

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ 1171

ΔΟΜΗ, ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

STRUCTURE, OPERATING AUTHORITY
WIND TURBINES
CONSTRUCTION OF OFFSHORE WIND
PARK

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΠΥΛΑΡΙΝΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ
ΤΑΛΙΟΥΡΗΣ ΝΑΠΟΛΕΩΝ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ:
ΛΙΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας που μας ανατέθηκε από το Τμήμα Ηλεκτρολογίας και συγκεκριμένα από τον κ. Λιαρόπουλο και κ. Δροσόπουλο, επιβλέποντες καθηγητές της πτυχιακής αυτής, αναλύσαμε παρακάτω το θέμα σχετικά με τη *«Δομή, αρχή λειτουργίας ανεμογεννητριών και την κατασκευή υπεράκτιου αιολικού πάρκου»*.

Η ανάπτυξη της εργασίας έγινε μέσα σε πέντε κεφάλαια, τα οποία διαρθρώνονται ως εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο, θα αναφερθούμε στις ανεμογεννήτριες. Θα αναλύσουμε τα είδη των ανεμογεννητριών, τα μέρη από τα οποία αποτελούνται και τις λειτουργίες τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, θα εξετάσουμε πως αξιοποιείται η αιολική ενέργεια από τη ΔΕΗ.

Στο τρίτο κεφάλαιο, θα αναφερθούμε εκτενέστερα στο Υπεράκτιο Αιολικό Πάρκο της Δανίας «Horns Rev 2».

Στο τέταρτο κεφάλαιο, θα συγκρίνουμε το Υπεράκτιο με το Ηπειρωτικό Αιολικό Πάρκο. Θα αναφερθούμε τόσο στα πλεονεκτήματά τους όσο και στα μειονεκτήματά τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, θα παρουσιάσουμε με φωτογραφικό υλικό αλλά και με επεξηγήσεις την κατασκευή μακέτας Υπεράκτιου Αιολικού Πάρκου «Horns Rev 2».

Τέλος, η εργασία θα ολοκληρωθεί με την παράθεση συμπερασμάτων από την προηγηθείσα ανάλυση.

Για την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας χρειάστηκε αρκετό διάστημα με ψάξιμο, διάβασμα και υπομονή. Ευχαριστούμε τους καθηγητές μας και εισηγητές της πτυχιακής αυτής κ. Λιαρόπουλο και κ. Δροσόπουλο για τη συνεργασία τους και τη βοήθεια τους όποτε τη χρειαζόμασταν. Επίσης, ευχαριστούμε τους Σχοινά Νικόλαο και Βαρέττα Βασίλειο για την πολύτιμη συνεισφορά τους καθώς και όλους όσους μας βοήθησαν να βρούμε υλικό ώστε να το χρησιμοποιήσουμε για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας, η οποία ελπίζουμε να ανταποκρίνεται στις προσδοκίες κάθε αναγνώστη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πτυχιακή εργασία θα περιγράψουμε τους τύπους των ανεμογεννητριών και θα αναλύσουμε τα δομικά τους μέρη όπως πτερύγια, πλήμνη, πυλώνας, κιβώτιο πολλαπλασιασμού, δισκόφρενα, γεννήτρια, πλαίσιο και κάλυμμα ατράκτου, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Ειδικότερα θα ασχοληθούμε με τον τύπο της ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα τριών πτερυγίων και τον τρόπο με τον οποίο ελέγχεται η λειτουργία της. Επίσης μέσα από φωτογραφικό υλικό (3D) θα παρουσιάσουμε το εσωτερικό της ανεμογεννήτριας επεξηγώντας αναλυτικά τα μηχανικά και ηλεκτρικά μέρη που την αποτελούν, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο αυτά λειτουργούν.

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε στην αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας από τη ΔΕΗ στην Ελλάδα από τα τέλη της δεκαετίας του '80 μέχρι σήμερα, καθώς και τις περιοχές στις οποίες είναι εγκατεστημένα αιολικά πάρκα, τον αριθμό των ανεμογεννητριών και την ισχύ που παράγουν.

Έπειτα θα περιγράψουμε την κατασκευή και τη λειτουργία του υπεράκτιου αιολικού πάρκου που βρίσκεται εγκατεστημένο στη Δανία με την ονομασία HORNS REV 2 όπου μέσα από φωτογραφικό υλικό (3D) αναπαριστάται βήμα-βήμα από τη συναρμολόγηση, την τοποθέτηση μέχρι και τη σύνδεση μέσω υποβρύχιων καλωδίων, των οποίων θα εξετάσουμε τη δομή, με την πλατφόρμα-μετασχηματιστή και στη συνέχεια με το δίκτυο.

Τέλος θα αναφερθούμε στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα έχει η δημιουργία ενός τέτοιου υπεράκτιου αιολικού πάρκου, καθώς και στα θετικά και αρνητικά που έχει, σε σύγκριση με την κατασκευή αιολικού πάρκου στην ηπειρώτικη χώρα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛ.

ΚΕΦΑΛΕΟ 1: ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	1
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	1
1.2 ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	3
1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	3
1.2.2 ΤΥΠΟΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	5
1.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	6
1.3.1 ΚΙΝΗΣΗ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΑ	6
1.3.2 ΤΥΠΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ	7
1.3.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	7
1.4 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	8
1.4.1 ΔΡΟΜΕΑΣ.....	8
1.4.1.1 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΕΑ	10
1.4.1.2 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ.....	10
1.4.2 ΠΤΕΡΥΓΙΑ	12
1.4.2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ.....	14
1.4.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ.....	14
1.4.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΥ	16
1.4.5 ΠΛΗΜΝΗ ΚΑΙ ΚΥΡΙΟΣ ΑΞΟΝΑΣ ΤΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	17
1.4.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΔΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΛΗΜΝΗΣ	19
1.4.7 ΚΙΒΩΤΙΟ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ ΣΤΡΟΦΩΝ.....	21
1.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	23
1.5.1 ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	23
1.5.1.1 ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	24
1.5.1.2 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	25
1.5.1.3 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥΣ ΠΟΛΟΥΣ	25
1.5.1.4 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΛΗΜΝΗ.....	25
1.5.1.5 ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	27
1.5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ .	27
1.5.3 ΑΥΤΟΜΑΤΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ-ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ	27
1.6 ΣΤΑΔΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	28

1.6.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	28
1.6.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕ ΜΕΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ	28
1.6.3 ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	28
1.6.4 ΑΕΡΓΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	29
1.7 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΕΗ-ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	31
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	31
2.1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΕΜΟΥ	31
2.2 ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	32
2.2.1 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	32
2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	33
2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	33
2.3.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	34
2.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΑΠ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ	35
2.4.1 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ.....	35
2.4.1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	35
2.4.1.2 ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ	36
2.4.1.3 ΚΟΣΤΟΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ	38
2.4.1.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	39
2.4.1.5 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ....	39
2.4.1.6 ΟΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: HORNS REV 2	43
3.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	43
3.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΚΟΥ	46
3.3 ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΚΑΙ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΩ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ.....	53
3.3.1 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ.....	53
3.3.2 ΚΑΛΩΔΙΑΚΟ ΠΛΟΙΟ	55
3.3.3 ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ (ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ) ΚΑΛΩΔΙΑ.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	58
4.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ-ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	58
4.1.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	58

4.1.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΑΚΕΤΑ.....	65
5.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΑΚΕΤΑΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ HORNS REV 2.....	67
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	73

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΥΑΠ – Υπεράκτιο Αιολικό Πάρκο

Α/Π – Αιολικό Πάρκο

Α/Γ – Ανεμογεννήτρια

ΗΠΑ – Ηνωμένες Πολίτες Αμερικής

ΔΕΗ – Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

Α/Κ – Ανεμοκινητήρα

Σ.Ρ Ή Ε.Ρ – Συνεχούς ή Εναλλασσόμενου Ρεύματος

Μ/Σ – Μετασχηματιστή

ΑΣΠ – Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής

Ε.Ε – Ευρωπαϊκή Ένωση

Υ/Σ – Υποσταθμός

ΥΤ/ΜΤ – Υψηλή ή Μέση Τάση

Υ/Κ – Υποβρύχιο Καλώδιο

ΕΜΥ – Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

ΚΑΠΕ – Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

ΑΣΠ/ΤΣΠ – Αυτόνομων ή Τοπικών Σταθμών Παραγωγής

Μ.Σ – Μετεωρολογικός Σταθμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αιολική ενέργεια είναι από τις πλέον γνωστές και από τις παλαιότερες χρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας. Η τεχνολογία των ανεμόμυλων, με την βοήθεια των οποίων η ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια, ήταν αρκετά γνωστή από αιώνες. Είναι ακόμα γνωστό ότι οι αρχαίοι Έλληνες ανέπτυξαν τους πολιτισμούς τους βασισμένοι στη δύναμη του ανέμου, ο οποίος κινούσε τα πλοία με τα οποία έκαναν το εμπόριο στον τότε γνωστό κόσμο.

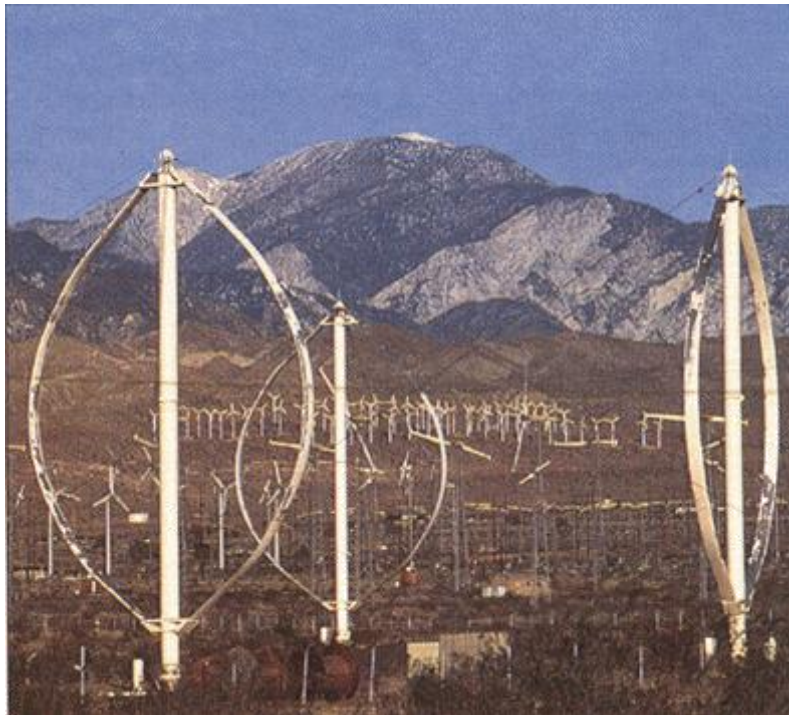
Σήμερα, στη γενική τους μορφή οι ανεμοκινητήρες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε άλλες πιο χρήσιμες μορφές ενέργειας, όπως θερμική, ηλεκτρική και φυσικά μηχανική.



Εικόνα 1: Πετρελαιοφόρο με αεροδυναμικά ιστία

Ο άνεμος, όμως, είναι μια ανεξέλεγκτη και χρονικά μεταβαλλόμενη σε όλες της τις παραμέτρους πηγή ενέργειας. Η δέσμευση και χρησιμοποίηση της ενέργειας αυτής, είναι ως εκ τούτου μια πολύ δαπανηρή διαδικασία. Η σχεδίαση και η κατασκευή μιας αποδοτικής και παράλληλα οικονομικής ανεμομηχανής δεν είναι εύκολη δουλειά. Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες ανεμομηχανές (που η επιστημονική ονομασία τους είναι “συστήματα μετατροπής της αιολικής ενέργειας”, ή πιο απλά “ανεμοκινητήρες”, ή όταν παράγουν ηλεκτρική ενέργεια “ανεμογεννήτριες”, χρησιμοποιώντας τα πρόσφατα επιτεύγματα στην τεχνολογία των υλικών, στη μηχανολογία, στην ηλεκτρονική και στην αεροδυναμική, έχουν ανεβάσει σε υψηλά επίπεδα την απόδοσή τους, μειώνοντας συνεχώς το κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

Η μελέτη ενός συστήματος ανεμογεννήτριας (Α/Γ), περιλαμβάνει την αεροδυναμική σχεδίαση και τη μελέτη εφαρμογής, στην οποία περιλαμβάνονται η μηχανολογική μελέτη και σχεδίαση, η μελέτη του ηλεκτρολογικού συστήματος και τα ηλεκτρολογικά συστήματα ελέγχου και ασφαλείας. Η αεροδυναμική σχεδίαση αποτελεί προϋπόθεση για το σχεδιασμό ενός συστήματος δέσμευσης και μετατροπής της ενέργειας του ανέμου, ενώ η ηλεκτρομηχανολογική μελέτη είναι το αμέσως επόμενο και αναγκαίο στάδιο για την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος, κατά τον αποδοτικότερο και πλέον συμφέροντα τεχνοοικονομικό τρόπο.



Εικόνα 2: Smith-Putman

Η πρώτη μεγάλη ανεμογεννήτρια, γνωστή ως Smith-Putman σχεδιάστηκε και εγκαταστάθηκε στις ΗΠΑ. Η σχεδίασή της άρχισε στα τέλη της δεκαετίας του '30 και οι δοκιμές της, έγιναν στις αρχές της δεκαετίας του '40. Η ισχύς της ήταν 1250 KW και είχε δύο πτερύγια από χάλυβα με διάμετρο περιστροφής 53 μέτρα, τοποθετημένα σε έναν πύργο ύψους 33,5 μέτρων.

Το σύγχρονο ενδιαφέρον, με κρατική χρηματοδότηση, άρχισε στις ΗΠΑ το 1973. Το πρόγραμμα της πρώτης μεγάλης Α/Γ, με τον κωδικό Mod-0, ανατέθηκε στη NASA και περιλάμβανε τη σχεδίαση, κατασκευή και δοκιμή μιας Α/Γ ισχύος 100 KW με διάμετρο δρομέα 38 μέτρα. Σκοπός του προγράμματος αυτού ήταν η εξαγωγή πληροφοριών και συμπερασμάτων για την εκπόνηση ενός ευρύτερου προγράμματος αιολικής ενέργειας.

Στην Ευρώπη την πρωτοπορία στην αγορά των ανεμογεννητριών την κατέχει η Δανία. Άλλες χώρες με ανεπτυγμένο το κλάδο σχεδίασης και κατασκευής Α/Γ, είναι η Ολλανδία, η Βρετανία, το Βέλγιο και πρόσφατα η Ιταλία και η Ισπανία.

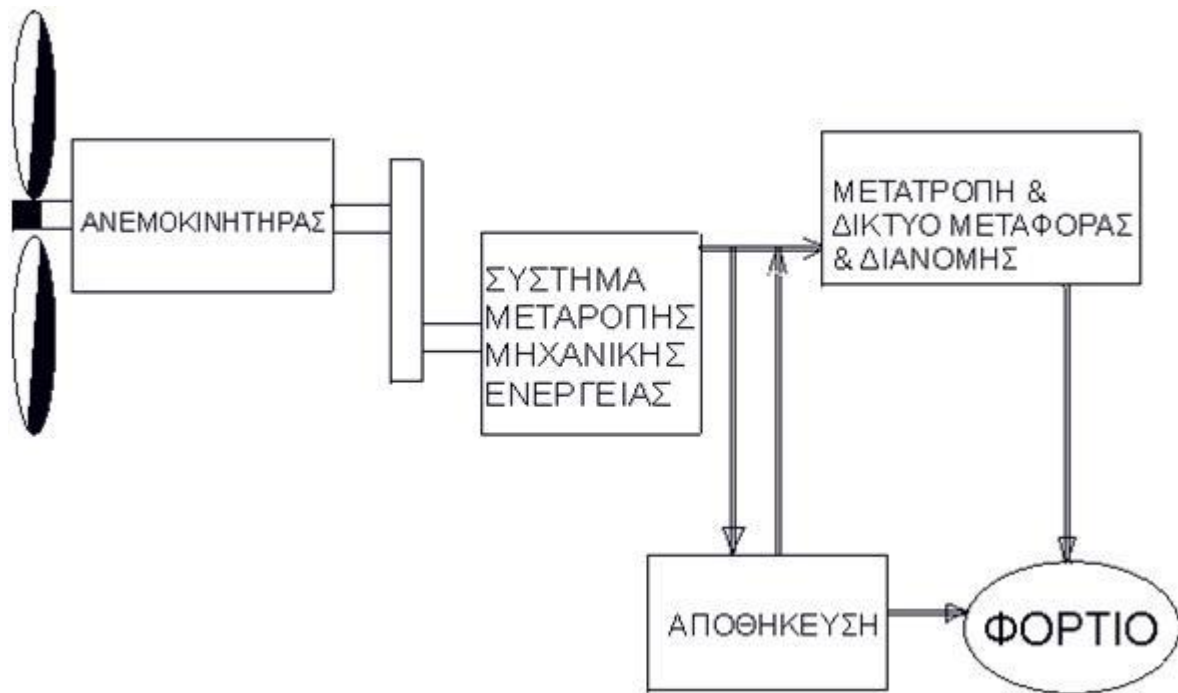
Στη χώρα μας έγινε μια προσπάθεια από την Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία, πριν από χρόνια, για τη μερική κατασκευή και συναρμολόγηση ανεμογεννητριών Βρετανικής σχεδίασης. Για διάφορους λόγους, που έχουν σχέση με τη Βρετανική εταιρία η προσπάθεια δεν παρουσίασε τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Η απόφαση, όμως της ΔΕΗ να εκμεταλλευτεί σε σημαντικό βαθμό την αιολική ενέργεια και η αναμενόμενη απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, δημιουργούν τις πολύ καλές προοπτικές στην αγορά των ανεμογεννητριών. Εάν δε, ληφθεί υπόψη ότι οι περισσότερες εταιρίες της παγκόσμιας αγοράς σχεδιάζουν τις κατασκευές τους με βάση τυποποιημένα εξαρτήματα και συστήματα, είναι φανερό ότι και η Ελλάδα μπορεί, τουλάχιστον στην εσωτερική αγορά να συμπεριλάβει και εγχώριες κατασκευές.

1.2 ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο ανεμοκινητήρας από την εποχή της εμφάνισής του μέχρι σήμερα έχει περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, τόσο ως προς τον τύπο του (οριζοντίου ή κάθετου άξονα) όσο και ως προς τα υποσυστήματά του (πτερύγια, κιβώτιο ταχυτήτων, πύργος, αυτοματισμοί, γεννήτρια κ.α.).

Εξελίξεις έχουν επίσης σημειωθεί και στον τρόπο δέσμευσης, αξιοποίησης, αποθήκευσης ή μεταφοράς της ενέργειας του ανέμου που μετατρέπεται από την Α/Γ σε άλλη μορφή ενέργειας. Μια εικόνα των βασικών μερών που αποτελούν μια διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας καθώς και της ροής ενέργειας παρουσιάζεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: Σχηματική παράσταση εγκατάστασης, εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας

Η διάταξη αυτή είναι μια γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια αεροδυναμικής διάταξης (π.χ. μιας έλικας). Αυτό το μηχανικό έργο μπορεί να είναι εκμεταλλεύσιμο επί τόπου ή να χρειαστεί να μετατραπεί σε μια άλλη μορφή ενέργειας και να μεταφερθεί στον τόπο της ζήτησης.

Παραδείγματα εκμετάλλευσης της παραγόμενης ενέργειας επί τόπου είναι αυτό της παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση του νερού που μπορεί να αποθηκευτεί, μεταφερθεί και να καεί ως αέριο καύσιμο με μηδαμινή επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Στη δεύτερη, που είναι και πιο ευρέως διαδεδομένη είναι αυτή της μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια λόγω της εύκολης μεταφοράς αλλά και της δυνατότητας που έχει να μετατρέπεται σε οποιαδήποτε άλλη μορφή θέλουμε.

Βέβαια οι μεγάλες διακυμάνσεις της ενέργειας του ανέμου με το χρόνο πολλές φορές έχουν χρονική ασυμφωνία με τη ζήτηση ενέργειας με αποτέλεσμα την αναγκαιότητα της αποθήκευσης της ενέργειας για τις χρονικές στιγμές στις οποίες η ισχύς του ανέμου πέφτει κάτω από ένα όριο.

Έτσι ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός συστήματος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας πρέπει να περιλαμβάνει:

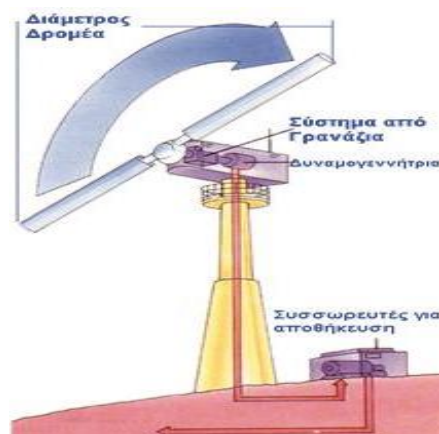
1. Μελέτη των χαρακτηριστικών του ανέμου με σκοπό την εκλογή της βέλτιστης τοποθεσίας για την εγκατάσταση της Α/Γ και την πιθανή παραγωγή ενέργειας.
2. Σχεδιασμός της αεροδυναμικής διάταξης που να μετατρέπει κατά τον αποδοτικότερο τρόπο την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανικό έργο.
3. Μελέτη της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

Όλα τα παραπάνω για να είναι εφικτά θα πρέπει το τελικό προϊόν που θα διατεθεί στην αγορά κατανάλωσης πάνω από όλα να είναι οικονομικά ανταγωνίσιμο έναντι στις άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας έτσι ώστε μια οποιαδήποτε επιστημονική προσέγγιση να μην χάσει την αξία της αλλά και το σκοπό της.

