτριας είναι το Pro/ENGINEER. Σε αυτά τα κεφάλαια γίνεται η αναφορά για τους λόγους επιλογής του προγράμματος Pro/ENGINEER, του τρόπου λειτουργίας του, τις δυνατότητές του και τα βήματα που έγιναν για τον σχεδιασμό των μοντέλων που έχουν επιλεγεί.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας αναφέρονται τα γενικά συμπεράσματα αυτής της μελέτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Η αξιοποίηση και η τιθάσευση του ανέμου απασχόλησε τον άνθρωπο για χιλιάδες χρόνια και ήταν ο ρυθμιστής για την ανάπτυξη και την εξέλιξη της ανθρωπότητας καθώς χρησιμοποιήθηκε τόσο στην ναυτιλία και την άρδευση όσο και στις αγροτικές καλλιέργειες. Η οικονομική και παραγωγική δραστηριότητα των αρχαίων χρόνων τονίζεται με την αναφορά στον διαχειριστή των ανέμων τον Αίολο στην Ελληνική μυθολογία, παρόμοιες αναφορές υπάρχουν σε κάθε αρχαίο πολιτισμό.

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον άνθρωπο για την κίνηση των ιστιοφόρων πλοίων, για εμπορικές συναλλαγές, συγκοινωνία και εξερευνήσεις. Ιστορικές αναφορές δείχνουν πως και άλλοι λαοί εκτός των Ελλήνων όπως οι Πέρσες, οι Αιγύπτιοι και οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν αιολικές μηχανές. Οι κατασκευαστικές τεχνικές δείχνουν ότι χρησιμοποιούνταν ανεμόμυλοι με κάθετους άξονες προκειμένου να αξιοποιούν τις δυνατότητες του αέρα. Ανεμόμυλοι τέτοιας τεχνοτροπίας υπήρχαν κυρίως στις Αραβικές χώρες. Ενώ την ιδέα της τεχνοτροπίας αυτής την μετέφεραν αργότερα στην Ευρώπη οι σταυροφόροι.

Στην Ευρώπη όμως, κυριάρχησαν οι ανεμόμυλοι οριζοντίου άξονα, με μια ελαφριά κλίση των πτερυγίων, στις αρχές του Μεσαίωνα. Η χρήση της αιολικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα, στη Δυτική Ευρώπη ξεκίνησε από την Αγγλία και την Ολλανδία τον Μεσαίωνα. Ανεμόμυλοι την εποχή αυτή χρησιμοποιούνταν κυρίως για άντληση νερού και για άλεσμα (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Ανεμόμυλος του Μεσαίωνα

Περισσότεροι από 200.000 ανεμόμυλοι είχαν εγκατασταθεί στη Βόρεια Ευρώπη. Στην Γερμανία στις αρχές του 20ου αιώνα, χρησιμοποιούνταν ακόμα περίπου 20.000 ανεμόμυλοι. Από τον 19ο αιώνα και μετά, κυρίως στην Αμερική, διαδόθηκε ένας

τύπος ανεμόμυλου γνωστός ως «western wheel» (Εικόνα 2.2) .Οι κατασκευές αυτές είχαν πολλά πτερύγια, περίπου 20, ήταν φτιαγμένες από ατσάλι, και χρησιμοποιούνταν κυρίως για άρδευση. Τον 20ο αιώνα, ως τα τέλη της δεκαετίας του 1930, είχαν εγκατασταθεί περίπου 8 εκατομμύρια τέτοιες μονάδες.



Εικόνα 2.2: Ανεμόμυλος τύπου «western wheel»

Η πρώτη απόπειρα να χρησιμοποιηθεί αιολική μηχανή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έγινε στα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα, με την ανεμογεννήτρια συνεχούς ρεύματος ισχύος 12 kW η οποία κατασκευάστηκε από τον Brush στις Η.Π.Α..

Εντούτοις για μια μεγάλη περίοδο του εικοστού αιώνα υπήρχε ελάχιστο ενδιαφέρον για την χρήση της αιολικής ενέργειας. Κάποιες αξιοσημείωτες εξαιρέσεις ήταν η ανεμογεννήτρια των αμερικανών Smith-Putnam η οποία κατασκευάστηκε στις Η.Π.Α. το 1941 (Εικόνα 2.3). Η εντυπωσιακή για την εποχή της μηχανή είχε ατσάλινο ρότορα διαμέτρου 53 m και ονομαστική ισχύ 1250 kW.



Εικόνα 2.3: Η ανεμογεννήτρια Smith-Putnam

Επίσης η ανεμογεννήτρια του Gedser στη Δανία το 1957, ονομαστικής ισχύος 200kW, με ρότορα διαμέτρου 24 m και η ανεμογεννήτρια Hütter W34 το 1958, ονομαστικής ισχύος 100 kW, με ρότορα διαμέτρου 34 m .

Η ξαφνική αύξηση τις τιμές του πετρελαίου στην δεκαετία του 70 υποκίνησε μια σειρά από κυβερνητικά χρηματοδοτούμενα προγράμματα για έρευνα και ανάπτυξη ανεμογεννητριών. Στις Η.Π.Α. αυτό οδήγησε στην κατασκευή μια σειράς πρωτοτύπων ανεμογεννητριών ξεκινώντας το 1975 με το μοντέλο Mod-0 διαμέτρου 38 m , ισχύος 100 KW και καταλήγοντας στο μοντέλο Mod-5B το 1987, με διάμετρο 97.5 m και ονομαστικής ισχύος 2.5 MW (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4: Το μοντέλο Mod-5B

Παρόμοιες προσπάθειες έγιναν στην Σουηδία , Γερμανία και Βρετανία. Την εποχή αυτή υπήρχε μεγάλη αβεβαιότητα ως προς το ποιά κατασκευαστική αρχιτεκτονική θα αποδειχθεί οικονομικά αποδοτικότερη , έτσι διερευνήθηκαν διάφορες καινοτόμες ιδέες. Στον Καναδά κατασκευάστηκε η ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα Darrieus με ισχύ 4 MW (Εικόνα 2.5) .



Εικόνα 2.5: Ανεμογεννήτρια Darrieus

Ανεξάρτητα με την εξέλιξη στον τομέα των ‘μεγάλων’ ανεμογεννητριών, σε χώρες όπως οι Η.Π.Α., η Δανία, η Γερμανία έγιναν ιδιαίτερες προσπάθειες να χρησιμοποιηθεί η αιολική ενέργεια σε μεγάλη κλίμακα. Στην Καλιφόρνια τη δεκαετία του 1980 εγκαταστάθηκαν ανεμογεννήτριες με συνολική ισχύ περίπου 1500 MW. Στα πρώτα στάδια εξέλιξης χρησιμοποιούσαν ανεμογεννήτριες της τάξης των 50 kW. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν ανεμογεννήτριες της τάξης των 100, 150, 250 και 500 kW. Η εξέλιξη αυτή έκανε δυνατή την μαζική παραγωγή των ανεμογεννητριών. Γι’ αυτό και μπορεί να παρατηρηθεί μια βελτίωση στον τομέα της αξιοπιστίας των συστημάτων αυτών. Σταδιακά η αύξηση του μεγέθους των ανεμογεννητριών οδήγησε σε μονάδες της τάξης των 500 - 1500 kW με πολλές δυνατότητες.

2.2 Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΑΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗ ΠΗΓΗ

Η αιολική ενέργεια είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη γι’ αυτό είναι και ανανεώσιμη. Δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί την μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από την μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους.

Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι από τεχνικοοικονομικής άποψης η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα την πλέον συμφέρουσα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεδομένου ότι ήδη το κόστος της παραγόμενης αιολικής KWh συναγωνίζεται το κόστος της συμβατικής KWh, χωρίς μάλιστα να συμπεριληφθεί το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος από την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται σοβαρές επενδύσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας τόσο από δημόσιους όσο και από ιδιωτικούς φορείς, κυρίως στις πιο ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη μας.

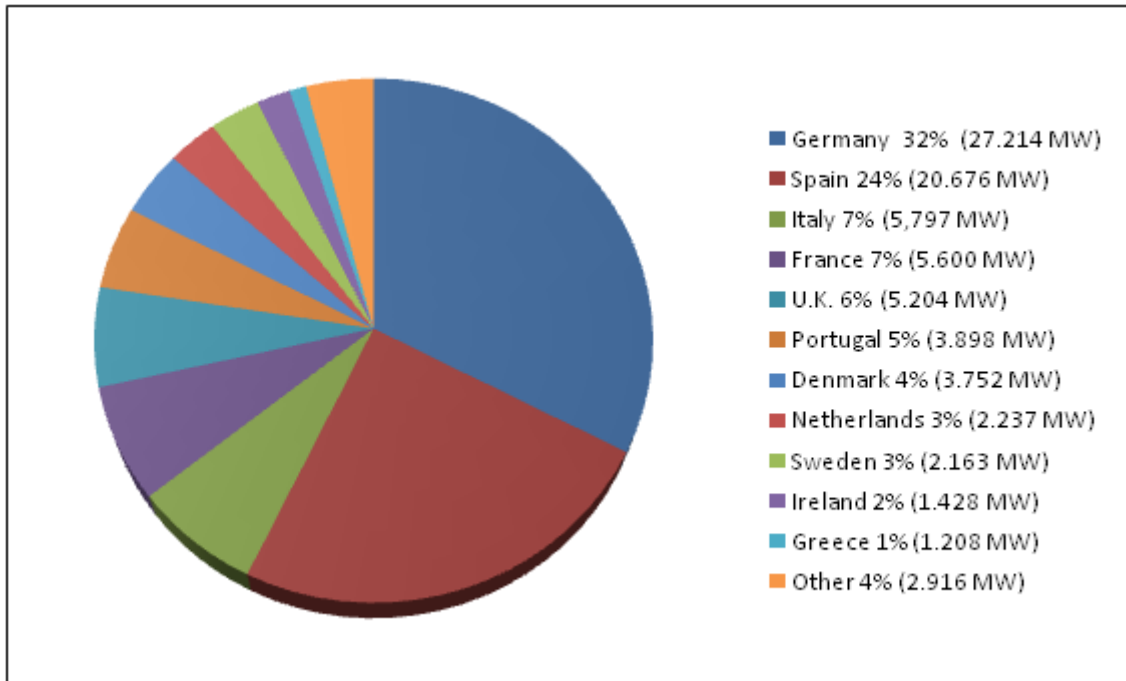
Από την άλλη πλευρά αντιπαρατίθεται το γεγονός ότι η αιολική ενέργεια δεν είναι ακριβώς προβλέψιμη ούτε και συνεχής, ενώ παράλληλα είναι μια μορφή ενέργειας χαμηλής πυκνότητας, γεγονός που μας υποχρεώνει σε μεγάλες κατασκευές (ανεμογεννήτριες μεγάλου μεγέθους). Επίσης η σωστή αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας θα βελτιώσει το παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο, χωρίς να επιβαρύνει με πρόσθετους ρύπους το ήδη βεβαρημένο περιβάλλον μας.

Τέλος, αν και είναι ευρύτερα αποδεκτό ότι η αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει μια καθαρή και οικονομικά ενδιαφέρουσα πηγή ενέργειας, ιδιαίτερα για τη χώρα μας, προτού διατυπωθούν τελικά συμπεράσματα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τα βασικά θετικά και αρνητικά στοιχεία, που συνοδεύουν την εγκατάσταση ανεμογεννητριών και την αξιοποίηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού μιας περιοχής.

2.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την αξιοποίηση της Αιολικής Ενέργειας είναι τα εξής:

- Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που σημαίνει ότι δεν εξαντλείται σε αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων.
- Αποτελεί μια καθαρή μορφή ενέργειας, ήπια προς το περιβάλλον. Η χρήση της δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και παράλληλα αντικαθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες πηγές ενέργειας, όπως το κάρβουνο, το πετρέλαιο και την πυρηνική ενέργεια. Τα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα των περισσότερων ανεπτυγμένων χωρών καθώς και της χώρας μας (π.χ. Αθήνα, Πτολεμαΐδα, Μεγαλόπολη, κλπ) καθιστούν την αιολική ενέργεια ιδιαίτερα ελκυστική σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος.
- Είναι εγχώρια πηγή ενέργειας και συνεισφέρει στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι διάσπαρτη γεωγραφικά και οδηγεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Έχει συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Μπορεί να αποτελέσει σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων.
- Οι επενδύσεις αιολικής ενέργειας είναι εντάσεως εργασίας αφού δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.



Σχήμα 2.1: Συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς στις χώρες της Ε.Ε στο τέλος του 2010. Το σύνολο ανέρχεται στα 84.074 MW

Επιπλέον ειδικά για τη χώρα μας ισχύουν και τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η χώρα μας διαθέτει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό (κυρίως τα νησιώτικα συμπλέγματα του Αιγαίου) και μάλιστα άριστης ποιότητας. Πράγματι στα περισσότερα νησιά του Αρχιπελάγους εμφανίζονται άνεμοι σημαντικής ταχύτητας και διάρκειας σχεδόν ολόκληρο το έτος.
- Η περιορισμένη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο με μικρή μάλιστα τη συμμετοχή της αιολικής ενέργειας, καθιστά προφανείς τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες σύστασης αιολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, σε μια αγορά με σημαντικό αριθμό αναξιοποίητων θέσεων εγκατάστασης.
- Η υψηλή σεισμικότητα της χώρας μας εγκομονεί κινδύνους για τις θερμοηλεκτρικές και κυρίως τις πυρηνικές εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται προβληματική στο άμεσο μέλλον η κατασκευή πυρηνικών μονάδων στη χώρα μας. Προφανώς με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα είναι δυνατή η δημιουργία υψηλής ασφάλειας συμβατικών μονάδων με δυσανάλογη όμως αύξηση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας.
- Η δυνατότητα αξιοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων, που χρηματοδοτούνται εν μέρει από ελληνικούς και κοινοτικούς φορείς, δεδομένων των υψηλών επιχορηγήσεων και του συγκριτικά χαμηλού κόστους που συνοδεύουν παρόμοιες επενδύσεις σε τομείς αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον είναι δυνατή στην περίπτωση ίδρυσης αιολικών πάρκων η σταδιακή εγκατάσταση των μηχανών, με διαχρονική κατανομή του κόστους επένδυσης σύμφωνα με το σχεδιασμό του επενδυτή.
- Η έλλειψη ισχυρών οικονομικών συμφερόντων, που έχουν επενδύσει σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως για παράδειγμα η πυρηνική ενέργεια στη Γαλλία, το

πετρέλαιο στις Αραβικές χώρες, και τα οποία θα μπορούσαν να αποθαρρύνουν τυχόν κυβερνητικό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Πράγματι με την ενθάρρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η πολιτεία έχει δείξει αυξημένο ενδιαφέρον για τη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στην εγχώρια ενεργειακή αγορά, με τη θέσπιση νομικού πλαισίου αλλά και τη χρηματοδότηση αντίστοιχων έργων, χωρίς βέβαια να αρθούν πλήρως οι αντιξοότητες που συνοδεύουν τη λειτουργία της κρατικής μηχανής και των αντίστοιχων γραφειοκρατικών μηχανισμών.

- Η δυνατότητα αποκεντρωμένης ανάπτυξης μέσα από αυτόνομα συστήματα παραγωγής ενέργειας, γεγονός που μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την οικονομική δραστηριότητα των τοπικών κοινωνιών.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα που αποδίδονται στην αιολική ενέργεια είναι τα ακόλουθα:

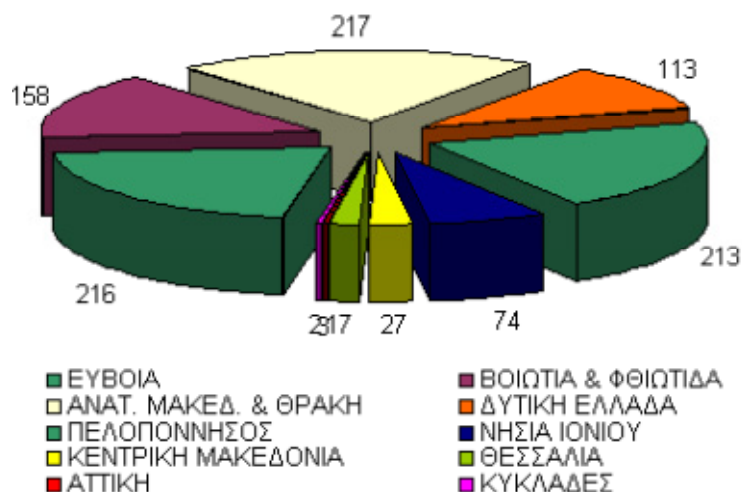
- Η χαμηλή ροή αξιοποιήσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου (W/m^2) κατατάσσει την αιολική ενέργεια στις «αραιές» μορφές ενέργειας. Τυπικές τιμές ροής της αξιοποιήσιμης αιολικής ισχύος κυμαίνονται μεταξύ $200 W/m^2$ και $400 W/m^2$. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη χρήση είτε μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών είτε τη χρήση μηχανών μεγάλων διαστάσεων, για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας. Σήμερα καταβάλλονται προσπάθειες αύξησης της συγκέντρωσης ισχύος των αιολικών μηχανών, οι οποίες σε επιλεγμένες περιπτώσεις πλησιάζουν ή και υπερβαίνουν τα $500 W/m^2$.
- Η αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων δεν μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές κυρίως σαν εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό πάντοτε με κάποια άλλη πηγή ενέργειας (π.χ. σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο, παράλληλη λειτουργία με μονάδες Diesel κ.λ.π.).
- Σε περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν πληροί πάντοτε τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου της άεργης ισχύος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα έχει δώσει λύσεις στα περισσότερα από τα αναφερόμενα προβλήματα, ιδιαίτερα με την κατασκευή ανεμογεννητριών μεταβλητού βήματος και μεταβλητών στροφών. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιο αυξημένο κόστος για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών της παραγόμενης ενέργειας, το οποίο προστίθεται στο συνολικό κόστος της παραγόμενης kWh. Τέλος, ακόμα και σήμερα εξακολουθούν να μας απασχολούν οι διαδικασίες ζεύξης-απόζευξης αιολικών μηχανών στο ηλεκτρικό δίκτυο, λόγω των μεταβατικών φαινομένων που αυτές προκαλούν. Λόγω των τελευταίων προβλημάτων απαγορεύεται η διασύνδεση, πέραν ενός ορίου παραγόμενης ισχύος, αιολικών μηχανών σε μικρά τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα, τα οποία όμως αποτελούν και την πλειοψηφία των δικτύων του ελληνικού Αρχιπελάγους.

- Αντίστοιχα, σε περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, σε μια προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης ενέργειας. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αυξημένο αρχικό κόστος (λόγω της προσθήκης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας) και βέβαια επιπλέον απώλειες ενέργειας κατά τις φάσεις μετατροπής και αποθήκευσης, καθώς και αυξημένες υποχρεώσεις συντήρησης και εξασφάλισης της ομαλής λειτουργίας.
- Ένα ακόμα μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι η περιορισμένη δυνατότητα αξιοποίησης του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Στην πραγματικότητα αξιοποιούμε μερικώς μόνο την κινητική ενέργεια, η οποία αντιστοιχεί σε ένα περιορισμένο φάσμα ταχύτητας του ανέμου.
- Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι από το σύνολο της απορροφούμενης αιολικής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια, μόνο ένα περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών και περιορισμών.
- Τέλος, θα πρέπει να επισημανθεί το σχετικά υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας, ειδικά μάλιστα για μεμονωμένες περιπτώσεις αιολικών μηχανών μικρού μεγέθους. Στο σημείο αυτό πρέπει να προσθέσουμε ότι η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και ο ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών έχει τα τελευταία χρόνια συμπέσει σημαντικά τις τιμές των ανεμογεννητριών.

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω, πιστεύεται ότι τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ασυγκρίτως περισσότερα και σοβαρότερα από τα υπάρχοντα μειονεκτήματα. Για το λόγο αυτό η στρατηγική απόφαση να αξιοποιηθεί στη χώρα μας το υπάρχον αιολικό δυναμικό, καθώς και να αναπτυχθούν κατασκευαστικές μονάδες ανεμογεννητριών, μπορεί κάλλιστα να οδηγήσει σε οικονομικά βιώσιμες αλλά και ελκυστικές επενδύσεις, μη λαμβάνοντας υπόψη στους ισολογισμούς μας τα παράλληλα οφέλη, που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος και την οικονομική ανεξαρτησία της χώρας μας.

2.4 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα, οι προσπάθειες για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του '70 από τη ΔΕΗ με μετρήσεις του αιολικού δυναμικού και της ηλιοφάνειας των νησιών και της ηπειρωτικής χώρας και συνεχίστηκε με έρευνες για την ανάπτυξη της γεωθερμίας. Τα πρώτα έργα Α.Π.Ε. παρουσιάστηκαν τη δεκαετία του '80 (συγκεκριμένα το 1982) με την εγκατάσταση του πρώτου αιολικού πάρκου στην Κύθνο και στα μέσα της δεκαετίας του 1990 δόθηκε η ουσιαστική ώθηση για την ανάπτυξη των Α.Π.Ε. με τον Ν.2244/1994. Από τότε δεκάδες αιολικά έχουν εγκατασταθεί σε περιοχές όπως: στην Άνδρο, στο Μαρμάρι Ευβοίας, στη Χίο, στη Κρήτη, στα Δωδεκάνησα (Κω, Λέρο), στο Κάστρο Βοιωτίας κλπ.



Σχήμα 2.2: Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος μονάδων αιολικής ενέργειας

Σήμερα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων ξεπερνάει τα 1000 MW και συγκεκριμένα το Δεκέμβριο 2010 έφτασε τα 1.208 MW. Το Σχήμα 2.2 απεικονίζει τη κατανομή της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα ενώ ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει λεπτομερή στοιχεία της συμβολής της αιολικής, υδροηλεκτρικής και Βιομάζας-Βιοαέριο Α.Π.Ε. στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2010. Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη λειτουργία όλων των αιολικών πάρκων ανέρχεται σε 2.061.678 MWh.

Πίνακας 2.1: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μονάδων Α.Π.Ε. διασυνδεδεμένου συστήματος

Μήνας	Αιολικά		Υδροηλεκτρικά		Βιοαέριο-Βιομάζα		Σύνολο	
	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Ενέργεια (MWh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Ιανουάριος	231.075	922,61	90.996	182,61	15.700	40,80	327.771	1.146,01
Φεβρουάριος	197.363	940,61	91.403	182,61	14.184	40,80	292.950	1.164,01
Μάρτιος	179.761	940,61	91.192	182,61	16.086	40,80	287.039	1.164,01
Απρίλιος	179.989	940,61	90.844	183,97	16.033	40,80	276.866	1.165,37
Μάιος	104.659	940,61	71.231	183,97	16.823	40,80	192.713	1.165,37
Ιούνιος	105.918	940,61	51.661	183,97	16.573	40,80	174.152	1.165,37
Ιούλιος	139.247	940,61	41.604	183,97	16.271	40,80	197.122	1.165,37
Αύγουστος	148.824	963,39	32.565	185,12	16.524	40,80	197.914	1.189,30
Σεπτέμβριος	148.964	983,19	32.458	185,12	16.017	40,80	197.438	1.209,10
Οκτώβριος	162.048	1003,19	53.154	192,21	16.801	40,80	232.002	1.236,20
Νοέμβριος	220.747	1005,89	63.586	194,52	16.477	40,80	300.810	1.241,21
Δεκέμβριος	243.084	1039,09	72.803	196,83	16.444	41,05	332.330	1.276,97
	2.061.678		753.497		193.933		3.009.109	

Οι μελλοντικές προοπτικές για την ελληνική αγορά αιολικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα ευοίωνες, καθώς η κατασκευή ανεμογεννητριών αποτελεί αντικείμενο τεχνολογικά και οικονομικά προσιτό στη Μεταλλοβιομηχανία της Ελλάδας, χωρίς πρόσθετες επενδύσεις σε τεχνικό εξοπλισμό. Ταυτόχρονα, το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας είναι ιδιαίτερα πλούσιο (το καλύτερο στα πλαίσια της Ευρώπης) αλλά κατέχει τη δέκατη θέση από πλευράς αξιοποίησής του. Οπότε, είναι αντιληπτά τα τεράστια περιθώρια αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας, της οποίας η ορθή εκμετάλλευση θα συνεισφέρει ουσιαστικά στο ενεργειακό ισοζύγιο και στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας.

Οι πιο ευνοημένες, από πλευράς αιολικού δυναμικού, περιοχές στην Ελλάδα βρίσκονται στο Αιγαίο, κυρίως στην περιοχή των Κυκλάδων, της Κρήτης, στην Ανατολική και Νοτιανατολική Πελοπόννησο την Εύβοια και την Ανατολική Θράκη. Εκεί επικεντρώνονται οι προσπάθειες ανάπτυξης των αιολικών πάρκων. Όμως το πρόβλημα των νησιών είναι η μη ύπαρξη διασύνδεσης με το εθνικό δίκτυο, ώστε να υπάρχει απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας κατά την εποχή χαμηλής ζήτησης αυτής, εκτός τουριστικής περιόδου. Μελέτη της Ρ.Α.Ε. για τη διασύνδεση των νησιών του Αιγαίου με την ηπειρωτική Ελλάδα έδειξε ένα κόστος 2-2,5 δις € με τη χρηματοδότηση να πραγματοποιείται από Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (Υ.Κ.Ω.) και τις Α.Π.Ε. αλλά απαιτούνται χρονοβόρες διαδικασίες. Η διασύνδεση των Κυκλάδων (Ανδρος, Μύκονος, Τήνος, Σύρος, Πάρος, Νάξος, Κύθνος) με την ηπειρωτική Ελλάδα (Εύβοια και Αττική) έχει ανατεθεί στη ΔΕΗ το 2006, με νέο σχεδιασμό, έχοντας λάβει τη γνωμοδότηση από τη Π.Π.Ε.Α. με στόχο ολοκλήρωσης το 2011-12. Η ισχύς των σταθμών θα είναι 200-250 MW, θα υπάρχει δυνατότητα διασύνδεσης με τα υπόλοιπα νησιά των Κυκλάδων και θα έχει κόστος ολοκλήρωσής περίπου 400 εκατ. €.

Πρέπει επιπλέον να αναφερθεί ότι σε πολλά ελληνικά νησιά οι κάτοικοι αντιδρούν στην εγκατάσταση αιολικών πάρκων φοβούμενοι μήπως οι ανεμογεννήτριες αλλοιώσουν την εικόνα του νησιού. Υπάρχουν κανόνες που στοχεύουν στη σωστή εγκατάσταση και λειτουργία των αιολικών πάρκων, η σωστή εφαρμογή των οποίων μετατρέπει ακόμη και αυτούς που αμφέβαλαν στους πιο ένθερμους υποστηρικτές.

Σε αυτήν την περίπτωση έρχεται να δώσει λύση μια νέα πολλά υποσχόμενη τεχνολογία η οποία αποτελεί μια νέα παγκόσμια προσπάθεια αύξησης της παραγωγής ενέργειας από την εκμετάλλευση του ανέμου. Είναι τα ονομαζόμενα «Υπεράκτια Αιολικά πάρκα (Offshore wind farms)» τα οποία κατασκευάζονται μέσα στην θάλασσα σε περιοχές με ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες ανέμου. Η συγκεκριμένη τεχνολογία αναπτύσσεται στην Βόρεια Ευρώπη και ιδιαίτερα στην Σκανδιναβία και στην Γερμανία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα υπεράκτιου αιολικού πάρκου αποτελεί το νησί Samsø στη Δανία. Περαιτέρω έρευνες για εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων πραγματοποιούνται στη Μασαχουσέτη των Η.Π.Α., στην Ινδία και στην Ουαλία του Ηνωμένου Βασιλείου.

Στην Ελλάδα δεν έχουν εγκατασταθεί ακόμη υπεράκτια αιολικά πάρκα αλλά πρόσφατα το ΥΠΕΚΑ επέλεξε 12 θαλάσσιες περιοχές οι οποίες θεωρούνται κατάλληλες για εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Οι συγκεκριμένες περιοχές είναι ο

Άγιος Ευστράτιος, η Αλεξανδρούπολη, η Κάρπαθος, η Κέρκυρα, η Θάσος, το Κρουσέρι, η Κύμη, η Λήμνος, η Λευκάδα, η Πεταλιού, η Σαμοθράκη και το Φανάρι Ροδόπης συνολικής ισχύος 1,2 GW. Συνεπώς, η αλλαγή του ενεργειακού τοπίου και του περιβάλλοντος στην Ελλάδα που μπορεί να φέρει η αιολική ενέργεια είναι ορατή, μένει μόνο η σωστή αξιοποίησή της.

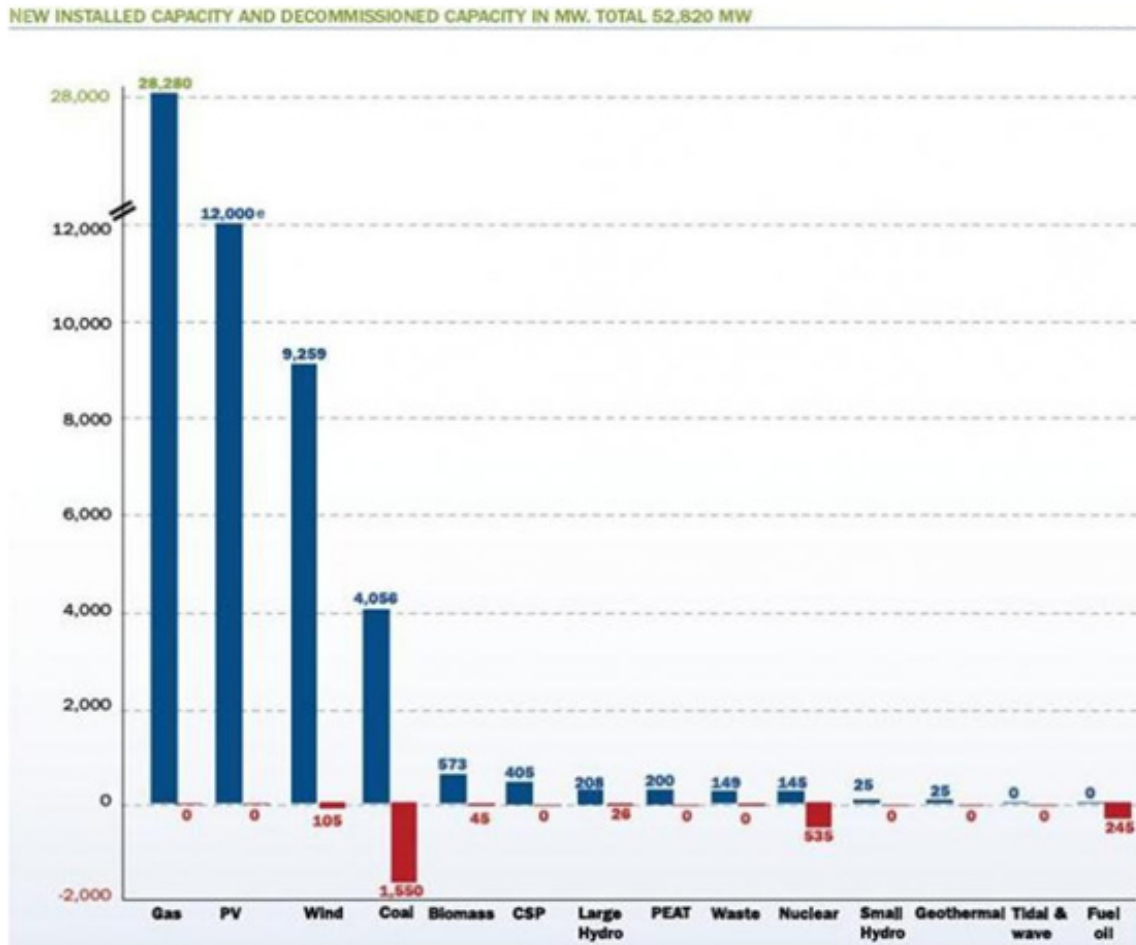
2.5 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Η Ευρώπη κινείται προς ένα καθαρότερο ενεργειακό μέλλον, όμως απαιτούνται επείγοντως νέες πολιτικές και πιο φιλόδοξος στόχος για 30% μείωση των εκπομπών το 2020. Η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς έφθασε στην Ευρώπη τα 84.000 MW το τέλος του 2010.

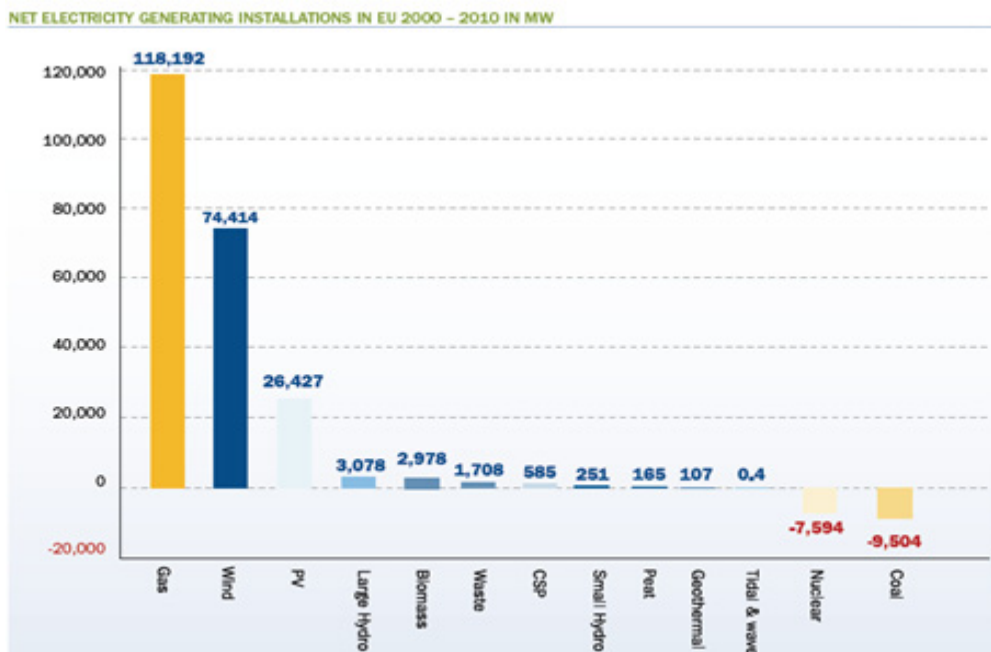
Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αποτελούν συνολικά το 40% από τα 55,3 GW νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής που τέθηκαν σε λειτουργία εντός του 2010. Από αυτά τα 12 GW είναι φωτοβολταϊκοί σταθμοί (21,7%) και 9,3 GW αιολικά πάρκα (16,7%). Οι νέοι σταθμοί Φυσικού Αερίου είναι 28,3 GW (51%). Είναι η πρώτη χρονιά από το 2007, που η αιολική ενέργεια δεν εγκατέστησε την μεγαλύτερη ισχύ από τις υπόλοιπες τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής.

Εντός του 2010, η συνολική ισχύ των σταθμών πετρελαίου και των πυρηνικών σταθμών μειώθηκε και πάλι κατά 245 MW και 390 MW αντίστοιχα. Αντίθετα είναι η δεύτερη χρονιά τα τελευταία 25 χρόνια (δηλαδή από το 1985) κατά την οποία εγκαταστάθηκαν περισσότεροι νέοι ανθρακικοί σταθμοί (4056 MW) από αυτούς που αποσύρθηκαν (1550 MW) [βλ. Σχήμα 2.3]. Η προηγούμενη χρονιά ήταν το 2008, κατά την οποία η καθαρή αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος σταθμών άνθρακα ήταν μόλις 18 MW.

Η εξέλιξη αυτή υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη να θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση στόχο για 30% μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου το 2020 και να εισάγει ένα Πρότυπο απόδοσης σε σχέση με τις εκπομπές αυτές (Emissions Performance Standard). Έτσι θα συνεχιστεί η πορεία προς ένα καθαρότερο και ανανεώσιμο ενεργειακό μέλλον, την οποία η Ευρώπη βαδίζει σταθερά την τελευταία δεκαετία [βλ. Σχήμα 2.4].



Σχήμα 2.3: Νέοι σταθμοί και αποσύρσεις σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ανά τεχνολογία στην Ευρώπη το 2010



Σχήμα 2.4: Καθαρή ισχύς σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ανά τεχνολογία που εγκαταστάθηκαν στην Ευρώπη τη δεκαετία 2000-2010

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ο ΑΝΕΜΟΣ ΩΣ ΦΥΣΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

3.1 Ο ΑΝΕΜΟΣ

Είναι γνωστό από τη φυσική ότι όταν μία αέρια μάζα θερμανθεί, εκτονώνεται, γίνεται ελαφρύτερη και κινείται προς τα πάνω. Ο αέρας της ατμόσφαιρας θερμαίνεται κυρίως από την επαφή του με τη θερμή επιφάνεια της γης. Ο θερμός αέρας είναι ελαφρύτερος και έχει μικρότερη πυκνότητα από τον ψυχρό. Ένα στρώμα αέρα, που θα έρθει σε επαφή με την γήινη επιφάνεια θα θερμανθεί και θα ανέλθει. Τη θέση του θα καλύψει ένα στρώμα ψυχρότερου αέρα, που με τη σειρά του θα θερμανθεί και θα ανέλθει. Αυτή η κυκλική ανοδική η καθοδική κίνηση των θερμών και ψυχρών ρευστών μαζών, ονομάζεται κατακόρυφη μεταφορά. Αυτή η διαδικασία συν την περιστροφή της γης δημιουργεί τον άνεμο.

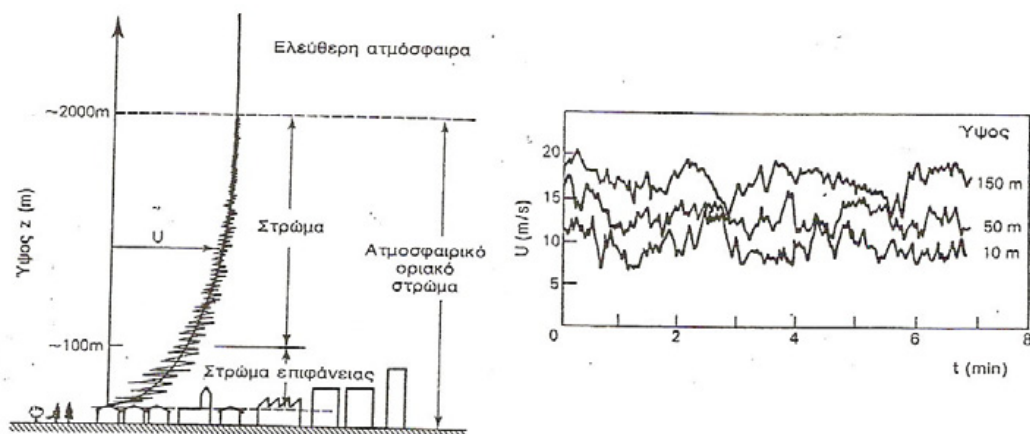
Είναι κατανοητό, ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας ο οποίος περιβάλλει τη γη βρίσκεται σε διαρκή κίνηση, εξ αιτίας μιας σειράς παραμέτρων, των οποίων οι πιο σημαντικές είναι :

- Η ηλιακή ακτινοβολία και ο τρόπος που επιδρά στη γη.
- Η ανομοιογένεια του ανάγλυφου της γης (στεριά, θάλασσα, υψομετρικές διαφορές).
- Η περιστροφική κίνηση της γης.

