

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ : ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΠΙΚΕΣ ΚΑΙ
ΕΠΟΧΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΜΑΛΤΑΜΠΕΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Α.Μ. 4923)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΓΕΝΙΟΣ ΣΚΟΥΡΑΣ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και αναφέρεται στην ανάπτυξη αιολικών πάρκων στα Ελληνικά νησιά με βάση τις τοπικές και εποχιακές τους ανάγκες. Είναι σαφές πλέον σε όλους η ανάγκη άμεσης λήψης δραστικών μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος, με ταυτόχρονη διατήρηση της ανάπτυξης, η οποία είναι ευθέως ανάλογη με την επάρκεια ενέργειας. Έτσι είναι μονόδρομος η ανάπτυξη τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας όπου αυτό ενδείκνυται. Ειδικότερα για τα Ελληνικά νησιά με το πολύ πλούσιο αιολικό δυναμικό, η βέλτιστη λύση είναι η αιολική ενέργεια, η οποία πλέον είναι τεχνολογικά ώριμη και οικονομικά βιώσιμη.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ευγένιο Σκούρα, Επιστημονικό Συνεργάτη του Τμήματος Μηχανολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που προσέφερε για την πραγματοποίηση αυτής της Εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μελετά την ανάπτυξη αιολικών πάρκων στα ελληνικά νησιά εστιάζοντας στο νησί της Άνδρου, ως παράδειγμα μελέτης με εφαρμογή σε κάθε πανομοιότυπο νησί. Σκοπός της εργασίας είναι η ανάδειξη των απαιτήσεων σχεδιασμού του αιολικού πάρκου σε μέγεθος αλλά και σε τύπο ανεμογεννήτριας, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες των ελληνικών νησιών. Επιπλέον παρουσιάζονται πιθανά σενάρια για την επέκταση της διασύνδεσης των νησιών και η αναμενόμενη αύξηση στην παραγόμενη ισχύ του νησιού σύμφωνα με τις εγκεκριμένες επενδύσεις και τους στόχους της Ελλάδας.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα και η δυνατότητα περιορισμού του εισάγοντας στην παραγωγή ενέργειας ανανεώσιμες πηγές. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην αιολική ενέργεια και στην εξέλιξή της στο πέρασμα του χρόνου. Ακόμα παρουσιάζεται η ενεργειακή πολιτική σε ευρωπαϊκό επίπεδο και το θεσμικό πλαίσιο για εγκατάσταση αιολικών πάρκων στην Ελλάδα. Επίσης παρουσιάζονται οι προβληματισμοί των οικολογικών οργανώσεων έναντι της εγκατάστασης αιολικών πάρκων, αλλά και οι απόψεις των υποστηρικτών της αιολικής ενέργειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μελέτη της τεχνολογίας των ανεμογεννητριών. Εξετάζονται οι τύποι ανεμογεννητριών και τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται. Επιπλέον παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των αιολικών πάρκων σύμφωνα με τον τόπο εγκατάστασής τους. Δίνονται στοιχεία κόστους για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου και συγκρίνεται με το κόστος συμβατικής παραγωγής ενέργειας. Παρουσιάζεται η σύγκριση σε κόστος, όσο και σε παραγωγή ρύπων του αιολικού πάρκου με αντίστοιχο θερμοηλεκτρικό σταθμό.

Το τρίτο κεφάλαιο εστιάζει στην περίπτωση της Άνδρου. Δίνονται στοιχεία για το ενεργειακό ισοζύγιο του νησιού, την διασύνδεσή του με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς και τη διασύνδεση των υπόλοιπων νησιών. Εξετάζονται τα προβλήματα που σχετίζονται με το νησιωτικό χώρο, όπως η αδυναμία των δικτύων και η εποχικότητα στη ζήτηση ενέργειας. Παρουσιάζεται το αιολικό πάρκο της ΔΕΗ, πιθανά σενάρια επέκτασης του υπάρχοντος δικτύου καθώς και στοιχεία για τις μελλοντικές επενδύσεις σε αιολική ενέργεια στο νησί.

Τέλος αναφέρονται τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία. Αυτά περιληπτικά, είναι η διαπίστωση του άριστου αιολικού δυναμικού στη περιοχή του Αιγαίου, που σε συνδυασμό με την ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος και τις δεσμεύσεις της Ελλάδας για μεγάλη διείσδυση

των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, υπαγορεύει την άμεση εγκατάσταση ικανού αριθμού ανεμογεννητριών στα νησιά με σεβασμό πάντα στα τοπικά οικοσυστήματα. Ακόμα προκύπτει η ανάγκη άμεσης διασύνδεσης των νησιών με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο, ώστε να επιτρέπεται μια ικανοποιητική διείσδυση της αιολικής ενέργειας και να διασφαλίζεται η ενεργειακή σταθερότητα του δικτύου του κάθε νησιού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
Κατάλογος Σχημάτων	vi
Κατάλογος Πινάκων	viii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	ix
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ Η ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΑΠΕ	1
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ.....	1
1.2 ΣΥΝΕΧΗΣ ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	3
1.3 ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ	4
1.4 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	7
1.5 ΕΙΔΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	9
1.5.1 Ηλιακή Ενέργεια	9
1.5.2 Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	11
1.5.3 Αιολική Ενέργεια.....	12
1.5.4 Βιομάζα	13
1.5.5 Γεωθερμική Ενέργεια.....	15
1.5.6 Ενέργεια ωκεανών.....	16
1.6 Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	17
1.7 ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ	22
1.8 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Α/Γ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	25
1.9 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΟΓΟΣ	27
1.10 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ.....	31
1.11 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	39

2.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	39
2.2	ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	40
2.2.1	Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα	42
2.2.2	Ανεμογεννήτριες κατακορύφου άξονα	43
2.2.3	Βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη Α/Γ	44
2.3	ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	46
2.3.1	Μορφή πτερυγίων	50
2.3.2	Πύργοι στήριξης	51
2.4	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	55
2.5	ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ Α/Γ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	57
2.6	ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ Α/Γ	58
2.7	ΕΙΔΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ.....	60
2.7.1	Χερσαία Αιολικά Πάρκα (onshore).....	60
2.7.2	Αιολικά Πάρκα κοντά στην ακτή (nearshore)	61
2.7.3	Παράκτια Αιολικά Πάρκα (offshore)	62
2.8	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	63
2.9	ΕΚΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΓΙΑ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟ ΧΩΡΟ...65	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΔΡΟΥ..... 69

3.1	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ.....	69
3.2	ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ.....	70
3.3	ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΑΝΔΡΟΥ.....	71
3.4	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΑΝΔΡΟ.....	73
3.5	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	76
3.6	ΤΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΤΗΣ ΔΕΗ.....	77
3.7	ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΤΑ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΝΗΣΙΑ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	79
3.8	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ.....	82
3.9	ΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΔΕΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΔΡΟ	85
	Συμπεράσματα.....	89
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	91

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1-1: Εξέλιξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας.	1
Σχήμα 1-2: Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας για τα έτη 1981 – 2006.	2
Σχήμα 1-3: Κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση και Α.Ε.Π. διαφόρων χωρών.	4
Σχήμα 1-4: Οι τάσεις του θαλάσσιου Αρκτικού πάγου.	7
Σχήμα 1-5: Φωτοβολταϊκά σε κατοικίες.	10
Σχήμα 1-6: Υδροηλεκτρικό φράγμα και εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.	12
Σχήμα 1-7: Αιολικό πάρκο.	13
Σχήμα 1-8: Μια μορφή βιομάζας (pellets/ συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση οργανικών υλών.	14
Σχήμα 1-9: Εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας.	16
Σχήμα 1-10: Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας.	16
Σχήμα 1-11: Ανεμόμυλος του Μεσαίωνα	18
Σχήμα 1-12: Ανεμόμυλος τύπου «western wheel»	19
Σχήμα 1-13: Η ανεμογεννήτρια Smith – Putnam.	20
Σχήμα 1-14: Το μοντέλο Mod-5B.	21
Σχήμα 1-15: Ανεμογεννήτρια Darrieus.	21
Σχήμα 1-16: Διάγραμμα ταχύτητας ανέμου – ισχύος ανεμογεννήτριας.	25
Σχήμα 1-17: Αιολικό δυναμικό της Ελλάδας	26
Σχήμα 1-18: Επίπεδα θορύβου από την λειτουργία ανεμογεννήτριας σε αποστάσεις 150 έως 400m (πηγή: ΚΑΠΕ).	29
Σχήμα 1-19: Θάνατοι πουλιών από διάφορες αιτίες ετησίως.	30
Σχήμα 1-20: Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι για την επόμενη δεκαετία σύμφωνα με το νόμο 3851/2010.	32
Σχήμα 1-21: Εγκατεστημένη ισχύς στην ΕΕ το 2008	34
Σχήμα 1-22: Συγκεντρώσεις αιολικής παραγωγής στην Ελλάδα (πηγή ΔΕΣΜΗΕ) ..	34
Σχήμα 2-1: Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας.	39
Σχήμα 2-2: Οριζόντια ανεμογεννήτρια τεχνολογίας Enercon.	46

Σχήμα 2-3: Βασικά δομικά στοιχεία της ανεμογεννήτριας.	47
Σχήμα 2-4: Κιβώτιο ταχυτήτων ανεμογεννήτριας.	49
Σχήμα 2-5: Σύστημα προσανατολισμού.	49
Σχήμα 2-6: Ανάλυση πτερυγίων.	51
Σχήμα 2-7: Ανεμογεννήτριες με χαλύβδινους σωληνοειδείς πύργους.	52
Σχήμα 2-8: Εσωτερική σύνδεση κομματιών σωληνωτού πύργου.	52
Σχήμα 2-9: Συναρμολόγηση χαλύβδινων πύργων.	53
Σχήμα 2-10: Θεμελίωση χαλύβδινων πύργων.	54
Σχήμα 2-11: Ανεμογεννήτριες με δικτυωτούς πύργους.	55
Σχήμα 2-12: Μέγεθος και ισχύς των Α/Γ κατά την είσοδο στην αγορά.	56
Σχήμα 2-13: Τυπικές διαμορφώσεις ηλεκτρικού μέρους Α/Γ.	59
Σχήμα 2-14: Αιολικό πάρκο στο όρος Παναχαϊκό Αχαΐας.	61
Σχήμα 2-15: Αιολικό Πάρκο κοντά στην ακτή.	61
Σχήμα 2-16: Παράκτιο Αιολικό Πάρκο (offshore).	62
Σχήμα 2-17: Τυπική καμπύλη φορτίου νησιού.	67
Σχήμα 3-1: Αιολικός χάρτης Άνδρου.	72
Σχήμα 3-2: Μέσες μηνιαίες τιμές ανέμου σε διαφορετικές τοποθεσίες σε Άνδρο και Τήνο.	73
Σχήμα 3-3: Κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά τομέα οικονομικής δραστηριότητας.	74
Σχήμα 3-4: Το αιολικό πάρκο στο Καλιβάρι.	77
Σχήμα 3-5: Ανεμογεννήτρια Vestas V27.	78
Σχήμα 3-6: Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας (Vestas V27, 225) – ταχύτητας ανέμου.	78
Σχήμα 3-7: Σενάριο Α. Μελέτη διασύνδεσης Κυκλάδων ΔΕΗ-1990 (με την τότε διατιθέμενη τεχνολογία).	80
Σχήμα 3-8: Σενάριο Β. Μελέτη διασύνδεσης Κυκλάδων ΕΜΠ.	81
Σχήμα 3.9: Νέα έργα για τη διασύνδεση των Κυκλάδων.	84
Σχήμα 3.10: Μελλοντικές και υφιστάμενες διασυνδέσεις νησιών Αιγαίου.	85
Σχήμα 3-11: Γεωγραφική αποτύπωση των αιτήσεων έργων ΑΠΕ στην Άνδρο.	86

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1-1: Συνοπτική σύγκριση συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. .	9
Πίνακας 1-2: Πίνακας σημαντικότερων νομοθετικών ρυθμίσεων σχετικά με ΑΠΕ και Α/Γ	37
Πίνακας 2-1: Συγκριτικός πίνακας υλικών πτερυγίων.	50
Πίνακας 2-2: Καταμερισμός κόστους για μια τυπική εγκατεστημένη Α/Γ (850 kW – 1500 kW)	64
Πίνακας 3-1: Κατανάλωση ενέργειας σε GWh στη νήσο Άνδρο για το έτος 2009.....	75
Πίνακας 3-2: Κατάσταση αιτήσεων για αιολικά πάρκα στη νήσο Άνδρο..	75
Πίνακας 3-3: Κατάσταση αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη νήσο Άνδρο	88

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ηλεκτρισμός είναι πλέον η γενικευμένη μορφή ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα. Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτησή του και η παράλληλη μείωση των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας κλπ.), πάνω στα οποία στηρίχθηκε παραδοσιακά η παραγωγή του, οδηγεί την ανθρωπότητα σε διλήμματα και προβληματισμό σχετικά με το μέλλον και τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών της αναγκών.

Η ενεργειακή κρίση των αρχών της δεκαετίας του '70 και η παρατεταμένη αστάθεια στην αγορά πετρελαίου κατά τη δεκαετία του '80 κατέστησε σαφή την αναγκαιότητα απεξάρτησης των βιομηχανικών κρατών από το πετρέλαιο. Οι εναλλακτικές λύσεις που για πολλά χρόνια είχαν περιορισμένο ερευνητικό κυρίως ενδιαφέρον, βρέθηκαν και πάλι στην πρώτη γραμμή της επικαιρότητας. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, που περιλαμβάνουν την αιολική, την ηλιακή, την γεωθερμική, την ενέργεια από υδατοπτώσεις, από βιομάζα και από κύματα ίσως αποτελούν πλέον τη λύση για το ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη.

Παράλληλα, τα συνεχή ατυχήματα στους σταθμούς πυρηνικής ενέργειας ενδυναμώνουν την τάση προς ευρύτερη χρήση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, λόγω της φιλικότητας τους προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Τέλος το ανεξάντλητο της φύσης αυτών των ανανεώσιμων πηγών και η δυνατότητά τους να καλύψουν τις παγκόσμιες ανάγκες σε ενέργεια, είναι ένα επιπλέον κίνητρο προς περαιτέρω μελέτη και αξιοποίησή τους.

Η κατάσταση όπως παρουσιάζεται σήμερα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντική. Οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες επενδύουν σημαντικά ποσά προς την κατεύθυνση αυτή, επιδιώκοντας την βελτίωση των υπαρχόντων συστημάτων ανανεώσιμων μορφών ενέργειας και το σχεδιασμό νέων με καλύτερα χαρακτηριστικά κυρίως από πλευράς οικονομικότητας και απόδοσης. Ο αντικειμενικός στόχος είναι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τέτοια συστήματα να γίνει συγκρίσιμη τόσο από πλευράς κόστους, όσο και από πλευράς αξιοπιστίας με την αντίστοιχη των συμβατικών συστημάτων παραγωγής.

Η αιολική ενέργεια υπήρξε μία από τις πρώτες πηγές ενέργειας που χρησιμοποίησε ιστορικά ο άνθρωπος. Ένα απλό παράδειγμα που δείχνει την ευρύτατη εφαρμογή του ανέμου στις καθημερινές ανάγκες της ζωής είναι τα ιστιοφόρα πλοία καθώς και οι γραφικοί ανεμόμυλοι των διαφόρων νησιών. Η γενίκευση της χρήσης ηλεκτρισμού ανέκοψε αυτήν την πανάρχαια σχέση ανθρώπου - ανέμου, χωρίς όμως να την αποκόψει οριστικά. Αντίθετα, τις τελευταίες δεκαετίες

άρχισε να υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για την εφαρμογή της αιολικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρισμού.

Στον αιώνα που διανύουμε η ωρίμανση του ενεργειακού προβλήματος (σταδιακή εξάντληση των ορυκτών καυσίμων), αλλά και του αντίστοιχου περιβαλλοντικού (περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της εκπομπής στην ατμόσφαιρα ρύπων προερχόμενων από την καύση ορυκτών καυσίμων), έχει στρέψει το παγκόσμιο ενδιαφέρον στην αναζήτηση και αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών ενέργειας φιλικά προσκειμένων στο περιβάλλον.

Η Ελλάδα, δια μέσου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προσαρμόζεται στις απαιτήσεις των καιρών θέτοντας για το προσεχές μέλλον στόχους εκτεταμένης διεύθυνσης ενέργειας προερχόμενης από ανανεώσιμες πηγές στο ενεργειακό της ισοζύγιο. Η επίτευξη των στόχων αυτών, πέραν του προφανούς περιβαλλοντικού οφέλους που συνεπάγεται η παραγωγή “πράσινης” ενέργειας, κρίνεται επιπλέον επιτακτική εξαιτίας των οικονομικών επιπτώσεων που θα έχει η χώρα σε περίπτωση μη επίτευξής τους.

Η χώρα μας, όντας μια από τις πλέον ρυπογόνες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα υποχρεωθεί στο εγγύς μέλλον να καταβάλει τεράστια ποσά, της τάξεως των εκατομμυρίων ευρώ το χρόνο, για την αγορά δικαιωμάτων εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής πολιτικής για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών. Ποσά τα οποία θα καθορίζονται από το ύψος των εκπομπών. Είναι σαφές λοιπόν πως η τάση προς την αξιοποίηση των ΑΠΕ που ήδη συντελείται στην χώρα μας τα τελευταία χρόνια οφείλει να επιταχυνθεί, ιδιαίτερα κατά την οικονομικά ισχνή χρονική συγκυρία που διανύουμε, προς αποφυγήν επιπρόσθετων οικονομικών επιβαρύνσεων της κοινωνίας.

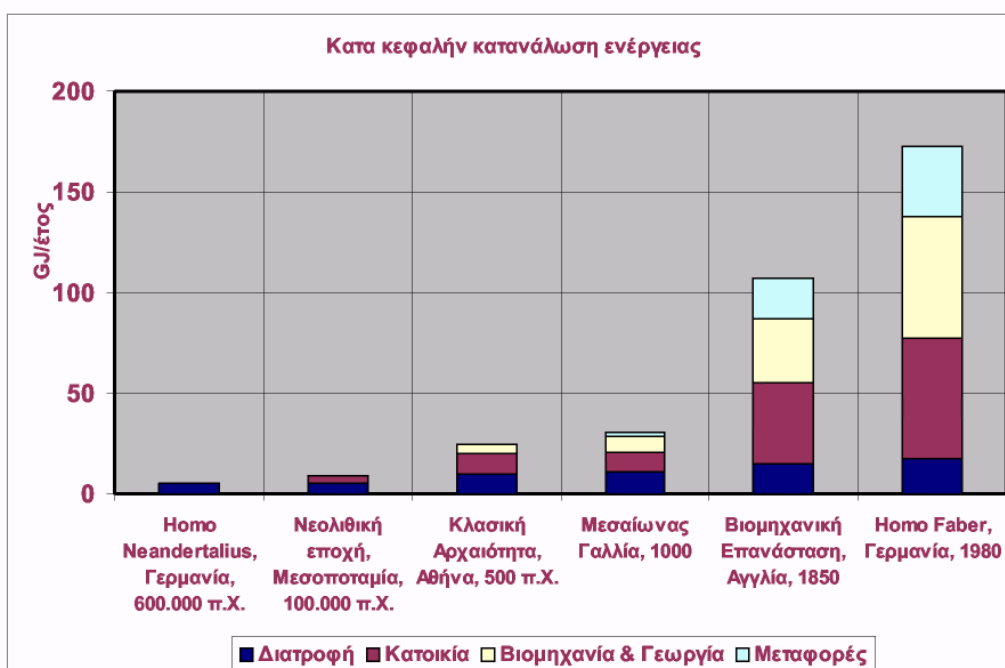
Η Αιολική Ενέργεια αποτελεί την ναυαρχίδα των διάφορων μορφών ΑΠΕ που συμβάλουν στην επίτευξη των εθνικών στόχων, καθώς επιτρέπει την παραγωγή μεγάλων ποσών ενέργειας για δεδομένο επενδυόμενο κεφάλαιο σε σύγκριση με τις υπόλοιπες παρεμφερείς τεχνολογίες. Ακόμα η τεχνολογία της Ανεμογεννήτριας, είναι πλέον σε ένα πολύ ώριμο στάδιο, ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα κατά τη κατασκευή, λειτουργία και ανακύκλωση μιας ανεμογεννήτριας. Η εγκατάσταση (και οι μελέτες εγκατάστασης), ωστόσο, γιγάντιων Αιολικών Πάρκων με στυγνό κερδοσκοπικό προσανατολισμό, χωρίς να έχει προηγηθεί ορθολογική χωροταξία και επαρκής κοινωνική ενημέρωση σχετικά με τα οφέλη της αιολικής ενέργειας, έχει συμβάλει στην αποστροφή προς τα Α/Π μεγάλης μερίδας της κοινής γνώμης.

Όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία, αλλά και η ανάγκη εύρεσης κατάλληλων τοποθεσιών αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού, σε συνδυασμό με την επικείμενη διασύνδεση των Κυκλάδων και τις μελέτες για διασύνδεση πληθώρας νησιών του Αιγαίου με το Ηπειρωτικό Ηλεκτρικό Σύστημα, ανοίγουν τον δρόμο για την εκμετάλλευση του αρίστου αιολικού δυναμικού των νησιών του Αιγαίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ Η ΣΤΡΟΦΗ ΣΤΙΣ ΑΠΕ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Η βάση του ενεργειακού προβλήματος οφείλεται στην συνεχή αύξηση των ενεργειακών αναγκών του σύγχρονου κόσμου σε συνδυασμό με την μείωση των αποθεμάτων των χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ύπαρξη και χρήση τεραστίων ποσοτήτων ενέργειας όπως συμβαίνει στις χώρες του αναπτυσσόμενου δυτικού κόσμου, σηματοδοτεί τη διαφορά ανάμεσα σ' αυτόν και τον τρίτο κόσμο καθώς και την ασύγκριτη εξέλιξη αυτού μετά την εποχή του Μεσαίωνα ως σήμερα. Αυτό αποτυπώνεται στην ιστορική εξέλιξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας, που φαίνεται στο Σχήμα 1-1.



Σχήμα1-1: Εξέλιξη της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας.

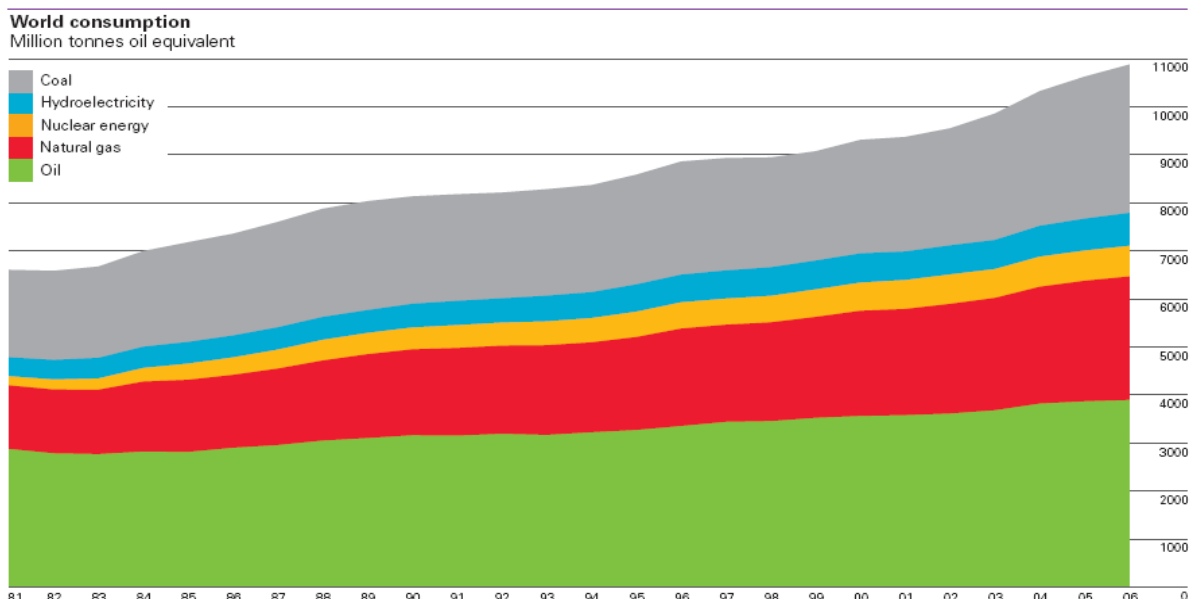
Αξιοσημείωτο είναι πως η μετάβαση από την Κλασική αρχαιότητα στον Μεσαίωνα παρουσίασε πολύ λιγότερες αλλαγές στο βιοτικό επίπεδο των ανθρώπων, και κατ' επέκταση στην καταναλισκόμενη ενέργεια, από ότι η μετάβαση από τον 18^ο στον 20^ο αιώνα. Η δημιουργία της βιομηχανίας και η εμφάνιση των οικονομικών και πολιτικοκοινωνικών συστημάτων σηματοδοτεί τη μετάβαση σε μία τελείως διαφορετική μορφή κοινωνικού βίου, της βιομηχανικής κοινωνίας. Ραγδαία όμως, παρουσιάστηκαν και οι αρνητικές συνέπειες αυτής της μετάβασης με τη μορφή περιβαλλοντικών προβλημάτων, κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες.

Το θέμα της ενέργειας παραμένει στο επίκεντρο του 21^{ου} αιώνα και μπορεί να προσεγγιστεί από τρεις διαφορετικές απόψεις:

- i. Της εξασφάλισης της αναγκαίας ποσότητας ενέργειας, στην κατάλληλη για κάθε χρήση μορφή, δηλαδή της ενεργειακής επάρκειας.
- ii. Του κόστους αυτής της ενέργειας.
- iii. Των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση της.

Επομένως η σύγχρονη βιομηχανική οικονομία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ύπαρξη ενέργειας σε μορφή κατάλληλη για την εκάστοτε εφαρμογή και κόστους τέτοιου που να μην καθίσταται απαγορευτική η χρήση της. Δεν πρέπει βέβαια να παραβλέπονται και τα αποτελέσματα της χρήσης της. Οι τεράστιες ποσότητες ενέργειας που καταναλώνονται επιβαρύνουν το περιβάλλον σε βαθμό που δεν μπορεί πάντα να προβλεφθεί και με ολέθριες συνέπειες για το μέλλον.

Στο Σχήμα 1-2 παρουσιάζεται η παγκοσμίως καταναλισκόμενη ενέργεια για τα έτη 1981 – 2006 σε ισοδύναμη μονάδα (εκατομμύρια τόνοι πετρελαίου) για τις διαφορετικές πηγές παραγωγής της (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια, υδροηλεκτρισμός, άνθρακας) επιβεβαιώνοντας τις συνεχώς αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες.



Σχήμα 1-2 : Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας για τα έτη 1981 – 2006.

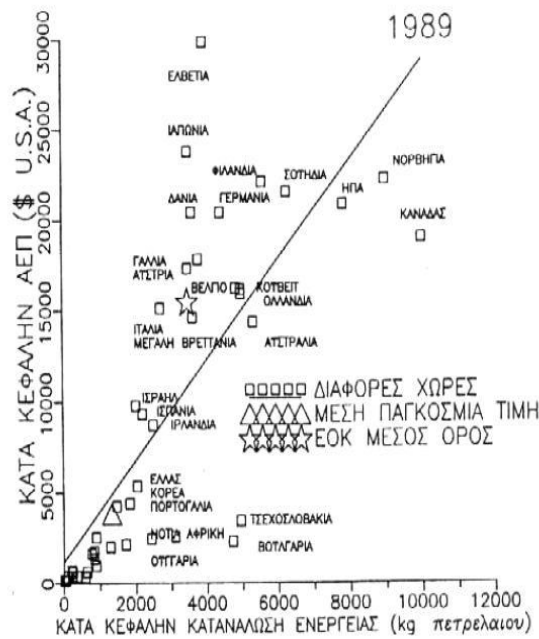
Οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες σε ενέργεια σε συνδυασμό με την αύξηση του πληθυσμού, ιδιαίτερα στις ραγδαία αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Κίνα, όπου η κατά κεφαλήν καταναλισκόμενη ενέργεια συνεχώς αυξάνεται, επιταχύνουν την διαδικασία εξάντλησης των ορυκτών πόρων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο). Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί πως οι μη αναπτυγμένες χώρες που εισήλθαν τα τελευταία χρόνια σε περίοδο βιομηχανικής έξαρσης, στηρίζουν την παραγωγή τους σχεδόν αποκλειστικά σε ορυκτούς πόρους, αδιαφορώντας για τις συνέπειες της ρύπανσης. Το σενάριο της εξάντλησης των ορυκτών πόρων για την παραγωγή ενέργειας αναμένεται να εκπληρωθεί στις επόμενες δεκαετίες.

1.2 ΣΥΝΕΧΗΣ ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι βασικότερες αιτίες συνεχούς αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας συνοψίζονται ως εξής:

- Συνεχής αύξηση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ενέργειας ως αποτέλεσμα της προσπάθειας του ανθρώπου για βελτίωση του βιοτικού επιπέδου.
- Ανομοιομορφία στην παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας (Σχήμα 1-3). Ορισμένοι λαοί καταναλώνουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας από ορισμένους άλλους. Προκύπτει το συμπέρασμα ότι είναι αδύνατο να ζητηθεί από τους υπό ανάπτυξη λαούς να περιορίσουν την ενεργειακή τους κατανάλωση, τη στιγμή που καταναλώνουν μόλις το 5% της ενέργειας των πλούσιων και αναπτυγμένων χωρών.
- Αύξηση του πληθυσμού της γης που περιορίζει τις δυνατότητες μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.
- Απώλειες συστημάτων παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας. Ο βαθμός απόδοσης μιας θερμικής μηχανής κυμαίνεται σήμερα από 15% έως 45%, κάτι το οποίο εάν συνδυασθεί με το πλήθος των θερμοηλεκτρικών σταθμών που τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια τον πλανήτη μας, κάνει προφανή τη σημασία των ενεργειακών απωλειών των συστημάτων παραγωγής ενέργειας.
- Μη ορθολογική χρήση της ενέργειας.
- Αδιαφορία και σπατάλη ενέργειας.

Κατά κεφαλήν ενεργειακή κατανάλωση και Α.Ε.Π.



Σχήμα 1-3: Κατά κεφαλή ενεργειακή κατανάλωση και Α.Ε.Π. διαφόρων χωρών.

1.3 ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Οι σοβαρές διαταραχές που άρχισαν να παρατηρούνται στο οικοσύστημα μετά την βιομηχανική επανάσταση σχετίζονται με:

- τον υπερπληθυσμό
- την ρύπανση και μόλυνση εδάφους, υδάτων και ατμόσφαιρας
- την αραιώση της στιβάδας του όζοντος
- το φαινόμενο του θερμοκηπίου
- την όξινη βροχή
- την καταστροφή της βιοποικιλότητας
- την ελάττωση των φυσικών πόρων

Εστιάζοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο αποτελεί τον μηχανισμό υπερθέρμανσης του πλανήτη, δηλαδή την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης και των ωκεανών, παρατηρούμε ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι φαινόμενο φυσικό. Ωστόσο, ενισχύεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα η οποία συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου (CO_2 και CH_4) καθώς και στην έκλυση άλλων ιχνοστοιχείων, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFC's). Τα τελευταία χρόνια, καταγράφεται μία αύξηση στη συγκέντρωση αρκετών αερίων του θερμοκηπίου. Ειδικότερα στην

περίπτωση του διοξειδίου του άνθρακα η αύξηση αυτή ήταν 31% την περίοδο 1750-1998. Εκτιμάται ότι τα $\frac{3}{4}$ της ανθρωπογενούς παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, οφείλονται σε χρήση ορυκτών καυσίμων, όπως είναι το πετρέλαιο και ο άνθρακας από τα οποία παίρνει το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειάς του ο σύγχρονος κόσμος, ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω της αποδάσωσης.

Οι ανάγκες χρήσης ορυκτών καυσίμων αναμένεται να αυξηθούν ακόμη περισσότερο με την αύξηση του πληθυσμού της Γης και η ζήτηση πλέον θα υπάρχει κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς στις ανεπτυγμένες, με τα μέτρα εξοικονόμησης που εφαρμόζονται, υπάρχει μερική τάση σταθεροποίησης. Κάθε kWh ηλεκτρισμού που προμηθεύονται οι καταναλωτές και που παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με CO₂ καθώς και άλλες επικίνδυνες ουσίες, όπως καρκινογόνα μικροσωματίδια, οξείδια αζώτου, ενώσεις θείου κλπ, που επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία και το περιβάλλον.

Οι Η.Π.Α. και ο Καναδάς μαζί καταναλώνουν διπλάσια κατά κεφαλήν ενέργεια από τους Ευρωπαίους, δεκαπλάσια από τους Ασιάτες και εικοσαπλάσια από τους Αφρικανούς. Οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής χρησιμοποιούν πάνω από το 25% του πετρελαίου που υπάρχει στον πλανήτη. Η Λατινική Αμερική διαθέτει το 25% των ανανεώσιμων υδατικών πόρων στον κόσμο. Στην περιοχή αυτή περισσότερο από το 60% της παραγωγής σε ενέργεια προέρχεται από υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις και έτσι υπάρχουν περιορισμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο συνεχίζεται η καταστροφή των δασών στη Βραζιλία και σ' άλλες περιοχές του πλανήτη με αποτέλεσμα την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και την εκτροπή του φαινομένου του θερμοκηπίου. Ως γνωστόν οι αποδασώσεις συμμετέχουν με το 20% στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το υπόλοιπο 80% οφείλεται στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από την καύση υδρογονανθράκων. Άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες είναι το φαινόμενο της όξινης βροχής και το φαινόμενο της αραίωσης της στοιβάδας του όζοντος.