1.2.2 ΤΥΠΟΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

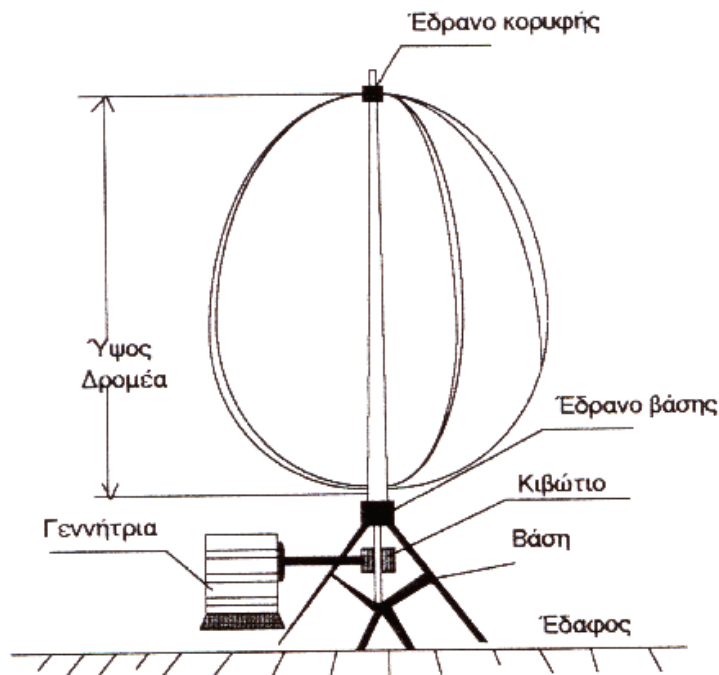
Μέχρι σήμερα έχουν επινοηθεί και λειτουργήσει από αρχαιότατων χρόνων περισσότεροι τύποι ανεμομηχανών από οποιαδήποτε άλλο τύπο εφεύρεσης. Οι ανεμοκινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου σε:

1. Οριζόντιου άξονα (Head on) στους οποίους ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου (σχήμα 2).



Σχήμα 2

2. Οριζόντιου άξονα (Cross Wind) στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της Γης αλλά κάθετος στην κατεύθυνση του ανέμου.
3. Κάθετου άξονα στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στην επιφάνεια της Γης όπως και στην ροή του ανέμου (Savonius, Darrieus, Giromill κ. α) (σχ. 3).



Σχήμα 3

Επίσης έχουν επινοηθεί και άλλοι τύποι ανεμομηχανών όπως αυτοί του ηλιακού φωτός, Venturi, με διαχυτή ή συγκεντρωτή, αεροτομής και Magnus κ.α.

1.3 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

1.3.1 ΚΙΝΗΣΗ ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η κίνηση του ανεμοκινητήρα αρχίζει λόγω των δυνάμεων και ροπών που ενεργούν στο στρεφόμενο τμήμα του, καθώς ο άνεμος διέρχεται διαμέσου του δρομέα. Οι δυνάμεις αυτές μπορεί να οφείλονται στην αντίσταση που ο δρομέας του ανεμοκινητήρα προβάλλει στη ροή του ανέμου ή σε δυνάμεις άνωσης. Οι δυνάμεις αντίστασης έχουν την ίδια φορά με την κατεύθυνση πνοής του ανέμου, ενώ οι δυνάμεις άνωσης έχουν φορά κάθετη προς την κατεύθυνση του ανέμου.

Επίσης είναι γνωστό από την Αεροδυναμική ότι η δύναμη άωσης που αναπτύσσεται πάνω σε μια αεροτομή (πτέρυγα) που βρίσκεται σε γωνία πρόσπτωσης ως προς το ρεύμα του αέρα είναι πολλαπλάσια της δύναμης αντίστασης που εφαρμόζεται στην αεροτομή. Γι' αυτό και καταρχήν οι ανεμοκινητήρες των οποίων η λειτουργία βασίζεται στην εκμετάλλευση των δυνάμεων άωσης είναι αποδοτικότεροι από τους ανεμοκινητήρες των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε δυνάμεις αντίστασης.

1.3.2 ΤΥΠΟΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥ ΑΞΟΝΑ

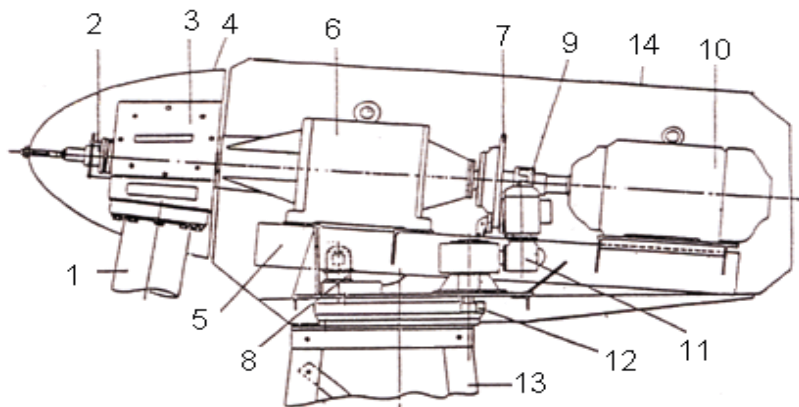
Η πιο διαδεδομένη μορφή ανεμοκινητήρα που εφαρμόζεται ευρεία στην πράξη είναι αυτός του οριζόντιου άξονα. Ο περιστρεφόμενος μηχανισμός των ανεμοκινητήρων που ονομάζεται δρομέας, μπορεί να έχει ένα πτερύγιο (μονόπτερος) μέχρι και 30 ή και περισσότερα (πολύπτερος). Σε σχέση με την θέση του δρομέα προς τον πύργο στήριξης και την διεύθυνση του ανέμου οι Α/Γ μπορεί να έχουν το δρομέα μπροστά από τον πύργο (ανάντη) ή πίσω (κατάντη).

Για την μεγιστοποίηση δέσμευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου απαιτείται το επίπεδο του δρομέα να είναι πάντοτε κάθετο στην κατεύθυνση του ανέμου και γι' αυτό το σκοπό στους μεν μικρής ισχύος ανεμοκινητήρες (ανάντη) υπάρχει ένα πτερύγιο (σχήμα 4) που ευθυγραμμίζει τον άξονα του δρομέα στον άνεμο, στους δε μεγάλους η ευθυγράμμιση γίνεται μέσω υδραυλικών συστημάτων (σερβομηχανισμού).

Ο πύργος στήριξης της Α/Γ μπορεί να είναι σωληνωτού τύπου, τύπου δικτυώματος, ή να στηρίζεται με επίτομα (συρματοσχοίνα). Ο δρομέας του ανεμοκινητήρα δεν πρέπει να ξεπερνάει κάποια μέγιστη γωνιακή ταχύτητα για λόγους προστασίας των πτερυγίων από μηχανικές καταπονήσεις που προέρχονται από φυγόκεντρες δυνάμεις. Για την προστασία αυτή έχουμε διάφορους αυτοματισμούς όπως η αεροπέδη στα ακροπτερύγια, γωνιακή στροφή του δρομέα κ.α.

1.3.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η περιγραφή αντιστοιχεί σε μια Α/Γ του τύπου «BW 10» η οποία είναι σχεδιασμένη για να παρέχει ρεύμα 220/150 Hz κυρίως για την εξυπηρέτηση εγκαταστάσεων που η σύνδεσή τους με το δίκτυο της ΔΕΗ δεν είναι δυνατόν να γίνει. Στο σχ. 4, που ακολουθεί φαίνεται η γενική μορφή της ατράκτου της Α/Γ, η οποία αποτελείται από τα εξής μέρη:



Σχήμα 4

1. Πτερύγιο
2. Φυγοκεντρικός μηχανισμός αεροδυναμικού φρένου
3. Πλήμνη
4. Κάλυμμα πλήμνης
5. Πλαίσιο ατράκτου
6. Κιβώτιο πολλαπλασιασμού
7. Δισκόφρενο
8. Υδραυλική μονάδα ελέγχου του φρένου
9. Ελαστικός σύνδεσμος
10. Γεννήτρια
11. Μονάδα προσανεμισμού ατράκτου
12. Τράπεζα ολίσθησης
13. Πυλώνας
14. Κάλυμμα ατράκτου

1.4 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

1.4.1 ΔΡΟΜΕΑΣ

Ο σχεδιασμός του δρομέα είναι ίσως το πιο βασικό ζήτημα στη απόδοση όλου του μηχανήματος. Στόχος είναι να βρεθεί ένας βέλτιστος συνδυασμός των διαφόρων παραμέτρων που συνθέτουν τον δρομέα: ταχύτητα περιστροφής, διάμετρος δρομέα, αριθμός πτερυγίων, κατανομή πλάτους πτερυγίου, κατάλληλη αεροτομή, συστροφή κ.α. Τα κριτήρια επιλογής είναι η

μεγιστοποίηση της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας και η ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής.

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

Ανάλογα με τη μορφή του δρομέα διακρίνουμε δύο διαφορετικούς τύπους:

1. Πολυπτέρυγους

Χαρακτηριστικό των δρομέων αυτών είναι η μικρή διάμετρος, η μικρή περιφερειακή ταχύτητα και η μεγάλη ροπή. Στο παρελθόν κατασκευάστηκαν σε βιομηχανική κλίμακα πολυπτέρυγοι ανεμόμυλοι (Αμερικάνικου τύπου) και βρήκαν πλατιά εφαρμογή στην άντληση νερού. Η κατασκευή τέτοιων μηχανών καθώς και η έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή τείνουν να εγκαταλειφτούν κυρίως για τον μικρό συντελεστή ισχύος και τον κατασκευαστικό περιορισμό της διαμέτρου που έχουν.

2. Ολιγοπτέρυγους

Οι δρομείς αυτοί έχουν δυο ή τρία πτερύγια (τελευταία κατασκευή δρομέας με ένα πτερύγιο μονόπτερος) , έχουν τη μορφή των πτερυγίων των ελίκων των αεροσκαφών με αρκετή συστροφή από τη βάση με το ακροπτερύγιο και μεταβαλλόμενη χορδή μέχρι με λέπτυνση προς το ακροπτερύγιο.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του δρομέα είναι ο μεγάλος συντελεστής ισχύος και η βέλτιστη λειτουργία του σε μεγάλο σχετικά λόγο ταχυτήτων ακροπτερυγίου λ.

Οι αεροτομές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των πτερυγίων παρουσιάζουν μεγάλο συντελεστή άνωσης σε μικρές σχετικά γωνίες πρόσπτωσης ενώ συγχρόνως διατηρούν χαμηλό συντελεστή αντίστασης σε ευρεία περιοχή γωνιών πρόσπτωσης με τυπικό εκπρόσωπο τέτοιων αεροτομών είναι η NACA 4412.

Οι δρομείς αυτοί είναι πιο ταχύστροφοι από τους πολυπτέρυγους δρομείς, ελαφρώς οικονομικότεροι και παρουσιάζουν ευκολία στην συναρμολόγηση του ανεμοκινητήρα.

Γενικά ο τρίπτερος δρομέας είναι κατά 5% περισσότερο αποδοτικός από τον δίπτερο και τα φορτία που ενεργούν σε κάθε πτερύγιο είναι μικρότερα με υψηλότερο όμως κόστος κατασκευής.

1.4.1.1 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΕΑ

Μας ενδιαφέρει κυρίως η συμπεριφορά του δρομέα κατά την εκκίνηση όπως και η ροπή εκκίνησης και σε αυτά μας βοηθάνε πολύ τα διαγράμματα του συντελεστή ροπής C_m , επίσης η μελέτη της συμπεριφοράς του δρομέα σε χρονικά μεταβαλλόμενες καταστάσεις, όπως η επιτάχυνση, επιβράδυνση, ριπές ανέμου, τυρβώδες πεδίο, αλλά και στο πεδίο που η ταχύτητα αλλάζει με το ύψος από το έδαφος.

1.4.1.2 ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ

Η ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων ή μέρους τους (Flaps), γίνεται για να έχουμε τις παρακάτω λειτουργίες:

1. Εκκίνηση του δρομέα στην κατάλληλη μικρότερη ταχύτητα ανέμου
2. Εκκίνηση του δρομέα με βήμα που θα μας δώσει τη μέγιστη ροπή
3. Διατήρηση της σταθερότητας των στροφών
4. Μέγιστη απόδοση σε διάφορες ταχύτητες ανέμου με μεταβολή του βήματος
5. Περιορισμός της ισχύος σε υψηλές ταχύτητες ανέμου
6. Παύση της λειτουργίας σε περιπτώσεις με θυελλώδεις ανέμους, ή η ζήτηση του φορτίου να είναι μηδενική.

Για να επιτύχουμε αυτές τις ρυθμίσεις χρησιμοποιούμε συστήματα μεταβολής του βήματος του δρομέα έτσι ώστε να έχουμε την ασφαλή λειτουργία του A/K αλλά και τη γρήγορη προσαρμογή του στις εκάστοτε συνθήκες λειτουργίας. Τα συστήματα μεταβολής του βήματος είναι:

1. Υδραυλικά - Μηχανικά

Είναι από τα παλαιότερα ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού (δεκαετίας 60-70). Χρησιμοποιήθηκαν στις περισσότερες κατασκευές της εποχής αρκετά αξιόπιστα αλλά με αρκετά προβλήματα στις ακραίες καταστάσεις εναλλασσόμενων φορτίων, και χωρίς να εξασφαλίζουν ακρίβεια προσαρμοστικότητας.

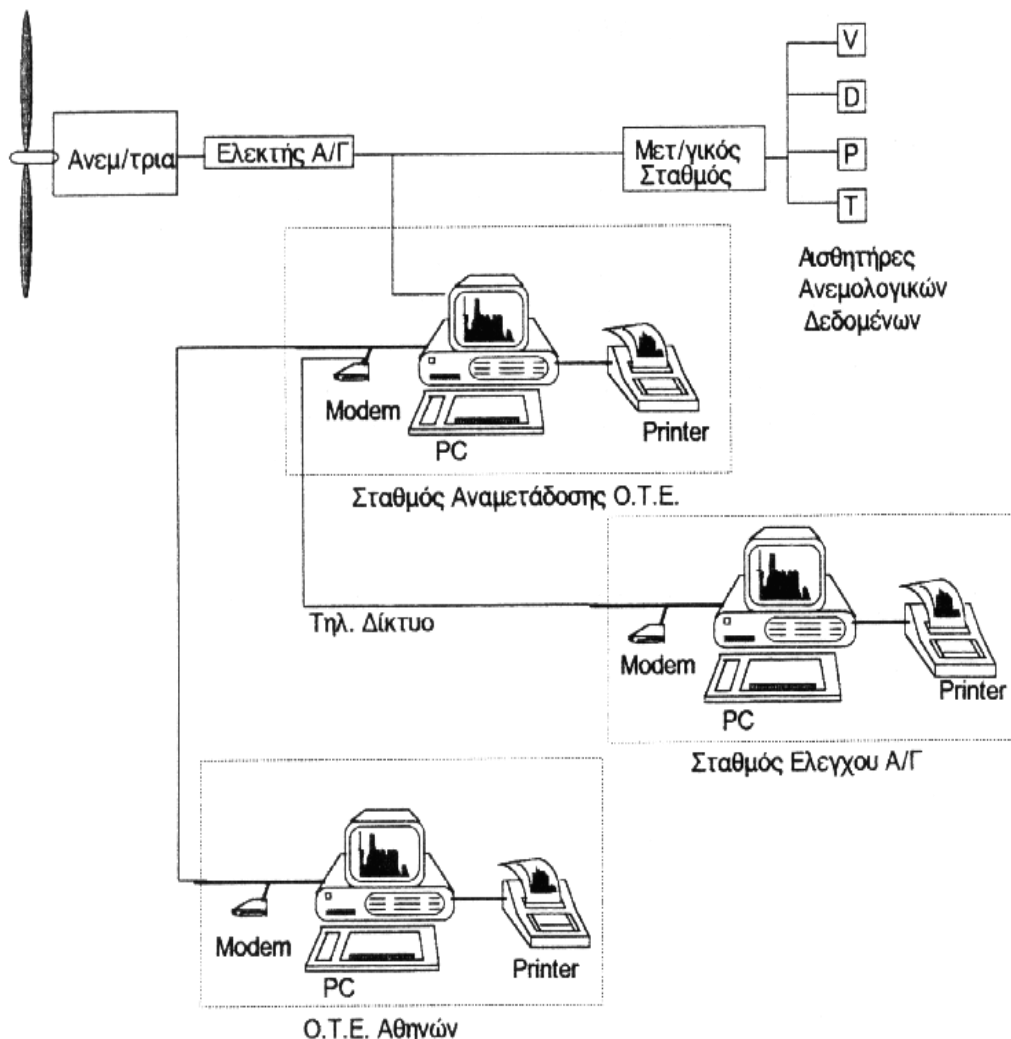
2. Σύστημα με Ελαστική Έδραση των Πτερυγίων

Με τη μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου αλλάζει η ροπή γύρω από τις εδράσεις των πτερυγίων, εκμεταλλευόμενοι αυτό το φαινόμενο βάζοντας στην έδραση των πτερυγίων με την πλήμνη μηχανισμό με ελαστικούς συνδέσμους ή ελατήρια έτσι ώστε μετά από κατάλληλο σχεδιασμό να επιτύχουμε το επιθυμητό βήμα σε κάθε ταχύτητα ανέμου.

3. Σύστημα Αντίβαρων

Τα αντίβαρα μεταβάλλοντας την απόσταση από τον άξονα ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής έτσι ώστε μέσω ενός μηχανισμού να μεταβάλλουν το βήμα και έτσι να ρυθμίζουν τις στροφές και ισχύ.

4. Ηλεκτρονικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου



Σχήμα 5: Διάταξη συλλογής, επεξεργασίας & έλεγχος Ανεμολογικών δεδομένων Α/Γ

Αυτά είναι η πιο εξελιγμένη μορφή ελέγχου και τείνουν να αποτελέσουν τη μόνη λύση στις μεσαίες και μεγάλες Α/Γ. Βέβαια και εδώ έχουμε αρκετές μορφές ελέγχου όπως αυτής με ψηφιακά κυκλώματα, προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (P.L.C), και τέλος τον έλεγχο με συστήματα υπολογιστών που είναι δυνατή η ρύθμιση από ένα λογισμικό αλλά και η παρακολούθηση από κεντρικό σταθμό μέσω μεταφοράς δεδομένων με τις τηλεφωνικές γραμμές (σχήμα 5).

1.4.2 ΠΤΕΡΥΓΙΑ



Εικόνα 3: Μεταφορά πτερυγίου με βαγόνι

Τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας κατασκευάζονται από πολυεστερικό πλαστικό με βάση την εποξική ρητίνη, ενισχυμένη με υαλονήματα (Glass fiber Reinforced Plastic-GRP) και έχουν σημαντική επίδραση στην απόδοση της ανεμογεννήτριας καθώς και στα επίπεδα θορύβου.

Το σχήμα και το προφίλ των πτερυγίων συντελούν σε:

1. Υψηλό συντελεστή απόδοσης
2. Μεγάλη διάρκεια ζωής
3. Χαμηλή στάθμη θορύβου
4. Μικρά φορτία
5. Βέλτιστη χρήση υλικών

Τα πτερύγια είναι ειδικά σχεδιασμένα να λειτουργούν με έλεγχο του βήματος των πτερυγίων και σε μεταβλητές στροφές. Το ειδικό προφίλ των πτερυγίων συντελεί στη μείωση της επίδρασης της τριβής και των ρύπων που παρουσιάζονται στο εξωτερικό τμήμα του χείλους προσβολής. Εξάλλου ένα παθητικό όριο του μεγίστου συντελεστή άνωσης περιορίζει δραματικά τις αιχμές φόρτισης της δομής των πτερυγίων.

Η χρήση της εποξικής ρητίνης επιτρέπει την κατασκευή πτερυγίων με μικρότερο βάρος σε σχέση με τα συμβατικά υλικά, μειώνοντας παράλληλα τις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες. Τα πτερύγια που κατασκευάζονται από εποξική ρητίνη παραμένουν εύκαμπτα, ενώ διατηρούν το σχήμα τους ακόμα και αν εκτεθούν σε ακραίες καιρικές καταστάσεις, όπως ισχυρή ηλιακή ακτινοβολία, καθώς το συγκεκριμένο υλικό έχει μεγάλη αντοχή στην παραμόρφωση. Ως αποτέλεσμα τα πτερύγια διατηρούν το σχήμα και τις ιδιαιτερότητές τους για μεγάλο χρονικό διάστημα, συντελώντας στην απροβλημάτιστη μακροχρόνια λειτουργία της ανεμογεννήτριας.

Η εποξική ρητίνη έχει πολύ μικρές υγροσκοπικές ιδιότητες και συνεπώς δεν απορροφά νερό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς ανεξάρτητα από την εξωτερική ειδική επίστρωση (gel coat) που φέρουν τα πτερύγια συνήθως στο εσωτερικό τους συγκεντρώνεται εργασία η οποία θα συμπυκνωθεί σε νερό. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα, με χρήση άλλου υλικού, βλάβη του πτερυγίου από την πήξη του νερού.

Τα πτερύγια εκτίθενται σε εναλλασσόμενα φορτία κατά τη διάρκεια της περιστροφής λόγω του βάρους τους. Ένα πτερύγιο καταπονείται θεωρητικά σε 57.000 εναλλαγές φόρτισης την ημέρα, ενώ στο διάστημα είκοσι ετών καταπονούνται σε 2 – 5 * 10 εναλλαγές. Η επιτρεπόμενη τάση της ενισχυμένης με υαλονήματα εποξικής ρητίνης είναι μεγαλύτερη από άλλα υλικά, επιτρέποντας έτσι μικρότερο πάχος υλικού, μικρότερο βάρος πτερυγίου και συνεπώς μικρότερα φορτία στη φλάντζα σύνδεσης του πτερυγίου.

Χάρη στις μικρές ιδιότητες ροής και τάνυσης της ρητίνης η σύνδεση του πτερυγίου με τη φλάντζα πραγματοποιείται με εξαιρετικά απλές λύσεις. Τα πτερύγια συνδέονται με την πλήμνη με ένα σύστημα κυλινδρικού περικοχλίου και κοχλία με περιστροφικούς δακτυλιοειδείς τριβείς, ενώ η πλήμνη εδράζεται με τριβείς κυλίσεως πάνω στον κυρίως άξονα ο οποίος παραμένει σταθερός (μη περιστρεφόμενος).

