

ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΕΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
(ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ)

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΜΟΥΛΑΡΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΠΟΥΡΝΑΡΑΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
ΠΑΣΠΑΛΙΑΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ

ΕΤΟΣ 2005

Στους γονείς μας και στα αδέρφια μας
για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξή τους
όλα αυτά τα χρόνια
Με πόσην αυταρέσκεια ο λόγος
υιοθετεί το σόφισμα! Πως
παρεισφρύει – μ' έκδηλη θέλησή
του! Πόση στοργή και σύνεση για
συγκαλυφθεί!...
κ' η απόλαυση είναι εξωτική,
όταν θριαμβεύει η μηχανή και
ο μέγας παραλογισμός εκείθε
ξεφυτρώσει, που όλα σε δήθεν
λογική φαίνονται τεθειμένα!...

Τάκης Παπατσώνης

(Νόθος λόγος)

Πρόλογος

Κατά καιρούς διάφορες μελέτες έχουν απασχολήσει τους ερευνητές και επιστήμονες όσον αφορά το θέμα των ανεμογεννητριών τόσο στην κατασκευή τους όσο και στην τοποθεσία εγκατάστασης, δημιουργώντας έτσι πολλά προβλήματα και αντιδράσεις σε πολιτικό και κοινωνικό τομέα.

Αυτή η εργασία αποτελεί μια σύμπτυξη των όσων αφορά στις ανεμογεννητριες τις οποίες θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε και να καταλάβουμε το περιεχόμενό τους στα ακόλουθα κεφάλαια.

Για να γίνουν κατανοητές, ωστόσο, θα πρέπει να γίνου κάποιες αναφορές σε ορισμένα είδη που υπάρχουν σήμερα, π.χ. WAsP, Whisper, οριζόντιου άξονα, κατακόρυφου άξονα, στις τεχνικές τους προδιαγραφές και στον τρόπο αντιμετώπισής τους. Έμφαση θα δοθεί επίσης στα συστήματα αντικεραυνικής προστασίας και στις επιπτώσεις των ανεμογεννητριών.

Ευχαριστίες

Πέρα απ' όλα αυτά, θα πρέπει να εκφραστεί μια μεγάλη ευχαριστία σε όσους βοήθησαν για το εγχειρίδιο αυτό, του οποίου η δημιουργία έγινε κάτω από ένα πνεύμα συνεργασίας, αλληλεγγύης καθώς και μεγάλης υπομονής, ώστε το

αποτέλεσμα να είναι όσο πιο ικανοποιητικό γίνεται και για εμάς τους ίδιους, αλλά και το αξιόλογο κοινό στο οποίο θα παρουσιαστεί.

Οι πιο θερμές και εγκάρδιες ευχαριστίες θα πρέπει να δοθούν σε αυτούς που με το έργο τους συντέλεσαν στην δημιουργία αυτής της εργασίας, που δεν είναι άλλοι από τους επιστήμονες, που με την αστείρευτη δίψα τους για μάθηση, εργάζονται για την ανακάλυψη νέων πηγών, νέας γνώσης και βελτίωση της ποιότητας και του επιπέδου ζωής όλων των ανθρώπων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κινητική ενέργεια του ανέμου αποτελεί μια ενδιαφέρουσα πηγή ενέργειας, η οποία ονομάζεται «αιολική ενέργεια». Η αιολική ενέργεια ανήκει στις ήπιες ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δεδομένου ότι αφ' ενός δε ρυπαίνει το περιβάλλον (ήπια προς το περιβάλλον) και αφ' ετέρου είναι θεωρητικά ανεξάντλητη (ανανεώνεται συνεχώς).

Η αιολική ενέργεια προέρχεται από μετατροπή ενός μικρού ποσοστού (περίπου 0,2%) της ηλιακής ενέργειας, που φθάνει στο έδαφος του πλανήτη μας, σε κινητική ενέργεια του ανέμου. Η ισχύς του ανέμου σε ολόκληρο το πλανήτη μας εκτιμάται σε $3,6 \times 10^9$ MW, ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις του Παγκοσμίου Οργανισμού Μετεωρολογίας, ποσοστό περίπου 1% της αιολικής ενέργειας, που ανέρχεται σε 0,6Q (ή 175×10^{12} kWh) είναι διαθέσιμο για ενεργειακή αξιοποίηση σε διάφορα μέρη του κόσμου.

Οι πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας από πλευράς αιολικού δυναμικού είναι οι χώρες της πολιτικής και εύκρατης ζώνης, ιδιαίτερα κοντά στις ακτές. Βέβαια η αξιοποίηση της δωρεάν ενέργειας που προσφέρει η φύση στον άνθρωπο, προϋποθέτει την ύπαρξη των κατάλληλων μηχανών, για τη δέσμευση της αιολικής ενέργειας και τη μετατροπή της στην επιθυμητή μορφή ενέργειας.

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, ιδιαίτερα μετά τις διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις και σε συνδυασμό με τα οξυμένα περιβαλλοντικά προβλήματα, οι άνθρωποι έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Αξίζει να σημειώσουμε στο σημείο αυτό, ότι από τεχνικοοικονομικής απόψεως, η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα την πλέον συμφέρουσα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, δεδομένου ότι ήδη το κόστος της παραγόμενης αιολικής kWh συναγωνίζεται το

κόστος της συμβατικής kWh, χωρίς μάλιστα να συμπεριληφθεί το κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος από την παραγωγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται σοβαρές επενδύσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας τόσο από δημόσιους όσο και από ιδιωτικούς φορείς, κυρίως στις πιο ανεπτυγμένες χώρες του πλανήτη μας.

Μια μορφή της αιολικής ενέργειας είναι οι ανεμογεννήτριες οι οποίες παράγουν ενέργεια από τον άνεμο και αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω στα εξής κεφάλαια ορισμένα στοιχεία που έχουν να κάνουν στην κατασκευή τους, στην λειτουργία τους, στην προστασία τους με ορισμένα συστήματα αντικεραυνικά, στον τρόπο και τις προϋποθέσεις εγκατάστασης Α/Γ καθώς και τα προβλήματα που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια εγκατάστασης Α/Γ ενώ τέλος αναφέρουμε τον διεθνή ανταγωνισμό και κόστος αγοράς καθώς και ένα πλούσιο φωτογραφικό υλικό που περιέχει Α/Γ σε διάφορα νησιά και σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1. ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ

1.1 Μειονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας

Όπως προαναφέρθηκε, η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν από τον άνθρωπο, τόσο στην ναυτιλία όσο και στην άρδευση και τη γεωργία. Όμως αντικαταστάθηκε από άλλες πηγές ενέργειας για ολόκληρο σχεδόν τον εικοστό αιώνα, λόγω των σημαντικών μειονεκτημάτων που παρουσίαζε σε σύγκριση με άλλες «πυκνότερες» μορφές ενέργειας. Βέβαια σήμερα, οι χρησιμοποιούμενες μηχανές δεν έχουν καμία σχέση τόσο από αεροδυναμικής σκοπιάς όσο και από κατασκευαστικής αντοχής και ποιότητας με τους θρυλικούς ανεμόμυλους, εμφανίζουν δε, αξιοσημείωτη συγκέντρωση ισχύος. Παρόλα αυτά, είναι χρήσιμο να εξετάσουμε τα κυριότερα μειονεκτήματα που αποδίδονται στην αιολική ενέργεια, ώστε να αποκτήσουμε μια πλέον ολοκληρωμένη εικόνα.

- Η χαμηλή ροή αξιοποιήσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου (Watt/m^2) κατατάσσει την αιολική ενέργεια στις «αραιές» μορφές ενέργειας. Τυπικές τιμές ροής της αξιοποιούμενης αιολικής ισχύος κυμαίνονται μεταξύ 200 W/m^2 και 400 W/m^2 . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη χρήση είτε μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών είτε τη χρήση μηχανών μεγάλων διαστάσεων, για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας. Σήμερα καταβάλλονται προσπάθειες αύξησης της συγκέντρωσης ισχύος των αιολικών μηχανών, οι οποίες σε επιλεγμένες περιπτώσεις πλησιάζουν ή και υπερβαίνουν τα 500 W/m^2 .
- Η αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων δεν μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που τη χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει να χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές κυρίως σαν εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό πάντοτε με κάποια άλλη πηγή ενέργειας (π.χ. σύνδεση με ηλεκτρικό δίκτυο, παράλληλη λειτουργία με μονάδες Diesel κ.λπ.).
- Σε περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο, η παραγόμενη ενέργεια δεν πληροί πάντοτε τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου της άεργης ισχύος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα έχει δώσει λύση στα περισσότερα από τα αναφερόμενα προβλήματα, ιδιαίτερα με την κατασκευή ανεμογεννητριών μεταβλητού βήματος και μεταβλητών στροφών. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιο αυξημένο κόστος για τη

βελτίωση των χαρακτηριστικών της παρεχόμενης ενέργειας, το οποίο προστίθεται στο συνολικό κόστος της παραγόμενης kWh.

- Αντίστοιχα, στις περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, σε μια προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης ενέργειας. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται αυξημένο αρχικό κόστος (λόγω της προσθήκης του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας) και βέβαια επιπλέον απώλειες ενέργειας κατά τις φάσεις μετατροπής και αποθήκευσης, καθώς και αυξημένες υποχρεώσεις συντήρησης και εξασφάλισης ομαλής λειτουργίας.

Ολοκληρώνοντας, πρέπει να επισημάνουμε ότι αρκετοί επιστήμονες (κυρίως οικονομολόγοι) έχουν υποστηρίξει ότι η κατάλληλη αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας μπορεί να λύσει το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που χρησιμοποιείται αρκετά συχνά είναι το γεγονός ότι οι ενεργειακές ανάγκες των Η.Π.Α. αποτελούν μόλις το ένα δέκατο του αντίστοιχου αιολικού δυναμικού της χώρας αυτής.

- Ένα ακόμα μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι η περιορισμένη δυνατότητα αξιοποίησης του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού. Στην πραγματικότητα αξιοποιούμε μερικώς μόνο την κινητική ενέργεια, η οποία αντιστοιχεί σε ένα περιορισμένο φάσμα ταχύτητας του ανέμου.
- Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι από το σύνολο της απορροφούμενης αιολικής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια, μόνο ένα περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών και περιορισμών.
- Τέλος, πρέπει να επισημάνουμε το σχετικά υψηλό κόστος της αρχικής επένδυσης για την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας, ειδικά μάλιστα για μεμονωμένες περιπτώσεις αιολικών μηχανών μικρού μεγέθους. Στο σημείο αυτό πρέπει να προσθέσουμε ότι η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και ο ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών έχει τα τελευταία χρόνια συμπίεσει σημαντικά τις τιμές των ανεμογεννητριών.

1.2 Πλεονεκτήματα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας

Αν και δεν είναι δυνατόν να αγνοήσουμε τα μειονεκτήματα που συνοδεύουν την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, είναι επίσης σημαντικό να ληφθούν υπόψη και οι παρακάτω παράγοντες, ορισμένοι από τους οποίους ισχύουν ιδιαίτερα για τη χώρα μας, ώστε να διαμορφώσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις δυνατότητες και τους περιορισμούς αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα:

- Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η αιολική ενέργεια δεν εξαντλείται σε σχέση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα βεβαιωμένα αποθέματα του πλανήτη μας αναμένεται να εξαντληθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια καθαρή μορφή ενέργειας, ήπια προς το περιβάλλον. Η χρήση της δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης και παράλληλα αντικαθιστά ιδιαίτερα ρυπογόνες πηγές ενέργειας, όπως το κάρβουνο, το πετρέλαιο και την πυρηνική ενέργεια. Τα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα των περισσότερων αναπτυγμένων περιοχών καθώς και της χώρας μας (π.χ. Αθήνα, Πτολεμαΐδα, Μεγαλόπολη κ.λπ.) καθιστούν την αιολική ενέργεια ιδιαίτερα ελκυστική σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος.

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

- ✓ Η χώρα μας διαθέτει πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό (κυρίως τα νησιωτικά συμπλέγματα του Αιγαίου) και μάλιστα αρίστης ποιότητας. Πράγματι, στα περισσότερα νησιά του Αρχιπελάγους εμφανίζονται άνεμοι σημαντικής ταχύτητας και διάρκειας σχεδόν όλο το έτος.
- ✓ Η περιορισμένη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο, με αμελητέα μάλιστα τη συμμετοχή της αιολικής ενέργειας, καθιστά προφανείς τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες σύστασης αιολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, σε μια αγορά με σημαντικό αριθμό αναξιοποίητων θέσεων εγκατάστασης.
- ✓ Η ισχυρή εξάρτηση της χώρας μας από εισαγόμενα καύσιμα, τα οποία οδηγούν αφ' ενός σε συναλλαγματική αιμορραγία τη χώρα μας, αφ' ετέρου σε εξάρτησή της από χώρες εκτός της Ε.Ε. Με τον τρόπο αυτό, το μεσοπρόθεσμο κόστος παραγωγής ενέργειας, η οποία αποτελεί τον κυριότερο ίσως παραγωγικό συντελεστή για πλήθος βασικών αγαθών, δεν μπορεί να προβλεφθεί με λογικά σενάρια, πράγμα που οδηγεί σε υπερβολική αβεβαιότητα τον αντίστοιχο σχεδιασμό της εθνικής οικονομίας.
- ✓ Η υψηλή σεισμικότητα της χώρας μας εγκυμονεί κινδύνους για τις θερμοη-

λεκτρικές και κυρίως για τις πυρηνικές εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται προβληματική στο άμεσο μέλλον η κατασκευή πυρηνικών μονάδων στη χώρα μας. Προφανώς, με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα είναι δυνατή η δημιουργία υψηλής ασφάλειας συμβατικών μονάδων, με δυσανάλογη όμως αύξηση του κόστους ενέργειας.

- ✓ Η σημαντική διασπορά και ανομοιομορφία του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στα διάφορα τμήματα της χώρας μας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ότι ακόμα και σε περίπτωση που η μέση τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας θα είναι ελαφρώς κατώτερη του οριακού κόστους της παραγόμενης αιολικής kWh, σε αρκετά νησιά της χώρας μας το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολλαπλάσιο, ενίοτε και υπερδεκαπλάσιο του οριακού κόστους παραγωγής της Δ.Ε.Η. Πράγματι, από τα διαθέσιμα στοιχεία, ενώ το οριακό κόστος παραγωγής της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού κυμαίνεται μεταξύ των 13,86 και των 17,68 δρχ/kWh για τα έτη 1990 και 1992 συμπεριλαμβανομένου και του κόστους μεταφοράς, τιμή που βασίζεται σε ιστορικά στοιχεία, το αντίστοιχο μέσο κόστος παραγωγής των αυτόνομων σταθμών παραγωγής «Α.Σ.Π.» κυμαίνεται το ίδιο διάστημα μεταξύ 22,87 και 27,82 δρχ/kWh. Την ίδια στιγμή, προκύπτει ότι υπάρχουν αυτόνομοι σταθμοί, των οποίων και μόνο η συμμετοχή του καυσίμου στο κόστος παραγωγής υπερβαίνει κατά πολύ το οριακό κόστος παραγωγής της επιχείρησης. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατή η αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων από την αιολική ενέργεια, τουλάχιστον στις νησιωτικές περιοχές, δεδομένου μάλιστα ότι αυτές διαθέτουν και το καλύτερο αιολικό δυναμικό.
- ✓ Η δυνατότητα τόνωσης της ελληνικής κατασκευαστικής δραστηριότητας με προϊόντα υψηλής Εγχώριας Προστιθέμενης Αξίας (Ε.Π.Α.) και συγκριτικά χαμηλού επενδυτικού κόστους, όπως θα μπορούσε να αποτελέσει η απόφαση συμπαραγωγής ανεμογεννητριών στη χώρα μας, συνεισφέροντας ταυτόχρονα και τη μείωση της ανεργίας.
- ✓ Η υψηλή Ε.Π.Α. η οποία συνοδεύει την απόφαση εγχώρια παραγωγής ανεμογεννητριών. Η εκτιμώμενη Ε.Π.Α. μπορεί να φθάσει και να υπερβεί με τη σταδιακή απόκτηση εμπειρίας και στο 90% του συνολικού κόστους μιας ανεμογεννήτριας, ενισχύοντας ταυτόχρονα την εθνική οικονομία.
- ✓ Η αξιολογη εγχώρια ηλεκτρο-μηχανολογική εμπειρία, καθώς και το σημαντικό επιστημονικό – ερευνητικό ενδιαφέρον και δραστηριότητα στη γνωστική περιοχή της αιολικής ενέργειας.
- ✓ Η δυνατότητα αξιοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων, που χρηματοδοτούνται εν μέρει από ελληνικούς και κοινοτικούς φορείς, δεδομένων των

υψηλών επιχορηγήσεων και του συγκριτικού χαμηλού κόστους που συνοδεύουν παρόμοιες επενδύσεις σε τομείς αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον, είναι δυνατή στην περίπτωση ίδρυσης αιολικών πάρκων η σταδιακή εγκατάσταση των μηχανών, με διαχρονική κατανομή του κόστους επένδυσης σύμφωνα με το σχέδιο του επενδυτή.

- ✓ Η έλλειψη ισχυρών ελληνικών οικονομικών συμφερόντων, που έχουν επενδύσει σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως για παράδειγμα η πυρηνική στη Γαλλία, το πετρέλαιο στις Αραβικές χώρες και τα οποία θα μπορούσαν να αποθαρρύνουν τυχόν κυβερνητικό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Πράγματι, τα τελευταία χρόνια με την ενθάρρυνση της Ε.Ε. η Πολιτεία έχει δείξει αυξημένο ενδιαφέρον για τη διείσδυση της αιολικής ενέργειας στη εγχώρια ενεργειακή αγορά (π.χ. νόμος 2244/94) αλλά και τη χρηματοδότηση αντίστοιχων έργων (π.χ. νόμος 2234/94 ή 2601/98), χωρίς βέβαια να αρθούν πλήρως οι αντιξοότητες που συνοδεύουν τη λειτουργία της κρατικής μηχανής και των αντίστοιχων γραφειοκρατικών μηχανισμών.
- ✓ Η δυνατότητα αποκεντρωμένης ανάπτυξης μέσα από αυτόνομα συστήματα παραγωγής ενέργειας, γεγονός που μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την οικονομική δραστηριότητα των τοπικών κοινωνιών.

Συνολικό κόστος – κόστος καυσίμου σε δρχ/kWh, Α.Σ.Π.

Αυτόνομος Σταθμός	1988 ΣΚ	1988 ΚΚ	1989 ΣΚ	1989 ΚΚ	1990 ΣΚ	1990 ΚΚ	1991 ΣΚ	1991 ΚΚ	1992 ΣΚ	1992 ΚΚ
Λέσβου	13,84	7,62	13,78	7,29	16,98	7,24	19,63	8,64	17,67	9,06
Χίου	14,64	7,32	15,02	7,18	19,53	6,66	21,12	7,37	20,03	9,27
Καλύμνου	12,72	7,37	12,88	7,49	15,82	8,20	16,82	9,30	54,93	36,39
Καρπάθου	24,69	11,69	29,27	15,26	33,89	16,41	43,68	22,83	75,98	39,33
Θήρας	17,75	9,34	19,36	10,43	24,50	14,49	29,89	19,70	34,68	22,07
Μυκόνου	19,17	10,11	18,19	9,21	24,80	11,20	31,87	15,11	45,49	26,61
Πάρου	14,26	7,39	14,01	6,72	23,55	7,50	24,62	8,10	27,52	12,73
Σάμου	14,64	8,55	15,53	9,04	15,71	8,10	23,82	9,16	26,72	12,52
Σύρου	19,64	7,67	21,74	8,11	22,53	7,95	25,93	8,75	31,43	11,12
Λήμνου	19,79	7,37	21,47	7,26	24,77	7,92	26,49	6,94	40,77	15,66
Μήλου	45,74	10,85	25,87	8,63	40,33	17,50	51,85	27,63	144,5	64,88
Αντικυθήρων	491,9	77,35	455,7	55,61	581,3	66,98	602,5	85,27	-	-
Αγαθονήσου	158,0	21,35	184,1	45,94	213,6	33,50	250,4	55,92	-	-
Μεγίστης	117,6	24,04	122,1	25,39	110,1	20,24	144,9	30,92	-	-

Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη την τοπογραφία της χώρας μας και την αφθονία των μικρών νησιών και των απομονωμένων αγροκτημάτων, μπορούμε να ενθαρρύνουμε και την εγκατάσταση ανεμογεννητριών μικρών – μεσαίων διαστάσεων από ιδιώτες. Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τους πιο συντηρητι-

κούς υπολογισμούς της Ε.Ε., υπάρχουν σε αυτή πάνω από πεντακόσιες εξήντα χιλιάδες (560.000) ιδιωτικές απομονωμένες αγροικίες, από τις οποίες περίπου το 10% ανήκει στη χώρα μας. Οι αγροικίες αυτές δεν έχουν πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο, με αποτέλεσμα η εγκατάσταση ανεμογεννητριών να συνεισφέρει στην επίλυση των ενεργειακών τους προβλημάτων.

Τέλος, στην περίπτωση κατά την οποία θα αποφασισθεί η εγχώρια παραγωγή σημαντικού αριθμού ανεμογεννητριών, οι αντίστοιχες κατασκευαστικές εταιρείες θα έχουν την δυνατότητα να επωφεληθούν και από τα λεγόμενα «φαινόμενα οικονομίας κλίμακας» τα οποία συνοδεύουν τη μαζική παραγωγή προϊόντων.

1.3 Παραδείγματα εφαρμογών αιολικής ενέργειας

Οι ανεμογεννήτριες κάθε τύπου, μετατρέπουν μέρος της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε περιστροφική (μηχανική) ενέργεια του άξονα της μηχανής, η οποία με τη σειρά της μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους.

Η κυριότερη χρήση των ανεμογεννητριών είναι για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε αυτόνομα (με τη βοήθεια συσσωρευτών) είτε σε σύνδεση με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο. Για αιολική ηλεκτροπαραγωγή ο ανεμοκινητήρας συνδέεται με μια ηλεκτρογεννήτρια, σύγχρονη ή ασύγχρονη ή ακόμα και συνεχούς ρεύματος. Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε πολύ μικρές εγκαταστάσεις και σε συνδυασμό πάντοτε με σύστημα αποθήκευσης, κυρίως ηλεκτρικούς συσσωρευτές. Το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα τροφοδοτεί καταναλώσεις συνεχούς, όπως για παράδειγμα θερμάστρες, φωτισμό κ.λπ.

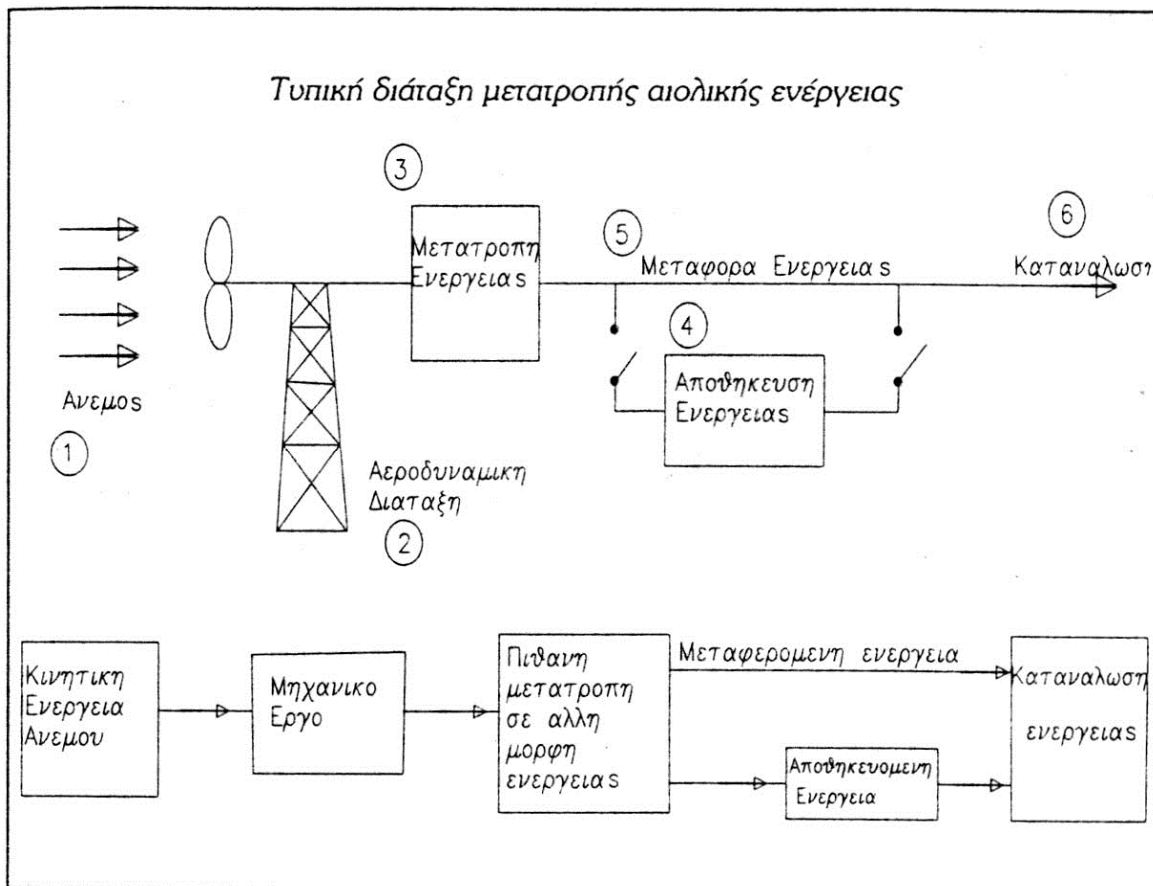
Οι κυριότερες όμως ηλεκτρογεννήτριες είναι εναλλασσόμενου ρεύματος, είτε ασύγχρονες είτε σύγχρονες, και οι οποίες κατά κύριο λόγο είναι συνδεδεμένες με το ηλεκτρικό δίκτυο. Οι ασύγχρονες γεννήτριες είναι πλέον οικονομικές και δεν εμφανίζουν σημαντικά προβλήματα διασύνδεσης με το τοπικό δίκτυο. Δεν μπορούν όμως να λειτουργήσουν αυτόνομα, δεδομένου ότι χρειάζονται εξωτερική διέγερση την οποία παίρνουν από το δίκτυο. Αντίστοιχα οι σύγχρονες γεννήτριες μπορούν να λειτουργήσουν και αυτόνομα, εμφανίζουν όμως κάποια προβλήματα συνεργασίας με το ηλεκτρικό δίκτυο, λόγω της σχετικής ακαμψίας που παρουσιάζουν.

Άλλες δυνατές χρήσεις της αιολικής ενέργειας είναι η άντληση νερού και η άρδευση των αγροτικών καλλιεργειών. Μια τυπική εφαρμογή της αιολικής ενέργειας είναι η χρήση ανεμοκινητήρων για την άρδευση του οροπεδίου Λασιθίου, ενώ σήμερα λειτουργούν αιολικά συστήματα άντλησης και άρδευσης αγροτικών εκτάσεων υπό μεγάλη πίεση με τη μορφή τεχνητής βροχής. Υπάρχει δε πάντοτε η δυνατότητα συνεργασίας των ανεμογεννητριών με ηλεκτρικές ή και πετρελαιοκί-

νητες μονάδες άντλησης με σημαντική εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας.

Παράλληλα είναι δυνατή η χρήση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας για την απευθείας παραγωγή θερμότητας (τριβή στερεών, αναδευτήρες, κατάθλιψη υγρών), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για τη θέρμανση χώρων εργασίας, είτε για την αποξήρανση γεωργικών προϊόντων, είτε, τέλος, για την θέρμανση θερμοκηπίων.

Ανάμεσα στις υπόλοιπες χρήσεις της αιολικής ενέργειας είναι η αφαλάτωση νερού, η ηλεκτρόλυση ύδατος και η παραγωγή καύσιμου υδρογόνου, καθώς και φόρτιση συσσωρευτών για το εμπόριο. Στο σχήμα παρουσιάζεται μια τυπική διάταξη παραγωγής και μετατροπής της αιολικής ενέργειας, η οποία περιγράφει κυρίως τις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



1.4 Συστήματα αποθήκευσης της αιολικής ενέργειας

Όπως γνωρίζουμε, το βασικότερο ίσως μειονέκτημα της αιολικής ενέργειας είναι η ασυνέχεια παραγωγής της, καθώς και η αδυναμία παραγωγής ενέργειας κατά βούληση με σκοπό την κάλυψη της στιγμιαίας ζήτησης. Το γεγονός αυτό δημιουργεί την ανάγκη αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές μας ανάγκες σε περιόδους άπνοιας ή σε μια προσπάθεια καλύτερης προσαρμογής της ενεργειακής ζήτησης και προσφοράς. Βέβαια η χρήση συστημάτων αποθήκευσης αυξάνει σημαντικά το κόστος της αρχικής εγκατά-

στασης, ενώ προσθέτει και επιπλέον απώλειες μετατροπής. Τα κυριότερα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας είναι:

1.4.1 Συστοιχίες συσσωρευτών

Αποτελούν την πλέον κατάλληλη μέθοδο για αποθήκευση σχετικά μικρών ποσοτήτων ενέργειας, για μικρούς οικισμούς και μεμονωμένες αγροικίες. Το μέγεθος και η συνδεσμολογία των συσσωρευτών εξαρτάται από την απαιτούμενη επάρκεια και το είδος των καταναλώσεων. Το κόστος των συσσωρευτών είναι αρκετά σημαντικό, ιδιαίτερα για συσσωρευτές μεγάλου επιτρεπόμενου αριθμού φορτίσεων – αποφορτίσεων και απαιτείται προσεκτική συντήρηση της εγκατάστασης. Σε καταναλώσεις εναλλασσόμενου ρεύματος είναι απαραίτητη η ύπαρξη ανορθωτών, μετασχηματιστών και σταθεροποιητών τάσεως συχνότητας.

1.4.2 Συστήματα υδροδυναμικής αποθήκευσης της ενέργειας

Η εφαρμογή αυτή εμφανίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χώρα μας στο άμεσο μέλλον, κυρίως στα νησιά του Αιγαίου. Στην περίπτωση αυτή, η περίσσεια της αιολικής ενέργειας, κατά τις ώρες μικρής ενεργειακής ζήτησης, χρησιμοποιείται για την άντληση νερού στην πάνω λίμνη ενός υδροηλεκτρικού φράγματος. Στην περίπτωση τώρα χαμηλής αιολικής παραγωγής ή άπνοιας λειτουργεί ο υδροηλεκτρικός σταθμός με την πτώση του αποθηκευμένου ύδατος στον υδροστρόβιλο και παραγωγή του επιθυμητού ποσού ενέργειας. Για τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού έργου μπορεί να χρησιμοποιηθεί γλυκό (π.χ. βρόχινο) νερό αλλά και νερό θάλασσας (προεπεξεργασμένο), πράγμα που ευνοεί τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις σε νησιά.