Στην Ασία μαζί με την ανάπτυξη της οικονομίας αυξάνεται και η κατανάλωση. Από το 1953 έως το 1989 η οικονομία της Κίνας δεκαπλασιάστηκε, παράλληλα όμως και η κατανάλωσή της ενέργειας 18πλασιάστηκε. Μέχρι το 2015 θα διπλασιαστούν οι ανάγκες της Κίνας σε κάρβουνο που είναι η κύρια πηγή του διοξειδίου του άνθρακα. Ήδη η Κίνα είναι η δεύτερη χώρα μετά τις Η.Π.Α. σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και πιθανολογείται ότι το 2020 θα είναι η πρώτη χώρα στον κόσμο.

Η 4η Έκθεση Αξιολόγησης (AR4) της Διακυβερνητικής Επιτροπής για τις Κλιματικές Αλλαγές του ΟΗΕ, (IPCC) αναφέρει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας της γης είναι αδιαμφισβήτητη, καθώς κι ότι η πιθανότητα αυτό να οφείλεται στον ανθρώπινο παράγοντα εξαιτίας των χρόνιων εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη από 90%. Χωρίς δραστικές μειώσεις των εκπομπών, η μέση πλανητική θερμοκρασία θα αυξηθεί ως το τέλος του αιώνα κατά 1.7°C με 7°C, σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, ανάλογα με το ρυθμό που θα συνεχίσουν να εκπέμπονται αέρια του θερμοκηπίου.

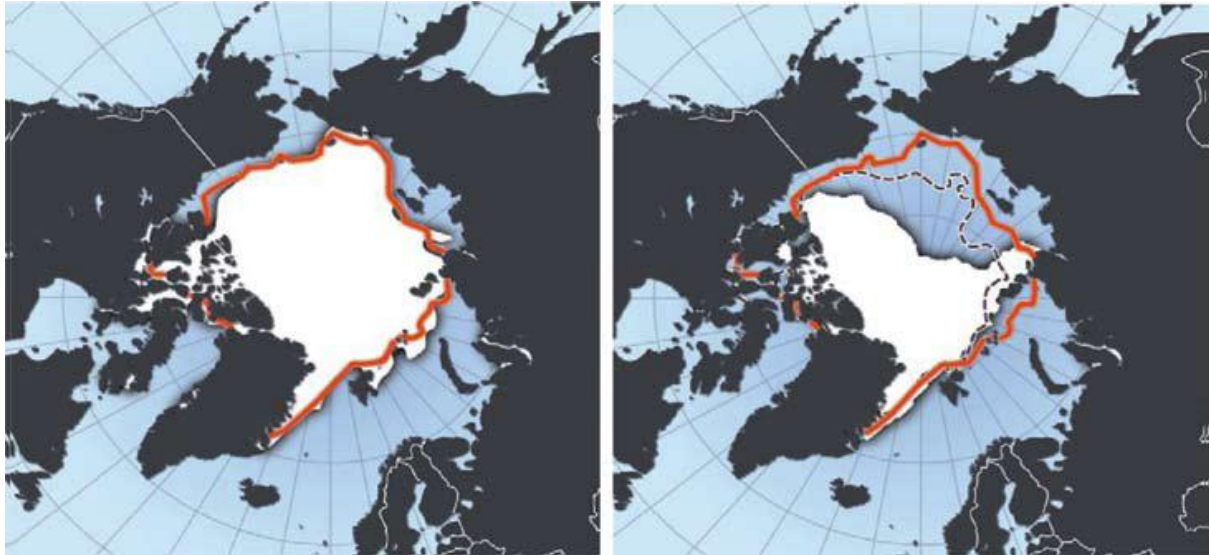
Οι τωρινές εκπομπές βρίσκονται στην κορυφή των προβλεπόμενων εκτιμήσεων και χωρίς καμία δράση, πιθανότατα θα επιφέρουν αυξήσεις της θερμοκρασίας στο ανώτερο εύρος των προβλέψεων. Ήδη παρατηρούνται σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και στους ανθρώπινους πληθυσμούς, όπως η τήξη των θαλάσσιων πάγων στην Αρκτική, ακόμα και με τη σημερινή αύξηση της θερμοκρασίας στους 0.8°C σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα (Σχήμα 1-4). Αυτές θα μπορούσαν να προκαλέσουν θετικές ανατροφοδοτήσεις που θα

επιφέρουν ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας και περαιτέρω δραματικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα του πλανήτη. Η AR4 προβλέπει ότι:

- Μέσα στις επόμενες δεκαετίες, τα αποθέματα νερού που είναι αποθηκευμένα στους παγετώνες και στις χιονισμένες περιοχές θα μειωθούν προκαλώντας ελλείψεις νερού σε περισσότερο από 1 δις ανθρώπους σε περιοχές που βασίζονται στην τήξη των χιονισμένων βουνοκορφών για πόσιμο νερό.
- Το 20% με 30% όλων των ζωντανών οργανισμών στον πλανήτη θα αντιμετωπίζουν αυξημένο κίνδυνο εξαφάνισης, αν η άνοδος της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας ξεπεράσει τους 1.5 - 2.5°C.
- Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, και κυρίως σε ξηρές και τροπικές περιοχές, ακόμα και μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας της τάξης των 1°C - 2°C, αναμένεται να αυξήσουν τον κίνδυνο λιμών που οφείλονται σε μειωμένη παραγωγικότητα των καλλιεργειών και αυξημένη συχνότητα των ξηρασιών και πλημμυρών. Κάτι το οποίο ήδη παρατηρείται στην υποσαχάρια Αφρική.
- Μετά το 2080 πολλά εκατομμύρια ανθρώπων αναμένεται να επηρεαστούν από πλημμύρες στα σπίτια και τις επιχειρήσεις τους εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας κάθε χρόνο. Σε ιδιαίτερο κίνδυνο βρίσκονται πυκνοκατοικημένες περιοχές, καθώς και περιοχές που βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο με περιορισμένες ικανότητες προσαρμογής.
- Η υγεία εκατομμυρίων ανθρώπων θα επιβαρυνθεί από την κακή διατροφή, ενώ θα υπάρξουν τραυματισμοί και θάνατοι από καύσωνες, ξηρασίες, πλημμύρες, πυρκαγιές, καταιγίδες, καθώς και αυξημένη συχνότητα πολλών ασθενειών (συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που μεταδίδονται από έντομα).

Πιο ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι οι τελευταίες επιστημονικές ενδείξεις δείχνουν ότι οι κλιματικές αλλαγές επιταχύνονται με ρυθμούς πολύ ταχύτερους από ό,τι προβλεπόταν. Πολλές από αυτές τις έρευνες αναφέρουν ισχυρές θετικές ανατροφοδοτήσεις που αναμένεται να επηρεάσουν το κλίμα της Γης σε ένα θεμελιώδες επίπεδο.

Επιπλέον παρατηρούνται επιπτώσεις πολύ νωρίτερα του προβλεπόμενου – πολλές φορές με διαφορά δεκαετιών – κυρίως επειδή το κλιματικό σύστημα αντιδρά πιο έντονα από ό,τι αναμενόταν, ενώ οι εκπομπές αυξάνονται γρηγορότερα από το προβλεπόμενο.



Σχήμα 1-4: Οι τάσεις του θαλάσσιου Αρκτικού πάγου.

(Η πρώτη εικόνα δείχνει τη μέση έκταση του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής για το 1982. Και στις δύο εικόνες, η κόκκινη γραμμή δείχνει τη μέση μακρόχρονη έκταση για την περίοδο 1979-2000. Η δεύτερη εικόνα συγκρίνει την ελάχιστη έκταση του πάγου (διακεκομμένη γραμμή) το Σεπτέμβριο του 2005 – $5,57 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ – με τη μέση έκταση για το Σεπτέμβριο του 2007 – $4,28 \cdot 10^6 \text{ km}^2$.

1.4 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), αποτελούν ένα από τα πλέον σημαντικά θέματα του σύγχρονου κόσμου. Η ανάγκη για μεγαλύτερη και ταυτόχρονα καλύτερη αξιοποίηση της προερχόμενης ενέργειας από ΑΠΕ, άρχισε να γίνεται διεθνώς αντιληπτή με αφορμή την πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970, μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο συνειδητοποίησης για περαιτέρω καλύτερη αξιοποίηση όλων των ενεργειακών πόρων.

Με τον όρο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία κυρίως οι ακόλουθες :

- Αιολική ενέργεια
- Ηλιακή ενέργεια
- Ενέργεια από μικρά υδροηλεκτρικά
- Ενέργεια από κυψέλες καυσίμου
- Ενέργεια των θαλάσσιων κυμάτων
- Γεωθερμική ενέργεια
- Ενέργεια της βιομάζας

Το κυριότερο πλεονέκτημα όλων των προαναφερθέντων μορφών ενέργειας σε σύγκριση με τις συμβατικές μορφές, είναι η φιλικότητα προς το περιβάλλον. Το πρωτόκολλο του Κιότο ήταν μία από τις μεγαλύτερες κινήσεις περιβαλλοντικής

ευαισθησίας και φυσικά αποτέλεσε αιτία για τη στροφή του παγκόσμιου ενδιαφέροντος προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες καταβάλλουν προσπάθειες τα τελευταία 35 χρόνια να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες, με τη λήψη κατάλληλων νομοθετικών μέτρων και ενημέρωση των πολιτών, καθώς και την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ΑΠΕ κατά τρόπο ώστε το κόστος τους να είναι συγκρίσιμο με αυτό των συμβατικών πηγών ενέργειας.

Ανάμεσα στις προαναφερθέντες ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, οι δύο πρώτες, δηλαδή η αιολική και η ηλιακή, έχουν γνωρίσει τη μεγαλύτερη άνθηση σε παγκόσμιο επίπεδο. Την εξάπλωσή τους αυτή, την οφείλουν κυρίως στην ευρύτητα της γεωγραφικής εμφάνισής τους (πολλά μέρη σε όλο τον κόσμο έχουν υψηλό αιολικό δυναμικό ή υψηλή ηλιακή ακτινοβολία), καθιστώντας έτσι εύκολη την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας πολύ κοντά στο μέρος κατανάλωσής της. Το πλεονέκτημα αυτό, εξαλείφει την ανάγκη ύπαρξης των γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης σε διάφορες γεωγραφικά άγονες περιοχές.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ είναι τα ακόλουθα:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα από τις τιμές των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. θερμοκηπιακές καλλιέργειες με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.
- Δεν επιβαρύνουν το τοπικό περιβάλλον με επικίνδυνους αέριους ρύπους, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, καρκινογόνα μικροσωματίδια κ.α., όπως γίνεται με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον Πίνακα 1-1 δίνεται συνοπτικά η επικρατούσα κατάσταση ανάμεσα στις συμβατικές και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Πίνακας 1-1: Συνοπτική σύγκριση συμβατικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Συμβατικές πηγές	Ανανεώσιμες πηγές
Κάρβουνο, πετρέλαιο, πυρηνική ενέργεια, φυσικό αέριο	Αιολική, ηλιακή, βιομάζα, θαλάσσιων κυμάτων, γεωθερμική
Πλήρως ανεπτυγμένες (κορεσμένες) τεχνολογίες	Ταχέως αναπτυσσόμενες τεχνολογίες
Πολυάριθμοι φόροι και επιχορηγούμενες επενδύσεις από εθνικές οικονομίες	Ολιγάριθμοι και μικροί φόροι, επιχορήγηση από μερικές κυβερνήσεις ή προγράμματα
Αποδοχή από την κοινωνία ως «αναγκαίο κακό»	Αποδοχή από την κοινωνία με την πρέπουσα σημασία, ακόμη και με ελάχιστη εκτίμηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών τους πλεονεκτημάτων

1.5 ΕΙΔΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μεγάλο πλήθος χωρών έχει ενσωματώσει τις ΑΠΕ στη λίστα με τις σημαντικότερες εγχώριες πηγές ενέργειας, ποσά της οποίας είτε δύναται να απορροφηθούν σε τοπικό επίπεδο, είτε να διοχετευθούν στο ευρύτερο εθνικό δίκτυο. Η συνεισφορά τους αλλάζει το μέχρι πρότινος ενεργειακό ισοζύγιο αφού με τη χρήση τους μειώνεται αισθητά η εξάρτηση από το πετρέλαιο, καύσιμο προερχόμενο ως επί τω πλείστον, από χώρες της Σαουδικής Αραβίας και παράλληλα ιδιαίτερος ευαίσθητο σε αυξομειώσεις τιμών. Η Ελλάδα ανάμεσα στο σύνολο των χωρών διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών. Οι κυριότερες μορφές ΑΠΕ που απαντώνται παρουσιάζονται στη συνέχεια.

1.5.1 Ηλιακή Ενέργεια

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας ημερησίως. Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους. Θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα, κυρίως με τη θέρμανση νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπινών. Στη δεύτερη εφαρμογή τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών

ή συστοιχιών. Αυτή η τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ έχει μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με αυτόν τον τρόπο από \$300 σε \$4 το Watt. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αρχικά χρησιμοποιούνταν κυρίως σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή, ενώ πλέον μπορούν να εγκατασταθούν σε κάθε σπίτι. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητά της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Η έρημος δέχεται για παράδειγμα περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές.



Σχήμα 1-5: Φωτοβολταϊκά σε κατοικίες.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι:

- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα, π.χ. σε επίπεδο μερικών δεκάδων W ή και mW.
- Είναι εύχρηστα. Τα μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες.
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτίρια και δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον.
- Μπορούν να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα).
- Είναι βαθμωτά συστήματα, δηλ. μπορούν να επεκταθούν σε μεταγενέστερη φάση για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, χωρίς μετατροπή του αρχικού συστήματος.
- Λειτουργούν αθόρυβα, εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία. Οι εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές για τις Φ/Β γεννήτριες είναι περισσότερο από 25 χρόνια καλής λειτουργίας.

Η ενεργειακή ανεξαρτησία του χρήστη είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των Φ/Β συστημάτων. Το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β

συστήματα είναι σήμερα συγκρίσιμο με το κόστος αιχμής ισχύος, που χρεώνει η εταιρεία ηλεκτρισμού τους πελάτες της.

1.5.2 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Το νερό κάνοντας τον "κύκλο του" στη φύση, έχει δυναμική ενέργεια όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπινών παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Το γρήγορα κινούμενο νερό οδηγείται μέσα από τούνελ να περιστρέψει έναν υδροστρόβιλο, δημιουργώντας έτσι μηχανική ενέργεια. Μια συνδεδεμένη γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Διαφορετικά από ότι συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα, το νερό δεν αχρηστεύεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς. Η υδροηλεκτρική ενέργεια ταξινομείται σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η μικρής κλίμακας υδροηλεκτρική ενέργεια διαφέρει σημαντικά από τη μεγάλης κλίμακας σε ότι αφορά τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικές μονάδες απαιτούν τη δημιουργία πολύ μεγάλων φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο άμεσο περιβάλλον. Η κατασκευή φραγμάτων για τη συγκέντρωση νερού περιορίζει τη μετακίνηση των ψαριών, της άγριας ζωής και επηρεάζει ολόκληρο το οικοσύστημα. Τα μικρής κλίμακας συστήματα τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια και έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον οικοσύστημα. Υδροηλεκτρικές μονάδες μικρότερες των 30 MW σε μέγεθος χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές.

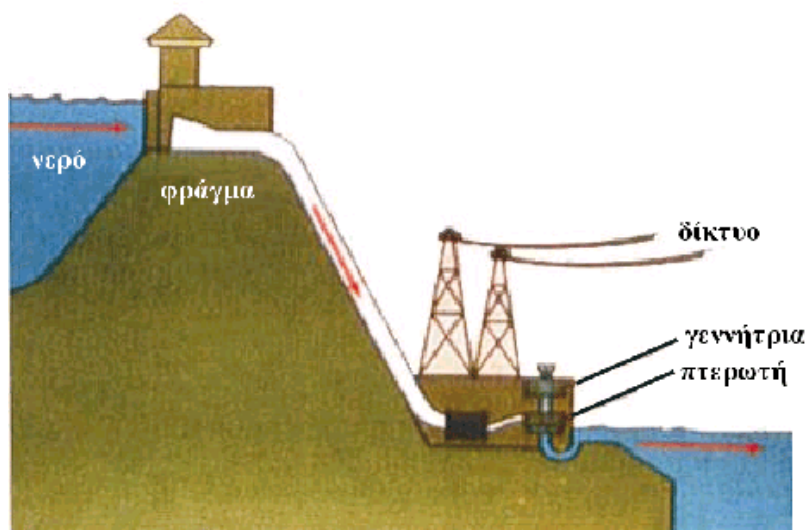
Φυσικά, μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευασθούν υδατοταμιευτήρες. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί το 10% των ενεργειακών μας αναγκών.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι δυνατό να τεθούν σε λειτουργία αμέσως μόλις ζητηθεί επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια, σε αντίθεση με τους θερμικούς σταθμούς (γαιανθράκων, πετρελαίου), που απαιτούν χρόνο προετοιμασίας.
- Είναι μία καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα (προστασία περιβάλλοντος, εξοικονόμηση συναλλάγματος και φυσικών πόρων).
- Μέσω των υδροταμιευτήρων δίνεται η δυνατότητα να ικανοποιηθούν και άλλες ανάγκες, όπως ύδρευση, άρδευση, ανάσχεση χειμάρρων, δημιουργία υδροβιότοπων, αναψυχή, αθλητισμός.

Τα μειονεκτήματα που συνήθως εμφανίζονται είναι:

- Το μεγάλο κόστος κατασκευής φραγμάτων και εξοπλισμού των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, όπως και ο πολύς χρόνος που απαιτείται μέχρι την αποπεράτωση του έργου.
- Η έντονη περιβαλλοντική αλλοίωση στην περιοχή του ταμιευτήρα (ενδεχόμενη μετακίνηση πληθυσμών, υποβάθμιση περιοχών, αλλαγή στη χρήση γης, στη χλωρίδα και πανίδα περιοχών αλλά και του τοπικού κλίματος, πλήρωση ταμιευτήρων με φερτές ύλες, αύξηση σεισμικής επικινδυνότητας, κ.ά.). Η διεθνής πρακτική σήμερα προσανατολίζεται στην κατασκευή μικρών φραγμάτων.



Σχήμα 1-6: Υδροηλεκτρικό φράγμα και εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

1.5.3 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, (όπως και όλες οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας εκτός από τη γεωθερμία) γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη.

Αν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5.1 m/sec, σε ύψος 10 m πάνω από το έδαφος. Όταν οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα

με τα σημερινά δεδομένα. Άλλωστε το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την πρώτη περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας. Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξης της.

Σήμερα η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Η ισχύς τους μπορεί να φτάσει περίπου πλέον τα 6 MW και μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας. Έτσι μια συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, που ονομάζεται αιολικό πάρκο, μπορεί να λειτουργήσει σαν μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 1-7: Αιολικό πάρκο.

1.5.4 Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.



Σχήμα 1-8: Μια μορφή βιομάζας (pellets/ συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση οργανικών υλών.

Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την ενέργεια που προερχόταν από την καύση των ξύλων, που είναι ένα είδος βιομάζας. Αλλά και μέχρι σήμερα, κυρίως οι αγροτικοί πληθυσμοί, τόσο της Αφρικής της Ινδίας και της Λατινικής Αμερικής, όσο και της Ευρώπης, για να ζεσταθούν, να μαγειρέψουν και να φωτιστούν χρησιμοποιούν ξύλα, φυτικά υπολείμματα (άχυρα, πριονίδια, άχρηστους καρπούς ή κουκούτσια κ.ά.) και ζωικά απόβλητα (κοπριά, λίπος ζώων, άχρηστα αλιεύματα κ.ά.).

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

Η ενέργεια της βιομάζας είναι θερμική ή χημική με την παραγωγή βιοκαυσίμων, τη χρήση υπολειμμάτων δασικών εκμεταλλεύσεων και την αξιοποίηση βιομηχανικών αγροτικών (φυτικών και ζωικών) και αστικών αποβλήτων. Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας, εκτός του ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, είναι ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή, το βιοκαύσιμο. Η αξιοποίηση της μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση μεγάλης ποικιλίας πρώτων υλών, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό

περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, εποχικότητα, μεγάλη διασπορά, κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια το κόστος μετατροπής της σε πιο εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό.

1.5.5 Γεωθερμική Ενέργεια

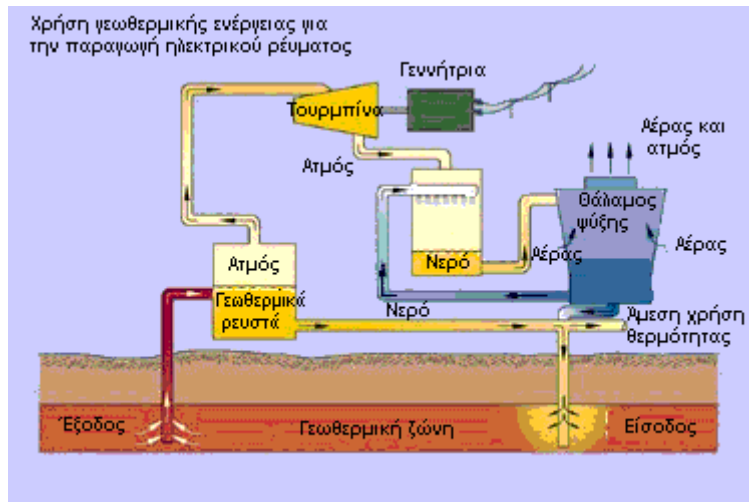
Ως γεωθερμική ενέργεια, νοείται η θερμότητα που υπάρχει στο εσωτερικό της γης, η οποία προέρχεται πιθανώς από πυρηνικές αντιδράσεις στοιχείων στον πυρήνα και τον μανδύα της γης. Η θερμοκρασία που εκλύεται από το εσωτερικό της γης, δεν είναι ίδια σε όλο το κόσμο αλλά σε κάποια σημεία που ο φλοιός έχει μικρότερο πάχος, είναι μεγαλύτερη και εκμεταλλεύσιμη.

Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ή απευθείας για θέρμανση χώρων. Για την παραγωγή ηλεκτρισμού, χρησιμοποιείται το νερό από φυσικές θερμές πηγές, ή δημιουργείται τεχνητό κύκλωμα με αντλίες και σωλήνες σε μεγάλο βάθος στο θερμό υπέδαφος. Ο ατμός που εκλύεται από το καυτό νερό, κινεί έναν ατμοστρόβιλο, που είναι συνδεδεμένος με μια τουρμπίνα όπως φαίνεται στο Σχήμα 1-9.

Οι γεωθερμικές πηγές διαφέρουν στη θερμοκρασία. Πηγές χαμηλής ή μέτριας θερμοκρασίας (50° - 150°C) χρησιμοποιούνται για να παρέχουν άμεσα θερμότητα στα σπίτια και στις βιομηχανίες, ενώ οι υψηλής θερμοκρασίας (πάνω από 150°C) γεωθερμικές πηγές χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Οι γεωθερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος είναι πολύ οικονομικές και έχουν πολύ μικρή αρνητική επίδραση στο περιβάλλον καθώς παράγουν μόνο το 1/6 του διοξειδίου του άνθρακα από ότι θα παρήγαγε μια μονάδα που λειτουργεί με φυσικό αέριο.

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία και περιλαμβάνουν:

- ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90^{\circ}\text{C}$), (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με δυαδικό κύκλο)
- θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ για $\theta > 60^{\circ}\text{C}$, με αερόθερμα για $\theta > 40^{\circ}\text{C}$, με ενδοδαπέδιο σύστημα ($\theta > 25^{\circ}\text{C}$),
- ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης για $\theta > 60^{\circ}\text{C}$, ή με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας για $\theta < 30^{\circ}\text{C}$)
- θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα ($\theta > 25^{\circ}\text{C}$), ή και για αντιπαγετική προστασία
- ιχθυοκαλλιέργειες ($\theta > 15^{\circ}\text{C}$) επειδή τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους
- βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60^{\circ}\text{C}$), ξήρανση αγροτικών προϊόντων, κλπ
- θερμά λουτρά για $\theta = 25-40^{\circ}\text{C}$



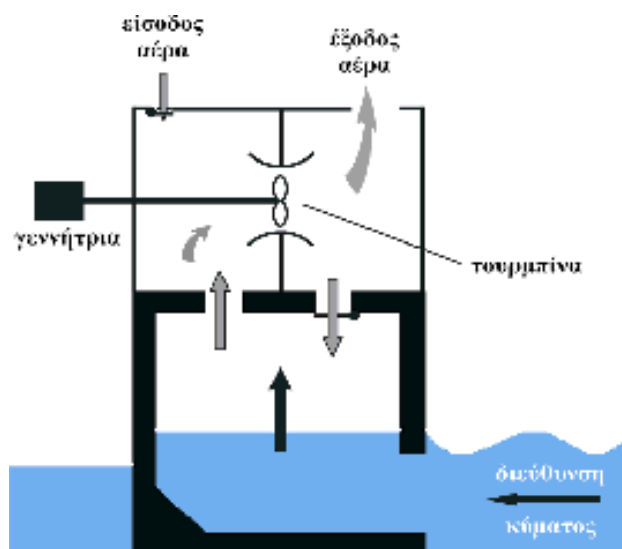
Σχήμα 1-9: Εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας.

1.5.6 Ενέργεια ωκεανών

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας:

i. από τα κύματα

Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει μια τουρμπίνη, όπως φαίνεται στο σχήμα Σχήμα 1-10. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνη έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κ.λ.π.



Σχήμα 1-10: Σχηματική διάταξη παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τον κυματισμό της θάλασσας.

ii. από τις παλίρροιες

Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται σε εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο.

Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Ο πρώτος παλιρροϊκός σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στις ακτές της Βορειοδυτικής Γαλλίας το 1962 και οι υδροστρόβιλοί του μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το νερό κινείται κατά τη μια ή την άλλη κατεύθυνση. Άλλοι τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents και στον κόλπο Fuhdy της Νέας Σκωτίας.

iii. από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού

Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.

1.6 Η ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

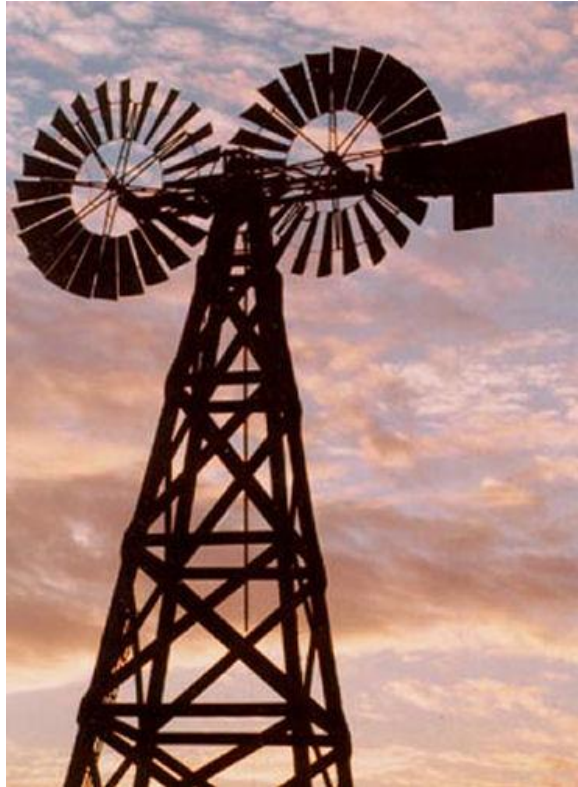
Η αξιοποίηση και η τιθάσευση του ανέμου απασχόλησε τον άνθρωπο για χιλιάδες χρόνια και ήταν ο ρυθμιστής για την ανάπτυξη και την εξέλιξη της ανθρωπότητας καθώς χρησιμοποιήθηκε τόσο στην ναυτιλία και την άρδευση όσο και στις αγροτικές καλλιέργειες. Η οικονομική και παραγωγική δραστηριότητα των αρχαίων χρόνων τονίζεται με την αναφορά στον διαχειριστή των ανέμων τον Αίολο στην Ελληνική μυθολογία, παρόμοιες αναφορές υπάρχουν σε κάθε αρχαίο πολιτισμό. Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον άνθρωπο για την κίνηση των ιστιοφόρων πλοίων, για εμπορικές συναλλαγές, συγκοινωνία και εξερευνήσεις. Ιστορικές αναφορές δείχνουν πως και άλλοι λαοί εκτός των Ελλήνων όπως οι Πέρσες, οι Αιγύπτιοι και οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν αιολικές μηχανές.

Οι κατασκευαστικές τεχνικές δείχνουν ότι χρησιμοποιούνταν ανεμόμυλοι με κάθετους άξονες προκειμένου να αξιοποιούν τις δυνατότητες του αέρα. Ανεμόμυλοι τέτοιας τεχνοτροπίας υπήρχαν κυρίως στις Αραβικές χώρες. Ενώ την ιδέα της τεχνοτροπίας αυτής την μετέφεραν αργότερα στην Ευρώπη οι σταυροφόροι. Στην Ευρώπη όμως, κυριάρχησαν οι ανεμόμυλοι οριζόντιου άξονα, με μια ελαφριά κλίση των πτερυγίων, στις αρχές του Μεσαίωνα . Η χρήση της αιολικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα, στη Δυτική Ευρώπη ξεκίνησε από την Αγγλία και την Ολλανδία τον Μεσαίωνα. Ανεμόμυλοι την εποχή αυτή χρησιμοποιούνταν κυρίως για άντληση νερού και για άλεσμα (Σχήμα 1-11).



Σχήμα 1-11: Ανεμόμυλος του Μεσαίωνα.

Περισσότεροι από 200.000 ανεμόμυλοι είχαν εγκατασταθεί στη Βόρεια Ευρώπη. Στην Γερμανία στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, χρησιμοποιούνταν ακόμα περίπου 20.000 ανεμόμυλοι. Από τον 19^ο αιώνα και μετά, κυρίως στην Αμερική, διαδόθηκε ένας τύπος ανεμόμυλου γνωστός ως «western wheel» (Σχήμα 1-12) .Οι κατασκευές αυτές είχαν πολλά πτερύγια, περίπου 20, ήταν φτιαγμένες από ατσάλι, και χρησιμοποιούνταν κυρίως για άρδευση. Τον 20^ο αιώνα, ως τα τέλη της δεκαετίας του 1930, είχαν εγκατασταθεί περίπου 8 εκατομμύρια τέτοιες μονάδες.



Σχήμα 1-12: Ανεμόμυλος τύπου «western wheel»

Η πρώτη απόπειρα να χρησιμοποιηθεί αιολική μηχανή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έγινε στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, με την ανεμογεννήτρια συνεχούς ρεύματος ισχύος 12 kW η οποία κατασκευάστηκε από τον Brush στις ΗΠΑ.

Εντούτοις για μια μεγάλη περίοδο του 20^{ου} αιώνα υπήρχε ελάχιστο ενδιαφέρον για την χρήση της αιολικής ενέργειας. Κάποιες αξιοσημείωτες εξαιρέσεις ήταν η ανεμογεννήτρια των αμερικανών Smith–Putnam η οποία κατασκευάστηκε στις ΗΠΑ το 1941 (Σχήμα 1-13). Η εντυπωσιακή για την εποχή της μηχανή είχε ατσάλινο ρότορα διαμέτρου 53m και ονομαστική ισχύ 1250 kW.



Σχήμα 1-13: Η ανεμογεννήτρια Smith – Putnam.

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

Η ξαφνική αύξηση της τιμής του πετρελαίου στην δεκαετία του '70 υποκίνησε μια σειρά από κυβερνητικά χρηματοδοτούμενα προγράμματα για έρευνα και ανάπτυξη ανεμογεννητριών. Στις ΗΠΑ αυτό οδήγησε στην κατασκευή μια σειράς πρωτοτύπων ανεμογεννητριών ξεκινώντας το 1975 με το μοντέλο Mod-0 διαμέτρου 38m , ισχύος 100KW και καταλήγοντας στο μοντέλο Mod-5B το 1987, με διάμετρο 97.5 m και ονομαστικής ισχύος 2.5 MW (Σχήμα 1-14)



Σχήμα 1-14: Το μοντέλο Mod-5B.

Παρόμοιες προσπάθειες έγιναν στην Σουηδία, Γερμανία και Βρετανία. Την εποχή αυτή υπήρχε μεγάλη αβεβαιότητα ως προς το ποια κατασκευαστική αρχιτεκτονική θα αποδειχθεί οικονομικά αποδοτικότερη, έτσι διερευνήθηκαν διάφορες καινοτόμες ιδέες. Στον Καναδά κατασκευάστηκε η ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα Darrieus με ισχύ 4MW (Σχήμα 1-15).