Στην Ευρώπη οι άνεμοι επηρεάζονται από τα ανατολικά ρεύματα του Ατλαντικού, τα ψυχρά βόρεια και τα θερμά τοπικά της Σαχάρας. Έτσι οι άνεμοι που πνέουν είναι μεν για το χειμώνα νοτιοδυτικοί, ενώ για το καλοκαίρι οι δυτικοί και βορειοδυτικοί άνεμοι.

3.1.1 ΤΟ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ

Καθώς η ατμόσφαιρα βρίσκεται σε σχετική κίνηση με τη γη, στο κατώτατο τμήμα της λόγω του ιξώδους του αέρα δημιουργείται ένα στρώμα αέρα, το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα, μέσα στο οποίο η σχετική ταχύτητα μεταβάλλεται από μηδέν πάνω στην επιφάνεια της γης, μέχρι μεγαλύτερες τιμές (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1: Ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα και μεταβολή ταχύτητας ανέμου σε σχέση με το ύψος

Τα χαρακτηριστικά του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος, καθορίζονται κυρίως από τη μορφή της επιφάνειας της γης (τραχύτητα επιφάνειας), αλλά και από τον άνεμο και την κατάσταση της ατμόσφαιρας. Για ομαλό έδαφος και αδύναμο άνεμο το πάχος του οριακού στρώματος μπορεί να είναι της τάξης των 200 μέτρων, ενώ για ανώμαλη επιφάνεια και έντονο άνεμο είναι δυνατό να φθάσει μέχρι τα 2000 μέτρα. Αυτό πρέπει να το έχουμε υπόψη μας όταν δίνεται η μέση ταχύτητα του ανέμου σε μια περιοχή ή αν έχουμε διαθέσιμες μετρήσεις του ανέμου. Αυτά τα δεδομένα, πρέπει να συνοδεύονται από το ύψος στο οποίο αναφέρονται, ώστε να μπορούμε να τα αναγάγουμε στο ύψος που μας ενδιαφέρει.

3.1.2 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ

Οι εκφράσεις που χρησιμοποιούμε σήμερα για να υπολογίσουμε την διανομή της ταχύτητας μέσα στο επιφανειακό στρώμα είναι ο:

Λογαριθμικός νόμος :

$$U(Z) = \frac{U^*}{K} \times \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \tag{3.1}$$

Εκθετικός νόμος :

$$U(Z) = U(Z_0) \times \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^a \tag{3.2}$$

όπου $U(z)$ η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος Z , U^* η ταχύτητα τήρησης, a ο εκθέτης του εκθετικού νόμου, K η σταθερά Von Karman ($K=0,35$) και Z_0 η παράμετρος τραχύτητας ή μήκος τραχύτητας.

Συνήθως στα μετεωρολογικά προβλήματα χρησιμοποιείται ο εκθετικός νόμος λόγω της απλότητάς του. Ο εκθέτης αποτελεί μια ένδειξη της μορφής της επιφάνειας του εδάφους. Υπάρχουν πίνακες που δίνουν τιμές για τον εκθέτη και βασίζονται σε πειραματικές προσεγγίσεις.

Ενδεικτικές τιμές για τον εκθέτη είναι $a=0,17$ για ανοιχτά πεδία, όπως είναι η θάλασσα ή ο χώρος ενός αεροδρομίου, $a=0,20$ για μικρές πόλεις με χαμηλές κατασκευές και $a=0,25$ για πόλεις με μεγάλες και πολυώροφες κατασκευές.

3.1.3 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ ΣΕ ΣΥΝΘΕΤΗ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ

Σε μια σύνθετη τοπογραφία, η ταχύτητα του ανέμου μπορεί να μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ κοντινών περιοχών. Αυτή η διαφοροποίηση έχει δύο όψεις. Από τη μία προσφέρει τη δυνατότητα να μεγιστοποιήσουμε την απόδοση μίας μηχανής ή ενός αιολικού πάρκου, από την άλλη κινδυνεύουμε να οδηγηθεί σε αποτυχία η όλη η επένδυση αν δεν γίνει προσεκτική επιλογή της θέσης.

Ο θεωρητικός υπολογισμός των επιδράσεων της ανώμαλης τοπογραφίας στην ταχύτητα του ανέμου μπορεί να γίνει πολύ δύσκολα και μόνο με τη χρήση υπολογιστών. Έχουν δημιουργηθεί διάφορα μοντέλα πρόβλεψης που επιχειρούν να λύσουν το πρόβλημα αυτό. Τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά για περιπτώσεις τοπογραφίας με μικρές κλίσεις ενώ για απότομες κλίσεις δεν υπάρχει αξιόπιστο μοντέλο.

Παρά τη δυσκολία που υπάρχει στον υπολογισμό του ανέμου σε ανώμαλη τοπογραφία, σε απλούστερες περιπτώσεις υπάρχουν εμπειρικοί κανόνες που μπορούν να εφαρμοστούν και να δώσουν ποιοτικές και ποσοτικές εκτιμήσεις.

Αν εξετάσουμε έναν λόφο (Εικόνα 3.1) ο άνεμος που τον συναντάει, επιταχύνεται στην κορυφή και επιβραδύνεται στους πρόποδες. Έστω H το ύψος του λόφου και $2L$ το πλάτος του λόφου σε ύψος $H/2$. Υπάρχει ένα ύψος l πάνω από την κορυφή, όπου η σχετική η επιτάχυνση, ΔS γίνεται μέγιστη :

$$l = 0.3 \times Z_0 \times \left(\frac{L}{Z_0}\right)^{0.67}, \Delta S_1 = 2 \times \frac{l}{L} \quad (3.3)$$

όπου l το ύψος πάνω από την κορυφή του λόφου, ενώ Z_0 είναι το ύψος τραχύτητας που εξαρτάται από τη μορφή της επιφάνειας του εδάφους.

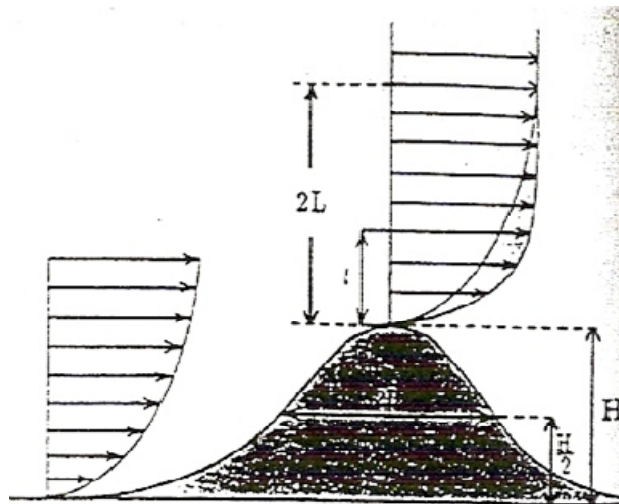
Το προφίλ της ταχύτητας αποτελείται από τρία μέρη:

- 1) ανάμεσα στο επίπεδο της γης και το ύψος l το προφίλ είναι λογαριθμικό,
- 2) ανάμεσα στο ύψος l και $2L$ ένα διαφοροποιημένο λογαριθμικό προφίλ,

- 3) ενώ από το ύψος $2L$ και πάνω το προφίλ του ανέμου παραμένει αμετάβλητο, $\Delta S=0$.

$$DS = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{2h}{L}, & h \leq l \\ \frac{2h}{L} \times \frac{\ln\left(\frac{H}{2L}\right)}{\ln\left(\frac{l}{2l}\right)}, & l < h \leq 2L \end{array} \right\} \quad (3.4)$$

Οι παραπάνω σχέσεις μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν η κάθετη στην κατεύθυνση του ανέμου διάσταση του λόφου είναι πολύ μεγαλύτερη από $2L$ και το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί ως δυοδιάστατο. Στην πραγματικότητα, η επιτάχυνση της ροής είναι μικρότερη, καθώς η ροή του ανέμου τείνει να κινηθεί γύρω από το λόφο.



Εικόνα 3.1: Προσπίπτον άνεμος σε λόφο ύψους H

3.1.4 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟ

Η ταχύτητα του ανέμου σε μία ορισμένη θέση στο χώρο δεν παραμένει σταθερή στο χρόνο, αλλά μεταβάλλεται κατά μέγεθος και διεύθυνση. Σημαντικά μεγέθη, αναφορικά με τα ανεμολογικά δεδομένα είναι η μέση ταχύτητα ανέμου, η τυπική απόκλιση και ο βαθμός της τύρβης.

Η μέση ταχύτητα του ανέμου υπολογίζεται δεδομένης μίας σειράς μετρήσεων από την σχέση :

$$\bar{V} = \frac{1}{N} \times \sum_1^N \times V_n \quad (3.5)$$

Η τυπική απόκλιση δείχνει πόσο οι μετρήσεις αποκλίνουν από τη μέση τιμή του ανέμου:

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{1}{N-1}\right) \times \sum_1^N \times (V_n - \bar{V})^2} \quad (3.6)$$

όπου V η μέση ταχύτητα του ανέμου, V_n η ταχύτητα του ανέμου στο n σημείο των μετρήσεων και $n=1,2,3,\dots,N$ ο αριθμός των μετρήσεων.

Με τον όρο τύρβη ονομάζουμε τη διαταραχή της ταχύτητας του ανέμου και έχει ιδιαίτερη σημασία για την απόδοση των αιολικών μηχανών, αλλά και τον υπολογισμό της αντοχής λόγω των εναλλασσόμενων φορτίων που αναπτύσσονται και που οδηγούν στην κόπωση των υλικών της μηχανής.

Ο βαθμός της τύρβης S ορίζεται ως η τυπική απόκλιση της πρώτης μέτρησης από τη μέση τιμή των δέκα λεπτών:

$$S = \frac{\sigma}{\bar{V}} \quad (3.7)$$

Η διάρκεια πνοής του ανέμου σε μια περιοχή είναι απαραίτητο στοιχείο για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας μιας μηχανής. Η καμπύλη διάρκειας πνοής του ανέμου που εκφράζει το ποσοστό του χρόνου για τις οποίες πνέει άνεμος ταχύτητας μεγαλύτερης μίας συγκεκριμένης τιμής. Η καμπύλη πυκνότητας πιθανότητας ταχύτητας $P(V)$ αποτελεί μία άλλη καμπύλη ισοδύναμη με την καμπύλη διάρκειας πνοής του ανέμου και εκφράζει την πυκνότητα πιθανότητας ο άνεμος να έχει ταχύτητα μεταξύ δύο τιμών. Οι δύο καμπύλες παρουσιάζουν την ίδια πληροφορία με διαφορετικό τρόπο. Η καμπύλη πυκνότητας πιθανότητας μπορεί να προκύψει με παραγωγή της καμπύλης διάρκειας πνοής του ανέμου. Το εμβαδόν της επιφάνειας που ορίζεται κάτω από τις καμπύλες διάρκειας πνοής ανέμου και πυκνότητας πιθανότητας είναι ίσο με τη μονάδα ή 8.760 ώρες, δηλαδή το 100% του έτους.

3.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Οι μετρήσεις του Αιολικού Δυναμικού πραγματοποιούνται με τα ανεμόμετρα, τα οποία καταγράφουν την ταχύτητα του ανέμου και την κατεύθυνση του, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια του αέρα, σε μηχανική ροπή που στρέφει έναν άξονα συνδεδεμένο με την μετρητική συσκευή.

Υπάρχουν άλλες διατάξεις όπως τα ανεμόμετρα Sonic, Laser Doppler και άλλα που μετράνε την θερμική ενέργεια που μεταφέρεται από τον αέρα, σε ένα ηλεκτρισμένο

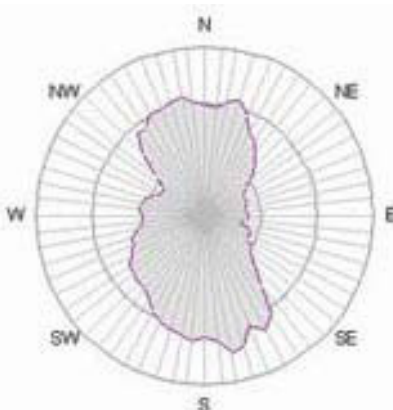
καλώδιο εκτεθειμένο στον άνεμο. Στην πράξη για εφαρμογές αιολικής ενέργειας, οι μηχανικές διατάξεις είναι οι πιο διαδεδομένες λόγω της απλότητάς της κατασκευής τους καθώς και της μικρής κατανάλωσης ενέργειας, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε απομονωμένους μετρητικούς σταθμούς.

Οι πιο συνηθισμένες μονάδες μέτρησης είναι μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec), χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h), ναυτικά μίλια ανά ώρα (mph) γνωστά και ως knots. Οι μετρήσεις αιολικού δυναμικού, συνήθως γίνονται ανά δέκα λεπτά, αλλά και η χρήση ανεμολογικών δεδομένων σε ωριαία ο βάση είναι επίσης αποδεκτή.

3.2.1 ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΕΜΟΥ

Μία σημαντική πληροφορία που δεν φαίνεται στις κατανομές ταχύτητας που περιγράφηκαν πιο πάνω είναι η συχνότητα εμφάνισης κάθε κατεύθυνσης. Ο πίνακας διπλής εισόδου της συχνότητας πνοής ανέμου ανά διεύθυνση μπορεί να παρασταθεί γραφικά με το ροδόγραμμα ανέμου. Το ροδόγραμμα ανέμου μιας περιοχής είναι αρκετά εποπτικό διάγραμμα που δίνει αμέσως την κατεύθυνση ανέμου που επικρατεί στην περιοχή και τη διάρκειά του πνοής ανέμου από κάθε κατεύθυνση. Στο κέντρο εμφανίζεται το ποσοστό της άπνοιας ετησίως.

Για να φτιάξει κανείς το ρόδο ανέμου μιας περιοχής είναι απαραίτητο να κάνει μετρήσεις. Οι μετρήσεις πρέπει να έχουν μεγάλη χρονική διάρκεια, τουλάχιστον δέκα χρόνια, για να θεωρούνται αξιόπιστες. Οι μετρήσεις πρέπει να είναι αξιόπιστες, διότι μικρή απόκλιση στην εκτίμηση του αιολικού δυναμικού, προκαλεί μεγάλη απόκλιση στην εκτίμηση της παραγόμενης ενέργειας όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2. Παρουσιάζεται ένα ροδόγραμμα το οποίο προέρχεται από μετρήσεις στην Άνδρο.



Σχήμα 3.2: Ενδεικτικό ροδόγραμμα

3.3 Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΤΕΧΝΙΚΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Ο υπολογισμός του τεχνικά αξιοποιήσιμου αιολικού δυναμικού είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία ακόμα και αν ληφθεί υπόψη μόνο η διαθεσιμότητα του ανέμου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας που χρησιμοποιούνται. Η μέση μηνιαία ή ετήσια ταχύτητα ανέμου και ο βαθμός απόδοσης των

ανεμογεννητριών δεν αρκούν για τον υπολογισμό. Είναι πολύ σημαντικό να είναι γνωστή η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου κατά την διάρκεια του έτους.

Πολλές φορές η μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου συναρτήσει του χρόνου παριστάνεται με την βοήθεια της κατανομής Weibull (Σχήμα 3.3). Η συνάρτηση Weibull δίνεται από την εξίσωση 3.8:

$$p(V) = \frac{k}{V} \times \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} \times e^{-\left(\frac{V}{C}\right)^k} \quad (3.8)$$

όπου:

$p(V)$ η συχνότητα εμφάνισης της ταχύτητας του ανέμου V ,
 C παράμετρος κλίμακας ή χαρακτηριστική ταχύτητα του ανέμου και
 k παράμετρος μορφής

Στο συγκεκριμένο σχήμα η μέση ταχύτητα ανέμου είναι 7 m/sec ενώ επειδή χρησιμοποιείται παράμετρος μορφής 2 (μια συνηθισμένη τιμή για την Β.Δ. Ευρώπη), συμπίπτει με την κατανομή Rayleigh. Για τα νησιά του Αιγαίου η παράμετρος μορφής κυμαίνεται από 1,4 ως 2, ενώ σε ορισμένα νησιά παίρνει μικρότερες τιμές όπως 1,22 (Ηράκλειο). Όσο μικρότερη είναι η τιμή της παραμέτρου τόσο η κατανομή γίνεται πιο ομοιόμορφη και οι ταχύτητες κοντά στην μέση είναι συχνότερες. Για να σχηματιστεί η καμπύλη του Σχήμα 3.3 απαιτείται πειραματικός προσδιορισμός της συχνότητας των ταχυτήτων του ανέμου και γνώση της μορφολογίας της περιοχής έτσι ώστε οι ταχύτητες να αναχθούν από το ύψος των μετεωρολογικών μετρήσεων στο ύψος του ρότορα της ανεμογεννήτριας. Αυτή η αναγωγή γίνεται με την βοήθεια της σχέσης (3.9):

$$\frac{U_1}{U_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^a \quad (3.9)$$

όπου a παράμετρος που αυξάνεται όσο πιο έντονη γίνεται η μορφολογία και η τραχύτητα του εδάφους.

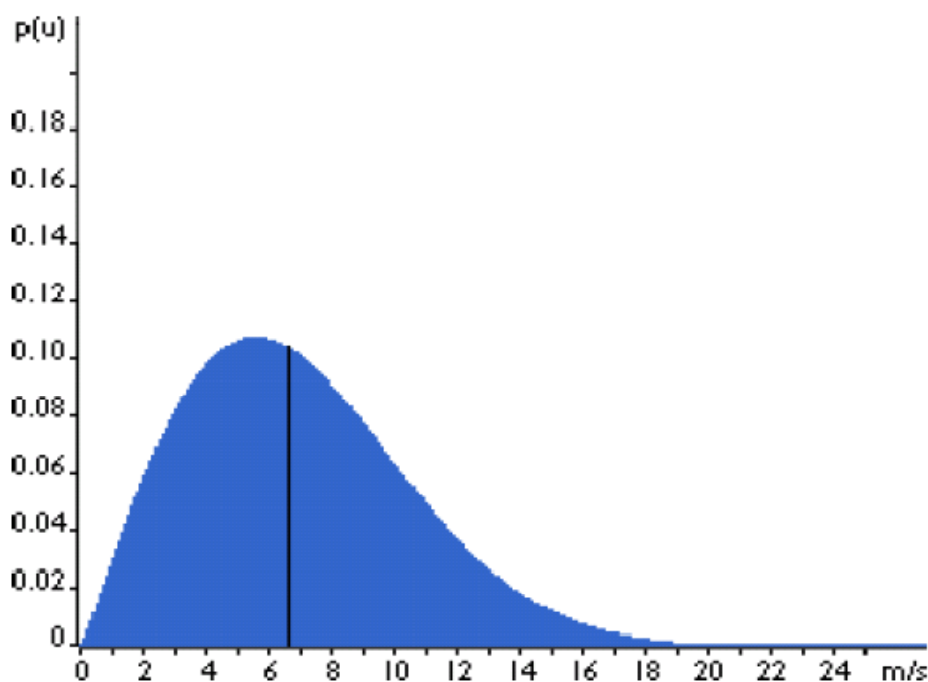
Γενικά είναι προτιμότερο για το προσδιορισμό της ταχύτητας του ανέμου να χρησιμοποιηθούν πίνακες του ευρωπαϊκού αιολικού άτλαντα που εκφράζουν την ταχύτητα του ανέμου συναρτήσει του ύψους και της τραχύτητας του εδάφους για τις περιοχές που μας ενδιαφέρουν.

Η ισχύς του ανέμου ορισμένης ταχύτητας είναι:

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot u^3 \quad (3.10)$$

όπου:

ρ είναι η πυκνότητα του αέρα,
 A είναι η επιφάνεια από όπου διέρχεται ο άνεμος και
 u είναι η ταχύτητα του ανέμου



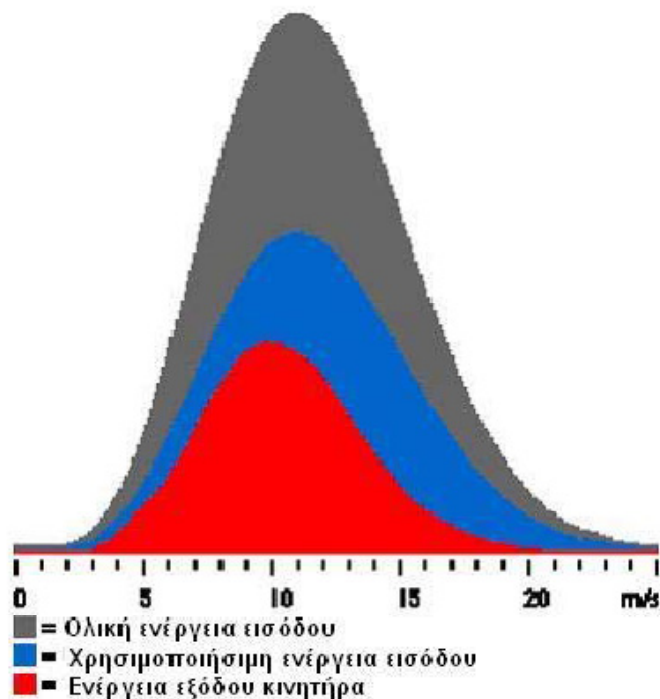
Σχήμα 3.3: Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας ταχυτήτων ανέμου

Από το Σχήμα 3.3 φαίνεται ότι οι υψηλές ταχύτητες του ανέμου σπανίζουν, αλλά η συνεισφορά τους στην παραγόμενη ενέργεια είναι πολύ μεγάλη (σχέση (3.10)). Για τον υπολογισμό της αιολικής ισχύος δεν λαμβάνουμε υπόψη την μέση ταχύτητα αλλά πολλαπλασιάζουμε κάθε πιθανότητα μιας ορισμένης ταχύτητας ανέμου (από την Weibull) με την ισχύ που παράγεται σε αυτή την ταχύτητα. Έτσι σχηματίζεται η θεωρητική κατανομή της αιολικής ισχύος για κάθε ταχύτητα (Σχήμα 3.4, γκρι καμπύλη). Μια ανεμογεννήτρια δεν μπορεί να παραλάβει όλη αυτή την ισχύ γιατί τότε ο αέρας που θα περνούσε πίσω από την έλικα της ανεμογεννήτριας δεν θα απομακρύνονταν διότι θα είχε μηδενική κινητική ενέργεια στην έξοδο.

Έτσι, δεν θα παραλάμβανε καθόλου ενέργεια επειδή ο στάσιμος αέρας στην έξοδο δεν θα επέτρεπε να εισαχθεί νέος. Στην αντίθετη περίπτωση θα διέρχονταν ο αέρας χωρίς καμία αντίσταση και δεν θα παράγονταν έργο. Έχει αποδειχτεί ότι μια ιδανική ανεμογεννήτρια θα πρέπει να μειώσει την αρχική ταχύτητα του αέρα κατά τα 2/3 της. Επιπλέον σύμφωνα με τον νόμο του Albert Betz (1919): Η μέγιστη μηχανική ισχύς που μπορεί να παραχθεί από αιολική είναι ίση με 59,3% αυτής.

Όπως έχει αναφερθεί, αν πολλαπλασιαστεί η ισχύς ανέμου για κάθε ταχύτητα (σχέση (3.10)) με την αντίστοιχη πιθανότητα εμφάνισης αυτής της ταχύτητας (Σχήμα 3.3) τότε προκύπτει η γκρι καμπύλη του Σχήμα 3.4. Έτσι κάτω από την γκρι καμπύλη

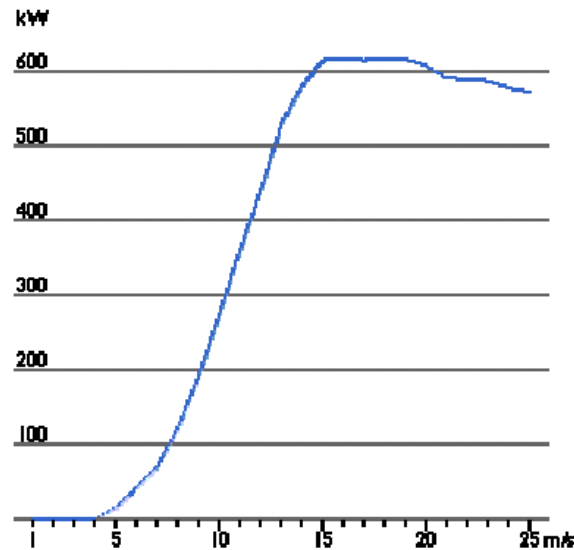
φαίνεται η θεωρητική ισχύς ανά m^2 ροής αέρα (δεχόμενοι μια μέση ταχύτητα 7 m/s και παράμετρο μορφής της Weibull 2). Η περιοχή κάτω από την μπλε καμπύλη αποτελεί το 59,3% της θεωρητικής, ενώ η κόκκινη περιοχή εκφράζει την πραγματική ηλεκτρική ισχύ που παράγεται από την ανεμογεννήτρια.



Σχήμα 3.4: Συνάρτηση ποκνότητας ισχύος ανέμου και ανεμογεννήτρια

Συγκρίνοντας την μορφή των σχημάτων Σχήμα 3.3 και Σχήμα 3.4 συμπεραίνουμε ότι το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτρια κατά την διάρκεια ενός έτους παραλαμβάνεται σε ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες της μέσης (γι' αυτό άλλωστε δεν μπορούμε να υπολογίσουμε το αιολικό δυναμικό από την μέση ταχύτητα).

Για να γίνει ο προσδιορισμός της κόκκινης περιοχής πρέπει να λάβουμε υπόψη την καμπύλη ισχύος (power curve) της ανεμογεννήτριας. Η καμπύλη αυτή καθορίζει την απόδοση της ανεμογεννήτριας συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου και είναι διαφορετική για κάθε ανεμογεννήτρια. Μια τοπική καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας 600 kW δανικής κατασκευής φαίνεται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5: Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας

Για τον προσδιορισμό της μέσης ετήσιας ισχύς (σύμφωνα με την μέθοδο Cliff) πρέπει να πολλαπλασιαστούν οι αντίστοιχες τιμές των σχημάτων Σχήμα 3.3 και Σχήμα 3.5 που ισχύουν για κάθε ταχύτητα ανέμου και να αθροιστούν τα γινόμενα. Δηλαδή με το πολλαπλασιασμό της πιθανότητας εμφάνισης μιας ταχύτητας ανέμου (Σχήμα 3.3) με την ισχύ που αποδίδει η ανεμογεννήτρια σε αυτή την ταχύτητα (Σχήμα 3.5) προσδιορίζεται η συνεισφορά της κάθε ταχύτητας του ανέμου στην μέση ετήσια ισχύ της ανεμογεννήτριας. Στην συνέχεια το άθροισμα αυτών των γινομένων (μέση ετήσια ισχύς) πολλαπλασιάζεται με την διαθεσιμότητα της ανεμογεννήτριας και με τις 8760 ώρες του έτους. Η διαθεσιμότητα των σύγχρονων ανεμογεννητριών είναι τουλάχιστον 98%.

Επιπλέον πρέπει να λάβουμε υπόψη την μέση θερμοκρασία της περιοχής που εξετάζουμε, διότι κάθε καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας έχει υπολογιστεί για 15°C. Μια αύξηση της θερμοκρασίας θα οδηγούσε σε μείωση της πυκνότητας του αέρα άρα και της ισχύος της ανεμογεννήτριας διότι τότε μετατοπίζεται η καμπύλη προς τα κάτω σύμφωνα με τη σχέση ισχύος της ανεμογεννήτριας :

$$P' = 0,5 \cdot \rho \cdot u^3 \cdot A \cdot C_p \quad (3.11)$$

όπου:

C_p είναι ο συντελεστής ισχύος (χαρακτηριστικός για κάθε ανεμογεννήτρια),

ρ η πυκνότητα του αέρα,

A η επιφάνεια από όπου διέρχεται ο άνεμος και

u η ταχύτητα του ανέμου.

Ο συντελεστής ισχύος ή συντελεστής αεροδυναμικής απόδοσης C_p εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας που έχει ο άνεμος λίγο πριν τον ανεμοκινητήρα , το οποίο μετατρέπεται σε μηχανικό έργο στο δρομέα . Δίνεται από τη σχέση :

$$C_p = 4a \cdot (1 - a)^2 \quad (3.12)$$

όπου a συντελεστής που ισούται με :

$$a = \frac{V_1 - V_0}{V_1} \quad (3.13)$$

V_1, V_0 : οι ταχύτητες του ανέμου αρκετά πριν και κοντά στο δρομέα.

Παραγωγή του C_p ως προς a δίνει τη μέγιστη τιμή του η οποία είναι :

$$C_{pmax} = \frac{16}{27} = 59\% \quad (3.14)$$

Αυτό που αναφέρθηκε παραπάνω είναι το όριο του Betz. Ο συντελεστής C_p είναι συνάρτηση της γεωμετρίας των πτερυγίων και του λόγου ταχύτητας προς την ταχύτητα του αέρα , λ που ορίζεται από την εξίσωση :

$$\lambda = \frac{\omega R}{V} \quad (3.15)$$

όπου:

ω η γωνιακή ταχύτητα των πτερυγίων,

R η ακτίνα των πτερυγίων και

V η μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου στο ύψος του άξονα του δρομέα.

Από το Σχήμα 3.5 φαίνεται ότι είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε με μεγάλη ακρίβεια την ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Επιπλέον είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια μιας ανεμογεννήτριας συναρτήσει της μέσης ταχύτητας του ανέμου για διάφορες τιμές της παραμέτρου μορφής. Η καμπύλη αυτή εξάγεται με βάση την μέθοδο Cliff και συνήθως δίνεται μαζί με τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

4.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Η ποικιλία των μηχανών που επινοήθηκαν και προτάθηκαν για να δεσμεύσουν την αιολική ενέργεια είναι σημαντική και περιλαμβάνει πρωτότυπες επινοήσεις. Διάφορα είδη μηχανών οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα έχουν προταθεί κατά καιρούς. Οι σύγχρονοι 'ανεμόμυλοι' ονομάζονται ανεμογεννήτριες και διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες τις μηχανές οριζοντίου και κατακόρυφου άξονα. Η πλειοψηφία των σύγχρονων μηχανών μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική. Τα μεγέθη τους ποικίλλουν από μηχανές που παράγουν μερικές δεκάδες η εκατοντάδες Watt και φτάνουν τα μερικά MW.

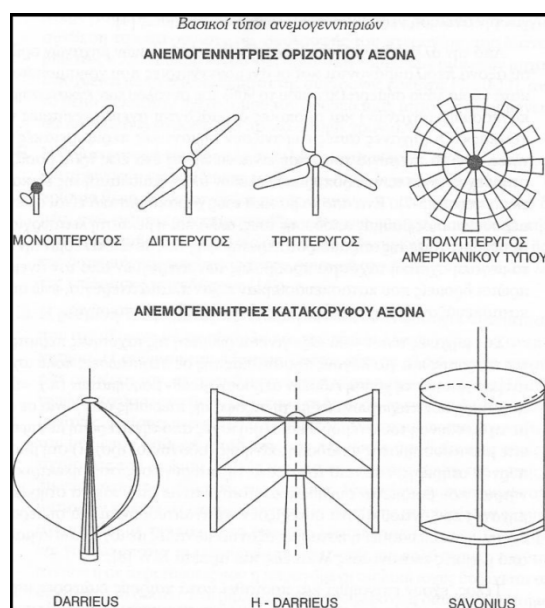
Χαρακτηριστική είναι η διαφορά που υπάρχει στην αρχή λειτουργίας των παραδοσιακών ανεμόμυλων, με τις σύγχρονες ανεμογεννήτριες. Οι παραδοσιακοί ανεμόμυλοι κινούνται είτε με τη βοήθεια της αντίστασης των περυγίων τους στον άνεμο, είτε με εκμετάλλευση της άνωσης που ασκείται πάνω τους. Στις σύγχρονες ανεμογεννήτριες η κίνηση οφείλεται στην άνωση, η οποία αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να γίνει υπέρ-δεκαπλάσια της αντίστασης. Στις μέρες μας ο πιο γνωστός τύπος ανέμου κινητήρα που έχει εφαρμοσθεί ευρύτατα στην πράξη είναι ο δρομέας οριζόντιου άξονα.

Ο άνεμος περιστρέφει τα περύγια μιας ανεμογεννήτριας, τα οποία είναι συνδεδεμένα με ένα περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας περνάει μέσα σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Το κιβώτιο συνδέεται με έναν άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής ο οποίος κινεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα τροφοδοτώντας απευθείας την κατανάλωση, ή να συνδέονται και να διοχετεύουν την ηλεκτρική ενέργεια σε υπάρχον δίκτυο. Στην πρώτη περίπτωση (σε μικρές εγκαταστάσεις) επειδή ο άνεμος δεν είναι συνεχώς διαθέσιμος, είναι δυνατόν να γίνεται χρήση μιας ή περισσότερων νηζελογεννητριών οι οποίες λειτουργούν παράλληλα με τις ανεμογεννήτριες. Η δεύτερη περίπτωση αφορά τη μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας όπου συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών (αιολικό πάρκο) εγκαθίσταται και λειτουργεί σε μια συγκεκριμένη θέση, διοχετεύοντας το σύνολο της παραγωγής.

4.2 ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι επικρατέστεροι τύποι ανεμογεννητριών ταξινομούνται κυρίως σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου. Ως εκ τούτου, οι πλέον διαδεδομένοι τύποι ανεμοκινητήρων είναι οι ανεμογεννήτριες «οριζόντιου» και οι ανεμογεννήτριες «κατακόρυφου» άξονα (Εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1: Βασικοί τύποι ανεμογεννητριών

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν συνήθως τον άξονά τους παράλληλο προς την κατεύθυνση του ανέμου (head on), ενώ σε μερικές περιπτώσεις έχουμε ανεμογεννήτριες των οποίων ο άξονας είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της γης και κάθετος προς την κατεύθυνση του ανέμου.

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα εμφανίζουν το σημαντικό πλεονέκτημα της αυτόματης προσαρμογής στη διεύθυνση του ανέμου, δεδομένου ότι ο άξονάς τους είναι κάθετος σε αυτή, καθώς και στην επιφάνεια της γης. Επίσης, έχουν επινοηθεί και άλλοι τύποι ανεμοκινητήρων, όπως για παράδειγμα οι ανεμογεννήτριες τύπου μεταφοράς, αποτελούμενες από οχήματα που κινούνται σε μια καθορισμένη διαδρομή και είναι συνδεδεμένα με ηλεκτρογεννήτριες.

Οι υφιστάμενες αιολικές μηχανές κατατάσσονται επίσης σε ταχύστροφες και σε αργόστροφες, ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής τους ή ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου περιστροφής «λ». Η ταχύτητα περιστροφής μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται εκτός από τις αεροδυναμικές παραμέτρους και από το μέγεθος των πτερυγίων της μηχανής, δεδομένου ότι πρέπει να ληφθούν υπόψιν λόγοι στατικής αντοχής, φαινόμενα δυναμικών καταπονήσεων και ταλαντώσεων, φυγόκεντρες δυνάμεις κ.λ.π..

Μια παράμετρος που χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό και την ταξινόμηση των ανεμοκινητήρων είναι η παράμετρος στιβαρότητας «σ» της κατασκευής η οποία δίνει το λόγο του εμβαδού όλων των πτερυγίων προς το εμβαδόν της επιφάνειας που διαγράφουν τα πτερύγια κατά την περιστροφή τους. Για μηχανές οριζόντιου άξονα ορίζεται σαν:

$$\sigma = \frac{z \cdot c \cdot R}{\pi \cdot R^2} \quad (4.1)$$

ενώ για μηχανές κατακόρυφου άξονα ορίζεται σαν:

$$\sigma = \frac{z \cdot c}{R} \quad (4.2)$$

όπου:

z ο αριθμός των περυγίων της περωτής

R η ακτίνα της περωτής και

c η χορδή (πλάτος) των περυγίων της περωτής.

Κατά κανόνα οι ανεμογεννήτριες μεγάλης στιβαρότητας είναι μηχανές «αργόστροφες», αποδίδοντας τη μέγιστη ισχύ τους σε χαμηλές τιμές της παραμέτρου περιστροφής « λ », έχουν σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης, ενώ είναι ανθεκτικές με ελάχιστες ανάγκες συντήρησης. Αντίθετα, οι ανεμογεννήτριες μικρής στιβαρότητας είναι μηχανές «πολύστροφες», αποδίδοντας τη μέγιστη ισχύ τους σε μεγάλες τιμές της παραμέτρου « λ », διαθέτουν σχετικά μεγάλο βαθμό απόδοσης, είναι πλέον ευπαθείς από τις μηχανές μεγάλης στιβαρότητας και χαρακτηρίζονται από σχετικά μικρές δυνάμεις στα περύγια και περιορισμένη ροπή στον άξονά τους.

4.2.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ

Όπως προαναφέρθηκε, οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν τον άξονά τους παράλληλο προς την επιφάνεια της γης και συνήθως παράλληλο και με τη διεύθυνση του ανέμου, αν και κάποτε η διεύθυνσή τους είναι κάθετη προς την διεύθυνση του ανέμου. Επιπλέον, οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα μπορούν να έχουν ένα, δυο, τρία ή ακόμα και πενήντα περύγια ενώ η περωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμη διάταξη, δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμη διάταξη, δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου.

Ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα συγκαταλέγονται οι κλασικοί παραδοσιακοί ανεμόμυλοι, καθώς και οι αργές μηχανές πολλών περυγίων «αμερικανικού τύπου», οι οποίες λόγω των περιορισμένων διαστάσεών τους και της χαμηλής περιφερειακής τους ταχύτητας έχουν εγκαταλειφθεί σήμερα.