Ο συντελεστής απόδοσης του αποθηκευτικού αυτού συστήματος είναι περίπου 70% εφόσον οι αιολικές και οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις βρίσκονται στην ίδια περιοχή, ώστε να αποφεύγονται οι απώλειες μεταφοράς της ενέργειας. Βέβαια, οι δαπάνες επένδυσης είναι αρκετά υψηλές με αποτέλεσμα να απαιτείται οικονομοτεχνική ανάλυση για την αναζήτηση της βέλτιστης λύσεως. Δεν πρέπει τέλος να ξεχνάμε ότι τα συνδυασμένα αιολικά – υδροηλεκτρικά έργα εμφανίζουν τέλεια ρύθμιση του φορτίου, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν γενικότερα σαν αποθήκες φορτίου, συνεργαζόμενα και με άλλες συμβατικές ή ανανεώσιμες μονάδες παραγωγής ενέργειας.

1.4.3 Συστήματα παραγωγής υδρογόνου

Παράγεται κύρια με ηλεκτρόλυση θαλασσινού νερού, που αποτελεί και πρακτικά ανεξάντλητη πρώτη ύλη. Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας σαν καύσιμο αποδίδοντας τριπλάσια ενέργεια (θερμογόνος ικανότητα

27.000 Kcal/kg) από ίση ποσότητα πετρελαίου, χωρίς μάλιστα να ρυπαίνει το περιβάλλον, είτε για απόληψη ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ειδικών κυψελών (fuel cells).

Από την άλλη πλευρά το υδρογόνο θεωρείται από μερικούς σαν το μελλοντικό καύσιμο του πλανήτη μας, δεδομένης της καθαρότητάς του και της υψηλής θερμογόνου δύναμής του. Με τον τρόπο μάλιστα αυτό οι ήπιες μορφές ενέργειας θα προμηθεύουν καύσιμα για την προώθηση των οχημάτων (αυτοκίνητα, αεροπλάνα κ.λπ.). Μερικές από τις λύσεις που έχουν προταθεί για την αποθήκευση υδρογόνου είναι:

1. η υγροποίησή του (με κατανάλωση του 20% περίπου της θερμογόνου ικανότητας της υγροποιημένης ποσότητας).
2. ο σχηματισμός υδρογονούχων ενώσεων (π.χ. αμμωνίας, υδραζίνης) που υγροποιούνται εύκολα, αποθηκεύονται σαν υγρά και ξαναδιασπώνται όταν χρειάζεται για την παραγωγή υδρογόνου, και
3. προσφόρηση του υδρογόνου σε διάφορα μέταλλα (σχηματισμός υδριδίων) το οποίο επανεκλύεται με θέρμανση των υδριδίων.

1.4.4 Αποθήκευση ενέργειας σε σφόνδυλο

Στην περίπτωση αυτή η αποθήκευση της αιολικής ενέργειας γίνεται με τη βοήθεια ενός ή περισσότερων σφονδύλων. Βέβαια, μόνο περιορισμένα ποσά ενέργειας μπορούν να αποθηκευθούν με τον τρόπο αυτό, τα οποία μας παρέχουν αυτονομία μερικών μόνο λεπτών, δεδομένου ότι οι σφόνδυλοι με δυνατότητα αποθήκευσης πολλών kWh θα χρειασθούν μεγάλη προσοχή στη σχεδίαση και στην κατασκευή, ώστε να καταστούν αξιόπιστοι για πολλά χρόνια λειτουργίας. Οι πρακτικές εφαρμογές τέτοιων συστημάτων αναφέρονται σε συστήματα Wind – Diesel όπου η παρουσία του σφονδύλου μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση καυσίμου της τάξεως του 50% ενώ παράλληλα μειώνεται σημαντικά ο αριθμός εκκινήσεων του κινητήρα Diesel.

1.4.5. Υβριδικά συστήματα αποθήκευσης ενέργειας

Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των παραπάνω αποθηκευτικών μέσων, όπως για παράδειγμα συστήματα συσσωρευτών και σφονδύλου, συσσωρευτών και συστήματος wind – diesel καθώς και συνδυασμός συσσωρευτών, ανεμογεννήτριας και φωτοβολταϊκών στοιχείων.

1.5 Ανάπτυξη και προοπτικές της αιολικής ενέργειας στο κόσμο

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής

ενέργειας, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1970, μετά από τις διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις που προκάλεσαν οι διαρκείς ανατιμήσεις του πετρελαίου στη διεθνή αγορά. Έκτοτε η τεχνολογία των ανεμογεννητριών παρουσίασε εντυπωσιακή εξέλιξη, ενώ η αξιοπιστία και η απόδοσή τους εμφάνισε σημαντική βελτίωση.

Οι ανεμογεννήτριες που επικράτησαν στη διεθνή αγορά είναι οριζόντιου άξονα με πτερύγια μεταβλητού βήματος, πολλαπλασιαστή στροφών και γεννήτρια ασύγχρονη ή σύγχρονη, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του επενδυτή. Το όλο σύστημα στηρίζεται πάνω σε πύργο ύψους, που καθορίζεται από τη διάμετρο της πτερωτής στη διεύθυνση του ανέμου. Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας γίνεται με σύνδεση των ανεμογεννητριών στα ηλεκτρικά δίκτυα των επιχειρήσεων ηλεκτρισμού, για παράλληλη λειτουργία με τις συμβατικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, με στόχο την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων ή τη διατήρηση των υδάτινων αποθεμάτων. Τα τελευταία χρόνια βρίσκει εφαρμογή με επιτυχία και η περίπτωση κατάργησης του κιβωτίου ταχυτήτων με τη χρήση ηλεκτρικής γεννήτριας μεταβλητών στροφών.

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία, η συνολικά εγκατεστημένη αιολική ισχύς στον πλανήτη μας υπερβαίνει τα 7.000 MW. Το μεγαλύτερο μέρος των αιολικών μηχανών είναι εγκατεστημένο στη Καλιφόρνια των Η.Π.Α., στη Γερμανία και στη Δανία, ενώ αξιόλογος αριθμός μηχανών έχουν εγκατασταθεί σε αρκετές χώρες της Ε.Ε. όπως η Ισπανία, η Μεγάλη Βρετανία, η Ολλανδία κ.λπ. Επίσης, επιταχυνόμενο ενδιαφέρον στον τομέα της αιολικής ενέργειας εκδηλώνουν η Ινδία, η Κίνα και η Ιαπωνία.

Για την Ινδία αναφέρεται ότι διαθέτει αξιόλογο αιολικό δυναμικό και ότι ήδη από τα μέσα του 1991 υπήρχαν εγκατεστημένες αιολικές μηχανές ονομαστικής ισχύος 3,3 MW, ενώ παράλληλα υπάρχουν και 2.700 υδραντλίες. Στα επόμενα χρόνια της τρέχουσας δεκαετίας η ινδική αγορά παρουσίασε ιδιαίτερη ανάπτυξη, με αποτέλεσμα στις αρχές του 1996 η εγκατεστημένη αιολική ισχύς να πλησιάζει τα 750 MW. Μάλιστα μέσα στο 1995 εγκαταστάθηκαν 383 νέα αιολικά MW σε σύγκριση με τα 235 MW του 1994. Το ομόσπονδο κράτος Tamil Nadu αύξησε το δυναμικό του κατά 235 MW φθάνοντας τα 560 MW συνολικά, ενώ ακολουθούν οι περιοχές Gujarat με 115 MW και Andhra Pradesh με 45 MW αντίστοιχα. Για το 1996 η Ινδία κατέχει τη δεύτερη θέση στην εγκατάσταση νέων μηχανών με την προσθήκη 250 νέων MW στην παραγωγική της ικανότητα. Παράλληλα, για πρώτη φορά εξεδόθησαν από το αρμόδιο υπουργείο «Μη Συμβατικών Πηγών Ενέργειας» (MNES) οι βασικές αρχές για την παραγωγή αιολικής ενέργειας. Οι νέες αυτές αρχές αποσκοπούν στην παραγωγή περισσότερων kWh ηλεκτρικής ενέργειας και όχι απλά στην εγκατάσταση περισσότερων MW γεγονός που υπο-

γραμμίζει τη νέα αντίληψη για αποτελεσματικότητα του τομέα αιολικών εφαρμογών.

1.6 Δυνατότητες αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας

Όπως γνωρίζουμε η χώρα μας εμφανίζει έντονη εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα (π.χ. το 1990 ο συντελεστής ενεργειακής αυτάρκειας δεν ξεπερνούσε το 0,43 και το 1995 ήταν μόλις 29,6%), ενώ τα περιβαλλοντικά προβλήματα παρουσιάζουν σημαντική όξυνση. Για τους παραπάνω καθώς και για άλλους λόγους, η εγκατάσταση και λειτουργία ανεμοκινητήρων στη χώρα μας, έχει θετική συμβολή στην εξοικονόμηση συναλλάγματος που θα διατίθετο για την αγορά καυσίμων, ενώ ταυτόχρονα συντελεί στον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ως εκ τούτου παρόμοιες επενδύσεις στον τομέα των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας θα έπρεπε να αντιμετωπίζονται ευνοϊκά από την πολιτεία και να απολαμβάνουν των ευνοϊκών χρηματοοικονομικών κινήτρων, που έχουν θεσπισθεί και ισχύουν για όλες τις αναπτυξιακές επενδύσεις.

Στο σημείο αυτό πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι η χώρα μας ανήκει στην εύκρατη ζώνη με αποτέλεσμα, λόγω και της ευνοϊκής διαμόρφωσης του εδάφους, να διαθέτει συνεχείς και ισχυρούς ανέμους. Οι παραλιακές περιοχές και ιδιαίτερα οι νησιωτικές προσφέρονται για εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, εξασφαλίζοντας έναν αξιολύπητο μέσο συντελεστή ισχύος των αιολικών εγκαταστάσεων. Επομένως, τα ελληνικά νησιά διεκδικούν πρωταρχική θέση στη αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, πράγμα που διαπιστώνεται και από το μεγάλο αριθμό ανεμόμυλων που υπήρχαν στο παρελθόν σε αυτά. Επιπλέον, δεν διαθέτουν καμία άλλη πρωτογενή πηγή ενέργειας, πλην της αιολικής και της ηλιακής. Έτσι σήμερα οι ανάγκες των νησιών μας σε ενέργεια, καλύπτονται κύρια από αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι λειτουργούν με παράγωγα του πετρελαίου και με εντελώς ασύμφορο κόστος λειτουργίας.

Επιπλέον στη χώρα μας υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός περιοχών, οι οποίες βρίσκονται μακριά από τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και ένας σημαντικός αριθμός μικρών νησιών που δεν δικαιολογούν την εγκατάσταση αυτόνομων σταθμών παραγωγής ενέργειας. Επίσης, ο ελληνικός χώρος διαθέτει σημαντικό αριθμό φωτοσημάνσεων (περίπου 700) εκ των οποίων το 10% μόλις είναι επιτηρούμενες και μόλις δεκαπέντε (15) εξ αυτών ηλεκτροδοτούνται. Τέλος, αναφέρεται σημαντικός αριθμός απομακρυσμένων αγροικιών ή καταφυγίων τόσο στο νησιωτικό όσο και στον ηπειρωτικό χώρο.

Για το σύνολο των παραπάνω περιπτώσεων η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας αποτελεί μια ιδανική λύση, δεδομένου ότι οι ανάγκες μεμονωμένων μικρών καταναλωτών μπορούν να καλυφθούν από ανεμογεννήτριες ισχύος 1 kWh

έως και 15 kWh, ικανές να καλύψουν τις ανάγκες σε φωτισμό, άντληση νερού και κατοικίας, ψύξης και συντήρησης τροφίμων. Οι ανεμογεννήτριες της ισχύος αυτής λειτουργούν σε μικρές ταχύτητες ανέμου, έχουν απλή και αξιόπιστη κατασκευή, ενώ σε αυτά τα μεγέθη ενεργειακών αναγκών είναι οικονομικά αποδεκτή και η χρήση συσσωρευτών.

Τέλος, σε μεγαλύτερα δίκτυα (νησιά) ή σε περιοχές που είναι διασυνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο είναι δυνατή η παραγωγή αιολικής ενέργειας με χρήση ανεμοκινητήρων κάθε μεγέθους, με σκοπό την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων. Με δεδομένο δε ότι σύντομα τα περισσότερα νησιά του κεντρικού Αιγαίου (περιοχές με εξαιρετικό αιολικό δυναμικό) θα διασυνδεθούν με το κεντρικό εθνικό δίκτυο, καταλαβαίνουμε ότι είναι πράγματι δυνατή η συμβολή της αιολικής ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο με σημαντικά ποσοστά.

Ολοκληρώνοντας την εισαγωγική αυτή παράγραφο κρίνεται σκόπιμο να παραθέσουμε τους κυριότερους φορείς, οι οποίοι ασχολούνται μέχρι σήμερα με τη διάδοση και χρήση της αιολικής ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα της χώρας μας. Οι φορείς αυτοί είναι:

1. Η Δ.Ε.Η. μέσω της διεύθυνσης «Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας», Δ.Ε.Μ.Ε.) καθώς και της Διεύθυνσης Νήσων.
2. Το Κ.Α.Π.Ε. (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) το οποίο είναι και ο συντονιστής και επιβλέπων εκ μέρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης των σημαντικότερων αιολικών προγραμμάτων, που επιδοτούνται και υποστηρίζονται από την Κοινότητα.
3. Τα Ελληνικά Ανώτατα Εκπαιδευτικά και Τεχνολογικά Ιδρύματα, τα οποία ασχολούνται με την έρευνα και την ανάπτυξη της αιολικής τεχνολογίας, υποστηριζόμενα τόσο από την Ε.Ε. μέσω επιδεικτικών προγραμμάτων αλλά και προγραμμάτων έρευνας και ανάπτυξης, όσο και από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας.
4. Η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, σαν αρμόδιος εκπρόσωπος του ΥΠ.ΑΝ. σε εθνικό επίπεδο.
5. Η Ελληνική Εταιρεία Τοπικής Ανάπτυξης και Αυτοδιοίκησης, η οποία προωθεί τη διάδοση της αιολικής ενέργειας σε επίπεδο δήμων και κοινοτήτων.
6. Τα Επιστημονικά Επιμελητήρια, οι Επιστημονικές Εταιρείες, οι Δημόσιοι Οργανισμοί, οι Ο.Τ.Α. καθώς και οι ιδιωτικές εταιρείες που ασχολούνται με την αιολική τεχνολογία και τις εφαρμογές της.

Κεφάλαιο 2

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

2.1 Τεχνικές προδιαγραφές

Η ραγδαία αύξηση της αγοράς των Η.Π.Α. στην περιοχή της αιολικής ενέργειας, το χρονικό διάστημα 1981-85, δημιούργησε ένα πλήθος κατασκευαστριών εταιριών στην εγχώρια αγορά. Οι εταιρίες, όμως, αυτές δημιουργήθηκαν χωρίς ιδιαίτερη προεργασία, με αποτέλεσμα, οι περισσότερες από αυτές, να οδηγηθούν στην πτώχευση, την περίοδο 1984-87. Κατόπιν αυτού του γεγονότος, καθιερώθηκε υποχρεωτικά η διεθνής πιστοποίηση (ISO ή EN 29001 για το Ενωμένο Βασίλειο) στις εταιρίες αυτές.

Το ISO εξεδόθη για πρώτη φορά στα 1987 από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης, ο οποίος είναι ανεξάρτητος οργανισμός, και αναθεωρήθηκε το 1994 (ISO 9001:1994) και το 2000 (ISO 9001:2000). Η σειρά προτύπων 9000-9004 έχει εξισορροπήσει τα διάφορα εθνικά και διεθνή πρότυπα. Ακόμα, αξιολογεί την ικανότητα των οργανισμών να σχεδιάζουν, να παράγουν και να αποδίδουν στους πελάτες ποιοτικά προϊόντα ή υπηρεσίες. Αποτέλεσμα αυτού είναι, να αυξάνουν την αξία των προϊόντων τους, αλλά και την εμπιστοσύνη των πελατών.

Το ISO, με το οποίο έχουν κατασκευαστεί οι ανεμογεννήτριες μας είναι το 9001. Το ISO 9000-9004 μπορεί να θεωρηθεί σαν μια πυραμίδα, όπου στην βάση της υπάρχει το ISO 9001. Το ISO αυτό είναι ένα πρότυπο για τη διασφάλιση της ποιότητας στην παραγωγή, στο σχεδιασμό, στην ανάπτυξη, στην εγκατάσταση και στη συντήρηση. Με άλλα λόγια, είναι ένα σύνολο απαιτήσεων, ενός συστήματος διασφάλισης ποιότητας, το οποίο είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί ως βασικό μοντέλο, από κάθε είδους οργανισμό, που παράγει ένα προϊόν.

Συμπερασματικά, η εταιρία που έχει υιοθετήσει το ISO 9001:2000, θα πρέπει να αποδείξει εμπράκτως την βελτίωση της. Σε αυτό το σημείο, το πρότυπο εισάγει το αντικείμενο της βελτίωσης. Η βελτίωση είναι μια δραστηριότητα που σκοπεύει στο να αυξήσει το επίπεδο της ικανοποίησης των απαιτήσεων και των προσδοκιών. Για να ξέρουμε, όμως, που θα πρέπει να βελτιωθούμε, κρίνεται αναγκαίο να κάνουμε ορισμένες μετρήσεις σε διάφορα επίπεδα, όπως για παράδειγμα στα: καθαρό κέρδος, κέρδος εκμετάλλευσης, δείκτες ισολογισμού, ικανοποίηση πελατών, παράπονα, εγγυήσεις, εσωτερικές επιθεωρήσεις.

2.2 Κατασκευαστικά στοιχεία για τις ανεμογεννήτριες

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 υποσυστήματα 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 ανεμογεννήτρια σε άλλη μορφή ενέργειας.

2.2.1 Τύποι συλλογής της αιολικής ενέργειας

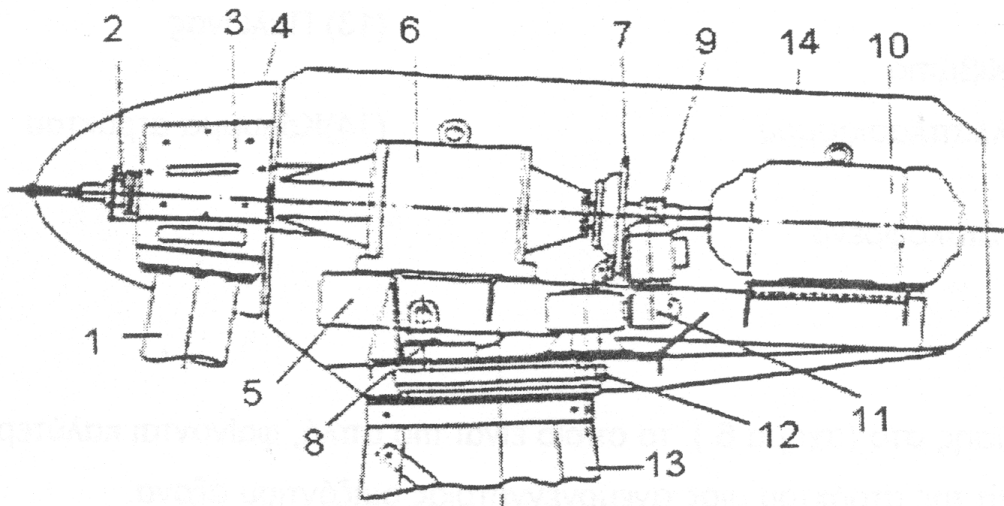
Οι ανεμοκινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν, σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους, σε σχέση με τη ροή του ανέμου σε:

- Οριζοντίου άξονα (Head on): στους οποίους ο άξονας περιστροφής του δρομέα είναι παράλληλος προς την κατεύθυνση του ανέμου
- Οριζοντίου άξονα (Cross Wind): στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της Γης και κάθετος στην κατεύθυνση του ανέμου.
- Κάθετου άξονα: στους οποίους ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στην επιφάνεια της Γης, όπως και στην ροή του ανέμου (Savonius, Darrieus, Giromill κ.α)
- Επίσης έχουν επινοηθεί και άλλοι τύποι ανεμομηχανών, όπως αυτοί του ηλιακού φωτός, Venturi, με διάχυτη ή συγκεντρωτή, αεροτομή και Magnus κ.α.

2.2.2 Περιγραφή μονάδας ανεμογεννήτριας

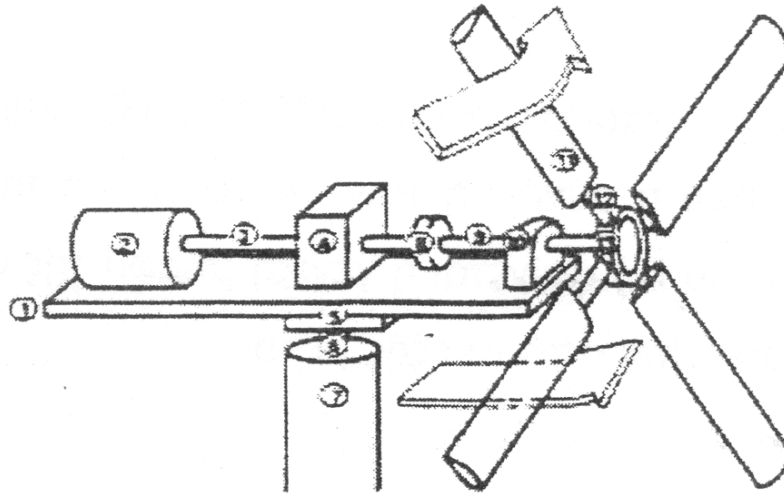
Η περιγραφή αντιστοιχεί σε μια ανεμογεννήτρια τύπου "BW 10", η οποία είναι σχεδιασμένη για να παρέχει ρεύμα 220/150 Hz, κυρίως για την εξυπηρέτηση εγκαταστάσεων που η σύνδεσή τους με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. δεν είναι δυνατόν να γίνει.

Στο σχήμα φαίνεται η γενική μορφή της απράκτου της ανεμογεννήτριας η οποία αποτελείται από τα εξής μέρη:



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

Επίσης, στο παρακάτω σχήμα που είναι πιο απλό, φαίνονται καλύτερα τα εξαρτήματα της ατράκτου μιας ανεμογεννήτριας οριζόντιο άξονα.



1. Πλαίσιο ατράκτου
2. Γεννήτρια
3. Δευτερογενής κινητήριος άξονας
4. Κιβώτιο πολλαπλασιασμού
5. Έδρανο άξονα
6. Προσκόλληση πυλώνα
7. Πυλώνας
8. Φρένο
9. Κύριος άξονας
10. Κύριο έδρανο άξονα
11. Πτερύγιο
12. Βάση πτερυγίου
13. Πλήμνη

2.2.3 Κίνηση ανεμοκινητήρα

Η κίνηση του ανεμοκινητήρα αρχίζει λόγω των δυνάμεων και ροπών που ενεργούν στο στρεφόμενο τμήμα του, καθώς ο άνεμος διέρχεται δια μέσου 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 άνωσης 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 άνωσης, είναι αποδοτικότεροι από τους ανεμοκινητήρες των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε δυνάμεις αντίστασης.

2.2.4 Τυπικές μορφές οριζοντίου άξονα

Η πιο διαδεδομένη μορφή ανεμοκινητήρα που εφαρμόζεται ευρέως στην πράξη είναι ο ανεμοκινητήρας οριζοντίου άξονα. Ο περιστρεφόμενος μηχανισμός των ανεμοκινητήρων, που ονομάζεται δρομέας, μπορεί να έχει από ένα πτερύγιο (μονόπτερος) μέχρι και 30 (πολύπτερος). Σε σχέση με την θέση του δρομέα προς τον πύργο στήριξης και την διεύθυνση του ανέμου, οι ανεμογεννήτριες 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 που ευθυγραμμίζει τον άξονα του δρομέα στον άνεμο, στους δε μεγάλους η ευθυγράμμιση γίνεται μέσω υδραυλικών συστημάτων (σερβομηχανισμού).

Ο πύργος στήριξης της ανεμογεννήτριας μπορεί να είναι σωληνωτού τύπου, τύπου δικτυώματος, ή να στηρίζεται με επίτομα (συρματόσχοινα). 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.

2.2.5 Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα

a) 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 μέσω γεωμετρικό βήμα. Τα κριτήρια επιλογής είναι η μεγιστοποίηση της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας και η ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής.

Η διάμετρος του δρομέα θα εξαρτηθεί από την απαιτούμενη ονομαστική ισχύ της μηχανής και το αιολικό δυναμικό της περιοχής εγκατάστασης του ανεμοκινητήρα. Η γωνιακή ταχύτητα 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 ανεμογεννήτριας. 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.

Ο πύργος στήριξης της ανεμογεννήτριας μπορεί να είναι σωληνωτού τύπου, τύπου δικτυώματος, ή να στηρίζεται με επίτομα (συρματόσχοινα). 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 ακροπερύγια, γωνιακή στροφή του δρομέα κ.α.

Ανάλογα με τη μορφή του δρομέα διακρίνουμε δύο διαφορετικούς τύπους

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 (Αμερικανικού τύπου) και βρήκαν πλατιά εφαρμογή στην άντληση νερού. Η κατασκευή τέτοιων μηχανών καθώς και η έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή τείνουν να εγκαταλειφθούν, κυρίως για τον μικρό συντελεστή ισχύος και τον κατασκευαστικό περιορισμό της διαμέτρου που μπορούν να κατασκευασθούν.

Ολυγοπτέρυγους

Οι δρομείς αυτοί έχουν δυο ή τρία πτερύγια (τελευταία κατασκευή δρομέας με ένα πτερύγιο). Έχουν τη μορφή των πτερυγίων των ελίκων των αεροσκαφών, με αρκετή συστροφή από τη βάση με το ακροπερύγιο και μεταβαλλόμενη χορδή καταλήγοντας με λέπτυνση προς το ακροπερύγιο. Η τεχνολογία κατασκευής είναι ίδια με αυτή των ελίκων αεροπλάνων, δανείζει δε και μερικά στοιχεία από εκείνη του δρομέα του ελικοπτέρου.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του δρομέα, είναι ο μεγάλος συντελεστής ισχύος και η βέλτιστη λειτουργία του σε μεγάλο σχετικά λόγο ταχυτήτων ακροπερυγίου λ [$\lambda = (\omega \times R)/V$].

Οι αεροτομές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των πτερυγίων παρουσιάζουν μεγάλο συντελεστή άωσης σε μικρές σχετικά γωνίες πρόσπτωσης, ενώ συγχρόνως διατηρούν χαμηλό συντελεστή αντίστασης σε ευρεία περιοχή γωνιών πρόσπτωσης. Τυπικός εκπρόσωπος είναι η NACA 4412.

Οι δρομείς αυτοί είναι πιο ταχύστροφοι από τους πολυπτέρυγους δρομείς και ελαφρός οικονομικότεροι. Παρουσιάζουν δε 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. Αντίθετα, ο μονόπτερος δρομέας είναι

φθηνότερος, έχει 10% μικρότερη ενεργειακή απόδοση από τον δίπτερο, αλλά έχει θορυβώδη λειτουργία και η ζυγοστάθμιση του παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα.

β. 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.

γ. ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ

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

- Εκκίνηση του δρομέα στην κατάλληλη μικρότερη ταχύτητα ανέμου, αλλά και εκκίνηση του δρομέα με βήμα που θα μας δώσει τη μέγιστη ροπή
- Διατήρηση της σταθερότητας των στροφών, αλλά και μέγιστη απόδοση σε διάφορες ταχύτητες ανέμου με μεταβολή του βήματος
- Περιορισμός της ισχύος σε υψηλές ταχύτητες ανέμου, αλλά και παύση της λειτουργίας σε περιπτώσεις με θυελλώδεις ανέμους, ή αν η ζήτηση του φορτίου είναι μηδενική.

Για να επιτύχουμε αυτές τις ρυθμίσεις, χρησιμοποιούμε συστήματα μεταβολής του βήματος του δρομέα, έτσι ώστε να έχουμε την ασφαλή λειτουργία του ανεμοκινητήρα, 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. Χρησιμοποιήθηκαν στις περισσότερες κατασκευές, αρκετά αξιόπιστα, αλλά με αρκετά προβλήματα στις ακραίες καταστάσεις εναλλασσόμενων φορτίων και χωρίς να εξασφαλίζουν ακρίβεια προσαρμοστικότητας.

2. Ηλεκτρονικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου

Αυτά είναι η πιο εξελιγμένη μορφή ελέγχου και τείνουν να αποτελέσουν τη μόνη λύση στις μεσαίες και μεγάλες ανεμογεννήτριες. 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.

3. 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 και τοποθετώντας στην έδραση των πτερυγίων με την πλήμνη μηχανισμό με ελαστικούς συνδέσμους ή ελατήρια, πετυχαίνουμε το επιθυμητό βήμα σε κάθε ταχύτητα ανέμου.

4. Σύστημα Αντίβαρων

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

δ. ΤΡΟΠΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

α) είναι δυνατόν να μειωθεί το μέγεθος της παραγόμενης από την πτερυγωση ισχύος με την αλλαγή του προσανατολισμού ολόκληρου του πτερυγίου ή μέρους του ως προς τη διεύθυνση του ανέμου. Ο τρόπος αυτός απαιτεί την ύπαρξη ενός σερβομηχανισμού και βρίσκει εφαρμογή στις μικρές και μεγάλες ισχύος ανεμογεννήτριες.

β) ρύθμιση με τη βοήθεια αεροδυναμικών φρένων στα άκρα των πτερυγίων. Η διάταξη αυτή αποτελεί περισσότερο μέσον προστασίας της ανεμογεννήτριας παρά υπερτάχυσή της και τίθεται σε λειτουργία όταν η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα υπερβεί την επιτρεπόμενη τιμή. Το παραπάνω μπορεί να συμβεί στην περίπτωση που ο άνεμος έχει μεγάλη ταχύτητα (μεγαλύτερης της ταχύτητας ανέμου, στην οποία η ανεμογεννήτρια σταματάει) ή όταν ο δρομέας παράγει έργο, ενώ δεν υπάρχει κατανάλωση.

2.2.6 Υλικά και προβλήματα αντοχής των πτερυγίων

Τα υλικά κατασκευής των πτερυγίων των δρομέων είναι ποικίλα σύνθετα αλλά και ιδιαίτερα για το κάθε μέγεθος. Έτσι στους μικρούς ανεμοκινητήρες συναντάμε σαν κύριο υλικό το υαλόνημα και ξύλο με εσωτερική γέμιση την πολυουρεθάνη, που είναι ασταθή στα εναλλασσόμενα φορτία, φορτία που οδηγούν σε πρόωρη γήρανση του υλικού, ανθεκτική στη διάβρωση. Στους μεσαίους 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.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι ανεμογεννήτριες είναι η εμφάνιση ταλαντώσεων από την επίδραση των εναλλασσόμενων φορτίσεων του ανέμου, με δυσάρεστα και απρόβλεπτα προβλήματα αντοχής των υλικών. Για την αντιμετώπιση 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.