Σχήμα 1-15: Ανεμογεννήτρια Darrieus.

Ανεξάρτητα με την εξέλιξη στον τομέα των μεγάλων ανεμογεννητριών, σε χώρες όπως οι ΗΠΑ, η Δανία, η Γερμανία έγιναν ιδιαίτερες προσπάθειες από τις κυβερνήσεις να χρησιμοποιηθεί η αιολική ενέργεια σε μεγάλη κλίμακα.

Στην Καλιφόρνια τη δεκαετία του 1980 εγκαταστάθηκαν ανεμογεννήτριες με συνολική ισχύ περίπου 1500 MW. Στα πρώτα στάδια εξέλιξης χρησιμοποιούσαν ανεμογεννήτριες της τάξης των 50 kW. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν ανεμογεννήτριες της τάξης των 100, 150, 250 και 500 kW. Η εξέλιξη αυτή έκανε δυνατή την μαζική παραγωγή των ανεμογεννητριών. Γι' αυτό και μπορεί να παρατηρηθεί μια βελτίωση στον τομέα της αξιοπιστίας των συστημάτων αυτών. Σταδιακά η αύξηση του μεγέθους των ανεμογεννητριών οδήγησε σε μονάδες της τάξης των 500 – 1500 kW με πολλές δυνατότητες, ενώ σήμερα τα κοινά μεγέθη απόδοσης για Α/Γ είναι 2.5 - 3MW.

1.7 ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

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 τον πλανήτη μας εκτιμάται σε $3.6 \cdot 10^9$ MW, ενώ σύμφωνα με εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας, ποσοστό περίπου 1% της αιολικής ενέργειας, που ανέρχεται σε $0.6Q$ (ή $175 \cdot 10^{12}$ 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 πολικής και εύκρατης ζώνης, ιδιαίτερα κοντά στις ακτές.

Η ισχύς, N , αέριας δέσμης σταθερής ταχύτητας, V , και πυκνότητας, ρ , που διέρχεται από μία νοητή επιφάνεια εμβαδού, A , κάθετη στο διάνυσμα της ταχύτητας δίνεται σαν:

$$N_A = 0.5 \cdot \rho \cdot V^3 \cdot A \quad (1.1)$$

Συνεπώς η ισχύς του ανέμου είναι ανάλογη του κύβου της ταχύτητάς του, με αποτέλεσμα μικρές μεταβολές της ταχύτητας (π.χ. κατά 10%) να οδηγούν σε σημαντικές μεταβολές της διαθέσιμης ισχύος του ανέμου (π.χ. κατά 33%).

Ακόμα και στην ιδανική περίπτωση που οι μηχανικές απώλειες ή οι απώλειες λόγω στροβιλισμού μπορούν να παραληφθούν, είναι αδύνατον να δεσμευτεί ολόκληρη η ισχύς του ανέμου, δεδομένου ότι:

- Ο αέρας που διαπερνά την πτερωτή μιας αιολικής μηχανής πρέπει να διαθέτει την απαραίτητη ταχύτητα ώστε να απομακρύνεται από αυτή, βάσει του θεωρήματος διατήρησης μάζας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ένα αξιόλογο μέρος της κινητικής ενέργειας του προσπίπτοντος επί της πτερωτής ανέμου να χάνεται με τη δέσμη διαφυγής του ανέμου.
- Ένα μικρό ποσοστό της μάζας του αέρα, που θα διήρχετο από την επιφάνεια που καταλαμβάνει η πτερωτή, στην πραγματικότητα παρακάμπτει την

πτερωτή, λόγω της απόκλισης των γραμμών ροής που η πτερωτή επιβάλλει στον προσπίπτοντα άνεμο.

- Τέλος, ένα μικρό επίσης μέρος της κινητικής ενέργειας του ανέμου παραμένει ανεκμετάλλευτο, δεδομένης της χρονικής υστέρησης προσανατολισμού της πτερωτής στη διεύθυνση του ανέμου. Βέβαια σήμερα με τα σύγχρονα (ηλεκτρονικής βάσης) συστήματα προσανατολισμού η απόκριση της ανεμογεννήτριας είναι σχεδόν ακαριαία. Παρόλα αυτά, σε περιπτώσεις διαρκούς μεταβολής της διεύθυνσης του ανέμου, είναι αναπόφευκτη η απώλεια μέρους της ενέργειάς του.

Εκτός από τους παραπάνω προφανείς λόγους μειωμένης αξιοποίησης του αιολικού δυναμικού μιας αέριας δέσμης, μηχανικές αλλά και αεροδυναμικές απώλειες επάνω στις πτερυγώσεις καθώς και άλλοι περιορισμοί, μειώνουν σημαντικά σε μέγεθος και σε εύρος το πραγματικά αξιοποιήσιμο αιολικό δυναμικό μιας περιοχής. Πιο συγκεκριμένα:

Ένα μέρος της κινητικής ενέργειας του ανέμου μένει αναξιοποίητο, δεδομένου ότι για μικρές ταχύτητες ανέμου η ανεμογεννήτρια δεν περιστρέφεται, επειδή οι απώλειες κενού φορτίου της εγκατάστασης (τριβές στον άξονα, στο μειωτήρα κ.λ.π.) είναι μεγαλύτερες από την παραγόμενη ισχύ της μηχανής. Συνεπώς η παραγωγή ωφέλιμης ενέργειας ξεκινάει όταν η ισχύς του ανεμοκινητήρα υπερβεί τις απώλειες νεκρού φορτίου " N_c ", όπου η ταχύτητα του ανέμου στην οποία αρχίζει η λειτουργία της ανεμογεννήτριας λέγεται ταχύτητα ενάρξεως λειτουργίας " V_c " (cut-in speed). Συνεπώς, για ταχύτητες ανέμου μικρότερες της ταχύτητας ενάρξεως λειτουργίας η ισχύς του ανέμου παραμένει αναξιοποίητη. Μάλιστα οι μικρές ταχύτητες του ανέμου παρουσιάζουν σαφώς μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης από τις υψηλότερες ταχύτητες. Θα έπρεπε συνεπώς να ληφθεί υπόψιν και η πιθανότητα εμφάνισης ταχυτήτων ανέμου μικρότερων της ταχύτητας ενάρξεως λειτουργίας. Πράγματι ακόμα και για περιοχές με αξιόλογο (π.χ. Κύθνος) ή ιδιαίτερα υψηλό αιολικό δυναμικό (π.χ. Καλιβάρι Άνδρου) η συχνότητα εμφάνισης ταχυτήτων ανέμου κάτω των 4m/sec είναι της τάξεως του 40% για την Κύθνο και της τάξεως του 17% για την Άνδρο.

Οι τυπικές τιμές της ταχύτητας ενάρξεως λειτουργίας κυμαίνονται μεταξύ των 2.5m/sec (1.5 Beaufort) και των 5m/sec (3.0 Beaufort). Συνήθως οι μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας ενάρξεως λειτουργίας από τις μικρότερες και ελαφρύτερες αιολικές μηχανές. Τα τελευταία χρόνια δίνεται ολοένα και μεγαλύτερη έμφαση στην αξιοποίηση και των χαμηλών ταχυτήτων του ανέμου, λόγω της σημαντικής συχνότητας εμφάνισης ασθενών ανέμων (χαμηλότερων από 3 Beaufort), με τη μετατόπιση των χαρακτηριστικών λειτουργίας των ανεμογεννητριών σε μικρότερες τιμές ταχύτητας ανέμου.

Από μια τιμή της ταχύτητας του ανέμου και μετά η ωφέλιμη ισχύς της ανεμογεννήτριας παραμένει για λειτουργικούς λόγους περίπου σταθερή, με αποτέλεσμα να χάνουμε έτσι ένα σημαντικό μέρος της ενέργειας του ανέμου ιδιαίτερα σε υψηλές ταχύτητες (π.χ. $V=15\text{m/sec}$ και πάνω). Πράγματι, η ωφέλιμη ισχύς του ανεμοκινητήρα αυξάνεται με την ταχύτητα του ανέμου μέχρι να φθάσουμε την ονομαστική ισχύ N_o της μηχανής. Από το σημείο αυτό και μετά διατηρούμε, συνήθως μέσω του μηχανισμού ελέγχου του βήματος της πτερωτής, σταθερή (ή περίπου σταθερή) την ισχύ εξόδου της ανεμογεννήτριας. Η μικρότερη ταχύτητα του ανέμου στην οποία έχουμε ονομαστική ισχύ της μηχανής ονομάζεται ονομαστική ταχύτητα (rated-speed) και συμβολίζεται σαν V_R .

Συνεπώς, για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες της ονομαστικής ταχύτητας λειτουργίας, ($V > V_R$) ένα σημαντικό ποσοστό της αιολικής ενέργειας παραμένει

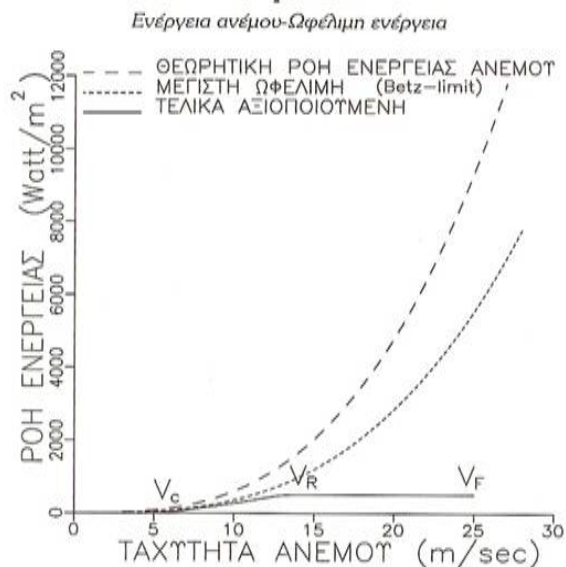
αναξιοποίητο. Οι τυπικές τιμές της ονομαστικής ταχύτητας λειτουργίας ανεμογεννητριών κυμαίνονται μεταξύ 8m/sec και 14m/sec. Τέλος, πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι δεν είναι απόλυτα ακριβής η προσέγγιση, ότι στην εν λόγω περιοχή ταχυτήτων η ισχύς της ανεμογεννήτριας παραμένει σταθερή. Από την άλλη πλευρά βέβαια δεν ακολουθεί με κανένα τρόπο τον κυβικό νόμο μεταβολής της ισχύος του ανέμου.

Επιπλέον για λόγους ασφάλειας της εγκατάστασής επιβάλλεται η διακοπή της λειτουργίας της μηχανής σε πολύ υψηλές ταχύτητες ανέμων (π.χ. άνω των 9 Beaufort). Η ταχύτητα διακοπής λειτουργίας V_F (cut-off speed) κυμαίνεται μεταξύ των 20m/sec για μικρές μηχανές, έως και 30m/sec για ιδιαίτερα στιβαρές κατασκευές. Στην περίπτωση αυτή, ολόκληρη η ισχύς του ανέμου παραμένει τελείως ανεκμετάλλευτη. Βέβαια για να μην υπερεκτιμήσουμε την εν λόγω απώλεια ενέργειας, θα πρέπει επίσης να λάβουμε υπόψη και την πιθανότητα εμφάνισης ανέμων αντίστοιχης εντάσεως στις υπό μελέτη περιοχές μας. Έτσι στις παραπάνω περιοχές ταχύτητας έχουμε για μεν την Κύθνο μέση πιθανότητα εμφάνισης ανέμων εντάσεως μεγαλύτερης των 20m/sec ίση με 0.4%, ενώ για την Άνδρο η πιθανότητα αυτή είναι της τάξεως του 1.5%.

Η ισχύς εξόδου μιας ανεμογεννήτριας υπολείπεται της αντίστοιχης ισχύος του ανέμου και λόγω απωλειών ενέργειας επάνω στα πτερύγια της πτερωτής. Τέτοιες είναι: οι απώλειες λόγω τριβών ρευστού και πτερυγίων (απώλειες οριακού στρώματος), απώλειες λειτουργίας εκτός σημείου σχεδιασμού των πτερυγίων (off-design loss), καθώς και οι απώλειες στροβιλισμού. Το σύνολο των εν λόγω απωλειών ονομάζονται "αεροδυναμικές απώλειες της πτερωτής" μιας ανεμογεννήτριας και αντιπροσωπεύουν σημαντικό ποσοστό της διαθέσιμης κινητικής ενέργειας. Οι αεροδυναμικές απώλειες μιας ανεμογεννήτριας μετρώνται μέσω του αεροδυναμικού συντελεστή ισχύος C_p της πτερωτής, τυπικές τιμές του οποίου κυμαίνονται στο 0.35 έως 0.45 και δε μπορούν να υπερβούν τη θεωρητική τιμή 0.593 (=16/27), που αποτελεί και το όριο του Betz.

Επιπλέον των αεροδυναμικών απωλειών πρέπει να αφαιρεθούν οι μηχανικές απώλειες στον άξονα, στο μειωτήρα καθώς και οι ηλεκτρικές απώλειες της γεννήτριας, προτού να καταλήξουμε στην τελική ισχύ εξόδου της εγκατάστασης. Οι ηλεκτρομηχανολογικές απώλειες είναι σχετικά περιορισμένες (της τάξεως του 3% με 10%) και λαμβάνονται συνήθως ίσες με τις απώλειες κενού φορτίου.

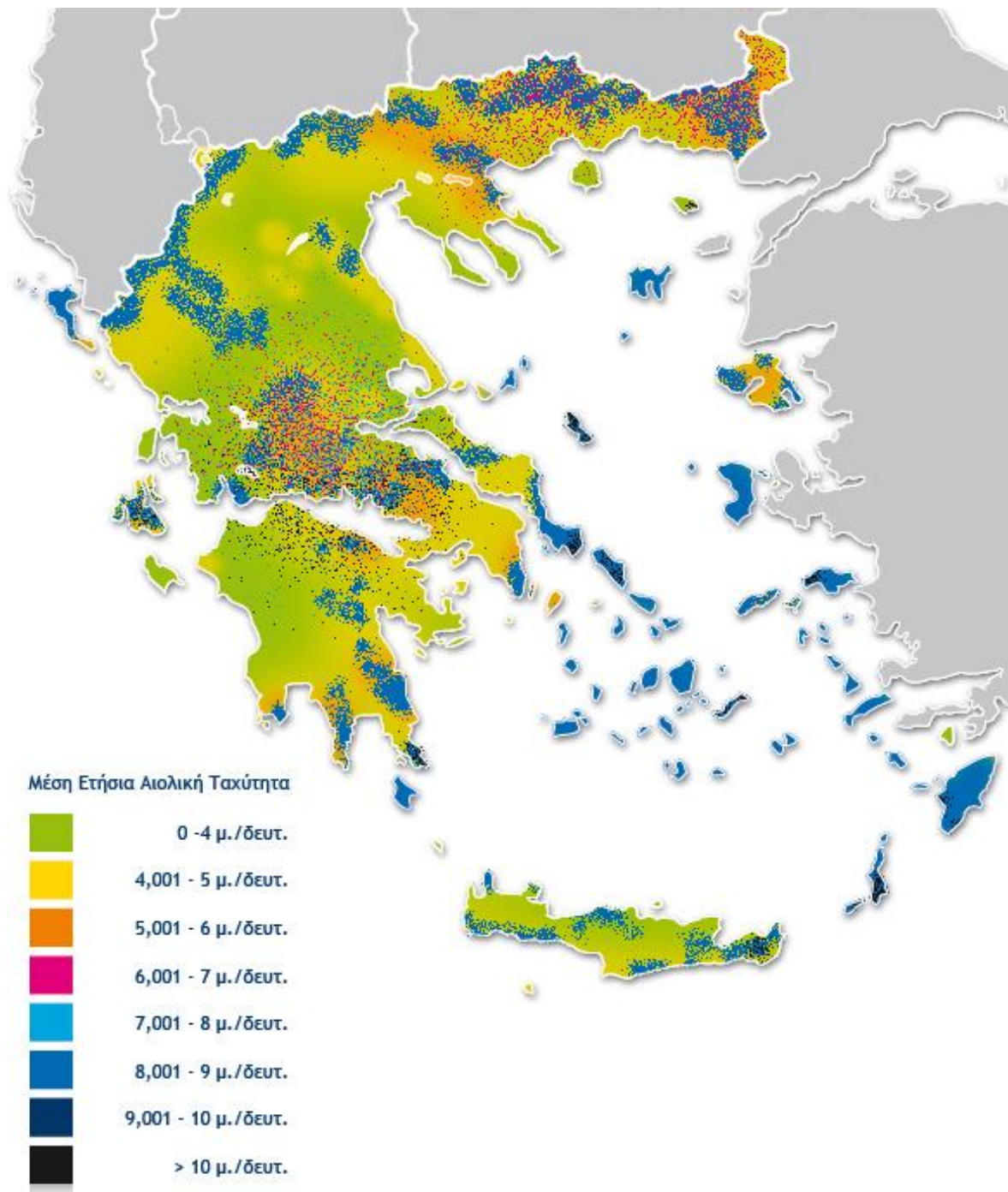
Τέλος, για την ακριβή εκτίμηση της παραγόμενης ενέργειας από την κινητική ενέργεια του ανέμου, είναι χρήσιμο να ληφθεί υπόψη και η διαθεσιμότητα, δ , της εγκατάστασης. Στον όρο διαθεσιμότητα περιλαμβάνουμε τον πραγματικό αριθμό των ωρών ετήσιας λειτουργίας μιας αιολικής εγκατάστασης, λαμβανομένου υπόψη και τυχόν απρόβλεπτων βλαβών οι οποίες θέτουν εκτός λειτουργίας την εγκατάσταση, καθώς και τυχόν προγραμματισμένων διακοπών λειτουργίας της εγκατάστασης για την απαραίτητη περιοδική συντήρησή της. Όπως είναι κατανοητό, οι απώλειες ενέργειας σε περίπτωση βλαβών εξαρτώνται και από την ένταση του ανέμου κατά την περίοδο επισκευής, γι' αυτό η τακτική συντήρηση προγραμματίζεται συνήθως σε περιόδους άπνοιας, ώστε να ελαχιστοποιείται η απώλεια της παραγόμενης αιολικής ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια η αξιοπιστία των αιολικών μηχανών έχει βελτιωθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα η διαθεσιμότητα των αιολικών πάρκων να έχει αυξηθεί. Για παράδειγμα η μέση διαθεσιμότητα των αιολικών πάρκων των Η.Π.Α. αυξήθηκε από 60% το 1981 σε πλέον του 95% σήμερα.



Σχήμα 1-16: Διάγραμμα ταχύτητας ανέμου – ισχύος ανεμογεννήτριας.

1.8 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ Α/Γ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η χώρα μας βρίσκεται στην εύκρατη ζώνη όπου επικρατούν καλής ταχύτητας άνεμοι, συγχρόνως όμως έχει και ευνοϊκή διαμόρφωση εδάφους που συμβάλει στην επαύξηση της αιολικής ενέργειας. Οι παράκτιες περιοχές, και ιδιαίτερα οι νησιωτικές, προσφέρονται για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου, και εξασφαλίζουν ικανοποιητικό συντελεστή χρησιμοποίησης της εγκατάστασης. Τα αποτελέσματα μακρόχρονων μετρήσεων κατέδειξαν την υψηλή ποιότητα του αιολικού δυναμικού στα περισσότερα νησιά του Αιγαίου, καθώς και σε αρκετά παραθαλάσσια μέρη της ηπειρωτικής χώρας. Το αιολικό δυναμικό της χώρας παρουσιάζεται στον χάρτη στο Σχήμα 1-17.



Σχήμα 1-17: Αιολικό δυναμικό της Ελλάδας.

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '80 οι εγκατεστημένες ανεμογεννήτριες στην Ελλάδα δεν υπερέβαιναν τις 35, ενώ τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του '90 παρατηρήθηκε μια σημαντικότερη αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος. Το 1994 θεσμοθετήθηκε το νέο νομοθετικό πλαίσιο για την αξιοποίηση των ΑΠΕ, Ν.2244/94. Τον Οκτώβριο του 2010 η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων στη χώρα ξεπέρασε τα 1000 MW σύμφωνα με στοιχεία του ΔΕΣΜΗΕ.

1.9 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΟΓΟΣ

Σε όλες τις χώρες του κόσμου όπου εγκαθίστανται αιολικά πάρκα ή και άλλες τεχνολογίες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, υπάρχουν αντιδράσεις. Έτσι και στην Ελλάδα υπάρχουν πολλοί πολέμιοι της αιολικής ενέργειας, οι οποίοι αντιτίθενται στις ανεμογεννήτριες για λόγους κατά βάση περιβαλλοντολογικούς. Οι επικριτές της αιολικής ενέργειας είναι ως επί το πλείστον οικολογικές οργανώσεις και μεμονωμένα άτομα ευαισθητοποιημένα στα ζητήματα προστασίας του περιβάλλοντος.

Οι άνθρωποι αυτοί θεωρούν ότι η όποια συνεισφορά των ανεμογεννητριών είναι αμελητέα και πανάκριβη, με δυσανάλογα μικρό το όφελος για το κλίμα, ενώ σε τοπικό επίπεδο, η εγκατάστασή τους υποβαθμίζει το περιβάλλον με την ηχητική και οπτική όχληση, δημιουργεί σκίαση, απειλεί τα πουλιά της περιοχής που προσκρούουν στις ανεμογεννήτριες, ενώ εκπέμπεται και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Επιγραμματικά, αναφέρετε ότι οι ανεμογεννήτριες:

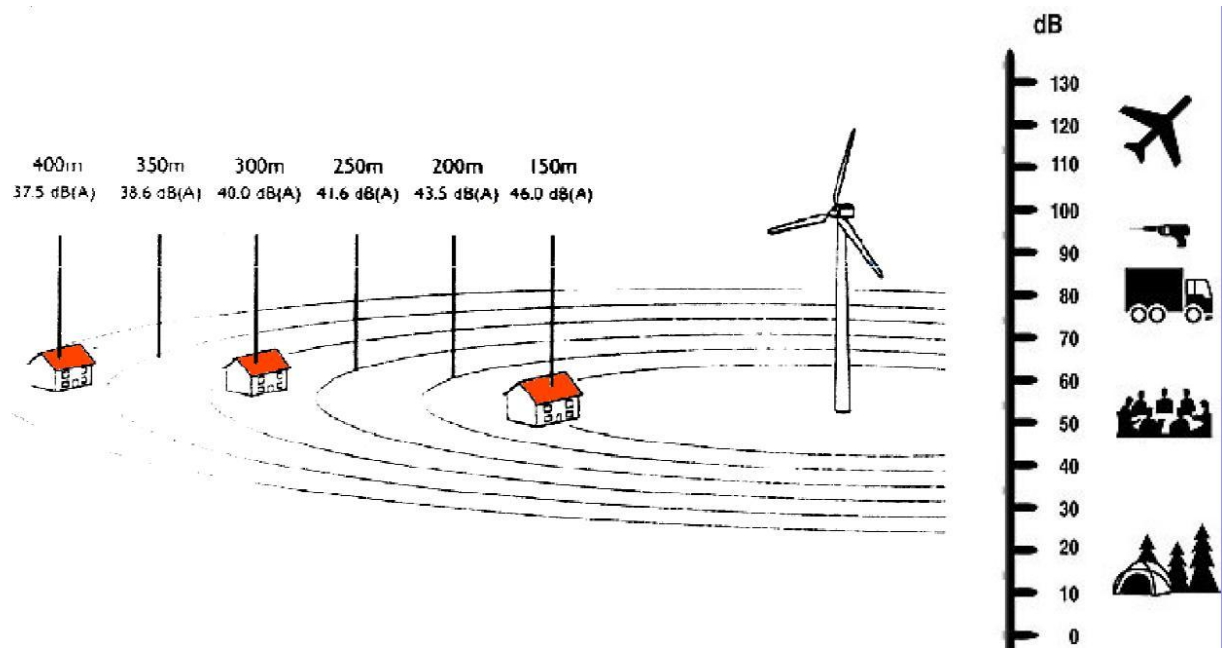
- Υπάγονται στην αναποτελεσματικότητα της αιολικής ενέργειας, που από τη φύση της είναι απρόβλεπτη και αυξομειούμενη χωρίς να αποθηκεύεται.
- Δεν μπορεί να μας απαλλάξουν από τις ρυπογόνες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες αλλά λειτουργούν συμπληρωματικά (Laughton & P. Spare 2001).
- Προκαλούν ανισορροπία στο σύστημα διανομής απαιτώντας πολυδάπανα συμπληρωματικά δίκτυα και αυτοματισμούς που τα πληρώνει ο φορολογούμενος (Έκθεση ΕοΝ Γερμανίας).
- Όσο αυξάνει η συμμετοχή τους απαιτούν την κατασκευή πρόσθετων συμβατικών σταθμών για εφεδρεία, των οποίων η παράλληλη υπολειτουργία κοστίζει οικονομικά και περιβαλλοντικά (*The Guardian* 4-06-2008).
- Το όφελος τους πολλές φορές υπολογίζεται βάσει της εγκατεστημένης ισχύος και όχι της παραγόμενης που είναι το 30% της πρώτης (J.Etherington *The Wind Farm Scam*).
- Το πολυδιαφημιζόμενο θετικό τους ισοζύγιο διοξειδίου συνυπολογίζοντας τα παραπάνω και τις τοπικές επιβαρύνσεις παύει να είναι τόσο ελκυστικό.
- Οι τεράστιες επιδοτήσεις που απολαμβάνουν θα είχαν ασύγκριτα θεαματικότερα αποτελέσματα επενδύμενες σε άλλους τομείς.
- Προσφέρουν θέσεις εργασίας ουσιαστικά εκεί που παράγονται οι μηχανές, με ελάχιστες στους τόπους εγκατάστασης σε αναλογία τριάντα προς μία (EWEA).
- Απειλούν με πρωτοφανή τρόπο την βιοποικιλότητα αλώνοντας και κατακερματίζοντας τα τελευταία οχυρά χλωρίδας και πανίδας.
- Αλλοιώνουν ανεπανόρθωτα το ανάγλυφο παραβιάζοντας την κλίμακα του τοπίου, του σημαντικότερου εθνικού μας πόρου, με χωματουργικά, δρόμους, θεμελιώσεις, δίκτυα ρεύματος, μηχανές ύψους 150 μ κλπ.
- Μειώνουν την αξία γης και ακινήτων γύρω από τα πάρκα.
- Έρχονται σε αντιπαράθεση με τον τουρισμό και ιδιαίτερα τις εναλλακτικές μορφές αυτού.
- Δημιουργούν παρεμβολές στις τηλεπικοινωνίες και στα Radar (*RAF 2005 AWC open reports*), ένα ζήτημα που είναι σημαντικό μιας και μιλάμε και για το ανατολικό Αιγαίο.

Σε ορισμένες περιπτώσεις οι φόβοι που εκφράστηκαν ακούγονται μάλλον υπερβολικοί και κάποιες φορές, εξωπραγματικοί. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, οι ενστάσεις που υπάρχουν στην εγκατάσταση ανεμογεννητριών ή αιολικών πάρκων έχουν κάποια βάση και χρειάζονται επιπλέον διερεύνηση. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι όμως από τη φύση τους πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον. Η ανάπτυξη των ΑΠΕ γίνεται με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Εξάλλου, αποτελεί βασική προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, της μόλυνσης του πλανήτη και της απεξάρτησης από το πετρέλαιο.

Σαν κατασκευές φτιαγμένες από τον άνθρωπο, οι ανεμογεννήτριες επηρεάζουν σε ένα βαθμό το περιβάλλον που τοποθετούνται, είτε μεμονωμένα είτε πολλές μαζί για τη δημιουργία αιολικού πάρκου.

Η μη ορθή μελέτη και εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου, μπορεί όντως να δημιουργήσει κάποια προβλήματα. Είναι αυτονόητο λοιπόν ότι κάθε εγκατάσταση αιολικού πάρκου πρέπει να συνοδεύεται από μελέτη που θα εξασφαλίζει την βέλτιστη ενσωμάτωση των ανεμογεννητριών στο τοπίο. Υπάρχει ήδη συσσωρευμένη εμπειρία και πολύ θετικά παραδείγματα σε όλο τον κόσμο. Η άποψη περί της αισθητικής των ανεμογεννητριών είναι άλλωστε υποκειμενική. Αν όμως γίνει η σύγκριση ανάμεσα σε έναν πετρελαϊκό ή λιγνιτικό σταθμό και ένα αιολικό πάρκο, είναι εμφανές ότι το τελευταίο υπερτερεί και αισθητικά.

Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες είναι πολύ ήσυχες και γίνονται όλο και πιο αθόρυβες. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1-18, το επίπεδο του ήχου σε απόσταση 40 μέτρων από μία ανεμογεννήτρια είναι 50-60 dB. Σε απόσταση 200μέτρων, η στάθμη του θορύβου πέφτει στα 44 dB, στα υπήνεμα της ανεμογεννήτριας, για ταχύτητα ανέμου 8 m/s. Σημειώνεται ότι για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες των 8 m/s, ο θόρυβος που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες καλύπτεται από το φυσικό θόρυβο του αέρα. Το συγκεκριμένο επίπεδο θορύβου που αναφέρθηκε (44 dB) αντιστοιχεί σε αυτό μιας ήσυχης μικρής πόλης, και δεν αποτελεί βέβαια πηγή όχλησης. Δεδομένης δε της απαιτούμενης ελάχιστης απόστασης των ανεμογεννητριών από γειτονικούς οικισμούς (500m), το επίπεδο αυτό είναι ακόμη χαμηλότερο, της τάξης των 30-35 dB, που αντιστοιχεί στο επίπεδο θορύβου ενός ήσυχου καθιστικού, και που καλύπτεται πλήρως από φυσικές και τεχνικές πηγές θορύβου εγγύτερες προς τους οικισμούς.



Σχήμα 1-18: Επίπεδα θορύβου από την λειτουργία ανεμογεννήτριας σε αποστάσεις 150 έως 400m (πηγή: ΚΑΠΕ).

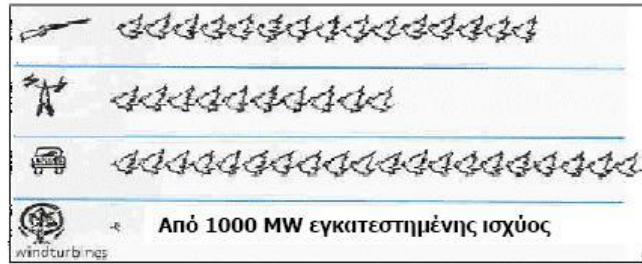
Όσον αφορά στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, σύμφωνα με το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, σπανίως εμφανίζονται τέτοια προβλήματα. Κύρια αιτία ανησυχίας των οικολογικών οργανώσεων σχετικά με τις εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας είναι οι πιθανές θανατώσεις πουλιών από πρόσκρουση στις ανεμογεννήτριες αλλά και σε εναέρια καλώδια και άλλες εγκαταστάσεις που πλαισιώνουν τα αιολικά πάρκα. Ως δευτερεύοντα προβλήματα αναφέρονται η υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων και η ενόχληση των πουλιών από την κατασκευή και λειτουργία των αιολικών πάρκων. Ωστόσο δεν φαίνεται η εγκατάσταση και λειτουργία των αιολικών πάρκων να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στους πληθυσμούς των πουλιών. Στο Σχήμα 1-19 παρουσιάζονται αναλογικά τα αίτια θνησιμότητας πουλιών ετησίως.



Παρατήρηση κινήσεων πουλιών στην Ολλανδία



Παρατήρηση κινήσεων πουλιών στη Δανία



Θάνατοι πουλιών από διάφορες αιτίες ετησίως

Σχήμα 1-19: Θάνατοι πουλιών από διάφορες αιτίες ετησίως.

Τα τελευταία χρόνια τείνει να επικρατήσει στη χώρα μας μια συντηρητική λογική ισοπεδωτικών αποκλεισμών, οι οποίοι επιβάλλονται εκ των προτέρων χωρίς εξέταση των ιδιαιτεροτήτων της κάθε περιοχής εγκατάστασης ΑΠΕ και της κάθε τεχνολογίας και κυρίως χωρίς εξέταση των ουσιαστικών επιπτώσεων της κάθε τεχνολογίας σε κάποιο προστατευόμενο αντικείμενο. Οι ισοπεδωτικοί αυτοί αποκλεισμοί επιβάλλονται με την επίκληση της προστασίας της βιοποικιλότητας ή με την επίκληση ειδικών μελετών οι οποίες δεν είχαν λάβει καν υπόψη τους τις ΑΠΕ και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο ίδιο το προστατευόμενο αντικείμενο. Όπως είναι πλέον γνωστό η κλιματική αλλαγή αποτελεί την πρώτιστη απειλή ενάντια στη βιοποικιλότητα:

- Σύμφωνα με τα δυσμενή σενάρια εξέλιξης των κλιματικών αλλαγών για το 2050, το 15 - 37% όλων των ειδών θα εξαφανιστούν (Letters to Nature, Nature 427 – 2004, Extinction risk from climate change, Chris D. Tomas)
- Έως το 2100, οι κλιματικές αλλαγές θα προκαλέσουν την εξαφάνιση του 30% των πτηνών στεριάς. Από αυτά το 79% δεν θεωρείται σήμερα ότι απειλείται με εξαφάνιση (Climate change will significantly increase bird extinctions, By Louis Bergeron, Stanford University, December 5, 2007)
- Η κλιματική αλλαγή είναι η βασική αιτία θνησιμότητας των πτηνών: Στις ΗΠΑ η ετήσια θνησιμότητα πτηνών είναι 0,269 θάνατοι/GWh που παράγεται από αιολικά πάρκα. Αυξάνεται σε 0,416 θάνατοι/GWh που παράγεται από πυρηνική ενέργεια και εκτοξεύεται σε 5,18 θάνατοι/GWh που παράγεται από ορυκτά καύσιμα. (Sovacool B.K. "Contextualizing avian mortality: a preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil fuel and nuclear electricity", Energy Policy 2009)
- Σύμφωνα με τον κλιματικό άτλαντα της ορνιθοπανίδας (Βασιλική Εταιρία για την Προστασία των Πτηνών της Μεγάλης Βρετανίας), ως το τέλος του αιώνα κάθε ευρωπαϊκό είδος θα μετατοπιστεί περί τα 550χλμ βορειοανατολικά εξαιτίας της αλλαγής του κλίματος. Αυτό σημαίνει ότι πολλά είδη πουλιών που σήμερα ζουν στη χώρα μας, σε λίγες δεκαετίες θα μετατοπιστούν έξω από τα βόρεια σύνορά της.