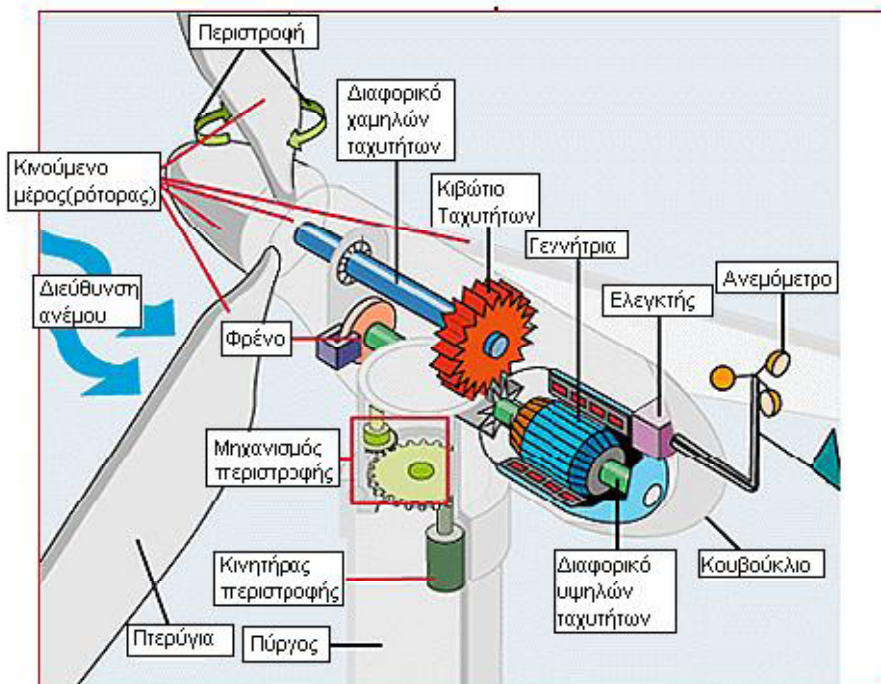
Στην κατηγορία των αιολικών μηχανών οριζόντιου άξονα περιλαμβάνονται και οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σήμερα και οι οποίες ονομάζονται ανεμογεννήτριες τύπου «έλικας». Οι μηχανές αυτές εμφανίζουν σημαντικές περιφερειακές ταχύτητες, ενώ τα περύγια τους, που είναι συνήθως ένα έως τρία, βασίζονται στην τεχνολογία των αεροπορικών ελίκων αλλά και σ' αυτή της έλικας των ελικοπτέρων.

Τέλος, έχουν επινοηθεί και προταθεί κατά καιρούς διάφορες μηχανές τύπου «cross-wind», οι οποίες όμως δεν είναι περισσότερο αποτελεσματικές σε σύγκριση με τους άλλους τύπους. Αντίθετα, οι συγκεκριμένοι ανεμοκινητήρες παρουσιάζουν μειονεκτήματα, όσον αφορά τη συλλογή της παραγόμενης ενέργειας, καθώς και τη

ρύθμιση της διεύθυνσης θέσης της περρωτής σε περιπτώσεις έντονων μεταβολών της διεύθυνσης του ανέμου.

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία κατασκευής ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα και κυρίως οι μηχανές τύπου έλικα είναι:

- Ο βέλτιστος σχεδιασμός του δρομέα, με σκοπό τη βελτίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας της μηχανής.
- Η συμπεριφορά του δρομέα σε ειδικές καταστάσεις, όπως η εκκίνηση, η επιτάχυνση, η επιβράδυνση, καθώς και άλλα δυναμικά φαινόμενα.
- Η ρύθμιση του βήματος των περρυγίων και οι αντίστοιχοι αυτοματισμοί, που σχετίζονται με την έναρξη και την παύση λειτουργίας του ανεμοκινητήρα.
- Προσανεμισμός του άξονα του δρομέα προς την κατεύθυνση του ανέμου, ο οποίος επιτυγχάνεται είτε με τη χρήση καθοδηγητικού περρυγίου, είτε με κατάλληλα αισθητήρια που καταγράφουν τη στιγμιαία διεύθυνση του ανέμου και προσανατολίζουν ηλεκτρονικά με τη χρήση σερβομηχανισμού την περρωτή στη διεύθυνση του ανέμου.
- Προβλήματα αντοχής των υλικών που αφορούν την κατασκευή και την έδραση των περρυγίων.
- Καθορισμός του ύψους του δρομέα επάνω από το έδαφος.
- Κατασκευή του πύργου στήριξης και θεμελίωσή του. Ο πύργος στήριξης πρέπει να συνδυάζει το κατάλληλο αεροδυναμικό σχήμα με τη σταθερότητα και την αντοχή σε χρονικά μεταβαλλόμενες καταπονήσεις.
- Μελέτη του πεδίου ροής πίσω από την περρωτή και η επίδραση του ομόρου στο περιβάλλον καθώς και σε πιθανές επόμενες ανεμογεννήτριες.



Εικόνα 4.2: Τα μηχανικά μέρη μίας ανεμογεννήτριας

Η μηχανή αποτελείται από (Εικόνα 4.2):

- a) Τον δρομέα (στρεφόμενο μέρος της μηχανής), το άκρο του οποίου είναι τύπου έλικας και μπορεί να φέρει μία (μονόπτερος) δύο ή τρεις πτέρυγες. Η περιστροφή των πτερυγίων ενός δρομέα οριζοντίου άξονα οφείλεται στη συνδυασμένη δύναμη της άνωσης και της πίεσης που ασκείται, όταν οι μάζες του αέρα προσπίπτουν στα πτερύγια. Για τη μέγιστη αξιοποίηση αυτής της δύναμης απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός, στη μορφή των πτερυγίων, στη στρέψη τους ως προς τον άξονα στήριξης τους (κλίση) και στην ελικοειδή διάταξη τους (βήμα). Τα πτερύγια συνήθως κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα.
- b) Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής (ταχύτητα με συγκεκριμένο αριθμό στροφών) της ανεμογεννήτριας. Με το σύστημα μετάδοσης δίνεται η κίνηση από το δρομέα (χαμηλές στροφές), στην ηλεκτρογεννήτρια (υψηλές στροφές).
- c) Την ηλεκτρογεννήτρια που είναι ένας σύγχρονος εναλλακτήρας, δηλαδή μηχανή εναλλασσόμενου ρεύματος με συνήθως 4 ή 6 πόλους. Συνδέεται με την έξοδο του κιβωτίου πολλαπλασιασμού των στροφών (κιβώτιο ταχυτήτων) μέσω ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου. Η ηλεκτρογεννήτρια μπορεί να είναι και μηχανή συνεχούς ρεύματος (DC). Μικρής ισχύος ανεμογεννήτριες παράγουν συνεχή τάση τροφοδοσίας και χρησιμοποιούνται για ηλεκτροδότηση σκαφών και μικρών κατοικιών. Σε μεγάλες ανεμογεννήτριες, που η παραγόμενη από αυτές τάση πρόκειται να παραλληλιστεί με το δίκτυο, η ηλεκτρογεννήτρια είναι μηχανή εναλλασσόμενου ρεύματος (AC).
- d) Το δισκόφρενο, το οποίο τοποθετείται στον κύριο άξονα και αποτελεί το σύστημα πέδησης της ανεμογεννήτριας.
- e) Το σύστημα προσανατολισμού (μικρές ανεμογεννήτριες), το οποίο αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου. Το σύστημα προσανατολισμού βρίσκεται τοποθετημένο μεταξύ της ατράκτου και του πύργου στερέωσης.
- f) Τον πύργο μέσα στον οποίο στερεώνεται η ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως μεταλλικός, σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν), ενώ το ύψος του είναι τέτοιο, ώστε ο αέρας που προσπίπτει στα πτερύγια της ανεμογεννήτριας να έχει ομαλή ροή και όχι τυρβώδη. Έτσι, μειώνεται ο θόρυβος στο ελάχιστο.
- g) Τον ηλεκτρικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου που είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Ο πίνακας ελέγχου ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.

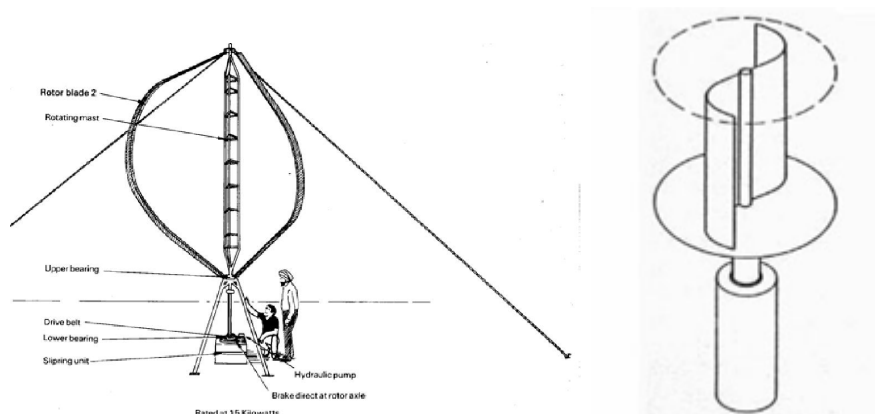
4.2.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ

Αυτός ο τύπος φέρει περύγια που στηρίζονται και στρέφονται σε κατακόρυφο σταθερό άξονα. Τα πλεονεκτήματα των ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα είναι τα εξής:

- Η κατακόρυφη συμμετρία συνεπάγεται απουσία ανάγκης προσανατολισμού του δρομέα προς τον άνεμο.
- Το μηχανικό έργο μεταφέρεται μέσω του κατακόρυφου άξονα στο έδαφος όπου είναι τοποθετημένο το σύστημα μετατροπής σε άλλη μορφή ενέργειας.
- Απλή κατασκευή του πλαισίου στήριξης και γενικότερα απλούστερη κατασκευή.

Το μειονέκτημα αυτού του τύπου είναι ότι δεν μπορεί να περιστρέφεται μόνος του (αντίθετα με ότι συμβαίνει με τον κινητήρα οριζοντίου άξονα) και, για να αρχίσει να γυρίζει, πρέπει να υποστηρίζεται από κατάλληλο ηλεκτρικό κινητήρα. Αυτός ο τύπος έχει να επιδείξει μηχανές περισσότερο ερευνητικού ενδιαφέροντος παρά εμπορικού ανταγωνισμού.

Οι πλέον γνωστοί τύποι ανεμοκινητήρων κατακόρυφου άξονα είναι οι μηχανές τύπου «Darrieus» και οι μηχανές τύπου «Savonius» (Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3: Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα τύπου α) Darrieus, β) Savonius

Συνοπτικά, οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα κάθετο τόσο στη διεύθυνση του ανέμου όσο και στο έδαφος. Οι αιολικές μηχανές του τύπου αυτού έχουν καλή αεροδυναμική απόδοση, ανεξαρτησία ως προς τη διεύθυνση του ανέμου, χαμηλό κόστος κατασκευής και σχετικά απλά συστήματα ελέγχου.

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης δε παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές σε σύγκριση με το αντίστοιχο σύστημα των μηχανών οριζοντίου άξονα, εκτός βέβαια από το γεγονός ότι τα εξαρτήματα είναι τοποθετημένα κατακορύφως. Ο δρομέας στηρίζεται σε κατάλληλο έδρανο στη βάση του, το οποίο ακόμα και σε σταθερή ταχύτητα ανέμου καταπονείται από εναλλασσόμενα φορτία.

Οι ανεμογεννήτριες τύπου «Darrieus» έχουν ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες εκκίνησης και για μεγάλα συστήματα χρησιμοποιείται βοηθητικός κινητήρας για την εκκίνηση. Επιπλέον, οι μηχανές του τύπου αυτού παρέχουν τελικά χαμηλότερο μέσο ετήσιο συντελεστή ισχύος. Συνοπτικά, είναι αποδεκτό ότι οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα τύπου «Darrieus» θεωρούνται συγκρίσιμες σε οικονομικοτεχνική ελκυστικότητα με τις πλέον σύγχρονες ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα.

Αντίστοιχα, οι ανεμογεννήτριες τύπου «Savonius» παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή ισχύος, μικρή ακραία περιφερειακή ταχύτητα, περιορισμένο μέγεθος, αλλά και εξαιρετική απλότητα και οικονομικότητα κατασκευής. Η απλότητα κατασκευής σε συνδυασμό με το γεγονός ότι δεν απαιτείται σύστημα προσανατολισμού ως προς τη διεύθυνση του ανέμου, αποτελούν σημαντικά κίνητρα για τη μελέτη και βελτιστοποίηση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών παρόμοιων μηχανών.

Και οι δύο προαναφερόμενοι τύποι, εκτός από τον πύργο, το δρομέα, τα περύγια και τη γεννήτρια διαθέτουν και τις ακόλουθες μονάδες:

- Ρυθμιστή τάσης, με τον οποίο επιτυγχάνεται η σταθεροποίηση σε συγκεκριμένα όρια της παραγόμενης τάσης.
- Συσσωρευτές (μπαταρίες) για την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην περίπτωση που οι γεννήτριες υποστηρίζουν αυτόνομα τα φορτία και δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο.
- Μετατροπέα DC-AC, για ανεμογεννήτρια που παράγει συνεχή τάση. Είναι ηλεκτρονική διάταξη, που μετατρέπει τη συνεχή τάση που παράγει η ανεμογεννήτρια σε εναλλασσόμενη. Η εναλλασσόμενη τάση κατόπιν οδηγείται σε μετασχηματιστή ανόψωσης τάσης, για να αποκτήσει εκείνη την τιμή, που θα της επιτρέψει να συνδεθεί με το δίκτυο της ΔΕΗ. Τέλος η παραγόμενη από την ανεμογεννήτρια ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται με καλώδια (γραμμή μεταφοράς).
- Μετατροπέα AC-DC, για ανεμογεννήτρια που παράγουν εναλλασσόμενη τάση και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πρόκειται να αποταμιευθεί σε συσσωρευτές.

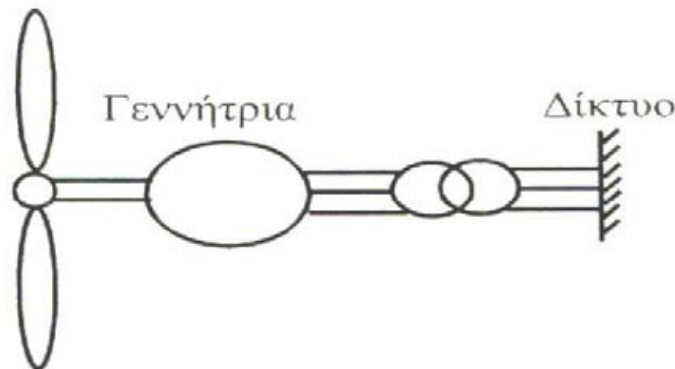
4.3 ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι λειτουργίας των συστημάτων μετατροπής της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική : η μέθοδος λειτουργίας σταθερής ταχύτητας (fixed speed) και η μέθοδος λειτουργίας μεταβλητής ταχύτητας (variable speed).

4.3.1 ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Λειτουργία σταθερής ταχύτητας σημαίνει ότι ο δρομέας της ανεμογεννήτριας στρέφεται με σταθερό αριθμό στροφών ανεξάρτητα της ταχύτητας του ανέμου. Ο τρόπος σύνδεσης της γεννήτριας με το δίκτυο, είναι ο ίδιος με τον τρόπο σύνδεσης γεννητριών που τροφοδοτούνται από συμβατικές πηγές ενέργειας. Δηλαδή η

σύνδεση γίνεται απευθείας, χρησιμοποιώντας ένα μετασχηματιστή προσαρμογής του επιπέδου τάσης της γεννήτριας, σε αυτό του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4: Αναπαράσταση ανεμογεννήτριας σταθερών στροφών

Αυτός ο τρόπος σύνδεσης, “επιβάλλει” στην ανεμογεννήτρια την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της. Η γεννήτρια που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι είτε σύγχρονη είτε ασύγχρονη. Ειδικότερα δε, όταν χρησιμοποιούνται σύγχρονες μηχανές ως γεννήτριες, ο αριθμός στροφών παραμένει σταθερός, ενώ όταν χρησιμοποιούνται ασύγχρονες μηχανές το εύρος μεταβολών των στροφών εξαρτάται από το φορτίο και είναι περιορισμένο.

Τα συστήματα σταθερών στροφών - σταθερής συχνότητας είναι συστήματα που βασίζονται στην υλοποίηση συστημάτων ελέγχου μεθόδου “stall” (απώλεια αεροδυναμικής στήριξης, εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των πτερυγίων), είτε συστημάτων ελέγχου μεθόδου “pitch” (έλεγχος μεταβολής της κλίσης των πτερυγίων).

Οι συμβατικές ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών διαθέτουν κυρίως γεννήτριες επαγωγής τύπου βραχυκυκλωμένου κλωβού. Ο λόγος που προτιμάται η ασύγχρονη γεννήτρια είναι γιατί είναι κατασκευαστικά απλούστερη κάτι που μειώνει το κόστος και αυξάνει την αξιοπιστία της συγκρινόμενη με τη σύγχρονη γεννήτρια. Επιπλέον η γωνιακή της ταχύτητα μπορεί να μεταβάλλεται σε ένα εύρος λίγο πάνω από τη σύγχρονη ταχύτητα. Αυτή η δυνατότητα έχει ως αποτέλεσμα να εξομαλύνονται οι διακυμάνσεις της ισχύος στην έξοδο της γεννήτριας καθώς και η καταπόνηση του μηχανικού συστήματος μεταφοράς. Το μεγάλο μειονέκτημα που παρουσιάζει είναι ότι, σε αντίθεση με την σύγχρονη γεννήτρια, απορροφά άεργο ισχύ. Για την τροφοδοσία της ασύγχρονης γεννήτριας με άεργο ισχύ, συνδέονται στους ακροδέκτες των τυλιγμάτων της κατάλληλοι πυκνωτές.

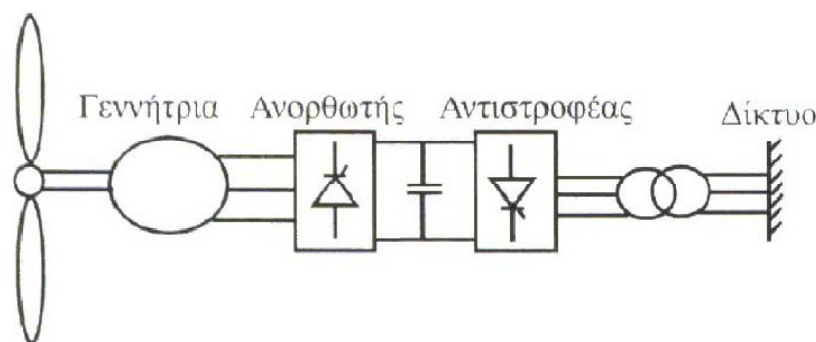
Το σύστημα σταθερών στροφών παρουσιάζει το πλεονέκτημα της εξαιρετικής απλότητας και αξιοπιστίας και των μηδενικών αναγκών συντήρησης, γεγονός που συνέβαλε στην καθιέρωσή του, σε μια εποχή όπου η αξιοπιστία ήταν το βασικότερο από τα προς επίλυση προβλήματα των ανεμογεννητριών. Ταυτόχρονα, όμως, το σχήμα αυτό χαρακτηρίζεται από μια σειρά από καθοριστικά μειονεκτήματα, τα οποία σχετίζονται αφ’ ενός με την σταθερότητα των στροφών και αφ’ ετέρου με τα

ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της μηχανής επαγωγής. Εάν η μεταβαλλόμενη αεροδυναμική ροπή περιέχει αρμονικές συνιστώσες, που βρίσκονται κοντά στις συχνότητες συντονισμού του μηχανικού συστήματος μετάδοσης της ισχύος, θα εμφανιστούν έντονες ταλαντώσεις σ' αυτό αλλά και στην ισχύ εξόδου της γεννήτριας. Συνεπώς έχουμε αυξημένη μεταβλητότητα ροπών και της ισχύος εξόδου, ταλαντώσεις του μηχανικού συστήματος και τέλος λειτουργία του δρομέα σε υποβέλτιστο αεροδυναμικό συντελεστή ισχύος.

4.3.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Στην λειτουργία μεταβλητής ταχύτητας, η ταχύτητα του δρομέα της ανεμογεννήτριας μεταβάλλεται κατά ελεγχόμενο τρόπο, ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Για την σύνδεση της ανεμογεννήτριας με το δίκτυο σταθερής συχνότητας χρησιμοποιείται μετατροπέας συχνότητας, με τον τρόπο αυτό η ταχύτητα περιστροφής αποδεσμεύεται από τη σταθερή συχνότητα του δικτύου και είναι δυνατή η μεταβολή της.

Όπως φαίνεται και στο Εικόνα 4.5, στην έξοδο της γεννήτριας συνδέεται ένας τριφασικός ανορθωτής ελεγχόμενος ή μη, που μετατρέπει τα εναλλασσόμενα ηλεκτρικά μεγέθη σε συνεχή. Η σύνδεση στο δίκτυο γίνεται μέσω ενός αντιστροφέα, ο οποίος μετατρέπει τα συνεχή ηλεκτρικά μεγέθη σε εναλλασσόμενα, συχνότητας ίδιας με αυτήν του δικτύου. Οι μετατροπείς αυτοί μπορούν να αποτελούνται είτε από θυρίστορ, είτε από ημιαγωγικά στοιχεία ελεγχόμενης έναυσης και σβέσης, όπως θυρίστορ με πύλη σβέσης (GTO) ή τρανζίστορ μονωμένης πύλης (IGBT).



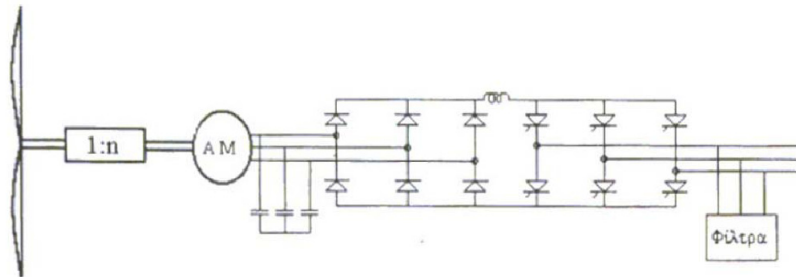
Εικόνα 4.5: Αναπαράσταση ανεμογεννήτριας μεταβλητής ταχύτητας

Το βασικό πλεονέκτημα της λειτουργίας μεταβλητής ταχύτητας είναι η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης της μηχανής, καθώς αυξάνεται το ποσοστό εκμετάλλευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου κυρίως κατά τις χαμηλές ταχύτητες ανέμου, σε σχέση με την λειτουργία σταθερής ταχύτητας. Ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι δυνατότητα ελέγχου της άεργου ισχύος ανάλογα με τον τύπο μετατροπέα που χρησιμοποιείται. Σημαντικό επίσης πλεονέκτημα από την λειτουργία μεταβλητής ταχύτητας είναι η εξομάλυνση της μεταβλητότητας των μηχανικών ροπών και απόσβεση των συντονισμών του μηχανικού συστήματος μετάδοσης της κίνησης, τα οποία σημαίνουν μείωση των μηχανικών καταπονήσεων και αύξηση της διάρκειας ζωής του συστήματος.

Τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι καταρχήν η αυξημένη πολυπλοκότητα λόγω του μετατροπέα συχνότητας και η αντίστοιχη αύξηση του κόστους. Επίσης λόγω του ηλεκτρονικού μετατροπέα παρουσιάζεται αύξηση των ανώτερων αρμονικών που εισέρχονται στο δίκτυο, κάτι που κάνει αναγκαία την εγκατάσταση φίλτρων για τον περιορισμό τους.

Στην Εικόνα 4.6 εικονίζεται η απλούστερη δυνατή διάταξη ανεμογεννήτριας μεταβλητών στροφών με χρήση ασύγχρονης γεννήτριας, η οποία αυτοδιεγείρεται μέσω συστοιχίας πυκνωτών. Οι χρησιμοποιούμενοι μετατροπείς είναι ένας μη ελεγχόμενος ανορθωτής διόδων στους ακροδέκτες της μηχανής και μια εξαπαλμική γέφυρα με θυρίστορ που λειτουργεί ως αντιστροφέας.

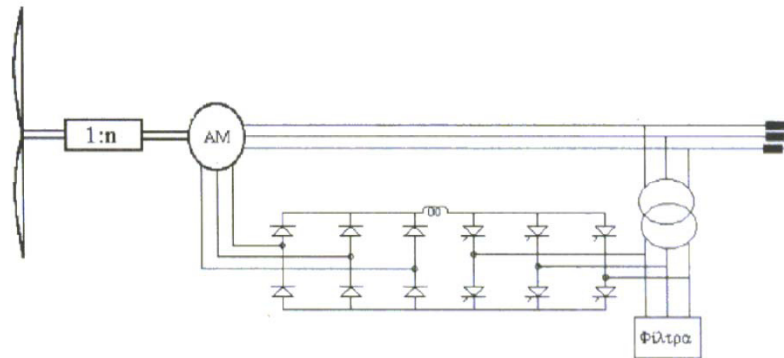
Ο ανορθωτής διόδων μετατρέπει τη μεταβαλλόμενου πλάτους και μεταβαλλόμενης συχνότητας, τάση των ακροδεκτών της γεννήτριας σε συνεχή. Η συνεχής τάση από την πλευρά του αντιστροφέα ρυθμίζεται μέσω της γωνίας έναυσης των θυρίστορ. Η διαφορά μεταξύ των δύο τάσεων καθορίζει την τιμή του συνεχούς ρεύματος. Άρα, μεταβάλλοντας κατάλληλα την γωνία έναυσης των θυρίστορ, μπορούμε να ρυθμίζουμε την ροή ισχύος από την γεννήτρια στο δίκτυο, έτσι ώστε να ελέγχεται η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα κατά τον επιθυμητό τρόπο. Η διάταξη της Εικόνα 4.6 χρησιμοποιείται για τον έλεγχο αεροκινητήρων ισχύος μέχρι 250 kW.



Εικόνα 4.6: Απλουστευμένη διάταξη ανεμογεννήτριας μεταβλητής ταχύτητας

Ο περιορισμός της ισχύος σε αυτά τα συστήματα, για μεγάλες ταχύτητες του ανέμου, επιτυγχάνεται μέσω ελέγχου του βήματος των περυγίων. Οι πυκνωτές στους ακροδέκτες της ασύγχρονης γεννήτριας τροφοδοτούν την άεργο ισχύ που απαιτείται για την διέγερσή της. Κύρια πλεονεκτήματα της διάταξης είναι βέβαια το χαμηλό κόστος της ασύγχρονης γεννήτριας και η απλότητα και αξιοπιστία του ανορθωτή διόδων. Όμως, η επιλογή ανορθωτή διόδων δεν μας δίνει την δυνατότητα ελέγχου της τάσης στη διασύνδεση συνεχούς ρεύματος. Η τάση αυτή αυξάνεται καθώς αυξάνονται οι στροφές της γεννήτριας. Για τον λόγο αυτό έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι περιορισμού της, με κατάλληλη διαμόρφωση της παλμοδότησης των ημιαγωγικών στοιχείων του αντιστροφέα. Από την πλευρά του δικτύου, απαιτούνται μεγάλα και δαπανηρά φίλτρα έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι αρμονικές ρεύματος που δημιουργούνται από τον αντιστροφέα. Εκτός από το πρόβλημα των αρμονικών, ο αντιστροφέας απορροφά και άεργο ισχύ από το δίκτυο. Σε ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών έχει προταθεί και διερευνηθεί σε σημαντικό βαθμό η διάταξη

ασύγχρονης μηχανής δακτυλιοφόρου δρομέα με σύστημα μετατροπών συνδεδεμένων στους ακροδέκτες του. Στην απλούστερη περίπτωση, η διάταξη των μετατροπών περιλαμβάνει μη ελεγχόμενο ανορθωτή στους ακροδέκτες του δρομέα και γέφυρα που λειτουργεί ως αντιστροφέας στην έξοδο, όπως δείχνεται στην Εικόνα 4.7, μέσω των οποίων πραγματοποιείται η ανάκτηση της ισχύος ολισθήσεως και η επιστροφή της στο δίκτυο.



Εικόνα 4.7: Απλουστευμένη διάταξη ανεμογεννήτριας μεταβλητής ταχύτητας που περιλαμβάνει μη ελεγχόμενο ανορθωτή

Στην Εικόνα 4.7, ο αντιστροφέας αποτελείται από θυρίστορ. Η ηλεκτρική ροπή της γεννήτριας είναι ανάλογη του ρεύματος του δρομέα και κατά συνέπεια του συνεχούς ρεύματος. Άρα, μεταβάλλοντας κατάλληλα την γωνία έναυσης των θυρίστορ του αντιστροφέα, μπορούμε να ρυθμίζουμε την ηλεκτρική ροπή, έτσι ώστε να μεταβάλλεται η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα κατά τον επιθυμητό τρόπο. Αυτή η συνδεσμολογία προτιμάται για συστήματα μεγάλης ισχύος (της τάξεως των MW). Η ασύγχρονη μηχανή είναι δακτυλιοφόρου δρομέα, η οποία σε σχέση με την βραχυκυκλωμένου δρομέα είναι ακριβότερη και έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις συντήρησης.

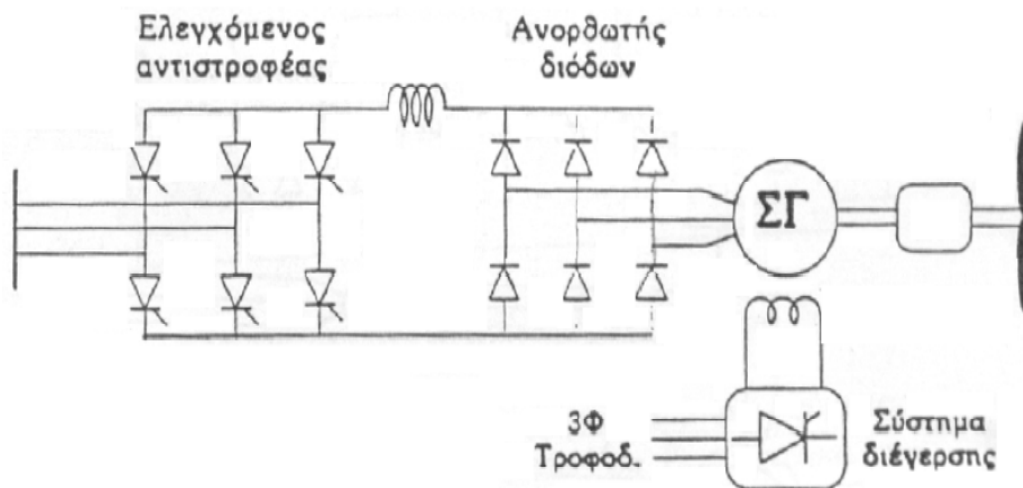
Από την άλλη πλευρά, επειδή οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς είναι στον δρομέα, διαχειρίζονται μόνο ένα τμήμα της συνολικής ισχύος εξόδου, το οποίο καθορίζεται από το εύρος ολισθήσεων που θέλουμε να λειτουργεί η μηχανή. Αυτό το γεγονός οδηγεί σε μείωση της ονομαστικής ισχύος των μετατροπών και άρα και του κόστους τους. Αυτό είναι και το βασικό πλεονέκτημα αυτής της διάταξης που σε συνδυασμό με την απλότητα και την αξιοπιστία των μετατροπών την καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστική για εφαρμογές ανεμογεννητριών. Επιπλέον έχουμε μικρότερη καταπόνηση του δικτύου από αρμονικές. Παρόλα αυτά το πρόβλημα του μικρού συντελεστή ισχύος, λόγω του αντιστροφέα από θυρίστορ και η ύπαρξη αρμονικών συνεχίζουν να υφίστανται.

Επίσης σε αρκετά χαμηλή συχνότητα έχουμε ταλαντώσεις της ηλεκτρικής ροπής λόγω των παραμορφωμένων ρευμάτων του δρομέα. Το τελευταίο γεγονός πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στον σχεδιασμό του μηχανικού συστήματος μεταφοράς της ισχύος, για την αποφυγή κάποιου πιθανού συντονισμού.

Τέλος, είναι δυνατές και άλλες παραλλαγές της διάταξης οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν ελεγχόμενο ανορθωτή με thyristors αντί για τον ανορθωτή διόδων ή σύστημα διπλών μετατροπέων PWM. Η τελευταία υλοποίηση μάλιστα είναι και η καλύτερη καθώς απαλείφει και τα προβλήματα των αρμονικών, διατηρώντας το πλεονέκτημα του μειωμένου μεγέθους των μετατροπέων.

Η χρησιμοποίηση σύγχρονης μηχανής για γεννήτρια έχει το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζεται τους πυκνωτές οι οποίοι αποτελούν εξωτερική πηγή άεργου ισχύος. Όμως το κόστος της είναι μεγαλύτερο από το κόστος ασύγχρονης μηχανής.

Μια διαφορετική διαμόρφωση με χρήση σύγχρονης γεννήτριας είναι αυτή που εικονίζεται στην Εικόνα 4.8 και στην οποία χρησιμοποιείται και ανορθωτής και αντιστροφή με θυρίστορς.



Εικόνα 4.8: Διαμόρφωση σύγχρονης γεννήτριας που περιλαμβάνει ανορθωτή και αντιστροφή

Αυτή η διάταξη επιτρέπει την αντιστροφή της ροής ισχύος για επιτάχυνση της ανεμογεννήτριας κατά την εκκίνηση. Το συνεχές ρεύμα ελέγχεται μέσω της γωνίας έναυσης των ηλεκτρονικών στοιχείων του αντιστροφεία. Με αυτόν τον τρόπο, όπως και στην περίπτωση της ασύγχρονης μηχανής, ρυθμίζεται η ροή ισχύος από την ανεμογεννήτρια στο δίκτυο, έτσι ώστε να μεταβάλλεται η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα κατά τον επιθυμητό τρόπο. Η συμπεριφορά αυτού του συστήματος από την πλευρά του δικτύου είναι εξίσου άσχημη με τις προηγούμενες περιπτώσεις λόγω των αρμονικών που εισάγει ο αντιστροφείας.

4.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Σε γενικές γραμμές η επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμογεννήτριας παρουσιάζει τα ίδια προβλήματα με την επιλογή θέσης εγκατάστασης οποιουδήποτε συστήματος παραγωγής ενέργειας. Διαφέρει όμως σ' ένα βασικό σημείο: είναι αδύνατο να προσδιορισθεί η καθαρή παραγωγή ενέργειας ή το κατά προσέγγιση κόστος αυτής, αν δεν είναι γνωστή η ακριβής θέση εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας.

Η συμπεριφορά του ανέμου σε μία θέση, είναι αυτή που καθορίζει και τη λειτουργική συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας. Έτσι, η οικονομική βιωσιμότητα μιας συγκεκριμένης ανεμογεννήτριας, σ' ένα συγκεκριμένο τόπο δεν μπορεί να προβλεφθεί χωρίς την ακριβή γνώση της συμπεριφοράς του ανέμου στη θέση αυτή. Επομένως, η ένταση του ανέμου και οι διακυμάνσεις στο μέτρο και τη διεύθυνση είναι οι βασικές παράμετροι για την επιλογή της θέσης της ανεμογεννήτριας όχι όμως και οι μοναδικές. Ανεμογεννήτριες τοποθετημένες σε βιώσιμες θέσεις πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες ιδιότητες:

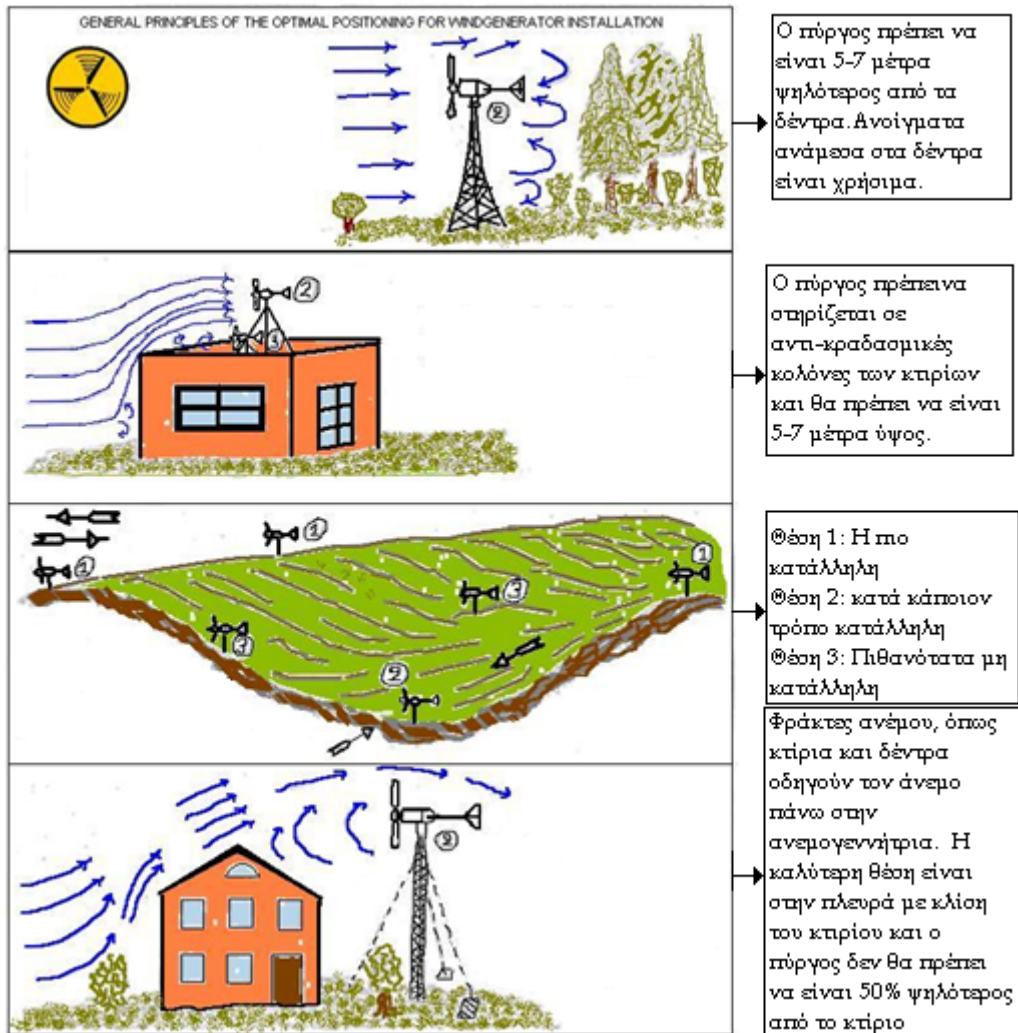
- Η παραγωγή ενέργειας να είναι συμφέρουσα οικονομικά (το κόστος της παραγόμενης KWh να είναι μικρό).
- Η εγκατάσταση να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Η λειτουργία της ανεμογεννήτριας να είναι συμβατή με τη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου.
- Να έχουν ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό της ανεμογεννήτριας οι πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες της συγκεκριμένης θέσης (παγετοί, εξαιρετικά ισχυροί άνεμοι κλπ.).
- Η επιλεγμένη θέση να είναι αποδεκτή από το κοινό.