ΧΑΛΥΒΑΣ	110	7800	5,5-8
ΙΝΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ	100	1400	200
FGRP	45	2000	13
ΞΥΛΟ	12	550	13

2.2.7 Συστήματα προσανατολισμού

Στους μικρούς, κυρίως, ανεμοκινητήρες, για λόγους κόστους, χρησιμοποιούμε καθοδηγητικό πτερύγιο (ουρά), 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, έτσι ώστε σε απόκλιση του ανέμου κατά 10° να εξασκείται ριπή επαναπροσανατολισμού του δρομέα στον άνεμο, ικανή να υπερνικήσει την αντίρροπη λόγω γυροσκοπικού φαινομένου. Στους μεγάλους ανεμοκινητήρες 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. Ακόμα, παρουσιάζονται αυξημένες καταπονήσεις στα πτερύγια, λόγω της περιοδικότητας των φορτίσεων τους από την επισκίαση του πύργου καθώς περιστρέφεται ο δρομέας. Τέλος, απαιτείται κάποιο είδος αποσβεστήρα για τον περιορισμό των άσκοπων μετακινήσεων του κουβουκλίου, λόγω πλευρικής «τριβής» του ανέμου.

Μια άλλη μορφή, αρκετά παλιά αλλά περισσότερο εξελιγμένη από το ουραίο πτερύγιο, είναι το " ρόδο των ανέμων", όπως ονομάζεται, και το οποίο είναι 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 ανεμοκινητήρα.

2.2.8 Κατασκευή του πύργου και θεμελίωσή του

Ο πύργος στήριξης είναι, συνήθως, από μεταλλικό δικτύωμα ή μια κολόνα από μέταλλο ή μπετόν σε κυκλική ή πολυγωνική μορφή σε κωνικό σχήμα. Πρέπει να έχει το κατάλληλο αεροδυναμικό σχήμα, ώστε να παρεμβάλετε ελάχιστα στη ροή του ανέμου και να προσδίδει την απαραίτητη σταθερότητα και αντοχή στην κατασκευή. Ένα, επίσης, σημαντικό στοιχείο είναι η ευκολία μεταφοράς και ανέγερσης του στον τόπο εγκατάστασης, με τον τύπου δικτυώματος να είναι ευκολότερος στην συναρμολόγηση και ανάρτηση, ελαφρύτερος και οικονομικότερος με προβλήματα θορύβου. Επειδή έχει πολλά μικρά κομμάτια, είναι ευκολότερο να υποστεί ψυχρό γαλβάνισμα σε μικρά γαλβανιστήρια.

Ο σωληνωτός είναι αισθητικά καλύτερος, προστατεύει όλα τα όργανα της ανεμογεννήτριας στο εσωτερικό του με εσωτερική σκάλα ή και ανελκυστήρα πρόσβασης στο κουβούκλιο. Παρουσιάζει ευκολία στη μεταφορά και στην ανέγερση, με αρκετά μεγαλύτερο κατασκευαστικό κόστος, αλλά έχει όμως χαμηλή ιδιοσυχνότητα (μικρότερη απ¹ αυτή του δρομέα), γι' αυτό και η περιοχή της ιδιοσυχνότητάς του πρέπει να ξεπερνιέται γρήγορα κατά την εκκίνηση του δρομέα, για την αποφυγή των φαινομένων του συντονισμού. Τέλος, παρουσιάζει δυσκολία στη μεταφορά του, ιδίως από κάποιο ύψος και πάνω, δυσκολία στην ανέγερση του (απαιτείται οπωσδήποτε γερανός), και αν είναι μεγάλος πρέπει να γαλβανιστεί σε κομμάτια και να συγκολληθεί επιτόπου, αλλά τότε καταστρέφεται το γαλβάνισμα τοπικά.

Επίσης, στην περίπτωση του μεταλλικού πύργου επιβάλλεται η προστασία του έναντι της διάβρωσης, είτε 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) και τα τυχόν εμπόδια στη ροή του αέρα (κτίρια, δέντρα). 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.

2.2.9 Πλήμνη και κύριος άξονας της ανεμογεννήτριας

Η πλήμνη μεταφέρει την μηχανική ισχύ από τα πτερύγια στον κύριο άξονα της ανεμογεννήτριας. 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).

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

2.2.10 Συστήματα πέδης της πλήμνης

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι επιβράδυνσης του δρομέα ενός ανεμοκινητήρα, όπως:

- Μεταβολή του βήματος του πτερυγίου ή του ακροπτερυγίου ή και ενεργοποίηση της αεροπέδης στο ακροπτερύγιο.
- Στροφή του ίδιου του δρομέα παράλληλα με το ρεύμα του ανέμου
- Αύξηση της αεροδυναμικής αντίστασης του πτερυγίου με την ενεργοποίηση αεροπέδης (τύπου spoiler)
- Πέδηση του άξονα

Είναι φανερό ότι ο προτιμότερος τρόπος ακινητοποίησης της μηχανής είναι η σταδιακή μείωση των αεροδυναμικών φορτίων της, με παράλληλη αύξηση της αντίρροπης, έτσι ώστε να μην αναπτύσσονται κρουστικά φορτία στη φάση της πέδησης.

Σε περίπτωση αστοχίας των μηχανισμών ρύθμισης του βήματος των πτερυγίων απαιτείται η πέδηση να γίνεται με δισκόφρενο, αυτόματα στον υψηλόστροφο άξονα της μηχανής (αυτόν μετά από την έξοδο του κιβωτίου ταχυτήτων), ώστε η απαιτούμενη ροπή πέδησης να είναι αρκετά μικρή (λόγω υψηλής γωνιακής ταχύτητας) και άρα το δισκόφρενο να είναι χαμηλού κόστους. Συνήθως, η πέδη είναι ηλεκτρομαγνητικού τύπου και ενεργοποιείται σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος, δηλαδή η πέδη παραμένει πάντα ανοιχτή με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητών και σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος ενεργοποιείται από τα ελατήρια. Τοποθετώντας, όμως, την πέδη στον υψηλόστροφο άξονα υπερφορτίζουμε το κιβώτιο ταχυτήτων στη διάρκεια της πέδης (η ακινητοποίηση γίνεται μέσα σε

2-3 πλήρεις στροφές του δρομέα), ενώ η αντικατάσταση, συντήρηση ή και η επισκευή του κιβωτίου, γίνεται προβληματική. Τοποθέτηση του δισκόφρενου στον χαμηλότροφο άξονα απαιτεί ογκώδες δισκόφρενο και υψηλό κόστος. Το δισκόφρενο αυτό είναι συνήθως υδραυλικού τύπου ασφαλείας αστοχίας. Στην περίπτωση χρήσης υδραυλικού δισκόφρενου, αντιμετωπίζονται προβλήματα διαρροής λαδιού, λειτουργίας αισθητήρων μέτρησης στάθμης και θερμοκρασίας λαδιού.

2.2.11 Κιβώτιο πολλαπλασιασμού των στροφών

Αυτό μεταφέρει την μηχανική ισχύ από τον κύριο άξονα της ανεμογεννήτριας στην γεννήτρια, μέσω συστήματος οδοντωτών τροχών. Επειδή η ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας είναι συνήθως 1000 – 1500 rpm και η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα μικρότερη από 50 rpm, 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.

Βασικά κριτήρια για την επιλογή του κιβωτίου ταχυτήτων είναι η διάρκεια ζωής του, ο βαθμός απόδοσης του και ο θόρυβος λειτουργίας του. Λόγω της συνεχούς μεταβολής της ισχύος του ανέμου, το κιβώτιο ταχυτήτων λειτουργεί συνεχώς με κρουστικά φορτία.

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

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 ανεμογεννήτριας. Για την εξομάλυνση της μηχανικής ροπής και κατ¹ επέκταση της παραγόμενης ισχύος, συνήθως η εδράσει του κιβωτίου επιτρέπει την ταλάντωση του. Το κιβώτιο εδράζεται στον κύριο άξονα της ανεμογεννήτριας, αλλά το κέλυφος 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).

Βάρος	7000 Kg	5000 Kg
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

2.2.12 Ελαστικοί σύνδεσμοι

Για την σύνδεση αξόνων "μεταξύ τους (άξονας δρομέα με κιβώτιο ή δι-σκόφρενο με γεννήτρια), απαιτείται ελαστικός σύνδεσμος απορρόφησης κραδα-σμών. Συνήθως, οι σύνδεσμοι αυτοί βασίζονται στην απορροφητική ικανότητα του καουτσούκ. Σε ακριβές κατασκευές χρησιμοποιείται και υδραυλικού τύπου συμπλέκτης, ο οποίος παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως μέσο προ-σαρμογής των στροφών του δρομέα στις στροφές της γεννήτριας και με αυτό τον τρόπο η μηχανή να δουλεύει σε σταθερές σύγχρονες στροφές ή σε στροφές μέ-γιστου συντελεστή ισχύος.

Πριν προχωρήσουμε στο ηλεκτρολογικό σύστημα της ανεμογεννήτριας, κρίνεται σκόπιμο να παραθέσουμε τους ορισμούς κάποιων ηλεκτρολογικών ό-ρων:

- Συντελεστής ισχύος (συνφ): είναι ένα μέγεθος που, κατά μία έννοια, εκ-φράζει τί ποσοστό (επί της %) από την ηλεκτρική ισχύ που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο, τη μετατρέπει σε άλλη μορφή ενέργειας (μηχα-νική συν απώλειες). Το ποσοστό αυτό είναι η πραγματική ισχύς. Ο συντε-λεστής ισχύος είναι καθαρός αριθμός.
- Ενεργός ισχύς P: είναι η ισχύς που μπορεί να μετατραπεί από τους ηλε-κτρομηχανικούς μετατροπείς σε άλλη μορφή (μηχανική, θερμική). Η ε-νεργός ισχύς μετριέται σε Watt.
- Άεργος ισχύς Q: είναι η ισχύς που δεν μπορεί να μετατραπεί σε άλλη μορφή, αλλά ταλαντεύεται συνεχώς μεταξύ πηγής και φορτίου. Η άεργος ισχύς μετριέται σε Var.

2.2.13 Ηλεκτρολογικό σύστημα της ανεμογεννήτριας

Το ηλεκτρολογικό σύστημα της ανεμογεννήτριας περιλαμβάνει

- α. την ηλεκτρική γεννήτρια
- β. μικρούς κινητήρες (π.χ. τον κινητήρα προσανατολισμού)
- γ. αυτόματους διακόπτες και ασφάλειες

2.2.13.1 Γεννήτρια

Συνδέεται μέσω εύκαμπτων καλωδίων με τη βάση του πύργου της ανε-μογεννήτριας, όπου βρίσκεται ο πίνακας διακοπών και ασφαλειών. Από τον πί-νακα αυτό, εν συνεχεία, αναχωρούν καλώδια προς την κατανάλωση. Στην πε-ρίπτωση σύνδεσης της ανεμογεννήτριας σε υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο, μεταξύ

αυτής και του δικτύου παρεμβάλλεται μετασχηματιστής ανύψωσης της τάσης. Στα νησιά του Αιγαίου η σύνδεση των ανεμογεννητριών γίνεται με γραμμές Μέσης Τάσης, δηλαδή 15 - 20 KV.

Οι συνθεότεροι τύποι γεννητριών είναι:

1. ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

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

Όταν η ανεμογεννήτρια είναι συνδεδεμένη σε ηλεκτρικό δίκτυο, τότε η άεργος ισχύς προσφέρεται από το δίκτυο. Συνήθως, εγκαθίστανται στον πίνακα της ανεμογεννήτριας πυκνωτές, για την κάλυψη μέρους της άεργου ισχύος, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στη βελτίωση του συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης.

Αν η ανεμογεννήτρια λειτουργεί αυτόνομα (μη συνδεδεμένη σε ηλεκτρικό δίκτυο) και 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.

2. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Έχει το πλεονέκτημα της αυτοδιέγερσης, γεγονός που επιτρέπει την χρησιμοποίηση της όταν η εγκατεστημένη ισχύς είναι περίπου ίση με την ισχύ του δικτύου. Εκτός από την 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 (χωρητική, επαγωγική, ωμική) τα KVA του φορτίου είναι συνάρτηση του ρεύματος διέγερσης, η τάση στα άκρα της είναι σταθερή. Το βασικό, όμως, πρόβλημα της σύγχρονης γεννήτριας είναι ότι για να διατηρούνται οι στροφές σταθερές, απαιτούνται συστήματα αυτομάτου ελέγχου, τα οποία και πολύπλοκα είναι και δαπανηρά.

3. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥΣ ΠΟΛΟΥΣ

Χρησιμοποιούνται, κυρίως, για αυτόνομες οικιακές εφαρμογές, απαιτούν

συσσωρευτή "εκκίνησης" για την διέγερση του και οι απώλειες του τυλίγματος δεν υπερβαίνουν, για μικρές γεννήτριες, το 5 έως 10% της ονομαστικής λειτουργίας τους.

Βέβαια, μετά από μεγάλη διακύμανση του ανέμου, οι στροφές 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.

Η εύρεση νέων μαγνητικών υλικών (Hera, Ferrite Magnadur), δίνει τη δυνατότητα στις μηχανές αυτές να λειτουργήσουν σε συνθήκες κορεσμού του σιδηρομαγνητικού υλικού. Επίσης, έχουν τη δυνατότητα να κατασκευαστούν με μεγάλο αριθμό πόλων και έτσι περιορίζεται σημαντικά η απαιτούμενη σχέση μετάδοσης 1:1. Αυτό σημαίνει πλήρη απουσία του κιβωτίου πολλαπλασιασμού των 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 .

4. ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Οι μηχανές συνεχούς ρεύματος είναι πολύ περισσότερο εύκολο να ελεγχθούν απ' ό,τι οι μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος 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, όπως η ευπάθεια και συντήρηση του συστήματος ψηκτρών - συλλέκτη, αλλά το μικρό κόστος και η ευκαμψία τους τις έχει καθιερώσει σε αυτές τις εφαρμογές.

2.2.13.2 Μικροί κινητήρες

Ο κινητήρας προσανατολισμού είναι ασύγχρονος τριφασικός και ισχύος 1 KW, στρεφόμενος και κατά τις δυο φορές περιστροφής, δια εναλλαγής των φάσεων. Σε νεότερες μηχανές, οι κινητήρες αυτοί είναι υδραυλικοί με καλύτερη απόκριση και ακρίβεια, αλλά με υψηλότερο κόστος.

2.2.13.3 Αυτόματι διακόπτες και ηλεκτρικές συσκευές

Στον ηλεκτρικό πίνακα της ανεμογεννήτριας είναι τοποθετημένοι αυτόματι διακόπτες για το άνοιγμα ή κλείσιμο των κυκλωμάτων, κατόπιν εντολών που προέρχονται από το σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας, ασφάλειες για την

προστασία του ηλεκτρικού της κυκλώματος, έναντι υπερέντασης βραχυκυκλώματος και το σύστημα ελέγχου της.

Κεφάλαιο 3

3. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο δίνονται συνοπτικά μόνο ορισμένα σημαντικά στοιχεία από τις προδιαγραφές των ανεμογεννητριών.

Ονομαστικές ισχείς (kW)	Κέα	Πάρος	Σύρος
	60	100	100

Πτερύγια: 3 από ενισχυμένες ρητίνες με διάμετρο περίπου 18 μέτρα.

Άξονας: Οριζόντιος.

Κλίση πτερυγίων σταθερή: Μια ελεγχόμενη κλίση πτερυγίων δεν αυξάνει τόσο σημαντικά την ενεργειακή απόδοση, ώστε να δικαιολογήσει την πολυπλοκότητα του συστήματος ελέγχου.

Περιοχή λειτουργίας: 3,5 m/s (cut in) – 25 m/s (cut off).

Ύψος πύργου: 23 μέτρα.

3.2 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

Εκκίνηση, ζεύξη με το δίκτυο: η ζεύξη με το δίκτυο γίνεται μετά από επιτάχυνση υπό ελεγχόμενη τάση μέσω θυριστόρων, έτσι ώστε τα ρεύματα ζεύξης να είναι κάτω του 1,1 – 1,2 του ονομαστικού ρεύματος. Έτσι, δεν τίθενται προβλήματα βύθισης τάσης.

Γεννήτριες: Ασύγχρονες, με κλάση προστασίας IP 54 και με προστασία ψυχρών αγωγών (θερμιστόρων) σε υπερθέρμανση.

Αντιστάθμιση: 80–85% της εν κενώ αεργού ισχύος της ασύγχρονης γεννήτριας. Έχει αποδειχθεί με μετρήσεις και υπολογισμούς ότι δεν υπάρχει αυτοδιέγερση της Α/Γ σε αυτή την αντιστάθμιση. Οι πυκνωτές της αντιστάθμισης τίθενται σύμφωνα και με την οδηγία της Δ.Ε.Η. αυτόματα εκτός όταν η γεννήτρια αποσυνδεθεί από το δίκτυο.

3.3 Μηχανικά χαρακτηριστικά

Πέδη: Ηλεκτρομαγνητική πέδη ασφαλείας, με ακινητοποίηση του άξονα χαμηλών στροφών, έτσι ώστε ακινητοποιημένη η γεννήτρια να μη δέχεται κρούσεις ο μειωτήρας ταχυτήτων.

Σύστημα προσανατολισμού: Το σύστημα προσανατολισμού έχει δύο κινητήρες έτσι ώστε να ακινητοποιείται πλήρως χωρίς ανοχές. Δεν «παίζει» μετά τον προσανατολισμό.

3.4 Έλεγχος, προστασία

Ο έλεγχος της λειτουργίας και η προστασία γίνονται με σύστημα αισθητηρίων, μικροεπεξεργαστή, ηλεκτρολόγιο και οθόνη.

Η προστασία αφορά στα πιο κάτω στοιχεία:

Μηχανικά και θερμικά μεγέθη

- Ανεπίτρεπτα μεγάλοι κραδασμοί στο κέλυφος
- Αδυναμία λειτουργίας στο σύστημα των δισκόφρενων και φθαρμένοι τάκοι
- Ανεπίτρεπτα χαμηλή στάθμη λαδιού στον πολλαπλασιαστή
- Ανεπίτρεπτα μεγάλη θερμοκρασία στον πολλαπλασιαστή
- Ανεπίτρεπτα μεγάλη θερμοκρασία στην ασύγχρονη γεννήτρια
- Ανεπίτρεπτα μεγάλη θερμοκρασία στους κινητήρες πολλαπλασιασμού
- Ανεπίτρεπτα μεγάλη θερμοκρασία στους θυρίστορες
- Αργοπορία στην πέδηση μεγαλύτερη από 10 sec
- Αργοπορία στο σύστημα προσανατολισμού
- Ανεπίτρεπτα μεγάλη συστροφή των καλωδίων του θαλάμου
- Ανεπίτρεπτα μεγάλη ροπή στην ασύγχρονη γεννήτρια
- Ανεπίτρεπτα υψηλή ταχύτητα του άξονα χαμηλής ταχύτητας και υψηλής ταχύτητας

3.4.1 Ηλεκτρικά μεγέθη

- Σφάλμα στο σύστημα οδήγησης και επικοινωνίας
- Όρια τάσης δικτύου, π.χ. 10% υπέρταση ή υπόταση (ρυθμιζόμενα όρια)
- Όρια συχνότητας δικτύου, π.χ. 1% υπερσυχνότητα ή υποσυχνότητα (ρυθμιζόμενα όρια)
- Όρια ασυμμετρίας των τάσεων του δικτύου, π.χ. $U_2/U_1 = 3\%$ (ρυθμιζόμενα)
- Αντίστροφη ισχύς (ρυθμιζόμενη)
- Έλλειψη φάσης
- Υψηλό ρεύμα εκκίνησης
- Σφάλμα στα αισθητήρια
- Σφάλμα στα ρελαί ισχύος K1, K2, K3
- Υπερπαραγωγή ισχύος (πολύ μεγάλη ηλεκτρική ισχύς)
- Πολύ μικρή ηλεκτρική ισχύς
- Απόξευση της Δ.Ε.Η.

Προστασία σε υπερεπιτάχυνση γίνεται με αεροδυναμική πέδη αυτόματα ενεργοποιούμενη με φυγοκεντρικό μηχανισμό.

3.5 Τηλεχειρισμός από τη Δ.Ε.Η.

Υπάρχει για κάθε μία εγκατάσταση DATA LINE, τηλεφωνική ευθεία, από το σταθμό παραγωγής της Δ.Ε.Η. προς την ανεμογεννήτρια. Η γραμμή μεταφέρει στη Δ.Ε.Η. την μέση ισχύ ενός λεπτού της ανεμογεννήτριας και την κατάσταση της (εντός – εκτός) καθώς και τις εντολές της Δ.Ε.Η. «εντός» («εκτός»). Έτσι η Δ.Ε.Η. μπορεί να διακόψει τη λειτουργία της Α/Γ όταν αυτή νομίζει ότι υπάρχει παρενόχληση, χωρίς να ειδοποιήσει τον χρήστη της ανεμογεννήτριας.

3.6 Προστασία σε υπερτάσεις

Η προστασία από εξωτερικές υπερτάσεις, κεραυνούς, προβλέπει κοινό σύστημα γείωσης πύργου με τη γείωση προστασίας (ουδετέρωση). Έτσι, όταν πέσει κεραυνός, το δυναμικό όλων των γειωμένων σημείων ανεβαίνει ομοιόμορφα. Για να αποφευχθούν ανεξέλεγκτες διακυμάνσεις από το δίκτυο στα γειωμένα μέρη, έχουν προβλεφθεί απαγωγείς τάσεων μεταξύ φάσεων και γης (2,5 kV, 40 kA).

3.7 Επεξεργασία λειτουργικών δεδομένων

Υπάρχουν ανά ένας μικροϋπολογιστής σε κάθε εγκατάσταση, καθώς και ένας μικροϋπολογιστής στην Αθήνα. Κάθε ανεμογεννήτρια έχει σύστημα μετρήσεων λειτουργικών δεδομένων, με μικροεπεξεργαστή. Ο μικροεπεξεργαστής επικοινωνεί με μικροϋπολογιστή τοπικό που επεξεργάζεται τα ιστορικά δεδομένα. Ο τοπικός μικροϋπολογιστής επικοινωνεί μέσω MODEM και DATA LINE με μικροϋπολογιστή στην Αθήνα. Τα δεδομένα που θα επεξεργάζεται είναι τα παρακάτω:

- Η μέση ισχύς σε ένα χρόνο 60 sec
- Η μέση ταχύτητα του ανέμου σε ένα χρόνο 60 sec
- Η στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου
- Η τάση του δικτύου
- Η συχνότητα
- Η μέγιστη ισχύς που εμφανίστηκε από ένα χρόνο και μετά
- Η ενέργεια
- Ώρες λειτουργίας με ή χωρίς παραγωγή
- Ώρες λειτουργία με παραγωγή
- Ώρες λειτουργίας που η Δ.Ε.Η. απόζευξε
- Ώρες λειτουργίας που το δίκτυο ήταν εκτός
- Ημερομηνία, ώρα, λεπτά της τελευταίας απόζευξης της Δ.Ε.Η.
- Ημερομηνία, ώρα, λεπτά, της τελευταίας ζεύξης της Δ.Ε.Η.
- Εκτίμηση της ενέργειας που έμεινε ανεκμετάλλευτη λόγω απόζευξης της Δ.Ε.Η.
- Εκτίμηση της ενέργειας από την ταχύτητα του ανέμου και την καμπύ-

- λη ισχύος
- Απόδοση. Πραγματική ενέργεια / εκτιμώμενη ενέργεια
 - Εκτίμηση ενέργειας που έμεινε ανεκμετάλλευτη λόγω βλάβης
 - Απώλεια εισοδήματος λόγω βλάβης, λαμβανομένων υπόψη των διπλών ή και πολλαπλών τιμολογίων
 - Καταχώρηση των τιμολογίων που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της απώλειας εισοδήματος
 - Ώρες λειτουργίας του μηχανισμού προσανατολισμού
 - Αριθμός εκκινήσεων της γεννήτριας
 - Αριθμός εκκινήσεων του μηχανισμού προσανατολισμού
 - Αριθμός σταματημάτων της γεννήτριας
 - Συνολικά
 - Λόγω τηλεχειρισμού της Δ.Ε.Η.
 - Λόγω σφαλμάτων, όπως αναφέρονται αλλού
 - Αίτιο που προκάλεσε την τελευταία απόξευση

3.8 Οικονομική θεώρηση των εγκαταστάσεων

Οι τιμές για την αγορά και την εγκατάσταση δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Η επιδότηση στην εγκατάσταση από το πρόγραμμα VALOREN είναι 55%. Έτσι, ο Ο.Τ.Ε. επιβαρύνθηκε μόνο με το 45%.

3.8.1 Έσοδα από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών

Τα έσοδα από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών προέρχονται:

1. Από την κάλυψη του ιδίου φορτίου
2. Από τη πώληση ενέργειας προς τη Δ.Ε.Η.

Από τα δύο αυτά ποσά πρέπει να αφαιρεθούν τα έξοδα συντήρησης για να έχουμε τα πραγματικά έσοδα.

Τα συνολικά ετήσια έξοδα για το πρώτο έτος λειτουργίας δίνονται στον παρακάτω πίνακα και υπολογίστηκαν ως εξής σε τιμές Ιουλίου 1987:

$$E1 = (\eta_w W_w - p W_k) k_0 + (1-p) W_k \times k_i - \sigma$$

Όπου:

η_w = συντελεστής διαθεσιμότητας της Α/Γ (0,9 για Πάρο και Σύρο, 0,8 για Κέα)

W_w = ενέργεια μιας πλήρως διαθέσιμης Α/Γ σε kW.

p = 0,5 = ποσοστό μη κάλυψης του φορτίου (λόγω ετεροχρονισμού παραγωγής - ζήτησης).

$k_0 = 7,58$ δρχ./kWh τιμή πώλησης της ενέργειας στη Δ.Ε.Η.

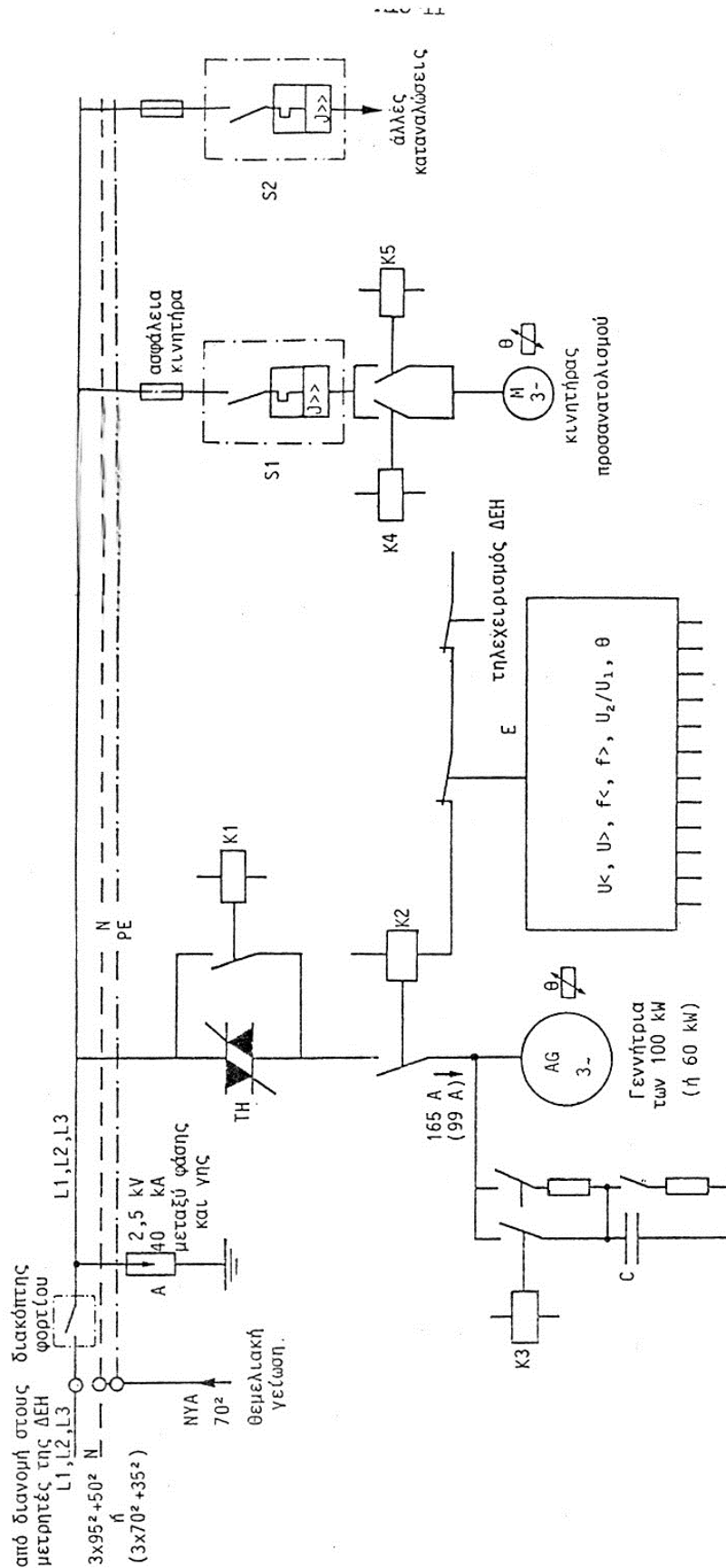
$k_i = 11,62$ δρχ./kWh τιμή αγοράς της ενέργειας από τη Δ.Ε.Η.

$\sigma =$ τα έξοδα συντήρησης 150.000 δρχ./έτος για 100 kW και 100.000 δρχ./έτος για 60 kW γεννήτριες.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης:

**Σύγκριση εσόδων – εξόδων, απόδοση των ανεμογεννητριών και κόστος
Τιμές σε χιλιάδες δραχμές**

Γεννήτρια	Κέα	Πάρος	Σύρος
Ονομαστική ισχύς (kW)	60	100	100
1. Έξοδα Ο.Τ.Ε., 45% Α/Γ «με το κλειδί στο χέρι», τιμή 1987	5175	8280	8280
2. Ετήσια έξοδα, τιμές 1987	1221	1694	2089
3. Έσοδα σε 10 χρόνια, τιμές 1987	9432	13081	16131
4. Απόδοση κεφαλαίου. Διαφορά εσόδων – εξόδων (3-1) σε δέκα χρόνια	3717	4801	7851
5. Απόδοση κεφαλαίου % [(4)/(1)] χ 100	65,0	58,0	94,8
6. Έτη απόσβεσης	5,4	5,8	4,5
Κόστος παραγωγής k , δρχ./kWh για 10 χρόνια (για 20 χρόνια)	7,5 4,98	5,31 3,54	4,14 2,70



Περιληπτικό διάγραμμα των κυκλωμάτων ισχύος των ανεμογεννητριών. A=απαγωγέας τάσεων (αλεξικέραυνο), 0=πυκνωτές αντιστάθμισης, E=μικροεπεξεργαστής για έλεγχο τάσης, συχνότητας, συμμετρίας τάσεων δικτύου, θερμοκρασίας γεννήτριας, κραδασμών, κτλ (δες κείμενο), K1= ρελαί ισχύος. Βραχυκυκλώνει τους θυρίστρος μετά την εκκίνηση, K2=κύριο ρελαί ισχύος, κατηγορίας AC3 για 100 kW (ή 60 kW), K3=ρελαί πυκνωτών με αντιστάσεις ζεύξης και εκφόρτισης, K4,K5=ρελαί αντιστροφής κινητήρα προσανατολισμού, S1=αυτόματος κινητήρας προσανατολισμού, S2=μικροαυτόματος προστασίας γραμμών, TH=θυρίστρος ζεύξης, μειώνουν τα ρεύματα ζεύξης,

Κεφάλαιο 4

4. WAsP & WHISPER

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ WAsP & WHISPER

4.1 Η ανάλυση στοιχείων

Το WAsP αποτελεί ένα πλήρες πακέτο ανάλυσης και εφαρμογής. Τα στοιχεία του ανέμου, υπό μορφή κλιματολογικού πίνακα, μπορούν να μετασχηματιστούν στους περιφερειακούς χάρτες αέρα. Τέτοια στοιχεία μπορούν να είναι τα στοιχεία των χρηστών ή γενικά κλιματολογικά στοιχεία. Το πρόγραμμα μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα για την εκτίμηση του ανέμου με τα στοιχεία χαρτών ανέμου από τους Δανικούς και Ευρωπαϊκούς χάρτες ανέμου και αντίστοιχους από συλλογές στοιχείων από άλλες χώρες - από όλο τον κόσμο. Μας δίνει τα εξής αποτελέσματα:

- Διάγραμμα ρόδου έντασης ανέμων από WAsP.
- Ιστόγραμμα δειγμάτων από WAsP.