- Σύμφωνα με την πλέον πρόσφατη παρουσίαση της European Environment Agency (EEA, Copenhagen 2010), οι παρατηρήσεις 120 ειδών πτηνών σε 18 διαφορετικές Ευρωπαϊκές χώρες, δείχνουν ότι 92 είδη πουλιών χαρακτηρίζονται από μείωση πληθυσμού εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής τα τελευταία 20 ετη.

Συμπερασματικά, θα λέγαμε ότι όταν υπάρχει ουσιαστική και επιστημονική τεκμηρίωση ότι συγκεκριμένα προστατευτέα αντικείμενα ή στοιχεία βιοποικιλότητας υψηλής αξίας, σε συγκεκριμένες περιοχές προστασίας, θίγονται από συγκεκριμένες τεχνολογίες ΑΠΕ, τότε αυτά θα πρέπει να διατηρούνται και να προστατεύονται. Δεν είναι όμως επιστημονικά και λογικά ορθό στη κρίσιμη περίοδο που διανύουμε να αποκλείονται όλες οι τεχνολογίες ΑΠΕ, όλων των μεγεθών, απο περιοχές που έχουν ενταχθεί σε καθεστώς προστασίας με βάση μελέτες (ή και χωρίς μελέτες) που δεν έχουν καν εξετάσει την περίπτωση των ΑΠΕ, αφού συντάχθηκαν σε χρονική στιγμή που η ενεργειακή εναλλακτική των ΑΠΕ δεν συζητείτο σοβαρά απο το ενεργειακό κατεστημένο. Ούτε είναι ορθό να αποκλείονται έργα ΑΠΕ χωρίς εξέταση των ουσιαστικών περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Είναι γνωστό ότι η μια σίγουρη και αξιόπιστη μέθοδος αντιμετώπισης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής είναι η εξοικονόμηση ενέργειας σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη δυνατή αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με ΑΠΕ.

1.10 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δρομολογήσει τα τελευταία χρόνια μια σειρά από δράσεις και μέτρα ώστε να επιτύχει την περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνολογιών ΑΠΕ, στο πλαίσιο αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Η πιο σημαντική πρωτοβουλία, που σχετίζεται με την ανάπτυξη μιας κοινής ευρωπαϊκής πολιτικής για την ενέργεια συμφωνήθηκε στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο το Μάρτιο του 2007, αναφέρεται σε ένα συνολικό Ενεργειακό Σχέδιο Δράσης.

Το κοινό Σχέδιο Δράσης, βασίζεται στην πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για μια «Ενεργειακή Πολιτική για την Ευρώπη» και καθορίζει ένα μελλοντικό πολιτικό πρόγραμμα προτείνοντας παράλληλα και αντίστοιχες δράσεις για την επίτευξη στόχων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για αειφορία, ανταγωνιστικότητα και ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού.

Η ουσιαστική υλοποίηση των πολιτικών και των δράσεων που προβλέπονται σε αυτή την απόφαση και των δεσμεύσεων των κρατών-μελών, συνοψίζονται στην επίτευξη των στρατηγικών στόχων μέχρι το 2020 που αναφέρονται συνήθως ως τα τρία εικοσάρια «20-20-20», και είναι:

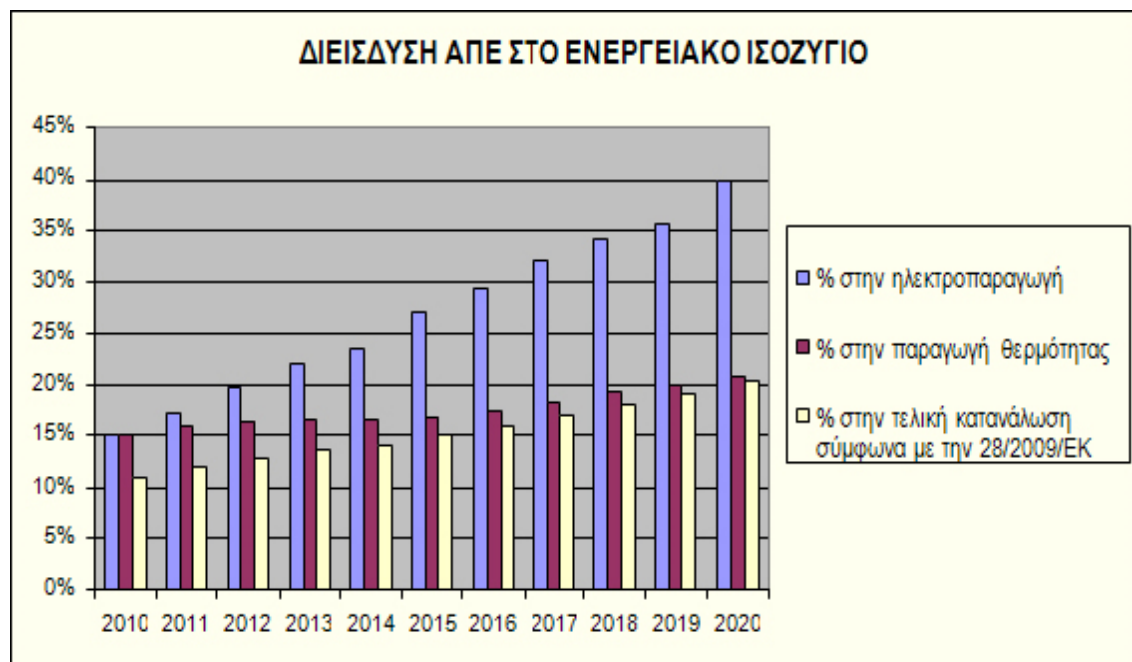
- 20% εξοικονόμηση ενέργειας
- 20% μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, σε σχέση με το 1990
- 20% συμμετοχή των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Με την νέα αυτή Ευρωπαϊκή Οδηγία για τις ΑΠΕ και σύμφωνα με τον υπ' αριθμόν 3851/2010 νόμο που την ενσωματώνει στην ελληνική νομοθεσία

«Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής», η χώρα μας καλείται να συμβάλλει στους εξής στόχους:

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.
- Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

Στο επόμενο γράφημα (Σχήμα 2-20) παρουσιάζεται μια πιθανή ποσοτική υλοποίηση του νόμου στη διάρκεια των 10 χρόνων. Για την υλοποίηση του άρθρου που απαιτεί 40% διείσδυση των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, θα πρέπει σύμφωνα με τον ΔΕΣΜΗΕ να εγκατασταθούν 8 – 10 GW αιολικής ισχύος στα επόμενα 10 χρόνια.



Σχήμα 1-20: Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι για την επόμενη δεκαετία σύμφωνα με το νόμο 3851/2010.

Καθώς η ενέργεια βρίσκεται στο κέντρο της φιλοσοφίας της βιώσιμης ανάπτυξης και οι ενεργειακές επιλογές επηρεάζουν όλες τις πλευρές της κοινωνικής και οικονομικής δραστηριότητας, οι συνήθειες πρακτικές για τη χρήση της ενέργειας πρέπει να αλλάξουν. Στις νησιωτικές περιοχές η χρήση συμβατικών καυσίμων δημιουργεί περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα, ενώ παράλληλα η

γεωγραφική θέση και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των νησιών δεν επιτρέπουν την εύκολη ενσωμάτωσή τους στα ηπειρωτικά ενεργειακά δίκτυα.

Έτσι, η διάδοση των ΑΠΕ και η εφαρμογή βιώσιμων ενεργειακών λύσεων αναδύεται ως βασική προτεραιότητα για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των νησιών και την ασφάλεια του ενεργειακού τους εφοδιασμού, την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, την προστασία του περιβάλλοντος, τη συμβολή τους στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

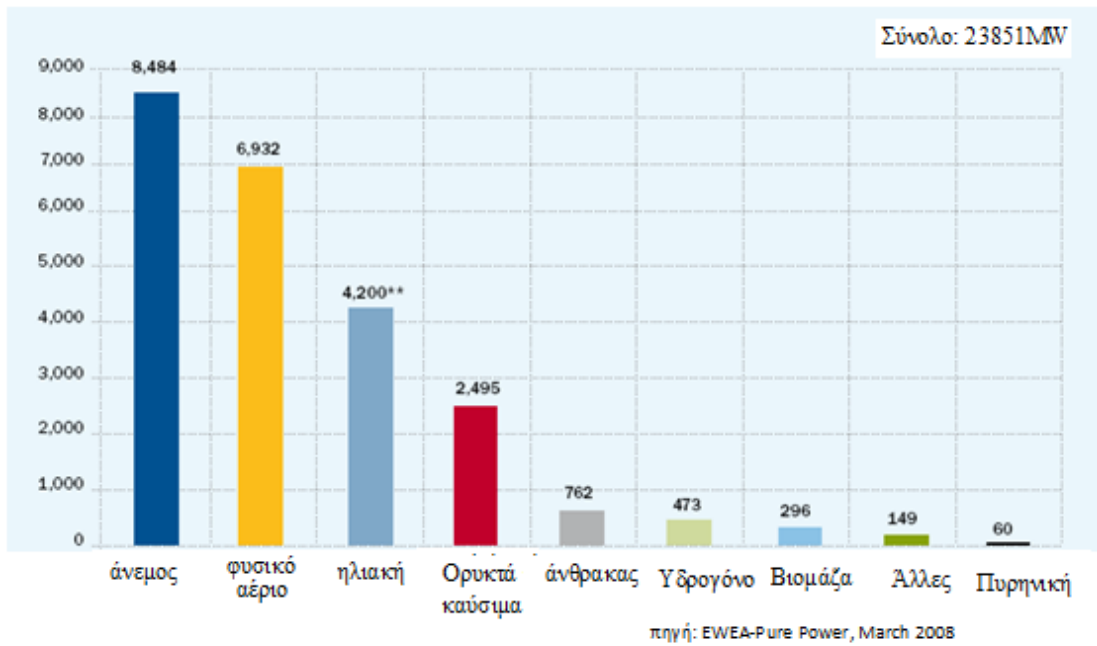
Τα ενεργειακά προβλήματα που αντιμετωπίζουν σήμερα τα νησιά εστιάζονται στα εξής:

- έχουν μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο και υψηλό κόστος συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής
- παρουσιάζουν σημαντικό πρόβλημα παροχής ηλεκτρικής ισχύος και μη ικανό φορτίο βάσης λόγω έλλειψης μεγάλων βιομηχανικών μονάδων
- εμφανίζουν υψηλούς ρυθμούς αύξησης της ενεργειακής ζήτησης ανά έτος
- έχουν μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις ζήτησης φορτίου, κυρίως λόγω της αυξημένης οικιστικής ανάπτυξης και αύξησης του τουριστικής κίνησης

Παράλληλα οι περιοχές αυτές διαθέτουν υψηλό ανεκμετάλλευτο δυναμικό ΑΠΕ και σημαντικά περιθώρια για εξέλιξη. Λόγω αυτού του γεγονότος, μπορούν να αποτελέσουν και τα εργαστήρια για την ανάπτυξη της καινοτομίας, την υλοποίηση της περιφερειακής ανάπτυξης, τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, τη συγκράτηση των τοπικών πληθυσμών, την προώθηση νέων επιχειρηματικών σχημάτων με τη συμμετοχή της τοπικής αυτοδιοίκησης και μικροεπενδυστών.

Τα νησιά μπορούν επομένως να συμβάλουν καθοριστικά στη γενικότερη προσπάθεια για την Πράσινη Ανάπτυξη. Βασικό κλειδί στην πορεία αυτή αποτελεί ο Ενεργειακός Σχεδιασμός που ξεκινά από την καταγραφή του σημερινού ενεργειακού προφίλ, εξετάζει το πραγματικό ενεργειακό δυναμικό, διερευνά τις κατάλληλες τεχνολογίες, εντοπίζει τα κοινωνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα, προτείνει τρόπους αντιμετώπισης των θεσμικών εμποδίων και εξετάζει τις επιλογές για τη χρηματοδότηση των έργων.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί το στυλοβάτη των ΑΠΕ, τουλάχιστον στην Ευρώπη όπως φαίνεται και από το Σχήμα 1-21 που δείχνει τη νέα εγκατεστημένη αιολική ισχύ κατά το 2008. Στη χώρα μας οι επικρατούσες συνθήκες στο Αιγαίο, στο Κρητικό και στο Καρπάθιο πέλαγος, στις ανατολικές ακτές της κεντρικής και νότιας Χώρας, στη Β. Κρήτη και στα Δωδεκάνησα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ευνοούν την εμφάνιση ανέμων σημαντικής εντάσεως, ικανής να διατηρεί σε λειτουργία ανεμογεννήτριες για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Έτσι, ευνοείται η εγκατάσταση αιολικών πάρκων που συνήθως συνδέονται σε δίκτυα μέσης και υψηλής τάσης ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ τους. Παρόμοιες συνθήκες ισχύουν και στο εσωτερικό της χώρας και ιδιαίτερα στις ορεινές περιοχές. Οι συνθήκες στις περιοχές αυτές είναι αρκετά ευνοϊκές διότι υπάρχει συνεχής πνοή καλής ποιότητας ανέμου, ελάχιστες μέρες άπνοιας και ανυπαρξία τυφώνων. Ενδεικτικά παρουσιάζουμε στον Ελλαδικό χώρο τις συγκεντρώσεις αιολικής παραγωγής, Σχήμα 1-22, από επίσημα στοιχεία του ΔΕΣΜΗΕ.



Σχήμα 1-21: Νέα εγκατεστημένη ισχύς στην ΕΕ το 2008.

**ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ
ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΣΤΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ
ΣΥΣΤΗΜΑ**

ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (Φεβ. 2009):

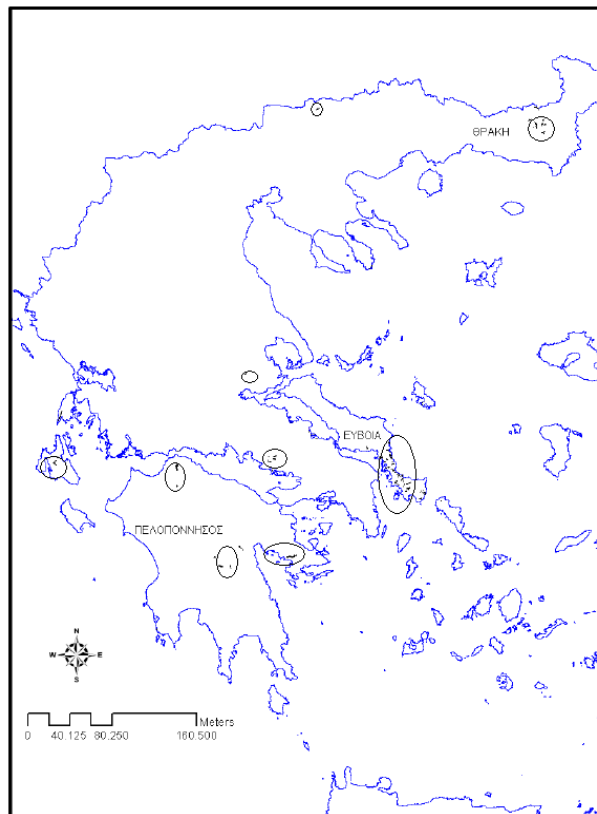
67 Α/Π ισχύος 831 MW (733 Α/Γ)

Κυρίως σε

Εύβοια: 212 MW

Θράκη : 197 MW

Πελοπόννησο: 249 MW



Σχήμα 1-22: Συγκεντρώσεις αιολικής παραγωγής στην Ελλάδα (πηγή ΔΕΣΜΗΕ).

1.11 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η ιστορία της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας και γενικότερα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα ξεκινάει το 1985 με την πρώτη προσπάθεια νομοθετικής ρύθμισης θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Ωστόσο η ουσιαστική προσπάθεια ένταξης των ΑΠΕ στο ενεργειακό σύστημα γίνεται αρκετά χρόνια αργότερα (1994) με το νόμο 2244/94 που αποτελεί έναν νόμο πραγματικής στήριξης των ΑΠΕ με ευνοϊκούς για τους επενδυτές όρους. Ο νόμος αυτός με τις θετικές ρυθμίσεις του (τιμολόγια και μακροχρόνια συμβόλαια με τη ΔΕΗ) έδωσε το εναρκτήριο λάκτισμα για την εμφάνιση έντονου επενδυτικού ενδιαφέροντος από ιδιωτικές εταιρείες στο χώρο της αιολικής ενέργειας, των μικρών υδροηλεκτρικών και της εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο ιδιωτικός τομέας ανταποκρίθηκε στην πρόκληση της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας, καθώς το σύνολο των αιτήσεων μέχρι το 2000 ξεπέρασε τα 3000MW, ενώ τον Απρίλιο του 2004 φτάνει τα 16000MW. Παρά το έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον, υπάρχει σημαντική υστέρηση στην υλοποίηση των έργων. Έτσι η εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα φθάνει τα 100MW μόλις το 1999, ενώ το 2004 τα 410MW. Η δαιδαλώδης αδειοδοτική διαδικασία, η καθυστέρηση που παρατηρείται στην ενίσχυση και επέκταση των δικτύων σε περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό, αλλά και οι έντονες αντιδράσεις των κατοίκων σε ορισμένες περιοχές είναι οι αιτίες που προκαλούν καθυστερήσεις και αποτροπή των επενδύσεων. Πολλές υπουργικές αποφάσεις έχουν επιχειρήσει να απλοποιήσουν την αδειοδοτική διαδικασία αλλά πολλές φορές στην πράξη παρατηρείται έντονη κωλυσιεργία από τις δημόσιες υπηρεσίες να τις εφαρμόσουν.

Αδειοδοτική διαδικασία

Οι απαιτούμενες άδειες για την εγκατάσταση και εκμετάλλευση ενός αιολικού πάρκου είναι τρεις:

- Άδεια Παραγωγής
- Άδεια Εγκατάστασης
- Άδεια Λειτουργίας

Η Άδεια Παραγωγής εκδίδεται από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), και όχι από το (πρώην) Υπουργείο Ανάπτυξης, όπως γινόταν παλαιότερα, με αποτέλεσμα το δραστικό περιορισμό της διάρκειας της σχετικής αδειοδοτικής διαδικασίας, σε δύο μόνο μήνες. Η αίτηση συνοδεύεται από την οργανωτική και διοικητική δομή του αιτούντος, πρόσφατες λογιστικές καταστάσεις, συνοπτική παρουσίαση του επιχειρηματικού σχεδίου, στοιχεία για τις σημαντικού ύψους αναμενόμενες μεταγενέστερες εκροές κεφαλαίου συμπεριλαμβανομένων και των εκρών για την αποξήλωση των εγκαταστάσεων, χρονοδιάγραμμα κατασκευής, πρόγραμμα εκτέλεσης δοκιμών και αναμενόμενη ημερομηνία έναρξης εμπορικής λειτουργίας της εγκατάστασης παραγωγής, μελέτη σκοπιμότητας, χρηματοοικονομική αξιολόγηση, χρηματοδοτικό σχήμα.

Η Άδεια Εγκατάστασης εκδίδεται από την οικεία περιφέρεια και είναι η πιο χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία, αφού απαιτεί την έγκριση από πολλούς φορείς.

Προϋπόθεση για την υποβολή αιτήματος για την έκδοση άδειας εγκατάστασης, είναι η κατοχή ισχύουσας άδειας παραγωγής. Η αίτηση υποβάλλεται στον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας. Στα πλαίσια της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, απαιτείται προκαταρκτική περιβαλλοντική εκτίμηση και αξιολόγηση (ΠΠΕΑ), καθώς και η έγκριση περιβαλλοντικών όρων (ΕΠΟ) και Έγκριση Επέμβασης (Ε.Επ.) σε δάσος ή δασική έκταση.

Σύμφωνα με την Υ.Α1726/2003 για την έκδοση της ΠΠΕΑ απαιτούνται γνωμοδοτήσεις από το Δασαρχείο, την Πολεοδομική Υπηρεσία, Εφορείες Αρχαιοτήτων, Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος, Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, Γενικό Επιτελείο Εθνικής Άμυνας, Ελληνικό Οργανισμό Τουρισμού, Οργανισμοί Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος της Αθήνας ή της Θεσσαλονίκης (αποκλειστικά για τα έργα στις περιοχές δικαιοδοσίας αυτών των οργανισμών).

Για την έκδοση της ΕΠΟ απαιτούνται γνωμοδοτήσεις από το Νομαρχιακό Συμβούλιο της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης και τους Οργανισμούς Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος της Αθήνας ή της Θεσσαλονίκης (αποκλειστικά για τα έργα στις περιοχές δικαιοδοσίας αυτών των οργανισμών).

Για την έκδοση της Ε.Επ απαιτείται γνωμοδότηση από το δασαρχείο, ενώ συνεκτιμάται και η μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Σύμφωνα με την Υ.Α.2000/2002 εκτός από τις γνωμοδοτήσεις των παραπάνω οργανισμών, η αίτηση συνοδεύεται:

- i. Από τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:5000, όπου φαίνεται η χωροθέτηση.
- ii. Νόμιμο αποδεικτικό στοιχείο αποκλειστικής χρήσης του χώρου εγκατάστασης.
- iii. Περιγραφή και τοπογραφικά διαγράμματα όπου φαίνεται η σύνδεση με το δίκτυο.
- iv. Πιστοποιητικό έγκρισης του συγκεκριμένου τύπου ανεμογεννήτριας από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

Με την έκδοση της άδειας εγκατάστασης, ο επενδυτής προχωράει στην εγκατάσταση του έργου.

Η Άδεια Λειτουργίας εκδίδεται με την ολοκλήρωση του έργου και αποτελεί μια τυπική, μη χρονοβόρα διαδικασία.

Με πρόσφατες ρυθμίσεις του νόμου «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των ΑΠΕ για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής» συγχωνεύονται, σε μία ενιαία διαδικασία, οι διαδικασίες Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ), όπως δηλαδή γίνεται σε όλα τα υπόλοιπα Ευρωπαϊκά κράτη. Η ολοκληρωμένη νομοθετική παρέμβαση, στοχεύει πρωτίστως στην αναδιάρθρωση και ορθολογικοποίηση της -τελείως ανορθολογικής και αδιέξοδης μέχρι σήμερα- αδειοδοτικής διαδικασίας των έργων ΑΠΕ, έτσι ώστε :

- να μειωθεί δραστικά ο συνολικός χρόνος αδειοδότησής τους, από 3-5 χρόνια που είναι σήμερα, σε λιγότερο από 8-10 μήνες συνολικά,
- να τηρούνται αυστηρά οι τιθέμενες από το νόμο προθεσμίες γνωμοδότησης/αδειοδότησης,
- να καθορίζεται επακριβώς το περιεχόμενο κάθε γνωμοδότησης, ώστε να διασφαλίζεται η διαφάνεια, η ισότιμη μεταχείριση και η αποτελεσματικότητα της όλης αδειοδοτικής διαδικασίας,

- να υπάρχει παράλληλη, κατά το δυνατόν, ροή των επί μέρους σταδίων της αδειοδοτικής διαδικασίας, που μέχρι σήμερα εκτελούνται σειριακά.

Στον ακόλουθο πίνακα αναφέρονται οι σημαντικότερες εκ των νομοθετικών ρυθμίσεων.

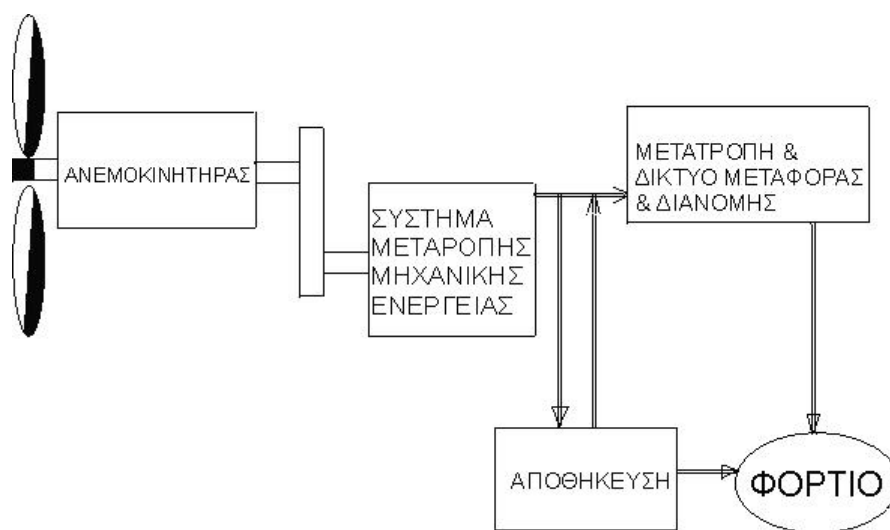
Πίνακας 1-2: Πίνακας σημαντικότερων νομοθετικών ρυθμίσεων σχετικά με ΑΠΕ και Α/Γ.

Χρονολογία	Νόμος/Υπουργική	Περιγραφή
1950	Νόμος 1648/1950	Ιδρυτικός Νόμος Δ.Ε.Η.
1985	Νόμος 1559/1985	«Ρύθμιση θεμάτων εναλλακτικών μορφών ενέργειας και ειδικών θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις»
1994	Νόμος 2244/1994	«Ρύθμιση θεμάτων Ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις»
1998	Νόμος 2647/1998	«Μεταβίβαση αρμοδιοτήτων στις περιφέρειες και την αυτοδιοίκηση και άλλες διατάξεις»
1999	Νόμος 2773/1999	«Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας-Ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις»
2001	Νόμος 2941/2001	«Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. «ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ» και άλλες διατάξεις»
2002	Νόμος 3010/2002	«Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος»
2006	Νομος 3468/2006	«Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»
2009	Νόμος 3734/2009	«Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις»
2010	Νόμος 3851/2010	«Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μια εικόνα των βασικών μερών που αποτελούν μια διάταξη εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας καθώς και της ροής ενέργειας παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 2-1: Διάταξη εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας.

Η διάταξη αυτή είναι μια γενική περίπτωση όπου η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανικό έργο με τη βοήθεια μιας αεροδυναμικής διάταξης (έλικα). Αυτό το μηχανικό έργο μπορεί να είναι άμεσα εκμεταλλεύσιμο (πχ άντληση νερού). Στη γενικότερη περίπτωση όμως απαιτείται η μετατροπή του σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας, είτε γιατί δεν χρειαζόμαστε μόνο μηχανικό έργο, είτε γιατί ο τόπος κατανάλωσης δεν συμπίπτει με τον τόπο που είναι εγκατεστημένος ο ανεμοκινητήρας, δηλαδή απαιτείται η μεταφορά της δεσμευόμενης αιολικής ενέργειας. Η πιο συνηθισμένη είναι αυτή της μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια λόγω της εύκολης μεταφοράς αλλά και της δυνατότητας που έχει να μετατρέπεται σε οποιαδήποτε άλλη μορφή ενέργειας θέλουμε.

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

Ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός πλήρους συστήματος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας περιλαμβάνει:

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

2.2 ΤΥΠΟΙ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Οι επικρατέστεροι τύποι ανεμογεννητριών ταξινομούνται κυρίως σύμφωνα με τον προσανατολισμό των αξόνων τους σε σχέση με τη ροή του ανέμου. Ως εκ τούτου οι βασικότεροι τύποι ανεμοκινητήρων είναι οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου και οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα.

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα έχουν συνήθως τον άξονα περιστροφής του δρομέα παράλληλο προς την κατεύθυνση του ανέμου, ενώ σε μερικές περιπτώσεις έχουμε ανεμογεννήτριες των οποίων ο άξονας είναι παράλληλος προς την επιφάνεια της γης και κάθετος προς την κατεύθυνση του ανέμου (cross-wind).

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

Οι υφιστάμενες αιολικές μηχανές κατατάσσονται επίσης σε ταχύστροφες και σε αργόστροφες, ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής ή ακριβέστερα ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου περιστροφής, λ . Η ταχύτητα περιστροφής μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται εκτός από τις αεροδυναμικές παραμέτρους και από το μέγεθος των πτερυγίων της μηχανής, δεδομένου ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη λόγοι στατικής αντοχής, φαινόμενα δυναμικών καταπονήσεων και ταλαντώσεων, φυγόκεντρες δυνάμεις κ.λ.π. Επιπλέον, καθοριστικό ρόλο παίζει και η διασύνδεση ή μη της εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο, δεδομένου ότι σε περιπτώσεις σύγχρονων

ηλεκτρογεννητριών διασυνδεδεμένων με το δίκτυο, το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει να έχει τη συχνότητα του κεντρικού δικτύου, δηλαδή 50Hz για τη χώρα μας και τις χώρες της Ε.Ε., και 60Hz για τις Η.Π.Α.

Ένα μέγεθος που συνδέεται άμεσα με τη γωνιακή ταχύτητα μιας πτερωτής είναι η παράμετρος περιστροφής (tip-speed ratio) της μηχανής λ :

$$\lambda = \frac{\omega_a \cdot R}{V_w} \quad (2.1)$$

όπου R είναι η ακτίνα της πτερωτής, ω_a η γωνιακή ταχύτητα του δρομέα και V_w η ταχύτητα του ανέμου.

Ανάλογα με τη μηχανική ισχύ N_a που παρέχουν οι ανεμοκινητήρες στην έξοδο τους κατατάσσονται από πλευράς μεγέθους σαν:

- Μικροί όταν η ονομαστική τους ισχύς κυμαίνεται μεταξύ 50W και 30KW
- Μεσαίοι όταν η ονομαστική τους ισχύς κυμαίνεται μεταξύ 30KW και 200KW
- Μεγάλοι όταν η ονομαστική τους ισχύς κυμαίνεται μεταξύ 200KW και 4MW.

Τέλος, οι υφιστάμενες μηχανές κατατάσσονται και βάσει του αριθμού των πτερυγίων που διαθέτει η πτερωτή τους. Ως εκ τούτου οι ανεμογεννήτριες διαχωρίζονται σε πολυπτέρυγες, όπως οι παραδοσιακοί ανεμόμυλοι χαμηλών ταχυτήτων περιστροφής, και οι ολιγοπτέρυγοι που αποτελούν την πλειοψηφία των σύγχρονων ανεμογεννητριών οριζοντίου και κάθετου άξονα, με αριθμό πτερυγίων που κυμαίνεται από ένα έως τρία πτερύγια σε κάθε πτερωτή.

Τέλος μια παράμετρος που χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό και την ταξινόμηση των ανεμοκινητήρων είναι η παράμετρος στιβαρότητας, σ (solidity), της κατασκευής, η οποία για μηχανές οριζοντίου άξονα ορίζεται σαν:

$$\sigma = \frac{zcR}{\pi R^2} \quad (2.2)$$

ενώ για μηχανές κάθετου άξονα ορίζεται σαν:

$$\sigma = \frac{zc}{R} \quad (2.3)$$

όπου z ο αριθμός των πτερυγίων της πτερωτής, R η ακτίνα της πτερωτής και c η χορδή (πλάτος) των πτερυγίων της πτερωτής. Η παράμετρος στιβαρότητας δίνει το λόγο του εμβαδού όλων των πτερυγίων, προς το εμβαδόν της επιφάνειας που διαγράφουν τα πτερύγια κατά την περιστροφή τους.

Κατά κανόνα οι ανεμογεννήτριες μεγάλης στιβαρότητας είναι μηχανές αργόστροφες, αποδίδοντας τη μέγιστη ισχύ τους σε χαμηλές τιμές της παραμέτρου περιστροφής λ , έχουν σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης, ενώ είναι ανθεκτικές με ελάχιστες ανάγκες συντηρήσης. Επιπλέον χαρακτηρίζονται από σχετικά μεγάλες δυνάμεις στα πτερύγια και συνεπώς μεγάλη ροπή στον άξονα περιστροφής, ξεκινούν μόνες τους όταν αρχίζει να φυσάει ο άνεμος, είναι κατάλληλες για αγροτικές χρήσεις (π.χ. άντληση νερού) και στηρίζονται σε σχετικά απλή τεχνολογία.