Η διαδικασία επιλογής θέσης εγκατάστασης ανεμογεννήτριας μπορεί να χαρακτηριστεί επιτυχής, όταν είναι δυνατός, μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, ο προσδιορισμός περιοχής με υψηλό αιολικό δυναμικό. Έπειτα, αφού γίνει προσεκτικός έλεγχος της περιοχής αυτής, επιλέγονται οι θέσεις που ικανοποιούν τις υπόλοιπες παραμέτρους που απαριθμήθηκαν προηγουμένως.

Ένας πρωταρχικός παράγοντας που σχετίζεται με την οικονομική βιωσιμότητα της εγκατάστασης είναι το μέγεθος και οι περιοδικές διακυμάνσεις της έντασης του ανέμου. Η συμπεριφορά όμως του ανέμου κοντά στην επιφάνεια της γης είναι περίπλοκη και η ταχύτητα του μπορεί να μεταβληθεί απότομα, τόσο στο οριζόντιο όσο και στο κατακόρυφο επίπεδο. Οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για να ανάγουμε υπάρχοντα δεδομένα, σε θέσεις που μας ενδιαφέρουν δεν είναι ακριβείς. Έτσι, δεν είναι δυνατό να σχεδιαστεί ένα δίκτυο μετρήσεων ταχυτήτων του ανέμου που να μπορεί να δώσει το αιολικό δυναμικό σε κάθε θέση μιας μεγάλης περιοχής. Επίσης οι μετρήσεις χρειάζονται χρόνο και χρήματα για να πραγματοποιηθούν.

Η πιο πρακτική λύση στο πρόβλημα επιλογής θέσης ανεμογεννήτριας (Εικόνα 4.9), είναι να χρησιμοποιηθούν υπάρχουσες πληροφορίες για τον προσδιορισμό περιοχών με υψηλό αιολικό δυναμικό, τέτοιο που να δικαιολογεί την οικονομική βιωσιμότητα

της εγκατάστασης. Έπειτα, μέσα στις περιοχές αυτές, επιλέγονται τοποθεσίες στις οποίες η εγκατάσταση ανεμογεννήτριας είναι πρακτικώς εφικτή. Τέλος εκτελούνται μετρήσεις των ανέμων στις συγκεκριμένες πλέον θέσεις.



Εικόνα 4.9: Γενικές αρχές για τη βέλτιστη τοποθέτηση εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας

4.5 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Το να προσδιορίσουμε μια τοποθεσία στην οποία πνέουν δυνατοί άνεμοι, δεν σημαίνει ότι βρήκαμε και τη βέλτιστη θέση για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας. Πολλές και σημαντικές είναι οι επιμέρους παράμετροι, που πρέπει να έχει υπόψη του ο μηχανικός, προκειμένου να καταλήξει στην επιλογή της οριστικής θέσης εγκατάστασης. Και η επιλογή αυτή θα είναι η βέλτιστη, μόνον εφόσον γίνει σωστή και λεπτομερής αξιολόγηση των παραμέτρων τούτων.

4.5.1 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΑ

Ο σημαντικότερος στόχος μιας ανεμογεννήτριας είναι να μειώσει το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας γι' αυτό η οικονομική βιωσιμότητα είναι η πρωταρχική ιδιότητα για την αποδοχή ή όχι μιας θέσης. Επειδή η ανεμογεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια μόνο όταν φυσάει άνεμος, χρησιμοποιείται συνήθως σαν εξοικονομητής καυσίμου.

Έτσι, το κόστος της παραγόμενης ενέργειας ποικίλει ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την εποχή του έτους. Για να κρίνουμε επομένως την οικονομική βιωσιμότητα μιας θέσης ανεμογεννήτριας, χρειαζόμαστε πληροφορίες για το μέγεθος και τις διακυμάνσεις του ανέμου μέσα σ' ένα έτος.

Ένας άλλος οικονομικός παράγοντας πρωταρχικού ενδιαφέροντος είναι το κόστος εγκατάστασης. Τούτο είναι αισθητά μειωμένο αν η εγκατάσταση γίνει κοντά σε υπάρχοντες δρόμους και γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

4.5.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Γενικά, οι επιδράσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον είναι πολύ μικρές. Ωστόσο, σε ορισμένες μεμονωμένες περιπτώσεις μπορεί η ανεμογεννήτρια να έχει αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον. Οι επιδράσεις που ενδιαφέρουν περισσότερο είναι:

1. Οπτικοαισθητική επίδραση

Η εγκατάσταση μιας τεράστιας ανεμογεννήτριας σε μία όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί σε ορισμένους μια αρνητική οπτική εντύπωση. Αντίθετα η εγκατάσταση της ίδιας ανεμογεννήτριας σε μία αχανή έκταση περνάει σχεδόν απαρατήρητη.

2. Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση

Το πρόβλημα της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης δημιουργείται από την ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια της πτερωτής.

3. Γενικοί κανονισμοί και περιορισμοί στη χρησιμοποίηση της γης

Όταν γίνεται προσπάθεια για να βρεθούν οι κατάλληλες θέσεις για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κανονισμοί και οι νόμοι που πιθανόν να εμποδίζουν τη χρησιμοποίηση γης για εγκατάσταση μεγάλων ανεμογεννητριών. Τέτοιοι νόμοι μπορεί να είναι σχετικοί με την προστασία του περιβάλλοντος, με την προστασία ιστορικών μνημείων και άλλων αρχαιολογικών χώρων.

4. Μετεωρολογικά προβλήματα

Κατά την επιλογή θέσεων για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών πρέπει να ληφθούν υπόψη πιθανές ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες. Ορισμένες απ' αυτές μπορεί

πράγματι να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στην κατασκευή. Άλλες πάλι απλώς επηρεάζουν το κόστος συντήρησης και τη διάρκεια ζωής της μηχανής.

5. Παγετός

Η δημιουργία παγετού μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία ανεμογεννήτριας με διάφορους τρόπους. Πρώτα απ' όλα η επικάλυψη στις κατασκευές αυξάνει τα στατικά και δυναμικά τους φορτία. Ως εκ τούτου, όλα τα συστήματα της ανεμογεννήτριας και οι γραμμές μεταφοράς πρέπει να έχουν υπολογιστεί ώστε να αντέχουν αυτά τα φορτία. Όταν επικάλυφονται σημαντικές ποσότητες πάγου στα πτερύγια, εκτός του ότι αυξάνεται το φορτίο τους, υπάρχει και ο κίνδυνος να εκτοξευθεί κάποιο κομμάτι πάγου καθώς τα πτερύγια στρέφονται. Σε περίπτωση λοιπόν παγετού θα πρέπει να σταματάει η λειτουργία της ανεμογεννήτριας και να γίνεται καθαρισμός στα πτερύγια. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή ενέργειας, ιδιαίτερα όταν η περιοχή που έχει επηρεαστεί εμφανίζει συχνά φαινόμενα παγετού. Ακόμα υπάρχει ο κίνδυνος, με το πάγωμα των ανεμόμετρων, να χαλάσουν τα συστήματα ελέγχου της ανεμογεννήτριας. Καλό είναι λοιπόν κατά την εκλογή θέσης ανεμογεννήτριας να εκτιμάται από μετεωρολόγο η πιθανότητα και η συχνότητα εμφάνισης παγετών.

Πρέπει να αποφεύγεται επίσης η επιλογή περιοχών που παρουσιάζουν υπερβολικές χιονοπτώσεις, γιατί αυξάνεται σημαντικά το κόστος λειτουργίας και συντήρησης της ανεμογεννήτριας, ιδιαίτερα όταν η περιοχή αποκλείεται συχνά από τα χιόνια.

6. Υπερβολικά ισχυροί άνεμοι

Η συχνότητα με την οποία παρουσιάζονται θυελλώδεις άνεμοι σε μία περιοχή, καθώς και η έντασή τους, μπορεί να υπολογιστεί από υπάρχοντα κλιματολογικά δεδομένα. Αυτή η πληροφορία είναι χρήσιμη για το σχεδιασμό κατάλληλης ανεμογεννήτριας που να λειτουργεί όταν επικρατούν τέτοιοι θυελλώδεις άνεμοι. Έτσι, λοιπόν, ανάλογα με τη θέση που επιλέγεται, μεταβάλλεται και ο τύπος της ανεμογεννήτριας που θα εγκατασταθεί. Επομένως μεταβάλλεται το κόστος κατασκευής αλλά και το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

7. Τύρβη

Σε μία τυρβώδη ροή, το άνυσμα της ταχύτητας σε κάθε σημείο του ρευστού, υφίσταται διακυμάνσεις στο μέτρο και τη διεύθυνση. Αυτές οι διακυμάνσεις εκτείνονται σε μέγεθος και διάρκεια και μπορεί να προκαλέσουν κόπωση της κατασκευής.

Η τύρβη μπορεί να επηρεάσει τη διάρκεια ζωής ή το κόστος συντήρησης της μηχανής. Οι επιστήμονες γνωρίζουν ότι η τύρβη σε ροή πάνω από τραχύ, ανώμαλο έδαφος (βουνά, κολάδες, λόφοι, κ.λ.π.) είναι διαφορετική από αυτήν που παρατηρείται στη ροή πάνω από επίπεδο, ομαλό έδαφος. Ωστόσο υπάρχουν ελάχιστα δεδομένα που να αποσαφηνίζουν αυτές τις διαφορές.

Η μεγάλη πλειοψηφία των μετρήσεων έχει γίνει πάνω από επίπεδο έδαφος, όπου μπορούν να αναπτυχθούν απλές θεωρίες για να περιγράψουν τη συμπεριφορά της

ροής. Αλλά και αν υπήρχαν μετρήσεις της τύρβης πάνω από ανώμαλο έδαφος, θα ήταν δύσκολο να εκτιμηθεί η επίδρασή της στη διάρκεια ζωής και το κόστος συντήρησης της μηχανής. Κάτι τέτοιο απαιτεί περισσότερη εμπειρία, από τη λειτουργία μεγάλης ποικιλίας ανεμογεννητριών κάτω από ένα ευρύ φάσμα κλιματολογικών και τοπογραφικών συνθηκών. Προς το παρόν, θα ήταν επιθυμητό, να διαλέγονται θέσεις με όσο το δυνατό χαμηλότερο επίπεδο τύρβης.

8. Υλικά μεταφερόμενα από τον αέρα

Ανεμογεννήτριες που πρόκειται να εγκατασταθούν σε παραθαλάσσιες περιοχές υπόκεινται σε διάβρωση επειδή ο αέρας σ' αυτές τις περιοχές περιέχει σημαντικές ποσότητες αλάτων. Πρέπει λοιπόν ορισμένα τμήματα της κατασκευής να προστατευθούν ώστε να διαθέτουν αντισκωρική προστασία.

Αν μια ανεμογεννήτρια είναι τοποθετημένη σε άγονη περιοχή, είναι πιθανό ο αέρας να μεταφέρει επάνω της σκόνη, άμμο, ψιλό χαλίκι κλπ. Τέτοια τραχιά υλικά μπορούν να προσξενήσουν ζημιές στα πτερύγια, τα προστατευτικά καλύμματα, τα λιπαντικά και αλλού.

Προκειμένου να επιτύχουμε ικανοποιητική συντήρηση της μηχανής κάτω από τέτοιες συνθήκες, απαιτούνται σχεδιαστικές τροποποιήσεις και ειδικές διαδικασίες συντήρησης. Τέτοιες διαδικασίες και τροποποιήσεις αυξάνουν το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

9. Η σταθερότητα των ανέμων

Οι διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου κατά το χρονικό διάστημα μιας ώρας, σαφώς επηρεάζουν τη λειτουργία της μηχανής, ενώ μπορούν να επιδράσουν και στη διάρκεια ζωής της. Αλλά και οι αλλαγές στην κατεύθυνση του ανέμου, στη διάρκεια μιας ώρας, επηρεάζουν τη λειτουργία και τη συμπεριφορά της μηχανής. Μια μελέτη της NASA πάνω στο μοντέλο ανεμογεννήτριας Clayton MOD-OA έδειξε ότι με την περιστροφή της μηχανής γύρω από τον κατακόρυφο άξονά της (yawing), προκειμένου αυτή να παρακολουθεί τις αλλαγές της κατεύθυνσης του ανέμου, αναπτύσσονται σημαντικά καμπικά φορτία στα πτερύγια της μηχανής.

Είναι φανερό ότι η λειτουργία μιας μηχανής σε μια θέση που παρουσιάζει συχνές αλλαγές στη διεύθυνση του ανέμου θα είναι μειονεκτικότερη μιας άλλης που είναι τοποθετημένη σε περιοχή με σταθερότερους ανέμους.

Ένα άλλο ενδιαφέρον αιολικό χαρακτηριστικό είναι η διαχρονική μεταβλητότητα δηλαδή η μεταβολή των αιολικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής από χρόνο σε χρόνο. Βέβαια οι από χρόνο σε χρόνο μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου είναι συνήθως πολύ μικρότερες από τις εποχιακές ή ημερήσιες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου έτους. Όμως η διαχρονική μεταβλητότητα επηρεάζει οπωσδήποτε το μέσο κόστος της ενέργειας που παράγεται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της μηχανής. Όπως είναι γνωστό η μέση διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας είναι 20 χρόνια, διάστημα μέσα στο οποίο η διαχρονική μεταβλητότητα μπορεί να είναι σημαντική. Έτσι, η διαχρονική μεταβλητότητα μπορεί να αποδειχθεί επικίνδυνη αν

οι αποφάσεις για την επιλογή τοποθεσίας στηριχτούν σε δεδομένα ενός «άσχημου ή πολύ καλού αιολικού έτους».

10. Αποδοχή από την πλευρά του κοινού

Η επιτυχής επιλογή μιας τοποθεσίας για την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας εξαρτάται από την αποδοχή της από την κοινή γνώμη. Το κοινό πρέπει να νοιώσει ότι τα έργα υποδομής που θα γίνουν για την εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας δεν θα αλλοιώσουν το τοπίο και η ανεμογεννήτρια που θα εγκατασταθεί θα ταιριάζει με το σκηνικό των γύρω περιοχών.

Η στάση του κοινού επηρεάζεται τόσο από τις αντιλήψεις του για τις ανεμογεννήτριες γενικά, όσο και από τις αντιλήψεις του για τα οικονομικά οφέλη που θα προκύψουν από την εγκατάσταση ανεμογεννήτριας στην συγκεκριμένη θέση. Προς το παρόν οι αντιλήψεις της πλειονότητας του κοινού για τις ανεμογεννήτριες είναι θετικές αφού αυτές δεν μολύνουν το περιβάλλον, χρησιμοποιούν σαν πρώτη ύλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και εξοικονομούν καύσιμα.

Τελειώνοντας πρέπει να αναφερθεί ότι όλες σχεδόν οι παράμετροι που αναφέρθηκαν παραπάνω, έχουν επίδραση στην οικονομική βιωσιμότητα της όλης κατασκευής γι' αυτό και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμογεννητριών. Θα πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη ότι υπάρχει πάντα το στοιχείο του ρίσκου στην εκλογή θέσεων ανεμογεννητριών. Τα μετεωρολογικά φαινόμενα βρίσκονται σε μία κατάσταση διαρκούς μεταβολής. Όσο προσεκτικές μετρήσεις και αν έχουν ληφθεί, όσο κι αν έχουν γίνει σοβαρές μελέτες των τοπογραφικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής, είναι πιθανό η απόφαση που θα παρθεί για τη θέση της εγκατάστασης να μην είναι η ορθή.

4.6 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

4.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι παγκοσμίως γνωστό, πολλοί προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκονται αντιμέτωποι με την πρόκληση της προσπάθειας να ενσωματώσουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως αιολική ενέργεια, για την ικανοποίηση των αναγκών που απαιτούν συνεχή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Οι λύσεις στη συνεχή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος περιλαμβάνουν τη χρήση γρήγορης εφεδρικής παραγωγής και χημική ή μηχανική αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Εν τω μεταξύ, σε πολλές αρμοδιότητες για μεγάλης διάρκειας απαίτησης θέρμανσης, η εύρεση των σταθερών και κατά προτίμηση περιβαλλοντικά ήπιων προμηθειών της ενέργειας για θέρμανση χώρων γίνεται επίσης μια σημαντική πρόκληση λόγω της αστάθειας της αγοράς της ενέργειας.

Οι περισσότεροι, εάν όχι όλοι, προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας μεταχειρίζονται αυτές τις διδυμες προκλήσεις ως χωριστά ζητήματα: α) ζήτηση (ενσωμάτωση αδιάκοπης ανανεώσιμης ενέργειας) και β) προσφορά (ηλεκτρική θέρμανση χώρου). Εντούτοις, εάν η απαίτηση θέρμανσης χώρου μπορεί να ικανοποιηθεί από έναν

αδιάκοπο εφοδιασμό ηλεκτρικής ενέργειας, τότε και τα δύο αυτά ζητήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν ταυτόχρονα. Μια τέτοια προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθούν τα off-the shelf ηλεκτρικά θερμικά συστήματα αποθήκευσης.

4.6.2 ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ένα από τα κύρια επιχειρήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο είναι ότι δεν εκπέμπει αέρια του θερμοκηπίου και προωθείται ως πράσινη εναλλακτική πηγή ενέργειας. Ένα άλλο, ενδεχομένως πιο επιτακτικό επιχειρήμα σε μια εποχή αστάθειας των τιμών της ενέργειας είναι ότι σε τοπικό επίπεδο παράγεται ηλεκτρισμός από αιολική ενέργεια και μπορεί να θεωρηθεί ως ασφαλή πηγή ενέργειας.

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία της θέρμανσης χώρων και την κυριαρχία της όσον αφορά τη συνολική οικιακή κατανάλωση σε ενέργεια, η θέρμανση χώρου είναι μια ενεργειακή υπηρεσία που παρέχει οφέλη εκμεταλλευόμενη την αιολική ενέργεια που είναι ταυτόχρονα ασφαλής και περιβαλλοντικά ήπια.

4.6.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Στο σημείο αυτό θα γίνει μια αναφορά στη διαδικασία σύνδεσης μιας μικρής ανεμογεννήτριας για παραγωγή ενέργειας σε σπίτια (Εικόνα 4.10). Θα αναφερθούν συνοπτικά τα εξαρτήματα που είναι απαραίτητα να χρησιμοποιηθούν στην σύνδεση της ανεμογεννήτριας αλλά και ο λόγος της χρήσης τους.

Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες, έχουν ενσωματωμένο έναν «ρυθμιστή φόρτισης» ο οποίος φροντίζει να μην γίνεται υπερφόρτιση της μπαταρίας. Σε περιπτώσεις που η ανεμογεννήτρια δεν περιέχει «ρυθμιστή φόρτισης» απαιτείται η εγκατάστασή του.

Μετά τον «ρυθμιστή φόρτισης» ακολουθούν στην σύνδεσμολογία οι μπαταρίες. Οι μπαταρίες που προτείνονται είναι αυτές με δυνατότητα πλήρους εκφόρτισης και οι οποίες έχουν χρόνο ζωής από 6 έως 12 χρόνια. Το κόστος των μπαταριών εξαρτάται από την αποθηκευτική τους ικανότητα, η οποία σχετίζεται με τα αμπερώριά τους (Ah).

Τέλος χρειάζεται ένα inverter, του οποίου ο ρόλος είναι να μετατρέπει το συνεχές ρεύμα της μπαταρίας σε εναλλασσόμενο, που καταναλώνουν οι οικιακές συσκευές. Υπάρχουν δύο ειδών inverter που χρησιμοποιούνται τα οποία είναι τα εξής:

- Inverter τροποποιημένου ημιτόνου το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για φωτισμό, και
- Inverter καθαρού ημιτόνου το οποίο χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικές συσκευές για να μην προκληθούν ζημιές στις συσκευές αυτές. Τα inverter καθαρού ημιτόνου είναι πολύ πιο ακριβά από εκείνα του τροποποιημένου ημιτόνου.



Εικόνα 4.10: Συνδεσμολογία ενός μικρού οικιακού συστήματος

Με την συνδεσμολογία που φαίνεται στην εικόνα Εικόνα 4.10, το ρεύμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας από το inverter, είτε «ρίχνοντας» το ρεύμα στον πίνακα του σπιτιού. Στην περίπτωση αυτή, θα ήταν προτιμότερο τα φώτα να είναι απομονωμένα σε συγκεκριμένες γραμμές του πίνακα, ώστε να μην παίρνει ρεύμα κάποια πρίζα στην οποία μπορεί να συνδεθεί μια ηλεκτρική συσκευή. Επίσης η ενέργεια που παράγεται μπορεί να εκμεταλλευτεί είτε ως ηλεκτρική, είτε ως θερμική.

4.6.4 ΜΟΤΕΡ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η γεννήτρια του αεροκινητήρα είναι το πιο σημαντικό μέρος της εφόσον αυτό μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική αλλά το μειονέκτημά του είναι ότι είναι δυσεύρετο. Πρέπει να έχει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για να είναι κατάλληλο και δεν υπάρχουν πολλές γεννήτριες στην αγορά που να καλύπτουν τις συγκεκριμένες προδιαγραφές. Το βασικό σε μια γεννήτρια ώστε αυτό να είναι κατάλληλο για κατασκευή ανεμογεννήτριας είναι το εξής:

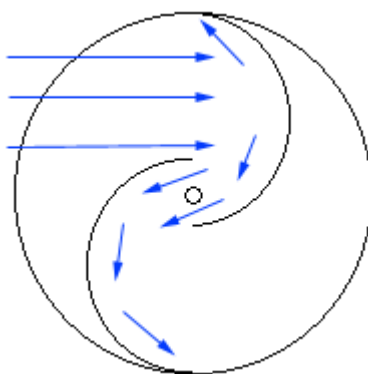
$$\frac{\text{ονομαστική ισχύ του μοτέρ (RPM)}}{\text{ονομαστική τάση του μοτέρ}} = 20 \quad (4.3)$$

Υπάρχουν γεννήτριες που μπορεί να βγάζουν συνεχές ρεύμα (DC) ή εναλλασσόμενο (AC) που μπορεί να είναι και τριφασικό. Όλα είναι κατάλληλα αν τηρούν τις παραπάνω προδιαγραφές. Απλά το εναλλασσόμενο μετατρέπεται με πολύ εύκολο τρόπο πριν φθάσει στις μπαταρίες σε συνεχές (με τη χρήση bridge rectifier ή ενός απλού ρυθμιστή φόρτισης για ανεμογεννήτριες). Όταν η γεννήτρια είναι με μόνιμους μαγνήτες τότε δεν χρειάζεται περιοδική συντήρηση και γι' αυτό θεωρείται από τα καλύτερα και πιο ακριβά σε σχέση με τα πιο απλά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΤΥΠΟΥ SAVONIUS

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια αναφορά για τον τύπο ανεμοκινητήρα Savonius εφόσον επιλέχτηκε ο συγκεκριμένος τύπος για την μελέτη ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα για θέρμανση χώρων. Ο ανεμοκινητήρας τύπου Savonius εφευρέθηκε το 1924 από τον Φιλανδό μηχανικό Sigurd Savonius και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1931 από το σχεδιαστή του. Η πτερωτή της ανεμογεννήτριας αυτής ονομάζεται συχνά τύπου «S» λόγω του σχήματος της κάτοψης των πτερυγίων της (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1: Ανεμοκινητήρας τύπου «S»

Η περιστροφή της πτερωτής από τον άνεμο δεν οφείλεται μόνο στη διαφορετική αντίσταση του κοίλου και του κυρτού πτερυγίου, αλλά και στην ύπαρξη του διάκενου «X» (ανάμεσα στα δύο πτερύγια), λόγω του οποίου ο αέρας επιστρέφει και αυξάνει την πίεση στο πίσω μέρος του κυρτού πτερυγίου, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό τη ροπή που αναπτύσσεται γύρω από τον άξονα της μηχανής. Το πεδίο ταχυτήτων γύρω από την πτερωτή του Savonius είναι χρονικά μεταβαλλόμενο, με περίοδο μεταβολής διπλάσια της γωνιακής ταχύτητας του δρομέα και συνεπώς εμφανίζει ιδιαίτερη δυσκολία κατά τη μελέτη του.

5.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΑΞΟΝΑ

Στο σημείο αυτό θα γίνει αναφορά στη σύγκριση των ανεμογεννητριών κατακόρυφου άξονα για την αξιοποίηση τους σε κατοικήσιμες περιοχές. Οι πιο διαδεδομένες αιολικές μηχανές κατακόρυφου άξονα με μεγάλο βαθμό απόδοσης είναι οι μηχανές τύπου Savonius και Darrieus όπως φαίνονται στην Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.2: Ανεμογεννήτρια τύπου α) Darrieus, β) Savonius

Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα του Savonius, σε σύγκριση με τον Darrieus, είναι ότι ο πρώτος παρουσιάζει μεγάλη ροπή εκκίνησης και λειτουργίας, χρησιμοποιούμενος για το λόγο αυτό και σαν εκκινητής του δεύτερου. Το πλεονέκτημα αυτό επιβεβαιώνεται γνωρίζοντας ότι το διάγραμμα της ροπής εκκίνησης του Savonius είναι θετικό σχεδόν για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης του ανέμου στην πτερωτή, πράγμα που εξασφαλίζει την αυτοεκκίνηση της μηχανής.

Ένα δεύτερο πλεονέκτημα του Savonius είναι η απλότητα και συνεπώς η οικονομία της κατασκευής του. Απλές μηχανές του τύπου αυτού κατασκευάζονται ακόμα και με διαίρεση σε δύο κομμάτια ενός βαρελιού και ενώνοντας τα κομμάτια σε σχήμα «S».

Τέλος, τρίτο πλεονέκτημα του Savonius είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αστικές περιοχές. Λόγω του μικρού όγκου τους μπορούν να τοποθετηθούν σε ταράτσες σπιτιών με ικανοποιητική απόδοση. Αντιθέτως ο Darrieus δεν χρησιμοποιείται σε κατοικημένες περιοχές γιατί απαιτείται μεγάλος χώρος για την εγκατάσταση του.

5.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ SAVONIUS

Το ενδιαφέρον για την Savonius δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο, αλλά παραμένει σταθερό μέχρι και σήμερα. Ένας λόγος γι' αυτό έγκειται στο ότι προσφέρει διάφορα πλεονεκτήματα τα οποία είναι τα εξής:

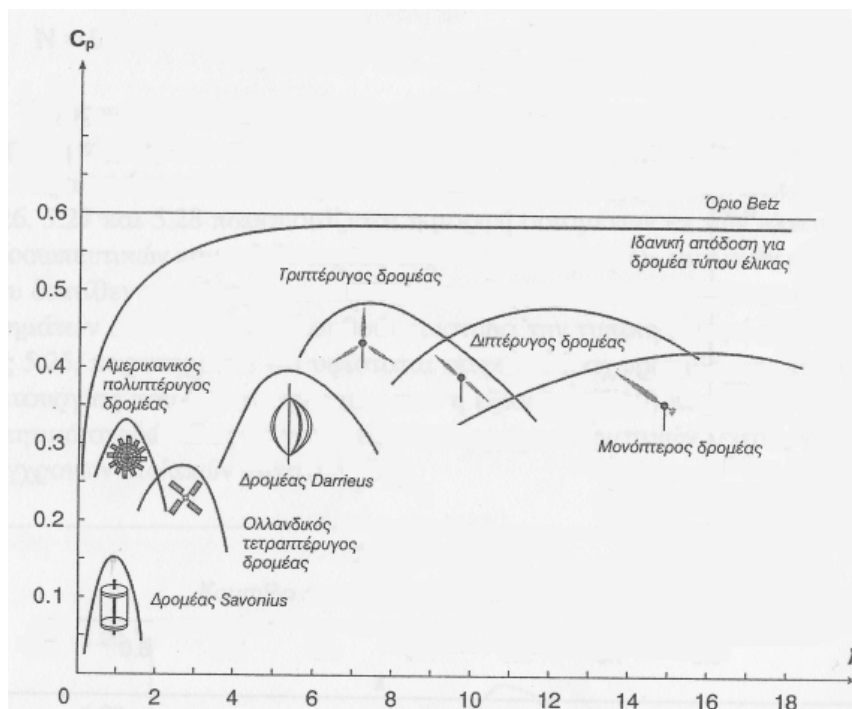
- Εύκολο να φτιαχτεί και χαμηλό κόστος σχεδιασμού,
- Πολύ υψηλή ροπή εκκίνησης που της δίνει πλεονέκτημα σε χαμηλή ταχύτητα ανέμου,
- Η σωστή σχεδίαση επιτρέπει τη λειτουργία ακόμα και σε υψηλές ταχύτητες ανέμου (όταν οι περισσότερες από τις υψηλής ταχύτητας οριζόντιου άξονα ανεμογεννήτριες πρέπει να διακοπούν για λόγους ασφαλείας),

- Ικανότητα ώστε να λειτουργεί ανεξάρτητα από την κατεύθυνση του ανέμου,
- Χαμηλό επίπεδο θορύβου.

Από την άλλη πλευρά, η ανεμογεννήτρια Savonius παρουσιάζει αρκετά σοβαρά μειονεκτήματα τα οποία είναι:

- Οι διακυμάνσεις του ανέμου και του φορτίου προκαλούν αλλαγές στην τάση εξόδου και στη συχνότητα, με αποτέλεσμα τα συστήματα αυτά να μην μπορούν να συνδεθούν με το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο,
- Εάν ο ρότορας είναι μεγάλος σε μέγεθος τότε η απόσταση του ρότορα από το έδαφος πρέπει να είναι μικρή,
- Χαμηλή απόδοση και συντελεστή ισχύος C_p (Εικόνα 5.3), λόγω της κακής αεροδυναμικής ιδιότητας των περυγίων, που οδηγούνται κυρίως από την διαφορά των δυνάμεων έλξης.

Τα περισσότερα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν δείχνουν την δυσκολία ανάπτυξης μεγάλων συστημάτων κατακόρυφου άξονα ανεμογεννήτριες και αιολικά πάρκα. Εντούτοις, τα περισσότερα από αυτά τα μειονεκτήματα δεν ισχύουν σε μικρών συστημάτων ανεμογεννήτριες τύπου Savonius. Στην πραγματικότητα, μέχρι σήμερα, οι μικρές ανεμογεννήτριες Savonius έχουν βρει την θέση τους στη βιομηχανία.



Εικόνα 5.3: Καμπύλες αεροδυναμικής απόδοσης (C_p - λ) πτερωτών ανεμογεννητριών

Συνοπτικά, η ανεμογεννήτρια τύπου Savonius, παρ' όλη τη χαμηλή της απόδοση έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, με αποτέλεσμα να θεωρείται η ιδανική αιολική μηχανή για μικρές ισχείς, για οικιακή χρήση, αλλά και για παραγωγή ενέργειας σε φτωχές χώρες ή σε απομακρυσμένες περιοχές. Για το λόγο αυτό έχει δοθεί τελευταία

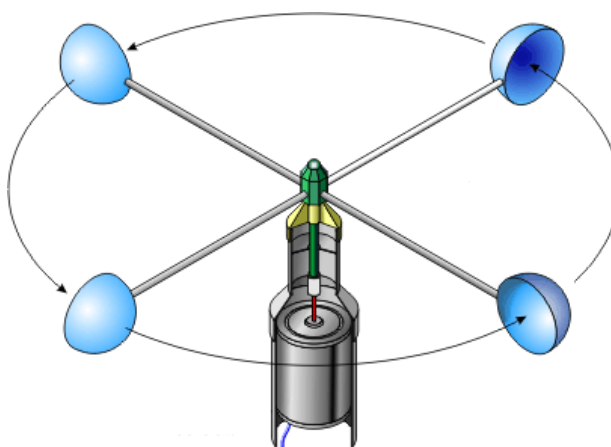
αξιόλογη ώθηση στη μελέτη και βελτιστοποίηση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των εν λόγω μηχανών, συμπεριλαμβανομένων του λόγου του ύψους προς τη διάμετρο της πτερωτής, του αριθμού και του σχήματος των πτερυγίων, καθώς και της μορφής του διάκενου μεταξύ των πτερυγίων της μηχανής.

5.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η αρχή λειτουργίας της ανεμογεννήτριας Savonius (Εικόνα 5.4) είναι απλή και είναι παρόμοια με αυτή που παρατηρείται στα απλά ανεμόμετρα (Εικόνα 5.5). Η δύναμη της έλξης που δημιουργείται από τα ημικυκλικά πτερόγυια παράγει την ροπή στον κύριο άξονα εκμετάλλευσης που δημιουργεί έτσι τη δύναμη που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για διάφορους λόγους.



Εικόνα 5.4: Διάφοροι ρότορες Savonius: α) Chowchilla, California, β) EMAT Ltd, England



Εικόνα 5.5: Ανεμόμετρο τύπου ημικυκλικού

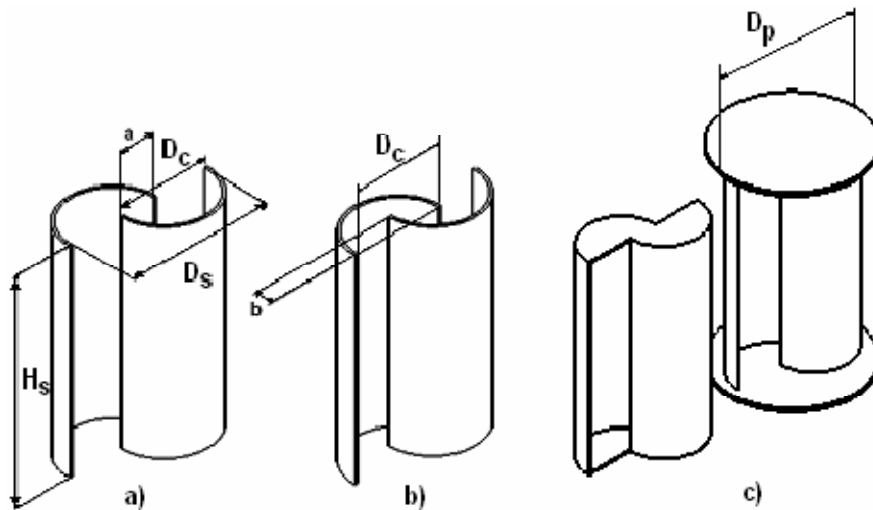
Στην περίπτωση μιας ανεμογεννήτριας Savonius, φαίνεται ότι γεωμετρικά χαρακτηριστικά (Εικόνα 5.6) όπως το χάσμα διαχωρισμού των πτερυγίων (separation gap), ο λόγος επικάλυψης (overlap ratio) και η αναλογία προσανατολισμού (aspect ratio), διαπιστώνεται ότι αποτελούν το πιο σημαντικό μέρος ώστε να επιτευχθεί η

βέλτιστη απόδοση του ρότορα. Επομένως αυτές οι παραμέτρους καθορίζονται μέσω των ακόλουθων σχέσεων:

Λόγος Όψης (Aspect Ratio-AR):
$$AR = \frac{H_S}{D_S} \quad (5.1)$$

Λόγος Επικάλυψης (Overlap Ratio-OR):
$$OR = \frac{\alpha}{D_C} \quad (5.2)$$

Διαφορά Διαχωρισμού (Separation Gap-GP):
$$GP = -\frac{b}{D_C} \quad (5.3)$$

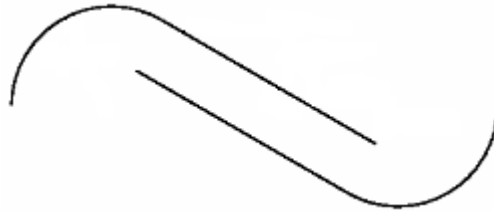


Εικόνα 5.6: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας Savonius

Στις εξισώσεις, D_C είναι η διάμετρος του ημικυκλικού φτερού, D_S είναι η συνολική διάμετρος του ρότορα της ανεμογεννήτριας Savonius, H_S το ύψος του περυγίου (ή αλλιώς του ημικυκλικού), α είναι η επικάλυψη του ρότορα Savonius και b είναι το χάσμα διαχωρισμού των περυγίων της Savonius. Ο λόγος επικάλυψης (OR) όταν έχει θετικό αποτέλεσμα δείχνει ότι υπάρχει επικάλυψη στα περιγράμματα των περυγίων. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.6 όταν η διαφορά διαχωρισμού (GP) έχει θετικό αποτέλεσμα σημαίνει ότι το περίγραμμα της επιφάνειας ενός περυγίου δεν διεισδύει στην διάμετρο του απέναντι ημικυκλικού περυγίου. Επομένως, ο ρότορας που παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.6.a μπορεί να περιγραφεί με μια θετική επικάλυψη και μηδενική διαφορά ενώ στην Εικόνα 5.6.b με αρνητική διαφορά. Πολυάριθμα πειράματα έδειξαν ότι η βέλτιστη απόδοση όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση επιτυγχάνεται για $AR \approx 4$, $OL = 20 - 25\%$ και $GP = 0 - (-5)\%$.

5.5 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ένα πρώτο προφίλ που προτείνεται ως μια από τις πιο επιτυχημένες λύσεις για υψηλή ροπή και επιδόσεις στις στροφές, η οποία επιβεβαιώθηκε αργότερα φαίνεται στην Εικόνα 5.7 η οποία δείχνει ένα τύπο ρότορα που ονομάζεται Bach.



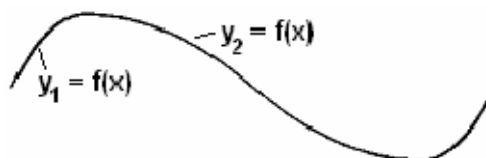
Εικόνα 5.7: Τύπος ρότορα Bach

Το δεύτερο προφίλ βασίζεται σε μια έρευνα του A.H. Benesh που συνδυάζει ανελκυστήρα και μια χαρακτηριστική έλξη, προκειμένου να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά του ρότορα. Αυτός ο τύπος ρότορα ονομάζεται Benesh και φαίνεται στην Εικόνα 5.8. Ωστόσο για την καλύτερη απόδοση του συγκεκριμένου τύπου ρότορα πρέπει να περιορίζεται μόνο σε μια ορισμένη σειρά γωνιών πρόσπτωσης από $0^\circ \div 20^\circ$ και $180^\circ \div 200^\circ$. Αυτό το προφίλ καμπυλότητας προσεγγίζεται από το ακόλουθο σύνολο εξισώσεων:

$$y = \left(\frac{m}{p^2}\right) \cdot (2px - x^2) \quad \text{για} \quad 0 \leq x \leq 0.3 \quad (5.4)$$

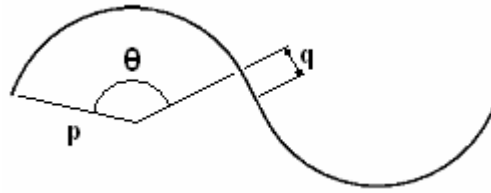
$$y = \frac{m}{(1-p)^2} \cdot ((1 - 2p) + 2px - x^2) \quad \text{για} \quad 0.3 \leq x \leq 1 \quad (5.5)$$

Στο προφίλ αυτό τα πτερύγια πρέπει να έχουν μικρό πάχος αλλά για $x \geq 0,3$.