Η αλλαγή της κλίσης των πτερυγίων επιτυγχάνεται με τρεις ανεξάρτητους ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι ελέγχονται από μικροεπεξεργαστές. Η γωνία προσβολής του πτερυγίου ελέγχεται συνεχώς για κάθε ένα πτερύγιο ξεχωριστά. Τα τρία πτερύγια συγχρονίζονται μεταξύ τους. Αυτό επιτρέπει την επακριβή και γρήγορη ρύθμιση της γωνίας προσβολής των πτερυγίων ανάλογα με τις επικρατούσες ανεμολογικές συνθήκες.

1.4.2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ

Τα υλικά κατασκευής των πτερυγίων των δρομέων είναι ποικίλα, (πίνακας 1) σύνθετα αλλά και ιδιαίτερα για το κάθε μέγεθος. Έτσι στους μικρούς ανεμοκινητήρες συναντάμε σαν κύριο υλικό το υαλόνημα και ξύλο με εσωτερική γέμιση την πολουρεθάνη που είναι ασταθή στα εναλλασσόμενα φορτία ανθεκτικά στη διάβρωση. Στους μεγαλύτερους συναντάμε υαλονήματα με ακτινική και παράλληλη διάταξη σε πολλαπλά στρώματα. Στους μεγάλους δε χρησιμοποιούνται και πάλι τα ίδια υλικά αλλά και ανθρακονήματα κυρίως για την αυξημένη αντοχή στα μεγάλα εναλλασσόμενα φορτία.

ΥΛΙΚΟ	Επιτρεπόμενη Τάση MPa	Πυκνότητα Kgr/m ³	Κόστος (€/Kgr)
ΧΑΛΥΒΑΣ	110	7800	5.5-8
ΙΝΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ	100	1400	200
FGRP	45	2000	13
ΞΥΛΟ	12	550	13

Πίνακας 1

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι Α/Γ είναι η εμφάνιση ταλαντώσεων από την επίδραση των εναλλασσόμενων φορτίσεων του ανέμου, με δυσάρεστα και απρόβλεπτα προβλήματα αντοχής των υλικών στην αντιμετώπισή τους, ακολουθείται η παρακάτω μελέτη:

Μελέτη των τάσεων και ταλαντώσεων στα πτερύγια του δρομέα (πειραματικά και θεωρητικά).

Εύρεση κατάλληλων υλικών (συνδυασμός χαμηλού κόστους με αντοχή στις ταλαντώσεις και τάσεις) και τρόπος κατασκευή τους.

1.4.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

Στους μικρούς κυρίως ανεμοκινητήρες για λόγους κόστους χρησιμοποιούμε καθοδηγητικό πτερύγιο τοποθετημένο πίσω από τον δρομέα παράλληλα με την πλήμνη έτσι ώστε η επιφάνεια της ουράς όσο και η θέση της προς τον άξονα του πύργου, να επιλέγονται με απόκλιση του ανέμου κατά 10 μοίρες και να εξασκείται ριπή επαναπροσανατολισμού του δρομέα στον άνεμο ικανή να υπερνικήσει την αντίρροπη δύναμη λόγω γυροσκοπικού φαινομένου.

Μια άλλη παλαιότερη μορφή αλλά περισσότερο εξελιγμένη από το ουραίο πτερύγιο είναι το "ρόδο των ανέμων" όπως ονομάζεται, μια μικρή βοηθητική έλικα κάθετη στον δρομέα η οποία περιστρεφόμενη με τον αέρα όταν ο δρομέας δεν είναι κάθετος στην διεύθυνση του ανέμου κινεί με γρανάζια τον Α/Κ στην σωστή θέση.

Στους μεγάλους Α/Κ σήμερα χρησιμοποιείται σύστημα αυτομάτου ελέγχου της διεύθυνσης του ανέμου με τον ανεμοδείκτη του ανεμογράφου και ένα σερβομηχανισμό που προσανατολίζει ανάλογα τον δρομέα. Κατά την τοποθέτηση του δρομέα κατάντη του ανέμου έχουμε ευκολότερο σύστημα προσανατολισμού αλλά ο θόρυβος είναι σε υψηλότερα επίπεδα λόγω της σκίασης του πύργου πάνω στον δρομέα αλλά και αυξημένες καταπονήσεις στα πτερύγια λόγω της περιοδικότητας των φορτίσεων τους από την επισκίαση του πύργου καθώς περιστρέφεται ο δρομέας.

Ο πυλώνας διαθέτει ένα σύνθετο σύστημα για ανεμολογικές μετρήσεις στο επάνω μέρος της νασέλας. Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν ανεμοδείκτη και ένα ανεμόμετρο, τα οποία καταγράφουν συνεχώς διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου.

Ειδικότερα μία φλάντζα συνδέεται απευθείας πάνω στον πύργο. Πάνω σε αυτή τη φλάντζα τοποθετείται ο κεντρικός άξονας μαζί με μια στεφάνη με εξωτερική οδόντωση.

Οι σερβοκινητήρες εμπλέκονται με τη στεφάνη έτσι ώστε να κατευθύνουν την άτρακτο σύμφωνα με την διεύθυνση του ανέμου (Εικόνα. 4).



Εικόνα 4

Ο κεντρικός άξονας μαζί με τον κεντρικό φορέα αποτελούν το στήριγμα του συστήματος προσανατολισμού της ατράκτου. Το βάρος της νασέλας μεταφέρεται στον πύργο μέσω δύο ολισθητήρων, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στο κάτω μέρος του κεντρικού φορέα και ολισθαίνουν πάνω στη φλάντζα.

Σύντομες αλλαγές στη διεύθυνση του ανέμου έχουν ως αποτέλεσμα τη δυναμική ευθυγράμμιση της ατράκτου με τη διεύθυνση του ανέμου. Οι ολισθητήρες της ατράκτου δημιουργούν μια ροπή – από την τριβή – γύρω από τον άξονα του πύργου η οποία είναι ικανή να μεταφέρει τη ροπή, που δημιουργείται από τη δυναμική περιστροφή του συστήματος προσανατολισμού, στο πύργο. Οι ολισθητήρες της νασέλας με τη φλάντζα του πύργου δημιουργούν μια σύνδεση τριβής. Χάρη σε αυτή τη σύνδεση τριβής οι δυναμικές κινήσεις για τον προσανατολισμό της νασέλας, μεταφέρονται στον πύργο. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα προσανεμισμού και οι σερβοκινητήρες του δεν καταπονούνται εφόσον δε λειτουργούν.

Ειδικότερα το σύστημα προσανεμισμού της ανεμογεννήτριας αρχίζει να λειτουργεί από ταχύτητα ανέμου 2 m/s. Ακόμα κι αν η ανεμογεννήτρια σταματήσει λόγω υψηλών ανέμων το σύστημα προσανεμισμού θα λειτουργεί. Η νασέλα θα στρέφεται από το σύστημα προσανεμισμού εφόσον η απόκλιση της από τη διεύθυνση του ανέμου υπερβεί μια συγκεκριμένη τιμή. Η απόκλιση καθώς και ο χρόνος δειγματοληψίας εξαρτώνται από την ταχύτητα του ανέμου και από την ισχύ εξόδου της ανεμογεννήτριας.

1.4.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΠΥΡΓΟΥ ΚΑΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΥ

Ο πύργος στήριξης είναι συνήθως από μεταλλικό δικτύωμα ή μια κολώνα από μέταλλο ή μπετόν σε κυκλική (Εικόνα 5) ή πολυγωνική μορφή σε κωνικό σχήμα. Πρέπει να έχει το κατάλληλο αεροδυναμικό σχήμα ώστε να παρεμβάλει ελάχιστα στη ροή του ανέμου και να προδίδει την απαραίτητη σταθερότητα και αντοχή στην κατασκευή. Ένα επίσης σημαντικό στοιχείο είναι η ευκολία μεταφοράς και ανέγερσης του στον τόπο εγκατάστασης με τον τύπο δικτυώματος να είναι ευκολότερος στην συναρμολόγηση και ανάρτηση, ελαφρύτερος και οικονομικότερος με προβλήματα θορύβου.

Ο σωληνωτός είναι αισθητικά καλύτερος, προστατεύει όλα τα όργανα της Α/Γ στο εσωτερικό του με εσωτερική σκάλα πρόσβασης στο κουβούκλιο, παρουσιάζει ευκολία στη μεταφορά (και μετά από κάποιο ύψος) και ανέγερση με αρκετά μεγαλύτερο κατασκευαστικό κόστος αλλά έχει όμως χαμηλή ιδιοσυχνότητα (μικρότερη απ' αυτή του δρομέα) γι' αυτό και η περιοχή της ιδιοσυχνότητας του πρέπει να ξεπερνιέται γρήγορα κατά την εκκίνηση του δρομέα για αποφυγή φαινομένων συντονισμού μαζί του.

Επίσης στην περίπτωση του μεταλλικού πύργου επιβάλλεται η προστασία του έναντι της διάβρωσης με εν θερμό επιψευδαργύρωση είτε με ειδική βαφή.

Το ύψος του δρομέα πάνω από το έδαφος εξαρτάται από την μορφή και την ταχύτητα του εδάφους (μορφή οριακού στρώματος) , τα τυχόν εμπόδια στη ροή του αέρα (κτίρια, δέντρα κ.α.). Η εκλογή του ύψους είναι θέμα κόστους γιατί από την μια έχουμε την αύξηση της ταχύτητας του εκμεταλλεύσιμου ανέμου από την άλλη δε την αύξηση τους κόστους της κατασκευής.

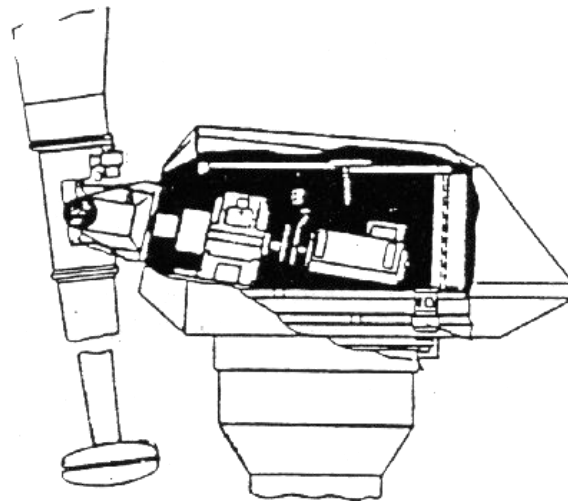


Εικόνα 5: Πύργος ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

1.4.5 ΠΛΗΜΝΗ ΚΑΙ ΚΥΡΙΟΣ ΑΞΟΝΑΣ ΤΗΣ Α/Γ

Η πλήμνη μεταφέρει την μηχανική ισχύ από τα πτερύγια στον κύριο άξονά της Α/Γ. Κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο ή χάλυβα αποφεύγοντας συγκολλήσεις οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν σημεία αδυναμίας της κατασκευής.

Στους δίπτερους δρομείς μεγάλης διαμέτρου επιβάλλεται για την μικρότερη καταπόνηση του άξονα να διαθέτει η πλήμνη ειδική διάταξη που να επιτρέπει την περιστροφή των πτερυγίων υπό μικρή γωνία ως προς το κατακόρυφο επίπεδο. Το είδος αυτό της πλήμνης λέγεται αιωρούμενη πλήμνη (Teetering hub) και φαίνεται στο σχήμα 6.



Σχήμα 6: Αιωρούμενη πλήμνη

Ο κύριος άξονας μεταφέρει τη μηχανική ισχύ του δρομέα στο κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών. Είναι συμπαγής ή κοίλος και κατασκευάζεται από χάλυβα υψηλής αντοχής με κύριες προσμίξεις χρώμιο, νικέλιο, και μολυβδαίνιο. Στο ένα άκρο του καταλήγει σε σχήμα φλάντζας μέσω της οποίας συνδέεται με την πλήμνη ενώ στο άλλο εδράζεται το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών.

Στηρίζεται σε δύο έδρανα μέσω των οποίων μεταφέρονται οι ακτινικές και ωστικές δυνάμεις στην άτρακτο και από εκεί διά του πύργου στη θεμελίωση. Για τον περιορισμό του όγκου και βάρους της κατασκευής ο κύριος άξονας μπορεί να συνδεθεί απευθείας στο κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών χωρίς την παρεμβολή εδράνων. Το κιβώτιο όμως πρέπει να είναι μεγαλύτερης ισχύος επειδή δέχεται απευθείας τα φορτία του δρομέα και συνεπώς δαπανηρότερο (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Το κουβούκλιο Α/Γ με την πλήμνη και τον κύριο άξονα χαμηλών και υψηλών στροφών

1.4.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΛΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΛΗΜΝΗΣ

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι επιβράδυνσης του δρομέα ενός ανεμοκινητήρα όπως:

1. Μεταβολή του βήματος του πτερυγίου ή του ακροπτερυγίου ή και ενεργοποίηση της αεροπέδης στο ακροπτερύγιο.
2. Στροφή του ίδιου του δρομέα παράλληλα με το ρεύμα του ανέμου
3. Αύξηση της αεροδυναμικής αντίστασης του πτερυγίου
4. Πέδηση του άξονα



Εικόνα 7

Οι μετατροπείς αιολικής ενέργειας δύνανται να ακινητοποιηθούν με πλήρως αεροδυναμικό τρόπο, στρέφοντας τα πτερύγια «έξω» από τον άνεμο με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρων (pitch drives) (Εικόνα 8).



Εικόνα 8

Με τον αεροδυναμικό τρόπο πέδησης επιτυγχάνεται μείωση των δυνάμεων και των ροπών που αναπτύσσονται στα περύγια και στην ανεμογεννήτρια, μειώνοντας έτσι ομαλά την ταχύτητα περιστροφής και επιτρέποντας την πλήρη στάση αυτής εντός ελάχιστων δευτερολέπτων. Σημειώνεται ότι οι δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την πέδηση είναι μικρότερες από αυτές της κανονικής λειτουργίας της ανεμογεννήτριας, εξαλείφοντας τις ανεπιθύμητες δυναμικές φόρτισης του φέροντα οργανισμού (main carrier) και του πύργου της ανεμογεννήτριας. Οι ηλεκτροκινητήρες μεταβολής του βήματος περυγίων στρέφουν τα περύγια εκτός ανέμου μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, με αποτέλεσμα τη μείωση των αεροδυναμικών δυνάμεων και συνακόλουθα την ταχεία πέδηση του ρότορα (Εικόνα 9).



Εικόνα 9

Άλλη μια εφαρμογή για τον έλεγχο της περιστροφής των περυγίων της ανεμογεννήτριας είναι οι υδραυλικοί βραχίονες όπως φαίνεται στην εικόνα 10.



Εικόνα 10

Ακόμα και όταν δεν είναι σε λειτουργία η ανεμογεννήτρια, ο ρότορας δεν ακινητοποιείται πλήρως αλλά περιστρέφεται ελεύθερα σε χαμηλές ταχύτητες, αποφεύγοντας την ανάπτυξη αξιοσημείωτων φορτίων και την καταπόνηση του ρότορα και των κινητών τμημάτων της ανεμογεννήτριας.

Ο ρότορας ακινητοποιείται μόνο για λόγους συντήρησης ή όταν ενεργοποιηθεί ο διακόπτης έκτακτης ανάγκης. Σε αυτή την περίπτωση ενεργοποιείται υδραυλικό δισκόφρενο με το οποίο είναι εφοδιασμένη η ανεμογεννήτρια για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, αφού έχει ήδη επιβραδυνθεί ο ρότορας με αεροδυναμικό τρόπο (Εικόνα 11).



Εικόνα 11

Σε περίπτωση που το δίκτυο παρουσιάζει βλάβη, η επιβράδυνση του ρότορα επιτυγχάνεται από ιδιαίτερη μονάδα ελέγχου πτερυγίου έκτακτης ανάγκης το οποίο ενεργοποιείται με αυτόνομη τροφοδοσία (fail safe). Κάθε ένας από τους κινητήρες έχει το δικό του εφεδρικό σύστημα συσσωρευτών. Η συνεχής διαθεσιμότητα του συστήματος είναι εγγυημένη καθώς ένα σύστημα ελέγχου εποπτεύει συνεχώς τη φόρτιση και την κατάσταση των συσσωρευτών. Η ενεργοποίηση των εν λόγω εφεδρικών συστημάτων γίνεται με ηλεκτρομηχανική ζεύξη.

1.4.7 ΚΙΒΩΤΙΟ ΠΟΛ/ΣΜΟΥ ΣΤΡΟΦΩΝ

Μεταφέρει την μηχανική ισχύ από τον κύριο άξονα της Α/Γ στην γεννήτρια μέσω συστήματος οδοντωτών τροχών (εικόνα 5). Επειδή η ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας είναι συνήθως 1000-1500 rpm και η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα μικρότερη από 50, η σχέση μετάδοσης του κιβωτίου είναι από 20 έως 50. Περιλαμβάνει δύο ή τρεις βαθμίδες οδοντωτών τροχών παράλληλων αξόνων ελικοειδούς οδόντωσης για περιορισμό του θορύβου (Εικόνα 12).



Εικόνα 12

Στις Α/Γ μεγάλης ισχύος (τάξεως του MW) προτιμάται η χρήση πλανητικού κιβωτίου λόγω του μικρότερου βάρους, μικρότερου όγκου και του μεγαλύτερου βαθμού απόδοσης. Στον παρακάτω πίνακα γίνεται σύγκριση των δύο τύπων κιβωτίου προοριζόμενα για Α/Γ 750 KW.

Κιβώτια πολ/σμού στροφών	Παράλληλων αξόνων	Πλανητικό
Βάρος	7000 kgr	5000 kgr
Διαστάσεις	2.4 x 1.5 m	1.3 x 1.3 m
Ποσότητα λαδιού Λίπανσης	825 lit	190 lit
Σχετικό κόστος	1	0.6

Πίνακας 2: Σύγκριση κιβωτίων παράλληλων αξόνων και πλανητικού τύπου

Η σχεδίαση και κατασκευή του κιβωτίου πρέπει να είναι κατάλληλη για την αντιμετώπιση των απότομων μεταβολών της ροπής του δρομέα που προέρχονται από τις ριπές του ανέμου. Για λόγους ασφαλείας η ονομαστική ισχύς του κιβωτίου λαμβάνεται 1.5 έως 2 φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική ισχύ της γεννήτριας της Α/Γ. Για την εξομάλυνση της μηχανικής ροπής και κατ' επέκταση της παραγόμενης ισχύος συνήθως η έδραση του κιβωτίου επιτρέπει την ταλάντωσή του. Το κιβώτιο εδράζεται στον κύριο άξονα της Α/Γ αλλά το κέλυφός του μπορεί να στραφεί γύρω από αυτόν κατά μια μικρή γωνία. Σε άλλες περιπτώσεις η σύνδεση μεταξύ άξονα και κιβωτίου γίνεται με πτυσσόμενο δίσκο (Shrink Disk).



Εικόνα 13

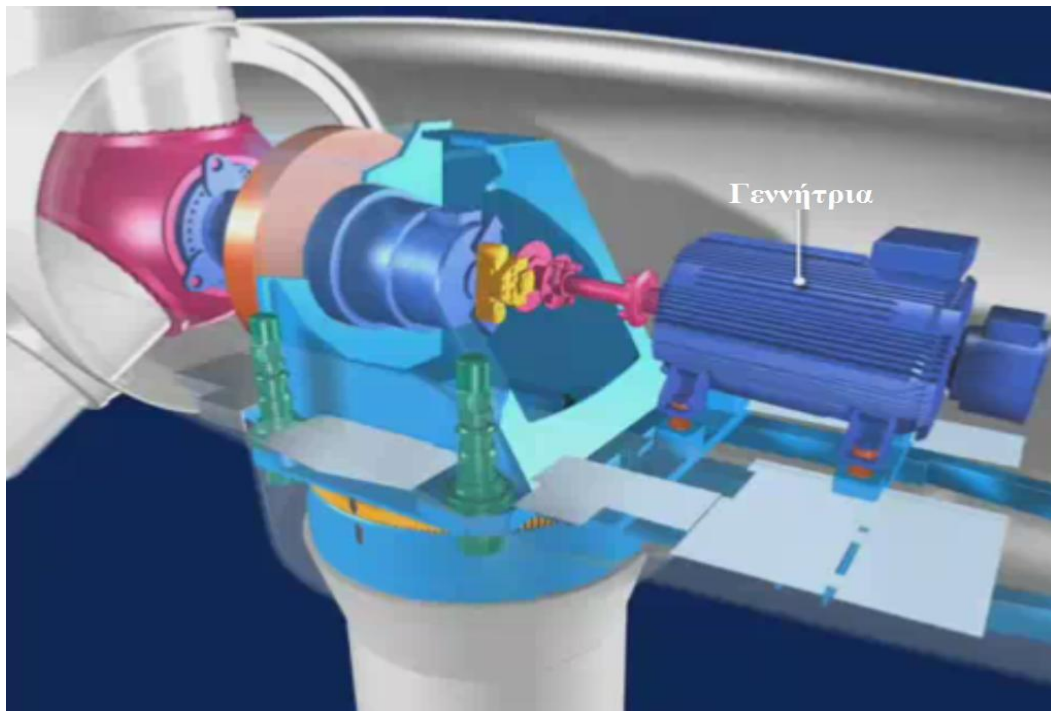
1.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

Το ηλεκτρολογικό σύστημα της Α/Γ περιλαμβάνει:

1. την ηλεκτρική γεννήτρια
2. μικρούς κινητήρες (π.χ. τον κινητήρα προσανατολισμού)
3. αυτόματους διακόπτες και ασφάλειες

1.5.1 Η ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Συνδέεται μέσω εύκαμπτων καλωδίων με τη βάση του πύργου της Α/Γ όπου βρίσκεται ο πίνακας διακοπών και ασφαλειών. Από τον πίνακα αυτό εν συνεχεία αναχωρούν καλώδια προς την κατανάλωση. Στην περίπτωση σύνδεσης της Α/Γ σε υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο, μεταξύ της Α/Γ και του δικτύου παρεμβάλλεται μετασχηματιστής ανύψωσης της τάσης. Στα νησιά του Αιγαίου η σύνδεση των Α/Γ γίνεται με γραμμές Μέσης Τάσης δηλ. 15 - 20 KV (Εικόνα 14).