Αντίθετα, οι ανεμογεννήτριες μικρής στιβαρότητας είναι μηχανές πολύστροφες, αποδίδοντας τη μέγιστη ισχύ τους σε μεγάλες τιμές της παραμέτρου λ , διαθέτουν σχετικά μεγάλο βαθμό απόδοσης, είναι πλέον ευπαθείς από τις μηχανές μεγάλης στιβαρότητας και χαρακτηρίζονται από σχετικά μικρές δυνάμεις στα πτερύγια και περιορισμένη ροπή στον άξονά τους. Επίσης, οι μηχανές αυτές απαιτούν κάποτε εξωτερική βοήθεια για να ξεκινήσουν, είναι κατάλληλες για ηλεκτροπαραγωγή και θεωρούνται προϊόντα αρκετά υψηλής τεχνολογίας, ιδιαίτερα οι μεγαλύτερες από αυτές.

2.2.1 Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα έχουν τον άξονά τους παράλληλο προς την επιφάνεια της γης και συνήθως παράλληλο και με τη διεύθυνση του ανέμου (head on), αν και κάποτε η διεύθυνσή τους είναι κάθετη προς τη διεύθυνση του ανέμου (cross-wind). Επιπλέον οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα μπορούν να έχουν ένα, δύο, τρία ή ακόμα και πενήντα πτερύγια, ενώ η πτερωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμη διάταξη (up-wind), δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμη διάταξη (down-wind), δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου.

Στην κατηγορία των αιολικών μηχανών οριζοντίου άξονα περιλαμβάνονται και οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σήμερα (περίπου το 90% του συνόλου των εγκατεστημένων παγκοσμίως μηχανών), και οι οποίες ονομάζονται ανεμογεννήτριες τύπου έλικας. Οι μηχανές αυτές εμφανίζουν σημαντικές περιφερειακές ταχύτητες, ενώ τα πτερύγιά τους, που είναι συνήθως ένα έως τρία, βασίζονται στην τεχνολογία των αεροπορικών ελίκων αλλά και σ' αυτή της έλικας των ελικοπτέρων. Ένα από τα βασικά τους χαρακτηριστικά είναι ο μεγάλος αεροδυναμικός βαθμός απόδοσής τους, αλλά και η βέλτιστη λειτουργία τους σε μεγάλες τιμές της παραμέτρου περιστροφής λ , με αποτέλεσμα την αρκετά μεγάλη σχετική ταχύτητα προσβολής των πτερυγίων από τον άνεμο. Οι πρώτοι δρομείς που κατασκευάστηκαν είχαν πλατιά πτερύγια, ενώ σήμερα κατασκευάζονται μμηχανές με αρκετά λεπτά πτερύγια.

Στις μηχανές τύπου έλικας γίνεται ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής της πτερωτής και για λόγους προστασίας της σε περιπτώσεις πολύ ισχυρών ανέμων, είτε με τη χρήση ειδικών αεροδυναμικών βοηθημάτων στην άκρη των πτερυγίων είτε με τη στροφή της πτερωτής υπό γωνία σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου. Η αιολική ισχύς από την πτερωτή μεταφέρεται είτε μέσω συστήματος μετάδοσης κίνησης (οδοντωτοί τροχοί) στη βάση του πύργου στήριξης, είτε από τον άξονα της πτερύγωσης στην ηλεκτρική γεννήτρια, που βρίσκεται συνήθως και αυτή στον πύργο στήριξης. Οι μηχανές οριζοντίου άξονα συνεχίζουν να αναπτύσσονται και σήμερα, ενώ έχουν κατασκευασθεί ή κατασκευάζονται μονάδες με ισχύ, που κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες Watt έως και αρκετά MW.

Τέλος, έχουν επινοηθεί και προταθεί κατά καιρούς διάφορες μηχανές τύπου "cross-wind", οι οποίες όμως δεν είναι περισσότερο αποτελεσματικές σε σύγκριση με τους άλλους τύπους. Αντίθετα οι συγκεκριμένοι ανεμοκινητήρες παρουσιάζουν μειονεκτήματα όσον αφορά τη συλλογή της παραγόμενης ενέργειας καθώς και τη ρύθμιση της διεύθυνσης της πτερωτής σε περιπτώσεις έντονων μεταβολών της διεύθυνσης του ανέμου.

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία κατασκευής ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα συνοψίζονται στα εξής:

- i. Ο βέλτιστος σχεδιασμός του δρομέα, με σκοπό τη βελτίωση των χαρακτηριστικών λειτουργίας της μηχανής. Στόχος είναι να βρεθεί ένας βέλτιστος σχεδιασμός των παραμέτρων που συνθέτουν το δρομέα της ανεμογεννήτριας, δηλαδή του αριθμού πτερυγίων, της διανομής του πλάτους του πτερυγίου, της κατάλληλης αεροτομής που θα χρησιμοποιηθεί για τη σύνθεση του πτερυγίου, της συστροφής του πτερυγίου, της διανομής βήματος κ.λ.π.
- ii. Η απόδοση του δρομέα σε ειδικές καταστάσεις, όπως η εκκίνηση, η επιτάχυνση, η επιβράδυνση καθώς και άλλα δυναμικά φαινόμενα.
- iii. Η ρύθμιση του βήματος των πτερυγίων και οι αντίστοιχοι αυτοματισμοί, που σχετίζονται με την έναρξη και την παύση λειτουργίας του ανεμοκινητήρα. Η ρύθμιση του βήματος επιτυγχάνεται με διάφορα συστήματα, όπως με υδραυλικούς και ηλεκτρομηχανικούς σερβομηχανισμούς ή με ηλεκτρονικά συστήματα.
- iv. Ο προσανατολισμός του άξονα του δρομέα προς την κατεύθυνση του ανέμου, ο οποίος επιτυγχάνεται είτε με τη χρήση καθοδηγητικού πτερυγίου, είτε με κατάλληλα αισθητήρια που καταγράφουν τη στιγμιαία διεύθυνση του ανέμου και προσανατολίζουν ηλεκτρονικά με τη χρήση σερβομηχανισμού την πτερωτή στη διεύθυνση του ανέμου.
- v. Προβλήματα αντοχής των υλικών που αφορούν στην κατασκευή και στην έδραση των πτερυγίων.
- vi. Ο καθορισμός του ύψους του δρομέα επάνω από το έδαφος. Γενικά παρουσιάζεται αύξηση της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος, με παράλληλη όμως αύξηση και της δαπάνης κατασκευής της εγκατάστασης.
- vii. Η Κατασκευή του πύργου στηρίξεως και θεμελίωσή του. Ο πύργος στηρίξεως πρέπει να συνδυάζει το κατάλληλο αεροδυναμικό σχήμα με τη σταθερότητα και την αντοχή σε χρονικά μεταβαλλόμενες καταπονήσεις.
- viii. Η μελέτη του πεδίου ροής πίσω από την πτερωτή και η επίδραση του στο περιβάλλον καθώς και σε πιθανές επόμενες ανεμογεννήτριες.

2.2.2 Ανεμογεννήτριες κατακορύφου άξονα

Συνοπτικά οι ανεμογεννήτριες κατακορύφου 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 κατακορύφου άξονα, όμως ο δρομέας τύπου Darrieus είναι ο περισσότερο εξελιγμένος και ως εκ τούτου και ο περισσότερο διαδεδομένος. Με τη χρήση μηχανών του τύπου αυτού δίνεται η δυνατότητα να κατασκευασθούν μηχανές με ονομαστική ισχύ της τάξεως του ενός MW. Ένα άλλο πλεονέκτημα των μηχανών κατακορύφου άξονα είναι ότι οι μηχανισμοί και η γεννήτρια βρίσκονται κατά κανόνα στο έδαφος, με αποτέλεσμα να απαιτείται ελαφρύτερος 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 κατακορύφως. 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 ενταντήρων, 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. Συνοπτικά είναι αποδεκτό ότι οι ανεμογεννήτριες κατακορύφου άξονα τύπου Darrieus θεωρούνται συγκρίσιμες οικονομικοτεχνικά με τις πλέον σύγχρονες ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα.

Αντίστοιχα οι ανεμογεννήτριες τύπου Savonius παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή ισχύος, μικρή ακραία περιφερειακή ταχύτητα, περιορισμένο μέγεθος αλλά και εξαιρετική απλότητα και οικονομικότητα κατασκευής.

2.2.3 Βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη A/G

Κατά το σχεδιασμό και την επιλογή μιας εγκατάστασης αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας, οι παράγοντες οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψιν και χαρακτηρίζουν μια ανεμογεννήτρια που πρόκειται να επιλεγθεί είναι:

- Η διάμετρος πτερωτής της ανεμογεννήτριας D
Καθορίζει το εμβαδόν το οποίο σαρώνει η πτερωτή και συνεπώς την ενεργό επιφάνεια δια μέσου της οποίας συλλέγεται η αιολική ενέργεια.
- Το ύψος τοποθέτησης H για μηχανές οριζοντίου άξονα ή ύψος του δρομέα για μηχανές κατακορύφου άξονα.
Αυξανόμενου του ύψους αυξάνεται το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό αλλά και το βάρος και το κόστος της εγκατάστασης. Επιπλέον, υπάρχουν και περιορισμοί ελαχίστου ύψους, που βασίζονται στο γεγονός ότι τα πτερύγια δεν πρέπει να βρίσκονται πολύ κοντά στο έδαφος για να αποφεύγονται φαινόμενα αλληλεπίδρασης εδάφους.
- Το πλήθος των πτερυγίων z της πτερωτής
Συνδέεται και με τη στιβαρότητα σ της μηχανής. Στις σημερινές εφαρμογές χρησιμοποιούνται κατά κανόνα τριπτέρυγες ή διπτέρυγες πτερωτές.
- Το είδος των πτερυγίων της πτερωτής
Περιλαμβάνει αφενός τον τύπο των πτερυγίων, δηλαδή εάν αυτά ανήκουν σε κάποια τυποποιημένη κατηγορία ή όχι, το πάχος τους, τη συστροφή τους, αφεντέρου τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους.
- Η ονομαστική ταχύτητα περιστροφής n της πτερωτής

Καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η συχνότητα του ηλεκτρικού δικτύου σε περιπτώσεις διασυνδεδεμένων μηχανών και η αντοχή των πτερυγίων σε φυγόκεντρες τάσεις.

- Το βήμα της πτερωτής

Ορίζεται από τη γωνία β η οποία σχηματίζεται από τη χορδή της αεροτομής και από το επίπεδο περιστροφής της πτερωτής. Το βήμα της πτερωτής αποτελεί γεωμετρικό στοιχείο αυτής και συνήθως μεταβάλλεται από τη βάση έως την άκρη των πτερυγίων.

- Ο συντελεστής ισχύος C_p της ανεμογεννήτριας

Αποτελεί στην ουσία τον αεροδυναμικό βαθμό απόδοσης της πτερωτής. Περιγράφει το ποσοστό της ισχύος του ανέμου που εκμεταλλεύεται η πτερωτή της μηχανής. Ο συντελεστής ισχύος δεν είναι δυνατόν να υπερβεί το όριο του Betz, δηλαδή:

$$C_p \leq \frac{16}{27} = 0.593 \quad (2.4)$$

- Η ονομαστική ισχύς N_A της μηχανής

Καθορίζει το μέγεθος μιας ανεμογεννήτριας και αποτελεί το μέτρο της στιγμιαίας ωφέλιμης παραγόμενης ενέργειας από την αξιοποίηση της αιολικής ισχύος.

- Ο βαθμός απόδοσης η της Α/Γ

Περιλαμβάνει τις απώλειες του μηχανικού συστήματος η_M (απώλειες τριβής, απώλειες εδράσεων, πολλαπλασιαστής στροφών κ.λπ.) καθώς και τις απώλειες της ηλεκτρομηχανικής μετατροπής η_E :

$$\eta = \eta_M \cdot \eta_E \quad (2.5)$$

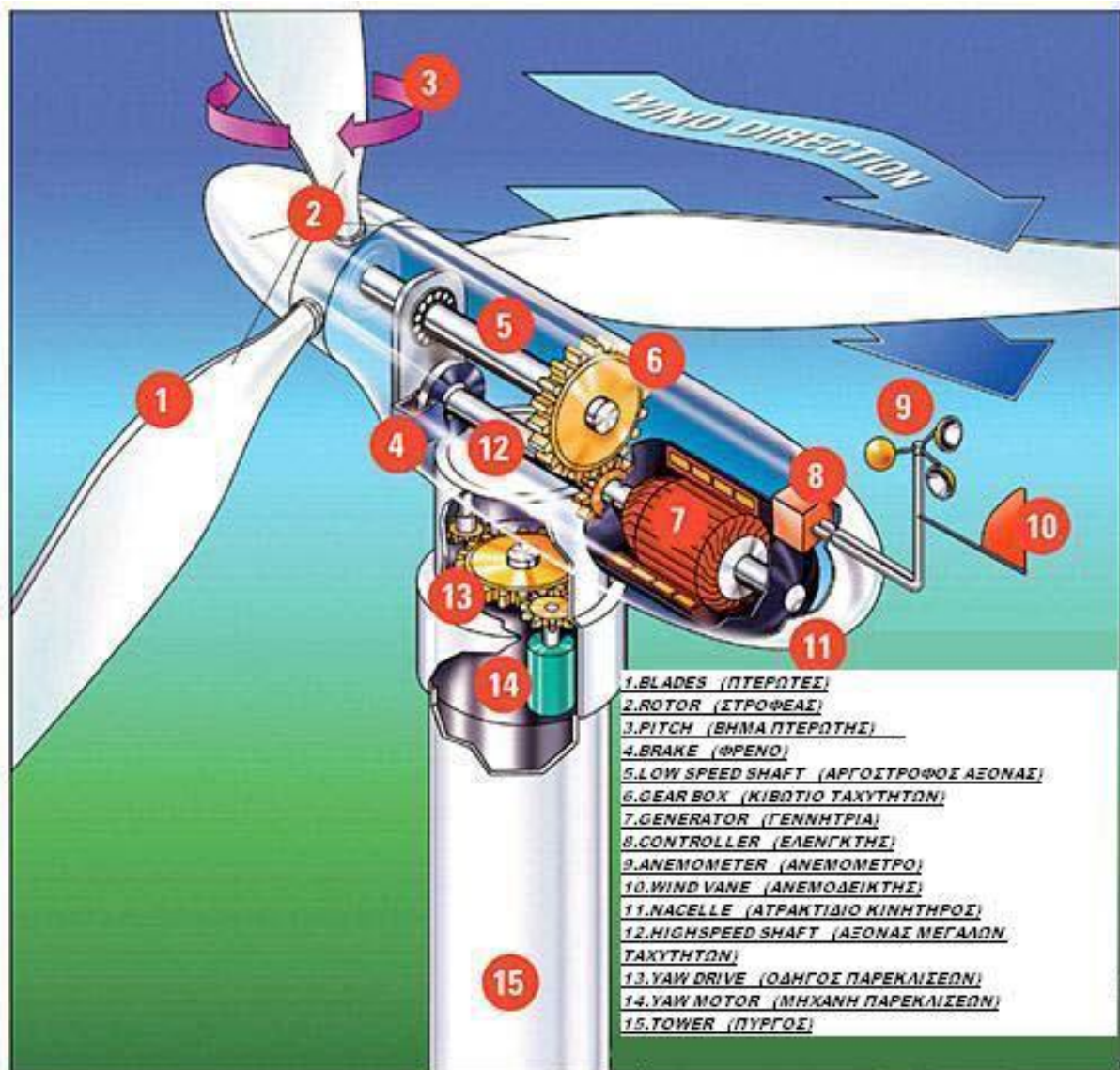
2.3 ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Τα τμήματα της ανεμογεννήτριας που μπορούμε να διακρίνουμε παρατηρώντας την εξωτερικά όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-2 είναι το κουβούκλιο, η κεφαλή με τα πτερύγια και ο πύργος.



Σχήμα 2-2: Οριζόντια ανεμογεννήτρια τεχνολογίας Enercon.

Η κεφαλή και το κουβούκλιο αποτελούν τον θάλαμο της Α/Γ στον εσωτερικό χώρο των οποίων έχουν προσαρτηθεί τα μηχανολογικά, ηλεκτρολογικά και ηλεκτρονικά μέρη της Α/Γ.



Σχήμα 2-3: Βασικά δομικά στοιχεία της ανεμογεννήτριας.

Τα κυριότερα μέρη της Α/Γ παρουσιάζονται στο Σχήμα 2-3 και είναι τα εξής:

Πτερωτή (1): Τα πτερύγια μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε περιστροφική κίνηση του ρότορα. Σε μια μοντέρνα ανεμογεννήτρια 1000kW κάθε πτερύγιο έχει μήκος περίπου 27 m και μεταβλητό βήμα κατά μήκος τους.

Ρότορας (2): Λαμβάνει την περιστροφική κίνηση από τα πτερύγια και την μεταφέρει στην άτρακτο χαμηλών ταχυτήτων.

Φρένο (4): Το μηχανικό φρένο είναι τύπου δισκόφρενου και τοποθετείται συνήθως στο τμήμα υψηλών στροφών (μετά τον μετατροπέα στροφών). Το φρένο ενεργοποιείται για την διακοπή της κίνησης της πτερωτής σε υψηλές ταχύτητες ανέμου για την προστασία της.

Άτρακτος χαμηλών ταχυτήτων (5): Συνδέει τον ρότορα με το κιβώτιο ταχυτήτων. Σε ανεμογεννήτρια 1000 kW ο ρότορας περιστρέφεται σχετικά αργά, περίπου 19 με 30 περιστροφές ανά λεπτό (rpm).

Κιβώτιο ταχυτήτων (6): Συνδέει την άτρακτο χαμηλών ταχυτήτων με την άτρακτο υψηλών ταχυτήτων και επιτυγχάνει μια σχέση μετάδοσης συνήθως 1/50 (Σχήμα 2-4).

Γεννήτρια (7): Η ηλεκτρική γεννήτρια είναι μια σύγχρονη ή μια ασύγχρονη γεννήτρια. Στις τελευταίες ανεμογεννήτριες η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς που παραγει είναι μεταξύ 600 και 3000 kW.

Ελεγκτής (8): Αποτελείται από έναν υπολογιστή που παρακολουθεί διαρκώς την κατάσταση της ανεμογεννήτριας και ελέγχει τον μηχανισμό περιστροφής. Σε κάθε περίπτωση επιπλοκής, π.χ. υπερθέρμανση του κιβωτίου ταχυτήτων ή της γεννήτριας, σταματά αυτόματα την ανεμογεννήτρια.

Το **ανεμόμετρο (9)** και ο **ανεμοδείκτης (10)** χρησιμοποιούνται για να μετρούν την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου. Τα ηλεκτρικά σήματα του ανεμόμετρου επεξεργάζονται στον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας για να αρχίσει την λειτουργία της όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει την ελάχιστη τιμή. Ο υπολογιστής σταματά τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας αυτόματα αν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί το ανώτατο όριο προκειμένου να προστατεύσει την ανεμογεννήτρια. Τα σήματα του ανεμοδείκτη χρησιμοποιούνται από τον ηλεκτρονικό ελεγκτή της ανεμογεννήτριας για να στρέφει αυτήν έναντι στον άνεμο, μέσω του οδηγού παρεκκλίσεων.

Κουβουκλιο (νασέλλα) (11): Περικλύει όλους τους απαραίτητους μηχανισμούς για τη λειτουργία της ανεμογεννήτριας, προστατεύοντάς τους από τα καιρικά φαινόμενα. Ακόμα συμβάλλει στην ηχομόνωση της Α/Γ.

Άτρακτος υψηλών ταχυτήτων (12): Λαμβάνει την περιστροφή από την άτρακτο χαμηλών ταχυτήτων (ενισχυμένη με την σχέση μετάδοσης του κιβωτίου) και την οδηγεί στην ηλεκτρική γεννήτρια. Περιστρέφεται περίπου με 1500 στροφές ανά λεπτό (rpm).

Ο **Οδηγός παρεκκλίσεων (13)** και ο **Κινητήρας παρεκκλίσεων (14)** αποτελούν το σύστημα προσανατολισμού που στρέφει την άτρακτο της ανεμογεννήτριας στην κατεύθυνση του ανέμου. Αποτελείται από δύο ή περισσότερους ηλεκτροκινητήρες που δίνουν κίνηση σε οδοντωτούς τροχούς. Οι οδοντωτοί τροχοί συνεργάζονται με έναν μεγαλύτερο που βρίσκεται στην κορυφή του πύργου (Σχήμα 2-5). Ο έλεγχος του συστήματος γίνεται από τον ανεμοδείκτη της ανεμογεννήτριας.

Πύργος (15): Ο πύργος στηρίξεως πρέπει να συνδυάζει το κατάλληλο αεροδυναμικό σχήμα με τη σταθερότητα και την αντοχή σε χρονικά μεταβαλλόμενες καταπονήσεις. Με την ανύψωση της πτερωτής προσεγγίζονται υψηλότερες ταχύτητες ανέμου ωστόσο αυξάνοντας το ύψος του πύργου αυξάνεται το κόστος της κατασκευής για την επίτευξη της απαιτούμενης αντοχής και ευστάθειας. Συνήθως το ύψος τους κυμαίνεται μεταξύ 1 και 1.5 επί την διάμετρο της πτερωτής. Οι

συνηθέστεροι τύποι πύργων είναι ο σωληνοειδής και δικτυωτός που παρουσιάζονται στη συνέχεια.



Σχήμα 2-4: Κιβώτιο ταχυτήτων ανεμογεννήτριας.



Σχήμα 2-5: Σύστημα προσανατολισμού (yaw drive).

2.3.1 Μορφή πτερυγίων

Τα πτερύγια σε μεγάλες ανεμογεννήτριες περιστρέφονται κατά μήκος του άξονά τους. Το πτερύγιο δέχεται τον άνεμο κατά μήκος του υπό διαφορετικές γωνίες. Η γωνία πρόσπτωσης αυξάνεται προς τη βάση του πτερυγίου. Οι πολύ μεγάλες γωνίες δεν έχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Προκειμένου να υπάρχει ενιαία γωνία πρόσπτωσης κατά μήκος του πτερυγίου σε σχέση με την γωνιακή ταχύτητα κάθε τμήματος του πτερυγίου, το πτερύγιο έχει την μορφή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 2-6.

Οι Α/Γ εμπορικού τύπου έχουν δύο ή τρία πτερύγια. Το υλικό τους είναι κυρίως πολυεστέρας ενισχυμένος με υαλοΐνες (FGRP, fiber glass reinforced polyester) λόγω του μικρού ειδικού βάρους του και της αντοχής του έναντι κοπώσεως.

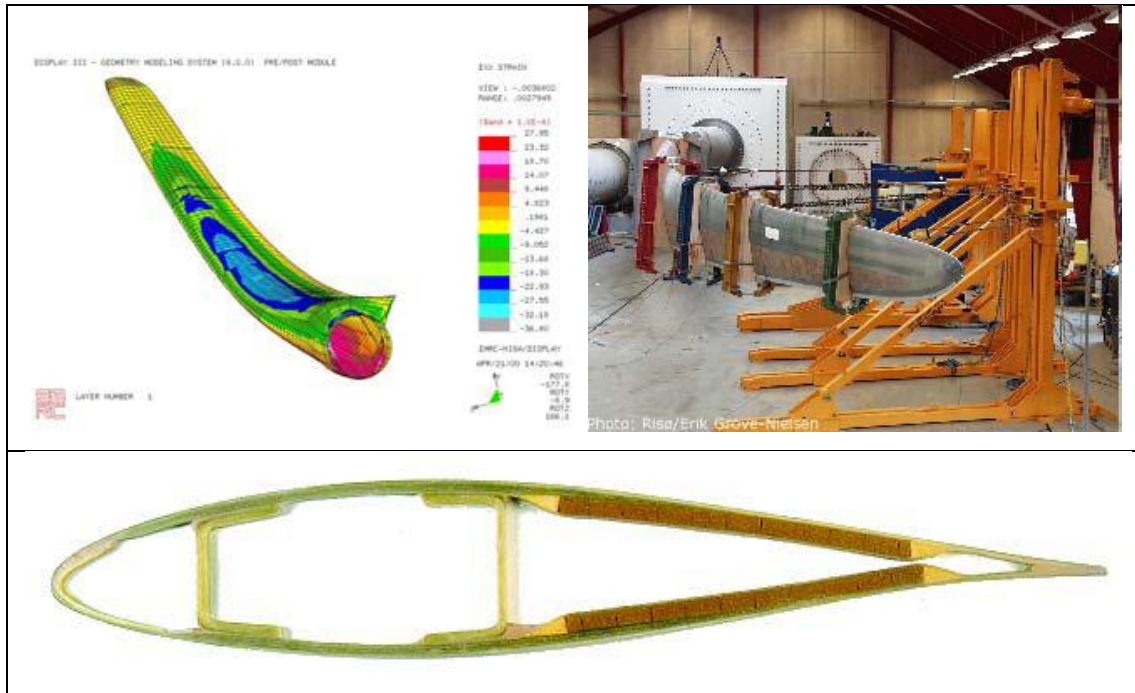
Οι δύο καμπύλες επιφάνειες του πτερυγίου (υψηλής και χαμηλής πίεσης) κατασκευάζονται από επάλληλα στρώματα υαλοϋφάσματος διαποτισμένα με πολυεστέρα, τοποθετούμενα μέσα σε ειδικά καλούπια. Οι δύο αυτές επιφάνειες συγκολλούνται κατά μήκος του χείλους προσβολής και χείλους εκφυγής και συνήθως σε άξονα από FGRP που διατρέχει εσωτερικώς όλο το μήκος του πτερυγίου.

Η αντοχή των πτερυγίων ελέγχεται από τους κατασκευαστές τους σε στατική και δυναμική φόρτιση. Κατά τον στατικό έλεγχο της αντοχής τους επιβάλλονται φορτία τριγωνικής κατανομής κατά μήκος των πτερυγίων και κάθετα προς τη μεγάλη επιφάνειά τους προσομοιάζοντας έτσι την πραγματική φόρτισή τους ως προς τον οριζόντιο άξονα (Σχήμα 2-6). Ο δυναμικός έλεγχος των πτερυγίων διαρκεί αρκετούς μήνες κατά τη διάρκεια του οποίου επιβάλλονται σ'αυτά χρονικώς μεταβαλλόμενα φορτία για την προσομοίωση της πολύχρονης λειτουργίας τους. Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει ζυγοστάθμιση κατά την οποία τοποθετείται μικρή ποσότητα μολύβδου σε ειδική εσοχή περί το άκρο τους.

Στον πίνακα που ακολουθεί γίνεται σύγκριση στα διάφορα υλικά πτερυγίων. Ο χάλυβας είναι σχετικά φθηνό υλικό αλλά λόγω της μεγάλης του πυκνότητας καθιστά το βάρος των πτερυγίων απαγορευτικό ιδιαίτερα στις Α/Γ μεγάλης ισχύος.

Πίνακας 2-1: Συγκριτικός πίνακας υλικών πτερυγίων.

Υλικό	Επιτρεπ. Τάση (Μρα)	Πυκνότητα (kg/m ³)	Κόστος (€/kg)
χάλυβας	110	7800	5.5 - 8
ίνες άνθρακα	100	1400	200
FGRP	45	2000	13
ξύλο	10	550	13



Σχήμα 2-6: Ανάλυση πτερυγίων.

2.3.2 Πύργοι στήριξης

Οι πύργοι των ανεμογεννητριών στηρίζουν το κουβούκλιο και τον ρότορα με την πτερωτή, μπορεί να είναι είτε χαλύβδινοι σωληνοειδείς πύργοι είτε δικτυωτοί πύργοι.

Χαλύβδινοι σωληνοειδείς πύργοι: Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν τέτοιου είδους πύργους. Η διάμετρός τους αυξάνει προς τη βάση, προκειμένου να επιτύχουν ευστάθεια μειώνοντας το χρησιμοποιούμενο υλικό.



Σχήμα 2-7: Ανεμογεννήτριες με χαλύβδινους σωληνοειδείς πύργους.

Οι σωληνοειδείς πύργοι έχουν εσωτερική σκάλα για την επισκευή της ατράκτου από το προσωπικό συντήρησης καθώς και θυρίδα στο ύψος του ακροπτερυγίου για τον έλεγχο των πτερυγίων. Επίσης στη βάση του υπάρχει φλάντζα η οποία συνδέεται με τους πακτωμένους κοχλίες θεμελίωσης. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η σύνδεση εσωτερικά των κομματιών του σωληνοειδούς πύργου.



Σχήμα 2-8: Εσωτερική σύνδεση κομματιών σωληνωτού πύργου.

Επειδή τα φορτία του δρομέα (ώση, στρεπτική ροπή) μεταφέρονται μέσω του πύργου στη θεμελίωση η σχεδίαση και κατασκευή του πύργου πρέπει να είναι κατάλληλη για να αντέχει σε αντίξοες συνθήκες αποφεύγοντας το φαινόμενο του συντονισμού. Επειδή ο πύργος κατασκευάζεται από χάλυβα επιβάλλεται η προστασία έναντι διάβρωσης. Αυτή πραγματοποιείται είτε με εν θερμώ επιψευδαργύρωση ή με ειδική βαφή.

Η συναρμολόγηση πραγματοποιείται με χρήση μεγάλων γερανών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.9.



Σχήμα 2-9: Συναρμολόγηση χαλύβδινων πύργων.

Για την θεμελίωση χρησιμοποιείται οπλισμένο σκυρόδεμα. Η σύνδεση με τον πύργο γίνεται με κοχλίες που φυτεύονται στο θεμέλιο.



Σχήμα 2-10: Θεμελίωση χαλύβδινων πύργων.

Δικτυωτοί πύργοι: Οι πύργοι αυτοί κατασκευάζονται με χαλύβδινα δικτυώματα. Το βασικό πλεονέκτημά τους είναι το μειωμένο κόστος, αφού απαιτεί το μισό υλικό απ' ότι ο σωληνοειδής. Το βασικό μειονέκτημά τους είναι η εμφάνισή τους. Για αισθητικούς λόγους οι πύργοι αυτοί έχουν εκλείψει.

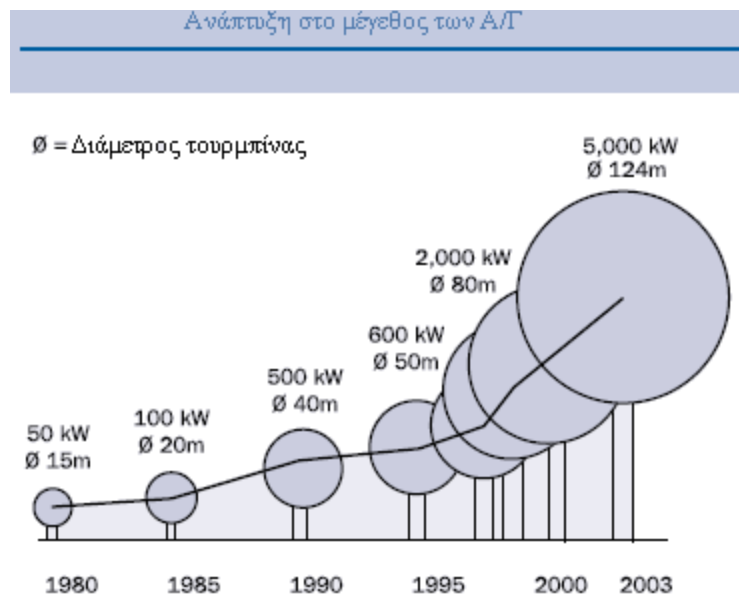


Σχήμα 2-11: Ανεμογεννήτριες με δικτυωτούς πύργους.

2.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Αν και η αρχή λειτουργίας της ανεμογεννήτριας είναι απλή, εν τούτοις παραμένει ένα αρκετά σύνθετο σύστημα στο οποίο συνδυάζονται γνώσεις από πολλούς τομείς. Ο σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση των πτερυγίων απαιτεί σύνθετες γνώσεις αεροδυναμικής: η δομή του άξονα οδήγησης καθώς και του πύργου της Α/Γ απαιτεί γνώσεις μηχανολογικές και δομικές ενώ το τμήμα των ελεγκτών και το σύστημα προστασίας γνώσεις ηλεκτρολογικές και συστημάτων αυτομάτου ελέγχου. Στο κομμάτι αυτό περιγράφουμε τις πρόσφατες τεχνολογικές ανακαλύψεις στον τομέα αυτό.

Δύο μεγάλες τεχνολογικές βελτιώσεις έχουν πρόσφατα επιτευχθεί στον τομέα της τεχνολογίας αιολικής παραγωγής. Πρώτα απ' όλα, έχει γίνει μια καθοριστική αύξηση στο μέγεθος με στόχο την περαιτέρω μείωση του κόστους παραγωγής: ο δρομέας της Α/Γ έχει γίνει πολύ μεγάλος και παράλληλα το συνολικό μέγεθος της κατασκευής. Για σύγχρονες Α/Γ της τάξης των MW, τόσο το ύψος της νασέλας όσο και η διάμετρος του δρομέα φτάνουν τα 100μ. Δηλαδή, σε κατακόρυφη τοποθέτηση, η άκρη του πτερυγίου μπορεί να φτάσει τα 150μ. Η εξέλιξη της τάξης μεγέθους των Α/Γ που εισήχθησαν στην αγορά φαίνεται στο Σχήμα 2-12.