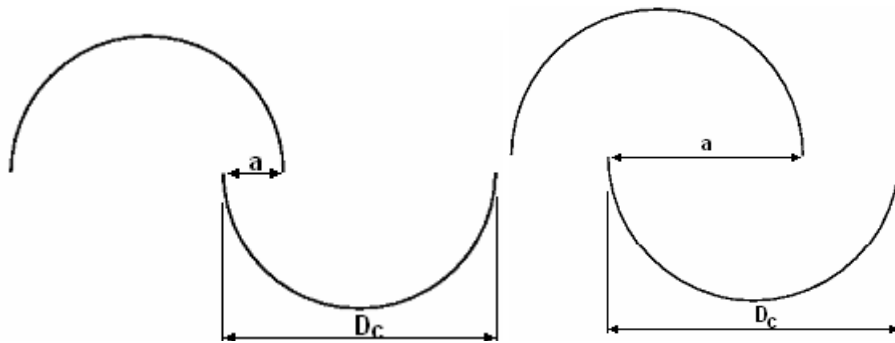
Εικόνα 5.8: Τύπος ρότορα Benesh

Ένα τρίτο προφίλ που προτείνεται από τους Modi, Fernando και Roth ήταν να δώσουν μια εξαιρετική απόδοση ισχύος με τον τύπο ανεμογεννήτριας Modi (Εικόνα 5.9). Ο βέλτιστος σχεδιασμός για αυτού του τύπου ανεμογεννήτριας θεωρείται όταν $\theta=135^\circ$ και $\frac{p}{q} = 0.2$.



Εικόνα 5.9: Τύπος ρότορα Modi

Το τέταρτο και πέμπτο προφίλ είναι τοπικές διαμορφώσεις της ανεμογεννήτριας Savonius με ημικυκλικές διατομές πτερυγίων που περιγράφονται πιο διεξοδικά στα έργα του Ushiyama και του Blackwell. Ο λόγος επικάλυψης (OL) του ρότορα είναι 21% (βλ. Εικόνα 5.10.α) και 67% (βλ. Εικόνα 5.10.β).



Εικόνα 5.10: Τύπος ρότορα α) Savonius OL=0.21, β) Savonius OL=0.67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ- ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

6.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας σε οικιακές εφαρμογές. Ζητήματα αξιοπιστίας και ασφάλειας της παρεχόμενης από το δίκτυο ενέργειας καθώς και τα υψηλά κόστη επέκτασης του δικτύου σε απομακρυσμένες περιοχές είναι μερικοί από αυτούς. Παρόλο που τα συστήματα αιολικής ενέργειας απαιτούν σχετικά μεγάλη αρχική επένδυση, προσφέρουν μειωμένο ή μηδενικό κόστος ενέργειας για μια ζωή.

Σε μια κατοικία ή αγρόκτημα το φορτίο είναι δυνατόν να καλυφθεί από μια ανεμογεννήτρια. Αλλά ακόμα και σε εφαρμογές όπου θα μπορούσε να εγκατασταθεί ανεμογεννήτρια μεγαλύτερης ισχύος (από πλευράς κάλυψης φορτίου) η επιλογή μικρής ανεμογεννήτριας μπορεί να είναι προτιμητέα. Για παράδειγμα, όταν το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο είναι αρκετά ασθενές ώστε να διαχειριστεί την ενέργεια που εισρέει από μια μεγάλη ανεμογεννήτρια. Τέτοιες περιπτώσεις αφορούν κυρίως σε απομακρυσμένα μέρη του δικτύου με χαμηλή πυκνότητα φορτίου και μικρή κατανάλωση.

6.1.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Μια ανεμογεννήτρια με ισχύ περίπου 3kW και διάμετρο δρομέα 5-7 m τοποθετημένη σε ύψος 15-25 m, μπορεί να καλύψει μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών ενός τυπικού σπιτιού στην Ευρώπη. Ελάχιστος διαθέσιμος χώρος απαιτείται για την εγκατάσταση τέτοιου εξοπλισμού ενώ θα πρέπει να αποφευχθεί η τοποθέτηση της ανεμογεννήτριας σε απάνεμα μέρη, όπου η ταχύτητα του ανέμου περιορίζεται από παρακείμενα δέντρα ή κτήρια. Όμως οι περισσότεροι ιδιοκτήτες σπιτιών έχουν δίπλα τους γείτονες οι οποίοι μπορεί να ενοχληθούν από τον θόρυβο ή την εικόνα της ανεμογεννήτριας.

Σε μια τυπική οικιακή εφαρμογή η ανεμογεννήτρια εξυπηρετεί το φορτίο του σπιτιού παράλληλα με το δίκτυο αν η ταχύτητα του ανέμου είναι χαμηλότερη του ορίου λειτουργίας (3-5 m/s) η ανεμογεννήτρια δεν θα παράγει ενέργεια και έτσι η εγκατάσταση θα τροφοδοτείται από το δίκτυο. Όταν η ταχύτητα του ανέμου αυξηθεί θα παρουσιαστεί αύξηση και στην ενέργεια που αποδίδει η ανεμογεννήτρια και ανάλογα θα μειωθεί η κατανάλωση από το δίκτυο. Σε περίπτωση που η ενέργεια από τον άνεμο ξεπερνά την απαιτούμενη από το φορτίο του σπιτιού, η πλεονάζουσα ενέργεια αποδίδεται στο δίκτυο. Το αν θα πωληθεί στο δίκτυο επιφέροντας κέρδος στον ιδιοκτήτη ή θα αποδοθεί χωρίς συγκεκριμένες απολαβές εξαρτάται από την συμφωνία που έχει γίνει με τον διαχειριστή του δικτύου. Όλες οι παραπάνω διαδικασίες γίνονται αυτόματα σε ένα τυπικό οικιακό σύστημα που δεν

περιλαμβάνει μπαταρίες. Μικρά αιολικά συστήματα σε απομακρυσμένες περιοχές λειτουργούν με διαφορετικό τρόπο.

6.1.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα μικρά συστήματα αιολικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνεργασία με το δίκτυο ή σε αυτόνομες εφαρμογές. Στα διασυνδεδεμένα συστήματα, η ενέργεια από την ανεμογεννήτρια καλύπτει το φορτίο (φωτισμός, διάφορες συσκευές) όταν είναι επαρκείς. Αν είναι λιγότερη από την απαιτούμενη, το δίκτυο καλύπτει τη διαφορά ενώ στην αντίθετη περίπτωση το πλεόνασμα πωλείται στο δίκτυο. Η παραπάνω διαδικασία εξασφαλίζει ότι όλη η ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται με τον ένα ή τον άλλο τρόπο προς όφελος του ιδιοκτήτη.

Τα αυτόνομα συστήματα μπορεί να είναι κατάλληλα για σπίτια, αγροκτήματα, ή ακόμα ολόκληρες κοινότητες. Είναι απαραίτητο να περιλαμβάνουν διατάξεις αποθήκευσης ενέργειας ή πρόσβαση σε άλλη μορφή ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε περιόδους μειωμένου αιολικού δυναμικού. Οι μπαταρίες αποθήκευσης είναι η καρδιά ενός αυτόνομου συστήματος. Αποθηκεύουν την πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια για χρήση σε περιόδους που ανανεώσιμη πηγή δεν είναι διαθέσιμη.

Σε ένα τέτοιο σύστημα όμως υπάρχουν πολλές απώλειες. Τα αυτόνομα συστήματα είναι σύνθετα και οι πολλές διαδοχικές μετατροπές ενέργειας αυξάνουν τις απώλειες και μειώνουν τη συνολική απόδοση του συστήματος. Μια άλλη κατάσταση όπου υπάρχει απώλεια ενέργειας είναι σε περιόδους με αυξημένο άνεμο όπου η παραγόμενη ενέργεια ξεπερνά την απαιτούμενη για την κάλυψη του φορτίου και την φόρτιση των μπαταριών. Τότε μέρος της παραγόμενης ενέργειας δεν χρησιμοποιείται.

Η ικανότητα αποθήκευσης πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μπορεί να καλύπτει τις ανάγκες κατά τη διάρκεια περιόδων μειωμένης παραγωγής. Συνήθως η συστοιχία των μπαταριών σχεδιάζεται για 1-3 ημέρες λειτουργίας χωρίς άνεμο.

6.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΑΔΕΙΟΔΟΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

1. Σχετικά με την περιβαλλοντική αδειοδότηση, με βάση τον πρόσφατο νόμο 3851/2010, οι μικρές ανεμογεννήτριες απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) 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 Περιφέρειας (Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας - ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ.). 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. Ωστόσο, σε διαδικασία Ε.Π.Ο. υπόκεινται οι μικρές Α/Γ με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση με το ως άνω όριο των 20kW 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 το γήπεδο εγκατάστασης (ως γήπεδο εγκατάστασης νοούνται οι κορυφές του πολυγώνου του γηπέδου) χωροθετείται γήπεδο άλλου αιολικού σταθμού για τον οποίο έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής ή απόφαση Ε.Π.Ο. ή προσφορά σύνδεσης και η συνολική ισχύς όλων αυτών των ανεμογεννητριών υπερβαίνει το προαναφερθέν καθοριζόμενο όριο των 20 kW.

Τα ανωτέρω καθορίζονται στο άρθρο 8, παράγραφος 13 του ν.3468/2006, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 3, παράγραφος 2 του ν.3851/2010.

Η διαδικασία Ε.Π.Ο. και οι απαιτούμενες μελέτες καθορίζονται από τις Υ.Α. 104247/2006 και 104248/2006 (ΦΕΚ Β'663).

Ωστόσο, ο νόμος 3851/2010 έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης (ενδεικτικά έχει καταργηθεί το στάδιο της προκαταρκτικής περιβαλλοντικής επίπτωσης και αξιολόγησης) αλλά οι σχετικές υπουργικές αποφάσεις δεν έχουν ακόμα τροποποιηθεί. Σε κάθε περίπτωση, οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να απευθύνονται στις ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. των οικείων Περιφερειών με αίτησή τους που θα συνοδεύεται από Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

2. Σχετικά με τις λοιπές βασικές άδειες, οι Α/Γ ισχύος έως 100 kW (και γενικά οι αιολικές εγκαταστάσεις συνολικής ισχύος έως 100 kW) απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης:

- άδειας παραγωγής (άρθρο 4, παράγραφος 4δ του ν.3468/2006, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 2, παράγραφος 12 του ν.3851/2010), και
- αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας (άρθρο 8, παράγραφος 8 του ν.3468/2006, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 8, παράγραφος 13 του ν.3851/2010).

Αυτό σημαίνει ότι δεν απαιτείται η πλήρωση των κριτηρίων αξιολόγησης για τη χορήγηση άδειας παραγωγής (π.χ. δεν απαιτείται η προσκόμιση ανεμολογικών μετρήσεων από διαπιστευμένο κατά IEC-17025 φορέα). Σημειώνεται ότι στις ανωτέρω περιπτώσεις δεν εκδίδεται πλέον καμία διοικητική πράξη όπως για παράδειγμα ήταν η Απόφαση Εξαιρέσης από τη Ρ.Α.Ε. δεδομένου ότι αυτό ρητά καθορίζεται στη νέα διατύπωση που εισήγαγε ο ν.3851/2010.

3. Σχετικά με την τιμολόγηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή διαμορφώνεται ως ακολούθως (άρθρο 13, παράγραφος 1 του ν.3468/2006, όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 5, παράγραφος 2 του ν.3851/2010):

- για αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος μεγαλύτερης των 50 kW, η τιμή ισούται με 87,85 €/MWh (Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και Συστήματα) και 99,45 €/ MWh (Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά),
- για αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με εγκαταστάσεις ισχύος μικρότερης ή ίσης των 50 kW, η τιμή ισούται με 250 €/MWh (τιμή ίδια για Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και Σύστημα και για μη Διασυνδεδεμένα Νησιά).

Ο τρόπος αναπροσαρμογής των τιμών αυτών και λοιπές λεπτομέρειες μπορεί να αναζητηθούν στην σχετική διάταξη του νόμου.

4. Δυστυχώς για τις μικρές ανεμογεννήτριες δεν υπάρχει υπουργική απόφαση που να εξειδικεύει τις διαδικασίες αδειοδότησης και σύνδεσης ούτε ειδικές διατάξεις σχετικά με τους όρους δόμησης σε κτίρια ή άλλες δομικές κατασκευές.

Με βάση όμως, την εμπειρία άλλων τεχνολογιών και τις διατάξεις του νόμου, κάποιος που ενδιαφέρεται για την εγκατάσταση μικρού μεγέθους ανεμογεννήτρια, θα πρέπει να υποβάλλει ταυτόχρονα αιτήσεις ως ακολούθως:

- στη ΔΕΗ/ΔΔΔ (Διεύθυνση Δικτύου Διανομής), καθώς και τις τοπικές υπηρεσίες Δικτύου της ΔΕΗ για χορήγηση Προσφοράς Όρων Σύνδεσης,
- στη ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας για τη χορήγηση βεβαίωσης 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 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 τη ύπαρξη της αποκλειστικής αυτής προθεσμίας, οι ενδιαφερόμενοι παροτρύνονται να επιδιώκουν με υπομονή την χορήγηση της βεβαίωσης από τη ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. δεδομένου ότι ένας πλήρης φάκελος διευκολύνει σημαντικά την συνέχιση της αδειοδοτικής διαδικασίας και να επικαλούνται το αποκλειστικό της προθεσμίας μόνο σε έσχατη ανάγκη, αν λόγω αντικειμενικών ή άλλων δυσκολιών καθυστερεί υπερβολικά η χορήγηση της βεβαίωσης.
- στην αρμόδια Διεύθυνση Πολεοδομίας για έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας ή άδεια δόμησης αναλόγως της θεμελίωσης.

Παρότι δεν υπάρχουν σαφείς και συγκεκριμένες οδηγίες για τα έγγραφα τα οποία χρειάζονται, εκτιμάται ότι οι αιτήσεις θα πρέπει να περιλαμβάνουν κατ' ελάχιστο τα ακόλουθα:

- Τοπογραφικό διάγραμμα του γηπέδου με σημειωμένο το κτίριο ή τη θέση, όπου πρόκειται να εγκατασταθεί η μικρή ανεμογεννήτρια σε συντεταγμένες ΕΓΣΑ87.
- Απόσπασμα χάρτη ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000.
- Φωτογραφίες του χώρου εγκατάστασης.
- Τομή της ανεμογεννήτριας και διαστάσεις.
- Στοιχεία του φορέα εγκατάστασης.
- Στοιχεία του εξοπλισμού με βασικές πληροφορίες από τα τεχνικά φυλλάδια (π.χ. φωτογραφία του εξοπλισμού, ταχύτητα περιστροφής κ.λ.π.) που επιτρέπουν σε μη τεχνικούς να αποκτήσουν άποψη της σκοπούμενης εγκατάστασης. Αν και οι μικρές ανεμογεννήτριες, όπως και όλες οι ανεμογεννήτριες, δεν δημιουργούν ηχητική όχληση, 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.λ.π.).

Ειδικά στη ΔΕΗ θα πρέπει να υποβληθούν και τα ακόλουθα:

- στοιχεία των ηλεκτρολογικών συστημάτων,
- τεχνικά εγχειρίδια του εξοπλισμού,
- μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο,
- τίτλος κυριότητας του χώρου εγκατάστασης

και να συμπληρωθούν:

- με αντίγραφο της έγκρισης από την Πολεοδομία (μικρής κλίμακας ή δόμησης), όταν αυτή εκδοθεί,
- με αντίγραφο της απαλλαγής από Ε.Π.Ο. ή αποδεικτικό παρέλευσης του 20ημέρου από την υποβολή της αίτησης στη ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ. της οικείας Περιφέρειας.

Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία η ΔΕΗ, ως διαχειριστής του δικτύου, θα εκδώσει την Προσφορά Σύνδεσης, που θα καταστεί δεσμευτική με την προσκόμιση της απαλλαγής από Ε.Π.Ο. ή αποδεικτικό παρέλευσης του 20ημέρου από την υποβολή της αίτησης, και θα περιγράφει τους τεχνικούς και οικονομικούς όρους της σύνδεσης. Σημειώνεται ότι, κατά τον 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 έπεται αυτών, με βάση τις σχετικές οδηγίες και την πρακτική της ΔΕΗ.

Σημειώνεται ότι οι σχετικές διατάξεις της Υ.Α. 13310/2007 που αφορούν τα ζητούμενα δικαιολογητικά για την χορήγηση προσφοράς σύνδεσης, δεν θα πρέπει να ακολουθούνται (τουλάχιστον όχι εξαντλητικά) διότι αφενός δεν είναι κατάλληλες για τις μικρές ανεμογεννήτριες αφετέρου τυπικά δεν τις καταλαμβάνουν αφού η

συγκεκριμένη Υ.Α. αφορά την έκδοση αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας από τις οποίες απαλλάσσονται, όπως αναφέρθηκε, οι αιολικές εγκαταστάσεις συνολικής ισχύος έως 100 kW.

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.λ.π.), συνίσταται οι ενδιαφερόμενοι να απευθύνονται εγκαίρως με σχετικό αίτημά τους και στις ακόλουθες αρχές: Εφορία Προϊστορικών & Κλασικών Αρχαιοτήτων, Εφορία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων, Εφορία Νεωτέρων Μνημείων, Δασαρχείο, Διεύθυνση Αγροτικής Ανάπτυξης, Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, ΓΕΕΘΑ, ΓΕΑ.

5. Σχετικά με τη σύναψη Σύμβασης σύνδεσης και την παροχή εγγυήσεων για τη σύνδεση, μετά την έκδοση από τη ΔΕΗ της δεσμευτικής προσφοράς σύνδεσης, την υποβολή του τίτλου κυριότητας και την έγκριση της Πολεοδομίας ο φορέας υποβάλλει στη ΔΕΗ αίτηση για την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης. Με την υπογραφή της Σύμβασης αυτής, ο φορέας καταβάλλει στη ΔΕΗ όλο το κόστος σύνδεσης που έχει καθορισθεί στη δεσμευτική προσφορά.

Ένα σημείο που είναι αδιευκρίνιστο σχετίζεται με την υποχρέωση να έχει εκδοθεί η έγκριση από την Πολεοδομία προκειμένου να υπογραφεί η σύμβαση σύνδεσης. Η ακολουθούμενη πρακτική από τη ΔΕΗ στην περίπτωση των μικρών φωτοβολταϊκών, για τα οποία όμως απαιτείται μόνο έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας όταν δεν συνοδεύονται από κάποια δομική κατασκευή (π.χ. μη προκατασκευασμένος οικίσκος), επιβάλλει την προσκόμιση της έγκρισης αυτής. Στην περίπτωση των μεγάλων ανεμογεννητριών για τις οποίες απαιτείται άδεια δόμησης για το θεμέλιο (διαδικασία σαφώς πιο χρονοβόρα από αυτή της έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας) αυτή δεν απαιτείται για την υπογραφή της σύμβασης σύνδεσης. Είναι ασαφές πώς θα αντιμετωπισθούν οι μικρές ανεμογεννήτριες που απαλλάσσονται από την άδεια εγκατάστασης και θεμελιώνονται σε γήπεδο.

Ένα επίσης βασικό σημείο στη διαδικασία, που θα πρέπει να είναι εκ των προτέρων γνωστό, είναι η υποχρέωση παροχής εγγυήσεων. Στις συμβάσεις σύνδεσης που συνάπτει ο διαχειριστής με τους φορείς σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. οι οποίοι εξαιρούνται από την υποχρέωση για λήψη άδειας παραγωγής (δηλαδή για μικρές Α/Γ έως 100 kW), καθορίζεται (σύμφωνα με το άρθρο 8, παράγραφος 15 του ν.3851/2010), προθεσμία σύνδεσης στο Σύστημα ή το Δίκτυο, η οποία είναι αποκλειστική, και ορίζεται εγγύηση ή ποινική ρήτρα που καταπίπτει αν ο φορέας δεν υλοποιήσει τη σύνδεση εντός της καθορισθείσας προθεσμίας. Από την παροχή εγγυήσεων, σύμφωνα με την ίδια παράγραφο και το άρθρο του ν.3851/2010, εξαιρούνται οι σταθμοί από Α.Π.Ε ανεξαρτήτως ισχύος που εγκαθίστανται σε κτίρια, καθώς και σταθμοί από Α.Π.Ε ανεξαρτήτως ισχύος για τους οποίους έχει υπογραφεί Σύμβαση Σύνδεσης πριν τη θέση σε ισχύ του ν.3851/2010.

Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι, κάθε επενδυτής που επιθυμεί να εγκαταστήσει μια μικρή ανεμογεννήτρια με ισχύ κάτω των 100 kW σε γήπεδο θα υποχρεωθεί να προσκομίσει την ανωτέρω εγγύηση, το ύψος της οποίας θα καθορισθεί με υπουργική απόφαση που δεν έχει ακόμα εκδοθεί.

6. Σχετικά με τη σύναψη Σύμβασης πώλησης και αγοράς της ενέργειας, μετά την υπογραφή της σύμβασης σύνδεσης με τη ΔΕΗ θα πρέπει να υπογραφεί η σύμβαση πώλησης ενέργειας με τον αρμόδιο διαχειριστή που είναι ο ΔΕΣΜΗΕ για το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και η ΔΕΗ για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά.
7. Τέλος, χρήσιμες διευθύνσεις από όπου μπορεί να αντλούνται πληροφορίες είναι:
 - Η Υπηρεσία Α.Π.Ε. του ΥΠΕΚΑ όπου υπάρχει και καταγραφή του θεσμικού πλαισίου μετά το ν.3851/2010.
 - Η σελίδα της ΔΕΗ για τη σύνδεση παραγωγών Α.Π.Ε. στο Δίκτυο Διανομής.
 - Η σελίδα του ΔΕΣΜΗΕ για τα απαιτούμενα δικαιολογητικά.
 - Η σελίδα της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας, όπου υπάρχει η βασική νομοθεσία περί Α.Π.Ε.
 - Η σελίδα του ΚΑΠΕ όπου υπάρχει οδηγός για μικρά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε..

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημερινή τάση στα συστήματα μηχανολογικής σχεδίασης είναι τα παραμετρικά μοντέλα με τη χρήση μορφολογικών χαρακτηριστικών (features). Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά αντιπροσωπεύουν μια ανωτέρου επιπέδου απεικόνιση ομάδας γεωμετρικών στοιχείων και ιδιοτήτων του στερεού. Στην παραμετρική μοντελοποίηση οι διαστάσεις είναι παράμετροι του μοντέλου. Με τη δημιουργία του μοντέλου, σε κάθε διάσταση που απαιτείται για τον ορισμό του αντιστοιχεί και μια πραγματική τιμή. Αυτή η τιμή μπορεί να αλλάξει και αντίστοιχα μεταβάλλεται και η γεωμετρία του μοντέλου, δηλαδή οι διαστάσεις που ορίζουν τη μορφή ορίζουν και τη γεωμετρία του. Στην παραμετρική μοντελοποίηση ορίζεται πρώτα η τρισδιάστατη μορφή του αντικειμένου, δηλαδή η τοπολογία του. Ορίζοντας την τοπολογία του το σύστημα υποθέτει, ή ζητάει να οριστούν, οι παράμετροι που είναι απαραίτητοι για να ελέγξει το μέγεθος, τον προσανατολισμό και τη θέση κάθε μορφολογικού χαρακτηριστικού, καθώς επίσης και τις λογικές σχέσεις μεταξύ διαστάσεων και μορφολογικών χαρακτηριστικών. Με τις διαστάσεις που έχει μετρήσει μπορεί να δημιουργήσει την μορφή του αντικειμένου. Στη συνέχεια ο χρήστης μπορεί να ορίσει νέες τιμές στις διάφορες διαστάσεις. Τότε το σύστημα ελέγχει εσωτερικά τις νέες τιμές των διαστάσεων για να επαληθεύσει ότι είναι έγκυρες με την αρχική τοπολογία ή ότι δεν αναιρούν άλλες τιμές και στη συνέχεια αναδημιουργεί το μοντέλο.

Ένα σύστημα που λειτουργεί με όλες τις παραπάνω ιδιότητες είναι το Pro/ENGINEER Wildfire το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό των μοντέλων σ' αυτήν την εργασία. Οι βασικές λειτουργίες που μπορούν να εκτελεστούν στο Pro/ENGINEER Wildfire είναι:

- Δημιουργία στερεών μοντέλων που ονομάζονται εξαρτήματα (Parts).
- Δημιουργία επιφανειών (Surfaces).
- Δημιουργία συναρμολογήσεων (Assemblies). Οι συναρμολογήσεις αποτελούνται από τα συστατικά (Components), που μπορούν να είναι άλλες συναρμολογήσεις, εξαρτήματα, επιφάνειες, κτλ.
- Δημιουργία μηχανολογικών σχεδίων (Drawings) και αναφορών (Reports).
- Δημιουργία αρχείου κατεργασιών (Manufacturing) ενός εξαρτήματος ή μιας συναρμολόγησης σε εργαλειομηχανές CNC.
- Οργάνωση μοντέλων ή χαρακτηριστικών σε στρώματα (Layers).

7.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

7.2.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

- Ευκολία κατά τη σχεδίαση στερεών που προκύπτουν από πολύπλοκα δισδιάστατα σχέδια.
- Αλλαγή διαστάσεων κατά την πορεία της σχεδίασης.
- Διαγραφή οποιουδήποτε χαρακτηριστικού (Feature) σε όποια θέση και αν βρίσκεται στην ιεραρχία.
- Μετακίνηση οποιουδήποτε χαρακτηριστικού (Feature) σε όποια θέση επιθυμείται (Δεν είναι πάντα εφικτό).
- Υπολογισμός κέντρου βάρους, υλικού και καταπονήσεων σε οποιοδήποτε γεωμετρικό μοντέλο.
- Δημιουργία μηχανολογικών σχεδίων.
- Δημιουργία προσομοίωσης κοπής.
- Δημιουργία αρχείων σε μορφή φωτογραφίας.

7.2.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

- Για τη δημιουργία ορισμένων χαρακτηριστικών (Features) απαιτούνται πολλοί παράμετροι (π.χ. Draft) με αποτέλεσμα να γίνεται συχνά λάθος.
- Έλλειψη εικονιδίων όσο αφορά τη συντόμευση.

7.3 ΟΙ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ PRO/ENGINEER WILDFIRE


7.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση του Pro/ENGINEER Wildfire απαιτεί κατανόηση του τρόπου σκέψης με βάση την αλληλεπίδραση των συστατικών (components) ενός σχεδίου, και το πώς αυτές οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να αλλάξουν. Στο απλούστερο επίπεδο, αυτά τα συστατικά μπορεί να είναι τα ξεχωριστά γεωμετρικά σχήματα, τα ονομαζόμενα χαρακτηριστικά (features), που αποτελούν ένα εξάρτημα (part): π.χ. προεκτάσεις (Extrusions), τρύπες (Holes), ή σπασίματα (Chamfers). Σε ένα υψηλότερο επίπεδο μπορεί να είναι τα ξεχωριστά εξαρτήματα της συναρμολόγησης, ταιριασμένα μαζί με ένα αλληλεξαρτώμενο τρόπο.

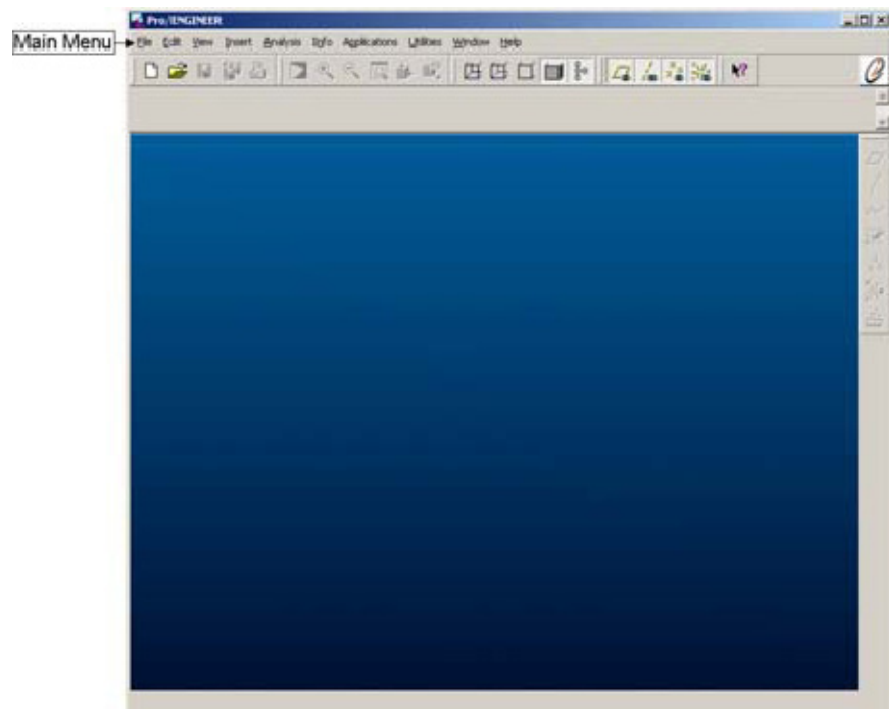
Έστω ότι ζητείται μία προέκταση κεντραρισμένη σε μία ορθογώνια επιφάνεια. Θα μπορούσε να τοποθετηθεί μετρώντας τα μισά των πλευρών του ορθογωνίου και χρησιμοποιώντας διαστάσεις για να εντοπιστεί η x-y θέση της. Αλλά ο σκοπός είναι η προέκταση να είναι κεντραρισμένη, ακόμα και αν το μήκος ή το πλάτος της επιφάνειας αλλάξει. Το Pro/ENGINEER Wildfire σε κάθε επίπεδο δίνει τα εργαλεία για να πετύχει κάτι τέτοιο. Σε αυτό το παράδειγμα, θα μπορούσε να τεθούν περιορισμοί που να τοποθετούν την προέκταση στο κέντρο των τεσσάρων ακμών του ορθογωνίου που αποτελούν τις αναφορές. Με αυτόν τον τρόπο το Pro/ENGINEER Wildfire εκτελεί τους υπολογισμούς και ενημερώνει τη θέση της προέκτασης

ανεξαρτήτως των διαστάσεων του ορθογωνίου. Η ανάπτυξη αυτών των παραμετρικών σχέσεων μεταξύ των σχεδίων, γλιτώνουν από μεγάλο φόρτο εργασίας και χρόνου όταν απαιτούνται μηχανικές αλλαγές.

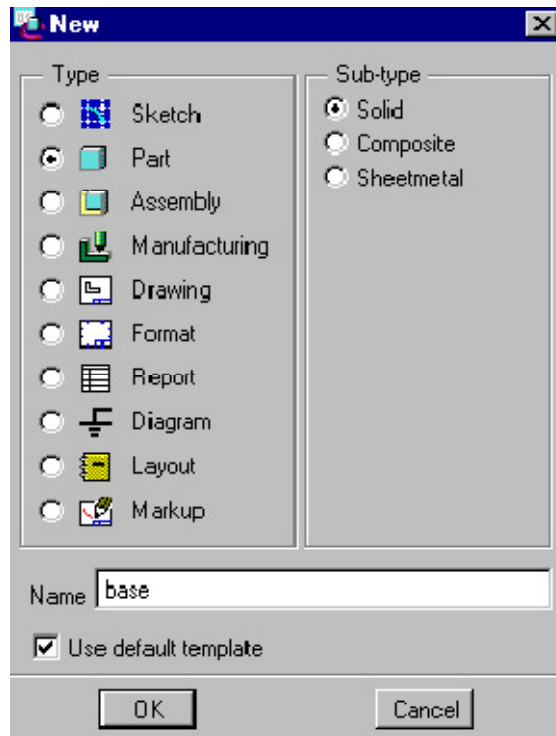
7.3.2 ΟΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ξεκινώντας το πρόγραμμα Pro/ENGINEER, στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται η κύρια επιφάνεια εργασίας (Εικόνα 7.1). Επιλέγοντας από το Main Menu File > New ή το εικονίδιο , εμφανίζεται το παράθυρο New (Εικόνα 7.2) από το οποίο επιλέγεται ο επιθυμητός τύπος εργασίας. Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν την εργασία είναι:

- Drawing, δημιουργία μηχανολογικών σχεδίων.
- Part, τρισδιάστατη σχεδίαση.
- Assembly, συναρμολόγηση στερεών.



Εικόνα 7.1: Κύρια Επιφάνεια Εργασίας



Εικόνα 7.2: Παράθυρο New

7.3.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ (DRAWINGS)

Τα μηχανολογικά σχέδια, που χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση των μοντέλων, μπορούν να δημιουργηθούν από εξαρτήματα και συναρμολογήσεις. Τα μηχανολογικά σχέδια έχουν τα εξής:

1. Όψεις (Views):

Στο Pro/ENGINEER Wildfire οι όψεις που δημιουργούνται είναι αλληλοσχετιζόμενες. Έτσι, εάν αλλάξει η τιμή μιας διάστασης σε μια όψη ενός σχεδίου και αναδημιουργηθεί, οι υπόλοιπες όψεις θα ενημερωθούν αυτόματα. Επιπλέον, τα μηχανολογικά σχέδια είναι αλληλοσχετιζόμενα με το μοντέλο από το οποίο προέρχονται. Με αυτόν τον τρόπο, οι αλλαγές στο μοντέλο μεταφέρονται αυτόματα στο σχέδιο, και αντιστρόφως.

Κατά τη δημιουργία ενός μηχανολογικού σχεδίου, το Pro/ENGINEER Wildfire ζητάει από το χρήστη να εισάγει το όνομα του σχεδίου, το μοντέλο από το οποίο θα προκύψει καθώς και το μέγεθος του φύλλου (Sheet) στο οποίο θα δημιουργηθεί το σχέδιο. Στη συνέχεια ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον τύπο της όψης (View), τον οποίο θέλει να προσθέσει. Οι τύποι όψεων που προσφέρονται είναι οι ακόλουθοι:

- Γενική (General): Οποιαδήποτε όψη που έχει προσανατολισμό ανεξάρτητο από όλες τις άλλες όψεις του σχεδίου.
- Προβολή (Projection): Μια ορθογωνική προβολή ενός αντικειμένου όπως φαίνεται από την πρόσοψη, κάτοψη, δεξιά πλάγια όψη, κ.τ.λ.

- Λεπτομερής (Detailed): Οποιαδήποτε όψη που προέρχεται από ένα τμήμα μιας υπάρχουσας όψης, το οποίο μεγεθύνει για λόγους διαστασιολόγησης και αποσαφήνισης.
- Βοηθητική (Auxiliary): Οποιαδήποτε όψη που δημιουργείται με προβολή 90° σε μια κεκλιμένη επιφάνεια, επιφάνεια αναφοράς, ή κατά μήκος ενός άξονα.
- Περιστρεφόμενη (Revolved): Μια επίπεδη διατομή που έχει περιστραφεί κατά 90° γύρω από τη γραμμή της επιφάνειας αποκοπής υλικού και μετατοπισμένη προς τη διεύθυνση του μήκους της.

Όταν το Μηχανολογικό Σχέδιο αναφέρεται σε μια συναρμολόγηση, προσφέρονται οι ακόλουθες επιλογές:

- Εκρηγνυμένη (Exploded): Απεικονίζει την εκρηγνυμένη όψη της συναρμολόγησης.
- Μη Εκρηγνυμένη (Unexploded): Απεικονίζει τη συναρμολόγηση σε μη εκρηγνυμένη μορφή.

Οι επιλογές κλίμακας είναι:

- Κλίμακα (Scale): Ο χρήστης θα εισάγει μια κλίμακα για την όψη.
- Ανυπαρξία Κλίμακας (No Scale): Η όψη θα εμφανιστεί στη γενική κλίμακα του σχεδίου.
- Προοπτική (Perspective): Εμφανίζεται μια γενική όψη, δεδομένης μιας απόστασης από το σημείο του ματιού και μιας διαμέτρου όψης.

Η πρώτη όψη που προστίθεται σε ένα μηχανολογικό σχέδιο είναι πάντα γενικού τύπου. Αυτή η όψη θα εμφανιστεί αρχικά στον προεπιλεγμένο προσανατολισμό, και μπορεί να επαναπροσανατολιστεί από το χρήστη. Μετά την τοποθέτηση της πρώτης όψης, υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης προβολών, βοηθητικών, λεπτομερών, περιστρεφόμενων και άλλων γενικών όψεων.

2. Εμφάνιση Διαστάσεων (Dimensions):

Κατά τη διαδικασία εμφάνισης διαστάσεων σε ένα μηχανολογικό σχέδιο, ο χρήστης έχει τις ακόλουθες επιλογές:

- Επιλογή Όλων (Show All): Εμφανίζει όλες τις διαστάσεις του μοντέλου.
- Όψη (View): Εμφανίζει όλες τις διαστάσεις μιας επιλεγμένης όψης.
- Χαρακτηριστικό (Feature): Εμφανίζει τις διαστάσεις ενός επιλεγμένου χαρακτηριστικού.
- Χαρακτηριστικό και Όψη (Feature & View): Εμφανίζει όλες τις διαστάσεις ενός επιλεγμένου χαρακτηριστικού σε μια επιλεγμένη όψη.
- Εξάρτημα (Part): Εμφανίζει τις διαστάσεις ενός επιλεγμένου εξαρτήματος.
- Εξάρτημα και Όψη (Part & View): Εμφανίζει τις διαστάσεις ενός επιλεγμένου εξαρτήματος σε μια επιλεγμένη όψη.

3. Επιπλέον δυνατότητες των μηχανολογικών σχεδίων:

- Σημειώσεις (Notes): Οι σημειώσεις χρησιμοποιούνται για την περαιτέρω τεκμηρίωση του σχεδίου. Μπορούν να αναγραφούν στο φύλλο τη στιγμή της δημιουργίας τους ή να ανακτηθούν από κάποιο εξωτερικό αρχείο. Για την απεικόνισή τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν βέλη που να δείχνουν τον προορισμό τους.
- Πίνακες Σχεδίων (Drawing Tables): Ένας πίνακας σχεδίου είναι ένα πλέγμα από γραμμές και στήλες στις οποίες εισάγεται κείμενο. Η πληροφορία που γράφεται μπορεί να είναι απλό κείμενο ή να περιέχει και παραμετρικά δεδομένα. Οι πίνακες μπορούν να αποθηκευτούν ως ξεχωριστά αρχεία και να εισαχθούν σε διαφορετικό σχέδιο.
- Τυποποιημένες Μορφές Μηχανολογικών Σχεδίων (Drawing Formats): Είναι μορφές φύλλων καθορισμένες από το χρήστη και δημιουργούνται για το σκοπό αυτό σε ειδικό περιβάλλον. Μπορούν να περιέχουν σημειώσεις, σύμβολα, πίνακες και μη παραμετρικά σχέδια.