Εικόνα 14

Οι συνηθέστεροι τύποι γεννητριών είναι:

1.5.1.1 ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Αυτή παρέχει την περισσότερο οικονομική λύση, καθώς έχει απλή κατασκευή (απουσία ψηκτρών στον δρομέα), εύκολη σύνδεση με το δίκτυο και απουσία ταλαντώσεων συχνότητας που αποτελούν σοβαρά πλεονεκτήματα. Διεγείρεται παίρνοντας ρεύμα μαγνήτισης από το δίκτυο στο οποίο παραλληλίζεται. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί σοβαρό μειονέκτημα όταν η εγκατεστημένη ισχύς είναι μικρότερη από την ισχύ του δικτύου. Εμφανίζονται όμως προβλήματα όταν η εγκατεστημένη ισχύς είναι συγκρίσιμη με την ισχύ του δικτύου.

Όταν η Α/Γ είναι συνδεδεμένη σε ηλεκτρικό δίκτυο τότε η άεργος ισχύς προσφέρεται από το δίκτυο. Συνήθως εγκαθίστανται επιπλέον στον πίνακα της Α/Γ πυκνωτές για την κάλυψη μέρους της άεργου ισχύος συμβάλλοντας έτσι στη βελτίωση του λεγόμενου συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης.

Αν η Α/Γ λειτουργεί αυτόνομα (μη συνδεδεμένη σε ηλεκτρικό δίκτυο) αλλά τροφοδοτεί μια χρονικά μεταβαλλόμενη κατανάλωση, η λειτουργία της γεννήτριας είναι προβληματική λόγω της δυσκολίας της ρύθμισης της άεργου ισχύος μέσω συστήματος πυκνωτών. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται σύγχρονες ή συνεχούς ρεύματος γεννήτριες.

1.5.1.2 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Έχει το πλεονέκτημα της αυτοδιέγερσης γεγονός που επιτρέπει την χρησιμοποίησή της όταν η εγκατεστημένη ισχύς είναι περίπου ίση με την ισχύ του δικτύου. Εκτός από τη μηχανική ρύθμιση ισχύος στην πτερύγωση η οποία είναι απαραίτητη ανεξάρτητα από το είδος της γεννήτριας, η σύγχρονη γεννήτρια απαιτεί και ηλεκτρική ρύθμιση ισχύος, γιατί, όταν για μια συγκεκριμένη φόρτιση (χωρική, επαγωγική, ωμική) τα KVA του φορτίου είναι συνάρτηση του ρεύματος, η τάση στα άκρα της είναι σταθερή.

Το βασικό όμως πρόβλημα διέγερσης της σύγχρονης γεννήτριας είναι ότι για να διατηρούνται οι στρόφες σταθερές απαιτούνται συστήματα αυτομάτου ελέγχου τα οποία είναι πολύπλοκα και δαπανηρά.

1.5.1.3 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥΣ ΠΟΛΟΥΣ

Χρησιμοποιείται κυρίως για αυτόνομες οικιακές εφαρμογές αφού απαιτεί συσσωρευτή "εκκίνησης" για την διέγερσή της και οι απώλειες του τυλίγματος δεν υπερβαίνουν για μικρές γεννήτριες το 5 έως 10% της ονομαστικής λειτουργίας της.

Βέβαια μετά από μεγάλη διακύμανση του ανέμου οι στρόφες αυξομειώνονται με συνέπεια οι μέσες απώλειες του τυλίγματος διέγερσης να φθάνουν το 20 έως 30% εκτός και αν παρέχεται ρεύμα στη διέγερση πάνω από μια ταχύτητα ανέμου.

Με την εύρεση νέων μαγνητικών υλικών (Hera, Ferrite Magnadur) δίνει τη δυνατότητα στις μηχανές αυτές να λειτουργούν σε συνθήκες κόρου του σιδηρομαγνητικού υλικού. Επίσης έχει τη δυνατότητα να κατασκευαστεί με μεγάλο αριθμό πόλων και έτσι περιορίζεται σημαντικά η απαιτούμενη σχέση μετάδοσης 1:1 (π.χ.250 στρ/λ.). Αυτό σημαίνει πλήρη απουσία του κιβωτίου πολλαπλασιασμού στροφών με την αντίστοιχη μείωση του κόστους. Στη δισκοειδή της μορφή καταλαμβάνει ένα μικρό εγκάρσιο μήκος και μπορεί να τοποθετηθεί σ' ένα οριζόντιο άξονα με τον δρομέα να αποτελούν ένα ενιαίο συμπαγές σύνολο.

1.5.1.4 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΛΗΜΝΗ

Ο ρότορας της γεννήτριας και η πλήμνη αποτελούν ένα συγκρότημα και για το λόγο αυτό δεν απαιτείται επιπλέον έδραση της γεννήτριας. Η γεννήτρια αποδίδει την ονομαστική της ισχύ για την ταχύτητα περιστροφής του ρότορα μόλις 31,5 σ. α. λ. ενώ η απόδοσή της υπερβαίνει το 94% σε όλο το φάσμα της λειτουργίας της.

Η λειτουργία της πολυπολικής γεννήτριας βασίζεται στη σύγχρονη γεννήτρια, ενώ το βάρος της είναι ιδιαίτερα χαμηλό συγκρινόμενο με αντίστοιχες πολυπολικές γεννήτριες που βρίσκουν εφαρμογή σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

Λόγω των χαμηλών ταχυτήτων περιστροφής και της μεγάλης επιφάνειας της γεννήτριας, η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία και οι διακυμάνσεις αυτής κατά την λειτουργία είναι μικρές, ακόμη και στην ονομαστική ισχύ. Οι μικρές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και οι μικρές μεταβολές του φορτίου έχουν ως αποτέλεσμα να ελαχιστοποιείται η μηχανική καταπόνηση και η γήρανση της γεννήτριας και της μόνωσής της. Εξάλλου, οι μεταβλητές στροφές επιφέρουν μείωση στις αιχμές της αναπτυσσόμενης ροπής. Η μεγάλη διάρκεια ζωής αποτελεί βασικό στόχο κατά την κατασκευή της γεννήτριας.

Ειδική μέθοδος ακολουθείται και για την προστασία των τυλιγμάτων της γεννήτριας. Ο στάτης λαμβάνει την πρώτη επίστρωση κατά της διάβρωσης μετά τη συναρμολόγησή του και πριν μπουν τα τυλίγματα στις σχισμές του. Τότε μόνο τα χάλκινα τυλίγματα (κατηγορία μόνωσης F155^ο σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς VDE) τοποθετούνται στις θέσεις τους. Η μόνωση μεταξύ των τυλιγμάτων και των σχισμών πραγματοποιείται με πολλαπλές στρώσεις. Το εσωτερικό είναι ηλεκτρομονωτικό σύμφωνα με το DIN IEC 674, ενώ το εξωτερικό είναι κατασκευασμένο από χαρτί αραμίδης (Nomex). Αυτός ο συνδυασμός εγγυάται χαμηλή απορρόφηση υγρασίας καθώς επίσης και καλή αντίσταση σε θερμότητα και σε χημική αλλοίωση. Τα τυλίγματα χαλκού δέχονται μία πρώτη επίστρωση για θερμική προστασία και κατόπιν μία επιπλέον με βάση την πολυαμίδη. Η όλη μόνωση είναι συνδυασμός δύο διαφορετικών βερνικιών. Με αυτή τη διπλή επίστρωση επιτυγχάνεται η βέλτιστη προστασία των τυλιγμάτων.

Μετά την τοποθέτηση των τυλιγμάτων ο στάτης εμβαπτίζεται μέσα σε μάνιο ρητίνης σε κενό αέρος. Η χρησιμοποιούμενη ρητίνη δεν έχει άλλες προσμίξεις και βασίζεται στον ακόρεστο πολυεστέρα. Η μέθοδος της εμβάπτισης σε κενό πετυχαίνει τη διάχυση της ρητίνης και στα πιο μικρά κενά μεταξύ των τυλιγμάτων και των εγχοπών, αποβάλλοντας τον αέρα ανάμεσα τους. Κατόπιν ο εμβαπτισμένος στάτης ψήνεται σε ειδικό φούρνο. Στη συνέχεια εφαρμόζεται στα τυλίγματα ένα επιπλέον βερνίκι το οποίο τα προστατεύει μηχανικά και υδροστατικά.

Τέλος, μια εκτεταμένη δοκιμή κατά DIN VDE 0530 (δοκιμή μόνωσης υπό τάση διπλάσια της ονομαστικής συν επιπλέον 1000 V, για ένα λεπτό) επιβεβαιώνει τη σωστή κατασκευή της γεννήτριας.

1.5.1.5 ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Οι μηχανές Σ.Ρ. είναι πολύ περισσότερο εύκολο να ελεγχθούν απ' ό τι οι μηχανές Ε.Ρ. και συνεπώς από την πλευρά αυτή προσφέρονται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο και κυρίως για μικρές αυτόνομες μονάδες. Στην περίπτωση αυτή ή τροφοδοτούν απ' ευθείας συσκευές συνεχούς ρεύματος ή φορτίζουν συσσωρευτές, που με τη βοήθεια Inverter μετατρέπεται το ρεύμα σε εναλλασσόμενο για την τροφοδότηση συνηθισμένων οικιακών συσκευών. Βέβαια παρουσιάζουν ορισμένα μειονεκτήματα που κυρίως είναι η ευπάθεια και η συντήρηση του συστήματος ψηκτρών – συλλέκτη. Αλλά το μικρό κόστος και η ευκαμψία τους τις έχει καθιερώσει σε αυτές τις εφαρμογές.

1.5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ Μ/Σ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Στη χαμηλή τάση του μετασχηματιστή είναι συνδεδεμένα όλα τα καλώδια τα οποία προέρχονται από τις καμπίνες ισχύος χαμηλής τάσης της ανεμογεννήτριας. Στην πλήμνη, υπάρχουν οι ανορθωτές (rectifiers) οι οποίοι μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα χαμηλής συχνότητας της γεννήτριας σε συνεχές. Το συνεχές αυτό ρεύμα μεταφέρεται με dc μονοπολικά καλώδια στη βάση του πύργου στους μετατροπείς (inverters), οι οποίοι μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο συχνότητας 50Hz. Οι μετατροπείς ελέγχονται από το κατάλληλο λογισμικό, το οποίο παρακολουθεί όλα τα μεγέθη του δικτύου (τάση, ρεύμα κλπ.) και σύμφωνα με τις εντολές του χρήστη παλμοδοτεί ανάλογα τα ημιαγωγικά στοιχεία των μετατροπέων. Οι εντολές του χρήστη αναφέρονται στις ονομαστικές τιμές των μεγεθών του δικτύου (π.χ. ονομαστική τιμή τάσης) καθώς και στη λειτουργική συμπεριφορά της γεννήτριας ως προς το δίκτυο π.χ. το συντελεστή ισχύος. Με τον τρόπο αυτόν, ελέγχεται πλήρως η ενεργός και άεργος ισχύς μεταξύ δικτύου και γεννήτριας. Στις καμπίνες ισχύος χαμηλής τάσης, υπάρχουν επίσης όλα τα απαραίτητα φίλτρα ώστε το ημιτονοειδές ρεύμα να είναι απαλλαγμένο από υψηλές αρμονικές. Οι καμπίνες ισχύος είναι συνδεδεμένες με την πλευρά χαμηλής τάσης του μετασχηματιστή μέσω εύκαμπτων καλωδίων χαλκού. Το κάθε καλώδιο προστατεύεται στον πίνακα διανομής χαμηλής τάσης με ασφάλειες.

1.5.3 ΑΥΤΟΜΑΤΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ-ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΗΛ. ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Στον ηλεκτρικό πίνακα της Α/Γ είναι τοποθετημένοι αυτόματοι διακόπτες για το άνοιγμα ή κλείσιμο των κυκλωμάτων κατόπιν εντολών, που προέρχονται από το σύστημα ελέγχου της Α/Γ, ασφάλειες για την προστασία του ηλεκτρικού της κυκλώματος έναντι υπερέντασης βραχυκυκλώματος και το σύστημα ελέγχου της.

Ένα εκτεταμένο σύστημα μετρήσεων και παρακολούθησης εγγυάται την ασφάλεια της ανεμογεννήτριας. Όλες οι συνθήκες που καθορίζουν την ασφάλεια της ανεμογεννήτριας μετρώνται με ηλεκτρονικούς αισθητήρες (αισθητήρες θερμότητας, μικροδιακόπτες, γωνιακοί ή γραμμικοί καταγραφείς ταχύτητας κ.α.). Σε ένα δεύτερο επίπεδο ελέγχου περιλαμβάνονται υψηλής ποιότητας μηχανικοί αισθητήρες. Εξάλλου αρκετές συνθήκες που σχετίζονται με την ασφάλεια, όπως η ταχύτητα του ρότορα και η θερμοκρασία της γεννήτριας παρακολουθούνται από περισσότερους και ανεξάρτητους μεταξύ τους αισθητήρες. Εάν κάποιος από τους αισθητήρες καταγράψει κάποιο σοβαρό σφάλμα, η ανεμογεννήτρια θα σταματήσει αμέσως.

1.6 ΣΤΑΔΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

1.6.1 ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Τελειώνοντας τη διαδικασία εκκίνησης, όπου διαφέρει από κάθε τύπο Α/Γ, μπαίνει σε κανονική λειτουργία. Κατά την κανονική λειτουργία παρακολουθούνται συνεχώς οι ανεμολογικές συνθήκες και η κατάσταση όλων των αισθητήρων. Η άτρακτος προσανεμίζεται και βελτιστοποιείται η ταχύτητα του ρότορα, η διέγερση της γεννήτριας και η παραγόμενη ισχύς.

1.6.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕ ΜΕΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Κατά τη λειτουργία με μερικό φορτίο, η ταχύτητα περιστροφής και η ισχύς εξόδου προσαρμόζονται συνεχώς στις εκάστοτε ανεμολογικές συνθήκες. Όταν το φορτίο πλησιάζει το ονομαστικό, τότε η γωνία προσβολής αλλάζει ελαφρά ώστε να επιτυγχάνονται καλύτερες αεροδυναμικές συνθήκες. Η ταχύτητα του ρότορα και η ισχύς εξόδου αυξάνονται σε μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου. Ο ρυθμός αύξησης της παραγόμενης ισχύος (dp/dt) είναι ρυθμιζόμενος και κατά την κανονική λειτουργία, όπως και κατά την εκκίνηση.

1.6.3 ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Πάνω από την ονομαστική ταχύτητα ανέμου ο ρότορας θα περιστρέφεται λίγο πάνω ή λίγο κάτω από την ονομαστική του ταχύτητα αλλάζοντας τη γωνία προσβολής των πτερυγίων, ενώ η ισχύς εξόδου παραμένει στην ονομαστική (ελεγχόμενη λειτουργία). Για τον υπολογισμό της βέλτιστης γωνίας προσβολής των πτερυγίων λαμβάνονται υπόψη η ταχύτητα και η επιτάχυνση περιστροφής του ρότορα καθώς και η ταχύτητα και η επιτάχυνση του ανέμου και στη συνέχεια δίνεται εντολή στους τρεις ανεξάρτητους κινητήρες μεταβολής του βήματος των πτερυγίων. Έτσι η ισχύς εξόδου διατηρείται στην ονομαστική της τιμή.

Επιπροσθέτως οι ανεμογεννήτριες παρέχουν κι έναν τρόπο λειτουργίας στον οποίο η ισχύς εξόδου εξαρτάται από την τάση του δικτύου (προαιρετικά). Η τάση του δικτύου μετράται συνεχώς κι όταν π.χ. αυξηθεί τη νύχτα λόγω χαμηλής κατανάλωσης τότε η ισχύς εξόδου της θα μειωθεί αμέσως.

1.6.4 ΑΕΡΓΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Όταν η ανεμογεννήτρια σταματήσει να παράγει (π.χ. λόγω έλλειψης ανέμου) τα πτερύγια στρέφονται σε γωνία προσβολής σε σχέση με την κανονική λειτουργία. Ο ρότορας θα συνεχίσει να περιστρέφεται με μια πολύ μικρή ταχύτητα. Εάν ο ρότορας υπερβεί αυτήν την ταχύτητα τότε τα πτερύγια θα στραφούν περισσότερο πλησιάζοντας πιο πολύ την θέση ηρεμίας (όπου είναι καθορισμένη από τον κατασκευαστή {90°} το συνηθέστερο). Αυτός ο τρόπος λειτουργίας ονομάζεται άεργος λειτουργία. Η άεργος λειτουργία μειώνει τα φορτία και δίνει τη δυνατότητα να ξεκινήσει η παραγωγή ενέργειας σε σύντομο χρονικό διάστημα.

1.7 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ



Εικόνα 15: Πλήγμα Α/Γ από κεραυνό

Ο κεραυνός θα εκκενωθεί από το πτερύγιο (ή την άτρακτο) στη θεμελιακή γείωση της ανεμογεννήτριας μέσω ενός συνεχούς συστήματος αγωγών, παρακάμπτοντας τριβείς, συνδέσμους και άλλα κινητά μέρη της ανεμογεννήτριας, ασχέτως της θέσης του ρότορα ή των πτερυγίων.

Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας περιλαμβάνει την ανάπτυξη ειδικού εξοπλισμού από το ακροπερύγιο και την άτρακτο έως τη θεμελιακή γείωση:

1. Το ακροπερύγιο είναι κατασκευασμένο εξ' ολοκλήρου από χυτό αλουμίνιο, ενώ τα χείλη προσβολής και τα χείλη εκφυγής του περυγίου φέρουν αγωγή με ταινία αλουμινίου. Τα ελάσματα αυτά συνδέονται αγωγή με το ακροπερύγιο και καταλήγουν κοντά στη βάση του περυγίου σε δακτύλιο αλουμινίου. Ο εν λόγω δακτύλιος βρίσκεται σε ασφαλή απόσταση από τα αγωγή μέρη της φλάντζας συνένωσης των περυγίων (προσαρμογέας/περικόχλιο, τριβείς, κ.α.), εξασφαλίζοντας τη μόνωσή τους από το περύγιο. Σε περίπτωση κεραυνοπληξίας το ρεύμα του κεραυνού δε θα εκκενωθεί μέσω της πλήμνης και των εδράσεων αυτής, με αποτέλεσμα τα παραπάνω στοιχεία να προστατεύονται από σημαντικές ζημιές.
2. Η διοχέτευση προς γη του ηλεκτρικού ρεύματος του κεραυνού γίνεται άμεσα στα μη κινούμενα στοιχεία της ανεμογεννήτριας μέσω διατάξεων σπινθηριστών. Οι σπινθηριστές ενώνονται αγωγή με τον κεντρικό φορέα της ανεμογεννήτριας και το μεταλλικό πύργο, μέσω των οποίων το ρεύμα του κεραυνού διοχετεύεται εξασθενημένο στη θεμελιακή γείωση της ανεμογεννήτριας.

Η αντικεραυνική προστασία των ηλεκτρονικών τμημάτων του εξοπλισμού επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση αυτών εντός γαλβανισμένων μεταλλικών πινάκων. Τα σήματα δεδομένων εισόδου και εξόδου προστατεύονται με τη χρήση οπτικών ινών ή ρελέ. Ακόμη σε περίπτωση κεραυνού ή ακόμα κάποιας ασυνήθιστης υπέρτασης όλα τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα προστατεύονται από ειδικές διατάξεις. Το σύστημα τηλεμέτρησης προστατεύεται από ειδική διάταξη για μεταφορά δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΔΕΗ-ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι ιδεώδεις ανεμολογικές συνθήκες των Ελληνικών νησιών σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος καυσίμου στους αυτόνομους Σταθμούς παραγωγής (ΑΣΠ) ώθησαν τη ΔΕΗ να διερευνήσει τις δυνατότητες εκμετάλλευσης της Αιολικής ενέργειας.

Η συστηματική μελέτη του Αιολικού δυναμικού στα Ελληνικά νησιά ,από τη ΔΕΗ άρχισε στα μέσα της δεκαετίας του '70 με την εγκατάσταση ενός εκτεταμένου δικτύου ανεμολογικών μετρήσεων και με τη χρησιμοποίηση μαθηματικών μοντέλων (Μελέτη ΑΙΟΛΟΣ 1988 , με επιδότηση από την Ε.Ε).

Με βάση αυτές τις μελέτες και έρευνες, η ΔΕΗ επισήμανε ένα σημαντικό αριθμό θέσεων, όπου η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από Αιολική ενέργεια θα ήταν οικονομικά βιώσιμη σ' εμπορική βάση.

Επίσης οι ιδιαιτερότητες των Αυτόνομων (μη διασυνδεδεμένων με το δίκτυο της Ηπειρωτικής χώρας) Σταθμών παραγωγής DIESEL, όπως και τα ασθενή νησιωτικά δίκτυα, επέβαλαν την αναζήτηση λύσεων ώστε να καταστεί δυνατή η επιζητούμενη εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας. Για το σκοπό αυτό η ΔΕΗ συνεργάζεται με Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα και ερευνητικά κέντρα.

2.1.1 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Το εξαιρετικό αιολικό δυναμικό των νησιών του Αιγαίου είναι γνωστό από την αρχαιότητα . Γνωρίζουμε την ευρύτατα διαδεδομένη χρησιμοποίηση των ανεμόμυλων για την άντληση νερού και την άλεση σιτηρών όπως και τα αποτελέσματα της δράσης των ανέμων στη βλάστηση ακόμη και στη μορφολογία του εδάφους.