4.2 Εγκατάσταση ανεμογεννητριών

Το WAsP επιτρέπει στο χρήστη να προσδιορίσει οποιεσδήποτε περίπλοκες καταστάσεις όπως, μορφή ανομοιογενών εκτάσεων, εμποδίων και διαφορών υψηλών εκτάσεων γύρω από την περιοχή που εξετάζεται. Οι υπολογισμοί παρέχουν τις πληροφορίες για την μέση ταχύτητα αέρα, την αναμενόμενη παραγωγή ισχύος και για την διανομή Weibull. Επιπλέον, για κάθε μια από τις 12 κατευθύνσεις του αέρα δίνονται οι ακόλουθες πληροφορίες: Η συχνότητα (ροή) του αέρα

- Η μείωση της ροής του αέρα που οφείλεται στα κτίρια της εγκατάστασης.
- Χαρακτηρισμός διανομής της συνολικής παραγωγής αιολικής ενέργειας

4.3 Η ροή αέρα στη σύνθετη έκταση

Το WAsP περιέχει ένα περίπλοκο 3-διάστατο μοντέλο ροής ικανό να χειριστεί τη ροή πέρα από τους λόφους και τη συγκεκριμένη σύνθετη έκταση. Η περιγραφή εκτάσεων μπορεί να ληφθεί άμεσα από τους πρότυπους τοπογραφικούς χάρτες με την ψηφιοποίηση των γραμμών περιγράμματος ύψους. Λαμβάνοντας υπόψη το ψηφιακό χάρτη, το πρόγραμμα είναι σε θέση να υπολογίσει την επιτάχυνση / καθυστέρηση και τους στροβιλισμούς του αέρα σε οποιαδήποτε περιοχή και ύψος μέσα στην περιοχή. Το μοντέλο υιοθετεί ένα πλέγμα "μεγέθυνσης" το οποίο συγκεντρώνεται στην περιοχή του ενδιαφέροντος. Σε περίπτωση πολύ σύνθετης, ορεινής έκτασης η απόκλιση πρόβλεψης μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώ-

ντας τον αποκαλούμενο RIX - αριθμό όπως περιγράφεται στο έγγραφο από τον Mortensen και τον Petersen (1997).

4.4 Η αλλαγή τραχύτητας

Το πρόγραμμα λαμβάνει υπόψη επίσης την επίδραση των διαφορετικών τιμών τραχύτητας της επιφάνειας γύρω από το μετεωρολογική σταθμό ή την περιοχή του ενδιαφέροντος. Η περιγραφή τραχύτητας μπορεί να ληφθεί από τους πρότυπους τοπογραφικούς χάρτες με την ψηφιοποίηση των γραμμών αλλαγής τραχύτητας, δηλ. γραμμές που χωρίζουν τις περιοχές της ίσης τραχύτητας. Για μια λεπτομερή περιοχή με συγκεκριμένη τραχύτητα η περιγραφή μπορεί να υιοθετηθεί. Η τραχύτητα εκτάσεων δίνεται άμεσα ως μήκος τραχύτητας ή η έκταση μπορεί να ταξινομηθεί σε διάφορες καθορισμένες από προς τον χρήστη κλάσεις τραχύτητας.

4.5 Το καταφύγιο πίσω από τα εμπόδια

Τα κτίρια, οι ζώνες καταφυγίων κ.λ.π. προκαλούν μια μείωση στη μετρημένη ταχύτητα ανέμου. Το WAsP περιέχει ένα μοντέλο για να υπολογίσει τη μείωση των ταχυτήτων ανέμου πίσω από τα τρισδιάστατα εμπόδια. Μέχρι 50 εμπόδια μπορούν να αντιμετωπιστούν συγχρόνως.

Παρακάτω, ακολουθούν κάποιες εικόνες από το πρόγραμμα στις οποίες φαίνεται ο τρόπος χρήσης του και οι ολοκληρωμένες δυνατότητες που μας παρέχει, για τον σχεδιασμό και την μελέτη πριν και μετά την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου.

4.6 Λόγοι επιλογής ανεμογεννητριών

Η ραγδαία αύξηση της αγοράς των Η.Π.Α. στην περιοχή της αιολικής ενέργειας, δημιούργησε ένα πλήθος κατασκευαστριών εταιριών. Τα αμέσως επόμενα χρόνια άρχισαν και άλλες χώρες να αναπτύσσονται σε αυτό τον τομέα. Τέτοιες χώρες είναι, κυρίως, η Δανία, με κυριότερες εταιρίες τις Bonus, Micon, Nordtank, Vestas, και η Γερμανία, με κυριότερη εταιρία την Enercon.

Από τις παραπάνω κατασκευάστριες εταιρίες, η Vestas, λόγω της έντονης δραστηριότητας της στην Ισπανία, είναι πρώτη στις προτιμήσεις με ποσοστό περίπου 21% της συνολικής εγκατεστημένης αιολική ισχύος. Όμως, η θέση της αμφισβητείται από τον νέο όμιλο (N.E.G.-Micon) που δημιουργήθηκε από την συγχώνευση των εταιριών Micon και Nordtank. Επίσης, σημαντικός ανταγωνιστής, κυρίως λόγω της δυναμικής του πορείας, είναι και η Enercon με ποσοστό σήμερα της τάξης του 15%, αλλά και με καινοτομικά στοιχεία στο οπλοστάσιο της. Τέλος, πάντα υπολογίσιμη τόσο λόγω του μεγέθους της (8,2%), όσο και της διαρκούς και σταθερής

παρουσίας της στην αιολική αγορά από το 1979 παραμένει και η εταιρία Bonus A/S.

Το κυριότερο όπλο που διαθέτει η Enercon είναι η γεννήτρια της. Η γεννήτρια της χαρακτηρίζεται, ηλεκτρολογικά, ως «σύγχρονη». Σύγχρονη γεννήτρια ονομάζεται η γεννήτρια εκείνη της οποίας η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα είναι απόλυτα σταθερή και ανεξάρτητη από το φορτίο (σύγχρονη ταχύτητα). Σύγχρονη ταχύτητα είναι η ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη και δίνεται από τη σχέση: $n_s = f \times 60 / p$, όπου :

f η συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας της γεννήτριας σε Hz και
p ο αριθμός των ζευγών των πόλων της γεννήτριας.

Η πλειονότητα των γεννητριών των υπόλοιπων αιολικών εταιριών χαρακτηρίζονται ως ασύγχρονες. Η διαφορά των δύο αυτών γεννητριών είναι ότι οι ασύγχρονες μηχανές έχουν απλή κατασκευή, μικρό όγκο, είναι οικονομικές, χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Στην αντίπερα όχθη, ο έλεγχος των στροφών είναι δύσκολος. Τα ακριβώς αντίθετα ισχύουν για τις σύγχρονες γεννήτριες.

Πιο συγκεκριμένα, η χρησιμοποίηση σύγχρονων γεννητριών αυξάνει το κόστος αλλά και την αξιοπιστία του συστήματος έναντι της κλασσικής λύσης της χρήσης ασύγχρονων γεννητριών που κατά κόρον εμφανίστηκε στο παρελθόν και επιπλέον αυξάνει τη στιβαρότητα του συστήματος. Επιπλέον η χρήση των απαιτούμενων κατάλληλης τοπολογίας μετασχηματιστών μεταξύ της ανεμογεννήτριας και του ηλεκτρικού δικτύου διασφαλίζει σε σημαντικό βαθμό τη μείωση της διάχυσης των αρμονικών προς το δίκτυο. Τέλος, η χρήση των λοιπών συστημάτων ελέγχου, στηριζόμενα στη λογική του κλειστού βρόχου ελέγχου και την ύπαρξη μικροεπεξεργαστών, διασφαλίζει ομαλότητα στην εκκίνηση και βελτίωση του βαθμού απόδοσης του συστήματος, προσφέροντας επιπλέον και τη δυνατότητα ολοκληρωμένου εποπτικού ελέγχου από χώρους που βρίσκονται σε ικανοποιητική απόσταση από το Α.Π. και ελαχιστοποίηση των προβλημάτων για το διασυνδεδεμένο δίκτυο - Δ.Ε.Η.

Όπως φαίνονται και από τα πιστοποιητικά που επισυνάπτονται στα παραρτήματα, η πιστοποίηση του εξοπλισμού της επένδυσης θεωρείται δεδομένη. Αυτό ενισχύεται και από το πλήθος των εφαρμογών στις οποίες έχουν εγκατασταθεί ανεμογεννήτριες του ίδιου τύπου, αλλά και από την ταχεία επέκταση στην ενεργειακή αγορά συστημάτων μετατροπής της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική που στηρίζονται στην φιλοσοφία που συνοπτικά αναπτύχθηκε (διασύνδεση της ανεμογεννήτριας με το δίκτυο μέσω ηλεκτρονικών μετατροπών ισχύος και εκτεταμένη πλέον χρήση σύγχρονων γεννητριών)

Βάση, λοιπόν, των παραπάνω, επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε για την εγκατάσταση μας τις μηχανές της Enercon. (E - 40 , 600 KW)

Οι μηχανές που προαναφέραμε ανήκουν στην κατηγορία των μηχανών κατακόρυφου άξονα. Υπάρχουν και άλλοι τύποι ανεμογεννητριών (οριζοντίου άξονα, πολυπτέρυγες, μηχανές «αμερικάνικου τύπου» και «Savonius»), οι οποίοι δεν παρουσιάζουν και ιδιαίτερα πλεονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα έχουμε:

- Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα δεν χρειάζονται σύστημα προσανατολισμού, το οποίο είναι άκρως απαραίτητο για τις μηχανές οριζοντίου άξονα.
- Στις μηχανές κατακόρυφου άξονα το παραγόμενο μηχανικό έργο μεταφέρεται μέσω κατακόρυφου άξονα απ' ευθείας στο έδαφος, όπου βρίσκεται τοποθετημένη και η ηλεκτρική γεννήτρια, σε αντίθεση με τις μηχανές οριζοντίου άξονα.
- Στις μηχανές κατακόρυφου άξονα η κατασκευή του πύργου στήριξης είναι απλή, ενώ στις μηχανές οριζοντίου άξονα ο πύργος στήριξης έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις.
- Στις μηχανές κατακόρυφου άξονα δεν υπάρχει η δυνατότητα και η ανάγκη ρύθμισης του βήματος της πτερωτής για τον έλεγχο της ισχύος της μηχανής, πράγμα που είναι απαραίτητο για τις μηχανές οριζοντίου άξονα.
- Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα εργάζονται σε χαμηλές τιμές της παραμέτρου «λ», γεγονός που εξασφαλίζει μεγάλες τιμές του αριθμού Reynolds και άρα τυρβώδη ροή και ικανοποιητική αεροδυναμική απόδοση της πτερωτής της μηχανής.
- Ο συντελεστής ισχύος των μηχανών κατακόρυφου άξονα είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο των μηχανών οριζοντίου άξονα. Για τις μηχανές κατακόρυφου άξονα η τιμή που παίρνει είναι 0,36, ενώ για τις οριζοντίου άξονα είναι 0,45.
- Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα παρουσιάζουν σημαντικό πρόβλημα κατά την εκκίνηση με αποτέλεσμα να απαιτείται εξωτερική βοήθεια, πράγμα το οποίο δε συμβαίνει στις μηχανές οριζοντίου άξονα.

4.7 Ανεμογεννήτριες Whisper

Οι ανεμογεννήτριες Whisper είναι ιδανικές για φόρτιση μπαταριών για χρήση σε τροχόσπιτα, σκάφη, τηλεπικοινωνίες, κατοικίες, ξενοδοχεία...

- ✓ Τα πτερύγια κατασκευάζονται από χυτό αλουμίνιο.
- ✓ Διαθέτουν ειδικό σύστημα αλλαγής γωνίας για μέγιστη παραγωγή σε δυνατό άνεμο.

- Έχουν ενσωματωμένο το κεντρικό σύστημα ελέγχου ΕΖΑπευθείας σύνδεση του ΕΖ με Φωτοβολταϊκούς συλλέκτες έως 700W.

4.8 Κεντρικό σύστημα ελέγχου ΕΖ

- ✓ Όλες οι ανεμογεννήτριες Whisper διαθέτουν το σύστημα ελέγχου ΕΖ
- ✓ Μπορεί να συνδεθεί ταυτόχρονα με ανεμογεννήτρια και με Φωτοβολταϊκού συλλέκτες μειώνοντας το κόστος εγκατάστασης 2ου ρυθμιστή φόρτισης.
- ✓ Διαθέτει φωτεινή οθόνη LED για παρακολούθηση της κατάστασης των μπαταριών, την παραγόμενη ενέργεια από ανεμογεννήτρια, από Φωτοβολταϊκούς συλλέκτες και την κατανάλωση DC.
- ✓ Δυνατότητα παρακολούθησης του συστήματος από απόσταση (remote control).

4.9 Τεχνικά χαρακτηριστικά

ΤΥΠΟΣ	h40	h40	H80
Μέγιστη ισχύς W (m/s)	900 W (12,5 m/s)	950 W (10,5 m/s)	1000 W (10,5 m/s)
Ισχύς λειτουργίας 10m/s	460 W	860 W	940 W
Ταχ. Ανέμου εκκίνησης	3.4 m/s	3 m/s	3 m/s
Πτερύγια	3	3	3
Διάμετρος πτερυγίων	2.1 m	2.7 m	2.7 m
Τάση μπαταρίας	12-48 VDC	12-48 VDC	240 VAC
Άντληση νερού	-		
Σωλήνας εγκατάστασης	2.5	2.5	2.5
Βάρος	25 Kgr	30 Kgr	30 Kgr
Εγγύηση (χρόνια)	2	2	2

**4.10 Μηνιαία παραγωγή ρεύματος kWh/μήνα
(σε διάφορες ταχύτητες ανέμων)**

mph	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
m/s	2.2	2.7	3.1	3.6	4.0	4.5	4.9	5.4	5.8	6.3	6.7	7.2	7.6
175	26	60	110	174	252	341	437	538	640	740	836	926	1008
h80	8	20	39	63	91	124	158	193	228	262	293	322	348
h40	4	10	19	31	45	63	83	105	129	153	178	202	225
h20	2	5	9	15	23	31	41	53	65	78	91	104	116

Κεφάλαιο 5

5. Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (Σ.Α.Π.)

5.1 Εισαγωγή

Η περιοχή του Ρίου είναι μια περιοχή με έντονες καταιγίδες κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Πολλές φορές οι καταιγίδες αυτές συνοδεύονται και από κεραυνούς, φαινόμενο απόλυτα συνηθισμένο για την περιοχή.

Τα πλήγματα των κεραυνών, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, είναι πολύ εύκολο να προκαλέσουν ζημιές σε σπίτια, καθώς και βλάβες σε κατασκευές οι οποίες είναι τοποθετημένες στα σημεία πτώσης των κεραυνών ή και σε μέρη πολύ κοντά στα σημεία αυτά.

Η απόφαση για την κατασκευή ή όχι ενός συστήματος προστασίας βασίζεται αφενός σε οικονομικά κριτήρια και αφετέρου στον κίνδυνο για τη ζωή των ανθρώπων, αλλά και στο ανεπανόρθωτο της ζημιάς που μπορεί να συμβεί στις εγκαταστάσεις. Έτσι ανάμεσα στις κατασκευές που χρειάζονται προστασία είναι πολλές φορές και Α/Γ οι οποίες είναι τοποθετημένες σε περιοχές όπου επικρατεί μεγάλη κεραυνική δραστηριότητα.

Σκοπός λοιπόν του κεφαλαίου αυτού είναι η παρουσίαση του συστήματος προστασίας έναντι κεραυνών για το σύστημα των Α/Γ της ENERCON που θα τοποθετηθούν στην περιοχή του Ρίο, καθώς και η παροχή των πληροφοριών εκείνων που θα καταστήσουν εύκολη την πραγματοποίηση ενός τέτοιου συστήματος σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

Θα δοθούν ορισμένες βασικές έννοιες που αφορούν το σύστημα αυτό (Σ.Α.Π.)

5.2 Βασικοί ορισμοί ενός Σ.Α.Π.

Στην παράγραφο αυτή θα δοθούν μερικοί βασικοί ορισμοί ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας οι οποίοι και θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω.

Αυτοί είναι:

- ✓ Πλήγμα κεραυνού: Κάθε ηλεκτρική εκκένωση που προέρχεται από την πτώση ενός κεραυνού.
- ✓ Σημείο πλήγματος: Το σημείο όπου ένα πλήγμα κεραυνού έρχεται σε επαφή με τη γη, με μια κατασκευή, ή με ένα Σ.Α.Π.
- ✓ Προστατευόμενος χώρος: Το τμήμα μιας κατασκευής ή μιας περιοχής για το οποίο απαιτείται προστασία από τις επιπτώσεις κεραυνών.
- ✓ Σύστημα αντικεραυνικής Προστασίας (Σ.Α.Π.): Το πλήρες σύστημα που χρησιμοποιείται για να προστατέψει ένα χώρο από τις επιπτώσεις ενός κε-

ραυνού. Αυτό αποτελείται από το εξωτερικό και από το εσωτερικό σύστημα προστασίας.

- ✓ Εξωτερικό Σ.Α.Π.: Αποτελείται από το συλλεκτήριο σύστημα, τους αγωγούς καθόδου και το σύστημα γείωσης.
- ✓ Εσωτερικό Σ.Α.Π.: Όλες οι διατάξεις επιπλέον αυτών που απαιτούνται στο εξωτερικό Σ.Α.Π. και με τις οποίες θα ήταν δυνατή η μείωση των ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων του ρεύματος του κεραυνού στο εσωτερικό τον προστατευόμενου χώρου.
- ✓ Συλλεκτήριο σύστημα: Το τμήμα του εξωτερικού Σ.Α.Π. που προορισμός του είναι η σύλληψη του πλήγματος των κεραυνών.
- ✓ Αγωγοί καθόδου: Συνδέουν ηλεκτρικά το συλλεκτήριο σύστημα με το σύστημα γείωσης. Μέσω των αγωγών καθόδου το ρεύμα του κεραυνού διοχετεύεται στο σύστημα γείωσης.
- ✓ Σύστημα γείωσης: Το τμήμα του εξωτερικού Σ.Α.Π. που ως σκοπό έχει την διοχέτευση και τον διασκορπισμό του ρεύματος του κεραυνού στο έδαφος.
- ✓ Ηλεκτρόδια γείωσης: Στοιχεία ή σύνολο στοιχείων του συστήματος γείωσης που εξασφαλίζουν απ' ευθείας ηλεκτρική σύνδεση με τη γη και διοχετεύουν το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος. Η ηλεκτρική σύνδεση με τη γη επιτυγχάνεται μέσω ράβδων ή ταινίας γείωσης.
- ✓ Περιμετρικό καλώδιο γείωσης: Ηλεκτρόδιο γείωσης που σχηματίζει ένα κλειστό βρόχο γύρω από την κατασκευή και το οποίο είναι εγκατεστημένο είτε επιφανειακά στο έδαφος είτε είναι θαμμένο σε ορισμένο βάθος μέσα σε αυτό.
- ✓ Ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης: Ηλεκτρόδιο γείωσης ενσωματωμένο στο σκυρόδεμα θεμελίωσης μιας κατασκευής.
- ✓ Ισοδύναμη αντίσταση γείωσης: Ο λόγος των μέγιστων τιμών τάσης και ρεύματος που εμφανίζονται στο σύστημα γείωσης, και οι οποίες δεν εμφανίζονται, γενικώς ταυτόχρονα.
- ✓ Τάση του συστήματος γείωσης: Η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται μεταξύ του εδάφους και του συστήματος γείωσης.
- ✓ Σύνδεσμος ελέγχου: Σύνδεσμος σχεδιασμένος και εγκατεστημένος κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να επιτρέπει ηλεκτρικό έλεγχο και μετρήσεις στα στοιχεία του Σ.Α.Π. Τέλος,
- ✓ Στάθμη προστασίας: Όρος κατάταξης ενός Σ.Α.Π. σύμφωνα με την αποτελεσματικότητά του.

5.3 Το Σύστημα Αντικεραυνικά Προστασίας της E - 40

Η E-40 είναι εξοπλισμένη με το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας της ENERCON το οποίο εκτρέπει τα χτυπήματα των κεραυνών μακριά από την ανεμογεννήτρια χωρίς να προκληθεί ζημιά στα πτερύγια ή στο υπόλοιπο τμήμα της μηχανής. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς το σύστημα κατευθύνει τον κεραυνό από τα πτερύγια του ρότορα ή από την υψηλότερη επιφάνεια της ατράκτου μέσα στο έδαφος. Ο σχεδιασμός της μονάδας αντικεραυνικής προστασίας είναι σύμφωνος προς τους κανονισμούς VDE 0185 και τις αντίστοιχες κατευθυντήριες οδηγίες IEC 1024-1 εξασφαλίζοντας έτσι την απόλυτη προστασία τόσο της ανεμογεννήτριας όσο και του προσωπικού και του τεχνολογικού εξοπλισμού από τους κεραυνούς.

Η μονάδα «εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας» περιλαμβάνει ειδικότερα, σύστημα αντικεραυνικής προστασίας στα πτερύγια του ρότορα και σύστημα εκτροπής του ρεύματος του κεραυνού. Τα πεδία παρεμβολής καθώς και οι τάσεις παρεμβολής μέσα στην ανεμογεννήτρια μειώνονται, λόγω του συστήματος εξωτερικής αντικεραυνικής προστασίας. Με τον τρόπο αυτό, αποκλείεται η διείσδυση μεγαλύτερης ποσότητας ρεύματος. Για ολοκληρωμένη προστασία τόσο του ηλεκτρικού όσο και του ηλεκτρονικού εξοπλισμού λαμβάνονται περαιτέρω μέτρα τα οποία αναφέρονται ως σύστημα «εσωτερικής αντικεραυνικής προστασίας».

5.4 Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας των πτερυγίων του ρότορα

Τα πτερύγια του ρότορα της ENERCON είναι εξοπλισμένα με ένα σύστημα ολοκληρωμένης αντικεραυνικής προστασίας, το οποίο σε περίπτωση κεραυνού, αποτρέπει βλάβη των πτερυγίων ή το ενδεχόμενο πυρκαγιάς στην άτρακτο. Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας των πτερυγίων του ρότορα περιλαμβάνει τέσσερα στοιχεία:

- ακροπτερύγιο ως δομικά στοιχείο από αλουμίνιο
- λάμα αλουμινίου στο χείλος προσβολής
- λάμα αλουμινίου στο χείλος διαφυγής
- αγωγίμο δακτυλίδι από αλουμίνιο κοντά στη βάση του πτερυγίου.

Το μεταλλικό (αλουμίνιο) τμήμα του ακροπτερυγίου, το οποίο είναι αγωγίμο, έχει υποστεί συγκόλληση με δύο λάμες αλουμινίου οι οποίες βαδίζουν επί της ακμής διαφυγής και της ακμής προσβολής. Η λάμα αλουμινίου που βρίσκεται, κατά μήκος της ακμής διαφυγής του πτερυγίου του ρότορα, είναι ενσφηνωμένη απευθείας στην επιφάνεια. Η λάμα του αλουμινίου της ακμής προσβολής περνά σε μικρή απόσταση κάτω από την ακμή προσβολής.

Ένα αγωγίμο μεταλλικό δακτυλίδι, επίσης από αλουμίνιο, που βρίσκεται κοντά στη βάση του πτερυγίου του ρότορα συνδέει τις λάμες της ακμής διαφυγής και της ακμής προσβολής και οδηγεί τον κεραυνό προς το σύστημα κεραυνικής προ-

στασίας της ατράκτου. Το δακτυλίδι αυτό βρίσκεται σε ασφαλή απόσταση από τα αγωγίμα μέρη κοντά στη σύνδεση του πτερυγίου, έτσι ώστε το πτερύγιο από μόνο του να λειτουργεί «ηλεκτρικά μονωμένο». Δεδομένου ότι η κατεύθυνση του κεραυνού λαμβάνει χώρα στη βάση του πτερυγίου και όχι μέσω του συστήματος που φέρει τον πυλώνα και τον ρότορα, η φέρουσα το ρότορα κατασκευή προστατεύεται από την οποιαδήποτε ενδεχόμενη ζημία.

5.5 Εκτροπή του ρεύματος του κεραυνού

Το ρεύμα μεταφέρεται από το πτερύγιο του ρότορα μέσω ενός σπινθηριστή στο μεταλλικό κέλυφος του ρότορα. Σε καθένα από τα τρία πτερύγια αντιστοιχεί ένας σπινθηριστής που βρίσκεται συνδεδεμένος στο κέλυφος του ρότορα. Κάθε σπινθηριστής αποτελείται από μία αλουμινένια ράβδο που έχει το ένα άκρο σε σχήμα κώνου ούτως ώστε στο σημείο αυτό το ηλεκτρικό πεδίο να είναι όσο το δυνατό υψηλότερο σε σχέση με το υπόλοιπο περιβάλλον.

Το ρεύμα μεταφέρεται από το μεταλλικό κέλυφος του ρότορα στην άτρακτο με ένα δεύτερο δακτυλίδι και ένα δεύτερο σπινθηριστή. Η ρύθμιση αυτή επιτρέπει την κατεύθυνση του κεραυνού στην φέρουσα το φορτίο κατασκευή ανεξαρτήτως της θέσης του ρεύματος του ρότορα και της γωνίας ρεύματος του πτερυγίου. Ένα αλεξικέραυνο βρίσκεται επίσης στο οπίσθιο μέρος της επένδυσης της ατράκτου για να προστατεύει την άτρακτο και τις συσκευές μέτρησης.

Το ρεύμα κατευθύνεται από τα αλεξικέραυνα στο κέλυφος της ατράκτου προς τον κύριο φορέα μέσω στατικών βραχιόνων στον άξονα και από εκεί μέσω ενός καλωδίου με διατομή $100 \text{ mm}^2 \text{ Cu Ou}$. Οι ασάλινοι πύργοι είναι αγωγιμοί ούτως ώστε το ρεύμα να κατευθύνεται κατά μήκος αυτών.

Στη βάση του πύργου ο κεραυνός γίνεται αγωγιμος μέσω δύο μεταλλικών στεφάνων στη βάση. Η βάση είναι εξοπλισμένη με δύο δακτυλίδια γείωσης, εκ των οποίων το ένα βρίσκεται μέσα στη διάμετρο του πύργου και ένα απ' έξω. Δύο τμήματα γειώσεων από τη βάση του πύργου και δύο τμήματα γειώσεως από τον εσωτερικό δακτυλίδι γείωσης οδηγούν στη γη, κάτι που εξασφαλίζει καλή επαφή με το έδαφος. Τα τμήματα γείωσης είναι επίσης συνδεδεμένα με τη θωράκιση της βάσης. Κάθε τμήμα έχει διατομή 100 mm^2 . Αν η βάση είναι εξοπλισμένη με πασσάλους γείωσης, οι πάσσαλοι αυτοί είναι επίσης συνδεδεμένοι με τα δακτυλίδια γείωσης. Η αντίσταση γείωσης της βάσης έχει υποστεί δοκιμές κατά VDE 0100 μέσω μετρητή ελέγχου. Θα πρέπει να μην υπερβαίνει τα 2Ω .

5.6 Εσωτερική αντικεραυνική προστασία

Τα ηλεκτρονικά στοιχεία της ανεμογεννήτριας έχουν υποστεί απόξεση μέσω γαλβανισμού και είναι τοποθετημένα σε μεταλλικά στέγαστρα. Σε περίπτωση χτυπήματος από κεραυνό ή σε περίπτωση ασυνήθιστης αύξησης της τάσης (υπέρταση), ολόκληρο το ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό σύστημα προστατεύεται από εντοιχιζόμενα εξαρτήματα που έχουν την ικανότητα να απορροφούν την ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των παρακάτω μέτρων:

- 1) όλα τα αγώγιμα εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας όπως ο ιστός, η άτρακτος, ο πύργος, τα κυτία ελέγχου, το καλώδιο γείωσης του μετασχηματιστή και η βάση συνδέονται με ασφάλεια στους ζυγούς εξισορρόπησης δυναμικού με κατάλληλες διατομές και καλώδια ελάχιστου μήκους.
- 2) Οι αγωγοί υπέρτασης, με γείωση χαμηλής αντίστασης είναι εγκατεστημένοι στην κύρια σύνδεση της ανεμογεννήτριας.

Κεφάλαιο 6°

6. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

6.1 Εισαγωγή

Οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) και τα αιολικά πάρκα γενικότερα θεωρούνται, όπως αναφέρθηκε και σε προγενέστερα κεφάλαια σαν μια πολλά υποσχόμενη λύση όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας χωρίς περιβαλλοντικό κόστος. Η παραγωγή ενέργειας όμως μέσω της μετατροπής της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική δεν θα ήταν οικονομικά βιώσιμη αν νωρίτερα δεν είχαν επιλυθεί διάφορα τεχνικά προβλήματα που αφορούν την εγκατάσταση και λειτουργία αιολικών πάρκων.

Ερωτήματα όπως πια είναι η βέλτιστη θέση εγκατάστασης Α/Γ και με ποια κριτήρια θα επιλεγεί αυτή; με ποιους τρόπους και σε ποια απόσταση μεταξύ τους θα τοποθετηθούν οι Α/Γ ενός αιολικού πάρκου ώστε να έχουμε καλύτερη απόδοση κ.τ.λ. απασχολούσαν τους επενδυτές αλλά και τους υπεύθυνους για την εγκατάσταση αιολικών συστημάτων μηχανικούς. Λύση σε αυτά τα ερωτήματα καθώς και σε άλλα παρεμφερή δόθηκαν μετά από επισταμένες μελέτες και έρευνες ετών.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια προσπάθεια παρουσίασης κάποιων προδιαγραφών που τέθηκαν όσον αφορά τέτοιου είδους προβλήματα.