7.3.4 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ (PART)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραμετρική μοντελοποίηση (Part) δίνει στους σχεδιαστές:

- Γρήγορες εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού. Η ποικιλία των εντολών δίνει τη δυνατότητα να σχεδιαστεί ένα προϊόν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους.
- Ακριβής μοντελοποίηση πολύπλοκων γεωμετρικών στερεών. Δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας πολύπλοκων καμπύλων, (Rounds) με διαφοροποίηση στην ακτίνα καμπυλότητας, δημιουργία διάφορων διατομών για παράδειγμα ελικοειδής μορφή με οποιαδήποτε μορφή και τομή.
- Να συναρμολογούν τα τεμάχιά τους. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα, συναρμολόγησης στα υπάρχοντα τεμάχια, τροποποίηση κάθε τεμαχίου χωριστά, χωρίς να απαιτείται να δημιουργηθεί η συναρμολόγηση από την αρχή και δημιουργία νέου τεμαχίου που επιτυγχάνεται από κοπή ή αντιγραφή.
- Να δημιουργούν καινούρια προϊόντα, προσθέτοντας τεμάχια μέχρι να επιτευχθεί ο σκοπός.
- Να δημιουργούν εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού και μορφής του προϊόντος.

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Κάθε τύπος εξαρτήματος αποτελείται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών (Features), τα οποία είναι τα στοιχειώδη μέρη που συνιστούν κάθε μοντέλο. Στα εξαρτήματα τα χαρακτηριστικά χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες:

- Χαρακτηριστικά Χωρίς Γεωμετρία (Non-Geometry Features): Δεν περιγράφονται από γεωμετρικές σχέσεις και επομένως δεν έχουν μάζα.

Παραδείγματα τέτοιων Χαρακτηριστικών είναι τα επίπεδα αναφοράς (Datum Planes), οι άξονες αναφοράς (Datum Axes), τα σημεία αναφοράς (Datum Points), τα συστήματα συντεταμένων αναφοράς (Datum Coordinate Systems) και οι καμπύλες αναφοράς (Datum Curves).

- Χαρακτηριστικά που εμπεριέχουν Γεωμετρία (Geometry Features): Τα χαρακτηριστικά αυτά εμπεριέχουν μάζα και χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες:
 - ο Σε αυτά που προσθέτουν υλικό και αποτελούν πάντοτε το πρώτο χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας σε ένα εξάρτημα.
 - ο Σε αυτά που αφαιρούν υλικό.

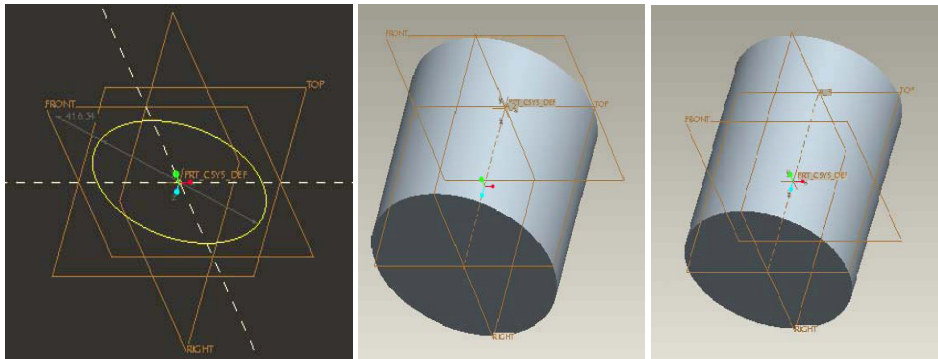
Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά χωρίζονται σε άλλες δύο κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους:

- Σχεδιασμένα Χαρακτηριστικά (Sketched Features): Σε αυτά χρειάζεται να σχεδιαστεί μια διατομή σε ένα επίπεδο με τη χρήση του Sketcher. Η επιφάνεια σχεδιασμού μπορεί να είναι ένα επίπεδο αναφοράς ή ένα οποιοδήποτε επίπεδο τμήμα ενός προϋπάρχοντος στερεού. Τυπικά χαρακτηριστικά αυτού του τύπου είναι οι προεκτάσεις (Extrudes), περιστροφές (Revolves), σαρώσεις (Sweeps) και μείξεις διατομών (Blends).
- Χαρακτηριστικά Επιλογής και Τοποθέτησης (Pick & Place Features): Εισάγονται στο μοντέλο με επιλογή της θέσης τους από το χρήστη και τοποθετούνται από το Pro/ENGINEER Wildfire, έχοντας ως αναφορές κάποια άλλα χαρακτηριστικά. Σε αυτό τον τύπο ανήκουν οι οπές (Holes), τα στρογγυλέματα (Rounds), τα σπασίματα (Chamfers), τα κελύφη (Shells) και οι κλίσεις έδρας (Drafts).

3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

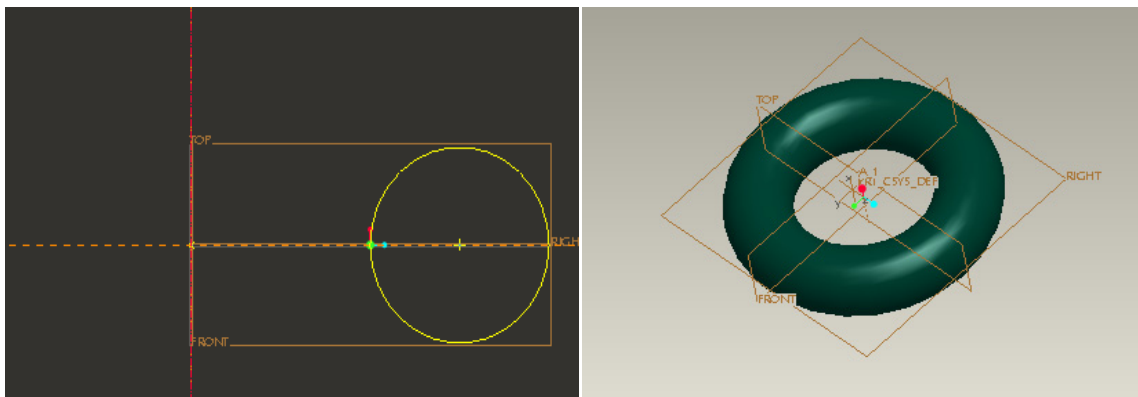
Οι βασικοί τύποι σχεδιασμένων χαρακτηριστικών είναι οι παρακάτω:

- Προέκταση (Extrude): Δημιουργεί ένα χαρακτηριστικό που σχηματίζεται με προέκταση της διατομής σε διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια σχεδιασμού. Η προέκταση αυτή μπορεί να αναπτύσσεται από τη μία μεριά (One Side) ή και από τις δύο μεριές (Both Sides) της επιφάνειας σχεδιασμού. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί την πιο βασική και συχνά χρησιμοποιούμενη επιλογή δημιουργίας στερεού μοντέλου (Εικόνα 7.3).



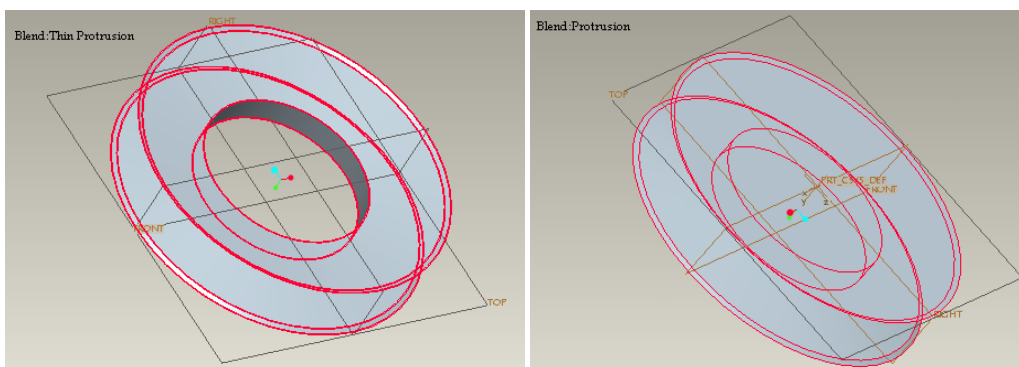
Εικόνα 7.3: α) Διατομή, β) Προέκταση One Side, γ) Προέκταση Both Sides

- Περιστροφή (Revolve): Δημιουργεί ένα χαρακτηριστικό με περιστροφή της σχεδιασμένης διατομής γύρω από έναν (επίσης σχεδιασμένο) άξονα (Εικόνα 7.4).



Εικόνα 7.4: α) Διατομή & Άξονας Περιστροφής, β) Εξάρτημα από περιστροφή 360°

- Μειξη Διατομών (Blend): Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελείται από μια σειρά δύο τουλάχιστον επίπεδων διατομών, τις οποίες το Pro/ENGINEER Wildfire συνδέει με ενδιάμεσες επιφάνειες έτσι ώστε να σχηματιστεί ένα συνεχές χαρακτηριστικό (Εικόνα 7.5).



Εικόνα 7.5: Blend α)Thin protrusion, β)Protrusion

- Σάρωση (Sweep): Η δημιουργία του χαρακτηριστικού αυτού γίνεται σε δύο στάδια. Αρχικά δημιουργείται μια τροχιά (ανοικτή ή κλειστή) και στη

συνέχεια μία κλειστή διατομή η οποία ακολουθεί την τροχιά και είναι σε κάθε σημείο κάθετη σε αυτήν.

4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ

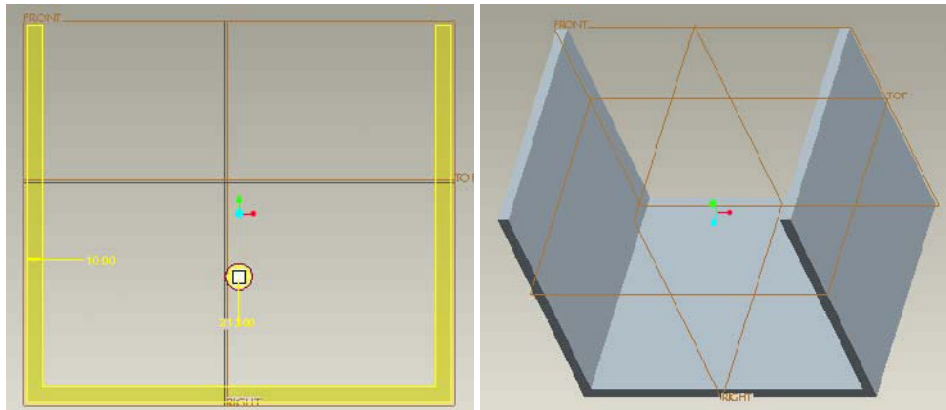
Οι βασικοί τύποι χαρακτηριστικών επιλογής και τοποθέτησης είναι οι παρακάτω:

- Οπές (Holes): Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι οπών: Οι ευθείες (Straight) που είναι σταθερής διαμέτρου, οι σχεδιασμένες (Sketched) που προκύπτουν από περιστροφή μιας διατομής, και οι τυποποιημένες (Standard). Ως προς τις αναφορές που χρησιμοποιούνται για τη σχεδίασή τους, οι οπές διακρίνονται σε:
 - Γραμμικές (Linear): Η οπή τοποθετείται σε ένα επίπεδο και το κέντρο της διαστασιολογείται από δύο επιφάνειες ή ακμές χρησιμοποιώντας γραμμικές διαστάσεις.
 - Ακτινικές (Radial): Η τοποθέτηση της οπής μπορεί να είναι σε ένα επίπεδο, κύλινδρο ή κώνο, χρησιμοποιώντας πολικές συντεταγμένες ως προς έναν άξονα. Για την τοποθέτησή τους χρησιμοποιείται η διάσταση της ακτίνας της οπής.
 - Διαμετρικές (Diameter): Είναι ίδιου τύπου με τις ακτινικές, με μόνη διαφοροποίηση τη χρήση της διάστασης της διαμέτρου (αντί της ακτίνας) για την τοποθέτησή τους.
 - Ομοαξονικές (Coaxial): Η οπή τοποθετείται ομοαξονικά ενός υπάρχοντος άξονα.
- Στρογγυλέματα (Rounds): Είναι κυκλικού ή κωνικού προφίλ και δημιουργούνται μεταξύ δύο γειτονικών επιφανειών. Μπορούν να προσθέσουν ή να αφαιρέσουν υλικό, ανάλογα με τη θέση των επιλεγμένων αναφορών.
- Σπασίματα (Chamfers): Χωρίζονται σε δύο είδη:
 - Σπασίματα Ακμής (Edge Chamfers): Αφαιρούν μια επίπεδη διατομή υλικού από μία ή περισσότερες ακμές και δημιουργούν μια πλάγια επιφάνεια μεταξύ των κοινών επιφανειών στις επιλεγμένες ακμές.
 - Σπασίματα Γωνίας (Corner Chamfers): Αφαιρούν υλικό από μια γωνία του εξαρτήματος.
- Κελύφη (Shells): Αφαιρούν μία ή περισσότερες επιφάνειες από το στερεό και στη συνέχεια δημιουργούν κοίλωμα στο εσωτερικό του, αφήνοντας έτσι ένα κέλυφος με καθορισμένο και σταθερό πάχος τοιχωμάτων.
- Κλίσεις Έδρας (Drafts): Προσθέτουν μια γωνιά κλίσης με τιμές ανάμεσα στις 15° και στις 15° σε μια κυλινδρική, επίπεδη ή καμπυλωτή επιφάνεια. Οι γωνίες κλίσης μπορούν να προστεθούν σε ξεχωριστές επιφάνειες ή σε μια σειρά διαδοχικών επίπεδων επιφανειών.

5. ΛΕΠΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ (THIN FEATURES)

Η επιλογή των λεπτών χαρακτηριστικών δημιουργεί απλοποιημένα σχέδια διατομών με ενιαίο πάχος. Ο χρήστης σχεδιάζει το περίγραμμα της διατομής (ανοικτό ή

κλειστό), και στη συνέχεια δηλώνει το πάχος και την κατεύθυνση του περιγράμματος. Ένα παράδειγμα λεπτού χαρακτηριστικού φαίνεται στην Εικόνα 7.6.



Εικόνα 7.6: Thin Features

6. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΤΥΠΙΩΝ (PATTERNS)

Τα πρότυπα είναι πολλαπλά χαρακτηριστικά που έχουν δημιουργηθεί από ένα απλό χαρακτηριστικό (που ονομάζεται οδηγός προτύπου - Pattern Leader) και συμπεριφέρονται ως ένα χαρακτηριστικό. Κατά τη δημιουργία ενός προτύπου δημιουργούνται αναπαραγωγές του οδηγού, ενώ το πλήθος τους καθορίζεται από το χρήστη.

7. ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ (FEATURE COPY)

Η λειτουργία αυτή επιτρέπει αναπαραγωγή υπάρχοντων χαρακτηριστικών, αντιγράφοντάς τα σε μια καινούργια θέση του ενεργού μοντέλου. Τα χαρακτηριστικά μπορούν να αντιγραφούν από το υπάρχον μοντέλο ή από ένα διαφορετικό. Επιπλέον, μπορεί να αντιγραφεί οποιοσδήποτε αριθμός χαρακτηριστικών σε μια φορά.

7.3.5 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ (ASSEMBLY)

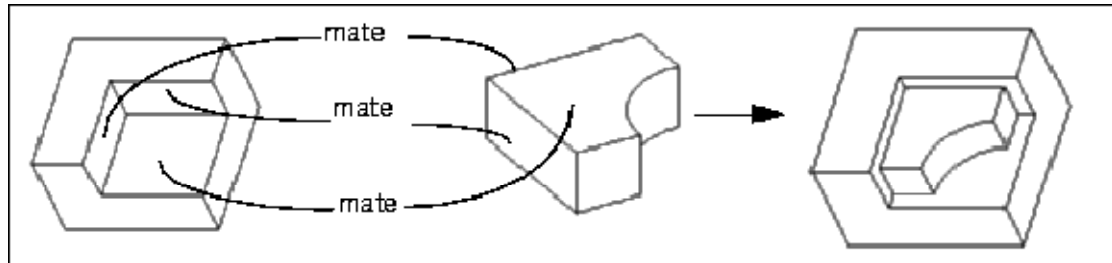
1. ΤΥΠΟΙ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΕΩΝ

Η λειτουργία της συναρμολόγησης στο Pro/ENGINEER Wildfire δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να τοποθετεί μαζί εξαρτήματα και υποσυναρμολογήσεις έτσι ώστε να σχηματιστούν συναρμολογήσεις.

Κατά τη διαδικασία συναρμολόγησης συστατικών, υπάρχουν δύο ενεργά παράθυρα. Το πρώτο, που είναι το κυρίως παράθυρο του προγράμματος, περιέχει τη συναρμολόγηση καθώς και το συστατικό που πρόκειται να συναρμολογηθεί. Το δεύτερο, που ονομάζεται τοποθέτηση συστατικού (Component Placement) εμφανίζει κάθε περιορισμό (Constraint) που χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση του συστατικού στη συναρμολόγηση. Το παράθυρο αυτό ενημερώνεται αυτόματα με την εισαγωγή κάθε νέου περιορισμού, και πληροφορεί το χρήστη για το εάν η τοποθέτηση είναι κατάλληλη.

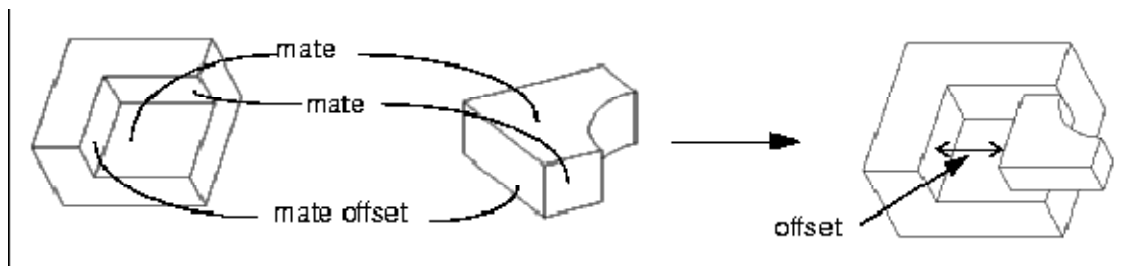
Οι εντολές τοποθέτησης περιορισμών που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία της συναρμολόγησης είναι οι παρακάτω:

- Ταίριασμα (Mate): Χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση δύο επιφανειών που «κοιτούν» η μία την άλλη (Εικόνα 7.7).



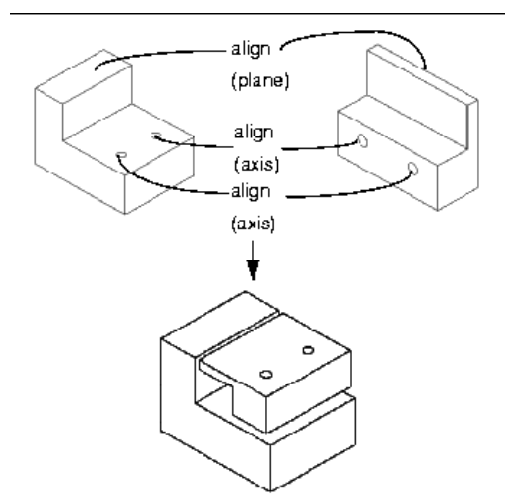
Εικόνα 7.7: Ταίριασμα δύο επιφανειών

Οι επιφάνειες αυτές μπορούν είτε να συμπίπτουν, είτε να απέχουν κάποια απόσταση μεταξύ τους. Στη δεύτερη περίπτωση ζητείται από το χρήστη η μετατόπιση (offset) ανάμεσα στις 2 επιφάνειες (Εικόνα 7.8).



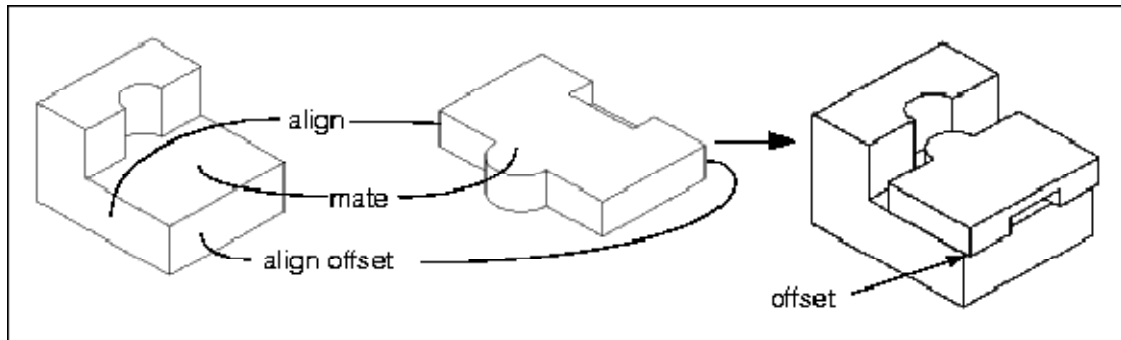
Εικόνα 7.8: Μετατόπιση σε δύο επιφάνειες

- Ευθυγράμμιση (Align): Χρησιμοποιείται για να κάνει δύο επιφάνειες ομοεπίπεδες (ταυτιζόμενες και «κοιτάζοντας» στην ίδια διεύθυνση), δύο άξονες ομοαξονικούς, ή δύο σημεία να συμπίπτουν (Εικόνα 7.9).



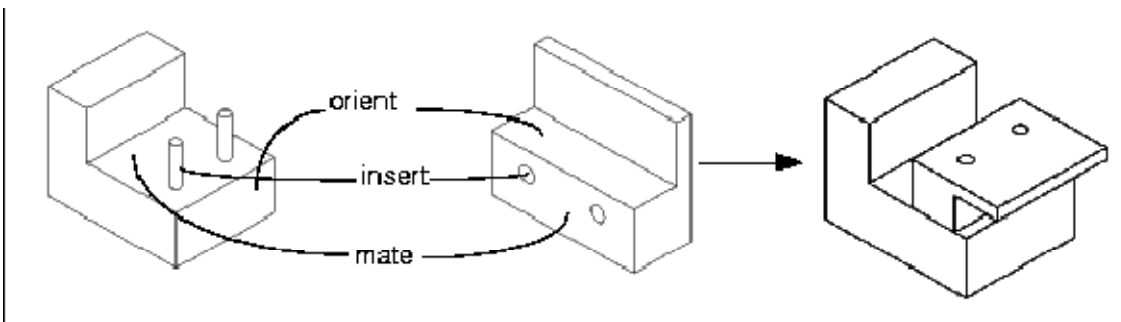
Εικόνα 7.9: Ευθυγράμμιση δυο επιφανειών

Όπως και στην περίπτωση του ταιριάσματος, ο χρήστης μπορεί να δηλώσει μετατόπιση ανάμεσα σε δυο ευθυγραμμισμένες επιφάνειες (Εικόνα 7.10).



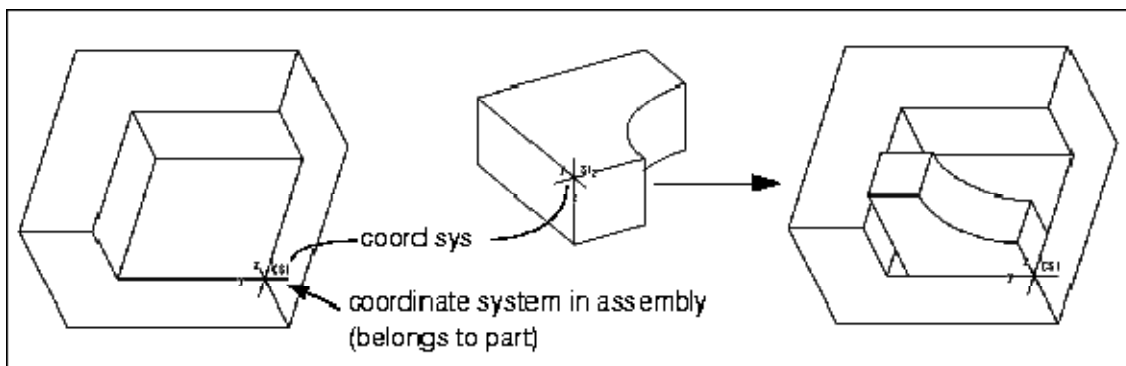
Εικόνα 7.10: Μετατόπιση σε δυο ευθυγραμμισμένες επιφάνειες

- Εισαγωγή (Insert): Εισάγει μια περιστρεφόμενη επιφάνεια μέσα σε μια άλλη περιστρεφόμενη επιφάνεια, κάνοντας τους αντίστοιχους άξονες περιστροφής τους ομοαξονικούς (Εικόνα 7.11).



Εικόνα 7.11: Εισαγωγή (Insert)

- Σύστημα Συντεταγμένων (Coord Sys): Τοποθετεί ένα εξάρτημα σε μια συναρμολόγηση ευθυγραμμίζοντας τα συστήματα συντεταγμένων τους (Εικόνα 7.12).



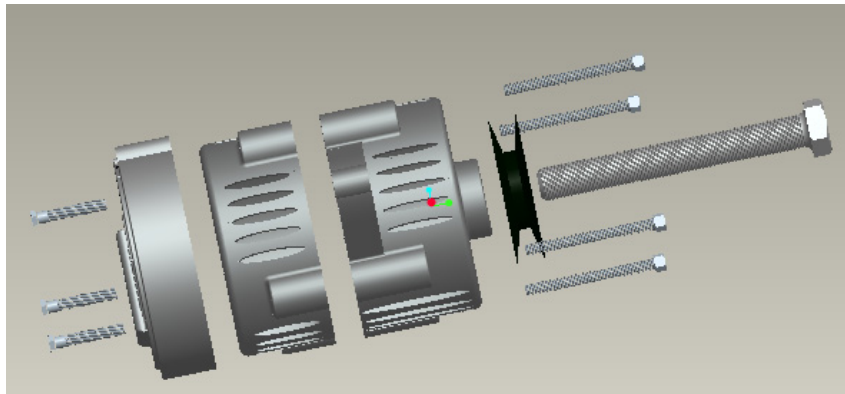
Εικόνα 7.12: Ευθυγράμμιση συντεταγμένων των εξαρτημάτων

- Σημείο σε Γραμμή (Pnt On Line): Ρυθμίζει την επαφή μιας ακμής, ενός άξονα ή μιας καμπύλης αναφοράς σε σχέση με ένα σημείο.

- Σημείο σε Επιφάνεια (Pnt On Srf): Ρυθμίζει την επαφή μιας επιφάνειας με ένα σημείο.
- Ακμή σε Επιφάνεια (Edge On Srf): Ρυθμίζει την επαφή μιας επιφάνειας με μια ευθύγραμμη ακμή.
- Προεπιλεγμένη (Default): Ευθυγραμμίζει το προεπιλεγμένο σύστημα συντεταγμένων του συστατικού με το προεπιλεγμένο σύστημα συντεταγμένων της συναρμολόγησης.
- Διόρθωση (Fix): Διορθώνει την τρέχουσα θέση ενός συστατικού που μετακινήθηκε.
- Εφαπτομενικότητα (Tangent): Κάνει δυο επιφάνειες εφαπτόμενες.

2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΚΡΗΓΝΥΜΕΝΩΝ ΟΨΕΩΝ (EXPLODE VIEWS)

Για κάθε συναρμολόγηση το Pro/ENGINEER Wildfire δημιουργεί μια προεπιλεγμένη Εκρηγνυμένη όψη, που παρουσιάζει τα συστατικά διάσπαρτα στο χώρο σε θέσεις που βασίζονται στους περιορισμούς τοποθέτησής τους (Εικόνα 7.13). Η λειτουργία αυτή επιδρά μόνο στην απεικόνιση της συναρμολόγησης και δεν μεταβάλλει τις πραγματικές αποστάσεις μεταξύ των συστατικών της.



Εικόνα 7.13: Explode View

3. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΤΥΠΩΝ (PATTERNS)

Υπάρχει η δυνατότητα αναπαραγωγής των συστατικών μιας συναρμολόγησης είτε μέσω προσαυξήσεων των διαστάσεων τοποθέτησης των περιορισμών τους, είτε συσχετίζοντας αυτά με έναν προϋπάρχοντα οδηγό πρότυπου ενός άλλου συστατικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΧΡΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο σημείο αυτό θα γίνει η αναφορά των μοντέλων που πραγματοποιήθηκαν με το πρόγραμμα Pro/ENGINEER Wildfire, αλλά και η περιληπτική επεξήγηση του τρόπου που σχεδιάστηκαν. Τα σχέδια που πραγματοποιήθηκαν είναι η ανεμογεννήτρια Savonius και το δυναμό που θα χρησιμοποιηθεί για την λειτουργία της ανεμογεννήτριας. Οι διαστάσεις της ανεμογεννήτριας επιλέχτηκαν εφόσον τα διαθέσιμα υλικά ήταν σε αυτές τις διαστάσεις και φαίνονται αναλυτικά στα παρακάτω σχέδια.

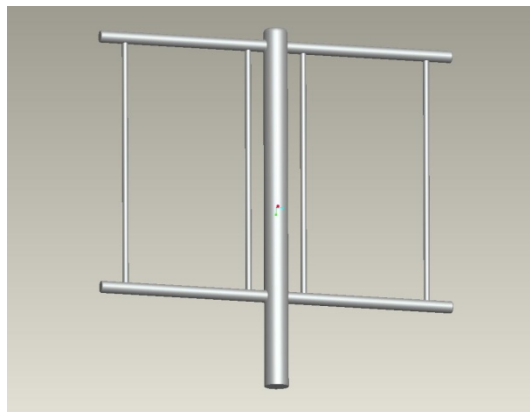
Για την κατασκευή της ανεμογεννήτριας επιλέχτηκαν τα παρακάτω υλικά:

- α) Ένα φύλλο από αλουμίνιο διαστάσεων 1x2m και πάχος 1.5mm για την κατασκευή του φτερού,
- β) Σωλήνας tubo 5m βαρέως τύπου με εξωτερική διάμετρο 25mm και εσωτερική διάμετρο 19mm για την κατασκευή του άξονα,
- γ) Δύο έδρανα για την στήριξη των γραναζιών που περιστρέφουν τον άξονα,
- δ) Δυναμό για την μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

8.2 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ SAVONIUS

8.2.1 ΑΞΟΝΑΣ

Αρχικά πριν από κάθε σχέδιο πρέπει να επιλέγεται ο τύπος σχεδιασμού, το όνομα του σχεδίου και η μονάδα μέτρησης των διαστάσεων. Για τον σχεδιασμό του άξονα της ανεμογεννήτριας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.1, χρησιμοποιήθηκε ως τύπος σχεδιασμού το Part και η μονάδα μέτρησης που δόθηκε είναι τα χιλιοστά (mmns_part_solid.)

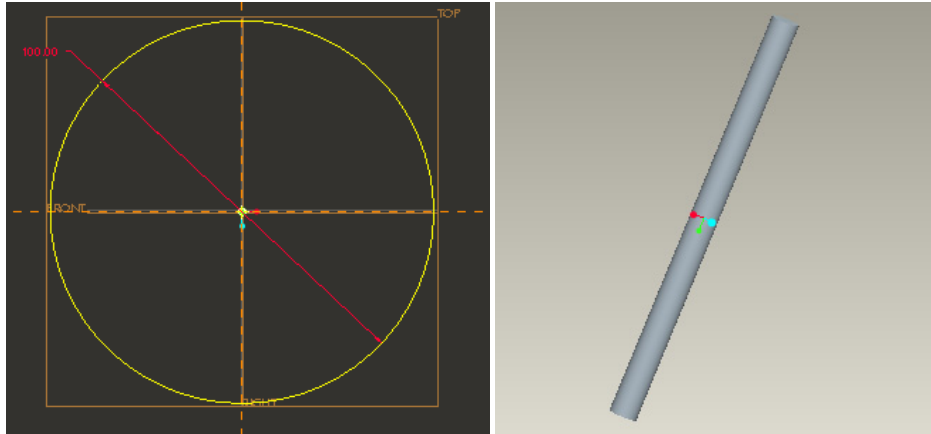


Εικόνα 8.1: Άξονας

Για τον σχεδιασμό του βασικού άξονα (Εικόνα 8.2) χρησιμοποιήθηκε η εντολή Extrude και η επιφάνεια (datum DTM) που επιλέχτηκε είναι η TOP πάνω στην οποία σχεδιάστηκε ένας κύκλος, με την εντολή Center and point, με διάμετρο 100mm. Έπειτα στο παράθυρο καθορισμού του Extrude




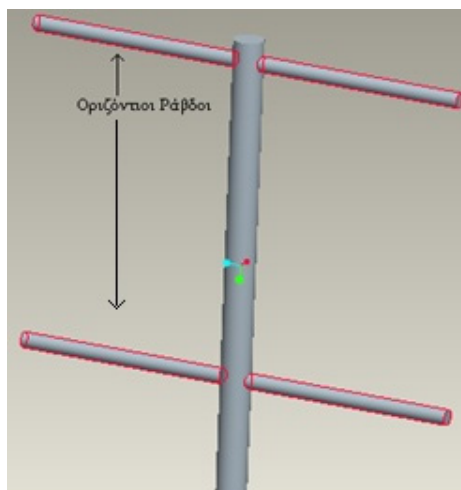
ζητείται να δοθεί το ύψος του κύκλου που σχεδιάστηκε το οποίο είναι 1500mm.



Εικόνα 8.2: α) Κύκλος, β) Βασικός άξονας


Οι κάθετοι προς τον άξονα οριζόντιοι ράβδοι σχεδιάστηκαν με την εντολή Extrude και Datum front. Στην συνέχεια πάνω στον άξονα σχεδιάστηκαν δύο κύκλοι με διάμετρο 50mm και με απόσταση του κέντρου του πρώτου κύκλου από την κορυφή του άξονα 75mm και του δεύτερου 1125mm. Στο παράθυρο καθορισμού του Extrude

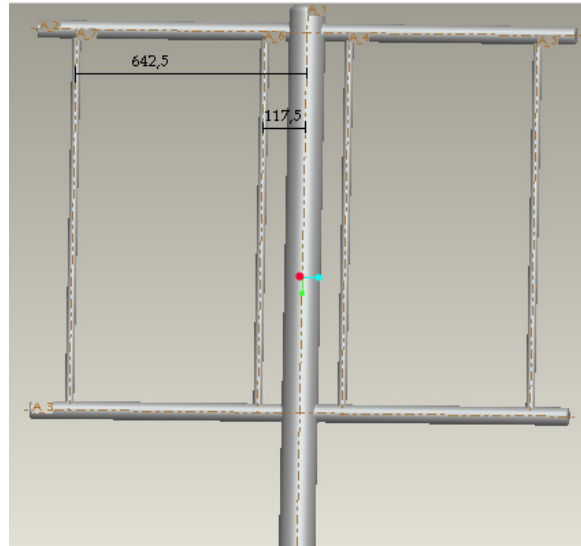
επιλέγεται η εντολή Extrude on both sides  και δίνεται μήκος 1500mm με αποτέλεσμα και οι δυο κύκλοι να εξέχουν όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.3.



Εικόνα 8.3: Οριζόντιοι ράβδοι

Οι παράλληλοι προς τον άξονα ράβδοι που θα στηρίζουν τα φτερά της ανεμογεννήτριας (Εικόνα 8.4) σχεδιάστηκαν με την εντολή Extrude. Αρχικά

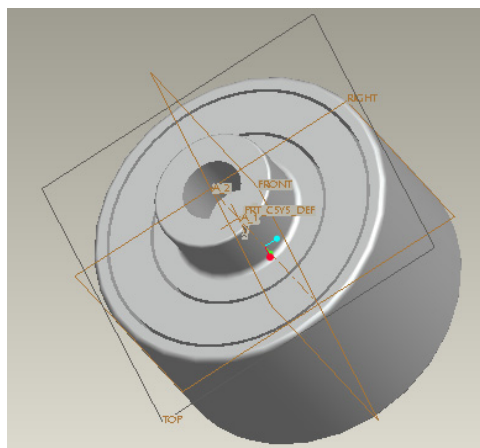
δημιουργήθηκε μια καινούρια επιφάνεια με την εντολή Plane , που βρίσκεται στην δεξιά πλευρά του παραθύρου, και επιλέχτηκε να έχει απόσταση από το Datum Top 75mm. Πάνω στο καινούριο Datum σχεδιάστηκαν τέσσερις κύκλοι. Το κέντρο του καθενός είχε απόσταση από την αξονική του σχεδίου 117.5mm και 642.5mm από την δεξιά πλευρά και το ίδιο από την αριστερή πλευρά. Αφού έγιναν οι κύκλοι δόθηκε ύψος στο παράθυρο καθορισμού του Extrude 1050mm.



Εικόνα 8.4: Παράλληλοι προς τον άξονα ράβδοι

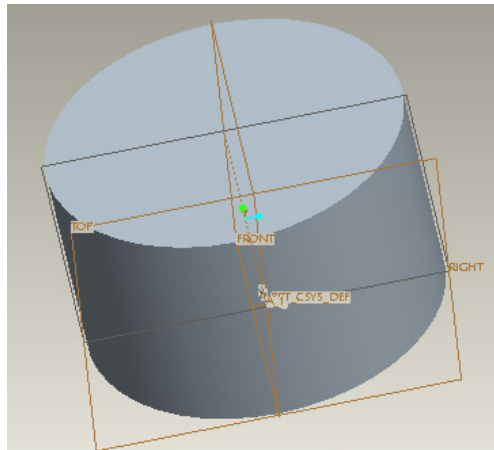
8.2.2 ΒΑΣΗ

Ο τύπος σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε για την βάση, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.5, είναι το Part και ως μονάδα μέτρησης δόθηκαν τα χιλιοστά (mmns_part_solid.).




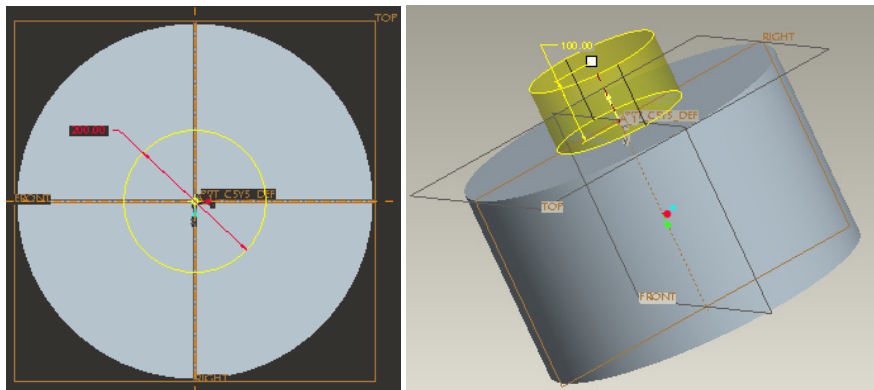
Εικόνα 8.5: Βάση

Για τον σχεδιασμό του πρώτου μέρους της βάσης (Εικόνα 8.6) χρησιμοποιήθηκε η εντολή Extrude και η επιφάνεια που επιλέχτηκε είναι η Top πάνω στην οποία σχεδιάστηκε ένας κύκλος με διάμετρο 500mm και ύψος 300mm.