Σήμερα, η Αιολική Ενέργεια βρίσκεται και πάλι στο προσκήνιο, αυτή τη φορά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2 ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

2.2.1 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Εικόνα 1

Για να αποκτηθεί η σχετική εμπειρία αλλά και να επισημανθούν στην πράξη τα προβλήματα της αξιοποίησης της Αιολικής ενέργειας, η ΔΕΗ εγκατέστησε και λειτούργησε στη δεκαετία του '80 μία σειρά επιδεικτικών μονάδων, οι οποίες επιδοτήθηκαν από την Ε.Ε., στα νησιά:

1. Κύθνος (5 Ανεμογεννήτριες (Α/Γ) των 20 KW οι οποίες αντικαταστάθηκαν με αντίστοιχες των 33 KW)
2. Μύκονος (1Α/Γ των 100 KW)
3. Κάρπαθος (1 Α/Γ των 175 KW)
4. Σκύρος (1 Α/Γ των 140 KW)

Με βάση την ενθαρρυντική εμπειρία από τις παραπάνω μονάδες, τη χρονική περίοδο 1990 - 91 η ΔΕΗ, με δικό της προσωπικό, και μέσα στο πλαίσιο του κοινοτικού προγράμματος HORS QUOTA, εγκατέστησε 51 Ανεμογεννήτριες (Α/Γ) στα νησιά:

1. Χίο (10 Α/Γ των 100 KW)
2. Ικαρία (7 Α/Γ των 55 KW)
3. Σάμο (9 Α/Γ των 100 KW)
4. Λήμνο (8 Α/Γ των 55 KW και 7 Α/Γ των 100 KW)
5. Κάρπαθο (5 Α/Γ των 55 KW)
6. Σαμοθράκη (4 Α/Γ των 55 KW)
7. Στη συνέχεια, μέσα στο 1992, η ΔΕΗ εγκαθιστά έξι ακόμα εμπορικά Αιολικά Πάρκα (Α/Π)

8. Άνδρο (7 Α/Γ των 225 KW)
9. Σάμο (9 Α/Γ των 225 KW)
10. Ψαρά (9 Α/Γ των 225 KW)
11. Κρήτη (17 Α/Γ των 300 KW)
12. Χίο (11 Α/Γ των 225 KW)
13. Εύβοια (17 Α/Γ των 300 KW)

Αυτά τα Αιολικά Πάρκα (Α/Π) επιδοτήθηκαν από την Ε.Ε. στα πλαίσια των ΜΟΠ και του προγράμματος VALOREN . Τα Α/Π της Εύβοιας και της Κρήτης, στα οποία παρουσιάστηκαν σοβαρά τεχνικά προβλήματα τέθηκαν εκτός λειτουργίας από το 1994 μέχρι το 1997 και σήμερα βρίσκονται στο στάδιο της επισκευής (αντικατάσταση πτερυγίων και ριζική ανακατασκευή του μηχανισμού αλλαγής κλίσεως), που αναμένεται να ολοκληρωθεί σύντομα.

Τα υπόλοιπα τέσσερα Α/Π βρίσκονται σε κανονική εμπορική λειτουργία με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σε μερικές περιπτώσεις η διεύθυνση της Αιολικής Ενέργειας ξεπέρασε το 12% (Άνδρος). Αν και το ενδιαφέρον της ΔΕΗ σήμερα, επικεντρώνεται κυρίως σε εμπορικά προγράμματα, η επιχείρηση δεν παύει να παρακολουθεί στενά τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της Αιολικής Ενέργειας. Το 1993 εγκαταστάθηκαν στην Κρήτη δύο μεγάλες επιδεικτικές ανεμογεννήτριες των 500 KW η κάθε μία, στο πλαίσιο του προγράμματος Joule ενώ το Μάρτιο του '96 προστέθηκε άλλη μία ανεμογεννήτρια των 500 KW.

2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με το σύστημα διαχείρισης δικτύου το ρεύμα της γεννήτριας θα ανορθωθεί, θα μετασχηματιστεί και θα μορφοποιηθεί σε μορφή και τιμή σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τα πρότυπα του Διαχειριστή του Δικτύου και τότε μόνο θα τροφοδοτηθεί στο δίκτυο, μέσω ενός μετασχηματιστή Χαμηλής Τάσης/Μέσης Τάσης (0,4/20 ή 0,4/15 kV).

Η μορφή του ρεύματος είναι ημιτονοειδής χωρίς αρμονικές ενώ ένα φίλτρο υψηλών συχνοτήτων διασφαλίζει την τήρηση όλων των απαιτήσεων όσον αφορά την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) και την ποιότητα ισχύος.

Το ρεύμα παράγεται με μικροηλεκτρονικά και ηλεκτρονικά ισχύος σε σχέση με ένα ρεύμα αναφοράς. Το ρεύμα αναφοράς καθορίζεται από την παραγωγή ισχύος της ανεμογεννήτριας και τη επιθυμητή φασική γωνία με την τάση του δικτύου (επιθυμητό $\cos\phi$). Η τιμή αυτή συγκρίνεται με την πραγματική τιμή του διοχετευμένου ρεύματος κάθε 100 μs και διορθώνεται ανάλογα.

Τα όρια λειτουργίας της ανεμογεννήτριας για παράλληλη σύνδεση με το δίκτυο ουσιαστικά τίθενται από τους περιορισμούς του δικτύου (ελάχιστη και μέγιστη τάση). Αυτές οι δύο τιμές (υπό- και υπέρ- τάση), όπως επίσης και η χρονική σταθερά για το διάστημα μέτρησης, μπορούν να ορισθούν διακριτά μεταξύ τους ως μεταβλητές για τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας ανάλογα με τις απαιτήσεις του διαχειριστή του δικτύου. Μια ελάχιστη και μια μέγιστη τιμή μπορεί επίσης να οριστεί και για τη συχνότητα.

Τη στιγμή που μία ανεμογεννήτρια ή ένα αιολικό πάρκο τίθενται σε παράλληλη λειτουργία με το δίκτυο συχνά παρατηρείται ανύψωση τάσης. Συνήθως η μεταβολή αυτή εξισορροπείται με ρυθμιζόμενους μετασχηματιστές ή με σύγχρονες γεννήτριες. Η παραγωγή ισχύος της ανεμογεννήτριας δέχεται ως μεταβλητή τον επιθυμητό ρυθμό αύξησης της παραγόμενης ισχύος (dP/dt) ο οποίος μπορεί να προεπιλεγθεί. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στους ρυθμιζόμενους μετασχηματιστές ή στις σύγχρονες γεννήτριες του συστήματος να προσαρμόζονται στην εκάστοτε κατάσταση (στοιχεία τα οποία κατά κανόνα μεταβάλλουν με πιο αργούς ρυθμούς τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους). Ο έλεγχος αυτός της ρύθμισης ισχύος ενεργοποιείται αυτομάτως (π.χ. κατά τη διάρκεια δυνατών μεταβλητών ανέμων ή καταιγίδων) έτσι ώστε να απαλλάσσει το σύστημα από ταχείες διακυμάνσεις της συχνότητας και της τάσης.

2.3.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Σύμφωνα με την μελέτη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου τα ΥΑΠ αποτελούν συγκεντρωμένη μεγάλη ισχύ Α/Γ που συνδέεται σε ένα κόμβο του ηλεκτρικού συστήματος διαφέρουν από τις διασυνδέσεις των νησιών μόνο ως προς το ότι δεν υπάρχουν στην ίδια γραμμή παρά μόνο οι ίδιες καταναλώσεις, που γενικά είναι πολύ μικρές. Αναλυτικότερα, το ηλεκτρικό δίκτυο που απαιτείται για την μεταφορά της παραγόμενης, από τις Α/Γ, ισχύος από την ακτή στο ηπειρωτικό ηλεκτρικό σύστημα, περιλαμβάνει συνήθως τρία Τμήματα:

1. Το Υποβρύχιο Καλώδιο ΥΤ και τον Υ/Σ υποδοχής της ισχύος του ΥΑΠ στην ακτή, όπου και συνδέεται με το λοιπό ηλεκτρικό σύστημα.
2. Τον Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ που συνήθως κατασκευάζεται επί εξέδρας, η οποία κατασκευάζεται ώστε να βρίσκεται κοντά στο κέντρο του ΥΑΠ.
3. Το δίκτυο σύνδεσης των Α/Γ στον επί της εξέδρας Υ/Σ

Το Τμήμα 1 προφανώς είναι ακριβώς όμοιο με τα της σύνδεσης των νησιών όπως καθορίζετε από την ΔΕΗ.

Το Τμήμα 2, όσον αφορά μεν τον Υ/Σ είναι επίσης παρόμοιο αλλά κατασκευαστικά προσαρμόζεται στις βαρείες συνθήκες περιβάλλοντος (είναι πάντα κλειστός). Όσον αφορά δε την πλατφόρμα έδρασής του εφαρμόζονται

τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για τις εξέδρες άντλησης πετρελαίου από τον πυθμένα της θάλασσας.

Το Τμήμα 3 διαμορφώνεται συνήθως όπως και στα επίγεια αιολικά πάρκα, αλλά φυσικά με κατάλληλα Υποβρύχια Καλώδια αντί Υπόγεια. Υπάρχει προφανώς ένα πλήθος κατασκευαστικών διαφορών του τμήματος ζεύξεως και προσαρμογής της τάσεως του δικτύου στην τάση της γεννήτριας της Α/Γ από τα αντίστοιχα των επίγειων Α/Γ. Ειδικότερα όσον αφορά στον μετασχηματιστή ανυψώσεως της τάσεως της γεννήτριας και τα εκατέρωθεν αυτού μέσα ζεύξεως και διακοπής, η εγκατάστασή τους γίνεται πάντοτε εντός του πυλώνα της Α/Γ, και συνοδεύεται από κατάλληλες κατασκευές που εξασφαλίζουν την πρόσβαση σε αυτά. Όσον αφορά επίσης στα μέσα παρακολούθησης της λειτουργίας, ανίχνευσης βλαβών κλπ και την μεταφορά των σημάτων, σημειώνεται ότι είναι σημαντικά περισσότερα από τα αντίστοιχα επίγεια, λόγω των δυσκολιών ή και αδυναμίας πρόσβασης για σχετικά μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Σημειώνεται τέλος ότι όπως για τα μεγάλα ΥΑΠ που σχεδιάζονται η σύνδεσή τους στο δίκτυο θα γίνεται με τεχνολογία DC, δηλαδή μέσω μετατροπέων AC/DC και DC/AC, ενώ μελετάται ήδη η δυνατότητα πληρέστερου ελέγχου τους μέσω των μετατροπέων αυτών. Ειδικότερα ορισμένες από τις απαιτήσεις που θέτουν οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις για την μη άμεση αποσύνδεση σε περιπτώσεις βυθίσεων της τάσεως του ηλεκτρικού συστήματος ή και συμμετοχής των Α/Γ στον έλεγχο της τάσεως, μέσω του ελέγχου της ροής έργου ισχύος, να επιτυγχάνονται μέσω αυτών των μετατροπέων.

2.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΑΠ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

2.4.1 ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

2.4.1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συστηματική μελέτη και η σε μεγάλη έκταση ανάπτυξη των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων (ΥΑΠ) άρχισε από το 2000 περίπου, έκτοτε αυξάνεται με συνεχώς επιταχυνόμενο ρυθμό και προβλέπεται να συνεχιστεί καθ' όλη την επόμενη 20ετία. Η προοπτική αυτή υφίσταται κυρίως στις χώρες που πρωτοπορούν στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας (Γερμανία, Δανία κ.ά.), όπου οι επίγειες θέσεις, στις οποίες μπορεί να εγκατασταθούν αιολικά πάρκα, σχεδόν ήδη εξαντλούνται, αλλά και σε πολλές άλλες (Αγγλία, Ολλανδία κ.ά.). Στην επίτευξη του στόχου συμβάλλει αποφασιστικά η παράλληλη τεχνολογική ανάπτυξη αξιόπιστων για θαλάσσια εγκατάσταση Ανεμογεννητριών (Α/Γ) μεγάλης ισχύος, της περιοχής 3-5MW, η οποία μπορεί να λεχθεί ότι έχει ήδη επιτευχθεί. Παραμένουν βέβαια προς περαιτέρω εξέταση πολλά τεχνικά θέματα,

όπως είναι αυτά των θεμελιώσεων και της αντοχής των Α/Γ στις ειδικές συνθήκες λειτουργίας τους σε μεγάλες αποστάσεις από την ακτή. Αυτά αφορούν κυρίως τις καταπονήσεις λόγω ακραίων καιρικών συνθηκών, τις έντονες διαβρώσεις, τα θέματα της πληρέστερης παρακολούθησης και ελέγχου της λειτουργίας και της καλύτερης συνεργασίας με το ηλεκτρικό σύστημα στο οποίο συνδέονται. Για το τελευταίο θέμα επιδιώκεται με την κατάλληλη προσαρμογή των υφισταμένων τεχνολογιών ή και την ανάπτυξη νέων, ο έλεγχος της λειτουργίας του αιολικού πάρκου κατά τρόπο που να προσομοιάζει κατά το δυνατόν με συμβατική μονάδα της αυτής περίπου ισχύος. Ως πρώτα βήματα ανάπτυξης ΥΑΠ μπορεί να θεωρηθούν: η εγκατάσταση μιας Α/Γ250kW το 1990 σε απόσταση 250m από την ακτή στη Σουηδία και ακολούθως, την περίοδο 1991-95 στην Δανία, η εγκατάσταση δύο αιολικών πάρκων συνολικής ισχύος περί τα 5MW ανά πάρκο με μικρές σχετικά Α/Γ (μέχρι 500kW), σε αποστάσεις 1,5 έως 3,0km από την ακτή και τέλος το 1997 η θέση σε λειτουργία του πρώτου σχετικά μεγάλου ΥΑΠ με 28 Α/Γ των 600kW.

2.4.1.2. ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΥΑΠ

Κατά τον σχεδιασμό των ΥΑΠ ακολουθούνται οι βασικές αρχές και κανόνες που έχουν αναπτυχθεί για τα επίγεια αιολικά πάρκα, αλλά με σημαντικές διαφορές οι οποίες αφορούν τόσο τις Α/Γ όσο και την όλη μελέτη και διάταξή τους. Οι προσαρμογές αυτές αποσκοπούν στο να αντιμετωπίσουν τα ειδικότερα προβλήματα (θεμελίωση, πρόσβαση, διαβρώσεις κ.ά.) αλλά και να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα των ΥΑΠ έναντι των επίγειων, ώστε να περιοριστεί κατά το δυνατόν η αύξηση του κόστους τους από τα προηγούμενα. Συγκεκριμένα τα ειδικότερα θέματα που αντιμετωπίζονται είναι τα εξής:

1. Χαρακτηριστικά του ανέμου

Από μοντέλα που επαληθεύθηκαν από συστηματικές μετρήσεις και την λειτουργία των πρώτων ΥΑΠ προέκυψε ότι η ταχύτητα του ανέμου διαφοροποιείται αρκετά σε σχέση με αυτή των επίγειων πάρκων.

- Σε αποστάσεις 7-10km από την ακτή οι ταχύτητες του ανέμου είναι αυξημένες κατά 20% περίπου έναντι αυτών της ακτής και συνεπώς η ενεργειακή απόδοση είναι αυξημένη θεωρητικά κατά 70% και πρακτικά κατά 50% περίπου. Βέβαια η σύγκριση αυτή αφορά επίπεδη περίπου ακτή και όχι την συνήθη περίπτωση εγκατάστασης Α/Γ στην κορυφή παρακείμενων στην θάλασσα υψωμάτων, όπου η ταχύτητα αυξάνεται και η διαφορά μπορεί να μηδενιστεί.
- Ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος είναι μικρότερος λόγω της μικρότερης τραχύτητας της επιφάνειας της θάλασσας έναντι του εδάφους, με αποτέλεσμα να μπορούν να χρησιμοποιούνται πύργοι μικρότερου ύψους.

2. Ειδικές συνθήκες

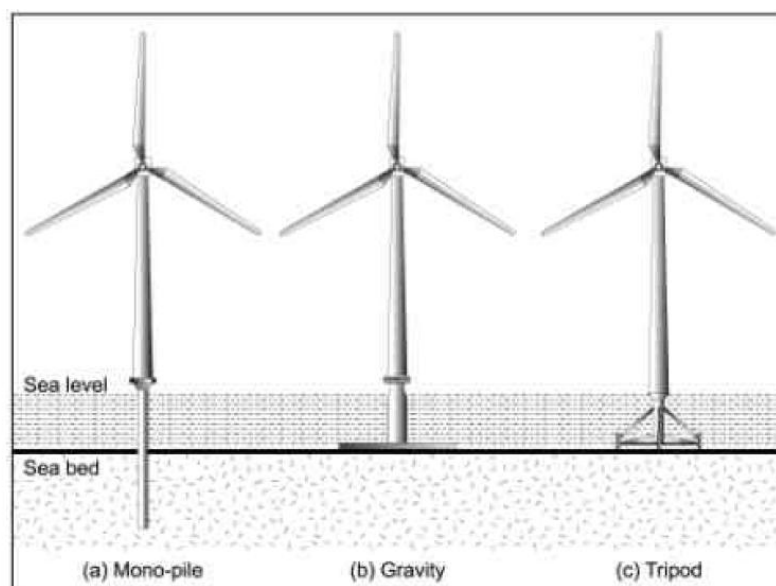
Όπως είναι προφανές η εγκατάσταση των Α/Γ στην θάλασσα διαφοροποιεί σημαντικά τόσο την κατασκευή τους όσο και τον τρόπο εκμετάλλευσής τους.

Ειδικότερα:

- Η καλή εκτίμηση των ακραίων συνθηκών καταπόνησης των Α/Γ των ΥΑΠ (π.χ. λόγω κυμάτων, δημιουργίας πάγου κ.ά.) αποτελεί βασικό στοιχείο για την ασφάλειά τους και πρέπει να αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερης προσοχής. Οποσδήποτε, σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το ότι η τύρβη του ανέμου στην θάλασσα είναι σημαντικά μικρότερη και συνεπώς οδηγεί σε μικρότερη κόπωση του υλικού των Α/Γ και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τους.
- Η δυσκολία πρόσβασης αλλά και άλλοι παράγοντες (π.χ. η ανάγκη δημιουργίας πλατφόρμας ανά Α/Γ για προσέγγιση μέσω πλοίου ή και ελικοπτέρου, η ενδεχόμενη ανάγκη ύπαρξης μόνιμου γερανού κλπ) οδηγούν στην ανάγκη χρησιμοποίησης Α/Γ μεγάλου μεγέθους, ήτοι 3,0 έως 6,0 MW, προκειμένου να μειώνεται το κόστος. Οι ίδιοι παράγοντες οδηγούν και στην ανάγκη εγκατάστασης πολύπλοκων συστημάτων προστασίας και τηλεελέγχου από το Κέντρο Ελέγχου επί της ακτής.
- Βασικής τέλος σημασίας για την διάρκεια ζωής των Α/Γ είναι η αντιμετώπιση των προβλημάτων διάβρωσης, για την αντιμετώπιση των οποίων εφαρμόζονται τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για την κατασκευή των πλοίων.

3. Θεμελίωση

Η θεμελίωση των Α/Γ αποτελεί σημαντικό τεχνικό πρόβλημα με μεγάλη επίπτωση στο συνολικό κόστος. Στην εικόνα 2 φαίνονται οι τρεις βασικοί τρόποι θεμελίωσης που έχουν χρησιμοποιηθεί, αν και τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις.



Εικόνα 2: Κύριοι τύποι θεμελίωσης Α/Γ ΥΑΠ

Ο προσφερόμενος σε κάθε περίπτωση τρόπος θεμελίωσης εξαρτάται από το είδος του πυθμένα της θάλασσας και το βάθος του από την επιφάνεια της. Το βάθος του πυθμένα αποτελεί βασικό κριτήριο για την επιλογή των θέσεων εγκατάστασης των ΥΑΠ δεδομένου ότι έχει άμεση επίδραση στο συνολικό κόστος. Αρχικά οι εγκαταστάσεις περιορίζονταν σε βάθη μέχρι 30m, ήδη όμως μελετούνται και εγκαταστάσεις μέχρι 50-60m, προβλέπεται δε ότι στο μέλλον θα πραγματοποιούνται εγκαταστάσεις και σε βάθη μέχρι 100m. Η ανάλυση των καταπονήσεων λόγω των κυμάτων σε συνδυασμό με ακραίες καταστάσεις ταχύτητας ανέμου, θεωρούνται βασικής σημασίας και αποτελούν αντικείμενο συνεχών μελετών με βάση μαθηματικά μοντέλα και μετρήσεις σε υφιστάμενες κατασκευές.

2.4.1.3. ΚΟΣΤΟΣ ΤΩΝ ΥΑΠ

Στον παρακάτω Πίνακα 1. φαίνεται η εκτιμώμενη ανά μονάδα ανάλυση του κόστους ενός «μικρού» και ενός «μεγάλου» ΥΑΠ σε σύγκριση με το κόστος ενός αντίστοιχου επίγειου. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ποσοστιαία ανάλυση και η μεταξύ τους σύγκριση και όχι οι απόλυτες τιμές που είναι παλαιότερων ετών. Παρατηρούμε ότι η κύρια σχετική διαφορά οφείλεται στην θεμελίωση και το κόστος σύνδεσης στο δίκτυο. Αξιοσημείωτη επίσης είναι η σημαντική μείωση του μοναδιαίου κόστους όταν πρόκειται για σχετικά μεγάλο ΥΑΠ.

	ΜΙΚΡΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ Α/Π ΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙ Α ΕΥΡΩ/MW	%	ΜΕΓΑΛΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ Α/Π ΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙ Α ΕΥΡΩ/MW	%	% ΧΕΡΣΑΙ Α Α/Π
ΘΕΜΕΛΙΑ	0.48	23	0.24	16	5.5
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕ Σ	0.84	40	0.75	51	71
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	0.11	5	0.07	5	6.5
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	0.09	4	0.03	2	
ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ	0.34	16	0.27	18	7.5
ΠΑΡΟΧΕΣ- ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	0.01	2	0.03	2	
ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ	0.09	5	0.06	4	2.5
ΔΙΑΦΟΡΑ	0.11	5	0.03	2	7
ΣΥΝΟΛΟ	2.07	100	1.48	100	100

Πίνακας 1: Κοστολόγηση Μικρών και Μεγάλων ΥΑΠ και σύγκριση με επίγειο

Όπως είναι προφανές το κόστος των ΥΑΠ εξαρτάται σημαντικά από τις εκάστοτε συνθήκες και ιδιαίτερα το βάθος και το είδος του πυθμένα. Οποσδήποτε και με τα σημερινά δεδομένα διαπιστώνεται ότι σημαντικό ρόλο στη μείωση του κόστους έχει το μέγεθος αυτού, και για το λόγο αυτό επιδιώκεται η κατασκευή όλο και μεγαλύτερων ΥΑΠ. Παραμένουν όμως επίσης σημαντικά ακριβότερα από τα επίγεια ανά μονάδα ισχύος και για το λόγο αυτό είναι σύνηθες να καθιερώνεται αυξημένη τιμή αγοράς της παραγόμενης ενέργειας.