6.2 Θέση εγκατάστασης Α/Γ

Η τοποθεσία εγκατάστασης Α/Γ παίζει πρωτεύοντα ρόλο όσον αφορά το ύψος ανάρτησης των δρομέων των Α/Κ. Στην περίπτωση που η τοποθεσία εγκατάστασης του Α/Κ είναι επίπεδη χωρίς επιφανειακά εμπόδια τότε δεν παρουσιάζεται κανένα πρόβλημα σχετικά με το ύψος ανάρτησης. Εάν όμως υπάρχουν επιφανειακά εμπόδια, ακόμα κι αν η τοποθεσία εγκατάστασης είναι επίπεδη τότε θα πρέπει να εκτιμηθεί με ακρίβεια το ύψος των επιφανειακών εμποδίων και ανάλογα με το είδος τους να επιλεγεί η θέση και το ύψος εγκατάστασης του Α/Κ.

Αν το έδαφος παρουσιάζει ανωμαλίες τα πράγματα δυσκολεύουν ακόμα πιο πολύ. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει η επιλογή να γίνει με πολύ προσοχή γιατί η επένδυση στον Α/Κ ενεργειακά δεν θα είναι αποδοτική.

Όσον αφορά την εγκατάσταση σε τοποθεσία με επίπεδη μορφολογία είναι φανερό ότι ο δρομέας του Α/Κ πρέπει να βρίσκεται έξω από την ζώνη επιρροής οποιουδήποτε επιφανειακού εμποδίου που βρίσκεται ανάντη του για να επιτευχθεί μεγιστοποίηση της δεσμευμένης αιολικής ενέργειας.

Αν απέναντι από την Α/Γ βρίσκεται συστοιχία δένδρων τότε ο δρομέας του Α/Κ θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση περίπου 10-12 m από την κορυφή τους.

Ένα άλλο συχνά εμφανιζόμενο εμπόδιο στις θέσεις εγκατάστασης των Α/Γ είναι τα κτίρια. Ένα κτίριο που βρίσκεται μέσα στο παράλληλο ρεύμα αέρος διαταράσσει σε μεγάλη έκταση το πεδίο ταχυτήτων του ανέμου.

Σε αυτή την περίπτωση οι Α/Κ θα πρέπει να εγκαθίστανται σύμφωνα με τις παρακάτω προδιαγραφές:

- ανάντη απόσταση από το κτίριο 2 τουλάχιστον φορές το ύψος του
- κατάντη απόσταση από το κτίριο τουλάχιστον 10 φορές το ύψος του
- ο δρομέας θα πρέπει να βρίσκεται σε ύψος τουλάχιστον 2 φορές το ύψος του κτιρίου αν η θέση εγκατάστασης είναι κοντά στο κτίριο.

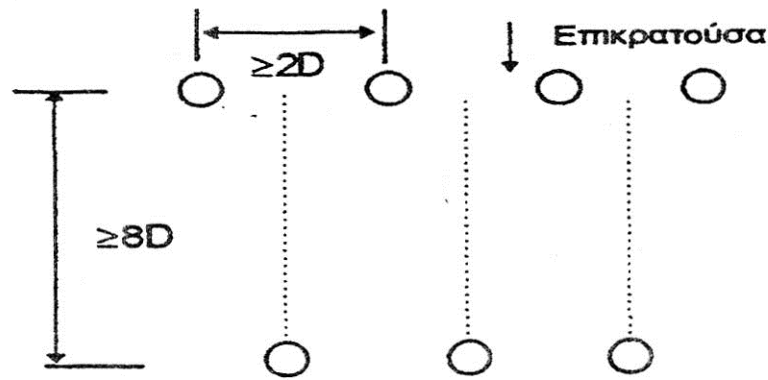
Σε περίπτωση εγκατάστασης Α/Γ σε τοποθεσίες με ανώμαλη μορφολογία είναι δύσκολη η τυποποίηση και κάθε περίπτωση εξετάζεται ξεχωριστά.

Σε περίπτωση ύπαρξης λοφοσειράς ο άνεμος καθώς διέρχεται πάνω από τη λοφοσειρά επιταχύνεται σημαντικά οπότε η κορυφή θεωρείται μια πολύ καλή θέση εγκατάστασης Α/Γ. Το ύψος ανάρτησης του δρομέα όμως πρέπει να είναι τέτοιο ούτως ώστε να αποφεύγεται ο στροβιλισμός του ανέμου. Έχει παρατηρηθεί ότι η ιδανική λοφοσειρά είναι αυτή η οποία έχει κλίση 16° ως προς το οριζόντιο επίπεδο με λιγότερο ικανοποιητική αυτή με κλίση 3° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Στους πρόποδες και στην πλαγιά της λοφοσειράς δεν ενδείκνυται η εγκατάσταση Α/Γ λόγω φαινομένων στροβιλισμού.

Τα περάσματα είναι καλές τοποθεσίες εγκατάστασης Α/Γ ειδικότερα εάν το άνοιγμά τους είναι κατά την κατεύθυνση του επικρατούντος ανέμου. Οι θέσεις αυτές είναι θέσεις όπου οι ταχύτητες του ανέμου παρουσιάζουν μεγάλες και καλής ποιότητας τιμές. Επιπλέον συνήθως αυτές οι περιοχές έχουν εύκολη πρόσβαση. Κατ'αρχάς λοιπόν αυτές οι περιοχές πρέπει να εξετάζονται όσον αφορά τοποθεσίες εγκατάστασης Α/Γ.

6.3 Διάταξη Α/Γ σε αιολικά πάρκα

Ο πιο καθοριστικός παράγοντας για την διάταξη των Α/Γ μέσα σε ένα αιολικό πάρκο είναι η τοπογραφία του χώρου. Η προσπάθεια που γίνεται είναι να τοποθετηθούν οι Α/Γ πάνω σε μια νοητή γραμμή, στο μέτρο βέβαια του δυνατού, ως προς την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου και αυτό γιατί με αυτόν τον τρόπο όταν ο άνεμος πνέει κάθετα στη σειρά των Α/Γ δεν υπάρχει πρόβλημα σκίασης τους. Σε αυτήν την περίπτωση ως ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών Α/Γ λαμβάνεται η απόσταση 2D (όπου D η διάμετρος του δρομέα) όπως φαίνεται και από το σχήμα:



Διάταξη Α/Γ σε αιολικό πάρκο με δύο παράλληλες σειρές μηχανών

Διάταξη Α/Γ σε αιολικό πάρκο με δύο παράλληλες σειρές μηχανές

Στην περίπτωση που σε ένα πάρκο απαιτούνται περισσότερες από μια γραμμές Α/Γ. Τότε η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών γραμμών Α/Γ θα είναι κατ'ελάχιστον 8D. Για την διάταξη των Α/Γ στο χώρο του πάρκου πρέπει να λαμβάνονται επίσης οι περιορισμοί που θέλει η υπουργική απόφαση ΣΕ/2689/17.12.87 για τους όρους που αφορούν την εγκατάσταση Α/Γ (αποστάσεις από δρόμους, όρια ιδιοκτησιών και κτίσματα).

6.4 Επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμοκινητήρα

Βασικό για την λειτουργία ενός αιολικού πάρκου, είναι η επιλογή της θέσης εγκατάστασης αυτού. Και αυτό γιατί η συμπεριφορά του ανέμου σε μία θέση, είναι αυτή που καθορίζει και τη λειτουργική συμπεριφορά της ανεμογεννήτριας. Ανεμογεννήτριες τοποθετημένες σε βιώσιμες θέσεις πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. η παραγωγή ενέργειας να είναι οικονομικά συμφέρουσα
2. η εγκατάσταση να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον
3. η λειτουργία της ανεμογεννήτριας να είναι συμβατή με τη λειτουργία του ηλεκτρικού δικτύου
4. να έχουν ληφθεί υπόψιν οι ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες στη συγκεκριμένη θέση
5. η επιλεγμένη θέση να είναι αποδεκτή από το κοινό

Η διαδικασία επιλογής θέσης εγκατάστασης ανεμογεννήτριας μπορεί να χαρακτηριστεί επιτυχής, όταν είναι δυνατός, μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, ο προσδιορισμός περιοχής με υψηλό αιολικό δυναμικό. Έπειτα, αφού γίνει προσεκτι-

κός έλεγχος της περιοχής αυτής,επιλέγονται οι θέσεις που ικανοποιούν τις προαναφερθέντες παραμέτρους.

6.5 Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας ανεμογεννητριών

Για να έχουμε μια βέλτιστη επιλογή τοποθεσίας,δε θα πρέπει να γνωρίζουμε μόνο την περιοχή με το υψηλότερο αιολικό δυναμικό,αλλά και κάποιες άλλες παραμέτρους,οι οποίες αναφέρονται πιο κάτω:

- **οικονομική αξία**

Ο σημαντικότερος στόχος μιας ανεμογεννήτριας είναι να μειώσει το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, γι'αυτό η οικονομική βιωσιμότητα είναι η πρωταρχική ιδιότητα για την αποδοχή ή όχι μιας θέσης.Το κόστος της παραγόμενης ενέργειας ποικίλει ανάλογα με την ώρα της μέρας και την εποχή του έτους. Για να κρίνουμε την οικονομική βιωσιμότητα μιας θέσης ανεμογεννήτριας, χρειαζόμαστε πληροφορίες για το μέγεθος και τις διακυμάνσεις του ανέμου μέσα σε ένα έτος.

- **Επιδράσεις στο περιβάλλον**

Οι επιδράσεις των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον είναι γενικά περιορισμένη.Σε ορισμένες,όμως,περιπτώσεις μπορεί να έχει αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον.Μερικές από τις σημαντικότερες είναι:

- 1.οπτικοαισθητική επίδραση**

Η εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας,σε μία όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή,δημιουργεί άσχημη οπτική εντύπωση.Αντίθετα,η εγκατάσταση σε μία αχανή έκταση περνά απαρατήρητη.

- 2. επιδράσεις στα πουλιά**

Κρίνεται σκόπιμο η αποφυγή της εγκατάστασης σε μέρη που αποτελούν νυχτερινά περάσματα για τα αποδημητικά πουλιά.

- **Ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση**

Το πρόβλημα της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης δημιουργείται από την ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων πάνω στα περιστρεφόμενα πτερύγια της πτερωτής. Για παράδειγμα, στην Αμερική έχουν λάβει ευρεία δημοσιότητα οι παρεμβολές στο σήμα της τηλεόρασης.

- **Το πρόβλημα του θορύβου**

Αποτελεί, ίσως, τη μόνη πραγματική επιβάρυνση του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολλών μηχανών μεγάλων διαστάσεων. Βέβαια, στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε πως, η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου γίνεται σε απομονωμένες περιοχές, ενώ ο προσεκτικός σχεδιασμός των σύγχρονων

μηχανών έχει περιορίσει στο ελάχιστο τόσο τον αεροδυναμικό, όσο και κάθε άλλο ηλεκτρομηχανολογικό θόρυβο.

- **Γενικοί περιορισμοί και κανονισμοί στη χρησιμοποίηση της γης**

Όταν ψάχνουμε να βρούμε κατάλληλες θέσεις για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών, πρέπει να ληφθούν υπόψη μας οι κανονισμοί και οι νόμοι που πιθανόν να εμποδίζουν τη χρησιμοποίηση της γης για εγκατάσταση μεγάλων ανεμογεννητριών. Τέτοιοι νόμοι μπορεί να είναι σχετικοί με την προστασία του περιβάλλοντος και ιστορικών μνημείων, με γειτνίαση σε Αεροδρόμια ή Στρατιωτικές εγκαταστάσεις.

- **Μετεωρολογικά προβλήματα**

Κατά την επιλογή θέσεων για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών πρέπει να ληφθούν υπόψη, πιθανόν, ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες. Ορισμένες από αυτές μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στην κατασκευή. Άλλες, πάλι, επηρεάζουν το κόστος συντήρησης και τη διάρκεια ζωής της μηχανής.

A) Παγετός

Η δημιουργία παγετού μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας με διάφορους τρόπους. Κατ'αρχήν, η επικάλυψη στις κατασκευές αυξάνει τα στατικά και δυναμικά τους φορτία. Επομένως, όλα τα συστήματα της ανεμογεννήτριας και οι γραμμές μεταφοράς πρέπει να έχουν υπολογιστεί, ώστε να αντέχουν αυτά τα φορτία. Ακόμα, υπάρχει ο κίνδυνος να εκτοξευθεί κάποιο επικαθιζόμενο κομμάτι πάγου καθώς τα πτερύγια γυρίζουν. Τέλος, με το πάγωμα των ανεμόμετρων, να χαλάσουν τα συστήματα ελέγχου της ανεμογεννήτριας.

B) Υπερβολικά ισχυροί άνεμοι

Η συχνότητα με την οποία παρουσιάζονται θυελλώδεις άνεμοι σε μια περιοχή καθώς και η έντασή τους, μας χρησιμεύει για το σχεδιασμό της κατάλληλης ανεμογεννήτριας. Αποτέλεσμα αυτού, είναι να μεταβάλλεται το κόστος κατασκευής αλλά και το κόστος της παραγόμενης ενέργειας, αφού μεταβάλλεται και ο τύπος της ανεμογεννήτριας.

Γ) Υγρασία και συχνές βροχοπτώσεις

Η υψηλή υγρασία επιταχύνει φαινόμενα οξειδωσης και διάβρωσης της μηχανής, ενώ αντίθετα αυξάνει την πυκνότητα του αέρα και συνεπώς και την αποδιδόμενη ισχύ. Η αύξηση της υγρασίας στα επίπεδα κορεσμού έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σταγόνων νερού πάνω στα πτερύγια, οι οποίες, όπως και στην περίπτωση της βροχής, αλλοιώνουν την αεροδυναμική συμπεριφορά των πτερυγίων, οδηγώντας σε πρόωρη αποκόλληση του οριακού στρώματος και σε πρόωρη απώλεια στήριξης των πτερυγίων της μηχανής.

Δ) Το υψόμετρο και η θερμοκρασία

Η υψηλή θερμοκρασία οδηγεί σε μείωση της πυκνότητας σύμφωνα με τη σχέση:

$$P=1,2256*288,16/(273,16+\theta)*P/(1,01325*10^5)$$

Αντίστοιχα, η επιλογή του υψομέτρου μιας περιοχής επιδρά στην επικρατούσα πίεση στην περιοχή της μηχανής, γεγονός που επηρεάζει την τιμή της πυκνότητας του αέρα.

- **Τύρβη**

Σε μια τυρβώδη ροή, το άνυσμα της ταχύτητας σε κάθε σημείο του ρευστού υφίστανται διακυμάνσεις στο μέτρο και τη διεύθυνση. Αυτές οι διακυμάνσεις εκτείνονται σε μέγεθος και διάρκεια και μπορεί να προκαλέσουν κόπωση της κατασκευής. Η τύρβη σε ροή πάνω από τραχύ και ανώμαλο έδαφος είναι διαφορετική από αυτή σε ομαλό έδαφος.

- **Υλικά μεταφερόμενα από τον αέρα**

Ανεμογεννήτριες που πρόκειται να εγκατασταθούν σε παραθαλάσσιες περιοχές υπόκεινται σε διάβρωση, λόγω του ότι ο αέρας σ' αυτές τις περιοχές περιέχει ποσότητες αλάτων. Πρέπει, λοιπόν, ορισμένα τμήματα της κατασκευής να προστατευθούν ώστε να περιέχουν αντισκουριακή προστασία.

Αν μια ανεμογεννήτρια είναι τοποθετημένη σε άγονη περιοχή, είναι πιθανό ο αέρας να μεταφέρει επάνω της σκόνη, άμμο, ψιλό χαλίκι. Αυτού του είδους τα υλικά μπορεί να προκαλέσουν ζημιές στα πτερύγια, τα προστατευτικά καλύμματα και τα λιπαντικά. Προκειμένου να επιτύχουμε ικανοποιητική συντήρηση της μηχανής κάτω από τέτοιες συνθήκες, απαιτούνται σχεδιαστικές τροποποιήσεις και ειδικές διαδικασίες συντήρησης. Τέτοιες συντηρήσεις αυξάνουν το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

- **Η σταθερότητα των ανέμων**

Οι διακυμάνσεις της ταχύτητας του ανέμου κατά το χρονικό διάστημα μιας ώρας, επηρεάζουν τη λειτουργία της μηχανής και επιδρούν και στη διάρκεια ζωής της. Αλλά και οι αλλαγές στην κατεύθυνση του ανέμου στη διάρκεια της ώρας, μπορούν να επιδράσουν στη λειτουργία και στη συμπεριφορά της μηχανής. Η λειτουργία μιας μηχανής σε μια θέση που παρουσιάζει συχνά αλλαγές στη διεύθυνση του ανέμου, είναι μειονεκτικότερη μιας άλλης που είναι τοποθετημένη σε περιοχή με σταθερούς ανέμους.

- **Αξιοπιστία αιολικών δεδομένων-διάρκεια παρατηρήσεων**

Τα αιολικά δεδομένα που διαθέτουμε για ένα τόπο πρέπει να είναι αξιόπιστα, δηλαδή να έχουν προκύψει έπειτα από μακροχρόνιες μετρήσεις.

- **Αποδοχή της ανεμογεννήτριας από το τοπικό δίκτυο**

Κατά την αξιολόγηση των προς εγκατάσταση περιοχών είναι ιδιαίτερα σημαντικό, για μεγάλες κυρίως εγκαταστάσεις, να είναι αποδεκτή η διασύνδεση των

υποψήφιων μηχανών με το τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο, ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά της παραγόμενης αιολικής-ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς προβλήματα.

- **Αποδοχή από την πλευρά του κοινού**

Η στάση του κοινού επηρεάζεται τόσο από τις αντιλήψεις του για τα οικονομικά οφέλη που θα προκύψουν από την εγκατάσταση ανεμογεννητριών.

6.6 Διαδικασία επιλογής αιολικής εγκατάστασης

Η διαδικασία που ακολουθεί είναι γενική και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας, όσο και για περισσότερες. Η συνολική διαδικασία επιλογής αποτελείται από τέσσερα (4) βασικά στάδια, ενώ είναι δυνατό να αξιολογηθούν ορισμένες προεπιλεγμένες θέσεις εγκατάστασης, παρακάμπτοντας τα αρχικά δύο στάδια της προτεινόμενης διαδικασίας.

ΒΗΜΑ 1°

Αρχικά εφαρμόζουμε μια διαδικασία έρευνας και γενικής αξιολόγησης του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού σε μια σχετικά ευρεία έκταση, ώστε να καθοριστούν οι υποψήφιες περιοχές. Η περιοχή ενδιαφέροντος μπορεί να κυμαίνεται από λίγα έως ορισμένες χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα. Στη φάση αυτή, μπορεί να χρησιμοποιηθούν γενικοί ανεμολογικοί και γεωγραφικοί χάρτες, οι οποίοι θα περιγράφουν το ανάγλυφο της περιοχής.

Το μέγεθος και το πλήθος των εν λόγω περιοχών ποικίλει, εξαρτώμενο από τα διαθέσιμα στοιχεία και το βάθος της εκτελούμενης ανάλυσης. Αρκετά συχνά οι υποψήφιες περιοχές υφίστανται μια πρώτη ταξινόμηση βάση της υποκειμενικής κρίσης της ομάδας των μελετητών.

ΒΗΜΑ 2°

Στο δεύτερο βήμα, κάνουμε την αξιολόγηση των υποψηφίων περιοχών και την επιλογή των υποψηφίων θέσεων, η οποία ακολουθεί κατά περίπτωση δύο πορείες:

- Είτε προσδιορίζονται οι περιοχές με το καλύτερο αιολικό δυναμικό και ακολούθως αξιολογούνται με βάση μη μετεωρολογικές παραμέτρους, ώστε να επιλεγθούν οι υποψήφιες θέσεις
- Είτε προεπιλέγονται θέσεις με μη μετεωρολογικά κριτήρια και ακολούθως αξιολογούνται με βάση το διαθέσιμο αιολικό τους δυναμικό.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι η πρώτη περίπτωση ακολουθείται όταν οι θέσεις με καλό αιολικό δυναμικό αποτελούν μικρό τμήμα της υποψήφιας περιοχής, ενώ η δεύτερη όταν όλη η υποψήφια περιοχή διαθέτει περίπου ισοδύναμο αιολικό δυναμικό και επομένως οι μη μετεωρολογικοί παράμετροι δημιουργούν τη διάφορα.

ΒΗΜΑ 3°

Στο τρίτο βήμα γίνεται ιεράρχηση των προτεινόμενων θέσεων και επιλέγεται ένας μικρότερος αριθμός από αυτές για λεπτομερέστερη ανάλυση. Στο βήμα αυτό γίνεται επιτόπια αυτοψία με σκοπό την συγκέντρωση στοιχείων, ώστε να αρχίσουν οι προκαταρκτικοί υπολογισμοί του κόστους των εργασιών υποδομής, καθώς και του κόστους αρχικής εγκατάστασης και διαχρονικής συντήρησης των μηχανών. Παράλληλα μελετάται η τοπογραφία των υποψηφίων θέσεων, ώστε να εκτιμηθεί χονδρικά το πεδίο ροής και να καταγραφεί η πιθανότητα εμφάνισης ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων. Συνυπολογίζοντας και στοιχεία που αφορούν το κόστος εγκατάστασης των υποψηφίων μηχανών, το κόστος παραγωγής ενέργειας από άλλες παραπλήσιες μονάδες, την αντίδραση του κοινού αλλά και την πιθανότητα εμφάνισης μετεωρολογικών και άλλων προβλημάτων, επιλέγονται οι υποψήφιοι, για τις οποίες έχει ήδη εξασφαλισθεί η οικονομική βιωσιμότητα των πιθανών αιολικών εγκαταστάσεων.

ΒΗΜΑ 4^ο

Κατά το τελικό βήμα, επειδή χρειαζόμαστε ακριβέστερες μελέτες και αναλύσεις, πραγματοποιούνται επιτόπου μετρήσεις του αιολικού δυναμικού για κάθε υποψήφια θέση. Τα δεδομένα των μετρήσεων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβή, δεδομένου ότι απαιτείται να προβλεφθεί η συμπεριφορά των ανεμοκινητήρων καθόλη τη διάρκεια ζωής τους, ενώ είναι βασικό να εκτιμηθεί και το μελλοντικό κόστος της παραγόμενης ενέργειας.

Προκειμένου να υπολογίσουμε το ακριβές κόστος των έργων υποδομής και εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας, είναι απαραίτητα προκαταρκτικά τοπογραφικά σχέδια για κάθε υποψήφια θέση. Οι οικονομικές μελέτες που ακολουθούν είναι λεπτομερείς και συνεκτιμούν όλες τις συνιστώσες κόστους και οφέλους της κάθε εγκατάστασης.

Τέλος, συγκεντρώνονται και αξιολογούνται τυχόν συμπληρωματικές πληροφορίες, με στόχο η προτεινόμενη ταξινόμηση των υποψηφίων θέσεων να είναι κατά το δυνατόν εμπειριστατωμένη. Ολοκληρώνοντας, επιλέγεται η προτεινόμενη θέση, η οποία κατά τεκμήριο είναι η καταλληλότερη για την υλοποίηση της αιολικής εγκατάστασης.

6.7 Ανάλυση ανάγκης οικονομοτεχνικής μελέτης

Η οικονομική βιωσιμότητα των αιολικών εγκαταστάσεων έχει, ήδη, από αρκετά χρόνια αποδειχθεί για πλήθος ενεργειακών εφαρμογών. Παράλληλα, η εξασφάλιση

και της οικονομικής ελκυστικότητας μιας τέτοιας επένδυσης καθιστά την αιολική ενέργεια πλήρως ανταγωνιστική στη διεθνή ενεργειακή αγορά.

Για τον λόγο αυτό, απαιτείται συστηματική και διαχρονική έρευνα της αγοράς, ώστε να προσδιοριστούν οι τιμές διάθεσης των εμπορικών ανεμογεννητριών, καθώς και το πρόσθετο κόστος εγκατάστασης των μηχανών. Παράλληλα, ιδιαίτερη επίδραση στην οικονομική συμπεριφορά μιας ενεργειακής επένδυσης έχει και το σταθερό και μεταβλητό κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

Οι τρόποι εύρεσης των απαραίτητων επενδυτικών κεφαλαίων, περιλαμβάνουν δανειακά κεφάλαια τα οποία αξιολογούνται με βάση το κόστος του χρήματος, κρατικές και κοινοτικές επιδοτήσεις (με πρακτικά μηδενικό κόστος) και ίδια κεφάλαια, για τα οποία καθορίζεται και ο ελάχιστος αποδεκτός βαθμός απόδοσής τους.

Τα έσοδα της εγκατάστασης προέρχονται, είτε από τη διάθεση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας της Δ.Ε.Η., είτε από την εξοικονόμηση χρημάτων που, στο παρελθόν, διατίθονταν για αγορά ή και για αυτόνομη παραγωγή ενέργειας από συμβατικά καύσιμα. Σε όλες τις περιπτώσεις συνυπολογίζεται στην εξέλιξη των ετήσιων εσόδων και η προβλεπόμενη ετήσια ανατίμηση των διαφόρων μορφών ενέργειας. Ταυτόχρονα, λαμβάνεται υπόψη και η πιθανή φορολογία των κερδών της μονάδας.

Για τον προσδιορισμό του χρόνου απόσβεσης συγκρίνονται τα έσοδα και τα έξοδα της επένδυσης, με σκοπό να βρεθεί το χρονικό σημείο εξίσωσής τους. Παράλληλα, μελετάται και η οικονομική ελκυστικότητα μιας αιολικής επένδυσης με τον προσδιορισμό του χρόνου διπλασιασμού του αρχικού κεφαλαίου, αλλά και με την εκτίμηση της διαχρονικής διερεύνησης των οικονομικών μεγεθών, χρησιμοποιούνται κατά κανόνα αποπληθωρισμένα μεγέθη. Αφού έχει επιλεγεί αρχικά (με τις πρώτες μετρήσεις) η ευρύτερη περιοχή με ικανοποιητικό αιολικό δυναμικό, προχωρούμε κατόπιν στην αυστηρή επιλογή της περιοχής στην οποία θα εγκατασταθεί το αιολικό πάρκο και πιο συγκεκριμένα οι Α/Γ αυτού.

6.8 Αρχική επιλογή Α/Γ

Σε αυτό το στάδιο γίνεται ανίχνευση και αξιολόγηση των Α/Γ που κυκλοφορούν στο εμπόριο στην Ελλάδα και στο εξωτερικό για διάφορες ισχύς, λαμβάνοντας πάντα υπόψη το επικρατούν αιολικό δυναμικό της περιοχής. Οι επιλεγμένες Α/Γ πρέπει να ικανοποιούν τα κριτήρια και τις τεχνικές προδιαγραφές που έχει θέσει η ΔΕΗ.

Υπολογίζεται κατόπιν για κάθε Α/Γ (άρα και αθροιστικά για ολόκληρο το αιολικό πάρκο) η προβλεπόμενη ετήσια παραγωγή ενέργειας. Έτσι όταν αποκτηθούν

πλήρη ανεμολογικά δεδομένα για μια χρονική περίοδο 2 ετών, θα μπορούμε να έχουμε και τον αντίστοιχο συντελεστή εκμεταλλευσιμότητας.

Μπορούμε να έχουμε επίσης και τις μηνιαίες (ή εποχιακές) κατανομές της παραγόμενης από το σύστημα των Α/Γ ενέργειας.

6.8.1 Διερεύνηση των προβλημάτων ζεύξης και αποσύζευξης

Η ένταξη της ενέργειας ενός αιολικού πάρκου σε ισχυρό δίκτυο (πολύ περισσότερο σε ασθενές δίκτυο, σύνδεση με ντιζελογεννήτριες) πρέπει να διερευνάται τόσο στη μόνιμη (ροή φορτίου) όσο και στη μεταβατική (ζεύξη, αποσύζευξη, μεταβολή φορτίων κ.τ.λ.) κατάσταση λειτουργίας.

6.8.2 Οριστική επιλογή μεγέθους και αριθμού Α/Γ

Στο στάδιο αυτό εξετάζεται επαναληπτικά για διάφορες περιπτώσεις (μέγεθος Α/Γ, ανεμολογικά δεδομένα) η πιθανή παραγωγή ενέργειας καθώς και τα πιθανά προβλήματα που θα δημιουργηθούν σ' αυτή.

Κεφάλαιο 7°

7. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Α/Γ

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζει κανείς προκειμένου να εγκαταστήσει Α/Γ είναι τεχνικά,οικονομικά και θεσμικά.

Ειδικότερα:

7.1 ΤΕΧΝΙΚΑ

Η ΔΕΗ επέβαλλε, μέχρι πριν λίγο καιρό, προφανώς για λόγους ασφαλείας του προσωπικού της, να μην εγκαθίστανται πυκνωτές στην Α/Γ. Αυτό, στην περίπτωση που η συνολική ισχύς των Α/Γ είναι μεγάλη, δημιουργεί προβλήματα αέργου ισχύος στην ΔΕΗ.

Αποδεικνύεται ότι μια αντιστάθμιση έως το 90% της αέργου ισχύος της Α/Γ εν κενώ αποκλείει μια επικίνδυνη αυτοδιέργεση της γεννήτριας στην περίπτωση πτώσης του δικτύου. Μετά την πτώση του δικτύου η αυτοδιέργεση προκαλεί τάση χαμηλότερη του 90% της ονομαστικής καθώς και μεγάλες διακυμάνσεις της συχνότητας,ώστε ο ελεγκτής ορίων τάσεων ή συχνότητας θα αποζεύξει την γεννήτρια.

Σήμερα η Δ.Ε.Η. ζητά την εγκατάσταση πυκνωτών υπό τον όρο ότι αυτοί θα τίθενται αυτόματα εκτός λειτουργίας όταν η γεννήτρια αποσυνδεθεί από το δίκτυο.

Συνιστάται η χρήση πυκνωτών μέχρι την προαναφερθείσα τιμή. Κατόπιν μελέτης ειδικής διατάξεως μπορεί να χρησιμοποιηθούν περισσότεροι πυκνωτές εφόσον υπάρχει πρόβλημα.

7.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ

α) Για την μέτρηση της καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενεργείας,η ΔΕΗ τοποθετεί δύο μετρητές εν σειρά. Αυτός ο τρόπος δημιουργεί και τεχνικά και λογιστικά προβλήματα.

-Αν η εγκαταστημένη ισχύς δεν είναι συγκρίσιμη με την ισχύ της Α/Γ, ο ένας μετρητής θα είναι κατ' ανάγκη μεγαλύτερης ισχύος, και δαπανηρότερος, από τον αναγκαίο.

Παράδειγμα: είναι πιθανό να τοποθετηθεί μετρητής των 1000 Α αντί των 200 Α.