Σχήμα 2-12: Μέγεθος και ισχύς των Α/Γ κατά την είσοδο στην αγορά.

Μια στατιστική συσχέτιση ισχύος ανεμοκινητήρα με τη διάμετρο δίνεται από τη σχέση:

$$P(\text{kW})=0,195D^{2,155} \quad (2.6)$$

όπου D η διάμετρος του δρομέα σε μέτρα.

Η τάξη μεγέθους όμως και γενικά της εγκατάστασης έχει ήδη αυξηθεί. Η τάση είναι στο να κατασκευάζονται αιολικά πάρκα αντί για μεμονωμένες Α/Γ ή μικρές ομάδες Α/Γ. Αυτά τα πάρκα αποτελούνται από μερικές δεκάδες μέχρι εκατοντάδες Α/Γ. Μερικές φορές αυτά τα αιολικά πάρκα κατασκευάζονται σε παράκτιες εγκαταστάσεις. Οι λόγοι που οι Α/Γ οργανώνονται σε αιολικά πάρκα είναι κατ' αρχήν γιατί έτσι χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό τοποθεσίες με καλή αιολική συμπεριφορά και επίσης η οπτική ενόχληση από τις Α/Γ περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές.

Η δεύτερη μεγάλη εξέλιξη στην τεχνολογία των Α/Γ είναι η μετάβαση από γεννήτρια σταθερών στροφών σε μεταβλητών. Όπως είναι προφανές, η διαφορά έγκειται στο ότι σε μία Α/Γ σταθερών στροφών, ο δρομέας της Α/Γ κινείται με σταθερή ταχύτητα ενώ στη μεταβλητών η ταχύτητα περιστροφής μπορεί να ποικίλλει και να ελέγχεται μέσα στα όρια σχεδιασμού. Τα συστήματα μεταβλητών στροφών είναι

τεχνικά πιο πολύπλοκα απ' ότi τα σταθερών καθώς περιλαμβάνουν περισσότερα στοιχεία και χρειάζονται πιο σύνθετα συστήματα ελέγχου, γεγονός που τα καθιστά και πιο ακριβά. Παρ' όλα αυτά, έχουν επίσης πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα σταθερών στροφών, όπως αυξημένη ενεργειακή απόδοση, μείωση θορύβου και μηχανικού φορτίου καθώς και καλύτερο έλεγχο αέργου και ενεργού ισχύος. Τα τελευταία χρόνια οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν περάσει στην παραγωγή του νέου είδους Α/Γ.

2.5 ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ Α/Γ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Αν και υπάρχουν αυτόνομα συστήματα Α/Γ που χρησιμοποιούν σύστημα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας σε μπαταρίες, η πλειοψηφία των Α/Γ είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο. Η τάση λειτουργίας της γεννήτριας είναι γενικά χαμηλότερη από την τάση του δικτύου στο οποίο συνδέεται, γεγονός που δημιουργεί την ανάγκη ύπαρξης μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη διακόπτη για την αποσύνδεση της Α/Γ σε περίπτωση βραχυκυκλώματος για την αποφυγή της λεγόμενης νησιδοποίησης, κατάσταση κατά την οποία ένα μικρό τμήμα του δικτύου λειτουργεί με τοπική ισορροπία μεταξύ παραγωγής και φορτίου, αλλά χωρίς σύνδεση στο κύριο σύστημα. Η κατάσταση αυτή λειτουργίας είναι ανεπιθύμητη καθώς προκύπτουν τάσεις και συχνότητες έξω από τα επιτρεπτά όρια καθώς και κίνδυνος για το τεχνικό προσωπικό που αναλαμβάνει την επισκευή του σφάλματος στη νησιδοποιημένη περιοχή.

Όταν οι Α/Γ είναι οργανωμένες σε μεγάλα αιολικά πάρκα, προκύπτουν καινούργιες δυνατότητες γιατί είναι εφικτός ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός τριών βασικών υποσυστημάτων του αιολικού πάρκου: οι τουρμπίνες, η εσωτερική δομή στο αιολικό πάρκο και η σύνδεση στο δίκτυο. Επιπλέον, επειδή τα μεγάλα αιολικά πάρκα παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, συνδέονται σε υψηλότερα επίπεδα τάσης απ' ότi οι μεμονωμένες Α/Γ. Επειδή όμως τα δίκτυα υψηλής τάσης είναι λιγότερο πυκνά από τα δίκτυα χαμηλής τάσης, συχνά πρέπει να καλυφθεί μεγάλη απόσταση μέχρι το σημείο σύνδεσης στο δίκτυο.

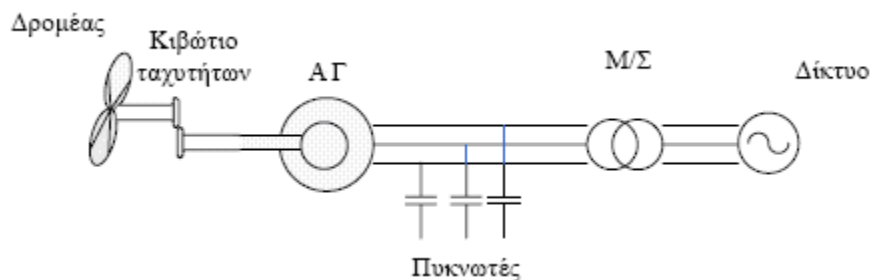
Σαν αποτέλεσμα, σε περίπτωση μεγάλων αιολικών πάρκων, μια σύνδεση DC (συνεχούς ρεύματος) για τη σύνδεση του πάρκου στο δίκτυο μπορεί να είναι πιο συμφέρουσα. Οι απώλειες στις συμβατικές AC (εναλλασσόμενου ρεύματος) συνδέσεις, και κατά συνέπεια το λειτουργικό κόστος, αυξάνονται πιο πολύ με το μήκος απ' ότi στην περίπτωση των DC συνδέσεων. Πάνω από ένα όριο απόστασης, η χρήση σύνδεσης συνεχούς ρεύματος παρά την αρχικά μεγαλύτερη επένδυση είναι προτιμητέα λόγω του χαμηλού λειτουργικού κόστους. Το τελευταίο οφείλεται στους μετατροπείς ισχύος που χρησιμοποιούνται, αφού τα καλώδια από μόνα τους είναι φθηνότερα σε DC απ' ότi σε AC από τη στιγμή που απαιτούνται δύο αντί για τρία καλώδια και γιατί οι ανάγκες σε μόνωση είναι μικρότερες για την ίδια ονομαστική τάση. Επίσης, το άεργο ρεύμα σε ένα μεγάλου μήκους AC καλώδιο φαίνεται να θέτει τεχνικό όριο στο μήκος των AC συνδέσεων.

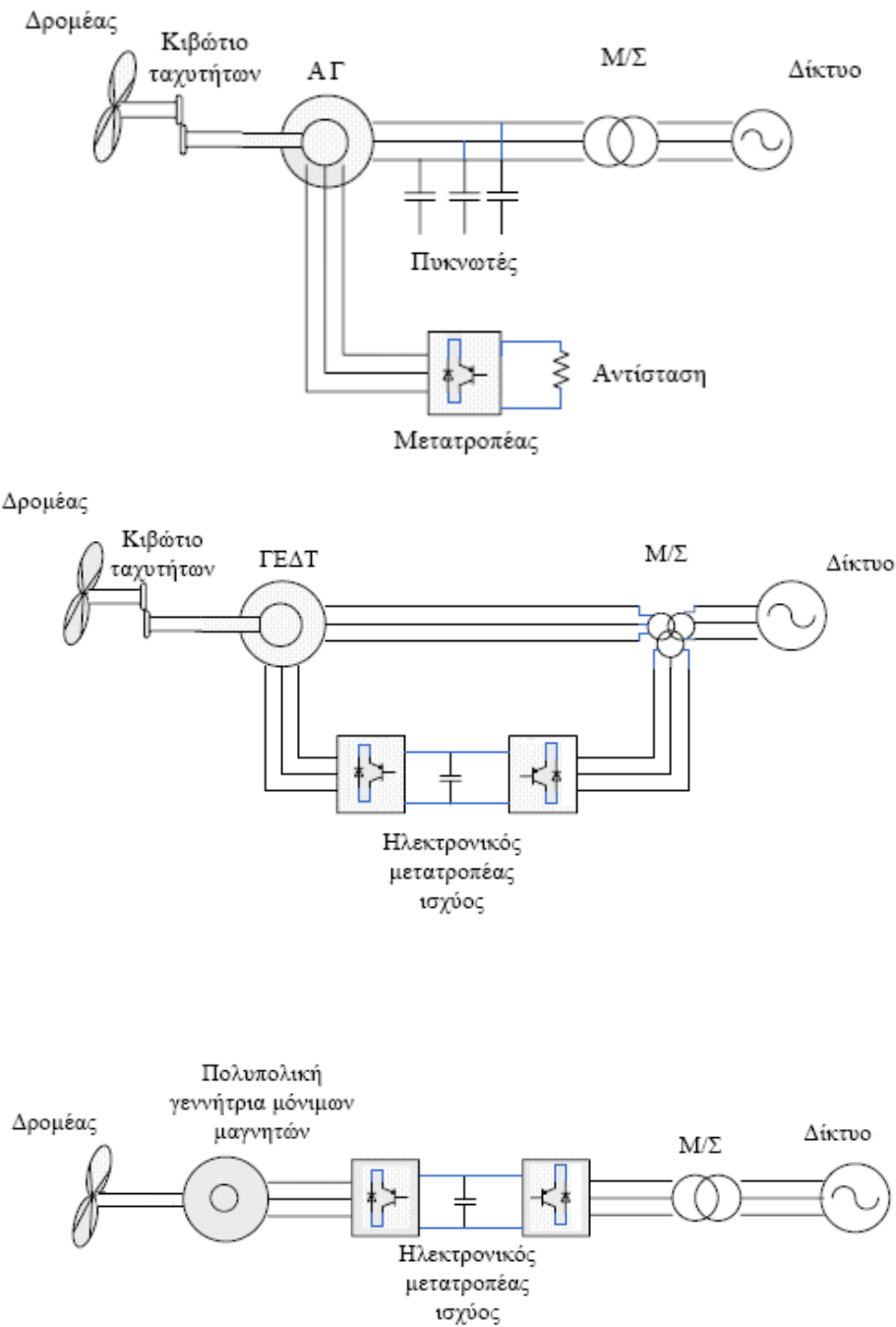
2.6 ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ Α/Γ

Οι Α/Γ μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τις αρχές λειτουργίας και ελέγχου τους. Επομένως, οι Α/Γ μπορούν να είναι:

- **(i) σταθερών στροφών (fixed speed)**, λειτουργώντας σε ένα στενό εύρος ταχύτητας περιστροφής λίγο πάνω από τη σύγχρονη ταχύτητα, ή **(ii) μεταβλητών στροφών (variable speed)**, λειτουργώντας σε μεγάλο εύρος ταχυτήτων πάνω και κάτω από τη σύγχρονη ταχύτητα. Στις μεταβλητών στροφών, η ταχύτητα περιστροφής βελτιστοποιείται με βάση την τιμή του εισερχόμενου ανέμου με στόχο την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.
- **(i) σταθερού βήματος έλικας (fixed-pitch)**, όπου η γωνία βήματος δεν αλλάζει δυναμικά ή **(ii) μεταβλητού βήματος (variable pitch)**, π.χ. με έλεγχο της γωνίας βήματος έλικας. Στις Α/Γ με έλεγχο βήματος, η ισχύς εξόδου βελτιστοποιείται ρυθμίζοντας τη γωνία βήματος ανάλογα με την ταχύτητα ανέμου.
- Οι Α/Γ είναι εφοδιασμένες με **(i) γεννήτρια επαγωγής με βραχυκυκλωμένο δρομέα**, **(ii) γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης (ΓΕΔΤ) ελεγχόμενη από μετατροπείς συχνότητας (partial load)**, ή **(iii) πολυπολική σύγχρονη γεννήτρια και μετατροπείς συχνότητας πλήρους φορτίου (full load)**.
- **(i) Απ' ευθείας συνδεδεμένες σε AC-δίκτυα** ή **(ii) συνδεδεμένες σε AC-δίκτυα μέσω μετατροπέων συχνότητας**.

Παρά τις διαφορές μεταξύ των διαφόρων ειδών, υπάρχουν κοινές λεπτομέρειες που χαρακτηρίζουν τις υπάρχουσες Α/Γ και την αλληλεπίδραση τους με το δίκτυο. Μερικά από τα πιο διαδεδομένα είδη διαμορφώσεων παρουσιάζονται στο Σχήμα 2-13.





Σχήμα 2-13: Τυπικές διαμορφώσεις ηλεκτρικού μέρους Α/Γ.

(α)-η σταθερών στροφών Α/Γ εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής (no load compensated), (β)-η εν μέρει μεταβλητών στροφών Α/Γ εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής διπλής εξόδου με μεταβλητή αντίσταση δρομέα, (γ)- η μεταβλητών στροφών Α/Γ εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης ελεγχόμενη από μετατροπέα (back-to-back), (δ)- η μεταβλητών στροφών Α/Γ εφοδιασμένη με σύγχρονη γεννήτρια μόνιμων μαγνητών συνδεδεμένη στο δίκτυο μέσω μετατροπέα συχνότητας.

Ο έλεγχος του μετατροπέα μπορεί να είναι τέτοιος ώστε η ΓΕΔΤ (γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης) να ανταλλάξει λιγότερη άεργο ισχύ με το δίκτυο για έλεγχο τάσης σε συνθήκες μόνιμης κατάστασης. Το μηχανικό σύστημα τέτοιου είδους Α/Γ είναι παρόμοιο με των σταθερών στροφών. Η ταχύτητα περιστροφής έχει ένα εύρος από 8 έως 25 rpm, γι' αυτό και ο χαρακτηρισμός «μεταβλητών στροφών». Οι Α/Γ μεταβλητών στροφών είναι συνήθως μεταβλητού βήματος έλικας για καλύτερη

απόδοση. Οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές τέτοιου είδους είναι οι Vestas Wind Systems, G.E Wind, NEG-Micon, Nordex και πολλοί άλλοι. Πλέον η τάξη μεγέθους σε Α/Γ του είδους αυτού είναι 4-5MW. Η αρχή αυτή λειτουργίας φαίνεται να έχει μεγάλη απήχηση σε offshore εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων (Horns Rev-Western Denmark-Vestas Wind Systems)

2.7 ΕΙΔΗ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Γενικά αιολικό πάρκο ονομάζεται μια ομάδα ανεμογεννητριών εγκατεστημένες στην ίδια τοποθεσία. Κάθε ανεμογεννήτρια είναι συνδεδεμένη σε ένα εσωτερικό δίκτυο χαμηλής ή μέσης τάσης, το οποίο συνδέεται με το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός μετασχηματιστή ανύψωσης της τάσης. Υπάρχουν τρία βασικά είδη αιολικών πάρκων τα χερσαία (onshore), τα πάρκα που βρίσκονται κοντά στην ακτή (nearshore) και τα παράκτια (offshore).

2.7.1 Χερσαία Αιολικά Πάρκα (onshore)

Χερσαία αιολικά πάρκα, ονομάζονται αυτά που κατασκευάζονται στις κορυφογραμμές περιοχών με μεγάλο σχετικά υψόμετρο τουλάχιστον τρία χιλιόμετρα προς το εσωτερικό από την πλησιέστερη ακτογραμμή. Αυτό συμβαίνει για την εκμετάλλευση της λεγόμενης τοπογραφικής επιτάχυνσης, την επιτάχυνση δηλαδή του ανέμου καθώς διασχίζει μια κορυφογραμμή. Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου οδηγεί και σε αύξηση της παραγόμενης ενέργειας.

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην ακριβή τοποθέτηση των ανεμογεννητριών, η οποία γίνεται μετά από αναλυτική παρακολούθηση των τοπικών ανέμων για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα πριν την εγκατάσταση. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η περιοχή στην οποία εγκαθίσταται το αιολικό πάρκο, αλλοιώνεται μόνο οπτικά και παραμένει αξιοποιήσιμη για γεωργία ή κτηνοτροφία.



Σχήμα 2-14: Αιολικό πάρκο στο όρος Παναχαϊκό Αχαΐας.

2.7.2 Αιολικά Πάρκα κοντά στην ακτή (nearshore)

Είναι τα πάρκα που βρίσκονται στην ξηρά εντός της ζώνης των τριών χιλιομέτρων από την ακτογραμμή ή στην θάλασσα εντός της ζώνης των δέκα χιλιομέτρων από την ακτογραμμή. Αυτές οι τοποθεσίες είναι αποδοτικές για εγκατάσταση λόγω του ανέμου που δημιουργείται από την θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ θάλασσας και ξηράς καθημερινά.



Σχήμα 2-15: Αιολικό Πάρκο κοντά στην ακτή.

2.7.3 Παράκτια Αιολικά Πάρκα (offshore)

Είναι εγκατεστημένα σε θαλάσσιες περιοχές πέραν των δέκα χιλιομέτρων από την ακτή. Ακριβώς επειδή η επιφάνεια του νερού είναι ομαλότερη αυτής του εδάφους, η ταχύτητα του ανέμου είναι υψηλότερη από την ξηρά, έτσι ο συντελεστής χρησιμοποίησης ή συντελεστής εκμετάλλευσης (Capacity Factor) είναι υψηλότερος των άλλων δυο τύπων αιολικών πάρκων.

Γενικά έχουν μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, και οι πύργοι είναι ψηλότεροι των χερσαίων. Η μεταφορά της ενέργειας γίνεται με υποθαλάσσιο καλώδιο, σε περιπτώσεις μεγάλων αποστάσεων από την ακτή χρησιμοποιείται μεταφορά με συνεχές ρεύμα υψηλής τάσης (HVDC) για ελαχιστοποίηση των απωλειών κατά την μεταφορά.



Σχήμα 2-16: Παράκτιο Αιολικό Πάρκο (offshore).

Το ενδιαφέρον για τη χρήση παράκτιων αιολικών πάρκων αυξάνεται σημαντικά διεθνώς. Ο λόγος είναι πως η ταχύτητα του ανέμου κοντά στην ακτή είναι υψηλότερη από ότι στα χερσαία πάρκα, κάτι που σημαίνει πολύ υψηλότερη παραγωγή ισχύος. 10% αύξηση στην ταχύτητα του ανέμου αντιστοιχεί σε 30 % αύξηση στην παραγωγή ισχύος. Εντούτοις, το κόστος εγκατάστασης είναι πολύ μεγαλύτερο για τα offshore σε σχέση με τα onshore αιολικά πάρκα.

Το εσωτερικό ηλεκτρικό σύστημα ενός offshore αιολικού πάρκου και η σύνδεσή του με το κύριο σύστημα ισχύος θέτει νέες προκλήσεις. Στο onshore, η συνηθισμένη λύση είναι ένα A.C. δίκτυο μέσα στο αιολικό πάρκο, το οποίο συλλέγει την παραγωγή ισχύος από κάθε ανεμογεννήτρια. Το επίπεδο της τάσης μέσα σε ένα

αιολικό πάρκο είναι συχνά το ίδιο με το μέσο επίπεδο της τάσης στο σημείο διανομής του δικτύου. Όπως οι περισσότερες γεννήτριες σε αιολικά συστήματα, λειτουργούν σε ένα επίπεδο τάσης των 690V. Μετασχηματιστές οι οποίοι έχουν εγκατασταθεί απευθείας ή κοντά στη βάση κάθε ανεμογεννήτριας χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν το επίπεδο τάσης της γεννήτριας στο επίπεδο τάσης του δικτύου του αιολικού πάρκου. Το υψηλότερο επίπεδο τάσης που χρησιμοποιείται σε ένα onshore αιολικό πάρκο κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 33 και 36kV. Εντούτοις, τα offshore αιολικά πάρκα τείνουν να γίνουν μεγαλύτερα και η απόσταση ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες είναι συνήθως μεγαλύτερη από ότι σε onshore αιολικά πάρκα.

Για μεγάλα offshore αιολικά πάρκα με A.C. δίκτυο, υψηλότερα επίπεδα τάσης είναι χρήσιμα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών ισχύος, αλλά από την άλλη μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερους μετασχηματιστές και υψηλότερα κόστη μετασχηματιστών. Οι μετασχηματιστές τοποθετούνται στην άτρακτο, τον πύργο ή σε ένα κιβώτιο μετά την ανεμογεννήτρια. Για αυτό το λόγο το μέγεθος του μετασχηματιστή μπορεί να είναι πρόβλημα. Σήμερα, μια τάση συλλογής των 36kV θεωρείται κλασική επιλογή.

Μικρότερα offshore αιολικά πάρκα επιλέγονται για συγκριτικά χαμηλά επίπεδα τάσης. Ο λόγος είναι ότι η μείωση των απωλειών φόρτισης δεν είναι επαρκής για να δικαιολογηθεί το κόστος του απαιτούμενου εξοπλισμού για υψηλότερα επίπεδα τάσης.

Ο σχεδιασμός δικτύου ενός offshore αιολικού πάρκου δεν αντιστοιχεί απαραίτητα στο πιο ενεργειακά αποδοτικό δίκτυο (δηλ. με τις χαμηλότερες απώλειες). Ο λόγος είναι ότι οι offshore σταθμοί μετασχηματισμού είναι πιο σύνθετοι και περιλαμβάνουν μεγάλες δομές υποστήριξης. Έτσι, οι offshore σταθμοί μετασχηματισμού είναι πολύ ακριβοί ενώ δεν είναι εξακριβωμένη ακόμα η αξιοπιστία τους.

Για τη μεταφορά στην ακτή, χρησιμοποιούνται είτε HVAC (υψηλής τάσης εναλλασσόμενο ρεύμα) είτε HVDC (υψηλής τάσης συνεχές ρεύμα) συνδέσεις. Όλα τα offshore αιολικά πάρκα που λειτουργούν τελευταία έχουν αποδεχτεί την A.C. επιλογή, καθώς και όλα όσα προγραμματίζεται να εγκατασταθούν στο άμεσο μέλλον θα χρησιμοποιούν επίσης την A.C. λύση. Αυτό γίνεται εξαιτίας του συγκριτικά μικρού μεγέθους και της μικρής απόστασης ανάμεσα στην ακτή και τα υπαρκτά αιολικά πάρκα. Καθώς το μέγεθος των μελλοντικών αιολικών πάρκων και η απόσταση από την ακτή φαίνεται να αυξάνονται, αυτό μπορεί να αλλάξει.

2.8 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Οι κυριότεροι παράμετροι που επηρεάζουν την οικονομικότητα των επενδύσεων σε αιολική ενέργεια είναι:

- Κόστος επένδυσης (περιλαμβάνει κόστος εξοπλισμού, μεταφορά, θεμελίωση, ανέγερση, έργα πολιτικού μηχανικού, σύνδεση με το δίκτυο)
- Παραγόμενη ενέργεια / μέση ταχύτητα ανέμου
- Κόστος Συντήρησης & Λειτουργίας
- Διάρκεια ζωής
- Επιτόκιο προεξόφλησης

Από αυτά τα δύο πρώτα είναι τα πιο σημαντικά. Η παραγόμενη ενέργεια εξαρτάται από το αιολικό δυναμικό, επομένως η επιλογή της θέσης είναι η κρίσιμη παράμετρος που καθορίζει την οικονομική βιωσιμότητα.

Ο συνολικός βαθμός απόδοσης έχει αυξηθεί κατά 2-3% τα τελευταία 15 χρόνια εξαιτίας (α) της βελτίωσης του εξοπλισμού, (β) της καλύτερης χωροθέτησης και (γ) του μεγαλύτερου ύψους πύργου.

Το αρχικό κόστος επένδυσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος της Α/Γ (πύργος, νασέλλα, πτερύγια και μεταφορά). Στον επόμενο πίνακα αποτυπώνεται ο καταμερισμός κόστους για μια τυπική εγκατεστημένη Α/Γ (850 kW – 1500 kW)

Πίνακας 2-2: Καταμερισμός κόστους για μια τυπική εγκατεστημένη Α/Γ (850 kW – 1500 kW)

	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)
Α/Γ	74-82
Θεμελίωση	1-6
Ηλεκτρικός εξοπλισμός (μετασχηματιστές)	1-9
Καλωδιώσεις – Ηλεκτρική Διασύνδεση	2-9
Σχεδιασμός	1-3
Γη	1-3
Κόστος Δανεισμού	1-5
Έργα Υποδομής – Δρόμοι	1-5

Το μέσο κόστος ανά εγκατεστημένο kW διαφέρει από χώρα σε χώρα. Γενικά κυμαίνεται από 900 ευρώ / kW έως 1150 ευρώ / kW.

Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι ιδιαίτερα χαμηλό σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος των συμβατικών μονάδων. Στην αρχή της ζωής της Α/Γ είναι (10-15%) ενώ φτάνει 20-35% μέχρι το τέλος. Είναι δηλαδή, ιδιαίτερα χαμηλό σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος των συμβατικών μονάδων παραγωγής ενέργειας.

Στο κόστος συντήρησης και λειτουργίας περιλαμβάνονται τα κόστη:

- Ασφάλεια
- Προγραμματισμένη συντήρηση
- Αποκατάσταση εκτάκτων βλαβών
- Αναλώσιμα – Ανταλλακτικά
- Επίβλεψη

Το κόστος της συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής καθορίζεται από τρεις παραμέτρους: το κόστος του καυσίμου, το κόστος συντήρησης και λειτουργίας και το αρχικό κόστος επένδυσης.

Για την υποκατάσταση συμβατικής ηλεκτροπαραγωγής, το κόστος που αποφεύγεται εξαρτάται από το βαθμό που η αιολική ενέργεια υποκαθιστά τις παραπάνω τρεις παραμέτρους.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι με την αιολική ενέργεια αποφεύγεται το κόστος καυσίμου και ένα σημαντικό μέρος του κόστους συντήρησης και λειτουργίας.

Το μέρος του αρχικού κόστους επένδυσης που αποφεύγεται εξαρτάται από το αιολικό δυναμικό και το βαθμό διείσδυσης της αιολικής ενέργειας στο συγκεκριμένο δίκτυο.

Για τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο αιολικά συστήματα η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, βάση Νόμου, καθορίζεται περίπου στα 87 €/MWh για το διασυνδεδεμένο σύστημα και στα 99€/MWh για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά (με δικαίωμα αναπροσαρμογής). Οι τιμές αυτές μπορεί να αναπροσαρμόζονται μετά από γνώμη της ΡΑΕ και απόφαση του Υπουργείου στη βάση του σταθμικού μέσου όρου των αυξήσεων των τιμολογίων της ΔΕΗ.

2.9 ΕΚΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΓΙΑ ΝΗΣΙΩΤΙΚΟ ΧΩΡΟ

Σήμερα οι ανάγκες των νησιών σε ενέργεια καλύπτονται από τους αυτόνομους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίοι είναι τοπικοί νηζελοληλεκτρικοί σταθμοί, εκτός από την Κρήτη και τη Ρόδο, ενώ μερικά νησιά που είναι κοντά στην ηπειρωτική πλευρά έχουν συνδεθεί και τροφοδοτούνται από κεντρικά δίκτυα. Ένας αριθμός νησιών έχουν συνδεθεί μεταξύ τους και τροφοδοτούνται από κεντρικούς αυτόνομους σταθμούς. Για πολλά χρόνια προβλέπεται ότι τα νησιά που είναι απομακρυσμένα από την ηπειρωτική Ελλάδα, θα στηρίζουν την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών στην αυτόνομη παραγωγή και θα παραμένουν ανεξάρτητα από το εθνικό δίκτυο.

Οι δαπάνες για προμήθεια και εγκατάσταση μονάδων παραγωγής, αγορά και μεταφορά καυσίμων, λειτουργία και συντήρηση των μονάδων, στρεφόμενη και εγκαταστημένη εφεδρεία για την εξυπηρέτηση μικρών φορτίων με μεγάλες μεταβολές, επιβαρύνουν υπέρμετρα το κόστος της παραγωγής. Αλλά και η ανάγκη επέκτασης των δικτύων για εξυπηρέτηση των διασπαρμένων καταναλωτών δημιουργεί κόστος. Για όλα αυτά χρειάζεται διερεύνηση και αναζήτηση της πιο πρόσφορης λύσης μέσα σε πλαίσιο οικονομικά αποδεκτό. Περιοχές που βρίσκονται μακριά από τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ή μικρά νησάκια που δεν δικαιολογείται η εγκατάσταση αυτόνομου σταθμού μπορούν να εξυπηρετηθούν με μικρές ανεμογεννήτριες ικανές να καλύψουν ανάγκες φωτισμού, άντλησης νερού, θέρμανσης νερού και κατοικίας, και ψύξης για συντήρηση τροφίμων. Οι ανεμογεννήτριες αυτές λειτουργούν και σε μικρές ταχύτητες ανέμου, έχουν απλή και ανθεκτική κατασκευή και για τις ανάγκες φωτισμού όταν υπάρχει άπνοια χρησιμοποιούν συστοιχία συσσωρευτών. Σ'αυτόν τον τύπο που από παλαιά χρησιμοποιείται έχουν γίνει σημαντικές βελτιώσεις στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ. Η χρήση του έχει επιβληθεί με ασφάλεια στη ναυτιλία για φωτισομήτρες, που οποιαδήποτε άλλη λύση θα ήταν υπερβολικά δαπανηρή. Ο ελληνικός θαλάσσιος

χώρος έχει 700 φωτοσημάνσεις, από τις οποίες 70 είναι επιτηρούμενες φωτοσημάνσεις όπου το προσωπικό έχει πρόσθετες ανάγκες ρεύματος.

Επομένως οι ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ενεργειακή εξυπηρέτηση απομακρυσμένων περιοχών, τόσο στον νησιωτικό όσο και στον ηπειρωτικό χώρο.

Ο τύπος της ανεμογεννήτριας όμως που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα μεγαλύτερα νησιά είναι αυτός των μέσων ισχύων, ο οποίος λειτουργεί παράλληλα με το δίκτυο. Παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι όπως αναφέρθηκε προηγουμένως για πολλά χρόνια τα περισσότερα νησιά θα στηρίζουν την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών στην αυτόνομη παραγωγή με μηχανές Diesel.

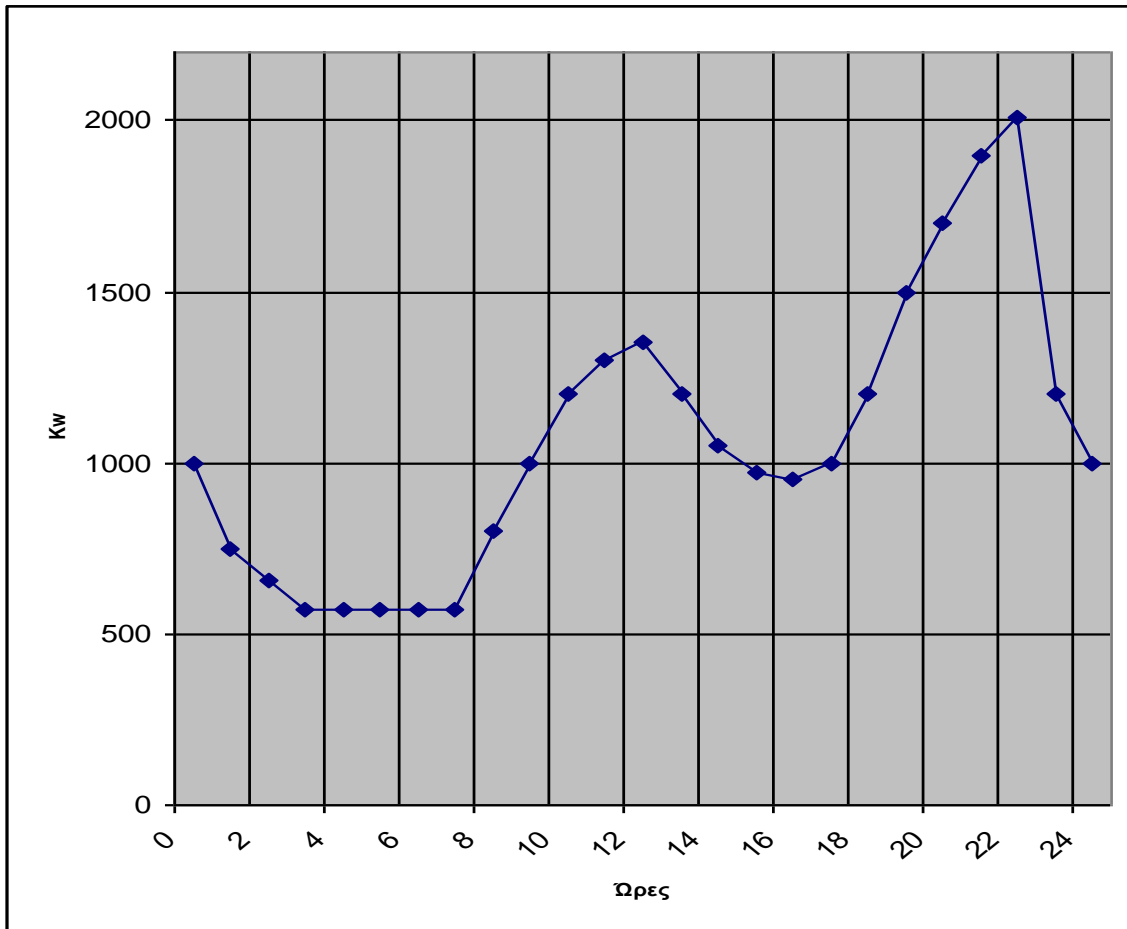
Στην περίπτωση αυτή σκοπός της ανεμογεννήτριας είναι η εξοικονόμηση καυσίμου, ενώ οι μηχανές Diesel θα αναπληρώνουν την ανεμογεννήτρια στο δίκτυο όταν η πνοή του ανέμου είναι χαμηλή, καθώς επίσης θα καλύπτουν και τα φορτία αιχμής της περιοχής ή του νησιού. Στην ανεμογεννήτρια μέσης ισχύος υπάρχει ένα όριο στην ισχύ της σε σχέση με το μέγεθος και την κατανομή των φορτίων του δικτύου στο οποίο θα συνδεθεί. Αυτό συμβαίνει γιατί οι απότομες και μεγάλοι εύρους μεταβολές της ισχύος της ανεμογεννήτριας επηρεάζουν την λειτουργία του αυτόνομου σταθμού, και ειδικότερα του ρυθμιστή στροφών των μηχανών DIESEL και τους ρυθμιστές τάσεων των γεννητριών με αποτέλεσμα την εμφάνιση ταλάντωσης τάσεως στο δίκτυο.