2.4.1.4. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ως κύριες επιπτώσεις στο περιβάλλον θεωρούνται: η «οπτική επίδραση», η επίδραση στους διαδρόμους που πετούν πουλιά και οι επιπτώσεις στο υποθαλάσσιο ζωικό βασίλειο και ειδικότερα στην αλιεία.

1. Η οπτική επίδραση εξαρτάται βέβαια από τις δραστηριότητες που υπάρχουν στην ακτή, οποσδήποτε όμως θεωρείται ότι όταν οι εγκαταστάσεις γίνονται σε αποστάσεις άνω των 7km η οπτική επίδραση είναι αμελητέα.
2. Οι επιπτώσεις στις συνήθειες των πουλιών, που θεωρήθηκαν αρχικά οι πλέον σημαντικές, διαπιστώθηκε ότι ήταν περιορισμένες, πράγμα που εξαρτάται βέβαια από το είδος των πουλιών που υπάρχουν στην περιοχή.
3. Για το υποθαλάσσιο ζωικό βασίλειο οι επιπτώσεις διαπιστώθηκε ότι ήταν περιορισμένες έως ασήμαντες, ενώ για την αλιεία συναρτάται με τις τοπικές συνθήκες και τον τρόπο που διενεργείται. Μακροπρόθεσμα ασήμαντες θεωρούνται επίσης οι επιπτώσεις από την εγκατάσταση των θεμελιώσεων στον πυθμένα της θάλασσας. Επισημαίνεται τέλος, η προσοχή που πρέπει να δοθεί στην εγκατάσταση των υποβρυχίων καλωδίων, ώστε να αποφεύγονται οι βλάβες τους κατά την αλιευτική δραστηριότητα στην περιοχή του ΥΑΠ, η οποία μπορεί να συνεχιστεί και μετά την θέση του σε λειτουργία.

Γενικότερα μπορεί να λεχθεί ότι το γεγονός ότι έχουν χορηγηθεί άδειες κατασκευής για την εγκατάσταση ΥΑΠ σε μεγάλη έκταση σε χώρες ιδιαίτερα ευαίσθητες στα περιβαλλοντικά προβλήματα, μετά από πολλές περιβαλλοντικές μελέτες οι οποίες έγιναν τα τελευταία χρόνια, αποτελεί σαφή ένδειξη αν όχι απόδειξη ότι οι επιπτώσεις είναι μικρές και γενικά ανεκτές.

2.4.1.5 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ενεργειακή μελέτη για την Ελλάδα έδειξε ότι η χώρα μας μπορεί να καλύψει με 500 μεγάλες ανεμογεννήτριες τουλάχιστον το 10% των ενεργειακών αναγκών της, ενώ τα νησιά του Αιγαίου, τα οποία έχουν πολύ υψηλό δυναμικό, εάν διασυνδεθούν με το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο μπορούν να αποτελέσουν αιολικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αντίστοιχους με τους

θερμοηλεκτρικούς της ενδοχώρας. Ωστόσο, υπολείπονται σήμερα σε αριθμό και δυναμικό αιολικών πάρκων.

Ως καταλληλότερες περιοχές για δημιουργία θαλάσσιων αιολικών πάρκων είναι οι Κυκλάδες, το Βόρειο Αιγαίο, η Νότια Κρήτη, το Βόρειο Ιόνιο καθώς και το νοτιοανατολικό τμήμα των Δωδεκανήσων. Η ορθή χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου εντός θαλάσσης, προϋποθέτει την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών σε μακρινή απόσταση από την ακτογραμμή και σε μικρά βάθη θαλάσσης, με διάφορα κριτήρια αλλά βασικότερο όλων προφανώς είναι η οικονομικότητα (κόστος κατασκευής, συντηρήσεως κτλ).

Από όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως φαίνεται ότι με τα σημερινά δεδομένα η ανάπτυξη των ΥΑΠ συνδέεται με την ύπαρξη αβαθούς σχετικά θάλασσας (μέχρι 100m), σε μεγάλη σχετικά απόσταση (μέχρι 10km) από την ακτή. Από μια πρώτη εξέταση του θέματος φαίνεται ότι τέτοιες συνθήκες στην χώρα μας υπάρχουν μόνο στην περιοχή της ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Υπάρχουν όμως τέτοιες συνθήκες σε πολλούς κόλπους, όπως είναι οι εξής: Στρυμωνικός, Θερμαϊκός, Παγασητικός, Μαλιακός, Ευβοϊκός και Πατραϊκός, για την καταλληλότητα των οποίων οπωσδήποτε απαιτείται ειδική έρευνα.

Από την ανάλυση και επεξεργασία των ανεμολογικών στοιχείων της ΕΜΥ στους 43 συνολικά παράκτιους μετεωρολογικούς σταθμούς προέκυψε ότι η παράκτια ζώνη της Ελλάδος μπορεί να διακριθεί στις εξής περιοχές, από απόψεως αιολικού δυναμικού:

1. Στο Βόρειο και Νοτιοανατολικό Αιγαίο υπάρχει ομαλή μεταβολή αιολικού δυναμικού όπου κυμαίνεται από 6.000KWh/m² έως 12.000KWh/m².
2. Στην Κρήτη υπάρχει σταθερότητα του αιολικού δυναμικού, περίπου 6.000KWh/m².
3. Στις Κυκλάδες υπάρχει έντονα ανομοιόμορφη κατανομή του αιολικού δυναμικού, με μέγιστη κομβική θέση τον Μ.Σ. Πάρου (17.000KWh/m²).
4. Στην Πελοπόννησο και τη Στερεά Ελλάδα υπάρχει χαμηλό αιολικό δυναμικό, με ήπια μεταβολή από 2.000 έως 5.000KWh/m².
5. Στο Βόρειο Ιόνιο υπάρχει σχετικά υψηλό αιολικό δυναμικό, με έντονη όμως μεταβολή. Στις περιοχές των Μ.Σ. Κερκύρας και Πρεβέζης επικρατεί υψηλό αιολικό δυναμικό από 6.000 έως 10.000KWh/m². Ενώ στο Νότιο Ιόνιο και συγκεκριμένα στους Μ.Σ. Ζακύνθου και Κεφαλονιάς, επικρατεί χαμηλό αιολικό δυναμικό, της τάξεως των 4.000KWh/m².

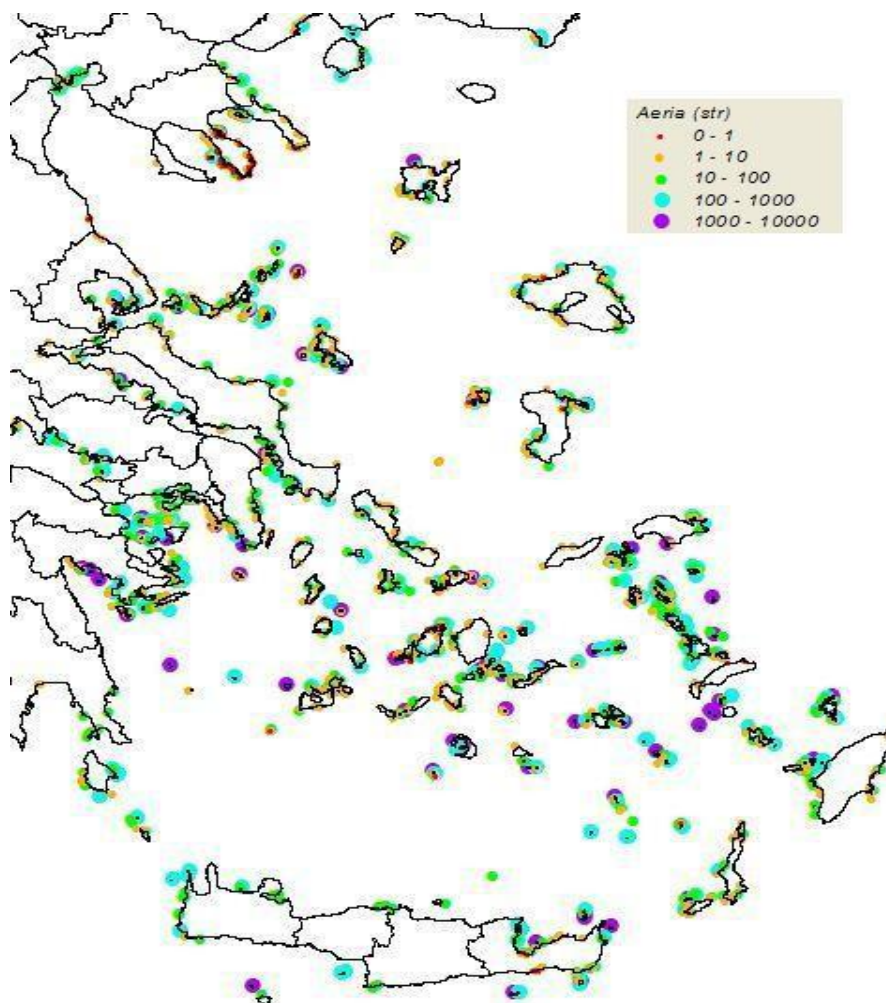
Επιπλέον όμως η χώρα μας διαθέτει, εκτός από μεγάλους μήκους ακτές, μεγάλο αριθμό βραχονησίδων, από τις οποίες ορισμένες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων. Παρακάτω φαίνονται οι βραχονησίδες του Αιγαίου πελάγους, οι οποίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν θέσεις εγκατάστασης Α/Γ, εφόσον βέβαια αυτό είναι τεχνικά εφικτό και προσφέρεται οικονομικά. Το πλήθος των βραχονησίδων που

δείχνονται στην εικόνα 3 ανέρχεται σε 1.557, οι οποίες ανάλογα με την επιφάνειά τους κατατάσσονται ως εξής:

ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ	ΒΡΑΧΟΝΗΣΙΔΕΣ
0-1	209
1-10	631
10-100	417
100-1.000	220
1.000-10.000	80

Πίνακας 2

Από την εικόνα 3 φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των βραχονησίδων βρίσκονται κοντά σε μεγάλα νησιά και συνεπώς, εφόσον αυτά διασυνδεθούν με το Σύστημα θα είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί άμεσα και η βραχονησίδα.



Εικόνα 3: Βραχονησίδες στην περιοχή του Αιγαίου

Από τα παραπάνω αναφερόμενα διαφαίνεται ότι υπάρχει και στη χώρα μας η δυνατότητα ανάπτυξης ΥΑΠ σε μεγάλη έκταση. Ειδικότερα όσον αφορά την αξιοποίηση των βραχονησίδων που βρίσκονται κοντά σε νησιά, η σύνδεσή τους στο Σύστημα, η οποία βέβαια αποτελεί την προϋπόθεση για την αξιοποίησή τους, σχετίζεται άμεσα με την διασύνδεση των αντίστοιχων νησιών στο Σύστημα. Σε ορισμένες δε περιπτώσεις θα μπορούσε αντίστροφα να αποτελέσει το κίνητρο για την διασύνδεση του νησιού.

Οποσδήποτε το θέμα θα πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο ειδικής εξέτασης, αρχικά ως προς την δυνατότητα ανάπτυξης αιολικού πάρκου στην βραχονησίδα και τον κατ' αρχήν καθορισμό της ισχύος του από ειδικευμένο φορέα, όπως π.χ. το ΚΑΠΕ. Ακολούθως αφού καθοριστούν οι δυνατότητες αυτές και ληφθούν υπόψη και τα ανεμολογικά δεδομένα, είναι σχετικά εύκολο να καθοριστεί ο ενδεικνυόμενος τρόπος ένταξης στο Σύστημα και η εξέταση της βιωσιμότητας της σχετικής επένδυσης.

2.4.1.6 ΟΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Τέσσερα σχέδια για θαλάσσια αιολικά πάρκα έχουν κατατεθεί στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας και φιλοδοξούν -όσα από αυτά εγκριθούν- να αποτελέσουν το πρώτο βήμα για την είσοδο της Ελλάδας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες που βρίσκονται κοντά στις ακτές.

Τα σχέδια ακολουθούν την τάση που ενδυναμώνεται σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες για την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας από θαλάσσια αιολικά πάρκα. Πριν από λίγους μήνες η βρετανική κυβέρνηση ανακοίνωσε ότι έως το 2020 σχεδιάζει να εγκαταστήσει στις βόρειες θάλασσές της αιολικά πάρκα ισχύος πολλών χιλιάδων mega watt (MW). Σχετικά σχέδια έχουν ανακοινώσει η Ισπανία, η Γερμανία, η Δανία, η Σκωτία, η Ιρλανδία κ.α.

Πρόκειται για "καθαρή" ενέργεια, η οποία συμπεριφέρεται πολλαπλώς φιλικά με το περιβάλλον. Ταυτίζεται με τον άνθρωπο και συνυπάρχει με τη ζωή. Δεν έχει καμία επιβάρυνση για το περιβάλλον και ο τρόπος παραγωγής έχει αδιαμφισβήτητη ασφάλεια. Η Ελλάδα είναι μια χώρα προικισμένη με έντονο αιολικό δυναμικό που δεν πρέπει να μείνει ανεκμετάλλευτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο HORNS REV II

3.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ



Εικόνα 1

Η Δανία αποτελεί σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο πρωτοπόρα χώρα όσον αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Συγκεκριμένα από την δεκαετία του 90 μέχρι και σήμερα έχει κατασκευάσει έντεκα υπεράκτια αιολικά πάρκα συνολικής παραγόμενης ισχύς 665MW και αναμένονται να παραδοθούν άλλα δύο μέχρι το τέλος του 2012. Στην εικόνα 2 φαίνεται η τοποθεσία των ΥΑΠ και στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τα υπεράκτια αιολικά πάρκα στη Δανία, μαζί με πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των ανεμογεννητριών, την ονομαστική ισχύ και το έτος έναρξης λειτουργίας του ΥΑΠ.



Εικόνα 2

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

1. Vindeby (1991)	11 ανεμογεννήτριες, 5 MW
2. Tuno Knob (1995)	10 ανεμογεννήτριες, 5MW
3. Middelgrunden (2000)	20 ανεμογεννήτριες, 40 MW
4. Horns Rev I (2002)	80 ανεμογεννήτριες, 160 MW
5. Ronland (2003)	8 ανεμογεννήτριες, 17 MW
6. Nysted (2003)	72 ανεμογεννήτριες, 165 MW
7. Samsø (2003)	10 ανεμογεννήτριες, 23 MW
8. Frederikshavn(2003)	3 ανεμογεννήτριες, 7 MW
9. Horns Rev II (2009)	91 ανεμογεννήτριες, 209 MW
10.Avedøre Holme (2009/10)	3 ανεμογεννήτριες, 10-13 MW
11.Sprogø (2009)	7 ανεμογεννήτριες, 21 MW

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

12.Rodsand II (2010)	90 ανεμογεννήτριες, 207 MW
13.Anholt (2012)	400 MW

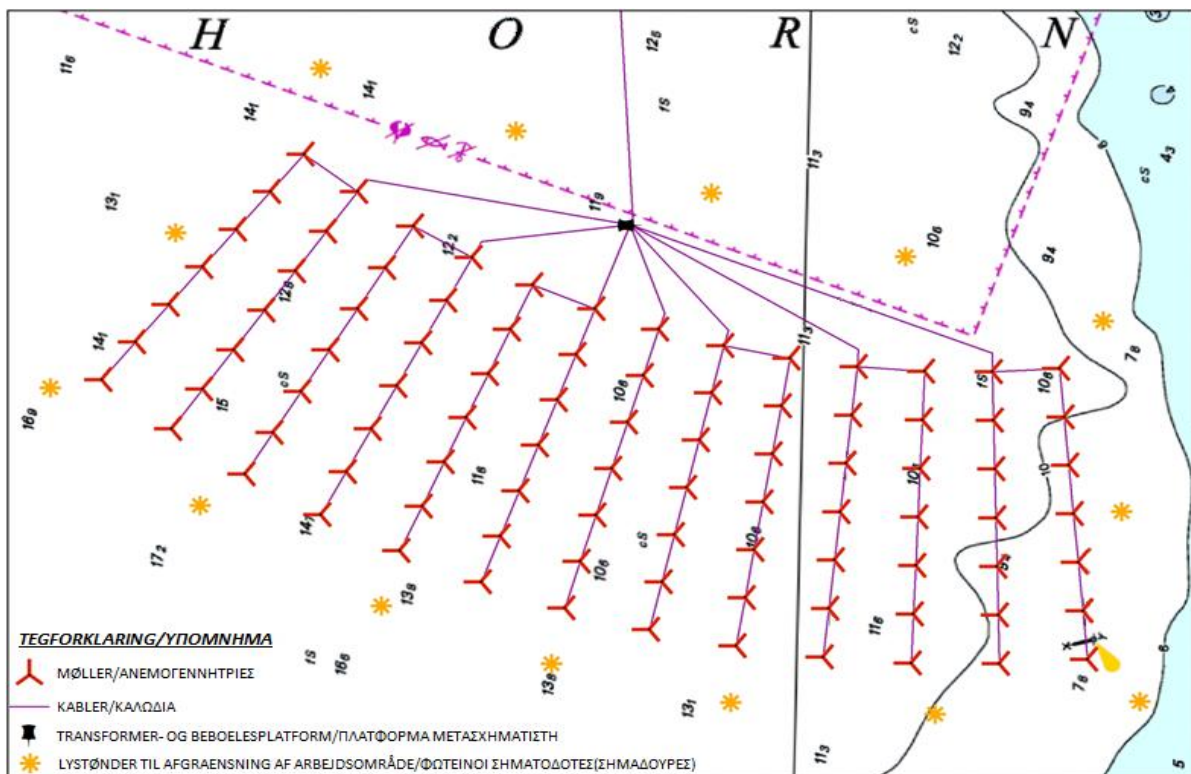
Το μεγαλύτερο υπεράκτιο αιολικό πάρκο στον κόσμο, μια εγκατάσταση με 91 ανεμογεννήτριες που καταλαμβάνει έκταση 35 τετραγωνικών χιλιομέτρων βρίσκεται στη Βόρεια Θάλασσα, 30 χλμ. από τις δυτικές ακτές της Δανίας. Επίσης στο θαλάσσιο αιολικό πάρκο βρίσκεται μια πλατφόρμα με κατοικίες για **24** ανθρώπους που θα επιβλέπουν το έργο. Το πάρκο Horns Rev 2 θα καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρικό ρεύμα 200.000 νοικοκυριών, με βάση την δανική εταιρεία ενέργειας που κατασκεύασε το υπεράκτιο αιολικό πάρκο και η κάθε ανεμογεννήτρια έχει συνολική ισχύ 2,3 Mega watt. Το Horns Rev 2, όπως ονομάστηκε, κόστους 469 εκατ. ευρώ, αναμένεται να παράγει **209** mega watt ετησίως και είναι το ένατο υπεράκτιο αιολικό πάρκο που κατασκευάζεται στη Δανία από το 1991 και αποτελεί την μεγαλύτερη υπεράκτιο αιολική εγκατάσταση τόσο ως προς τον αριθμό των ανεμογεννητριών όσο και ως προς την έκταση που καταλαμβάνει. Περισσότεροι από 600 άνθρωποι συμμετείχαν στο πρόγραμμα και περισσότερα από 25 διαφορετικά σκάφη που είχαν προσληφθεί για την περίοδο κατασκευής. Συνολικά 70 χιλιόμετρα των καλωδίων πρέπει να καθοριστούν στο Horns Rev 2. Μεταξύ κάθε γραμμής των στροβίλων, καλώδια θα συνδεθούν από δυτικά προς τα ανατολικά. Τα καλώδια περιέχουν ίνες οι οποίες μεταδίδουν χρήσιμες πληροφορίες στο δίκτυο επικοινωνίας και ελέγχου από τις ανεμογεννήτριες στο κέντρο ελέγχου που βρίσκεται στην πλατφόρμα με το όνομα Ποσειδώνας(Εικόνα 3).

Όλα τα καλώδια είναι θαμμένα στο βυθό για μεγαλύτερη προστασία και ασφάλεια. Το βάθος του νερού είναι 9-17 μέτρα και η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι λίγο κάτω από 10 m/s. Το μέσο ύψος κύματος είναι 1,5 μέτρα-δηλαδή 3 μέτρα από κάτω προς τα πάνω.