-Όταν η Α/Γ υπερκαλύπτει το φορτίο του καταναλωτού και η αγοραζόμενη από την Δ.Ε.Η. ενέργεια είναι σχετικά μικρή το μηνιαίο συνημίτονο (συντελεστής ισχύος) γίνεται πολύ μικρό και ο καταναλωτής επιβαρύνεται αδικώς. Τούτο διότι η Α/Γ απορροφά άεργο ισχύ από το δίκτυο ενώ ο μετρητής ενεργού ισχύος αγοράς από την Δ.Ε.Η. ενεργείας δείχνει μικρά ποσά και ο λογαριασμός της κατανάλωσης επιβαρύνεται σημαντικά, σαν πρόστιμο, λόγω κακού συντελεστού ισχύος (συνφ).

Προτείνεται η ανεξαρτητοποίηση των μετρητών και ο συμψηφισμός των KWh. Ο συντελεστής "α" μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί.

β) Η τιμή εξαγοράς από την ΔΕΗ της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α/Γ συνδεδεμένες στο εθνικό δίκτυο κρίνεται ως χαμηλή με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ενδιαφέρον εγκατάστασης Α/Γ στην ηπειρωτική Ελλάδα, όπου δεν υπάρχουν περιορισμοί ισχύος, αλλά και όσες εγκατασταθούν σε νησιά τα οποία θα συνδεθούν με το εθνικό δίκτυο ενδεχομένως δεν θα αποσβεστούν καν.

Το γεγονός αυτό θα έχει σαν συνέπεια να συμφέρει η εγκατάσταση Α/Γ μόνο από μεγάλους καταναλωτές και βεβαίως όχι από τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.).

Κατά την άποψη μας, αν η πολιτεία ενδιαφέρεται για την εγκατάσταση Α/Γ και από ιδιώτες και όχι μόνο από την ΔΕΗ, θα πρέπει η τιμή αγοράς της KWh να αυξηθεί, τουλάχιστον μέχρι να εγκατασταθούν τόσες Α/Γ ώστε να καλυφθούν και να τεθούν εκτός λειτουργίας, όλες ανεξαιρέτως οι πετρελαικές μονάδες.

7.3 ΘΕΣΜΙΚΑ

α) Όπως προαναφέρθηκε, σύμφωνα με γνωμάτευση του ΥΠΕΧΩΔΕ, για την εγκατάσταση Α/Γ απαιτείται η έκδοση και άδειας από το αρμόδιο Πολεοδομικό Γραφείο.

Οι διατάξεις όμως του ισχύοντος Γ.Ο.Κ., ο οποίος έχει ισχύ νόμου, περί βιομηχανικών εγκαταστάσεων, έρχονται, σε πολλά σημεία, σε αντίθεση με την υπουργική απόφαση περί αναγκαίων όρων και προϋποθέσεων για την τοποθέτηση Α/Γ.

Παράδειγμα: Ενώ σύμφωνα με την υπουργική απόφαση για εγκατάσταση Α/Γ σε γεωργική γη (δηλ. εκτός σχεδίου πόλεως) θα αρκούσε έκταση το πολύ 800 m², σύμφωνα με τον Γ.Ο.Κ. απαιτούνται 4 στρέμματα.

Πέραν αυτού υπάρχει και το πρόβλημα πού θα υποβληθούν τα δικαιολογητικά που είναι μοναδικά (π.χ. βεβαίωση προκαταβολής φόρου μελετητού κλπ).

Όσοι εγκαταστήσουν ή έχουν ήδη εγκαταστήσει Α/Γ χωρίς να πάρουν και την απαιτούμενη άδεια από το αρμόδιο Πολεοδομικό Γραφείο μπορούν να κατηγορηθούν για αυθέρετη δόμηση.

Προτείνουμε:

- ✓ Να συμπληρωθεί ο Γ.Ο.Κ. έτσι ώστε ειδικά για εγκατάσταση Α/Γ να ισχύει η απόφαση του ΥΒΕΤ περί όρων και προϋποθέσεων εγκατάστασης Α/Γ και:
- ✓ Με την έκδοση από το ΥΒΕΤ της άδειας ίδρυσης να θεωρείται αυτομάτως ότι χορηγήθηκαν και όλες οι σήμερα πιθανώς απαιτούμενες πολεοδομικές, περιβαντολλογικές και αρχαιολογικές εγκρίσεις ή και παρεκκλίσεις.

- ✓ Με την έκδοση από το ΥΒΕΤ της άδειας εγκατάστασης να θεωρείται αυτομάτως ότι χορηγήθηκαν και όλες οι σήμερα πιθανώς απαιτούμενες άλλες άδειες (π.χ. αρχιτεκτονική, στατική κλπ).

β) Για την έκδοση από το ΥΒΕΤ άδειας ίδρυσης και εγκατάστασης Α/Γ, προβλέπεται από τον Ν.1559/85 η προηγούμενη σύμφωνη γνώμη της ΔΕΗ η οποία συνεκτιμώντας τα δικά της προγράμματα και το ελάχιστο φορτίο του δικτύου, δεν χορηγεί πλέον θετικές γνωματεύσεις,τουλάχιστον για τα περισσότερα νησιά.Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορεί πλέον,στη νησιωτική Ελλάδα, όπου είναι και το μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό αλλά παράλληλα και η ηλεκτροπαραγωγή βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στο πετρέλαιο,να εγκαταστήσει Α/Γ κανένας ιδιώτης ή Ο.Τ.Α.

Προτείνουμε,ως άμεση λύση,τον αυτόματο τηλεχειρισμό των Α/Γ από τους τοπικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής της ΔΕΗ με τρόπο ώστε να μη λαμβάνεται υπόψη το ελάχιστο φορτίο του δικτύου αλλά τουλάχιστον το μέσο ετήσιο.

Κεφάλαιο 8°

8.ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

8.1 Εισαγωγή

Από τα διαθέσιμα στοιχεία της ευρωπαϊκής αγοράς καταγράφεται ένας αριθμός περίπου 100 κατασκευαστών αιολικών μηχανών κάθε μεγέθους. Ωστόσο οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές, οι οποίοι παρέχουν εμπορικά προϊόντα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και σύνδεση με τα τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα, των οποίων τα προϊόντα έχουν ελεχθεί σε ειδικά κέντρα πιστοποίησης, δεν ξεπερνούν τους τριάντα, με τάση για περαιτέρω συρρίκνωση τους. Σύμφωνα και με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (EWEA, European Wind Energy Association), ο συνολικός αριθμός των εργαζομένων στον τομέα της αιολικής ενέργειας πλησίαζε τα 6.000 άτομα στις αρχές του 1994. Παράλληλα η δραστηριότητα αναθερμαίνεται και στην αμερικάνικη αγορά, όπου παραδοσιακές εταιρείες όπως η Kenetech US και η Flow Wind αλλάζουν ιδιοκτησιακό καθεστώς, γενόμενες μέλη μεγαλύτερων οικονομικών ομίλων, και μαζί με τη σχετικά νέα εταιρεία Zond ετοιμάζονται για μια νέα σειρά αιολικών πάρκων.

Αντίστοιχα στην Ευρωπαϊκή αγορά οι μεγάλοι Δανικής προέλευσης κατασκευαστές όπως η Vestas, η Micon (μαζί με την Ινδική NEPC-Micon), η Nordtank, η Bonus κ.α. δέχονται ισχυρή πίεση από Γερμανούς κατασκευαστές όπως η Enercon και η Tacke, οι οποίοι με το πλεονέκτημα της έντονης δραστηριότητας της Γερμανικής αιολικής αγοράς διεκδικούν με αρκετή επιτυχία την ηγεμονία της διεθνούς αγοράς. Στα πλαίσια του ανταγωνισμού αυτού παρατηρείται μια συνεχής μείωση των τιμών διάθεσης των αιολικών μηχανών.

Αναφερόμενοι τώρα στις τιμές διάθεσης των αιολικών μηχανών, οι πλέον καθιερωμένες τιμές είναι οι "Ex works", "FOB" και "Turnkey". Η τιμή "Ex works" ή "EXW" είναι η τιμή του προϊόντος παραδοτέου στην έξοδο του εργοστασίου. Στην τιμή αυτή δεν περιλαμβάνονται δασμοί, μεταφορικά και εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας. Με τον τρόπο αυτό ο πωλητής ελαττώνει τον κίνδυνο με το να διαθέτει τα προϊόντα στην έδρα του. Αντίστοιχα, η τιμή "FOB" ή "Free on board" αναφέρεται στην παράδοση του προϊόντος επάνω στο πλοίο, μετά από μεταφορά σε συγκεκριμένο και σαφώς κατανομαζόμενο λιμάνι φόρτωσης. Με αυτό τον τρόπο ο πωλητής οργανώνει, πληρώνει και δέχεται όλο τον κίνδυνο της μεταφοράς μέσα στη χώρα του πριν τη θαλάσσια μεταφορά. Στην τιμή αυτή περιλαμβάνεται και ο εκτελωνισμός των εμπορευμάτων. Τέλος η τιμή "Turnkey" ή με το "κλειδί στο χέρι", μεταφράζεται στο ότι ο πωλητής αναλαμβάνει όχι μόνο το κόστος μεταφοράς

στον τόπο εγκατάστασης της ανεμογεννήτριας αλλά και τα έξοδα εγκατάστασης και διασύνδεσης με το δίκτυο.

Πίνακας 8.1

Διακύμανση Τιμής Αγοράς Αιολικών Μηχανών

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ(Kw)	ΑΚΡΙΒΟΤΕΡΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ σε Ecu	ΦΘΗΝΟΤΕΡΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΚΟΣΤΟΣ σε Ecu
30	Sudwind 1200	70300	Kramer K-30	48200
100	Fuhrlander 100	139600	Kramer K-100	70300
250	HSW 250T	295000	Zephyr Wts	190400
500	Enercon-40	580000	NedWind 40	390900

Συγκεντρώνοντας στη συνέχεια τα στοιχεία διάθεσης αιολικών μηχανών από διάφορους κατασκευαστές (τιμές 1996) είναι δυνατόν να καταγραφούν ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα. Αρχικά είναι σημαντικό να επισημανθεί η σχετικά μεγάλη διακύμανση τιμών εκ μέρους των κατασκευαστών για μηχανές της ίδιας ονομαστικής ισχύος. Το γεγονός αυτό είναι λογικό δεδομένου του μεγέθους και της πολιτικής της κάθε εταιρείας, αλλά και των επιπλέον παρεχομένων εγγυήσεων ή και εξοπλισμού, ενώ σημαντική είναι και η συμμετοχή του ύψους και της γενικής δομής του πύργου στήριξης της ανεμογεννήτριας στο διαμορφούμενο τελικό κόστος. Παρόλα αυτά όμως διαφοροποιήσεις στις τιμές των παρεχομένων αιολικών μηχανών της τάξης του 50% ή και 100% προξενούν πάντοτε εντύπωση και καταδεικνύουν το βαθμό του ανταγωνισμού που επικρατεί στη διεθνή αιολική αγορά.

Συνοψίζοντας στη συνέχεια τα στοιχεία κόστους των διαθέσιμων αιολικών μηχανών και για περιοχές ισχύος από 0.1Kw%1000Kw που προκύπτει (σχήμα 9.1) μια έντονη μείωση της ανηγμένης τιμής μιας αιολικής μηχανής (σε Ecu/Kw) και μέχρι το επίπεδο των 100Kw. Στην περιοχή των 100Kw%200kW εμφανίζεται μια μικρή αύξηση της ανηγμένης τιμής, η οποία μετατρέπεται σε σχετική μείωση και μέχρι τα επίπεδα των 500Kw, όπου έχουμε μια νέα σταθεροποίηση των τιμών διάθεσης των αιολικών μηχανών.

8.2 Κόστος αγοράς και εγκατάστασης

Για τον προσδιορισμό του κόστους αγοράς και εγκατάστασης μιας οποιασδήποτε ανανεώσιμης ενεργειακής μονάδος θα πρέπει να γίνει συστηματική έρευνα αγοράς, να συζητηθούν οι όροι εγγύησης και υποστήριξης από τον πωλητή και να ληφθεί υπόψη η συναλλαγματική ισοτιμία της δραχμής σε περιπτώσεις εισαγωγής του εξοπλισμού από το εξωτερικό. Για παράδειγμα, στον καθορισμό του κόστους

αγοράς μιας ανεμογεννήτριας μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε τα αποτελέσματα της προηγούμενης παραγράφου είτε τα δημοσιευμένα αποτελέσματα παλαιότερης έρευνας αγοράς(για μηχανές έως 250Kw), τα οποία περιγράφονται από μια αναλυτική σχέση που συνδέει την ανηγμένη τιμή μιας ανεμογεννήτριας "P" (σε Ecu/Kw) με την ονομαστική της ισχύ "N₀",δηλαδή:

$$Pr=a/b+N_0^x + c \quad (0 < N_0 < 500KW)$$

όπου $a=8.7 \times 10^5$, $b=6.21$, $x=2.05$ και "e" χρονική συνάρτηση που περιγράφει τη διαχρονική μεταβολή της ασυμπτωτικής τιμής ενός αιολικού kW. Πιο συγκεκριμένα ισχύει:

$$c(t)=c_0 \cdot (1 + 0.7 e^{-0.125t})$$

όπου $c_0=700$ Ecu/Kw, η αναμενόμενη τιμή του αιολικού kW μετά 20%30 έτη και "t" ο αριθμός των ετών μετά το 1990.

8.3 Σταθερός κόστος συντήρησης και λειτουργίας

Το σταθερό ετήσιο κόστος συντήρησης και λειτουργίας της εγκατάστασης εκφράζεται συνήθως σαν ένα ποσοστό "m%" του αρχικού επενδεδυμένου κεφαλαίου, αναπροσαρμοζόμενο κάθε χρόνο με το ρυθμό του ετήσιου πληθωρισμού "g_i"

Από διαθέσιμα στοιχεία της εγχώριας αγοράς (1993) δίνεται στο σχήμα 9.5 η μεταβολή του "m₀" (χωρίς το κόστος ασφάλισης) σαν συνάρτηση της ονομαστικής ισχύος για μεμονωμένες μηχανές. Επιπλέον από αντίστοιχες μελέτες σε αμερικανικά και ευρωπαϊκά αιολικά πάρκα καταγράφεται μια ετήσια μείωση του "m₀" κατά περίπου 0.1% λόγω της σταδιακής βελτίωσης της αξιοπιστίας των παραγόμενων μηχανών. Τέλος παρατηρείται μια επίσης αξιόλογη μείωση του σταθερού κόστους συντήρησης και λειτουργίας στην περίπτωση των αιολικών πάρκων. Η μείωση της τιμής του "m₀" για μεγάλα αιολικά πάρκα (περισσότερες από 100 μηχανές) πλησιάζει τα επίπεδα του 40% σε σχέση με αυτήν μιας μεμονωμένης μηχανής ίδιας ισχύος με αυτές που συνιστούν την αιολική εγκατάσταση.

Πίνακας 8.3

Κόστος Συντήρησης και Λειτουργίας Α.Π.

Συντελεστής	m_0'	m_0''	m_0	δ	m
Μέγιστη Τιμή	1.3%	1.0%	2.3%	1.8%	4.1%
Ελάχιστη Τιμή	0.3%	1.0%	1.3%	1.0%	2.3%
Μέση Τιμή	0.8%	1.0%	1.8%	1.4%	3.2%

Στην τιμή του " m_0 " του συντελεστή σταθερού κόστους συντήρησης και λειτουργίας δεν περιλαμβάνεται το κόστος " δ " πιθανής ασφάλισης της εγκατάστασης. Στην περίπτωση που συναφθεί συμφωνία ασφάλισης του προσωπικού, της εγκατάστασης αλλά και μιας ελάχιστης τιμής της ετήσιας ενεργειακής παραγωγής, ο συντελεστής κόστους ασφάλισης παίρνει τιμές της τάξης του 14%.

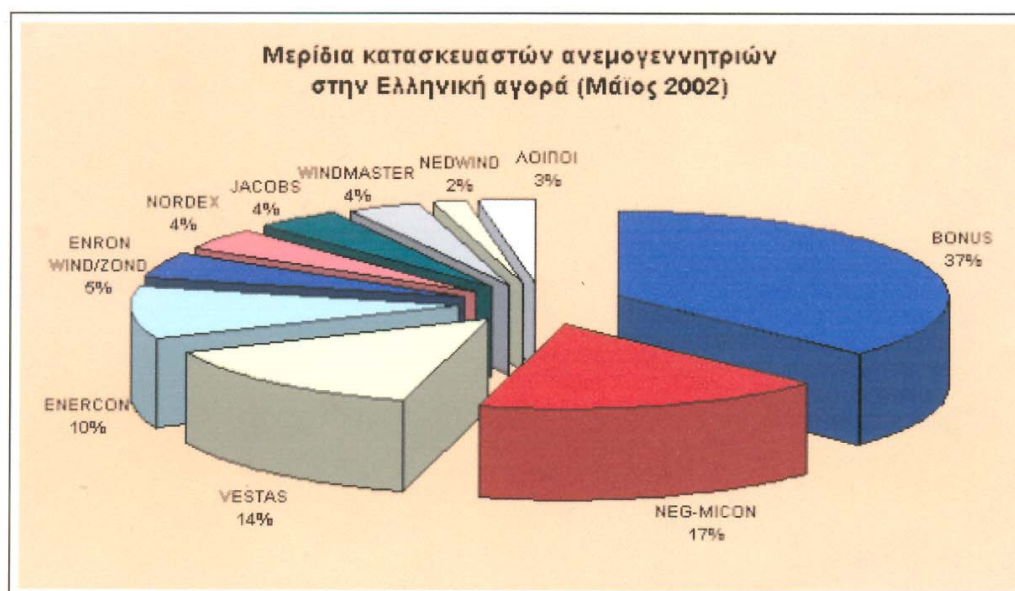
8.4 Μερίδια κατασκευαστών ανεμογεννητριών στην Ελληνική αγορά

ΜΕΡΙΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ

(ΜΑΪΟΣ 2002)

(ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ Ή ΣΕ ΑΝΑΜΟΝΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ)

A/A	ΟΝΟΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ (%)
1.	BONUS	109.8	36.9
2.	NEG-MICON	51.6	17.3
3.	VESTAS	42.5	14.3
4.	ENERCON	30.4	10.2
5.	ENRON WIND/ZOND	14.9	5.0
6.	NORDEX	12.6	4.2
7.	JACOBS	12.0	4.0
8.	WINDMASTER	11.0	3.7
9.	NEDWIND	5.0	1.7
10.	ΛΟΙΠΟΙ	8.0	2.7
	ΣΥΝΟΛΟ	297.8 MW	100



Κεφάλαιο 9°

9. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

9.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

1. Καταστρέφεται το έδαφος από διαμορφώσεις και διανοίξεις δρόμων.
2. Δημιουργούνται ηλεκτρομαγνητικά πεδία.
3. Δημιουργούνται πολλές φορές αλλαγή υπόγειας ροής υδάτων ή εξαφάνιση τους.
4. Προξενείται καταστροφή εδαφών, δασών και γενικότερα των βουνών από τα τσιμέντα που πέφτουν για να στερεωθούν οι πυλώνες. Κάθε ανεμογεννήτρια χρειάζεται 100τ.μ. τσιμέντο και σε βάθος τουλάχιστον 3 μέτρων και για κάθε πυλώνα χρειάζονται να πέσουν 500 περίπου κυβ. μέτρα μπετόν.
5. Προξενούνται ρωγμές εδαφών από τους κραδασμούς.
6. Καταστρέφεται η βλάστηση στο χώρο των ανεμογεννητριών, έτσι πλήττονται και οι κτηνοτρόφοι.
7. Πολλές φορές σκοτώνονται τα πουλιά από τους έλικες που περιστρέφονται.
8. Αρκετές φορές έχει συμβεί να σπάσουν ο έλικες, που ο καθένας τους ζυγίζει 1,5 τόνο και να εκσφεντονιστούν έως και 400 μέτρα μακριά.
9. Παρεμβάλλονται στις συχνότητες των τηλεοράσεων και γενικότερα των μέσων επικοινωνίας και δημιουργούν προβλήματα στις παρεμβολές ακόμη και σε απόσταση 10χλμ.
10. Το ύψος κάθε ανεμογεννήτριας είναι περίπου 200 πόδια, όσο μια 20 οροφή πολυκατοικία, και διακρίνεται από απόσταση 40 χιλιομέτρων.
11. Ο θόρυβος κάθε ανεμογεννήτριας είναι ισοδύναμος, με μιας «ντισκοτέκ» σε ένταση και είναι αντιληπτός κυρίως τις νύχτες. Υπάρχουν όμως υπέρηχοι, υπόηχοι και υπόγειοι θόρυβοι που δεν γίνονται αντιληπτοί, αλλά όμως βλάπτουν.
12. Επηρεάζουν ψυχολογικά τον άνθρωπο ακόμη και σε απόσταση 1,5 χιλιομέτρου.
13. Κάθε μια ανεμογεννήτρια παράγει μικρή ποσότητα ρεύματος και για το λόγο αυτό για να παραχθεί μία ποσότητα 650 MW πρέπει να καλυφθούν 500 τ. χιλιόμετρα εδάφους με ανεμογεννήτριες.
14. Ακόμη κι αν τοποθετηθούν 25.000 ανεμογεννήτριες οι ρύποι σε διοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του θείου θα παραμείνουν κατά 99,93%. Αντίθετα με την κατασκευή σταθμών παραγωγής ενέργειας από φυσικό αέριο, που δεν μολύνει, θα μπορούσαν οι ανεμογεννήτριες να μειωθούν κατά 80.000.

15. Η τιμή του ρεύματος, όπου χρησιμοποιήθηκαν ανεμογεννήτριες, όχι μόνο δεν μειώθηκε, αλλά αυξήθηκε από 140 έως 440% ο σε σχέση με τις τιμές συμβατικής ενέργειας.
16. Ενώ η τεχνολογία αυτή ήταν γνωστή από πολλά χρόνια, εν τούτοις χρησιμοποιήθηκε τα τελευταία χρόνια που άρχισαν να επιδοτούνται. Όπου σταμάτησαν οι επιδοτήσεις, έπαυσαν να τις συντηρούν. Αυτό συνέβη στη Σουηδία, Ολλανδία, Γερμανία, Νορβηγία και Καλιφόρνια Η.Π.Α.
17. Όπου τοποθετήθηκαν ανεμογεννήτριες, οι τιμές των ακινήτων των γύρω περιοχών έπεσαν κατακόρυφα και ο τουρισμός μειώθηκε. Από έρευνες στη Δανία διαπιστώθηκε ότι ο τουρισμός μειώθηκε κατά 40%, λόγω αυτού του προβλήματος.
18. Δεν προβλέπονται θέσεις εργασίας παρά μόνο ένας συντηρητής για κάθε σταθμό (για παρά πολλές ανεμογεννήτριες).

9.2 ΟΠΤΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Οι αισθητικές κρίσεις είναι υποκειμενικές και μπορεί να υπάρχουν τόσοι που θεωρούν την Ανεμογεννήτρια όμορφη, όσοι υπάρχουν που τη βρίσκουν άσχημη. Αυτό δεν είναι το θέμα: ένα αιολικό «πάρκο» είναι ένα βιομηχανικό τοπίο με τεράστιες διαστάσεις και μία ανεμογεννήτρια είναι ένα τεράστιο και θορυβώδες μηχάνημα - 80 μέτρα ψηλό ή και περισσότερο, όσο το ύψος ενός τριανταόροφου κτιρίου με γραφεία. Ένα τριανταόροφο κτίριο με έναν καθοδηγητικό αρχιτέκτονα μπορεί να γίνει πολύ όμορφο, αλλά θα ήταν απαράδεκτο σε ένα μικρό χωριό ή στην κορυφή των καταρρακτών στην περιφέρεια μιας λίμνης

9.3 ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ

Ο ενοχλητικός θόρυβος είναι αποτέλεσμα των ελίκων καθώς σχίζουν τον αέρα και η βιομηχανία ουσιαστικά δεν έχει επιτύχει να το ελέγξει αυτό. Όσο μεγαλύτερη είναι η ανεμογεννήτρια, τόσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του αέρα που κινεί τις έλικες και τόσο ψηλότερο είναι το επίπεδο του θορύβου. Ο θόρυβος είναι ένας διαπεραστικός, χαμηλής συχνότητας γδούπος κάθε φορά που η έλικα περνάει τον πύργο της ανεμογεννήτριας - που θυμίζει την αντήχηση ενός ελικοπτέρου από απόσταση.

9.4 ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ

Έχει παρατηρηθεί ότι οι ανεμογεννήτριες μπορούν να παρενοχλήσουν την τηλεοπτική λήψη. Επειδή δημιουργούν μια σκιά λήψης έως και 10 χιλιομέτρων, όταν βρίσκονται ανάμεσα σε ένα τηλεοπτικό πομπό και κτίρια με κεραιές τηλεόρασης με κατεύθυνση προς τον πομπό μέσω των αιολικών στροβίλων. Οι τηλεθεατές τέτοιων

περιοχών θα έχουν διασπορά στο σήμα τους, με αποτέλεσμα την απώλεια λεπτομέρειας, απώλεια χρώματος και βόμβου στον ήχο.

9.5 ΖΩΙΚΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ

Το ζωικό Βασίλειο υποφέρει επίσης εξ'αιτίας της τεχνολογίας. Τα πουλιά έχουν απομακρυνθεί από τους τόπους αναπαραγωγής, διαμονής και σίτισης. Αυτή η μετακίνηση παρατηρείται όλο και περισσότερο και στην ενδοχώρα. Οι ανεμογεννήτριες της Καλιφόρνια σκοτώνουν κατά μέσο όρο 200 - 300 γεράκια και 40- 60 χρυσαετούς ετησίως, ενώ έχει εκτιμηθεί ότι 7000 αποδημητικά πουλιά το χρόνο σκοτώνονται σε άλλες τοποθεσίες με αιολικούς στροβιλοκινητήρας της νότιας Καλιφόρνια

9.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Από την πλευρά της εθνικής οικονομίας, η ανάπτυξη της αιολικής Ενέργειας απέχει πολύ από το να είναι «η πετυχημένη ιστορία» όπως συχνά υποστηρίζεται. Αντιθέτως επιβαρύνει την οικονομία επειδή από τη μια πλευρά είναι ακόμα ανεπικερδής, με χαμηλή απόδοση Ενέργειας, και από την άλλη το κόστος επένδυσης είναι πολύ μεγάλο. Η τιμή πώλησης της κιλοβατώρας από την εταιρία παραγωγής στη ΔΕΗ θα είναι της τάξης των 22-25 δρχ./Kwh Θα πωλείτε δηλαδή από τις ιδιωτικές Εταιρίες προς τη ΔΕΗ ακριβότερα απ ότι η ΔΕΗ τη χρεώνει σήμερα στα νοικοκυριά μας!!

9.7 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

Ο άνεμος είναι μια ασυνεχής πηγή ενέργειας και το μόνο είδος παραγωγής ενέργειας που δεν μπορούμε να ελέγξουμε. Αν δεν υπάρχει άνεμος, δεν υπάρχει παραγωγή αν υπάρχει πολύς άνεμος οι ανεμογεννήτριες πρέπει να σταματήσουν να λειτουργούν.

Ο ηλεκτρισμός ο οποίος παράγεται από την Αιολική Ενέργεια δεν είναι συνεχής, επειδή εξαρτάται από μετεωρολογικές συνθήκες, αλλά η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι συνεχής και σταθερή. Γι αυτό το λόγο η Αιολική Ενέργεια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σημαντικό βαθμό σαν υποκατάστατο συμβατικών σταθμών παραγωγής Ενέργειας.

Η ικανότητα παραγωγής Ενέργειας από τον άνεμο είναι συγκριτικά χαμηλή. Οι ανεμογεννήτριες με επιφάνεια πτερύγων ίσων με το μέγεθος ενός γηπέδου ποδοσφαίρου παράγουν μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της Ενέργειας που παράγει ένας συμβατικός σταθμός. Έτσι με περισσότερες από 5000 ανεμογεννήτριες στη Γερμανία παράγεται λιγότερο από το 1% του απαιτούμενου ηλεκτρισμού !!

Ενώ στη μεγάλη Βρετανία , θα χρειαζόντουσαν 14,400 ανεμογεννήτρια για να παράγουμε 4.4 % του ηλεκτρικού ρεύματος και 32,700 για να παράγουμε το 10 %!!! Οι δείκτες μόλυνσης είναι παρόμοιοι για τον ίδιο λόγο. Η συνεισφορά της αιολικής Ενέργειας προς αποφυγήν του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι περίπου 1 έως 2 τοις χιλίοις. Στατιστικά η Αιολική Ενέργεια είναι απολύτως ασήμαντη όσον αφορά την συνεισφορά της στη συλλογική παραγωγή Ενέργειας και ως εκ τούτου στη μόλυνση του περιβάλλοντος και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

9.8 ΕΥΡΥΤΕΡΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΙΠΠΤΩΣΕΙΣ

Η ανέγερση Ανεμογεννητριών με ύψος 60 μέτρων προκάλεσε ρωγμές στο στρώμα βράχων ορεινής χέρσας έκτασης στην Ουαλία καθώς και την εκτροπή της φυσικής ροής των υδάτων. Επίσης, τα αυλάκια προς και ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες λειτούργησαν ως δεξαμενές και σχημάτισαν βαθιές λιμνούλες με δυσώδη νερά που δε μπορούν να εξατμιστούν ή να κυλήσουν. Η τρύπα που σκάβεται για τα θεμέλια μιας ανεμογεννήτριας έχει όγκο ανάλογο με μια πισίνα 25 μ. Το υλικό που εξάγεται πρέπει να τοποθετηθεί κάπου αλλού. Η τρύπα γεμίζεται με άμμο, μείγμα αδρανών και τσιμέντο τα οποία πρέπει να έρθουν από κάπου αλλού και να μεταφερθούν με μεγάλες νταλίκες. Πρέπει να κατασκευαστούν πολλά μίλια δρόμων και αυλακωμάτων καλωδίων σε ένα μεγάλο αιολικό «πάρκο». Αν η περιοχή έχει κάποια απόσταση από το σταθμό παροχής ενέργειας θα πρέπει να κατασκευαστούν πυλώνες και υπέργειες γραμμές μετάδοσης για να σχηματιστεί απαραίτητη σύνδεση μεταξύ τους. Απαιτούνται τεράστιες ποσότητες τσιμέντου για τα θεμέλια και τους δρόμους. Ωστόσο η βιομηχανία τσιμέντου είναι η μεγαλύτερη ανθρώπινη πηγή παραγωγής CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα) στον πλανήτη - περίπου 7% επί του παγκόσμιου συνόλου Πρόκειται για βιομηχανική εγκατάσταση και ως τέτοια προκαλεί υποβιβασμό του περιβάλλοντος στο οποίο τοποθετούνται οι ανεμογεννήτριες. Το αποτέλεσμα είναι η απώλεια του φυσικού περιβάλλοντος για τα άγρια είδη

9.9 ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ

Η κύρια αρνητική επίδραση που αναμένεται να έχει η κατασκευή αιολικών «πάρκων» στην οικονομία μιας περιοχής έχει να κάνει με τον τουρισμό. Μια έρευνα του Πανεπιστημίου στην Ολλανδία στα τέλη της δεκαετίας του 1980 βρήκε ότι η πλειοψηφία των ερωτηθέντων πίστευε ότι ένα τοπίο έχανε το ενδιαφέρον του όταν συσσωρεύονταν, έλικες σ' αυτό. Προφανώς, αν οι κατασκευαστές καταφέρουν να στήσουν χιλιάδες ανεμογεννήτριες, η αξία του καινούργιου θα χαθεί και όσοι επιζητούν την ηρεμία της υπαίθρου θα κινηθούν προς περιοχές που δεν έχουν υποβαθμιστεί από τις αιολικές εγκαταστάσεις. Υπάρχουν ανέκδοτα στοιχεία (γράμματα

των ντόπιων προς τον τύπο ότι ο αριθμός των επισκεπτών έχει μειωθεί κατά 40 % σε περιοχές της Δανίας όπου υπήρξαν αιολικές εγκαταστάσεις.