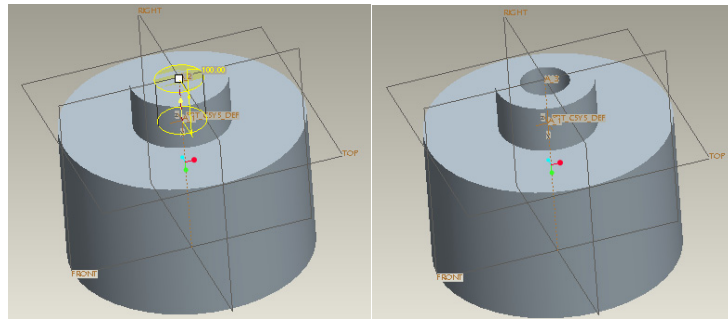
Εικόνα 8.6: Πρώτο μέρος βάσης

Στο δεύτερο μέρος της βάσης χρησιμοποιήθηκε ξανά η εντολή Extrude και η επιφάνεια Top. Στην συνέχεια σχεδιάστηκε ένας κύκλος ακριβώς όπως τον προηγούμενο αλλά με διάμετρο 200mm και ύψος 100mm. Για να γίνει αλλαγή της κατεύθυνσης της εξοχής που δημιουργήθηκε επιλέγεται η εντολή Change depth direction of extrude to other side of sketch  που βρίσκεται στο παράθυρο καθορισμού του Extrude για να γίνει το επιθυμητό αποτέλεσμα της Εικόνα 8.7.



Εικόνα 8.7: Δεύτερο μέρος βάσης α) Κάτοψη, β) Δεξιά πλάγια όψη

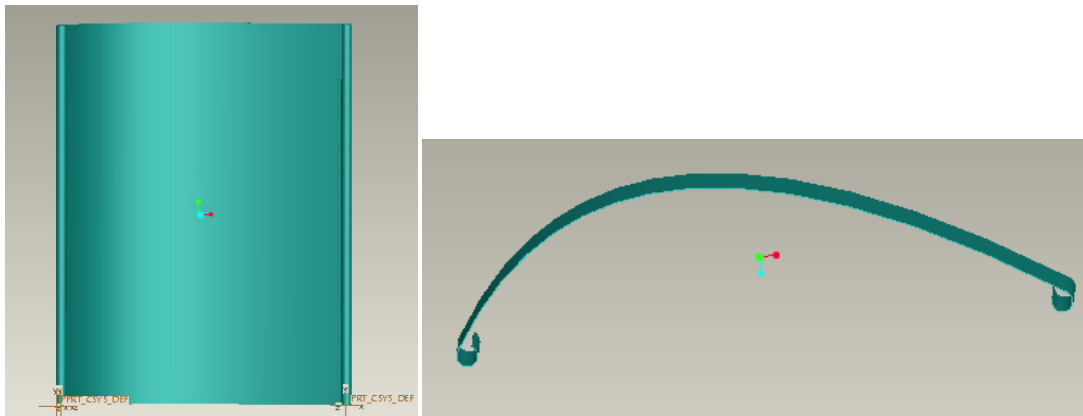
Τέλος για την ολοκλήρωση της βάσης δημιουργήθηκε μια οπή στο κέντρο με διάμετρο και βάθος 100mm με την εντολή Extrude. Χρησιμοποιήθηκαν η επιφάνεια Top, η εντολή για την αλλαγή της κατεύθυνσης της οπής και η εντολή αφαίρεσης υλικού (Remove Material) έτσι ώστε να δημιουργηθεί το αποτέλεσμα που φαίνεται στην Εικόνα 8.8.




Εικόνα 8.8: α) Πριν την αφαίρεση υλικού, β) Μετά την αφαίρεση υλικού

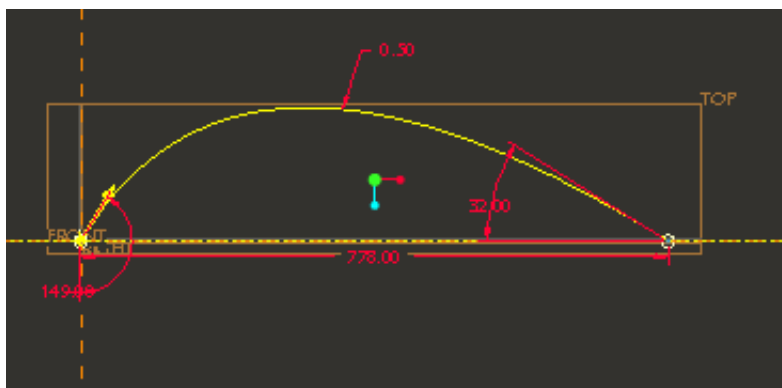
8.2.3 ΦΤΕΡΟ

Για τον σχεδιασμό του φτερού χρησιμοποιήθηκε ο τύπος Part και μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά. Για το φτερό δημιουργήθηκαν δύο κομμάτια τα οποία μέσω Assembly ενώθηκαν και έγινε το αποτέλεσμα που φαίνεται στην Εικόνα 8.9.



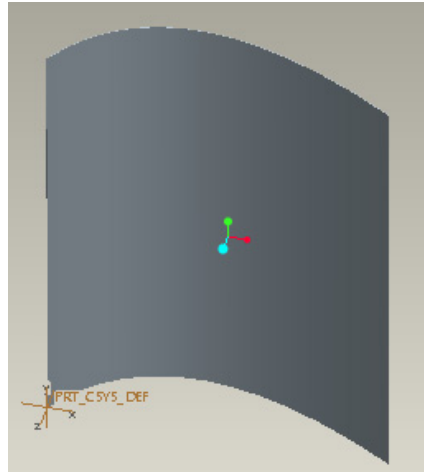
Εικόνα 8.9: α) Πρόσοψη φτερού, β) Κάτοψη φτερού

Για τον σχεδιασμό του πρώτου μέρους του φτερού χρησιμοποιήθηκε η εντολή Blend (Thin Protrusion) και η επιφάνεια που επιλέχτηκε είναι το DTM Top. Αφού έγινε η επιλογή των παραπάνω ακολούθησε η χρήση της εντολής Conic  για την δημιουργία μιας ακτίνας με διαστάσεις όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.10.



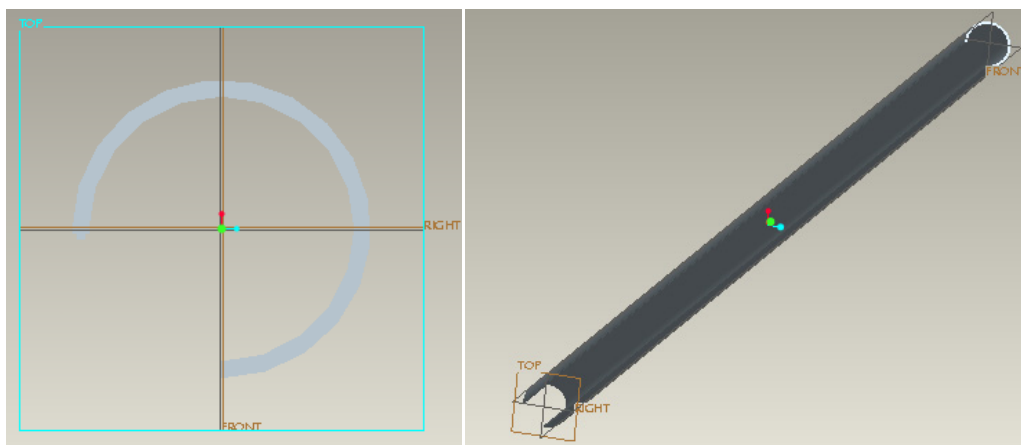
Εικόνα 8.10: Σχεδιασμός Ακτίνας

Στη συνέχεια επιλέγεται η εντολή Toggle Section ώστε το πρόγραμμα να κλειδώσει το σχέδιο που μόλις έγινε. Το επόμενο βήμα είναι να γίνει ξανά η επιλογή των εντολών Blend (Thin Protrusion) και Conic ώστε να γίνει ο επόμενος σχεδιασμός που είναι μια ακτίνα ακριβώς ίδια με την προηγούμενη. Αφότου γίνει και η τελευταία ακτίνα δίνεται πάχος (Enter width of thin feature) 1.6mm και βάθος (Enter depth of Section 2) 1000mm. Το σχέδιο που δημιουργήθηκε από αυτά τα βήματα φαίνεται στην Εικόνα 8.11.



Εικόνα 8.11: Φτερό πρώτο μέρος



Για τον σχεδιασμό του δεύτερου μέρους του φτερού χρησιμοποιήθηκε η εντολή Blend (Thin Protrusion) και η επιφάνεια Top όπου σχεδιάστηκε ένας κύκλος στο κέντρο των αξόνων με διάμετρο 25mm. Στη συνέχεια επιλέχτηκε η εντολή Toggle Section ώστε το πρόγραμμα να κλειδώσει το σχέδιο που μόλις έγινε και έπειτα σχεδιάστηκε ξανά ένας κύκλος στο κέντρο των αξόνων με διάμετρο 25mm. Μετά την πραγματοποίηση των παραπάνω βημάτων ζητείται από το πρόγραμμα να δοθεί πάχος και ύψος όπου για πάχος δόθηκε 1,6mm και ύψος 1000mm. Τέλος με την χρήση των εντολών Extrude, Remove Material και με επιφάνεια Top αφαιρέθηκε το ένα τεταρτημόριο του σχεδίου ώστε να γίνει το αποτέλεσμα που φαίνεται στην Εικόνα 8.12.

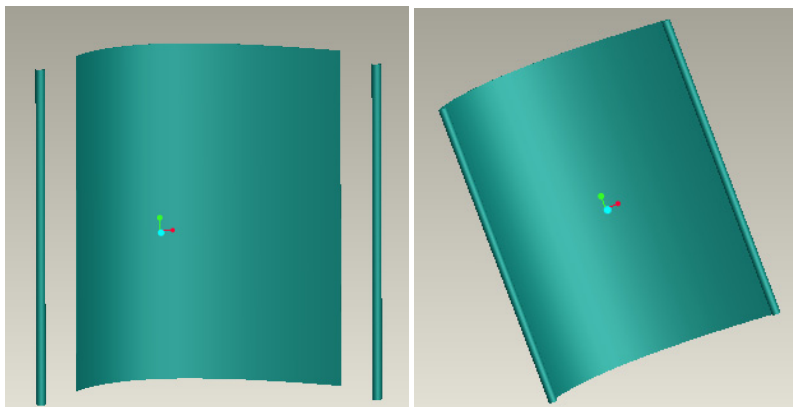


Εικόνα 8.12: Δεύτερο μέρος φτερού α) Κάτοψη, β) Αριστερή πλάγια όψη

8.2.4 ΕΝΩΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

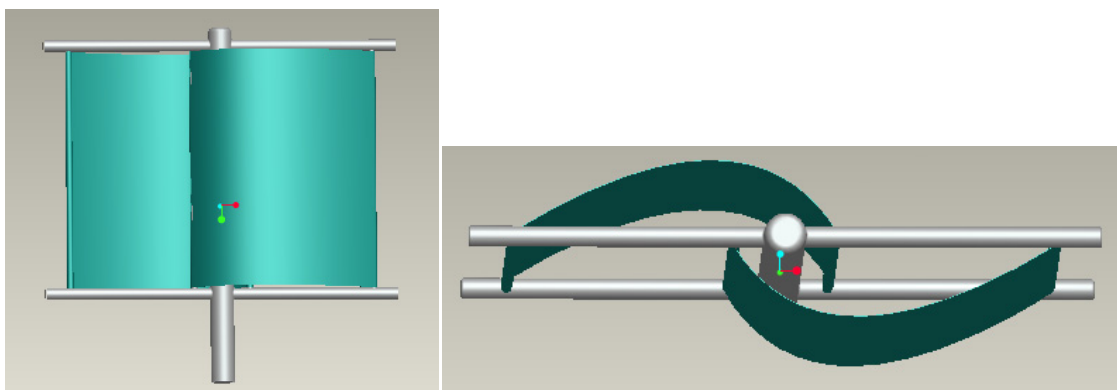
Για την ένωση των εξαρτημάτων ο τύπος σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται Assembly. Η διαδικασία σύνδεσης των εξαρτημάτων που σχεδιάστηκαν είναι απλή αρκεί να επιλεχθούν τα εξαρτήματα που θα ενωθούν με την σωστή σειρά και τα βήματα να γίνονται προσεχτικά.

Αρχικά αφού επιλέχτηκε ο τύπος σχεδιασμού τότε η επόμενη εντολή που χρησιμοποιήθηκε είναι η Assemble  όπου επιλέχτηκε το πρώτο μέρος του φτερού και στο παράθυρο καθορισμού του Assembly  επιλέχτηκε η εντολή Default. Έπειτα ξανά με την εντολή Assemble επιλέχτηκε το δεύτερο μέρος του φτερού και οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν είναι Mate και Align. Με την εντολή Mate γίνεται το ταίριασμα των επιφανειών και γι' αυτό επιλέγονται οι επιφάνειες που θα εφάπτονται μεταξύ τους ενώ με την εντολή Align επιλέγονται οι επιφάνειες που επιδιώκεται να γίνουν ομοεπίπεδες. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 8.13.



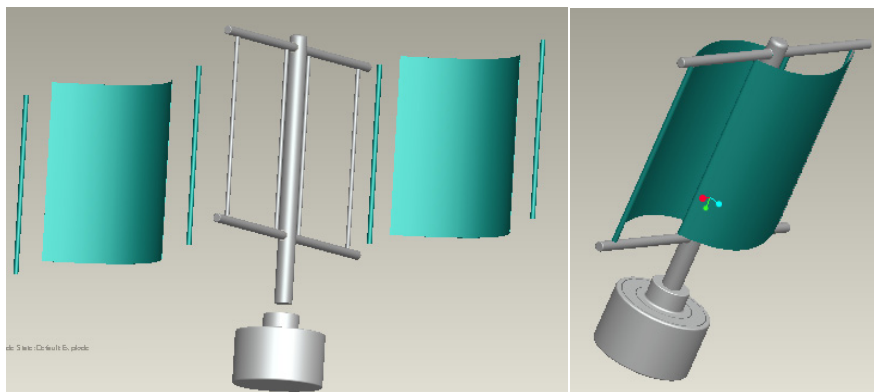
Εικόνα 8.13: Φτερό α) Explode View, β)Unexploded View

Έπειτα η δεύτερη σύνδεση εξαρτημάτων που ακολούθησε ήταν μεταξύ του άξονα και του φτερού, που πραγματοποιήθηκε με την ένωση των δύο εξαρτημάτων μέσω Assembly, και κάνοντας τα ίδια βήματα με τα παραπάνω το αποτέλεσμα που βγαίνει φαίνεται στην Εικόνα 8.14.



Εικόνα 8.14: Ένωση Φτερού με Άξονα α) Πρόσοψη, β) Κάτοψη

Τέλος στην προηγούμενη συναρμολόγηση επιλέγεται με την εντολή Assemble η βάση και με τις ίδιες εντολές γίνεται η σύνδεση μεταξύ του προηγούμενου βήματος και της βάσης (Εικόνα 8.15).



Εικόνα 8.15: Ανεμογεννήτρια Savonius α) Explode View, β) Unexploded View

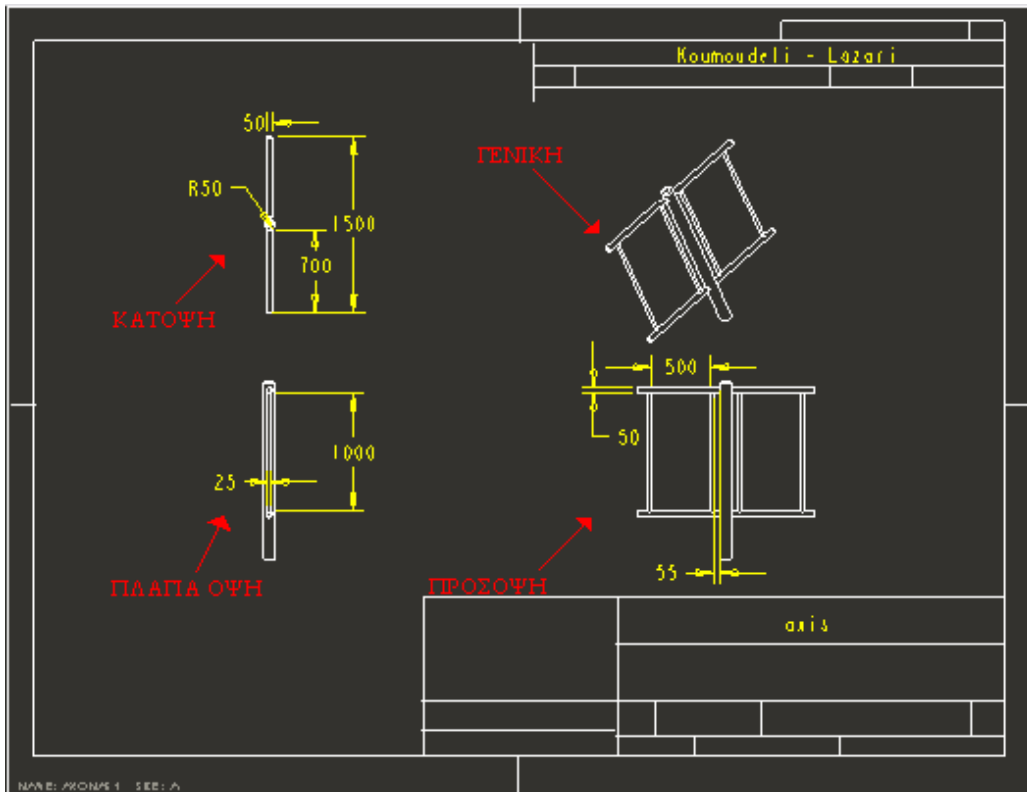
8.2.5 ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΟΛΗΣ DRAWING

Τα μηχανολογικά σχέδια, που χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση των μοντέλων, μπορούν να δημιουργηθούν από εξαρτήματα και συναρμολογήσεις. Στο σημείο αυτό θα γίνει περιγραφή του τρόπου δημιουργίας ενός μηχανολογικού σχεδίου που θα περιέχει τα σχεδιασμένα μέρη της ανεμογεννήτριας.

Αρχικά γίνεται η δημιουργία ενός μηχανολογικού σχεδίου που θα περιέχει τον άξονα. Επιλέγεται η δημιουργία ενός νέου εγγράφου, επιλέγοντας ως τύπο σχεδιασμού το Drawing, και στο επόμενο πινακάκι που εμφανίζεται γίνεται αναζήτηση του άξονα που έχει σχεδιαστεί. Έπειτα επιλέγονται στο Specify Template το Empty, στο Orientation το Landscape και στο Size το μέγεθος φύλλου σχεδίασης A4. Στη συνέχεια από το File επιλέγεται το Page Setup όπου γίνεται αλλαγή στο Format και αναζητείται το a.frm.

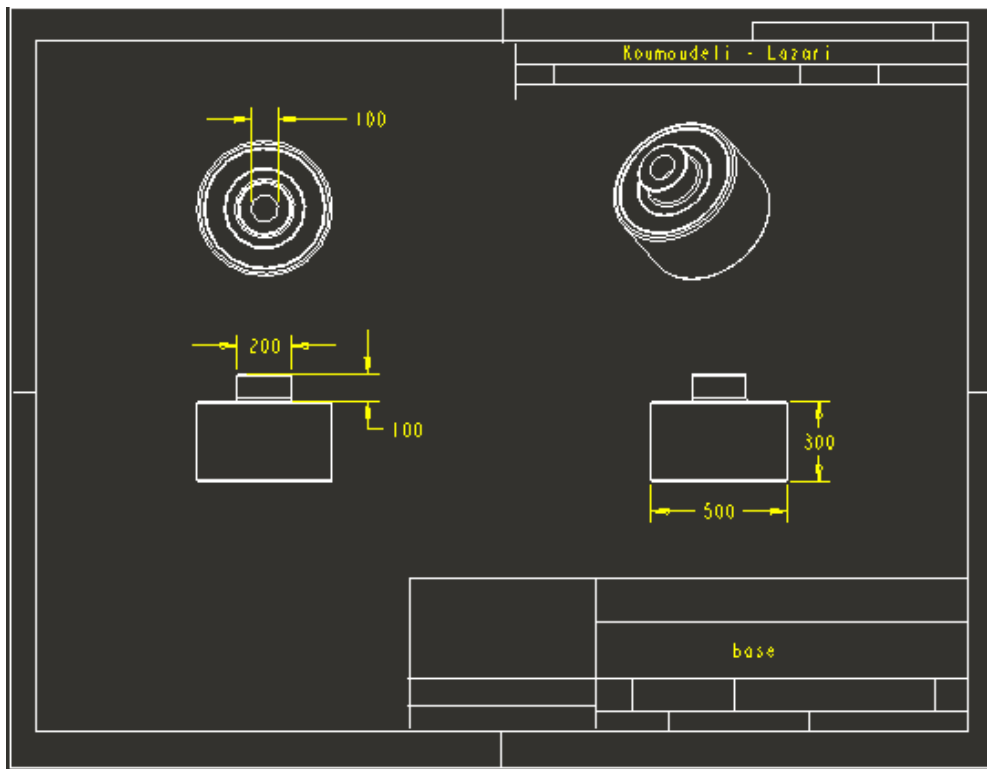
Με την χρήση της εντολής Note γίνεται η εισαγωγή σημειώσεων που μπορούν να εξηγούν τι δείχνει το μηχανολογικό σχέδιο. Για την προσθήκη των διαστάσεων του σχεδίου επιλέγεται η εντολή Dimension από την καρτέλα Insert και για την διαγραφή διαστάσεων από την καρτέλα View την εντολή Show and Erase.

Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία τεσσάρων όψεων για την απεικόνιση του άξονα (Εικόνα 8.16), πρόσοψη, κάτοψη, αριστερή πλάγια και μία γενική. Αρχικά επιλέγεται από την καρτέλα View η εντολή Drawing View General για την εισαγωγή της πρόσοψης. Για την εισαγωγή της δεύτερης όψης, που είναι η πλάγια όψη, επιλέγεται η εντολή Drawing View Projection από την καρτέλα View η οποία είναι η προβολή της πρώτης. Η ίδια εντολή επιλέγεται και για την τρίτη όψη (που είναι η προβολή της δεύτερης όψης) δίνοντας την κάτοψη του άξονα. Για την τελευταία όψη που είναι η γενική επιλέγεται η εντολή Drawing View General.

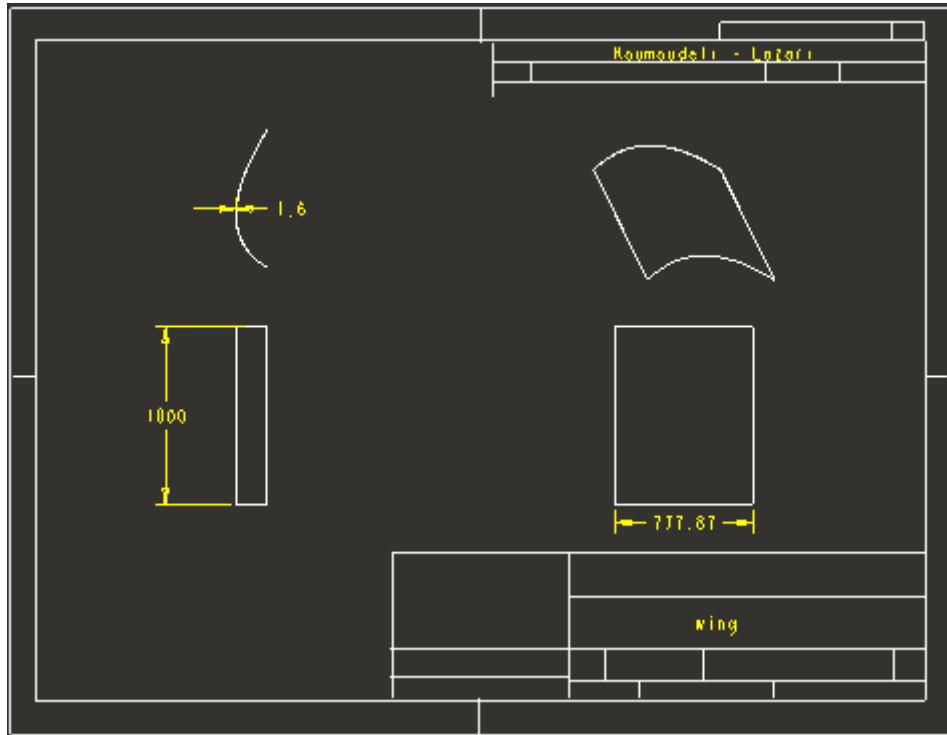


Εικόνα 8.16: Μηχανολογικό σχέδιο του άξονα με διαστάσεις

Με τα ίδια βήματα πραγματοποιήθηκαν άλλα δύο μηχανολογικά σχέδια που περιέχουν την βάση (Εικόνα 8.17) και το φτερό (Εικόνα 8.18) της σχεδιασμένης ανεμογεννήτριας.



Εικόνα 8.17: Μηχανολογικό σχέδιο της βάσης με διαστάσεις

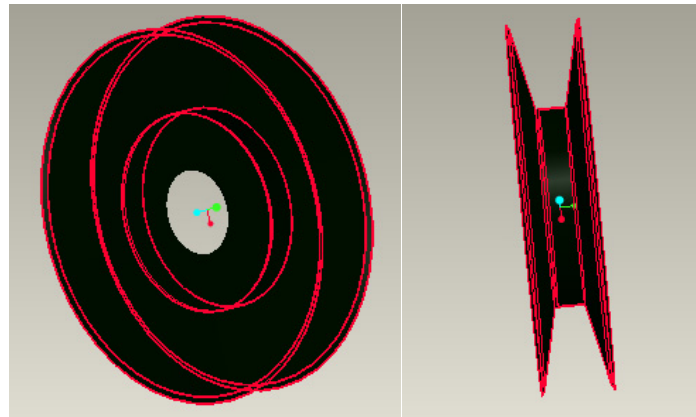


Εικόνα 8.18: Μηχανολογικό σχέδιο του φτερού με διαστάσεις

8.3 ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

8.3.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

Το πρώτο μέρος που σχεδιάστηκε για τη γεννήτρια (δυναμό) φαίνεται στην Εικόνα 8.19 και ο τύπος σχεδιασμού που επιλέχτηκε είναι το Part με μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά. Για τον σχεδιασμό του πρώτου μέρους χρησιμοποιήθηκε η εντολή Blend (Thin Protrusion) και η επιφάνεια που επιλέχτηκε είναι η Top πάνω στην οποία σχεδιάστηκε ένας κύκλος στο κέντρο των αξόνων με διάμετρο 62mm. Στη συνέχεια επιλέχτηκε η εντολή Toggle Section και σχεδιάστηκε ξανά ένας κύκλος με κέντρο του ίδιο με τον προηγούμενο κύκλο και διάμετρο 60mm. Γίνονται τα ίδια βήματα και οι διαμέτροι που δίνονται είναι 33mm, 60mm και 62mm με την σειρά που αναγράφονται. Αφού γίνει και ο τελευταίος κύκλος δίνεται πάχος (Enter width of thin feature) 0,2mm και στη συνέχεια ζητείται να δοθεί το βάθος για το δύο πρώτα τμήματα (δηλαδή για τους δύο πρώτους κύκλους που σχεδιάστηκαν) που είναι 0.5mm. Στη συνέχεια ζητείται το βάθος και για τα επόμενα τμήματα όπου είναι 3mm, 5mm, 3mm και 0,5mm αντίστοιχα.

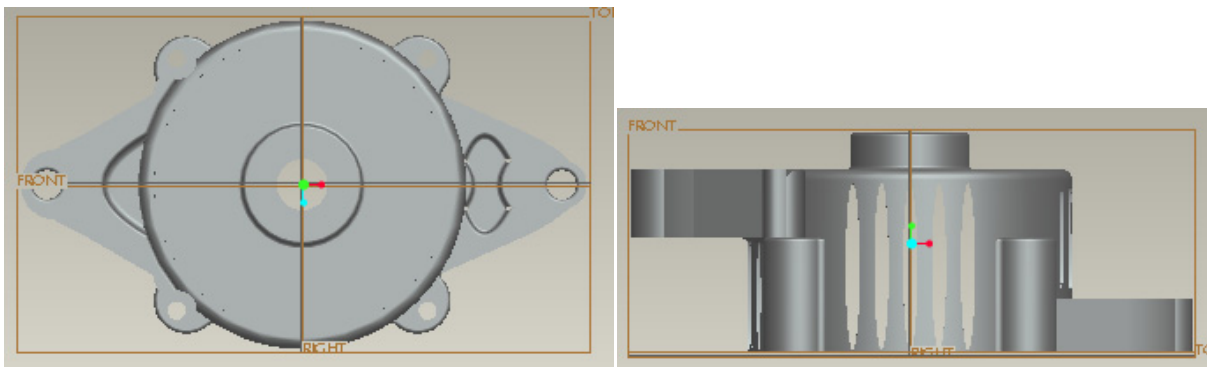


Εικόνα 8.19: Πρώτο Μέρος α) Κάτοψη, β) Αριστερή πλάγια όψη

Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία μιας καινούριας επιφάνειας με απόσταση από το Datum Top 3.5mm πάνω στην οποία σχεδιάστηκε με την εντολή Extrude ένας κύκλος με κέντρο του το κέντρο των αξόνων και δόθηκαν διάμετρος 33mm και ύψος 0,5mm. Τέλος σχεδιάστηκε ξανά ένας κύκλος (ίδιο με τον προηγούμενο) με την εντολή Extrude, με διάμετρο 14mm και ύψος 0,5mm, και επιλέχτηκε η εντολή αφαίρεσης υλικού.

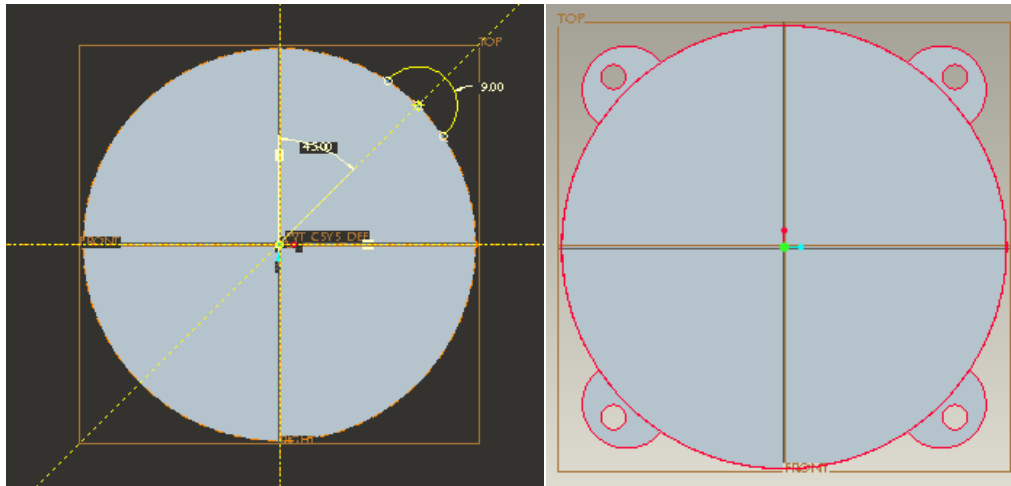
8.3.2 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Το δεύτερο κομμάτι που σχεδιάστηκε για τη γεννήτρια (δυναμό) φαίνεται στην Εικόνα 8.20 και ο τύπος σχεδιασμού που επιλέχτηκε είναι το Part με μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά.



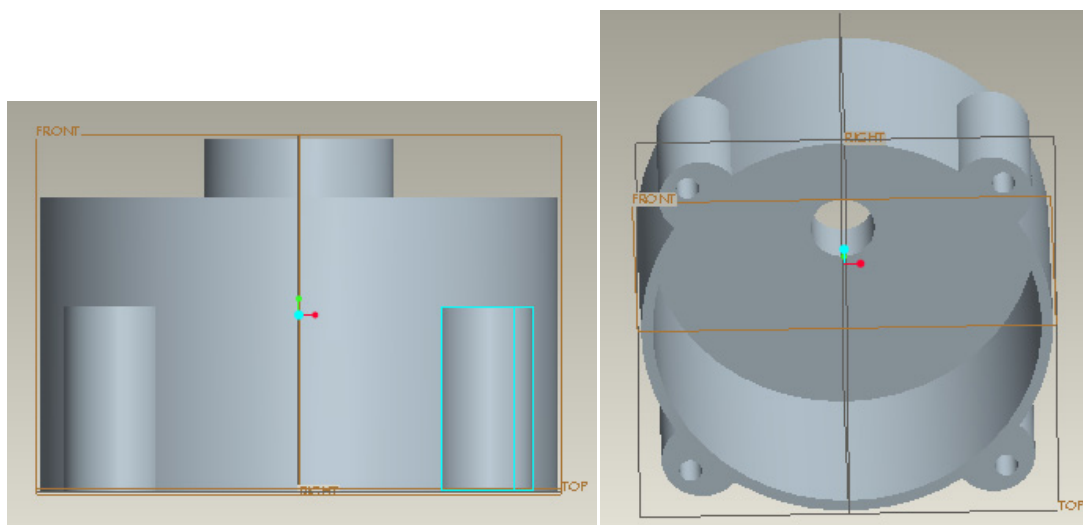
Εικόνα 8.20: Δεύτερο Μέρος α) Κάτοψη, β) Πρόσοψη

Η εντολή που χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό του δεύτερου μέρους είναι η εντολή Extrude και η επιφάνεια που επιλέχτηκε είναι η Top πάνω στην οποία σχεδιάστηκε ένας κύκλος με διάμετρο 90mm και ύψος 51mm. Επιλέγοντας την ίδια εντολή και την ίδια επιφάνεια σχεδιάστηκαν αξονικές πάνω στις ήδη υπάρχουσες και μια σε απόσταση 45°. Έπειτα σχεδιάστηκε ένα τόξο με ακτίνα 9 και ύψος 32mm και στο τόξο αυτό σχεδιάστηκε μια οπή της οποίας το κέντρο είχε απόσταση από τις αξονικές 34,5mm με διάμετρο 5mm και ύψος 32mm. Τα ίδια βήματα έγιναν και για τα επόμενα τεταρτημόρια (Εικόνα 8.21).



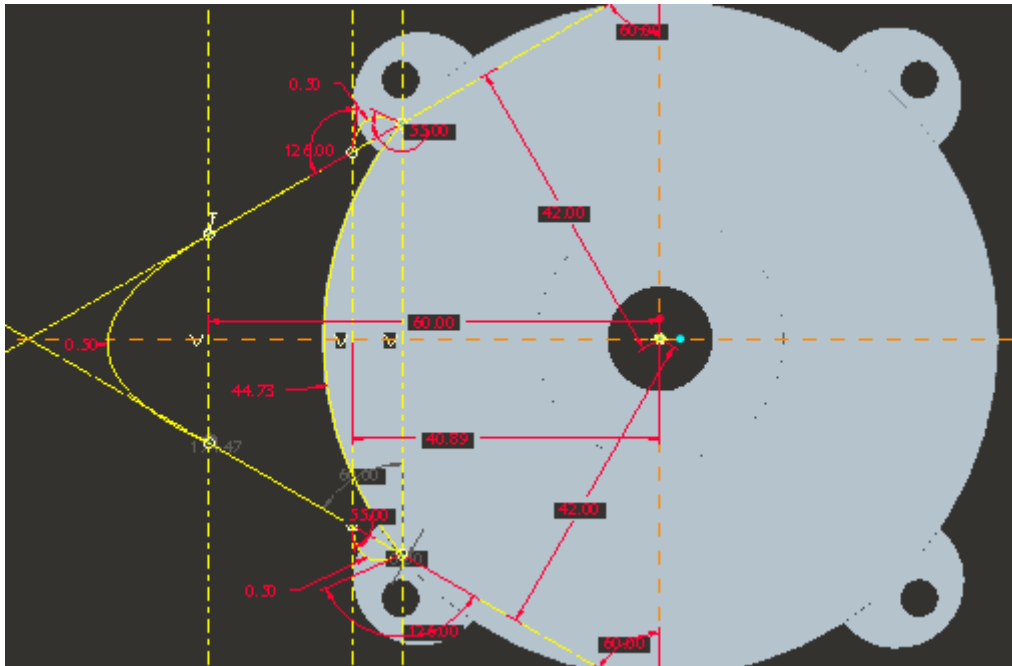
Εικόνα 8.21: α) Σχεδιασμός Ακτίνας, β) Όλα τα μέρη του σχεδίου

Στη συνέχεια όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.22 δημιουργείται μια οπή με την εντολή Extrude και με επιφάνεια την Top, αλλά να φαίνεται η κάτω μεριά του σχεδίου, για την οποία δίνεται διάμετρος 85mm και ύψος 48mm. Επόμενο βήμα είναι ο σχεδιασμός ενός κύκλου στην επιφάνεια Top (έτσι ώστε να φαίνεται η πάνω μεριά του σχεδίου) με διάμετρο 33mm, ύψος 10mm και κέντρο του το κέντρο των αξόνων και αφού γίνει ο κύκλος, πάνω στην ίδια επιφάνεια δημιουργείται μια οπή με κέντρο της το κέντρο των αξόνων, με διάμετρο 14mm και ύψος 20mm.



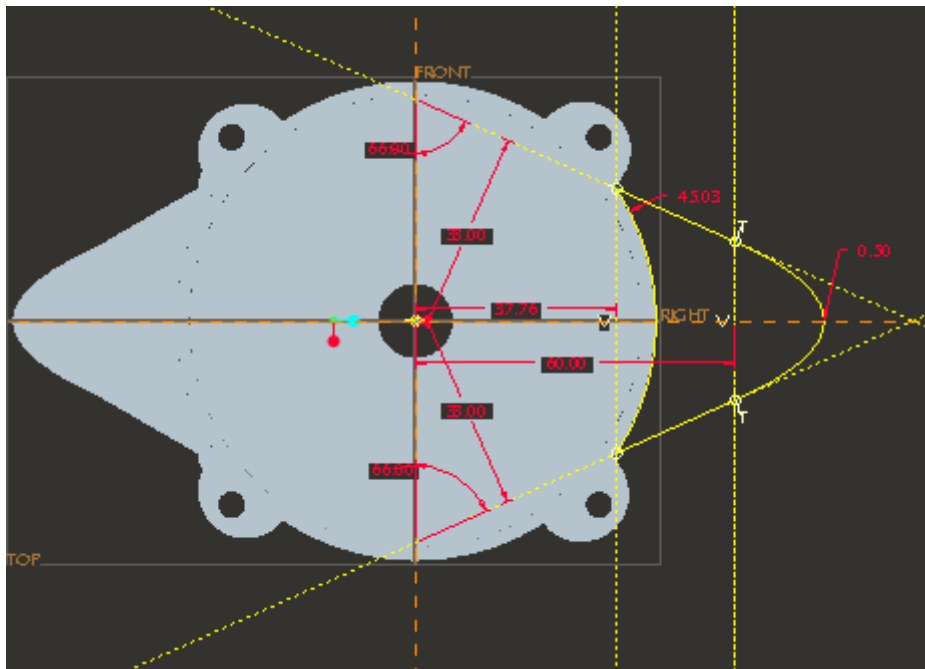
Εικόνα 8.22: α) Πρόσοψη, β) Άνοψη

Επόμενο βήμα είναι η επιλογή της εντολής Extrude και επιλέγεται η επιφάνεια Top έτσι ώστε να φαίνεται η πάνω μεριά του σχεδίου. Με την χρήση αυτής της εντολής σχεδιάστηκαν τα τόξα, οι γραμμές και οι αξονικές όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.23 και με ύψος 19mm.