Στο σχήμα που ακολουθεί εμφανίζεται η ημερήσια καμπύλη φορτίου αυτόνομου σταθμού που μπορεί να θεωρηθεί από πλευράς μεγέθους φορτίου χαρακτηριστική για τα μικρά νησιά που χρησιμοποιούν ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη Diesel. Η ονομαστική ισχύς ανεμογεννήτριας (μέγιστη δυνατή ισχύς) θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι μικρότερη από το ελάχιστο φορτίο του εικοσιτετραώρου.

Η τιμή αυτή της ονομαστικής ισχύος καθορίζεται από την επιτρεπτή αύξηση των στροφών της γεννήτριας, λόγω μείωσης φορτίου, ώστε η αύξηση αυτή να μην επιφέρει ουσιαστική μεταβολή στη συχνότητα του ρεύματος. Για την καμπύλη φορτίου νησιού με μέγιστη ισχύ P (φορτίο αιχμής) εάν επιτρέπεται σχετική αύξηση της συχνότητας του ρεύματος κατά δ θα πρέπει:

$$\delta = (n - n_{FL}) / n_{FL} \quad (2.7)$$

όπου n_{FL} οι στρόφες πλήρους φορτίου.



Σχήμα 2-17: Τυπική καμπύλη φορτίου νησιού.

- Ελάχιστο φορτίο 567 kW
- Αιχμή 2010 kW
- Ενέργεια 25212 kWh

Εάν P_L το ελάχιστο φορτίο (kW) από την ημερήσια καμπύλη φορτίου, P_{AG} η ονομαστική ισχύς της ανεμογεννήτριας τότε θα πρέπει:

$$P_{DIESEL} + P_{AG} = P_L$$

$$P_{DIESEL} = P_L - P_{AG}$$

Θα πρέπει $P_{DIESEL} > P(\delta)$ οπότε:

$$P_{AG} < P_L - P(\delta)$$

Για την ημερήσια καμπύλη του παραπάνω σχήματος προκύπτει:

$$P_{FL} = 2010 \text{ kW}$$

$$P_L = 576 \text{ kW}$$

$$P(\delta) / P_{FL} = 0.2$$

(το 20% λαμβάνεται κατ'εκτίμηση)

$$P(\delta) = 402 \text{ kW}$$

Οπότε:

$$P_{AG} < 576 - 402 \text{ ή } P_{AG} < 174 \text{ kW}$$

Συμπεραίνουμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά $P_L - P(\delta)$ και επομένως όσο ομαλότερη είναι η καμπύλη φορτίου λόγω μείωσης $P_{FL} - P_L$, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ισχύς P_{AG} , επομένως και η ενέργεια του ανέμου που θα διοχετευθεί στο δίκτυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΔΡΟΥ

3.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ

Πρόσφατες εκτιμήσεις δείχνουν ότι ο εθνικός στόχος για το 40% της ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ως το 2020 δεν πρόκειται να επιτευχθεί αν δεν υπάρξει μια εκτεταμένη προσφυγή στην αιολική ενέργεια, ιδιαίτερα στα νησιά του Αιγαίου όπου υπάρχει και το μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό. Η επίτευξη του στόχου προϋποθέτει 8 - 10 GW σε επίπεδο χώρας από αιολική ενέργεια για τον εν λόγω χρονικό ορίζοντα, αλλά το σύνολο της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος αυτή τη στιγμή φτάνει μόλις τα 1,3 GW.

Η κατάσταση αυτή δικαιολογείται όχι από το φτωχό επενδυτικό ενδιαφέρον, αλλά από την ύπαρξη τεχνολογικών, νομοθετικών και κοινωνικών εμποδίων. Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται οι αδυναμίες των νησιωτικών δικτύων (στην ουσία αδυναμία εξαγωγής ή αποθήκευσης της ενέργειας) και οι αντιδράσεις τοπικών ομάδων σε μερικά νησιά με πλούσιο αιολικό δυναμικό. Αντίστοιχα είναι τα πράγματα και στις άλλες μορφές ΑΠΕ. Όμως η εκμετάλλευση των ΑΠΕ σε μεγάλη κλίμακα στα νησιά, απαιτεί πράγματι εκτεταμένες εγκαταστάσεις και δυνατότητες διασύνδεσης των νησιών μεταξύ τους και των νησιωτικών συμπλεγμάτων με την ηπειρωτική χώρα, πράγμα που υπερβαίνει βέβαια κατά πολύ τις τοπικές ανάγκες. Από την άλλη μεριά, οι ενστάσεις για το τοπίο και τη φύση θα μπορούσαν να συζητηθούν στο πλαίσιο ενός ειλικρινούς διαλόγου και ποιοτικών μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κυρίως μελετών για την ένταξη των ΑΠΕ στο τοπίο.

Κατά τα πρώτα χρόνια ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, δημιουργήθηκε έντονο ενδιαφέρον για επενδύσεις στα μη διασυνδεδεμένα νησιά λόγω του πλούσιου αιολικού δυναμικού και της υψηλότερης σε σχέση με το διασυνδεδεμένο σύστημα, τιμής πώλησης της παραγόμενης ενέργειας.

3.2 ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ

Για λόγους ευστάθειας του ηλεκτρικού συστήματος και εξασφάλισης της απρόσκοπτης ηλεκτροδότησης σε περιπτώσεις αποτυχίας των ΑΠΕ, λόγω της απρόβλεπτης φύσης τους, υπάρχουν περιοριστικοί νόμοι και διατάξεις σχετικά με το ποσοστό διείσδυσης των ΑΠΕ σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο.

Λόγω της έλλειψης διασύνδεσης με την ηπειρωτική Ελλάδα, καθορίστηκε με την ΥΑ 8295/95 μέγιστο όριο εγκατάστασης ισχύος (όριο διείσδυσης) το ποσοστό του 30% της μέγιστης μέσης ωριαίας ζήτησης ισχύος του προηγούμενου έτους. Η ίδια Υπουργική Απόφαση έδινε το δικαίωμα στον διαχειριστή του συστήματος να απορρίπτει ισχύ παραγόμενη από τα αιολικά πάρκα τις ώρες χαμηλής ζήτησης, εξασφαλίζοντας ωστόσο έναν ελάχιστο συγκεκριμένο αριθμό ωρών λειτουργίας για τα αιολικά πάρκα (6000 Συμβατικές Ανηγμένες Ώρες Λειτουργίας).

Μετά την κατάργηση της ΥΑ 8295/95, η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) όρισε νέα διαδικασία - μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της επιτρεπόμενης μέγιστης εγκατεστημένης ισχύος στα μη διασυνδεδεμένα νησιά και την χορήγηση των αδειών παραγωγής των μονάδων ΑΠΕ στα νησιά. Σύμφωνα λοιπόν με τους νέους κανόνες, το περιθώριο νέας ισχύος ΑΠΕ που μπορεί να εγκατασταθεί και το αντίστοιχο όριο απορρόφησης θα καθορίζονται ανά νησί και θα αναθεωρούνται ανά διετία. Σύμφωνα με αυτά θα προκηρύσσεται προθεσμία υποβολής αιτήσεων αδειών παραγωγής. Το περιθώριο της νέας ισχύος και το όριο απορρόφησης θα υπολογίζονται, έτσι ώστε να διασφαλίζουν έναν ελάχιστο συντελεστή εκμεταλλευσιμότητας (Capacity Factor) της παραγόμενης ενέργειας της τάξεως του 27,5%, λαμβάνοντας υπόψη την εξέλιξη των φορτίων, τους υπάρχοντες συμβατικούς σταθμούς και μονάδες ΑΠΕ παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τα ανεμολογικά δεδομένα του νησιού.

Σύμφωνα με έγκυρες αναλύσεις αυτής της μεθόδου, προσαρμόζοντάς την σε τεχνικά μεγέθη και λαμβάνοντας υπόψη τους στόχους της Ελλάδας για το 2020, προκύπτει ότι: Για την ανάπτυξη αιολικών πάρκων έως το 2015 στα μη διασυνδεδεμένα νησιά, προκύπτει καταρχήν το «τεχνικό» όριο του 73%, δηλαδή ότι το επιτρεπόμενο όριο διείσδυσης αιολικής ενέργειας στα αυτόνομα ελληνικά νησιά μπορεί να θεωρηθεί το 73% του μέσου ετήσιου φορτίου (ως μέσο ετήσιο φορτίο ορίζεται η ετήσια ζήτηση ενέργειας δια 8760 ώρες). Επιπλέον, λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι υφιστάμενες άδειες παραγωγής, οι εκκρεμείς αιτήσεις και το γενικότερο επενδυτικό ενδιαφέρον, βασικοί χωροταξικοί περιορισμοί κατά περίπτωση (όπως π.χ. η οικιστική ανάπτυξη), καθώς και η κοινωνική αποδοχή των ανεμογεννητριών, που διαφοροποιείται από νησί σε νησί.

Για το 2020, το αντίστοιχο όριο διαμορφώνεται στο 100% του μέσου ετήσιου φορτίου. Μελέτες δείχνουν πως με τη χρήση κατάλληλων μοντέλων πρόβλεψης της ζήτησης και σωστή διαχείριση του φορτίου, η διείσδυση των αιολικών πάρκων σε αυτόνομα συστήματα μπορεί να φτάσει το 100%, χωρίς να αυξηθεί κατά πολύ η απόρριψη ισχύος. Επιπλέον, υποστηρίζεται ότι κατά το έτος 2020, η τεχνολογία των ανεμογεννητριών θα είναι τόσο πιο φθηνή από σήμερα, που η εγκατάσταση αιολικών πάρκων θα είναι επενδυτικά συμφέρουσα, ακόμα και με ενδεχόμενη απόρριψη ισχύος.

Όσον αφορά στα διασυνδεδεμένα νησιά, ακολουθείται είτε ανάλογη προσέγγιση με τα αυτόνομα, δηλαδή τα όρια διείσδυσης θεωρούνται 73% για το 2015 και 100% για το 2020, είτε σε περίπτωση όπου υπάρχει πιθανότητα διασύνδεσης με το ηπειρωτικό δίκτυο, προβλέπεται μεγάλη διείσδυση αιολικών

πάρκων για τροφοδότηση της ηπειρωτικής Ελλάδας. Σε κάθε περίπτωση λαμβάνεται υπόψη η κατάσταση των αδειών παραγωγής, οι αιτήσεις και το αιολικό δυναμικό.

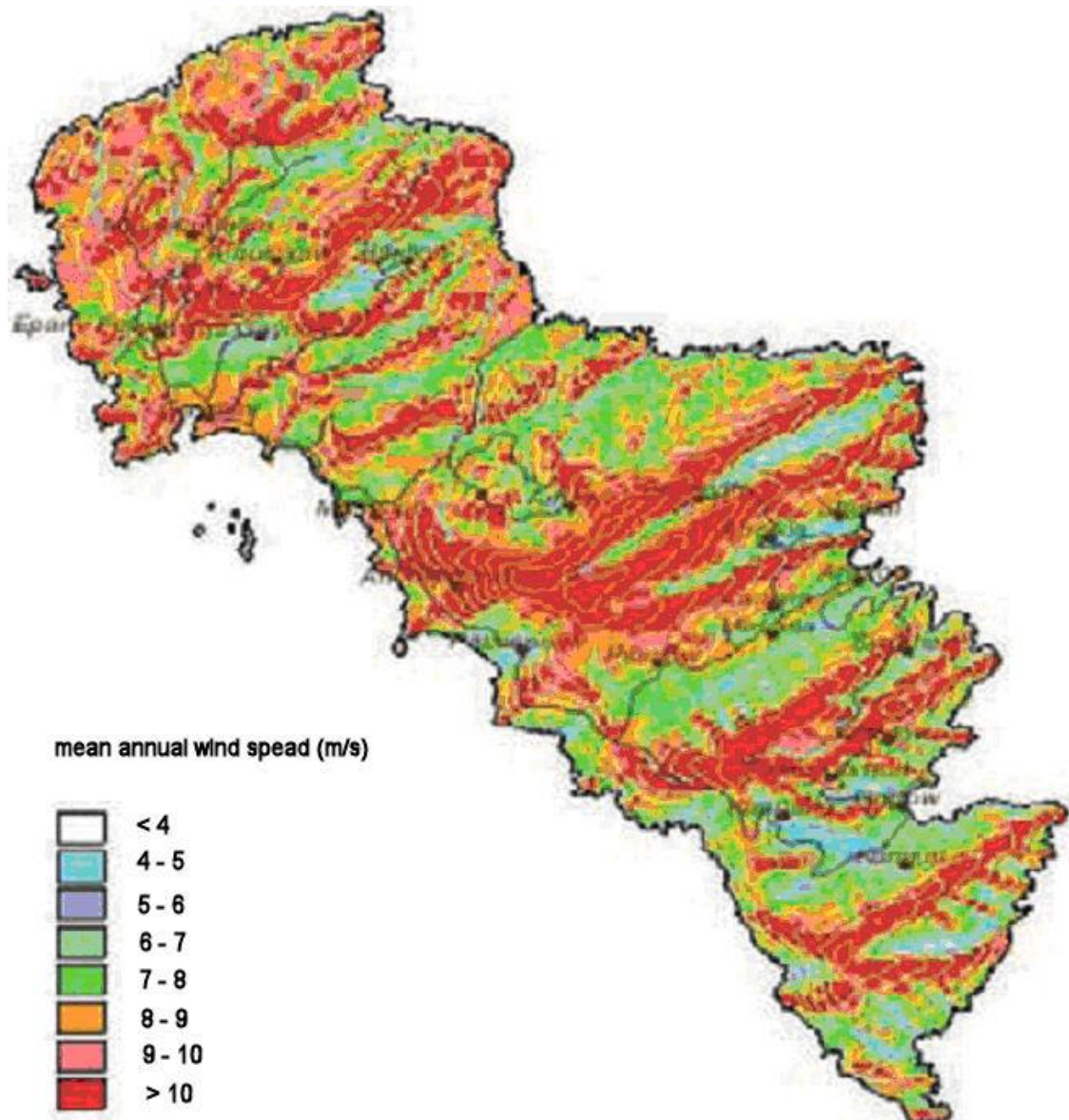
3.3 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΆΝΔΡΟΥ

Σύμφωνα με τη μυθολογική παράδοση, η Άνδρος πήρε το όνομά της από το στρατηγό των Κρητών, Άνδρο, γιο του Ευρύμαχου ή του Ανίου και εγγονό του Απόλλωνα, που αποίκισε το νησί κατά τη μινωική εποχή.

Η Άνδρος ανήκει στην περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, είναι το δεύτερο σε μέγεθος νησί του συμπλέγματος των Κυκλάδων και βρίσκεται σε πολύ κοντινή απόσταση από την Αθήνα. Κατεξοχήν ναυτικό και γεωργικό νησί, στράφηκε προς τον τουρισμό τα τελευταία 25 χρόνια, με αποτέλεσμα το νησιωτικό και φυσικό της τοπίο να μην έχει υποστεί πολύ μεγάλες αλλοιώσεις. Περισσότερο ανεπτυγμένο τουριστικά είναι το βορειοδυτικό τμήμα και κυρίως το Μπατσι. Άνοδος παρουσιάζεται τα τελευταία χρόνια και στην οικοδομική δραστηριότητα, με την τάση για αλλαγή των χρήσεων γης και την κατασκευή εξοχικών κατοικιών που έχουν αυξηθεί, ειδικά στο βόρειο, δυτικό και βορειοανατολικό τμήμα της.

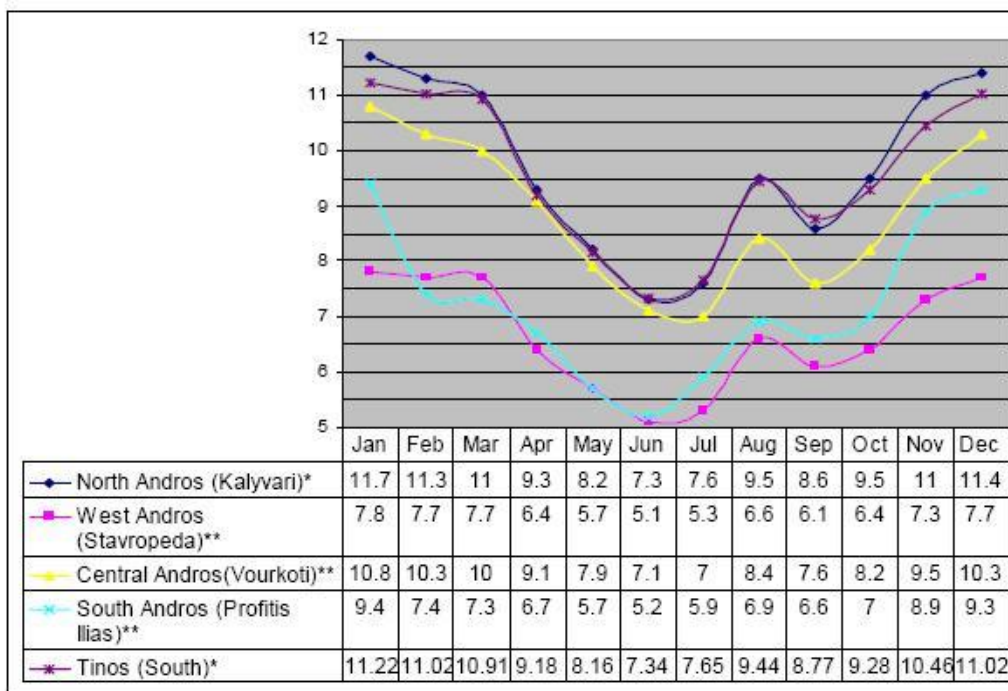
Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της Άνδρου είναι το πλούσιο αιολικό και υδατικό δυναμικό της, καθώς και η αξιολογη πανίδα και χλωρίδα της. Παρουσιάζονται δυνατότητες για μια αειφόρο διαχείριση των φυσικών της πόρων και για την ανάπτυξη συστημάτων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Το νησί διαθέτει ακόμη μεγάλη πολιτιστική και πνευματική παράδοση και έναν αξιοσημείωτο αριθμό αρχαιολογικών χώρων και μουσείων, που αποτελούν πόλο έλξης των τουριστών. Αυτά τα δεδομένα σε συνδυασμό με την αξιοποίηση των φυσικών ομορφιών του τόπου, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι θα μπορούσε να αναπτυχθεί μια πιο ήπια μορφή τουρισμού στο νησί, με έμφαση στον περιπατητικό τουρισμό. Περιθώρια για αειφόρο ανάπτυξη έχουν και οι τομείς της γεωργικής δραστηριότητας και της κτηνοτροφίας, που αποτελούν σημαντικούς παράγοντες της ανδριώτικης οικονομίας. Η βιολογική καλλιέργεια και η παραγωγή βιολογικού κρέατος, η πιστοποίηση των τοπικών προϊόντων και η ανάπτυξη της μεταποίησης των αγροτικών και κτηνοτροφικών προϊόντων στο νησί, αποτελούν δράσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε μια βιώσιμη τοπική οικονομία.

Σε έρευνα που διεξήχθη από το εργαστήριο Μετεωρολογίας του πανεπιστημίου Αθηνών, προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με το αιολικό δυναμικό του νησιού της Άνδρου (Σχήμα 3-1). Στην πλειονότητα των περιπτώσεων μέτρησης των ταχυτήτων του ανέμου έγινε υπέρβαση του ορίου 1000 W/m^2 , ενώ σε εξαιρετικές περιπτώσεις προσεγγίστηκε το ασυνήθιστο όριο των 2000 W/m^2 .



Σχήμα 3-1: Αιολικός χάρτης Άνδρου.

Το αιολικό δυναμικό είναι αναμενόμενο να παρουσιάζει κάποιες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του έτους. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-2 οι υψηλότερες μέσες τιμές της ταχύτητας του ανέμου παρουσιάζονται κατά την χειμερινή περίοδο. Η σχετική κατανομή της ισχύος του ανέμου κατά την διάρκεια του έτους εκφράζεται από τον ενδοετήσιο συντελεστή μεταβλητότητας, η τιμή του οποίου είναι πολύ σημαντική για την επιλογή της περιοχής εγκατάστασης του αιολικού πάρκου. Δηλαδή όσο μικρότερη είναι η τιμή του συντελεστή μεταβλητότητας τόσο πιο ομοιόμορφη είναι η παραγωγή ενέργειας στο δεδομένο αιολικό πάρκο. Ενδεικτικά, ο ενδοετήσιος συντελεστής μεταβλητότητας για την περιοχή Καλιβάρι είναι 18.9 και για την περιοχή Κορθίου 14.8.

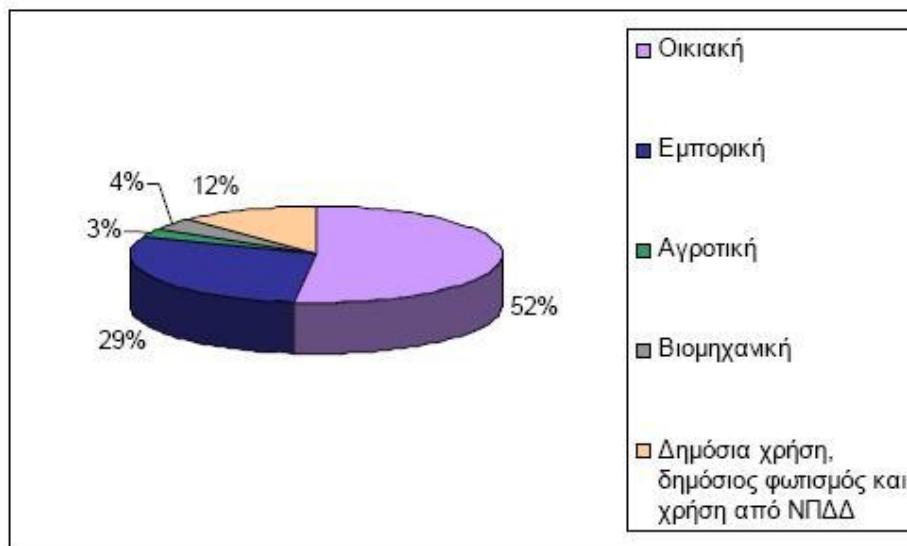


Σχήμα 3-2: Μέσες μηνιαίες τιμές ανέμου (m/s) σε διαφορετικές τοποθεσίες σε Άνδρο και Τήνο.

3.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΑΝΔΡΟ

Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί της Άνδρου προέρχεται από το σταθμό του Αλιβερίου μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου, σε έκτακτες περιπτώσεις από τον θερμοηλεκτρικό σταθμό της ΔΕΗ στο λιμάνι της Χώρας και από το αιολικό πάρκο στο χωριό Καλιβάρι. Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ ανέρχεται στα 4,8 GWh και προέρχεται από το αιολικό πάρκο της Άνδρου συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.575 kW. Ενώ οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού παρουσιάζονται πολύ υψηλότερες φτάνοντας τις 37,3 GWh ετησίως. Μάλιστα στην αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται ισχύς 11,9 MW, πολύ υψηλότερη της εγκατεστημένης αιολικής ισχύος στο νησί.

Η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί ανά τομέα δραστηριότητας παρουσιάζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί (Σχήμα 3-3). Όπως φαίνεται το 52% της καταναλισκόμενης ενέργειας απαιτείται στον οικιακό τομέα.



Σχήμα 3-3: Κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά τομέα οικονομικής δραστηριότητας.

Οι ανάγκες του νησιού σε ενέργεια, καλύπτονται με κατανάλωση πετρελαίου από το θερμοηλεκτρικό εργοστάσιο της ΔΕΗ, εισαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από το ηπειρωτικό δίκτυο καθώς και μέσω της παραγόμενης από τις ανεμογεννήτριες του νησιού, αιολικής ενέργειας.

Χρησιμοποιούνται επίσης ηλιακοί συσσωρευτές για την παραγωγή ζεστού νερού, τόσο στον οικιακό όσο και στον ξενοδοχειακό τομέα. Υπάρχουν ακόμη παραδοσιακές τεχνικές εξοικονόμησης που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των κτιρίων όπως ο προσανατολισμός των κτιρίων και η τοποθέτηση μικρών παραθύρων στο βορρά. Σχετικά με την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης χρησιμοποιούνται κυρίως καλοριφέρ, τα οποία καταναλώνουν πετρέλαιο. Επίσης χρησιμοποιούνται συστήματα ηλεκτρικής θέρμανσης, όπως κλιματιστικά και λιγότερο τζάκια και σόμπες. Οι διακυμάνσεις στην κατανάλωση ενέργειας του νησιού παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3-1: Κατανάλωση ενέργειας σε GWh στη νήσο Άνδρο για το έτος 2009.

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2.78
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1.90
ΜΑΡΤΙΟΣ	4.00
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1.97
ΜΑΙΟΣ	3.25
ΙΟΥΝΙΟΣ	3.19
ΙΟΥΛΙΟΣ	3.83
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	3.82
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	4.25
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1.85
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	4.13
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2.27
ΣΥΝΟΛΟ	37.27GWh

Κατά τις πρωινές ώρες η κατανάλωση είναι 8 MW, ενώ το βράδυ ανέρχεται σε 15 MW. Η αιχμή της ζήτησης εντοπίζεται την καλοκαιρινή περίοδο, κυρίως το μήνα Αύγουστο, οπότε και μπορεί να φτάσει τα επίπεδα των 20 MW (π.χ. το βράδυ του Δεκαπενταύγουστου). Αιχμή παρουσιάζεται και τις κρύες χειμωνιάτικες μέρες, λόγω των αυξημένων αναγκών σε θέρμανση, καθώς και σε μεμονωμένες περιπτώσεις (π.χ. το βράδυ της Ανάστασης).

Η κατανάλωση ενέργειας στη νήσο Άνδρο παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Υψηλό ρυθμό αύξησης ενεργειακής ζήτησης, διπλάσιο του εθνικού μέσου όρου
- Υψηλό κόστος ενέργειας
- Μεγάλο ανεκμετάλλευτο δυναμικό ανανεώσιμων πόρων και σημαντικά περιθώρια ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας
- Μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις ζήτησης ηλεκτρικού φορτίου.
- Πρόβλημα επάρκειας παροχής ηλεκτρικής ισχύος

3.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Όπως έχει αναφερθεί, έχει πραγματοποιηθεί από το 1993 σύνδεση του νησιού με το εθνικό δίκτυο μέσω υποθαλάσσιου καλωδίου 150 kV, που ενώνει το νησί με το Αλιβέρι της Εύβοιας. Ο χρόνος ζωής των καλωδίων αυτών είναι 20 χρόνια ενώ συχνά παρουσιάζονται βλάβες. Μέσω της Άνδρου η διασύνδεση συνεχίζεται μέχρι την Τήνο με πυλώνες υψηλής τάσης που διατρέχουν κατά μήκος την Άνδρο, και υποθαλάσσιο καλώδιο 150 kV που καταλήγει στην Τήνο. Ο σχεδιασμός προέβλεπε συνέχεια της σύνδεσης έως και τη Μύκονο, όμως οι κάτοικοι της Τήνου αντέδρασαν στη τοποθέτηση πυλώνων στο νησί τους.

Στο Λιμάνι της Χώρας της Άνδρου είναι εγκατεστημένος από το 1975 ένας θερμοηλεκτρικός σταθμός παραγωγής της ΔΕΗ, πετρελαιοκίνητος, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 19 MW, που όμως πρακτικά δε ξεπερνά τα 12 MW. Ο σταθμός παλαιότερα ικανοποιούσε τις ανάγκες της Άνδρου και της Τήνου. Μετά τη διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο, η μονάδα αυτή βρίσκεται σε ψυχρή εφεδρεία και λειτουργεί σε περίπτωση βλάβης ή υπερφόρτωσης του δικτύου, καθώς και για προγραμματισμένες συντηρήσεις της ηπειρωτικής διασύνδεσης.

Τα οφέλη από την διασύνδεση συνοψίζονται στα εξής:

- Βελτιώνεται η αξιοπιστία του ηλεκτρικού συστήματος
- Μειώνεται η χρήση των γεννητριών diesel, με επακόλουθη μείωση των ρύπων και του κόστους χρήσης.
- Μπορεί να αρχίσει σταδιακά η απεγκατάσταση των τοπικών αυτόνομων σταθμών.
- Γίνεται καλύτερη αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού με διάχυση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Συχνά παρουσιάζονται προβλήματα με υπερπηδήσεις ρεύματος (βραχυκυκλώσεις) και διακοπές ρεύματος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επίσης η υγρασία, η σκόνη και το αλάτι της θάλασσας δημιουργούν ένα μείγμα που επικάθεται στους μονωτήρες και παρόλη τη συντήρηση που πραγματοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα, υπάρχουν βλάβες και διακοπές. Τα προβλήματα αυτά παρουσιάζονται κυρίως Αύγουστο με Σεπτέμβρη και για το λόγο αυτό υπάρχει και το εργοστάσιο σε εφεδρεία. Με τα πρωτοβρόχια του φθινοπώρου, τα προβλήματα αυτά εξασθενούν, καθ' ότι καθαρίζονται οι μονωτήρες.

Η Άνδρος, λόγω του υψηλού αιολικού δυναμικού, της διασύνδεσής της με την ηπειρωτική χώρα και της γεωγραφίας της προσφέρεται για μεγάλης κλίμακας διεύθυνση αιολικών πάρκων. Ωστόσο, δεδομένων των υφιστάμενων τεχνικών ορίων του υποβρύχιου καλωδίου, η διεύθυνση αιολικών στην παρούσα φάση μπορεί να είναι μόνο μεσαίας κλίμακας. Με την αναβάθμιση του καλωδίου που σχεδιάζει η ΔΕΗ άμεσα, μεγάλη αιολική διεύθυνση μπορεί να επιτευχθεί.

Ο οικιακός τομέας φαίνεται ότι έχει μεγάλο μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, βραχυπρόθεσμα προτείνεται αύξηση των θερμικών ηλιακών συστημάτων (ηλιακοί θερμοσίφωνες) και παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στις κατοικίες. Επιπλέον, λόγω της διασύνδεσης της Άνδρου με την ηπειρωτική χώρα εμφανίζεται άμεσο συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των μη διασυνδεδεμένων νησιών για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίρια, στα πλαίσια του προγράμματος «φωτοβολταϊκά στις στέγες»

3.6 ΤΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΤΗΣ ΔΕΗ

Παράλληλα συνδεδεμένο στο εθνικό δίκτυο είναι και το αιολικό πάρκο της ΔΕΗ στη θέση Καλιβάρι (Σχήμα 3-4, Σχήμα 3-5), στο βορειότερο άκρο του νησιού. Στην περιοχή του αιολικού πάρκου πνέουν άνεμοι με μέση ετήσια ταχύτητα 9.7 m/s, που θεωρείται ως μια από τις καλύτερες της νότιας Ευρώπης. Το πάρκο λειτουργεί από το 1992 με χρόνο ζωής τα 20 έτη. Το αιολικό πάρκο συγκροτούν 7 ανεμογεννήτριες με ισχύ 225 kW η καθεμία, άρα συνολικής ισχύος 1575 kW. Είναι διατεταγμένες γραμμικά με ενδιάμεση απόσταση 100 μέτρων και καλύπτουν συνολικά επιφάνεια 30 εκταρίων.