9.10 ΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αν τα αιολικά «πάρκα» απειλούν να μειώσουν τις θέσεις εργασίας στην τουριστική βιομηχανία, δημιουργούν λίγες έως καθόλου καινούργιες θέσεις αλλού. Ένα συνηθισμένο αιολικό «πάρκο» θα προσλάβει ένα μόνο υπάλληλο συντήρησης. Το μεγαλύτερο αιολικό «πάρκο» στην Ευρώπη έχει τρεις μόνιμους υπάλληλους?!! Το μόνο όφελος για μια περιοχή είναι το νοίκι για τη χρησιμοποίηση της γης για λίγους ιδιοκτήτες γης. Το όφελος αυτό μπορεί εύκολα να υπερνικηθεί από τη μείωση στους αριθμούς των τουριστών και των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Ό,τι κερδίζει ένας αγρότης μπορεί να το χάσει κάποιος άλλος, αυτός είναι ένας από τους λόγους της διάσπασης των κοινοτήτων σχετικά με το θέμα της αιολικής ενέργειας.

9.11 ΑΞΙΑ ΓΗΣ

Όσον αφορά το αντίκτυπο στην «αξία των σπιτιών» δεν υπάρχει αμφιβολία. Η Θέα από μια ιδιοκτησία έχει μεγάλη επίπτωση στην αξία της και αν στη θέα της υπάρχει κι μια ανεμογεννήτρια ή κάποια παρόμοια κατασκευή, η αξία της θα μειωνόταν σημαντικά. Οποιαδήποτε κατασκευή που μπορεί να θεωρηθεί σαν αυθαίρετη μέσα στην ύπαιθρο, όπως οι ηλεκτρικοί πυλώνες ή οι ανεμογεννήτριες θα έχουν επιζήμιες συνέπειες στην αξία της ιδιοκτησίας. Συνήθως, δεν επηρεάζει μόνο την αξία αλλά και την δυνατότητα πώλησης. Καθώς ανεβαίνουμε την κλίμακα της αξίας, οι αγοραστές γενικώς γίνονται πιο απαιτητικοί και η αξία μιας αγροτικής έκτασης μπορεί να μειωθεί μέχρι και 30% αν είναι κοντά η ανεμογεννήτρια. Τα σπίτια που βρίσκονται στο ακουστικό βεληνεκές είναι πιθανό να επηρεαστούν χειρότερα.

9.12 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η εφημερίδα Country Guardian υποστηρίζει ότι το να χασομερούμε με μια τεχνολογία όπως η αιολική, που είναι μη προβλέψιμη, ασυνεχή και εξαρτώμενη από μηχανές των οποίων η παραγωγή είναι γελοία, είναι μια επικίνδυνη τρέλα και μια «οικολογική» επικάλυψη των προβλημάτων που χρησιμοποιεί η κυβέρνηση για να αποφύγει τα προβλήματα. Είναι άσκοπο να αντιμετωπίσουμε τα προβλήματα που δημιουργούνται από την ασύδοτη κατανάλωση ενέργειας με τη δημιουργία άλλης μιας ρυπογόνου πηγής ενέργειας. Είναι απαράδεκτο να εκβιομηχανιστούν τα τελευταία εναπομείναντα φυσικά μας μέρη σε μια μάταιη πολιτική χειρονομία. Η άγρια φύση είναι ένας μη ανανεώσιμος πόρος απαραίτητος για την ψυχική υγεία ενός υπερκατοικημένου και στρεσαρισμένου κόσμου. Δεν πρέπει να θυσιαστεί για μια εμπαικτική και ευρέως πλαστή συνεισφορά στην καθαρή ενέργεια όταν υπάρ-

χουν πολύ πιο αποτελεσματικές και πιο οικονομικές στρατηγικές.» Όλα τα παραπάνω αλλά και πολλά περισσότερα (στη διάθεση κάθε ενδιαφερόμενου) στοιχεία μαρτυρούν και καταδεικνύουν περίτρανα το μέγεθος της Φυσικής και Οικονομικής καταστροφής που επέρχεται στο τόπο μας.

Εχετε υπ όψιν σας πως ο Σχεδιασμός των Εταιριών ΔΕΝ περιορίζεται σε ένα μικρό Αιολικό Πάρκο δίπλα στο Ελληνικό Μονεμβασίας . Αυτό θα είναι μονάχα η αρχή . Για να καταφέρουν να εξασφαλιστούν τις επιθυμητές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας θα χρειαστούν χιλιάδες τετραγωνικών μέτρων από το Ζάρακα μέχρι τη Νεάπολη . Όπως θα διαπιστώσατε κι εσείς προκειμένου να παραχθεί το 10% των ετησίων αναγκών της χώρας μας σε ηλεκτρική ενέργεια , θα χρειαστούν ξεκάθες χιλιάδες ανεμογεννήτριες ύψους 70 μέτρων και άνω, ενώ η τσιμεντένια βάση για τη κάθε μία χρειαστεί 65 m³(κυβικά) σκυρόδεμα !

Ένα δεύτερο στοιχείο είναι πως επελέγησαν ουσιαστικά δύο περιοχές της Ελλάδος για να αναλάβουν το βάρος της εκβιομηχάνισης της ελληνικής υπαίθρου, με το σκεπτικό ότι έχουν περισσότερο και «καλύτερο» άνεμο! Η Εύβοια και η Νότιο-Ανατολική Λακωνία !!

Κι ενώ στην Εύβοια το μέγεθος της καταστροφής είναι ορατό και δια γυμνού οφθαλμού (όλη η Νότια οροσειρά είναι «κατάφυτη») κι ακούγονται πλέον έντονα οι κραυγές αντίδρασης των κατοίκων, εμείς η Νότια Λακωνία, ο Δήμος Μονεμβασίας, το Ελληνικό ΚΡΑΤΑΜΕ «Φυλάγοντας Θερμοπύλες» την ίδια ώρα που το Ελληνικό Κράτος δίνει γη και ύδωρ στις Εταιρίες. Ήδη οι αιτήσεις των Εταιριών είναι εκατοντάδες (οι τελευταίοι αριθμοί μιλάνε για 2.180 Ανεμογεννήτριες μόνο στη Λακωνία!!) για εγκατάσταση και λειτουργία Πάρκων σε διάφορες περιοχές και χωριά όλων των Δήμων της ΝοτιοΑνατολικής Λακωνίας.

ΣΗΜΕΡΑ είναι το Ελληνικό, αύριο θα είναι τα Τάλαντα, οι Βελιές, η Αγγελώνα, η Μονεμβάσια, κανείς δε πρόκειται να σας ρωτήσει όπως κανείς δε ρώτησε ποτέ κι εμάς όπως κανείς δε ρώτησε τους κατοίκους της Εύβοιας !!

Ζούμε σ' ένα τόπο όπου κανένας φορέας, κανένας κρατικός Μηχανισμός ή κομματικός Μηχανισμός δεν έσκυψε και δεν έδωσε ποτέ λύση στα προβλήματά του.

Ζούμε σ' ένα τόπο όπου η μόνη πραγματική μορφή ανάπτυξης πέραν της Γεωργίας είναι η ήπια μορφή τουρισμού και Αγροτουρισμού.

Ζούμε σ' ένα τόπο όπου αντί να μας στηρίξουν, το Κράτος , οι Κυβερνήσεις, τα Υπουργεία, αντί να μας δώσουν κίνητρα, να μας συντρέξουν που παραμείναμε Ακρίτες στην άγονη τούτη γη της Λακωνικής σε πείσμα της Αστυφιλίας και της Βιομηχανικής λογικής των Πόλεων, έρχονται σήμερα να μας θυμηθούν για να αρπάξουν ότι απέμεινε από το φυσικό μας πλούτο και την πολιτιστική μας κληρονομιά.

Ερχονται με σκοπό να μετατρέψουν τα χωριά μας σε ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΖΩ-
ΝΕΣ παραγωγής ρεύματος για την Όλη την Υπόλοιπη Ελλάδα !!

Αγαπητοί Συμπολίτες

ΑΝΤΙΣΤΑΘΕΙΤΕ

**Σε όλους εκείνους που έρχονται Σήμερα σαν ΚΑΤΑΚΤΗΤΕΣ , που θυμούνται
τα μέρη μας μόνο για το δικό τους καλό και για το συμφέρον της δικής
τους τσέπης**

ΑΝΤΙΣΤΑΘΕΙΤΕ

**Σε όλους εκείνους που νόμισαν πως μπορούν να μετατρέψουν τα δάση και
τα Βουνά μας σε ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ ΓΙΓΑΝΤΕΣ**

ΑΝΤΙΣΤΑΘΕΙΤΕ

**Σε όλους εκείνους που νόμισαν πως μπορούν να προδικάσουν το μέλλον
το δικό μας και των Παιδιών μας**

10.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

10 Συμπεράσματα

10.1 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω,πρέπει να υπογραμμίσουμε τα εξής:

1. η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας,εξασφαλίζει άφθονη και φθηνή ενέργεια για τους κατοίκους των περιοχών, απαραίτητη εισροή για την οικονομική και κοινωνική τους ευημερία.
2. οι οικονομικές αποδόσεις,τυχόν,ιδιωτικών επενδύσεων είναι ιδιαίτερα ελκυστικές, τουλάχιστον για τον τομέα της αιολικής ενέργειας.
3. το κόστος λειτουργίας των τοπικών δικτύων της ΔΕΗ θα μειωθεί σημαντικά, ενώ η ίδια η ΔΕΗ θα απαλλαγεί, σε σημαντικό βαθμό, από την ευθύνη αποκλειστικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και νέων επενδύσεων για την ίδρυση θερμικής βάσης σταθμών παραγωγής.
4. η λειτουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τις ήπιες μορφές ενέργειας, θα περιορίσει σημαντικά τα περιβαλλοντικά προβλήματα των περιοχών και θα προσφέρει σημαντικά κοινωνικά οφέλη, μέσα από το μηχανισμό ποσοτικοποίησης του εξωτερικού κόστους παραγωγής ενέργειας.
5. η μείωση των εισαγωγών πετρελαίου, αλλά και η ενίσχυση των τοπικών οικονομιών με επαναδραστηριοποίηση των εγκατελημένων παραγωγικών τους δραστηριοτήτων, θα ενισχύσει τη θέση της χώρας μας και θα αποδώσει άμεσα εθνικά οφέλη.
6. η μη προσβολή του περιβάλλοντος από ρύπους, απόβλητα και άλλα ζημιόγωνα, για το περιβάλλον παράγωγα, έχει ως αποτέλεσμα την τεράστια οικολογική προστασία αυτού.

Παρόλα αυτά τα προφανή οφέλη,η ισχύουσα κατάσταση διαγράφεται τελείως αρνητική. Το ερώτημα, συνεπώς, που τίθεται είναι εάν υπάρχουν κάποιες δραστικές προτάσεις,ώστε να υπερνικηθεί τόσο η ατολμία των ντόπιων επενδυτών,όσο και η αδράνεια του δημόσιου τομέα.

10.2 Προτάσεις αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας

Από τα προαναφερθέντα στοιχεία προκύπτει ότι, η επίλυση του προβλήματος παραγωγής άφθονης και φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομική επιβίωση και ανάπτυξη της χώρας μας. Στα πλαίσια αυτά,η διευκόλυνση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ θα πρέπει να αποτελέσει πρώτη προτεραιότητα της Πολιτείας, η οποία κρίνεται σκόπιμο να προβεί σε ένα ολοκληρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό των τοπικών δικτύων, περιλαμβάνοντας σε

αυτό εκτός της αξιοποίησης της αιολικής και ηλιακής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή και τη χρησιμοποίηση της βιομάζας, της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας και της ηλιακής ενέργειας για κάλυψη των αντίστοιχων θερμικών φορτίων.

Παράλληλα, η ΔΕΗ θα πρέπει να στραφεί αποτελεσματικά στην κατακόρυφη αύξηση της τεχνικής διαθεσιμότητας των αιολικών της μηχανών, ώστε να πλησιάσει τα διεθνή πρότυπα, αποσύροντας ταυτόχρονα και τυχόν παλαιές μηχανές από τα δίκτυα, ώστε να απελευθερωθούν επιπλέον θέσεις για ίδρυση νέων αιολικών πάρκων, με σύγχρονες και περισσότερο αποδοτικές μηχανές. Επιπλέον, η Πολιτεία κρίνεται αναγκαίο να διερευνήσει τις δυνατότητες της ΔΕΗ για επέκταση των αιολικών της σταθμών, δεδομένης της απογοητευτικής, μέχρι σήμερα, πορείας των εγκατεστημένων αιολικών μηχανών, αν και η ΔΕΗ διέθετε, μέχρι πρότινος, το μονοπώλιο στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την ενίσχυση, τέλος, του εθνικού αιολικού προγράμματος και τη δραστηριοποίηση των ιδιωτικών επενδυτών, είναι αρχικά απαραίτητο να εκκαθαριστεί ο κατάλογος των υποψήφιων για ίδρυση ανεξάρτητων αιολικών πάρκων του Υπουργείου Ανάπτυξης, από τυχόν αδρανείς και μη ενδιαφερόμενους ουσιαστικά επενδυτές, ενεργοποιώντας το νομικό περιορισμό της διευτούς ισχύος των παρεχόμενων αδειών. Παράλληλα, θα πρέπει να επιταχυνθεί η διαδικασία απορρόφησης των παρεχόμενων επιδοτήσεων για τη δημιουργία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, επιβάλλοντας ορισμένα περιοριστικά μέτρα στο χρονικό διάστημα απορρόφησης των παρεχόμενων πιστώσεων. Για την περαιτέρω ενίσχυση της προσπάθειας αυτής θα πρέπει να διευκολυνθεί ουσιαστικά η διαδικασία έκδοσης των αδειών ίδρυσης και λειτουργίας ηλεκτροπαραγωγών σταθμών από ΑΠΕ. Τέλος, η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας κρίνεται επιτακτικώς να αναπροσαρμοστεί σε ρεαλιστικά επίπεδα. Η νέα προσφερόμενη τιμή πρέπει να λαμβάνει υπόψη της το πραγματικό κόστος λειτουργίας των μικρών τοπικών ΑΣΠ και όχι το μέσο οριακό κόστος της επιχείρησης, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να ποσοτικοποιηθεί και να συνυπολογιστεί στην τελική τιμή της ενέργειας και το εξωτερικό ή κοινωνικό κόστος χρήσης ενέργειας, που επιβαρύνει το σύνολο των κατοίκων της χώρας.

Στην αντίθετη περίπτωση, ο δείκτης ενεργειακής αυτάρκειας της χώρας μας θα παραμείνει στα χαμηλά επίπεδα του 25%, η ΔΕΗ θα συνεχίσει να σπαταλά το λιγοστό ενχώριο λιγνίτη επιβαρύνοντας ταυτόχρονα το περιβάλλον και η οικονομία θα εξαρτάται πλήρως από τις διακυμάνσεις του πετρελαίου και του φυσικού αερίου στη διεθνή αγορά, ενώ η ροή ενέργειας προς τη χώρα μας θα ελέγχεται από πλήθος ξένων χωρών εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι συνεπώς χρονικά επιτακτικό η Ελληνική Κοινωνία να επιλέξει σήμερα τον τρόπο που θα καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες για το άμεσο μέλλον και είναι απολύτως απαραίτητο να υποστηρίξει στη συνέχεια, με συνέπεια και επιμονή, την επιλογή της αυτή.

10.3 Αναφορά στο μέλλον των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ανεμογεννήτριες

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1970, μετά από τις διαδοχικές ενεργειακές κρίσεις που προκάλεσαν οι διαρκείς ανατιμήσεις του πετρελαίου στη διεθνή αγορά. Έκτοτε η τεχνολογία των ανεμογεννητριών παρουσίασε εντυπωσιακή εξέλιξη, ενώ η αξιοπιστία και η απόδοση τους εμφάνισε σημαντική βελτίωση.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις, αναμένεται ο διπλασιασμός της παγκόσμιας αιολικής ισχύος την επόμενη δεκαετία.

Όπως παρατηρούμε, ο ρυθμός διείσδυσης των ανεμογεννητριών στην ενεργειακή αγορά αναμένεται να είναι διαρκώς αυξανόμενος, με στόχο το 2005 η εγκατεστημένη αιολική ισχύς να είναι μεταξύ των 10000 MW και των 20000 MW. Για να επιτευχθούν οι αυξημένοι ρυθμοί διείσδυσης των αιολικών μηχανών στη διεθνή ενεργειακή αγορά, θα πρέπει η τιμή αγοράς μιας αιολικής μηχανής να μην υπερβαίνει τα 500 €, πράγμα το οποίο έχει συμβεί μέχρι κάποιο σημείο.

Στην παγκόσμια αύξηση των εγκατεστημένων αιολικών μηχανών, καθοριστική αναμένεται η συνεισφορά των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για παράδειγμα, το 1994 η συνολική εγκατεστημένη αιολική ισχύς έφθασε τα 1600 MW, ενώ το 1996 και το 1998 είχαμε αντίστοιχα 3400 MW και 4400 MW. Τέλος, το 2000 είχαμε εγκατάσταση 6000 MW. Βασιζόμενοι στα μακρόπνοα ευρωπαϊκά σχέδια εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, με εκτιμώμενη μέση ετήσια αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος από 25% έως 30%, αναμένεται, σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η λειτουργία μέχρι το 2030 αιολικών εγκαταστάσεων ονομαστικής ισχύος 100000 MW.

Η αύξηση αυτής της ισχύος οφείλεται στο γεγονός ότι οι ανεμογεννήτριες κατασκευάζονται με όλο και μεγαλύτερες ονομαστικές ισχύς. Με βάση το παραπάνω, στα επόμενα χρόνια αναμένεται στροφή προς μεγαλύτερα μεγέθη ανεμογεννητριών. Βέβαια, η συνεχής τάση για αύξηση του μεγέθους μιας ανεμογεννήτριας δεν είναι μονόδρομος. Στην πραγματικότητα, το βέλτιστο μέγεθος μιας ανεμογεννήτριας προκύπτει ως συνδυασμός πολλών παραμέτρων. Η γενικότερη προσέγγιση λαμβάνει υπόψιν της ότι η αιολική ενέργεια που δεσμεύει και τελικά αξιοποιεί μια ανεμογεννήτρια, είναι ανάλογη του τετραγώνου της διαμέτρου της πτερωτής της, αλλά και το βάρος της συνολικής κατασκευής μεταβάλλεται με ρυθμό που πλησιάζει τον κύβο της διαμέτρου της πτερωτής. Σαν τελικό συμπέρασμα προκύπτει ότι, ναί μεν η μελλοντική τάση οδηγεί σε ανεμογεννήτριες μεγάλου μεγέθους (300 KW, 500 KW, 1 MW), όμως η αύξηση του μεγέθους των μηχανών έχει κάποιο όριο,

που το καθορίζουν η αξιοπιστία, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας, καθώς και ο χρόνος ζωής της εγκατάστασης. Στο σημείο αυτό πρέπει να προσθέσουμε ότι, αν και δεν υπάρχουν σήμερα αρκετές ανεμογεννήτριες με χρόνο ζωής που να πλησιάζει τα είκοσι χρόνια λειτουργίας, εντούτοις, οι εκτιμήσεις δίνουν, τουλάχιστον για τις σημερινές μηχανές, χρόνο ζωής που πλησιάζει τα τριάντα χρόνια.

- Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε καλύτερα τις μελλοντικές τάσεις της σημερινής αιολικής αγοράς, είναι σημαντικό να λάβουμε υπόψιν μας ότι, για τις εμπορικές τουλάχιστον ανεμογεννήτριες, η ανάπτυξη που επιτεύχθηκε τα τελευταία χρόνια και αναμένεται να συνεχιστεί και στα επόμενα χρόνια συμπεριλαμβάνει:
- Συνεχή αύξηση της ονομαστικής ισχύος των ανεμοκινητήρων, για παράδειγμα από 50 KW το 1980 σε 500 KW το 2000.
- Αύξηση της διαθεσιμότητας των εμπορικών μονάδων, η οποία σχεδόν πάντοτε ξεπερνά το 90%, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις ξεπερνά και το 95%, με στόχο το 98% ή και το 99% τα επόμενα χρόνια.
- Η στάθμη του παραγόμενου θορύβου έχει μειωθεί σημαντικά, λόγω της βελτιωμένης αεροδυναμικής σχεδίασης των πτερυγίων της μηχανής (μείωση του αεροδυναμικού θορύβου), αλλά και των άλλων στοιχείων της ανεμογεννήτριας, όπως για παράδειγμα τη νυχτερινή λειτουργία.
- Το κόστος κατασκευής των μηχανών μειώνεται συνεχώς (1200 E/KW το 1980, 900 E/KW το 1990, 700 E/KW το 2000).
- Ο μέσος συντελεστής ισχύος των αιολικών εγκαταστάσεων αυξήθηκε σημαντικά τα τελευταία χρόνια, υπάρχουν δε και περιπτώσεις που υπερβαίνει το 0,5, ενώ υπάρχουν δυνατότητες να αυξηθεί ακόμα περισσότερο, όταν γίνει πλήρως κατανοητή η σημασία της σωστής αλληλεπίδρασης ανεμογεννήτριας και διαθέσιμου αιολικού δυναμικού.
- Η χρήση γης έχει μειωθεί αρκετά, λόγω της χρήσεως μεγαλύτερων μηχανών (5 έως 15 εκτάρια ανά MW).
- Η ανθρωπότητα αρχίζει να αντιλαμβάνεται τη σημασία της αιολικής ενέργειας, δεδομένου ότι σήμερα στην Ευρώπη η αιολική ενέργεια αντικαθιστά την παραγωγή ενέργειας από συμβατικούς σταθμούς ονομαστικής ισχύος 1000 MW, με την αναμενόμενη θετική συνεισφορά στο περιβάλλον, όπως για παράδειγμα μείωση διοξειδίου του άνθρακα κατά περίπου 1 Kg/kWh, και την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων.
- Δημιουργήθηκαν και θα δημιουργηθούν μερικές χιλιάδες θέσεις εργασίας, σε μια Ευρώπη που ρημάζεται από την ανεργία, δεδομένου ότι ο κατασκευαστικός κλάδος των ανεμογεννητριών παρουσίασε γραμμική αύξηση την περίοδο 1980-95, ενώ αναμένεται να παρουσιάσει παραβολική αύξηση την περίοδο 1995-

2030, εφόσον υλοποιηθούν τα φιλόδοξα προγράμματα των επιμέρους κρατών στην περιοχή της αιολικής ενέργειας.

- Ο αριθμός των κατασκευαστών διεθνώς έχει περιοριστεί στο 15% του αρχικού αριθμού, λόγω του σκληρού ανταγωνισμού. Αυτό έχει ως θετική συνέπεια την επιβίωση των ισχυρότερων εταιρειών που διαθέτουν ορθολογική διοίκηση και την απαραίτητη οικονομική επιφάνεια και τεχνολογία, για να παράγουν αξιόπιστα και καλής ποιότητας προϊόντα. Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί και το έντονο ενδιαφέρον χρηματοπιστωτικών οργανισμών και ιδρυμάτων να χρηματοδοτήσουν το συγκεκριμένο κατασκευαστικό τομέα.
- Η ποιότητα των παραγόμενων εξαρτημάτων είναι ιδιαίτερα βελτιωμένη και ασφαλής, δεδομένου ότι ήδη καθιερώθηκαν και εφαρμόζονται κανονισμοί ασφαλείας στον τομέα της αιολικής βιομηχανίας. Βέβαια, η πλήρης διεθνής εναρμόνιση δεν έχει επιτευχθεί μέχρι σήμερα, όμως στα επόμενα δέκα χρόνια το άνοιγμα της διεθνούς αγοράς θα συντελέσει, ώστε το πρόβλημα αυτό να διευθετηθεί πλήρως.
- Το πολιτικό κλίμα είναι ιδιαίτερα ευνοϊκό για τις εφαρμογές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα λόγω της όξυνσης των περιβαλλοντικών προγραμμάτων, καθώς και των μείζονος σημασίας ενεργειακών ατυχημάτων, όπως για παράδειγμα της πυρηνικής μονάδας του Τσερνομπίλ. Έτσι, οι καθαρές μορφές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, τυγχάνουν όχι μόνον της αποδοχής, αλλά και της συμπάθειας των πολιτών και κατά συνέπεια και των κυβερνήσεων τους.
- Το θεσμικό πλαίσιο στις περισσότερες χώρες έχει βελτιωθεί σημαντικά, με στόχο την υποστήριξη των εφαρμογών της αιολικής ενέργειας.

Τέλος, εκτός από την περίπτωση λειτουργίας αιολικών μηχανών συνδεδεμένων με τα εθνικά ηλεκτρικά δίκτυα, απεριόριστη εμφανίζεται η δυνατότητα χρήσης των ανεμογεννητριών για την κάλυψη των αναγκών απομονωμένων καταναλωτών, καθώς και μικρών (νησιωτικών ως επί το πλείστον) ηλεκτρικών δικτύων, όπου το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολλαπλάσιο εκείνου των μεγάλων δικτύων. Επίσης, οι χώρες του τρίτου κόσμου αποτελούν «εν δυνάμει» ένα τεράστιο πεδίο εξάπλωσης της αιολικής ενέργειας (Ινδία, Κίνα), με ταυτόχρονη προσπάθεια του περιβαλλοντος τους από τις εχθρικές προς αυτό πηγές ενέργειας.

Λαμβάνοντας υπόψιν όλους τους ανωτέρους παράγοντες, περιμένουμε στα επόμενα χρόνια μια έκρηξη στην εξάπλωση των ανεμοκινητήρων, τόσο στην Ευρώπη όσο και στις αγορές των χωρών της Άπω Ανατολής. Για τον ευρωπαϊκό χώρο αναμένεται ότι τα εθνικά και κοινοτικά προγράμματα θα παίξουν κυρίαρχο ρόλο στην ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας. Παράλληλα, αναμένεται η εναρμόνιση των τεχνικών και περιβαλλοντικών προδιαγραφών στον τομέα των αιολικών εφαρ-

μογών, με τελικό στόχο την καθιέρωση ευρωπαϊκών κανονισμών ασφαλείας και καλής λειτουργίας.

Συνοψίζοντας, πρέπει να αναφέρουμε ότι η ευαισθησία της ανθρωπότητας σε θέματα περιβάλλοντος και εξοικονόμησης συμβατικών καυσίμων, έχει ενθαρρύνει τις περισσότερες ευρωπαϊκές κυβερνήσεις, αλλά και αυτές του υπόλοιπου πλανήτη στο να καταστρώσουν φιλόδοξα αιολικά προγράμματα, τα οποία χρηματοδοτούνται και από διεθνείς οργανισμούς, όπως για παράδειγμα η Ευρωπαϊκή Ένωση. Το αποτέλεσμα αναμένεται εντυπωσιακό, δεδομένου ότι μέχρι το 2030 οι ευρωπαϊκές χώρες σχεδιάζουν να καλύπτουν το 10% των αναγκών τους σε ηλεκτρική ενέργεια από την αξιοποίηση του ανέμου. Η τάση αυτή πρέπει να συνδυασθεί με την μείωση των τιμών των αιολικών μηχανών στη διεθνή αγορά, λόγω του έντονου ανταγωνισμού στην αιολική κατασκευαστική βιομηχανία, γεγονός που θα επιτρέψει στις ισχυρότερες εταιρείες να επικρατήσουν και με τη βοήθεια των άφθονων χρηματοδοτήσεων, που παρέχονται σήμερα στον κλάδο από τα μεγάλα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, να συνεχίσουν να παράγουν προϊόντα αξιόπιστα, βελτιωμένης ποιότητας και υψηλής απόδοσης.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί επίσης, ότι η χρήση ανεπτυγμένης αεροδυναμικής τεχνολογίας σε συνδυασμό και με τη σωστή αξιολόγηση του διαθέσιμου αιολικού δυναμικού υποψήφιων περιοχών, θα αποδώσει σταθμούς παραγωγής με μέσο ετήσιο συντελεστή ισχύος που να υπερβαίνει το 0,5 (μέση συνεχής παραγωγή ίση με 50% της ονομαστικής ισχύος). Παράλληλα, η χρήση μη γραμμικών αριθμητικών μοντέλων σε σύγχρονους υπερυπολογιστές, θα βοηθήσει αφενός στον άριστο σχεδιασμό αιολικών πάρκων και αφετέρου στην επίλυση των προβλημάτων συνεργασίας ηλεκτρικού δικτύου και ανεμογεννητριών. Τέλος, η καθιέρωση του κατάλληλου θεσμικού πλαισίου και η υιοθέτηση μηχανών μεγάλου μεγέθους θα οδηγήσουν σε καλύτερη αξιοποίηση της γης και στην παραγωγή φθηνότερης ενέργειας, πράγμα που θα κάνει ακόμα πιο ελκυστικές τις επενδύσεις στην περιοχή της αιολικής ενέργειας.

Συμπερασματικά, θα πρέπει να τονιστεί ότι η αναμενόμενη εντυπωσιακή ανάπτυξη των αιολικών συστημάτων θα οδηγήσει σύντομα σε νέα δεδομένα τη διεθνή ενεργειακή αγορά, αποκαθιστώντας την εμπιστοσύνη του σύγχρονου ανθρώπου στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, απαλλάσσοντας από την αγωνία για τη μακροχρόνια εξεύρεση ενεργειακών αποθεμάτων και τον φόβο μπροστά στη συνεχιζόμενη υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Συμπέρασμα των όλων παραπάνω, είναι πως οι ανεμογεννήτριες αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της σύγχρονης εποχής. Είναι το θέμα που απασχολεί και θα συνεχίσει να απασχολεί τους επιστήμονες, μελετητές και απλούς πολίτες του 21^{ου} αιώνα. Σήμερα η κατασκευή και η εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε ορισμένες πόλεις και χωριά της Ελλάδας φέρνουν ποικίλες αντιδράσεις από τους κατοίκους τους που έχουν σαν σκοπό να μετατρέψουν τις πόλεις και τα χωριά σε βιομηχανικές ζώνες παραγωγής ρεύματος για όλη την υπόλοιπη Ελλάδα με την καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος από διάφορες εταιρείες που έχουν σαν στόχο το συμφέρον της δικής τους τσέπης. Για παράδειγμα στην Εύβοια το μέγεθος της καταστροφής είναι ορατό και δια γυμνού οφθαλμού (όλη η νότια οροσειρά είναι «κατάφυτη») κι ακούγονται πλέον έντονα οι κραυγές αντίδρασης των κατοίκων. Για το λόγο αυτό το Κράτος, οι κυβερνήσεις, τα υπουργεία θα πρέπει να παίρνουν σοβαρές αποφάσεις και να αναλαμβάνουν τις ευθύνες τους όσον αφορά την τοποθεσία εγκατάστασης ανεμογεννητριών σε ορισμένες πόλεις και χωριά της Ελλάδας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Εισαγωγή

Το είδος των ανεμογεννητριών που χρησιμοποιήθηκαν, είναι αυτό του οριζοντίου άξονα. Πιο κάτω θα περιγράψουμε τα βασικά μέρη μιας τυπικής αιολικής μηχανής οριζοντίου άξονα, δίνοντας έμφαση στην περιγραφή μιας, όσον το δυνατόν, πιο διαδεδομένης και αντιπροσωπευτικής μηχανής στην παγκόσμια αγορά της αιολικής ενέργειας.