Εικόνα 3

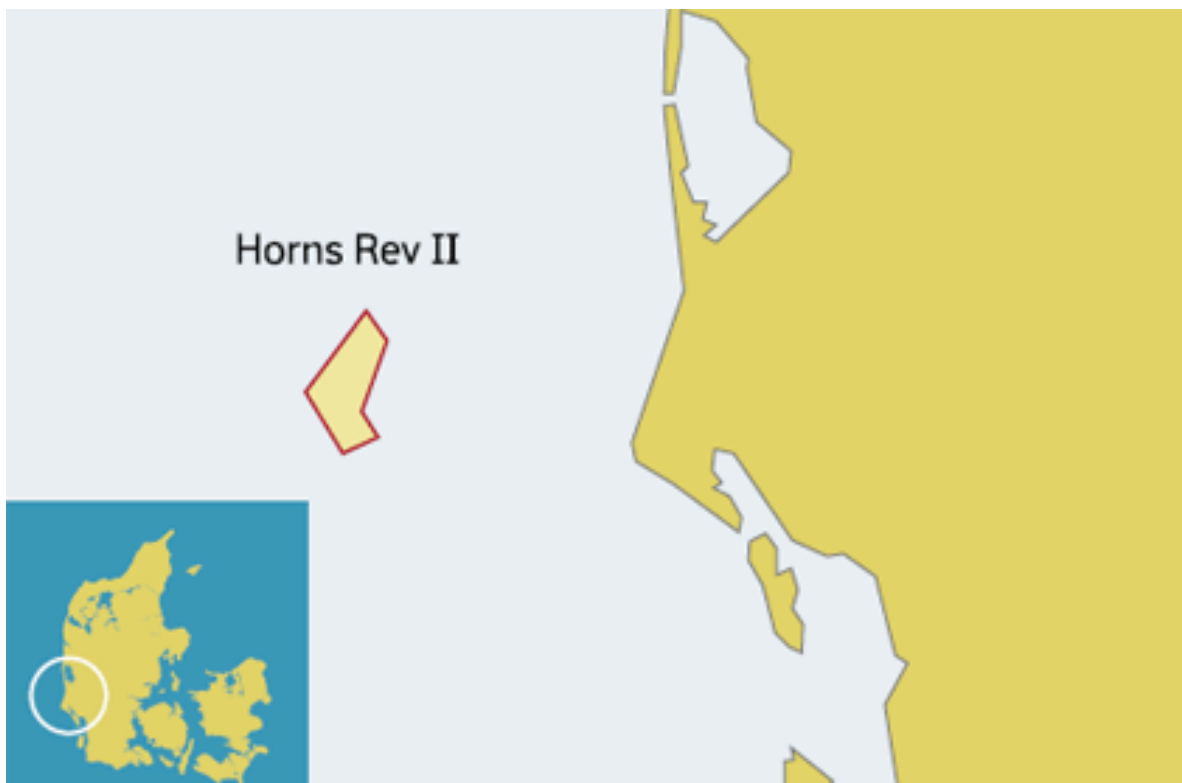
Ανατολικά του αιολικού πάρκου είναι οι 13 σειρές που συνδέονται στο μετασχηματιστή πλατφόρμα. Από το μετασχηματιστή της πλατφόρμας, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στην ξηρά μέσω ενός υποβρύχιου καλωδίου όπως φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1

3.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΚΟΥ

Για την σωστή λειτουργία και την μέγιστη απόδοση ενός ΥΑΠ απαιτούνται μακροχρόνιες έρευνες που αφορούν τις ταχύτητες του ανέμου, το ύψος των κυμάτων καθώς και το βάθος και το είδος του πυθμένα. Αφού ολοκληρωθούν αυτές οι έρευνες αρχίζει ο σχεδιασμός του ΥΑΠ με χωροταξικά κριτήρια τέτοια ώστε να μην αλλοιώνει το φυσικό περιβάλλον και να βρίσκεται μακριά από τις ακτοπλοϊκές γραμμές (εικόνα 3).



Εικόνα 4

Για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών απαιτείται η κατάλληλη διαμόρφωση του πυθμένα στον οποίο τοποθετούνται τα θεμέλια που αποτελούνται από διάφορες στρώσεις υλικών (μπετό, βράχια κτλ.). Πάνω από τα θεμέλια ρυμουλκούνται από την ακτή με ειδικά πλοία οι πυλώνες (εικόνα 5) που θα αποτελέσουν την βάση πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες.



Εικόνα 5

Οι πυλώνες με κατάλληλους χειρισμούς αφού πλημμυρίσουν τα έρματα και βυθιστούν, τοποθετούνται ακριβώς πάνω από τα θεμέλια με την βοήθεια γερανοφόρου πλατφόρμας (εικόνα 6).



Εικόνα 6

Για την ασφάλεια της κατασκευής τοποθετούνται προσωρινά άγκιστρα που κρατούν τον πυλώνα σταθερό, μέχρι να ολοκληρωθεί η θεμελίωσή του ώστε να μην κινδυνεύει από τα δυνατά υποθαλάσσια ρεύματα (εικόνα 7).



Εικόνα 7

Αφού έχει ασφαλιστεί ο πυλώνας, στην πλατφόρμα προσαράζει πλοίο-φορηγό (εικόνα 8), που μεταφέρει τα υλικά για την ολοκλήρωση της θεμελίωσης. Αφού αντληθούν τα νερά μέσα από τον πυλώνα τοποθετούνται μεταλλικές βέργες που σε συνδυασμό με το μπετό που θα διοχετευτεί στον πάτο του πυλώνα (εικόνα 9) θα ολοκληρωθεί η θεμελίωση.



Εικόνα 8

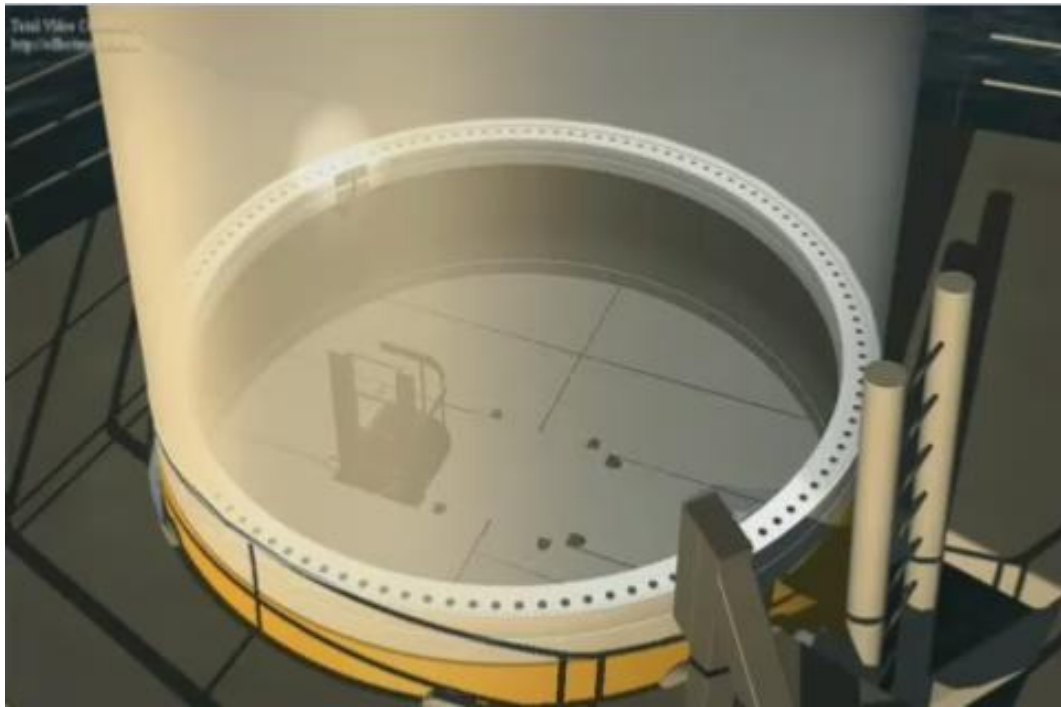


Εικόνα 9

Στην συνέχεια τοποθετείτε το πρώτο τμήμα από τον πυλώνα της ανεμογεννήτριας (εικόνα 10) που συνδέεται εσωτερικά στην βάση με μπουλόνια, από εξειδικευμένο προσωπικό περιμετρικά του τμήματος (εικόνα 11). Επίσης φαίνεται η είσοδος που υπάρχει για την επιθεώρηση του τμήματος του πυλώνα που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας για τυχόν βλάβες ή διαρροές που μπορούν να προκληθούν κατά την λειτουργία της ανεμογεννήτριας.

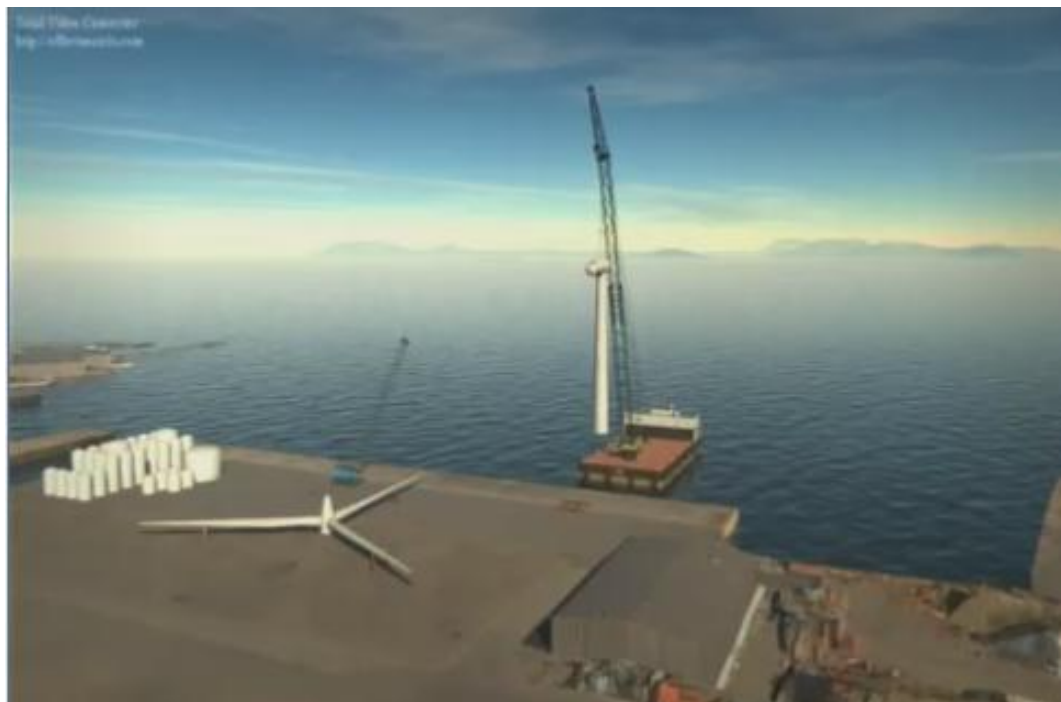


Εικόνα 10



Εικόνα 11

Στην προβλήτα του λιμανιού συναρμολογούνται ο πυλώνας μαζί με την άτρακτο καθώς και η φτερωτή με την πλήμνη (εικόνα 12). Η γερανοφόρος πλατφόρμα μεταφέρει με ασφάλεια τον πυλώνα στην βάση του όπου τοποθετείται (εικόνα 13). Στην συνέχεια με τον ίδιο τρόπο τοποθετείται και η φτερωτή και ολοκληρώνεται η κατασκευή της ανεμογεννήτριας (εικόνα 14).



Εικόνα 12



Εικόνα 13



Εικόνα 14

Αφού έχει γίνει η ολοκλήρωση της εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας (εικόνα 16) τοποθετούνται μόνιμα άγκιστρα (αντηρίδες) που ενισχύουν την σταθερότητά της. Για να μεταφέρεται το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγει η ανεμογεννήτρια ένα ειδικό πλοίο (καλωδιακό) συνδέει την κάθε ανεμογεννήτρια μέσω υποβρύχιων καλωδίων με την πλατφόρμα στην οποία βρίσκεται ο μετασχηματιστής (εικόνα 15).



Εικόνα 15



Εικόνα 16

3.3 ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΚΑΙ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΣΟ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

3.3.1 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ



Εικόνα 17

Ο μετασχηματιστής (εικόνα 17) βρίσκεται τοποθετημένος στην πλατφόρμα στην οποία γίνεται ο έλεγχος της λειτουργίας του αιολικού πάρκου. Από μόνος του ο Μ/Σ ζυγίζει 280 τόνους και μπορεί να καλύψει έως και 200.000 νοικοκυριά. Ανατολικά του αιολικού πάρκου είναι οι 13 γραμμές που συνδέονται με τον Μ/Σ. Από αυτόν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στην ξηρά μέσω ενός υποθαλάσσιου καλωδίου.



Εικόνα 18

Συνολικά 70 χιλιόμετρα των καλωδίων έχουν τοποθετηθεί στο Horns Rev 2. Μεταξύ κάθε γραμμής των ανεμογεννητριών, τα υποθαλάσσια καλώδια συνδέονται από δυτικά προς ανατολικά. Τα καλώδια οπτικών ινών που βρίσκονται μέσα στα υποθαλάσσια καλώδια χρησιμοποιούνται ως δίκτυο το οποίο μεταδίδει την επικοινωνία και τον έλεγχο από και προς τις ανεμογεννήτριες στην πλατφόρμα ελέγχου. Όλα τα υποθαλάσσια καλώδια είναι θαμμένα στο βυθό για μεγαλύτερη προστασία. Τα Υ/Κ τοποθετούνται από ειδικό πλοίο (εικόνα 19) πάνω στο οποίο οι τεχνικοί τοποθετούν την τελική προστασία του καλωδίου (εικόνα 18).



Εικόνα 19

3.3.2 ΚΑΛΩΔΙΑΚΟ ΠΛΟΙΟ

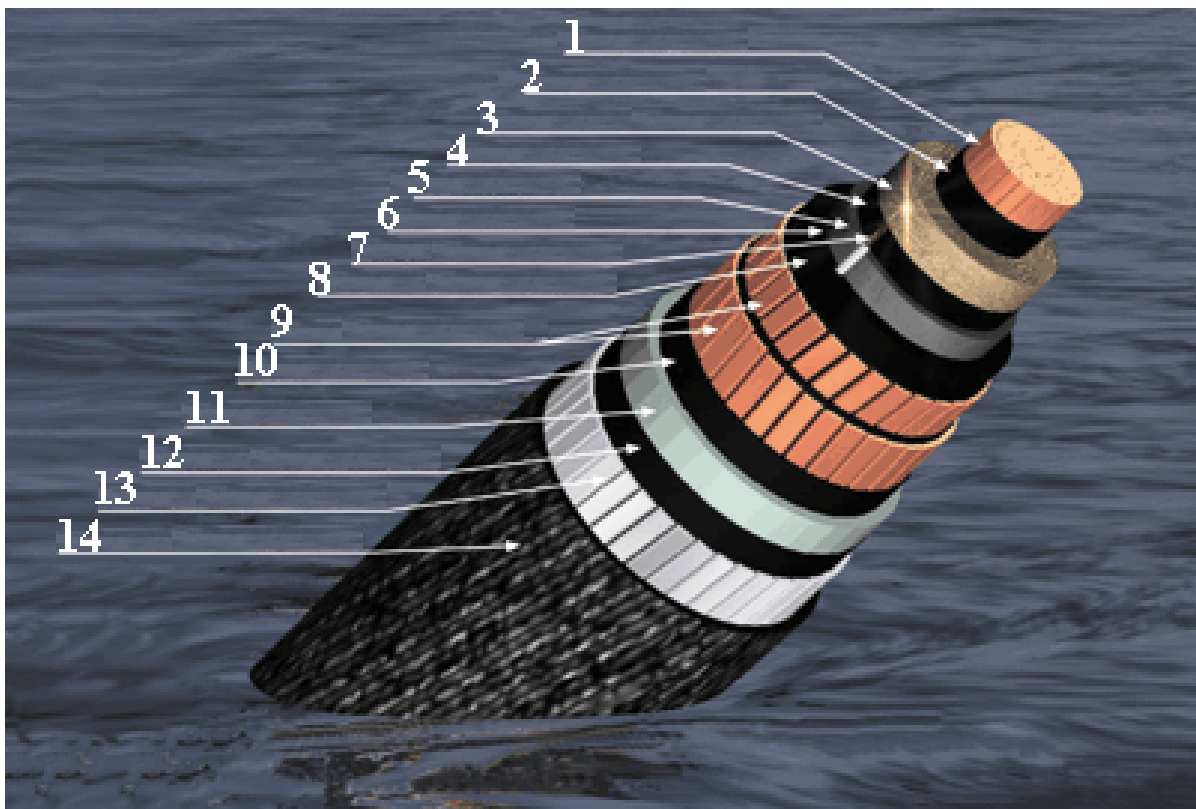
Καλωδιακό πλοίο ή απλά καλωδιακό (cable ship) χαρακτηρίζεται κάθε πλοίο ειδικής απασχόλησης όπως συνηθίζεται να λέγεται, που φέρει ανάλογο τεχνικό εξοπλισμό για πόντιση υποβρύχιων καλωδίων (cable bedding) προς εξυπηρέτηση επικοινωνιακών σκοπών, όπως τηλεγραφικά ή τηλεφωνικά καλώδια.

Επίσης με τον ίδιο όρο χαρακτηρίζονται και πλοία που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και την συντήρηση ή επισκευή ποντισμένων καλωδίων. Τέτοια πλοία συνήθως είναι κρατικά και λιγότερο ιδιωτικά (εμπορικά).

Φέρουν στην πλώρη ή στην πρύμνη ειδική κατασκευή προβολών δια των οποίων διέρχεται ο καλωδιακός τροχός από τον οποίο αργά - αργά ξετυλίγεται και ποντίζεται το καλώδιο. Εναλλακτικά, ο τροχός παραμένει στο κύτος/αμπάρι και με ειδικούς τρόχιλους το καλώδιο οδηγείται στην πλώρη ή στην πρύμνη όπου και ποντίζεται, με μεγαλύτερους όμως κινδύνους φθοράς λόγω κάμψεων.

Τα δε πλοία συντήρησης υποβρυχίων καλωδίων φέρουν συνήθως πλευρική κατασκευή με τρόχιλους δια των οποίων διέρχεται το υποβρύχιο καλώδιο ανελκυόμενο και ποντιζόμενο (εικόνα 19).

3.3.3 ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ (ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ) ΚΑΛΩΔΙΑ



Εικόνα 20

Διατομή ενός υποβρύχιου καλωδίου.(ει. 20)

1. Χάλκινος αγωγός
2. Μανδύας αγωγού
3. Μόνωση εμποτισμένης ταινίας
4. Μόνωση μανδύα
5. Επένδυση κράματος μόλυβδου
6. Επένδυση πλαστικού
7. Καλώδιο οπτικής μονάδας
8. Ενίσχυση χυτευτής ταινίας
9. Επιστροφή αγωγού
10. Μόνωση μανδύα
11. IRC Μόνωση
12. Ενίσχυση χυτευτής ταινίας
13. Θωράκιση από σύρμα-χάλυβα γαλβανιζέ
14. Εξωτερική μόνωση από νήματα πολυπροπυλενίου

Τα καλώδια αυτά κατασκευάζονται βάσει διεθνών προδιαγραφών και είναι κυρίως πολυπολικά.

Κατασκευάζονται κατά παραγγελία και μεικτά καλώδια τα οποία έχουν ενσωματωμένους τηλεπικοινωνιακούς πυρήνες, τηλεφωνικών ζευγών ή οπτικών ινών για μετάδοση σημάτων ή πληροφοριών.

Αγωγός:

Χαλκός ή αλουμίνιο πολύκλωνος σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές IEC 60228. Σε περίπτωση χρησιμοποίησης των αγωγών σε μεγάλα βάθη και εφόσον ζητηθεί στεγανοποιείται ο αγωγός με ειδικό υλικό το οποίο εμποδίζει την διείσδυση του νερού σε περίπτωση ζημιάς επί του καλωδίου.

Μόνωση:

1. XLPE
2. EPR
3. MIND (εμποτισμένο χαρτί)

Θωράκιση:

Σύρματα ή ταινίες χαλκού και μολύβδινος μανδύας όπου χρειάζεται.

Οπλισμός:

Η προστασία του καλωδίου από μηχανικές κακώσεις επιτυγχάνεται με τον οπλισμό αποτελούμενο από ατσαλοσύρματα.

Τα ατσαλοσύρματα δίνουν στα καλώδια και την απαιτούμενη μηχανική αντοχή στην τάνυση, η οποία απαιτείται για την πόντιση.

Τα ατσαλοσύρματα είναι διαφόρων κατηγοριών φορτίου θραύσης και είναι ισχυρώς γαλβανισμένα.

Εξωτερική προστασία:

Η εξωτερική προστασία του καλωδίου ανάλογα με τις περιστάσεις και απαιτήσεις της εγκατάστασης επιτυγχάνεται με:

1. μανδύα από PVC ή PE
2. στρώματα από νήματα πολυπροπυλενίου ή γιούτας

Δεδομένου ότι τα υποβρύχια καλώδια ως επί το πλείστον ζητούνται σε μεγάλα μήκη, κατασκευάζονται εργοστασιακοί σύνδεσμοι προ του οπλισμού, οι οποίοι ενώνουν τμηματικά μήκη παραγωγής, τα οποία έχουν υποστεί όλες τις προβλεπόμενες δοκιμές.

Ο εργοστασιακός σύνδεσμος υπόκειται σε αυστηρότατες δοκιμές για τον έλεγχο ποιότητας κατασκευής (ακτινογραφίες της κόλλησης του αγωγού, της μόνωσης κ.τ.λ.).

Αρχικά, τα υποβρύχια καλώδια ήταν απλές συνδέσεις από σημείο σε σημείο. Με την ανάπτυξη των υποβρύχιων μονάδων διακλαδισμού (αγγλ. *Submarine Branching Unit, SBU*), οι συνδέσεις εξυπηρετούνται ταυτόχρονα από ένα ενιαίο σύστημα καλωδίων. Τα σύγχρονα συστήματα καλωδίων τώρα συνήθως εφαρμόζουν με τις ίνες τους ένα αυτοδιορθούμενο δακτύλιο και είναι εφοδιασμένα με περιττά, εφεδρικά τμήματα σε διαφορετικές πορείες μέσα από τον ωκεανό, έτσι ώστε σε περίπτωση βλάβης ενός τμήματος να μπορεί να ενεργοποιείται κάποιο άλλο εφεδρικό χωρίς διακοπή της όλης σύνδεσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

4.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ-ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΟΥ Α/Π

4.1.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα πλεονεκτήματα των θαλάσσιων αιολικών πάρκων σε σχέση με αυτά που βρίσκονται εγκατεστημένα στην ξηρά, είναι ότι στη θάλασσα πνέουν εντονότεροι άνεμοι και επίσης, δεδομένου ότι η παραγόμενη ενέργεια μεταβάλλεται ανάλογα με τον κύβο της ταχύτητας του ανέμου, εκτιμάται πως κάθε θαλάσσια ανεμογεννήτρια παράγει αρκετή ενέργεια σε έναν χρόνο, ώστε να καλύψει τις ανάγκες περίπου 1.500 νοικοκυριών, ενώ ταυτόχρονα περιορίζει κατά 35 τόνους την παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα. Αν συνυπολογιστεί και ο χρόνος ζωής της, που στη θάλασσα είναι μεγαλύτερος κατά 5 χρόνια, προκύπτει η μεγάλη σημασία της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας για την προστασία του περιβάλλοντος.