Εικόνα 8.23: Σχέδιο με διαστάσεις

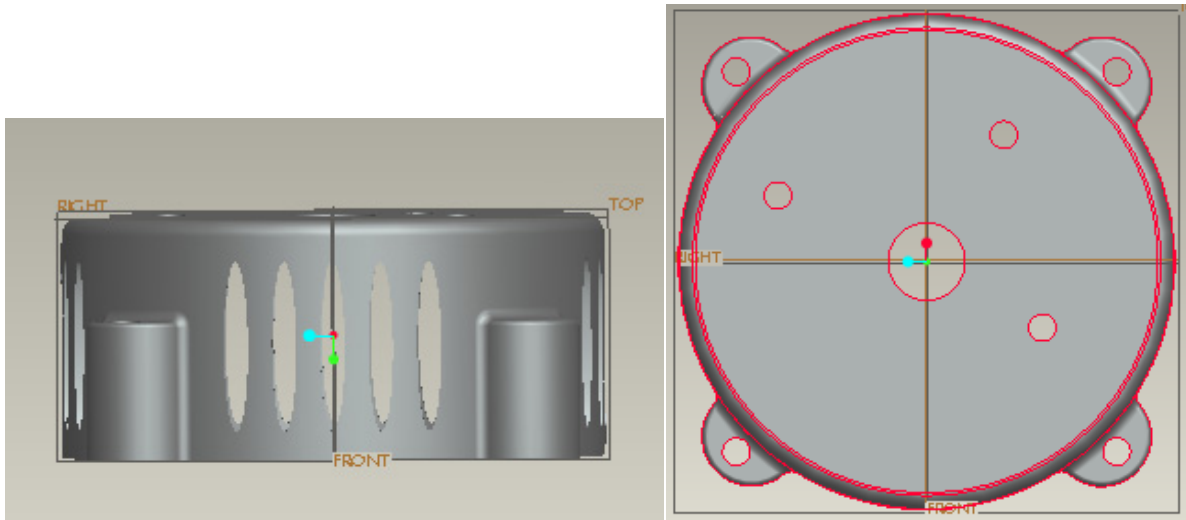
Τελευταίο βήμα για την ολοκλήρωση αυτού του κομματιού είναι η δημιουργία του σχήματος όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.24 με την εντολή Extrude και επιφάνεια τέτοια ώστε να φαίνεται η κάτω πλευρά του σχεδίου. Οι διαστάσεις φαίνονται στην εικόνα και το ύψος που δόθηκε είναι 15mm.



Εικόνα 8.24: Σχέδιο με διαστάσεις

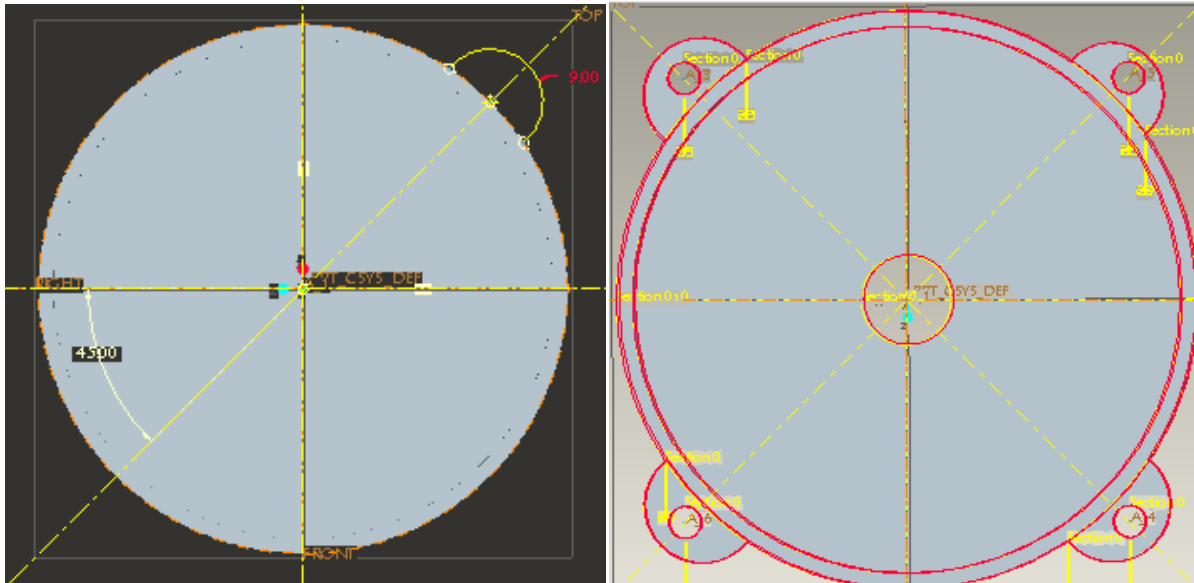
8.3.3 ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

Για το τρίτο κομμάτι (Εικόνα 8.25) χρησιμοποιήθηκε το Part ως τύπος σχεδιασμού και τα χιλιοστά ως μονάδα μέτρησης.



Εικόνα 8.25: Τρίτο Μέρος α) Πρόσοψη, β) Άνοψη

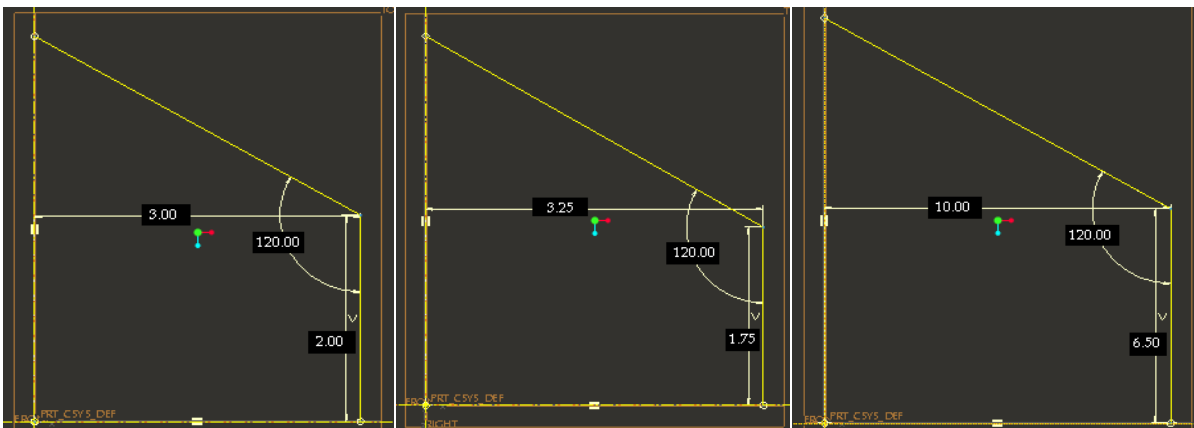
Με την χρήση της εντολής Extrude και με DTM Top σχεδιάζεται ένας κύκλος με διάμετρο 90mm και ύψος 40mm. Έπειτα σχεδιάζεται ένας άλλος κύκλος μέσα στον προηγούμενο, δηλαδή έχουν ίδιο κέντρο, με διάμετρο 85mm και ύψος 37mm και με την χρήση της εντολής Material Remove γίνεται αφαίρεση υλικού. Επιλέγοντας την ίδια εντολή και την ίδια επιφάνεια σχεδιάστηκαν αξονικές πάνω στις ήδη υπάρχουσες και μια σε απόσταση 45°. Έπειτα σχεδιάστηκε ένα τόξο με ακτίνα 9 και ύψος 23mm και στο τόξο αυτό σχεδιάστηκε μια οπή της οποίας το κέντρο είχε απόσταση από τις αξονικές 34,5mm με διάμετρο 5mm και ύψος 23mm. Τα ίδια βήματα έγιναν και για τα επόμενα τεταρτημόρια (Εικόνα 8.26). Τέλος με την χρήση της εντολής Extrude και με επιφάνεια Top, έτσι ώστε να φαίνεται η πάνω μεριά του σχεδίου, σχεδιάστηκε ένας κύκλος με διάμετρο 14mm και ύψος 33,36mm. Αφού σχεδιάστηκε ο κύκλος η επόμενη εντολή που χρησιμοποιήθηκε είναι η Material Remove για την αφαίρεση υλικού.



Εικόνα 8.26: α) Σχεδιασμός τόξου, β) Δημιουργία ολόκληρου σχεδίου

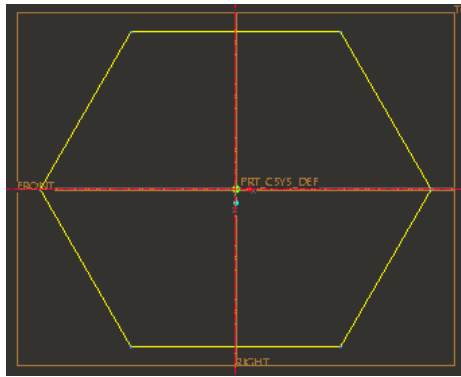
8.3.4 ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

Στο σημείο αυτό θα γίνει αναφορά για τον σχεδιασμό τριών διαφορετικών διαστάσεων βίδων που περιέχει το δυναμό. Για τον σχεδιασμό τους ο τύπος που επιλέχτηκε είναι το Part και μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά. Η εντολή που χρησιμοποιήθηκε και για τις τρεις βίδες είναι η Extrude και επιφάνεια η Top. Έπειτα σχεδιάστηκε το σχήμα για κάθε βίδα ξεχωριστά όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 8.27).



Εικόνα 8.27: Σχέδιο και διαστάσεις για α) Βίδα πρώτη, β) Βίδα δεύτερη, γ) Βίδα τρίτη

Όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες τοποθετούνται αξονικές πάνω στις ήδη υπάρχουσες και με την εντολή Mirror δημιουργείται ένα αντίγραφο αυτού που σχεδιάστηκε. Το επιθυμητό αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 8.28 το οποίο είναι ίδιο και για τις τρεις βίδες με διαφορετικές διαστάσεις.

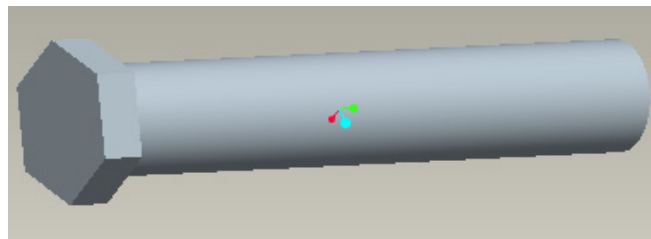


Εικόνα 8.28: Σχήμα ολοκληρωμένο

Αφού σχεδιάστηκε το πρώτο μέρος των βιδών δόθηκε ύψος για κάθε μία αντίστοιχα 4mm, 2mm και 8mm με την σειρά που φαίνονται στην Εικόνα 8.27. Στη συνέχεια με την χρήση της εντολής Extrude και με επιφάνεια Top σχεδιάστηκε στο κέντρο των αξόνων ένας κύκλος στον οποίο οι διαστάσεις που δόθηκαν είναι οι εξής:

- A) Για την πρώτη βίδα δόθηκε διάμετρος 5mm και ύψος 55mm,
- B) Για την δεύτερη βίδα δόθηκε διάμετρος 5mm και ύψος 30mm,
- Γ) Για την τρίτη βίδα δόθηκε διάμετρος 14mm και ύψος 115mm.

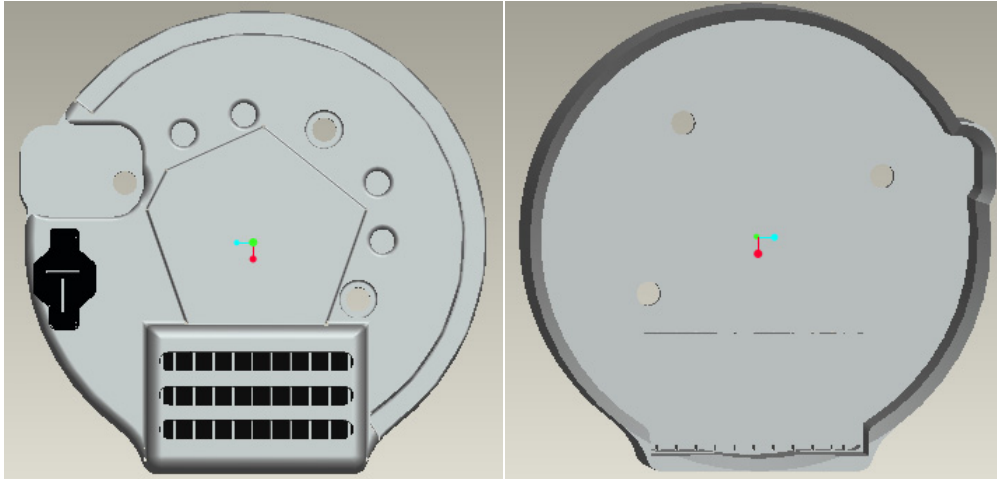
Τέλος με την ολοκλήρωση και αυτού του μέρους της βίδας το αποτέλεσμα εμφανίζεται ολοκληρωμένο στην Εικόνα 8.29.



Εικόνα 8.29: Ολοκληρωμένη Βίδα

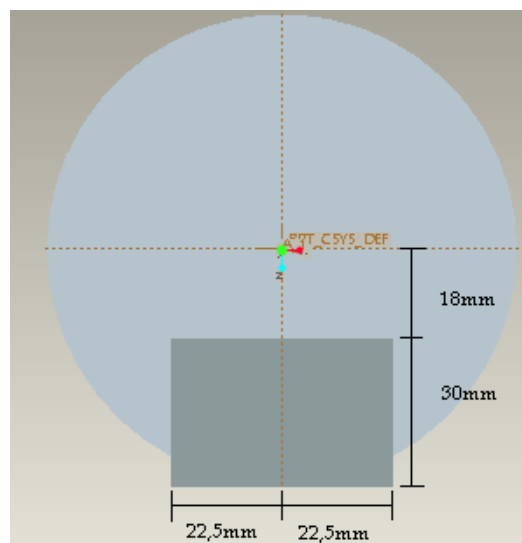
8.3.5 ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

Στο σημείο αυτό γίνεται η επεξήγηση του σχεδιασμού του τελευταίου κομματιού από το δυναμό το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 8.30 με τύπο σχεδιασμού Part και μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά.




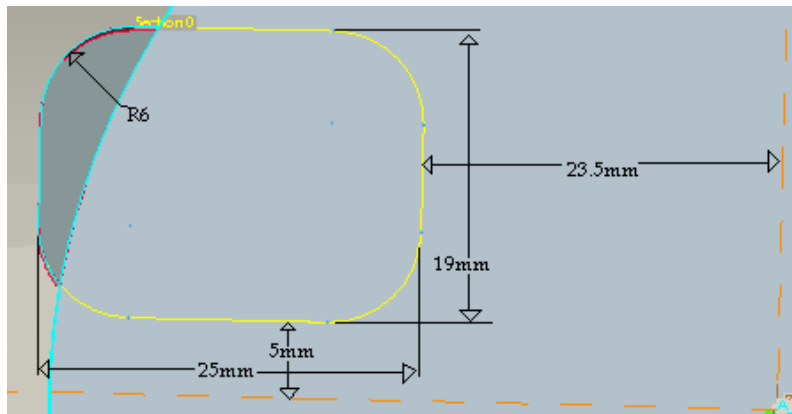
Εικόνα 8.30: α) Κάτοψη, β) Άνοψη

Αρχικά η εντολή που χρησιμοποιήθηκε είναι η εντολή Extrude με την οποία σχεδιάστηκε ένας κύκλος με διάμετρο 95mm και ύψος 30mm πάνω στην επιφάνεια Top. Έπειτα πάλι με την χρήση της εντολής Extrude και με επιφάνεια ίδια με την προηγούμενη σχεδιάζεται ένα τετράγωνο με πλευρές 30mm, 45mm και στο οποίο δόθηκε ύψος 35mm (Εικόνα 8.31)



Εικόνα 8.31: Σχεδιασμός Τετραγώνου

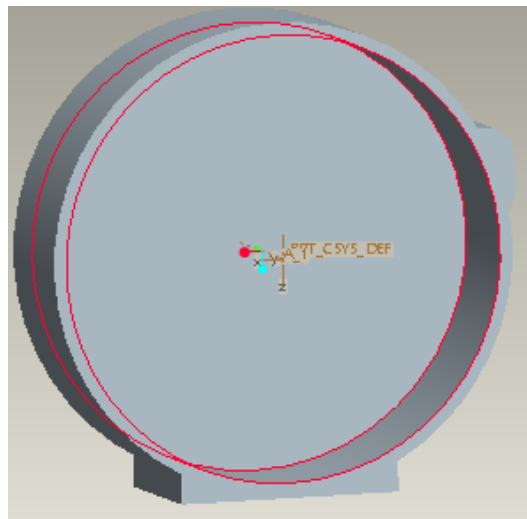
Με την χρήση της εντολής Extrude και με Datum Top έγινε ο σχεδιασμός Rounded Rectangle που φαίνεται στην Εικόνα 8.32. Από την εντολή Palette  και στο πινακάκι που άνοιξε επιλέχτηκε η καρτέλα Shape. Οι διαστάσεις και οι αποστάσεις από τις αξονικές που δόθηκαν φαίνονται στην παρακάτω εικόνα και το ύψος που δόθηκε είναι 28mm.



Εικόνα 8.32: Διαστάσεις σχήματος

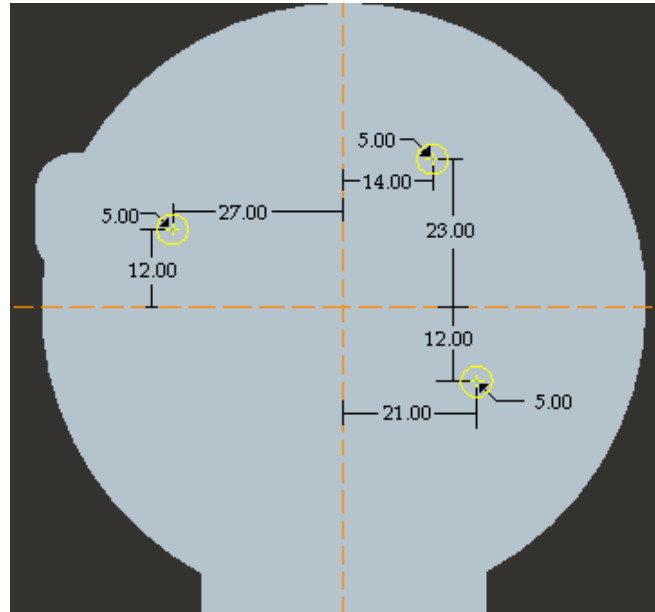
Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία μιας καινούριας επιφάνειας με απόσταση από το Datum Top 30mm πάνω στην οποία έγινε ο σχεδιασμός Rounded Rectangle στην ίδια ακριβώς θέση (με τις ίδιες διαστάσεις και αποστάσεις) με το προηγούμενο βήμα. Δίνεται ύψος 4mm και επιλέγονται οι εντολές Extrude on both sides και Remove Material.

Αφού ολοκληρώθηκε και αυτό το σχέδιο επιλέχτηκαν η εντολή Extrude και DTM Top όπου στο πινακάκι έγιναν οι εξής επιλογές: Orientation Top, Reference Right και Flip. Έπειτα σχεδιάστηκε ένας κύκλος, ο οποίος έχει κέντρο του το κέντρο των αξόνων, με διάμετρο 90mm και ύψος 25mm. Στη συνέχεια επιλέχτηκαν οι εντολές Remove Material και Change Depth Direction of Extrude to Other Side of Sketch ώστε το αποτέλεσμα να είναι ίδιο με την Εικόνα 8.33.



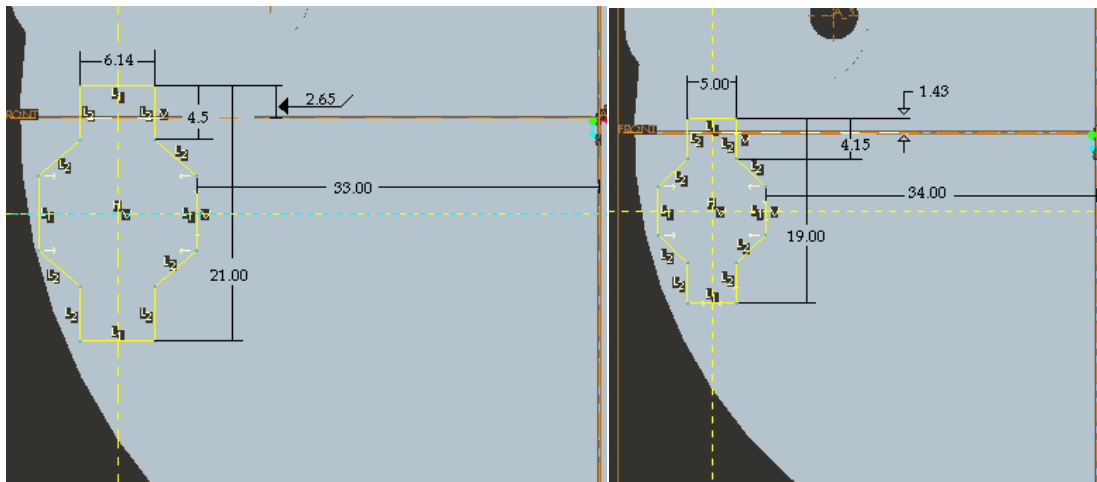
Εικόνα 8.33: Άνοψη Σχεδίου

Στη συνέχεια πάνω στο σχέδιο που έχει πραγματοποιηθεί μέχρι αυτό το σημείο δημιουργούνται τρεις οπές στις οποίες θα τοποθετηθούν βίδες. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν και για τις τρεις οπές είναι η Extrude και η Remove Material. Έπειτα σχεδιάστηκαν τρεις κύκλοι πάνω στην καινούρια επιφάνεια με διάμετρο και ύψος 5mm και με αποστάσεις τις παρακάτω όπως φαίνονται στην Εικόνα 8.34.



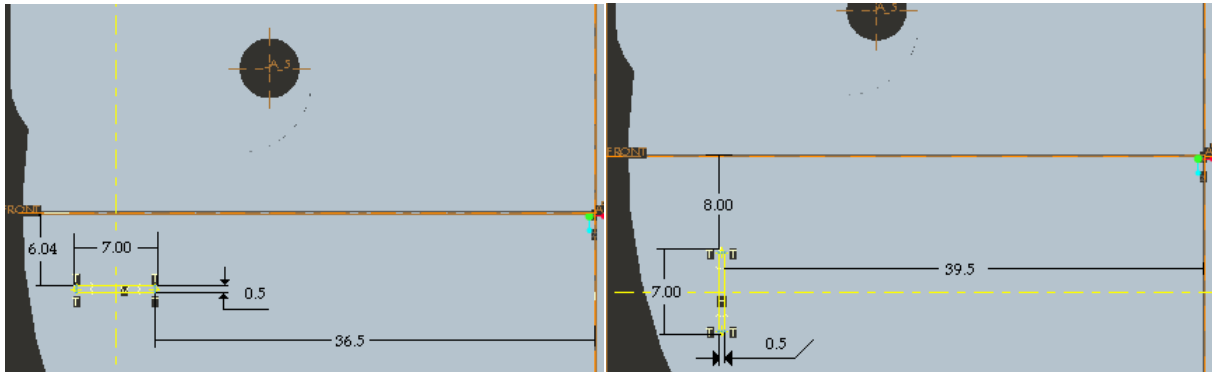
Εικόνα 8.34: Σχεδιασμός 3 Οπών

Έπειτα γίνεται η χρήση των εντολών Extrude και Remove Material όπου πάνω στο καινούριο Datum σχεδιάζεται το σχήμα Cross το οποίο επιλέχτηκε από την εντολή Palette. Οι διαστάσεις που δόθηκαν φαίνονται στο α΄ μέρος της Εικόνα 8.35 με Scale 5mm και ύψος 4mm. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν οι εντολές Extrude και Thicken Sketch για τον σχεδιασμό του σχήματος Cross πάνω στο καινούριο Datum. Οι διαστάσεις που δόθηκαν φαίνονται στο β΄ μέρος της Εικόνα 8.35 με Scale 5mm, Thicken Sketch 0,35mm και ύψος 4mm.



Εικόνα 8.35: Σχεδιασμός Cross α) Remove Material, β) Thicken Sketch

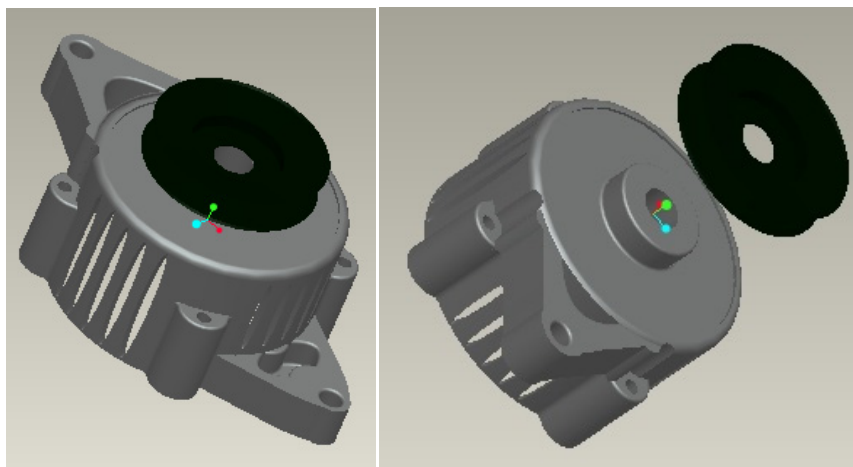
Τέλος για την ολοκλήρωση του τελευταίου κομματιού του δυναμό χρησιμοποιείται η εντολή Extrude και πάνω στη καινούρια επιφάνεια σχεδιάζεται το σχήμα Racetrack, από την εντολή Palette, για τον σχεδιασμό των σχημάτων με διαστάσεις και αποστάσεις όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.36. Το ύψος που δίνεται και στα δύο σχήματα είναι 4mm.



Εικόνα 8.36: Σχεδιασμός Racetrack

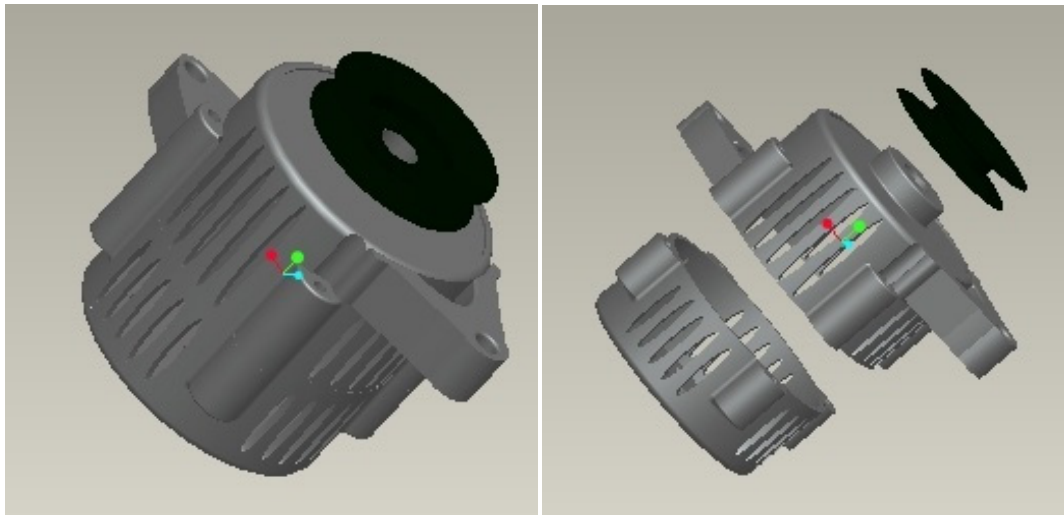
8.3.6 ΕΝΩΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Για την ένωση των εξαρτημάτων ο τύπος σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται Assembly. Αρχικά αφού επιλέχτηκε ο τύπος σχεδιασμού τότε η επόμενη εντολή που χρησιμοποιήθηκε είναι η Assemble όπου επιλέχτηκε το πρώτο μέρος του δυναμό και στο παράθυρο καθορισμού του Assembly επιλέχτηκε η εντολή Default. Έπειτα ξανά με την εντολή Assemble επιλέχτηκε το δεύτερο μέρος του δυναμό και οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν είναι Mate και Align. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 8.37.



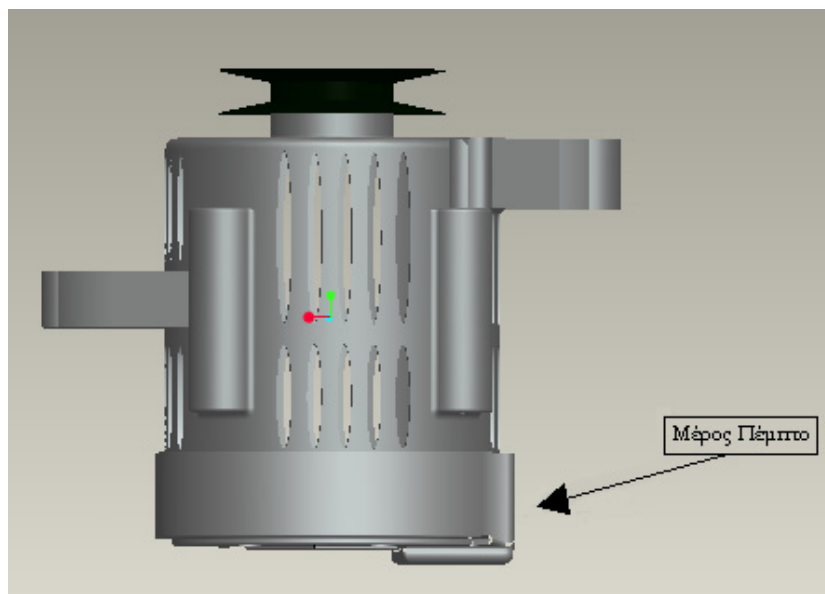
Εικόνα 8.37: Ένωση πρώτου και δεύτερου μέρους α) Unexploded View, β) Explode View

Έπειτα η δεύτερη σύνδεση εξαρτημάτων που ακολούθησε ήταν μεταξύ του παραπάνω, που πραγματοποιήθηκε με την ένωση των δύο εξαρτημάτων μέσω Assembly, και του τρίτου μέρους και κάνοντας τα ίδια βήματα με τα παραπάνω το αποτέλεσμα που βγαίνει φαίνεται στην Εικόνα 8.38.



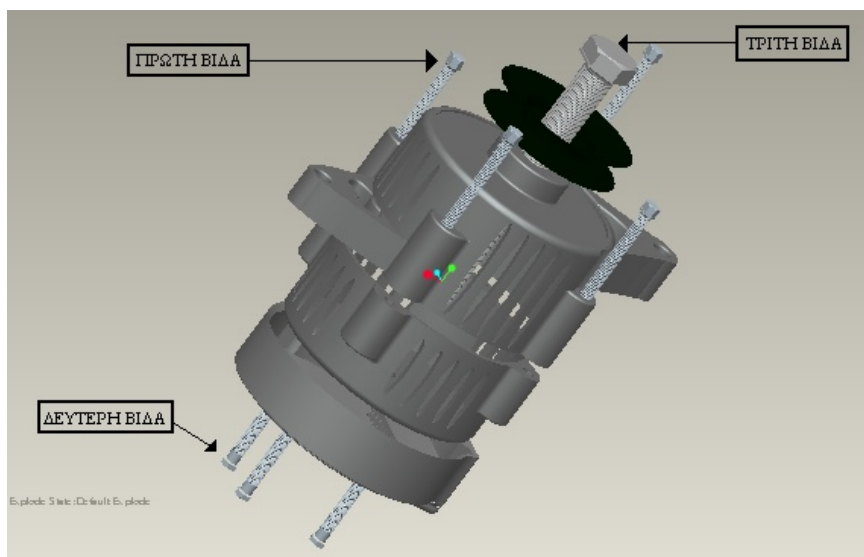
Εικόνα 8.38: Ένωση Εξαρτημάτων α) Unexploded View, β) Explode View

Στη συνέχεια η επόμενη σύνδεση εξαρτημάτων που ακολούθησε έγινε μεταξύ της προηγούμενης ένωσης, δηλαδή της ένωσης των τριών εξαρτημάτων που έγινε, με το πέμπτο μέρος (Εικόνα 8.39).



Εικόνα 8.39: Σύνδεση Πέμπτου Εξαρτήματος

Η τελευταία συναρμολόγηση έγινε μεταξύ των τριών διαφορετικών βιδών και της προηγούμενης ένωσης. Οι βίδες συνδέθηκαν με τις οπές που έχουν δημιουργηθεί στο εξάρτημα η κάθε μία ξεχωριστά με την χρήση των βημάτων όπως έχουν προαναφερθεί ώστε το επιθυμητό αποτέλεσμα να είναι όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.40.



Εικόνα 8.40: Ένωση Εξαρτήματος με Βίδες

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε πολλές χώρες με μεγάλης διάρκειας απαίτηση σε θέρμανση, η σύγχρονη ζωή δεν θα ήταν δυνατή χωρίς ενέργεια για να ικανοποιήσει τις ανάγκες θέρμανσης χώρου σε κατοικημένους, εμπορικούς, και θεσμικούς τομείς. Ανάλογα με τη διάρκεια της περιόδου απαίτησης θέρμανσης, το διάστημα αυτό επισκιάζει συνήθως τις ενεργειακές απαιτήσεις των άλλων ενεργειακών υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται σε αυτούς τους τομείς. Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι οι πιο συνήθεις πηγές ενέργειας που επιλέγονται λόγω της διαθεσιμότητας και της ευκολίας τους στη χρήση. Εντούτοις, οι αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με την ενεργειακή ασφάλεια και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου δημιουργούν τα ερωτήματα για τη συνεχή χρήση αυτών των πηγών ενέργειας για τη θέρμανση χώρων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι καταναλωτές ενθαρρύνονται συχνά να παράγουν θερμότητα με ηλεκτρική ενέργεια η οποία παρουσιάζεται ως καθαρή και ασφαλής εναλλακτική λύση, ειδικά εάν η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από τις εγχώριες υδροηλεκτρικές ή πυρηνικές πηγές.

Για την πραγματοποίηση παραγωγής θερμότητας σε αστικές περιοχές επιλέχτηκε η χρήση ανεμογεννήτριας κατακόρυφου άξονα εφόσον συγκριτικά με την οριζόντιου άξονα έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

1. Στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα υπάρχει μεγαλύτερη ευκολία κατασκευής σε σχέση με την κατασκευή ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα.
2. Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα δεν χρειάζεται να προσανατολίζονται κάθε φορά ως προς την κατεύθυνση του ανέμου λόγω κατασκευής. Αυτό τις κάνει καταλληλότερες σε τοποθεσίες όπου ο αέρας δεν είναι σταθερός ή όπου παρεμβάλλονται κάποια μικρά εμπόδια (με σημαντικά μειωμένη απόδοση όμως).
3. Το κόστος κατασκευής τους είναι χαμηλότερο από το κόστος κατασκευής μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα λόγω απλούστερου σχεδιασμού.

Τέλος για τον σχεδιασμό της ανεμογεννήτριας και του δυναμό επιλέχτηκε το πρόγραμμα Pro/ENGINEER Wildfire το οποίο χρησιμοποιεί ένα τρισδιάστατο πυρήνα παραμετρικής στερεάς μοντελοποίησης, ο οποίος με τη σειρά του δίνει ακριβείς αναπαραστάσεις της γεωμετρίας και της μάζας. Συγκριτικά με άλλα προγράμματα το Pro/ENGINEER είναι εύκολο στην κατανόηση και επομένως στην χρήση του και επιπλέον έχει τη δυνατότητα πλήρους ανάλυσης του προϊόντος με ακριβή αποτελέσματα, όσον αφορά την κατεργασία, τις μηχανικές αντοχές και πολλούς ακόμη υπολογισμούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. «Πηγές Ενέργειας – Συμβατικές και Ανανεώσιμες» Γελεγένης και Αξαόπουλος, έκδοση, Σύγχρονη εκδοτική.
2. «Εισαγωγή στο δίκαιο ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» Βατάλης, Εκδόσεις Σάκκουλα, 2007.
3. « Αιολική Ενέργεια », Αλ. Αλεξάκης, εκδόσεις Μιχ. Σιδέρης, Αθήνα 2002.
4. T. Ackermann , “Wind Power in Power Systems” , Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden 2005.
5. T. Burton , D. Sharpe , N. Jenkins , E. Bossanyi , «Wind Energy Handbook», Wiley , 2001.
6. Modi, V.J., Fernando, M.S.U.K., and Roth, N.J., «Aerodynamics of the Savonius Rotor: Experiments and Analysis, Energy Conversion Engineering Conference», IECEC-90 vol. 5, 2006.
7. «Εγχειρίδιο για το Pro/ENGINEER Wildfire 2», Νίκος Κυρίτσης και Χρήστος Αναστασόπουλος, 2006.
8. «Υπολογιστικές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας», Ιωάννης Κ. Καλδέλλης και Κοσμάς Α. Καββαδίας, Αιολική Ενέργεια - Μικρά Υδροηλεκτρικά, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., 2005.
9. «Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας», Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., 2005.
10. ΕΛΕΤΑΕΝ, Συνοπτικός Οδηγός για μικρές ανεμογεννήτριες, www.eletaen.gr.
11. ΥΠΕΚΑ, Υπηρεσία Α.Π.Ε., www.ypeka.gr.
12. Σελίδα της Δ.Ε.Η. για σύνδεση παραγωγών Α.Π.Ε. στο Δίκτυο Διανομής, www.ppc.gr.
13. ΔΕΣΜΗΕ για δικαιολογητικά, www.desmie.gr.
14. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, βασική νομοθεσία για Α.Π.Ε., www.rae.gr.
15. ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας), Οδηγός για Μικρά Συστήματα Ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε., www.cres.gr.
16. European Wind Energy Association, www.ewea.org.

17. Vindmolle Industrien, www.windpower.org.

18. Greenpeace, www.greenpeace.org.