Τα βασικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα, είναι ο πύργος στηρίξεως, η πτερωτή, ο άξονας περιστροφής, το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας, η ηλεκτρική γεννήτρια καθώς και το σύστημα προσανατολισμού της μηχανής. Η πτερωτή της ανεμογεννήτριας αποτελείται από πτερύγια, των οποίων το σχήμα έχει προέλθει από αντίστοιχα πτερύγια αεροπορικών κινητήρων, όπως για παράδειγμα αεροτομές τύπου NACA, και τα οποία είναι κατασκευασμένα από ελαφρά κράματα μετάλλων, ενισχυμένο πολυεστέρα, αλλά και από ξύλο σε συνδυασμό με ειδικές ρυτίνες. Μια τυπική μέθοδος κατασκευής πτερυγίων ανεμογεννήτριας βασίζεται στη συνδυασμένη χρήση χάλυβα και πλαστικού, όπου το κεντρικό χαλύβδινο τμήμα απορροφά τα καμπικά και στρεπτικά φορτία, ενώ χρησιμοποιούνται πλαστικά κελύφη, τα οποία προσδίδουν την επιθυμητή αεροδυναμική μορφή στα πτερύγια.

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

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

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

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

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

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

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

Ένα από τα σπουδαιότερα μέρη της ανεμογεννήτριας είναι το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο περιλαμβάνει διβάθμιο ή τριβάθμιο κιβώτιο μετασχηματισμού της χαμηλής ταχύτητας περιστροφής της πτερωτής (συνήθως 20 έως 110 rpm) σε υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής (άνω των 1000 rpm), στις οποίες λειτουργούν συνήθως οι ηλεκτρικές γεννήτριες. Ο τυπικός βαθμός απόδοσης είναι περίπου 96%, ενώ για λόγους ασφαλείας, η μέγιστη μεταφερόμενη ισχύς πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια της ονομαστικής ισχύος της ανεμογεννήτριας.

Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει ακόμα, υδραυλικό ή μηχανικό φρένο και ελαστικούς συνδέσμους απορρόφησης στρεπτικών ταλαντώσεων. Το μηχανικό φρένο της ανεμογεννήτριας τοποθετείται είτε στον άξονα υψηλής ταχύτητας περιστροφής, οπότε απαιτείται μικρή σχετικά δύναμης πέδησης, αλλά δεν προστατεύεται η πτερωτή από απώλεια φορτίου ή θραύση του συστήματος μετάδοσης κίνησης, είτε στον άξονα χαμηλής ταχύτητας περιστροφής. Στην τελευταία περίπτωση, λόγω της μεγάλης ροπής πέδησης, απαιτείται φρένο αυξημένων διαστάσεων, βάρους και κόστους. Στην περίπτωση, όμως, αυτής προστατεύεται καλύτερα η πτερωτή και το κιβώτιο μετάδοσης, γι' αυτό και αποτελεί τη βέλτιστη τεχνικά λύση. Τέλος, για λόγους πρόσθετης ασφάλειας, απαιτείται η αυτόματη ενεργοποίηση του φρένου με τη βοήθεια ενός ελατηρίου, στην περίπτωση πτώσης της υδραυλικής πίεσης ή της ηλεκτρικής τάσης για την περίπτωση ηλεκτρομαγνητικού συστήματος πέδησης.

Για την προστασία των τμημάτων της ανεμογεννήτριας από τις καιρικές συνθήκες, χρησιμοποιείται ειδικό κέλυφος από συνθετικό υλικό, για παράδειγμα ειδικά κράματα χάλυβα ή αλουμινίου, που στην περιοχή της πλήμνης πρέπει να έχει και αεροδυναμική μορφή. Επιπλέον, το κέλυφος της ανεμογεννήτριας πρέπει να έχει αντιδιαβρωτική προστασία.

Ο πύργος στήριξης της ανεμογεννήτριας αποτελείται, συνήθως, είτε από ένα μεταλλικό δικτύωμα, είτε από μια στήλη από μπετόν ή μεταλλικό σωλήνα για μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες. Στην τελευταία περίπτωση, υπάρχει ειδική μέριμνα για εσωτερική σκάλα, ενώ για ανεμογεννήτριες μεγάλων διαστάσεων υπάρχει πρόσθετη μέριμνα για εγκατάσταση ανελκυστήρα. Το ελάχιστο ύψος του πύργου στήριξης είναι, συνήθως, ίσο με τη διάμετρο της πτερωτής, ενώ κατά την εκλογή του πρέπει να ληφθούν υπόψιν τόσο το αυξημένο κόστος κατασκευής και θεμελίωσης για μεγαλύτερα ύψη, όσο και η δυνατότητα αξιοποίησης υψηλότερων ταχυτήτων του ανέμου, με την αύξηση του ύψους τοποθέτησης της πτερωτής.

Ολοκληρώνοντας την σύντομη περιγραφή των βασικών τμημάτων μιας ανεμογεννήτριας, πρέπει να αναφέρουμε και την ύπαρξη των ηλεκτρικών γεννητριών, που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική, καθώς και των συστημάτων αυτοματισμού. Εν συντομία αναφέρουμε ότι, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται, κυρίως, σύγχρονες και ασύγχρονες γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος και σπανιότερα, ηλεκτρικές γεννήτριες συνεχούς ρεύματος. Περιλαμβάνει δυο τριφασικά τυλίγματα, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη δυο τριπολικών καλωδίων στην έξοδο της, τα οποία εισέρχονται στη μία από τις δύο καμπίνες ισχύος στη βάση του πύργου. Τα τελευταία αυτά στοιχεία έχουν αναπτυχθεί σε προηγούμενες παραγράφους.

Επίσης αποτελούνται και από δύο καμπίνες εξοπλισμού της ισχύος. Η μία από της δύο καμπίνες περιλαμβάνει την απαραίτητη μονάδα ανορθωτή (AC/DC). Στη μονάδα αυτή καταλήγουν τα καλώδια από τα τυλίγματα της μηχανής, τα οποία μεταφέρουν το εναλλασσόμενο ρεύμα το οποίο έχει παραχθεί εσωτερικά στη μηχανή. Η καμπίνα αυτή περιλαμβάνει ασφάλεια (550A) σε καθένα από αυτά τα καλώδια και τη μονάδα των ανορθωτών (2 X 300KW). Επίσης, υπάρχει και η μονάδα ελέγχου του ανορθωτή με το απαραίτητο μικροπολογιστικό σύστημα και η οποία επικοινωνεί με την καμπίνα ελέγχου.

Η δεύτερη από τις καμπίνες ισχύος περιλαμβάνει την μονάδα παραγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος από συνεχές (DC/AC). Στη μονάδα αυτή καταλήγουν τα καλώδια από την προηγούμενη, αφού μεσολαβήσουν ασφάλειες (630A). Στη συνέχεια, συνδέονται με το σύστημα των μετατροπών από συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο. Στην έξοδο είναι εγκαταστημένα φίλτρα για την αποκοπή των αρμονικών και την παραγωγή «καθαρού» εναλλασσόμενου ρεύματος. Όπως και στην προηγούμενη καμπίνα έτσι και εδώ, υπάρχει η απαραίτητη μονάδα ελέγχου με μικροπολογιστή για τον έλεγχο του μετατροπέα η οποία συνδέεται με την κεντρική καμπίνα ελέγχου.

Οι καμπίνες ελέγχου περιλαμβάνουν ηλεκτρολογικούς και μηχανολογικούς εξοπλισμούς, για τον έλεγχο των πτερυγίων (αισθητήριο μέτρησης ανέμου, τρεις σερβοκινητήρες για έλεγχο - pitch control - τέσσερις σερβοκινητήρες για έλεγχο - yaw control-μονάδα blade control, επαφές αυτοσυγκράτησης, ρελέ, μικροπολογιστικά συστήματα), μια κεντρική μονάδα ελέγχου των μετατροπών AC/DC,DC/AC, η οποία επικοινωνεί με τα επιμέρους συστήματα ελέγχου σε κάθε καμπίνα ισχύος όπου βρίσκεται ο αντίστοιχος μετατροπέας, μια τριφασική μετρητική διάταξη ενέργειας. Ακόμα, περιλαμβάνει, display panel, ενδεικτικές λυχνίες, αυτόματους διακόπτες, γενικό διακόπτη με επαφή αυτοσυγκράτησης και ασφάλεια (3X35A).

Στη βάση του πύργου της ανεμογεννήτριας υπάρχει ένας υποσταθμός, ο οποίος περιλαμβάνει δύο ασφάλειες (3X500A), μετασχηματιστές έντασης για μέτρηση του ρεύματος (1000/5A) και έναν μετασχηματιστή ισχύος αστέρα-τρίγωνο (700 KVA, 400/20000V).

Τέλος, υπάρχει και ο οικιστικός εξοπλισμός σύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Ο εξοπλισμός αυτός περιλαμβάνει όλον τον απαραίτητο εξοπλισμό (switchgear) προς τη μεριά της μέσης τάσης της Δ.Ε.Η. για τη σύνδεση της εγκατάστασης με το δίκτυο (γενικός διακόπτης, ασφάλειες, αυτόματοι διακόπτες), όπως περιγράφονται στους αντίστοιχους κανονισμούς της Δ.Ε.Η.

Εκτιμημένη ικανότητα: 600kW
Διάμετρος στροφών: 40/44μ
Ύψος πλημνών: 46/65/78(ποικιλία
των πύργων και των
βάσεων)

Έννοια μετατροπών: gearless, μεταβλητή
ταχύτητα, μεταβλητή
πίσσα λεπίδων

Στροφέας με τον έλεγχο πισσών

Τύπος: αντίθετος στον
άνεμο στροφέας με
τον ενεργό έλεγχο
πισσών

Κατεύθυνση της περιστροφής: δεξιόστροφα

Αριθμός λεπίδων: 3

Σκουπισμένη περιοχή: 1.276/1.251 μ²

Υλικό λεπίδων: φίμπεργλας
(ενισχυμένος
εποξικός) με την
ακέραια αστραπή
προστασία

Ταχύτητα στροφών: μεταβλητή, 18-38/18-
34
περιστροφές/λεπτό

Ταχύτητα ακρών: 38-80/41-78 m/s

Έλεγχος πισσών:

**τρία συγχρονισμένα
συστήματα πισσών
λεπίδων με
ανεφοδιασμός
έκτακτης ανάγκης**

Γεννήτρια με το σύστημα κίνησης

Πλήμνη: άκαμπτος

Κύρια ρουλεμάν: με κωνικούς
κυλίνδρους
ρουλεμάν διπλός-
σειρών

Γεννήτρια: άμεσος-οδηγημένη
γεννήτρια

δαχτυλιδιών

ENERCON

Πλέγμα που προστατεύει:

ENERCON

Αναστροφέας

σύστημα φρένου:

-3 ανεξάρτητα
συστήματα ελέγχου
πισσών με
ανεφοδιασμός
έκτακτης ανάγκης
-φρένο στροφών
-κλειδαριά
στροφών για την
υψηλεσία και τη
συντήρηση

Έλεγχος περεκκλίσεων:

ενεργός μέσω του
εργαλείου
ρύθμισης
εξαρτώμενου
απόσβεση

Ταχύτητα αέρα παρεμβάσεων:

2.5 m/s

Εκτιμημένη ταχύτητα αέρα:

12.5 m/s

Διακόπτης Ταχύτητας αέρα:

28-34 m/s

Σύστημα μακρινού ελέγχου:

ENERCON SCADA

ΆΛΛΑ ΕΙΔΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΟΥΝ

Άλλο είδος ανεμογεννητριών είναι και αυτές του κατακόρυφου άξονα. Οι μηχανές αυτές παρουσιάζουν το σημαντικό πλεονέκτημα της αυτόματης προσαρμογής στη διεύθυνση του ανέμου. Λόγω αυτής της ιδιότητας, αποτελούν και πιο απλές κατασκευές.

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα κάθετο, τόσο στη διεύθυνση του ανέμου όσο και στο έδαφος. Οι αιολικές μηχανές του τύπου αυτού έχουν καλή αεροδυναμική απόδοση, ανεξαρτησία ως προς τη διεύθυνση του ανέμου, χαμηλό κόστος κατασκευής και σχετικά απλά συστήματα ελέγχου. Υπάρχει αρκετή ποικιλία δρομέων κατακόρυφου άξονα, όπως ο δρομέας τύπου «Darrieus» που είναι και ο περισσότερο εξελιγμένος και επομένως ο πιο δι-αδεδομένος. Με τη χρήση μηχανών του τύπου αυτού, δίνεται η δυνατότητα να κα-

τασκευαστούν μηχανές με ονομαστική ισχύ της τάξης του ενός MW. Ένα άλλο πλεονέκτημα των μηχανών κατακόρυφου άξονα είναι ότι, οι μηχανισμοί και η γεννήτρια βρίσκονται κατά κανόνα στο έδαφος, με αποτέλεσμα να απαιτείται ελαφρότερος πυλώνας και να διευκολύνεται η λειτουργία και η συντήρηση του όλου συστήματος.

Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές σε σύγκριση με το αντίστοιχο σύστημα των μηχανών οριζοντίου άξονα, εκτός βέβαια από το γεγονός ότι τα εξαρτήματα είναι τοποθετημένα κατακόρυφα. Ο δρομέας στηρίζεται σε κατάλληλο έδρανο στη βάση του, το οποίο ακόμα και σε σταθερή ταχύτητα ανέμου καταπονείται από εναλλασσόμενα φορτία. Επίσης, η μηχανή διατηρείται σε κατακόρυφη θέση με τη βοήθεια εντατήρων, οι οποίοι συνδέουν την κορυφή του άξονα της μηχανής με το έδαφος.

Τέλος, οι ανεμογεννήτριες τύπου «Darrieus» έχουν ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες εκκίνησης και για μεγάλα συστήματα χρησιμοποιείται βοηθητικός κινητήρας για την εκκίνηση. Επιπλέον, οι μηχανές του τύπου αυτού παρέχουν, τελικά, χαμηλότερο μέσο ετήσιο συντελεστή ισχύος. Αντίστοιχα, οι ανεμογεννήτριες τύπου «Savonius» παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή ισχύος, μικρή ακραία περιφερειακή ταχύτητα, περιορισμένο μέγεθος, αλλά και εξαιρετική απλότητα και οικονομικότητα κατασκευής. Η απλότητα κατασκευής σε συνδυασμό με το γεγονός ότι δεν απαιτείται σύστημα προσανατολισμού ως προς τη διεύθυνση του ανέμου, αποτελούν σημαντικά κίνητρα για τη μελέτη και βελτιστοποίηση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών παρόμοιων μηχανών, όπως για παράδειγμα λόγος ύψους προς διάμετρο, αριθμός και σχήμα πτερυγίων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ
(Φωτογραφικό υλικό)



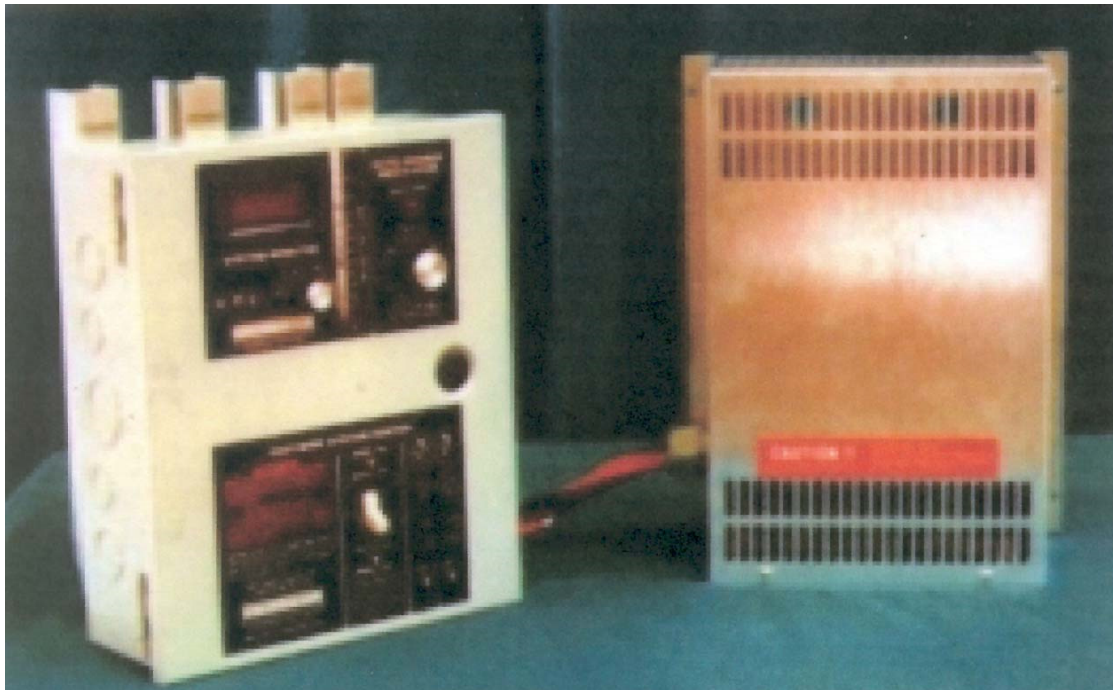
Ανεμογεννήτριες στο νησί Μύκονος



Ανεμογεννήτριες στο νησί Λέσβος



Ανεμογεννήτριες στο νησί Σάμος



Γενήτρια και συσσωρευτής ανεμογεννητριών

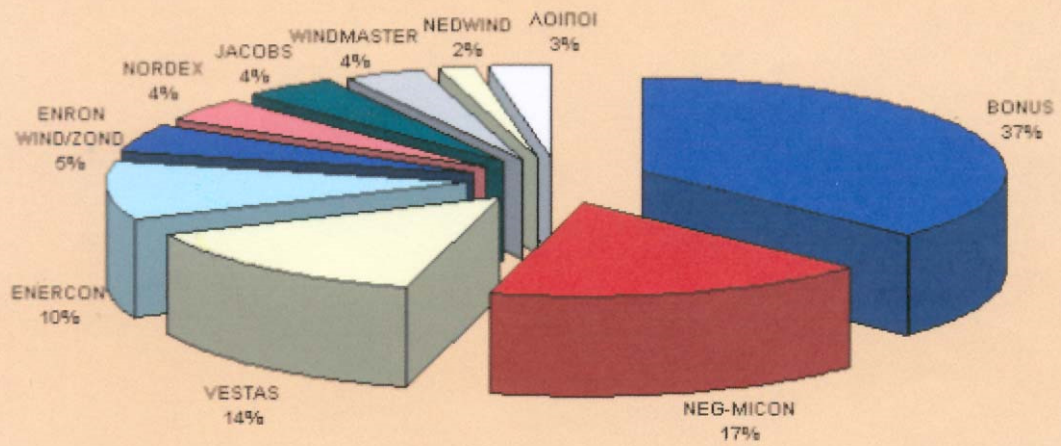


Ανεμογεννήτριες στο νησί Μήλος



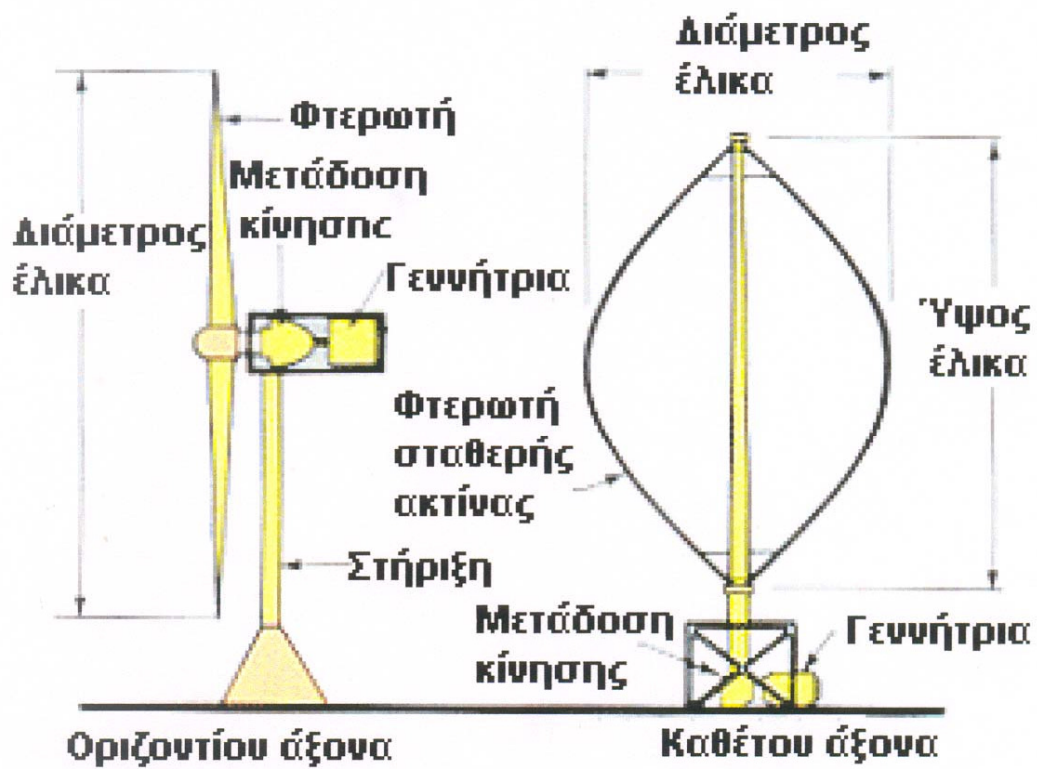
Ανεμογεννήτριες στο νησί Αντικυθήρων

**Μερίδια κατασκευαστών ανεμογεννητριών
στην Ελληνική αγορά (Μάιος 2002)**





Ανεμογεννήτριες στο νησί Θήρα



Ανεμογεννήτριες



Ανεμογεννήτριες στο νησί Σάμος



Ανεμογεννήτριες στο νησί Χίος

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Paul Gipe, "Wind Power, for home and business", Renewable Energy for the 1990's and beyond. First printing 1993, p.251-264.
2. D. Yogi Goswami, Frank Kreith, Jan F. Kreider, "Principles of solar engineering", second edition, copyright 2000, Taylor and Francis, p.376-480.
3. Γ. Μπεργελές, «Ανεμοκινητήρες», εκδόσεις «ΣΥΜΕΩΝ», Αθήνα 1995, σελ.12-89, 222-267, 340-348.
4. John F. Walker, Nicholas Jenkins, "Wind Energy Technology", Copyright 1997 by UNESCO, p.p.20-23, 35-40, 46-129.
5. Ronald E. West and Frank Kreith, "Economic Analysis of solar Thermal Energy Systems", 1998, Massachusetts Institute of Technology, p.73-105.
6. Αλέξανδρος Σ. Αλεξάκης, «Αιολική Ενέργεια» (Φύση και Πολιτισμός), εκδόσεις ΣΙΔΕΡΗ, Αθήνα 2000, σελ.30-74, 101-118.
7. Ινστιτούτο Τεχνολογικών Εφαρμογών – Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής – Ήπιες μορφές ενέργειας, Πρακτικά 3^{ου} Εθνικού Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη 9-11/11/1991, Εκδόσεις Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας (ΕΛΚΕΠΑ), τόμος Β', σελ.544-595, 610-633.
8. Ανδρούτσος Α., 1995, Μηχανολογικό σύστημα ανεμογεννητριών και αιολικών πάρκων, Αιολική ενέργεια – Ελληνική πραγματικότητα, Αθήνα 1995, σελ.248-260.
9. Ντοκόπουλος, 1995, Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και αντικεραυνική προστασία Α/Γ, Αθήνα 1995, σελ.79-94, 102-118.
10. Καλδέλλης Ι., 1999, Διαχείριση της αιολικής ενέργειας, εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 1999, σελ.1999.
11. Διευθύνσεις του διαδικτύου:
 - a. www.ewed.org
 - b. www.windpower.com
 - c. www.gepower.com
 - d. <http://intee.meng.auth.gr>
 - e. <http://physics4u.gr/energy/>
 - f. <http://solar-net.teipatr.gr/e-library/e-library.htm>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°	
1. Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ	4
1.1. Μειονεκτήματα Αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας	4
1.2. Πλεονεκτήματα Αξιοποίησης της Αιολικής Ενέργειας	5
1.3. Παραδείγματα Εφαρμογών Αιολικής Ενέργειας	8
1.4. Συστήματα Αποθήκευσης Αιολικής Ενέργειας	10
1.4.1. Συστοιχίες συσσωρευτών	10
1.4.2. Συστήματα υδροδυναμικής αποθήκευσης της ενέργειας	10
1.4.3. Συστήματα παραγωγής υδρογόνου	11
1.4.4. Αποθήκευση ενέργειας σε σπόνδυλο	11
1.4.5. Υβρίδια συστήματα αποθήκευσης ενέργειας	12
1.5 Ανάπτυξη και προοπτικές της αιολικής ενέργειας στο κόσμο	12
1.6 Δυνατότητες αξιοποίησης αιολικής ενέργειας στην χώρα μας	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°	
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	16
2.1. Τεχνικές προδιαγραφές	16
2.2. Κατασκευαστικά στοιχεία για τις ανεμογεννήτριες	17
2.2.1. Τύποι συλλογής αιολικής ενέργειας	17
2.2.2. Περιγραφή μονάδας ανεμογεννήτριας	17
2.2.3. Κίνηση ανεμοκινητήρα	19
2.2.4. Τυπικές μορφές οριζόντιου άξονα	20
2.2.5. Χαρακτηριστικά ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα	20
2.2.6. Υλικά και προβλήματα αντοχής των πτερυγίων	23
2.2.7. Συστήματα προσανατολισμού	24
2.2.8. Κατασκευή του πύργου και θεμελίωσή του	25
2.2.9. Πλύμνη και ο κύριος άξονας στις ανεμογεννήτριες	25
2.2.10. Συστήματα πέδης και πλύμνης	26
2.2.11. Κιβώτια πολλαπλασιασμού των στροφών	27
2.2.12. Ελαστικοί σύνδεσμοι	28
2.2.13. Ηλεκτρολογικό σύστημα της ανεμογεννήτριας	28
2.2.13.1. Γεννήτρια	29

2.2.13.2. Μικροί κινητήρες	30
2.2.13.3. Αυτόματοι διακόπτες και ηλεκτρικές συσκευές	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°

3. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	32
3.1. Εισαγωγή	32
3.2. Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	32
3.3. Μηχανικά χαρακτηριστικά	32
3.4. Έλεγχος προστασίας	33
3.4.1. Ηλεκτρικά μεγέθη	33
3.5. Τηλεχειρισμός από τη ΔΕΗ	34
3.6. Προστασία σε υπερτάσεις	34
3.7. Επεξεργασία λειτουργικών δεδομένων	34
3.8. Οικονομική θεώρηση εγκαταστάσεων	35
3.8.1. Έσοδα από λειτουργία Α/Γ	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°

4. WasP & Whisper	
ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ WasP & Whisper	38
4.1. Ανάλυση στοιχείων	38
4.2. Εγκατάσταση ανεμογεννήτριας	38
4.3. Η ροή του αέρα στην σύνθετη έκταση	38
4.4. Αλλαγή τραχύτητας	39
4.5. Καταφύγιο πίσω από τα εμπόδια	39
4.6. Λόγοι επιλογής	39
4.7. Ανεμογεννήτριες Whisper	41
4.8. Κεντρικό σύστημα ελέγχου E.Z.	42
4.9. Τεχνικά χαρακτηριστικά	42
4.10. Μηνιαία παραγωγή ρεύματος (kWh/μήνα) σε διάφορες ταχύτητες ανέμων	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

5. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Σ.Α.Π.)	44
5.1. Εισαγωγή	44
5.2. Βασικοί ορισμοί ενός Σ.Α.Π.	44
5.3. Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας της E-40	46
5.4. Συστήματα αντικεραυνικής προστασίας των πτερυγίων του ρότορα	46
5.5. Εκτροπή του ρεύματος του κεραυνού	47

5.6. Εσωτερική αντικεραυνική προστασία	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°	
6. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	49
6.1. Εισαγωγή	49
6.2. Θέση εγκατάστασης Α/Γ	49
6.3. Διάταξη Α/Γ σε αιολικά πάρκα	50
6.4. Επιλογή θέσης εγκατάστασης ανεμοκινητήρα	51
6.5. Παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας Α/Γ	52
6.6. Διαδικασία επιλογής αιολικής εγκατάστασης	55
6.7. Ανάλυση ανάγκης οικονομοτεχνικής μελέτης	57
6.8. Αρχική επιλογή Α/Γ	57
6.8.1. Διερεύνηση των προβλημάτων ζεύξης και αποσύζευξης	58
6.8.2. Οριστική επιλογή μεγέθους και αριθμών Α/Γ	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°	
7. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Α/Γ	59
7.1. Τεχνικά	59
7.2. Οικονομικά	59
7.3. Θεσμικά	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8°	
8. ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ & ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ	
ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ	62
8.1. Εισαγωγή	63
8.2. Κόστος αγοράς και εγκατάστασης	64
8.3. Σταθερό κόστος συντήρησης και λειτουργίας	65
8.4. Μεριδία κατασκευαστών Α/Γ στην Ελληνική αγορά	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9°	
9. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	67
9.1. Επιπτώσεις από τις Α/Γ	67
9.2. Οπτική ρύπανση	68
9.3. Ηχορρύπανση	68
9.4. Τηλεοπτικές παρεμβολές	68
9.5. Ζωϊκό βασίλειο	69
9.6. Ενεργειακή πολιτική	69
9.7. Ευρύτερες περιβαλλοντικές περιπτώσεις	70

9.8. Τουρισμός	70
9.9. Θέσεις εργασίας	71
9.10. Αξία γης	71
9.11. Συμπέρασμα	71
Κεφάλαιο 10^ο	
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	74
10.1. Συμπεράσματα	74
10.2. Προτάσεις αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας	76
10.3. Αναφορά στο μέλλον των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με Α/Γ	80
Επίλογος	81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	82
Είδη ανεμογεννητριών που χρησιμοποιήθηκαν	82
Εισαγωγή	82
Άλλα είδη ανεμογεννητριών που υπάρχουν	88
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	90
(Φωτογραφικό υλικό)	
Βιβλιογραφία	102