Τα βασικά πλεονεκτήματα μιας τέτοιας λύσης είναι διαθεσιμότητα άφθονων, μεγάλων, συνεχών εκτάσεων στο θαλάσσιο χώρο για την εγκατάσταση και μεταφορά των υλικών και μηχανημάτων που απαιτούνται για το μέγεθος τέτοιων έργων. Σε αντίθεση με την ηπειρώτικη χώρα που στην Ελλάδα αποτελείται από μικρά και αραιοκατοικημένα χωριά ειδικά στους ορεινούς όγκους που είθισται να τοποθετούνται αιολικά πάρκα, η μεταφορά των υλικών και των μηχανημάτων απαιτούν την χάραξη νέου δρόμου μέχρι το σημείο της εγκατάστασης (εικόνα 1). Αυτό συνεπάγεται καταστροφή της χλωρίδας και της πανίδας σε όλο το μήκος του δρόμου αλλά και στο σημείο που βρίσκετε το εργοτάξιο και μάλιστα με μακροχρόνιες επιπτώσεις (εικόνα 2).



Εικόνα 1



Εικόνα 2

Οι υψηλές ταχύτητες ανέμου καθώς και η μικρότερη τύρβη ανέμου, λόγω των μειωμένων διαφορών θερμοκρασίας στην επιφάνεια της θάλασσας και της ατμόσφαιρας, έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αποδόσεως των ανεμογεννητριών και του χρόνου ζωής τους κατά 5 έτη τουλάχιστον, λόγω της μικρότερης καταπονήσεώς τους. Μικρότερη τραχύτητα στην επιφάνεια θαλάσσης, λόγω της πιο ομοιόμορφης καθ' ύψος κατανομής των ταχυτήτων του ανέμου, με αποτέλεσμα να δύναται να χρησιμοποιηθούν χαμηλότερες (άρα και φτηνότερες) ανεμογεννήτριες.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι περιορισμένες στα ΥΑΠ (εικόνα. 3). Στο ανθρώπινο περιβάλλον, λόγω της εγκαταστάσεως των αιολικών πάρκων στο θαλάσσιο χώρο και σε μακρινή απόσταση από την παράκτια ζώνη, έχει ως αποτέλεσμα ο θόρυβος και η οπτική όχληση να μην έχουν καμία επίπτωση. Επιπλέον, δεν αλλοιώνονται οι χρήσεις ακτής. Η σημαντικότερη θετική επίπτωση στο περιβάλλον παραμένει η μηδενική εκπομπή ρυπογόνων ουσιών και αποβλήτων. Τα αποτελέσματα εκτιμάται να είναι θετικότερα, λόγω του αναμενόμενου μεγαλύτερου χρόνου ζωής των Α/Γ στη θάλασσα.



Εικόνα 3

Επιπλέον σε περίπτωση βλάβης στο ΥΑΠ που θα έχει σαν αποτέλεσμα την εκδήλωση πυρκαγιάς (εικόνα 4) σε ανεμογεννήτρια υπάρχει η δυνατότητα για άμεση αντιμετώπιση του προβλήματος λόγω της άφθονης ποσότητας νερού καθώς και την γρήγορη προσέλευση του πυροσβεστικού πλοίου (εικόνα 5) που βρίσκεται στο πλησιέστερο λιμάνι. Επίσης δεν υπάρχει περίπτωση εξάπλωσης τις πυρκαγιάς με αποτέλεσμα να καθίσταται ο έλεγχός της πιο άμεσος μετριάζοντας παράλληλα τη ζημιά.



Εικόνα 4



Εικόνα 5

Όμως μία τέτοια αντίστοιχη περίπτωση βλάβης σε ηπειρωτικό αιολικό πάρκο θα αντιμετώπιζε το ενδεχόμενο εξάπλωσης της πυρκαγιάς κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, δυνατοί άνεμοι, ξηρασία) με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος με καμένες δασικές εκτάσεις, ένα φαινόμενο που στην Ελλάδα έχει πάρει μεγάλες περιβαλλοντολογικές διαστάσεις (εικόνα 6).



Εικόνα 6

Χαρακτηριστικό παράδειγμα για τις μειωμένες έως ασήμαντες περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις ενός ΥΑΠ είναι το Horns Rev 2. Ωστόσο, το έργο παρακολουθείται στενά και συγκεκριμένα για την αλλαγή του οικοσυστήματος μέσα και γύρω από το Horns Rev 2 τόσο κατά τη φάση της κατασκευής όσο και κατά τη φάση λειτουργίας.

Ειδικότερα, για το είδος της μαυρόπαπιας (scoters) (εικόνα 7) που σε ολόκληρο το Horns Rev 2 τρέφεται και αναπαράγεται έχουν καταγραφεί οι συμπεριφορές της από προηγούμενες έρευνες στο Horns Rev 1 που έδειξαν ότι οι μαυρόπαπιες διατηρούνταν μακριά από το αιολικό πάρκο καθ' όλη την διάρκεια κατασκευής του. Εν τω μεταξύ, αποδείχθηκε ότι αυτή οι πάπια έχει επιστρέψει στο Horns Rev 1 και συναντάται σε όλη την υπεράκτια περιοχή που επιβίωσε πριν την κατασκευή του αιολικού πάρκου. Αυτό αποτελεί απόδειξη για τις μειωμένες περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις που επιφέρει ένα ΥΑΠ καθώς μετά το πέρας των εργασιών το θαλάσσιο οικοσύστημα προσαρμόζεται και αφομοιώνει την εγκατάσταση όσον αφορά τα θεμέλια και το τμήμα του πυλώνα που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Αντίστοιχα παραδείγματα παρουσιάζονται σε σχετική έκθεση της ΕΠΕ (Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων) και περιλαμβάνουν:

1. Ψάρια
2. Μύδια
3. Θαλάσσια θηλαστικά
4. Φώκιες
5. Πουλιά
6. Κίνδυνος σύγκρουσης με την κυκλοφορία των πλοίων
7. Κοινωνικό-οικονομικές συνέπειες.
8. Παράκτια μορφολογία και τη μεταφορά των καθιζήσεων

Οι έρευνες της μετανάστευσης των πουλιών και η επιβίωση τους στο Horns Rev 2 έχουν πραγματοποιηθεί από το 2007 έως το 2008 και αποτελούν μια βάση για μελλοντικές έρευνες. Όλες οι αναφορές είναι στη διάθεση του κοινού μετά την ολοκλήρωσή τους, στο δικτυακό τόπο του δανικού Οργανισμού Ενέργειας. Η έκθεση της ΕΠΕ, καθώς και μια συνοπτική έκθεση στα δανέζικα και τα αγγλικά είναι επίσης διαθέσιμες στην ιστοσελίδα του οργανισμού.



Εικόνα 7

4.1.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Στα μειονεκτήματά τους περιλαμβάνεται το υψηλότερο κόστος κατασκευής τους. Στη θάλασσα η κατασκευή του έργου στοιχίζει κατά 50% περισσότερο σε σχέση με ένα αιολικό πάρκο παρόμοιας ισχύος στην ξηρά, καθώς απαιτούνται μεγάλα κεφάλαια τόσο για την εγκατάστασή του (τοποθέτηση στον βυθό) όσο και για τη σύνδεσή του μέσω υποβρύχιου καλωδίου με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό σύστημα.

Οι ανεμογεννήτριες πρέπει να είναι ανθεκτικές σε θύελλες, στα πανύψηλα κύματα και στο αλμυρό νερό. Ακριβώς λόγω του κόστους, έχει προβλεφθεί υψηλότερη τιμή πώλησης του παραγόμενου ρεύματος προς τον ΔΕΣΜΗΕ, η οποία είναι 93 ευρώ/MWh ενώ στα ηπειρωτικά αιολικά πάρκα αυτή η τιμή είναι 75,82 ευρώ/MWh για όσα βρίσκονται στο διασυνδεδεμένο σύστημα και 87,42 ευρώ/MWh για όσα βρίσκονται σε νησιά.

Είναι γνωστό ότι τα νησιά, ιδιαίτερα του Αιγαίου, ενώ διαθέτουν πολύ καλό αιολικό δυναμικό, για την κάλυψη των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούνται νηξελογεννήτριες με υψηλό κόστος παραγωγής. Όμως η υποκατάσταση πετρελαίου από αιολική ενέργεια μέσω ανεμογεννητριών είναι συχνά οικονομικότερα εφικτή μόνο σε μικρό σχετικά ποσοστό. Συγκεκριμένα, για λόγους καλής λειτουργίας, η εγκατεστημένη ισχύς των ανεμογεννητριών δεν μπορεί να υπερβεί το 30-35% της μέγιστης ζήτησης και συνεπώς η υποκαθιστάμενη ενέργεια περιορίζεται στο 10% περίπου.

Μεγαλύτερο ποσοστό διείσδυσης μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση μέσω των αποθήκευσης (π.χ. συσσωρευτών στα μικρά νησιά ή αντλητικών στα μεγαλύτερα), όμως και πάλι δεν είναι δυνατή η πλήρης εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού των νησιών, ενώ η οικονομικότητα των εγκαταστάσεων αυτών δεν είναι πάντοτε βεβαία ή και εξαρτάται από τοπικούς παράγοντες, ιδίως προκειμένου για μεγάλα νησιά. Η πλήρης εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού των νησιών είναι δυνατή εάν γίνει η διασύνδεσή τους με υποβρύχια καλώδια, με άλλο μεγαλύτερο γειτονικό νησί ή ακόμη πληρέστερα, με την ηπειρωτική χώρα. Στην τελευταία περίπτωση, μπορεί να αξιοποιηθεί όλη η δυνατότητα να παραχθεί στο νησί αιολική ενέργεια, η οποία συχνά υπερκαλύπτει τη συνολική κατανάλωση του νησιού και περιορίζεται μόνο από χωροταξικούς – περιβαλλοντικούς λόγους.

Η τεχνική της διασύνδεσης νησιών με υποβρύχια καλώδια έχει εφαρμοστεί με επιτυχία από τη ΔΕΗ, από τη δεκαετία του '60, με στόχο τον περιορισμό των Αυτόνομων και Τοπικών Σταθμών Παραγωγής (ΑΣΠ και ΤΣΠ). Όμως, η σύνδεση ανεμογεννητριών παράλληλα με τα συνήθη φορτία δημιουργεί ορισμένα ιδιαίτερα προβλήματα, για την αντιμετώπιση των οποίων προσφέρεται ιδιαίτερα η χρήση διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος (π.χ. αντισταθμιστές SVC, διασυνδέσεις AC/DC/AC).

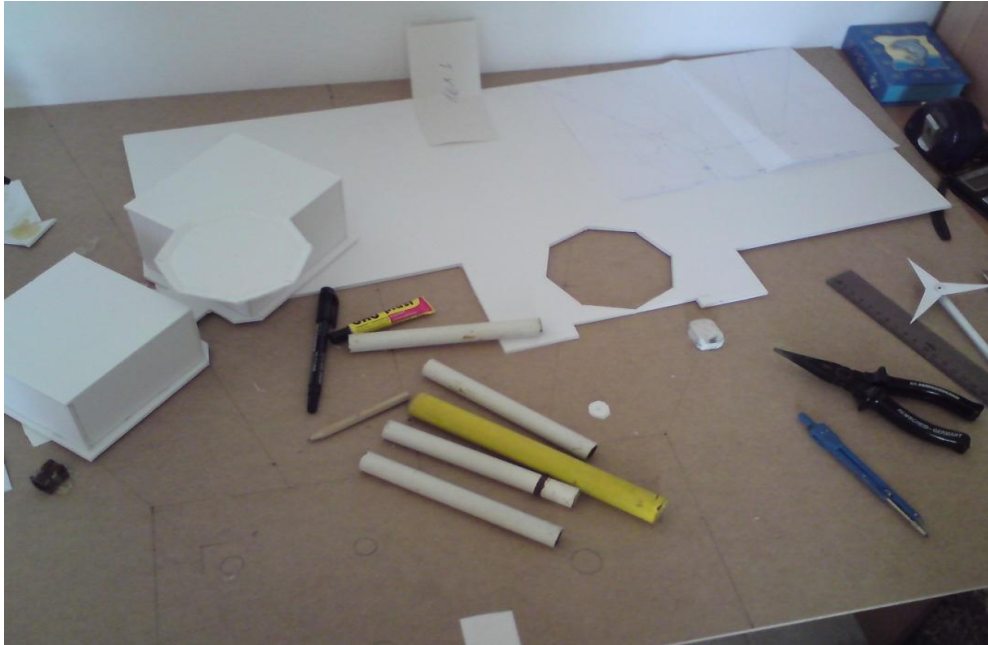
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΜΑΚΕΤΑ

5.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΑΚΕΤΑΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ HORN REV II



Στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής κατασκευάστηκε μακέτα του υπεράκτιου αιολικού πάρκου HORN REV 2 το οποίο βρίσκεται στη Δανία. Σκοπός μας ήταν η αναπαράσταση των πιο σημαντικών στοιχείων που περιλαμβάνει το υπεράκτιο αιολικό πάρκο όπως η πλατφόρμα του μετασχηματιστή, η διάταξη των ανεμογεννητριών καθώς και των θεμελίων τους στον πυθμένα της θάλασσας. Στη συνέχεια ακολουθεί φωτογραφικό υλικό με όλα τα στάδια κατασκευής. Ο χρόνος για την ολοκλήρωση της μακέτας ήταν περίπου τέσσερις μήνες και το κόστος της ανέρχεται στα 320€.

Στις παρακάτω εικόνες διακρίνουμε την κατασκευή της πλατφόρμας (Μ/Σ) από ιδικό χαρτόνι και την βάση της μακέτας οπού αποτελείται από ξύλινο πλαίσιο και φελιζόλ:



Αυτές οι εικόνες παρουσιάζουν την κοπή και την συναρμολόγηση των ανεμογεννητριών:



Στις δυο πιο κάτω φωτογραφίες βλέπουμε την προετοιμασία και ηλεκτροσυγκόλληση της σιδερένιας βάσης της πλατφόρμας (Μ/Σ):



Αρχικά διακρίνουμε το πάνελ όπου θα τοποθετηθούν οι ανεμογεννήτριες και η τρισδιάστατη φωτογραφία από βινύλιο και στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται η ολοκληρωμένη μορφή του:



Στις επόμενες δύο εικόνες βλέπουμε την ολοκληρωμένη μορφή της πλατφόρμας (Μ/Σ):



Τέλος στην εικόνα που ακολουθεί διακρίνουμε την θεμελίωση του πυλώνα που αποτελείται από σκυρόδεμα με ίνες. Ακολουθεί η τελική μορφή της μακέτας:



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η αξιολόγηση των αιολικών πάρκων ως ανανεώσιμη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία έχουν σαν σκοπό να συμβάλλουν στη μείωση της περιβαλλοντολογικής ρύπανσης του πλανήτη. Κάτι τέτοιο αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο στις μέρες μας, για την Ελλάδα, η οποία είναι εξαρτημένη κατά το σύνολο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειάς της, από τα ορυκτά καύσιμα (λιγνίτης - πετρέλαιο) με όποια οικολογικά και οικονομικά προβλήματα προκύπτουν.

Η εύρεση κατάλληλης τοποθεσίας η οποία να διαθέτει τις απαραίτητες προδιαγραφές για την εγκατάσταση και τη λειτουργία ενός αιολικού πάρκου αποδεικνύεται ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία. Θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, οι ανεμολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, ώστε να αποδίδουν οι ανεμογεννήτριες, η μέγιστη ισχύ που μπορούν να παράγουν και το κόστος εγκατάστασης- διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας. Επίσης η ορθή χωροθέτηση ενός αιολικού πάρκου θα πρέπει να μην επηρεάζει την χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής αφού σκοπός του είναι να συνεισφέρει στην προστασία του περιβάλλοντος. Ένας ακόμα καθοριστικός παράγοντας που κρίνει το κατά πόσο θα μπορέσει να εγκατασταθεί στην εκάστοτε περιοχή ένα αιολικό πάρκο είναι η αποδοχή από τους κατοίκους της περιοχής, αγρότες, κτηνοτρόφους, και επιχειρηματίες που δραστηριοποιούνται στον χώρο του τουρισμού.

Θα πρέπει λοιπόν να έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα ώστε να πληρούν απόλυτα τα προηγούμενα κριτήρια που αναφέραμε. Σε αυτό συνεισφέρει η ραγδαία εξέλιξη της ανεμογεννήτριας σε επίπεδο σχεδιασμού και κατασκευής της, ώστε να παράγει μεγαλύτερα ποσοστά ηλεκτρικής ισχύος. Αυτό πραγματοποιείται πετυχαίνοντας μικρότερο θόρυβο από την περιστροφική κίνηση των πτερυγίων που αποτελεί το σύνθηρες, πρόβλημα της όχλησης του κοινού. Ένα ακόμη στοιχείο επιτυχούς σχεδιασμού αποτελεί και η αποφυγή της οπτικής όχλησης.

Η πολυετής έρευνα για την μετανάστευση των αποδημητικών πτηνών με σκοπό να χαρτογραφηθεί η πορεία τους, εξασφαλίζει ότι δεν θα υπάρχει πιθανή σύγκρουσή τους με τα πτερύγια. Ως τώρα η εγκατάσταση γίνεται σε ορεινούς όγκους (βουνά) ή σε θαλάσσιες περιοχές μικρού βάθους ώστε να επιτευχθούν οι ευνοϊκότερες ταχύτητες ανέμου. Η λειτουργία ενός αιολικού πάρκου διαφέρει στην εγκατάσταση και στο κόστος κατασκευής ανάμεσα σε αυτές τις δυο τοποθεσίες που αναφέραμε. Για να μπορέσουμε να έχουμε μια πλήρης άποψη αυτών των διαφορών κάναμε μια εκτενέστερη αναφορά σε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο (Horn rev 2) της Δανίας, καθώς η χώρα μας ακόμα δεν διαθέτει κάτι αντίστοιχο.

Από την έρευνα που αναπτύξαμε διαπιστώσαμε τις διαφορές που υπάρχουν για αυτές τις δυο περιοχές εγκατάστασης και πώς ανταποκρίνονται ειδικότερα στην χώρα μας. Το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξαμε είναι ότι η χώρα μας διαθέτει όλες τις προϋποθέσεις για την κατασκευή τέτοιων υπεράκτιων αιολικών πάρκων, καθώς το μεγαλύτερο τμήμα της καλύπτεται από θαλάσσια έκταση αλλά με την ιδιαιτερότητα ότι υπάρχουν εκατοντάδες βραχονησίδες οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν ως φυσικοί πλωτήρες για την τοποθεσία των ανεμογεννητριών χωρίς να καταστρέφεται ή να αλλοιώνεται το τοπίο που θα μπορούσε να φιλοξενεί τουριστικές δραστηριότητες όπως θα γινόταν αν η εγκατάσταση ήταν κοντά στην ακτή ή στην κορυφογραμμή των ορεινών όγκων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το κόστος της θεμελίωσης να ελαττώνεται σε σύγκριση με αντίστοιχες θεμελιώσεις στον πυθμένα της θάλασσας χωρίς να διαφέρει η απόδοση των ανεμογεννητριών. Θα μπορούσε να γίνει ένα εκτεταμένο δίκτυο με αιολικά πάρκα εγκατεστημένα σε βραχονησίδες που βρίσκονται κοντά σε μεγάλα και πυκνοκατοικημένα νησιά με σκοπό να ελαττωθεί όσο είναι δυνατόν η εξάρτησή τους από το ηπειρωτικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας καθιστώντας το, πιο σταθερό και ελαττώνοντας την εκπομπή ρύπων.

Όπως έχουμε αναφερθεί τα νησιά καλύπτουν τις ενεργειακές τους ανάγκες από το δίκτυο ή με την χρήση νηξελογεννητριών. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε μεγάλες πτώσεις τάσης λόγω των πολλών χιλιομέτρων ηλεκτρικών γραμμών από το εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας μέχρι το νησί-καταναλωτή, προκαλώντας παράλληλα την αύξηση των διατομών των αγωγών και άρα του συνολικού κόστους. Επιπλέον επιφορτίζεται το δίκτυο με άεργο ισχύ που έχει σαν αποτέλεσμα την ανάγκη παραγωγής μεγαλύτερης ηλεκτρικής ενέργειας από αυτή που καταναλώνεται στην πραγματικότητα. Στην δεύτερη περίπτωση αντιμετωπίζουμε την υψηλή τιμή του πετρελαίου που αυξάνουν την τιμή της παραγόμενης KWh.

Για τους λόγους που αναφέραμε, έχοντας υπόψη μας ότι έχουν υλοποιηθεί οι κατάλληλες έρευνες και μελέτες, είναι επιτακτική ανάγκη να εγκατασταθούν υπεράκτια αιολικά πάρκα στον ελλαδικό χώρο τα οποία θα βοηθήσουν στην αντιμετώπιση των ενεργειακών ζητημάτων της χώρας μας προστατεύοντας και αφήνοντας ανεπηρέαστη την φυσική της ομορφιά που αποτελεί κληρονομιά για τις επόμενες γενιές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Πηγές από Internet:

- <http://www.ens.dk/en-us/Sider/forside.aspx>
- <http://el.Wikipedia.org>
- <http://www.dei.gr/>
- <http://www.dongenergy.com>
- <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=287&language=elGR>
- http://wn.com/horns_rev_2_offshore_work

Ελληνική βιβλιογραφία:

- Τεχνικό εγχειρίδιο μελέτης αιολικού πάρκου ENERGON.
- Walker, John F., Jenkins, Nicholas. Αιολική ενέργεια και ανεμογεννήτριες. Εκδότης: ΙΩΝ
- Μ. Παπαδόπουλος, Σ. Παπαθανασίου, Ε. Καραμάνου, (2008). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Τελική Έκθεση με θέμα: «ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΝΗΣΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ»
Φορέας ανάθεσης:
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
- Δημήτρης Β. Κανελλόπουλος, (2008). Αιολική ενέργεια
Εκδότης: Ίων
- Ιωάννης Κ. Καλδέλλης (2005). Διαχείριση της αιολικής ενέργειας
Εκδότης: Σταμούλη Α.Ε.