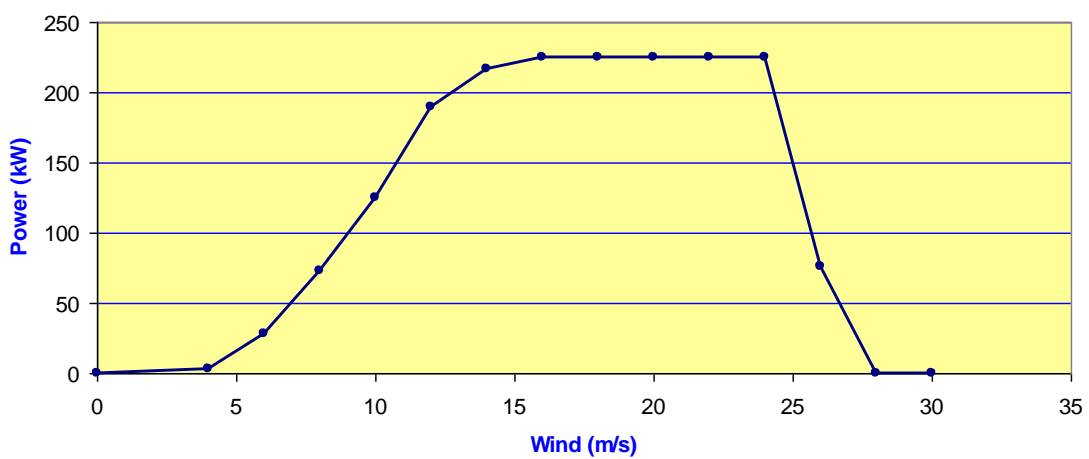


Σχήμα 3-4: Το αιολικό πάρκο στο Καλιβάρι.

Όσον αφορά στα τεχνικά τους χαρακτηριστικά, οι ανεμογεννήτριες είναι τύπου Vestas V-27, έχουν ύψος 36-38 μέτρα, διαθέτουν 3 πτερύγια μήκους 13 μέτρων το καθένα και διάμετρο 26 μέτρα.



Σχήμα 3-5: Ανεμογεννήτρια Vestas V27.



Σχήμα 3-6: Καμπύλη ισχύος ανεμογεννήτριας (Vestas V27, 225) – ταχύτητας ανέμου.

Η έναρξη λειτουργίας του αιολικού πάρκου έγινε το 1992 με αναμενόμενη ετήσια παραγωγή ενέργειας 3,6 GWh που αντιστοιχούσε στο 12% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας του αυτόνομου πετρελαϊκού θερμοηλεκτρικού σταθμού, όταν βρισκόταν σε λειτουργία. Σήμερα, συνεισφέρει στο τοπικό δίκτυο περίπου 4,8 GWh ετησίως. Τα πλεονεκτήματα του πάρκου αυτού είναι η λειτουργία του καθ' όλη τη διάρκεια του έτους εξαιτίας των ισχυρών ανέμων που πνέουν στην περιοχή, καθώς και το ότι δουλεύει σε χαμηλή τάση. Το παραγόμενο ρεύμα έχει τάση 380 Volt, ενώ 20 kV είναι η μέση τάση των δικτύων στις γραμμές διανομής. Το αιολικό πάρκο της Άνδρου, συγκαταλέγεται στα πλέον αποδοτικά πάρκα της Ελλάδας λόγω των πολύ ευνοϊκών ανεμολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής, που δίνει ένα πολύ καλό συντελεστή απόδοσης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάρκο αυτό κατάφερε την ταχύτερη απόσβεση των κεφαλαίων κατασκευής του, μόλις μέσα σε πέντε χρόνια, μεταξύ των αντίστοιχων αιολικών πάρκων που λειτουργούν στην Ελλάδα, δηλαδή με ίδιο τύπο ανεμογεννητριών (Vestas V27), σε νησιά.

Βλάβες στις ανεμογεννήτριες παρουσιάζονται λόγω κεραυνών, οπότε και μπορεί να καταστραφεί το φτερό, όπως έχει ήδη συμβεί στο παρελθόν. Για το λόγο αυτό και δεν πρέπει το αιολικό πάρκο να βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από κατοικημένες περιοχές, κάτι που δε συμβαίνει στην περίπτωση του Καλιβαρίου, όπου το αιολικό πάρκο είναι ακριβώς πάνω από τον οικισμό, ο οποίος αριθμεί 54 κατοίκους και 35 κατοικίες.

3.7 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΤΑ ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΝΗΣΙΑ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

Μέχρι το 1950, η ηλεκτροδότηση όλης της χώρας γινόταν με περίπου 350 Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής, συνήθως ένας εγκατεστημένος κοντά ή και μέσα σε κάθε πόλη, και ένα περιορισμένης έκτασης Δίκτυο Διανομής.

Μετά το 1950 (ίδρυση ΔΕΗ), υπήρξε σταδιακή ανάπτυξη του «Διασυνδεδεμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας» και κατάργηση των Αυτόνομων Σταθμών Παραγωγής. Αυτό βασίστηκε σε:

- Μεγάλους κεντρικούς Σταθμούς Παραγωγής, κατά προτεραιότητα από εγχώριες ενεργειακές πηγές (λιγνίτης, υδατοπτώσεις)
- Δίκτυο Μεταφοράς, το οποίο συνδέει τους μεγάλους κεντρικούς Σταθμούς Παραγωγής με τα κέντρα κατανάλωσης (πόλεις, χωριά, βιομηχανικές και αγροτικές περιοχές κλπ)

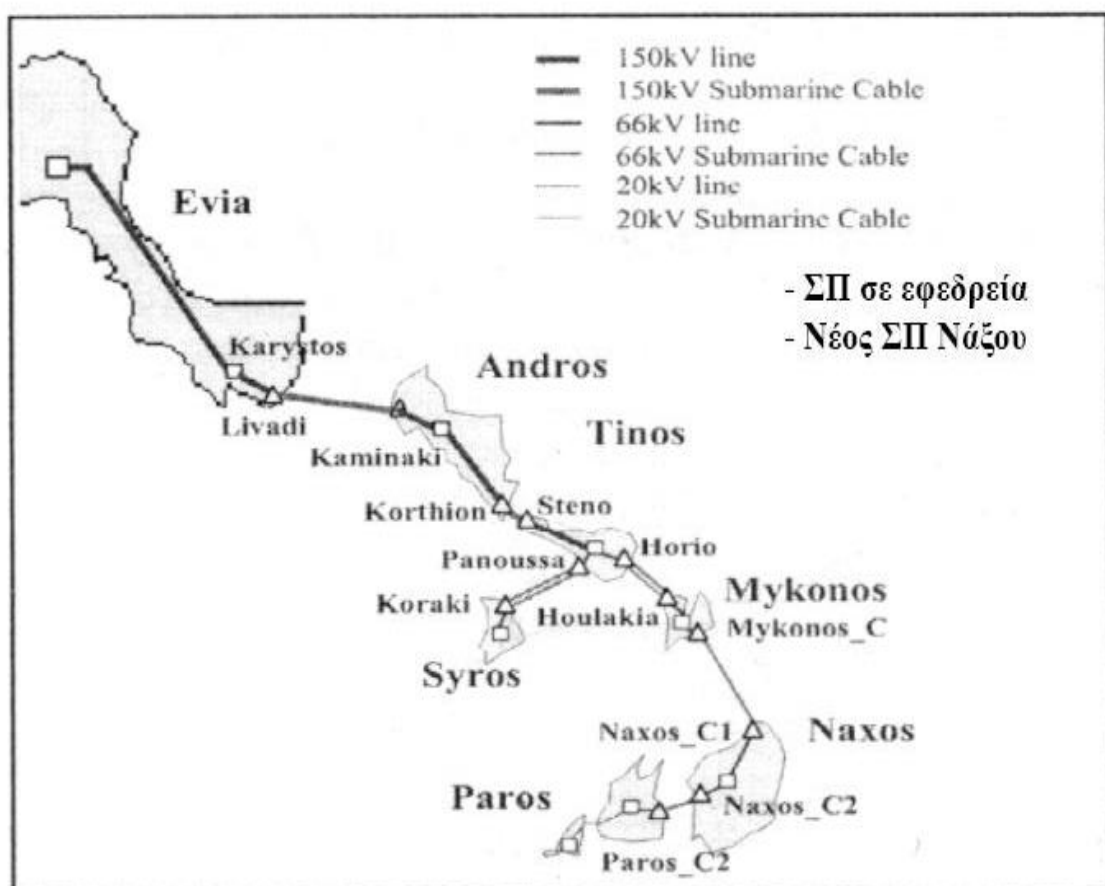
Η προοπτική της διασύνδεσης των αυτόνομων ηλεκτρικών συστημάτων των νησιών με το Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, όπου αυτό είναι εφικτό και τεχνικοοικονομικά ενδεικνυόμενο, αποτέλεσε πάγια πρακτική από τις αρχές της δεκαετίας του '60, ώστε να μειωθεί κατά το δυνατό ή να αποφευχθεί η λειτουργία των πετρελαϊκών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής που τροφοδοτούν τα νησιά. Σήμερα έχουν συνδεθεί με το Σύστημα με καλώδια υψηλής τάσης όλα τα Ιόνια νησιά. Όσον αφορά τα νησιά του Αιγαίου μόνο η Άνδρος και η Τήνος έχουν συνδεθεί με καλώδιο υψηλής τάσης, ενώ υπό μέση τάση έχουν συνδεθεί αρκετά νησιά πλησίον των ακτών (Σποράδες, Θάσος, Σαμοθράκη, Κύθηρα κ.α.). Επίσης, αρκετά νησιά του Αιγαίου έχουν διασυνδεθεί μεταξύ τους.

Πλέον στις μέρες μας η επέκταση των διασυνδέσεων και στα νησιά αποτελεί την ενδεικνυόμενη λύση, εφόσον αυτό είναι τεχνικά εφικτό και οικονομικά βιώσιμο. Στα πλαίσια αυτή της κεντρικής ιδέας, η διασύνδεση των Κυκλάδων έχει ήδη κριθεί και αποφασιστεί και θα εξασφαλίσει την ηλεκτροδότησή τους με μηδενικές επιπτώσεις στο τοπικό τουλάχιστον περιβάλλον. Αυτό που απομένει είναι η υλοποίησή της, δεδομένης της ανάγκης επίστευσης των διαδικασιών.

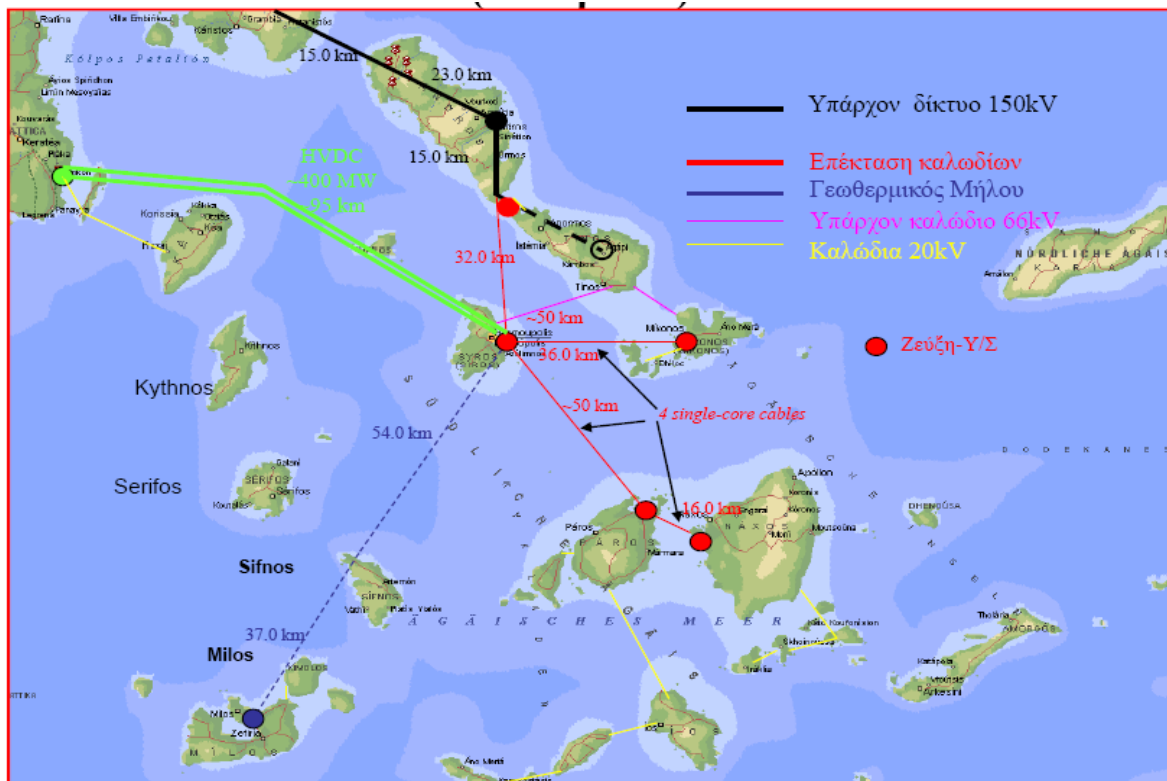
Καταλυτικός παράγοντας προς αυτή την κατεύθυνση είναι και η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Με το δίκτυο διασύνδεσης δίδεται η δυνατότητα πληρέστερης αξιοποίησης των τοπικών ΑΠΕ, στο βαθμό που οι περιβαλλοντικές συνθήκες κάθε νησιού το επιτρέπουν.

Κατά καιρούς εξετάστηκαν διάφορες δυνατές λύσεις, «σενάρια», οι οποίες ικανοποιούν τις τεχνικές απαιτήσεις και κοστολογήθηκαν:

- Σενάριο Α: Επέκταση υφιστάμενης διασύνδεσης - διατήρηση τοπικών Σταθμών Παραγωγής (Σχήμα 3-7)
- Σενάριο Β: Κατασκευή και νέας διασύνδεσης (από Λαύριο) με προοπτική την κατάργηση των Σταθμών Παραγωγής. (Σχήμα 3-8)
- Σενάριο Γ: Δημιουργία δύο συστημάτων: (α) Άνδρου-Τήνου -Σύρου -Μυκόνου και (β) Πάρου-Νάξου, ανάπτυξη νέου σταθμού παραγωγής στη Νάξο.



Σχήμα 3-7: Σενάριο Α. Μελέτη διασύνδεσης Κυκλάδων ΔΕΗ-1990 (με την τότε διατιθέμενη τεχνολογία).



Σχήμα 3-8: Σενάριο Β. Μελέτη διασύνδεσης Κυκλάδων ΕΜΠ.

Η αξιολόγηση από την επιτροπή ΡΑΕ - ΔΕΣΜΗΕ - ΔΕΗ κατέληξε στο ότι το Σενάριο Β, ελαφρώς διαφοροποιημένο συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα, περιβαλλοντικά και οικονομικά.

Τα Διασυνδεδεμένα Συστήματα αναγνωρίζεται και διεθνώς ότι πλεονεκτούν έναντι των Αυτόνομων διότι εξασφαλίζουν καλύτερη και οικονομικότερη ηλεκτροδότηση αλλά και επιτρέπουν την αξιοποίηση των τοπικών ενεργειακών πόρων.

Όπως όλα δείχνουν, οι διασυνδέσεις μπορεί και ενδείκνυται να επεκταθούν στο σύνολο των νησιών του Αιγαίου. Αντικείμενος στόχος ενός τέτοιου εγχειρήματος είναι η διαμόρφωση ενός μακρόπνοου προγραμματισμού για την κατά το δυνατόν ευρύτερη επέκταση των διασυνδέσεων και σε άλλα νησιά του Αιγαίου. Το δίκτυο μεταφοράς ενέργειας και διασύνδεσης στον Ελλαδικό χώρο αναμένεται να ολοκληρωθεί με τη δημιουργία 4 «ομάδων» διασυνδέσεων:

- i. Των Κυκλάδων, με επέκταση μέχρι Σαντορίνη
- ii. Των νησιών του Βορείου Αιγαίου (από Αλιβέρι)
- iii. Της Κρήτης (από Μεγαλόπολη-Μονεμβασιά)
- iv. Των Δωδεκανήσων (από την Ρόδο)

Εξεταστέα είναι και η σύνδεσή των Δωδεκανήσων με την Κρήτη, μετά την διασύνδεσή της στο ηπειρωτικό Σύστημα.

3.8 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ

Η διασύνδεση των Κυκλάδων είναι έργο μείζονος σημασίας για τη μελλοντική τους ενεργειακή επάρκεια και τροφοδότηση, λόγω των υψηλών ρυθμών ανάπτυξης των φορτίων τους. Ο αρχικός σχεδιασμός τη δεκαετία του '80 προέβλεπε τη διασύνδεση των νησιών Άνδρου, Τήνου, Σύρου και Μυκόνου με το ηπειρωτικό σύστημα μέσω της Εύβοιας με υποβρύχια καλώδια κατά τα υποθαλάσσια τμήματα και εναέριες γραμμές επί της Άνδρου της Τήνου και της Σύρου. Μέχρι σήμερα έχει ολοκληρωθεί ένα σημαντικό τμήμα των παραπάνω έργων και συγκεκριμένα τα εναέρια και υποβρύχια τμήματα της διασύνδεσης της Άνδρου με το Σύστημα, τα εναέρια τμήματα επί της Άνδρου, το υποβρύχιο καλώδιο Άνδρου - Τήνου, η χάραξη της γραμμής μεταφοράς επί της Τήνου και η τοποθέτηση κατά μήκος της ιστών και πυλώνων, καθώς και τα υποβρύχια καλώδια μεταξύ των νήσων Τήνου - Σύρου και Τήνου - Μυκόνου (δύο τριπολικά υποβρύχια καλώδια 66kV). Κατά το έτος 2003 πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση προσωρινού υποσταθμού 150/20kV στην Άνδρο, ενώ εντός του 2005 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες και εγκαταστάθηκε ο μόνιμος υποσταθμός Άνδρου. Το υποβρύχιο καλώδιο Άνδρου - Τήνου λειτουργεί στα 20kV για την τροφοδότηση των φορτίων της Τήνου.

Ωστόσο, η υλοποίηση του ως άνω σχεδιασμού δεν κατέστη δυνατό να ολοκληρωθεί, λόγω σημαντικών αντιδράσεων κατοίκων και τοπικών φορέων της Τήνου και αλληπάλληλων προσφυγών σε διοικητικές αρχές, αποτέλεσμα των οποίων ήταν η αποξήλωση των ιστών και των πυλώνων της γραμμής μεταφοράς επί της Τήνου.

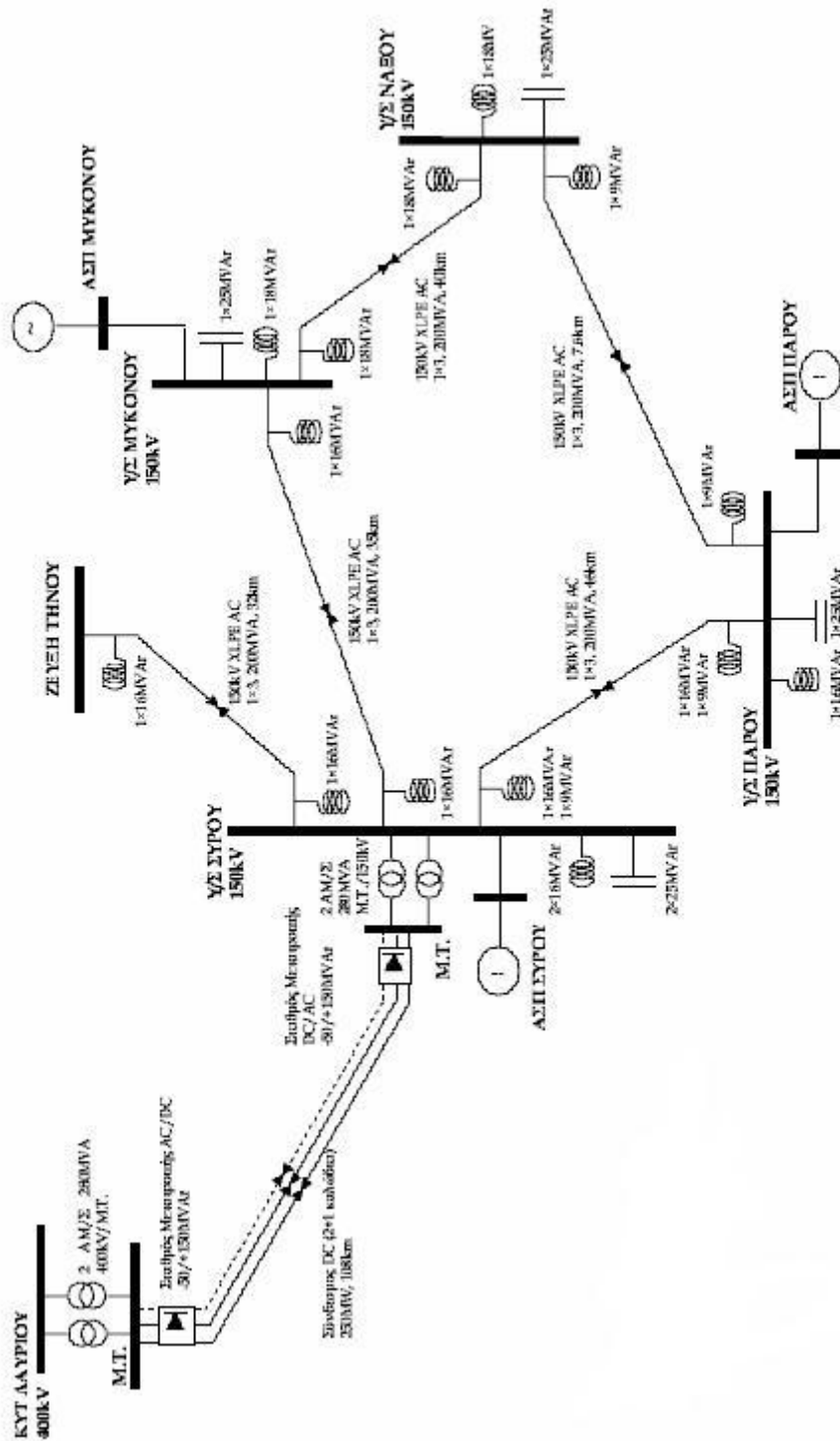
Έτσι, η σημερινή κατάσταση σε ότι αφορά τα νησιά των Ανατολικών Κυκλάδων έχει ως εξής: η Άνδρος και η Τήνος έχουν συνδεθεί στο Σύστημα μέσω της Εύβοιας, ενώ τα νησιά Μύκονος, Σύρος, Πάρος και Νάξος εξυπηρετούνται από Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής (ΑΣΠ).

Το 2004 συστάθηκε από το ΥΠΑΝ αρμόδια επιτροπή αποτελούμενη από εκπροσώπους του ΔΕΣΜΗΕ, της ΔΕΗ και της ΡΑΕ, με αντικείμενο την περαιτέρω διερεύνηση του θέματος και την κατάρτιση τελικής πρότασης διασύνδεσης. Η επιτροπή ολοκλήρωσε τις εργασίες της το Μάιο του 2005. Η μελέτη που εκπονήθηκε από την επιτροπή πρότεινε νέο σχεδιασμό με γνώμονα την ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής όχλησης επί των νησιών. Στην κατεύθυνση αυτή, οι νέοι υποσταθμοί επί των νησιών έχουν χωροθετηθεί πλησίον του αιγιαλού, ώστε να αποφεύγεται η κατασκευή εναέριων γραμμών μεταφοράς επί των νησιών. Με βάση τα συμπεράσματα της επιτροπής, διαμορφώθηκε ο σχεδιασμός του έργου που περιλαμβάνεται στις έκτοτε εγκεκριμένες ΜΑΣΜ (Μελέτες Ανάπτυξης Συστήματος Μεταφοράς) και προχώρησε η αδειοδοτική διαδικασία του έργου και η διαμόρφωση των τευχών διακήρυξης από τον Κύριο του Συστήματος σε συνεργασία με ΔΕΣΜΗΕ και τη συνδρομή της ΡΑΕ.

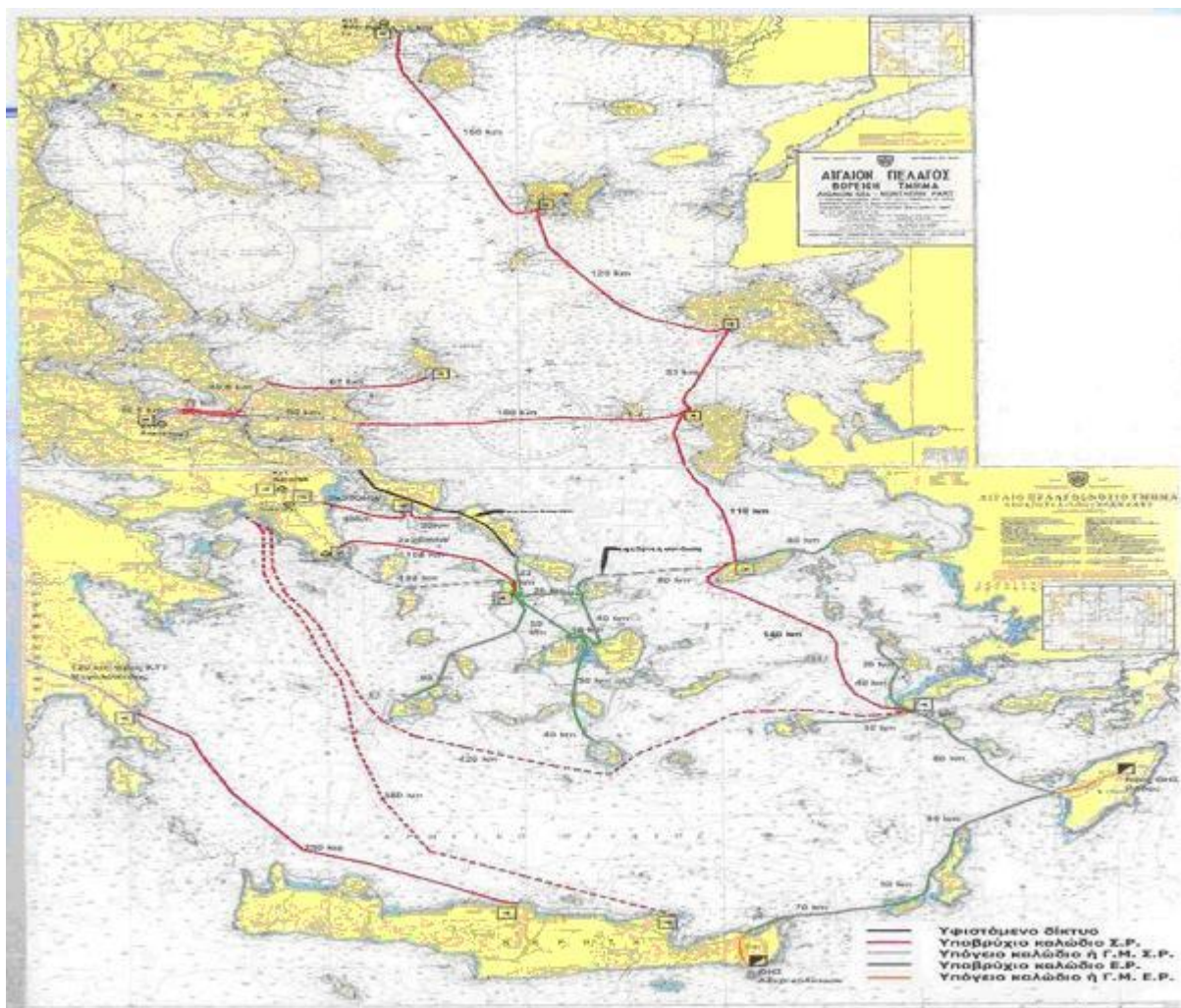
Συνοπτικά το έργο διασύνδεσης των Κυκλάδων που έχει αποφασιστεί και βαίνει προς υλοποίηση, περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Υποβρύχια διασύνδεση του υποσταθμού **Σύρου** με το Κέντρο Υπερύψηλης Τάσης **Λαυρίου** είτε με συνεχές ρεύμα είτε με εναλλασσόμενο. Η σύνδεση θα γίνει είτε με ενδιάμεσο σταθμό στη Κύθνο, είτε απευθείας ανάλογα με τις δυνατότητες του κατασκευαστή.
- Εσωτερικός βρόχος διασύνδεσης των νήσων Σύρου, Μύκονου, Πάρου, Νάξου και Τήνου με υποβρύχια καλώδια πλαστικής μόνωσης (XLPE), (στη περίπτωση Σ.Π.) για ελαχιστοποίηση των απωλειών άεργου ισχύος, και τριπολικού τύπου για ελαχιστοποίηση των απωλειών οπλισμού και μανδύα, ως ακολούθως:
 - **Σύρος-Μύκονος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~36km
 - **Σύρος-Πάρος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~50km
 - **Πάρος-Νάξος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~16km
 - **Νάξος-Μύκονος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~40km
 - **Σύρος – Τήνος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~32km

Τα νησιά των Κυκλάδων διαθέτουν σημαντικό αιολικό δυναμικό, του οποίου ο βαθμός αξιοποίησης περιορίζεται λόγω των μικρών δυνατοτήτων διείσδυσης στα αυτόνομα νησιωτικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Η προβλεπόμενη διασύνδεση των Κυκλάδων (Άνδρος, Τήνος, Μύκονος, Νάξος, Πάρος, Σύρος) με το Ηπειρωτικό Σύστημα προβλέπεται ότι θα δώσει τη δυνατότητα απορρόφησης σημαντικής ισχύος από Α/Π στις διασυνδεδεμένες Κυκλάδες. Στο Σχήμα 3.9 απεικονίζεται σχηματικά ο προβλεπόμενος τρόπος διασύνδεσης των Κυκλάδων, ενώ στο Σχήμα 3.10 φαίνονται όλες οι μελλοντικά σχεδιαζόμενες αλλά και οι υπάρχουσες υποβρύχιες διασυνδέσεις όλου του Αιγαίου.



Σχήμα 3.9: Νέα έργα για τη διασύνδεση των Κυκλάδων.

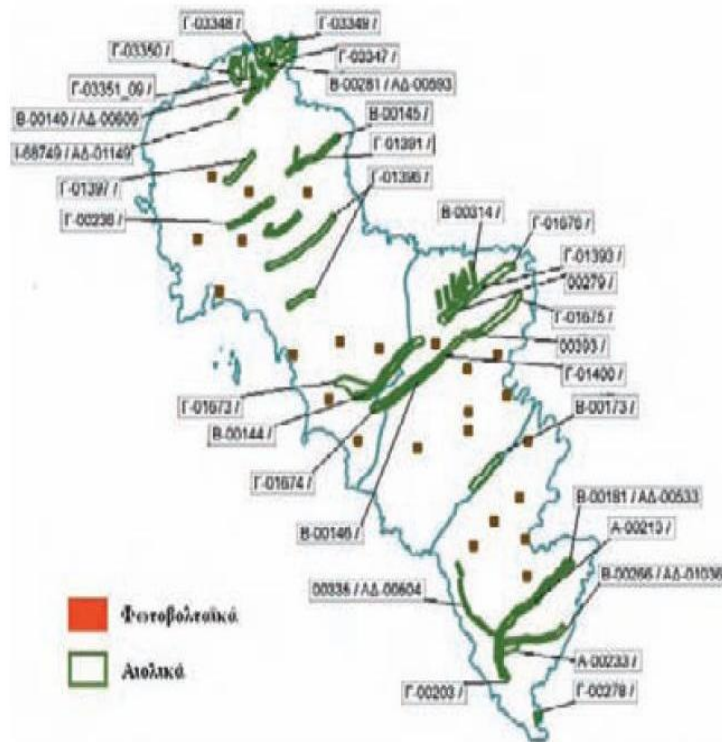


Σχήμα 3.10: Μελλοντικές και υφιστάμενες διασυνδέσεις νησιών Αιγαίου.

3.9 ΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΔΕΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΔΡΟ

Οι αιτήσεις για μελλοντικές επενδύσεις σε αιολικά πάρκα στη νήσο της Άνδρου συγκεντρώνονται στους ακόλουθους δύο πίνακες. Όπως είναι αναμενόμενο, λόγω του πολύ καλού αιολικού δυναμικού του νησιού αλλά και της διασύνδεσής του με το ηπειρωτικό δίκτυο, υπάρχει έντονο ενδιαφέρον και κινητικότητα για πάρκα ιδιαίτερα μεγάλης ισχύος σε σύγκριση με τις ανάγκες του νησιού. Στο Σχήμα 3-11 φαίνεται η γεωγραφική αποτύπωση των αιτήσεων έργων ΑΠΕ και στους επόμενους πίνακες οι αιτήσεις για αιολικά πάρκα στη Άνδρο.

Σύμφωνα με τις τελευταίες εξελίξεις, αξίζει να σημειωθεί ότι η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας ανακοίνωσε την αδειοδότηση ακόμη 290 MW αιολικών σταθμών στην Άνδρο, εκτός από τους τρεις στο Κόρθι και τον έναν στο Μακροτάνταλο, ανεβάζοντας το σύνολο κοντά στα 400 MW. Πρόκειται για 120 MW από τη ΔΕΗ Ανανεώσιμες με συμμετοχή ξένου επιχειρηματία, στην περιοχή του Κάβο Ντόρο και 170 MW από τον όμιλο Κοπελούζου στον ορεινό όγκο του Πετάλου.



Σχήμα 3-11: Γεωγραφική αποτύπωση των αιτήσεων έργων ΑΠΕ στην Άνδρο.

Πίνακας 3-2: Κατάσταση αιτήσεων για αιολικά πάρκα στη νήσο Άνδρο.

Ισχύς (MW)	Θέση	Δήμος	Αριθμός αίτησης	Κατάσταση	εταιρεία
32,2	ΛΕΥΚΙΒΑΡΙ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-03350	Αίτηση σε αξιολόγηση	ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΕΥΚΙΒΑΡΙ
25,3	ΛΟΥΚΟ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-03348	Αίτηση σε αξιολόγηση	ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΟΥΚΟ Α.Ε.
6,9	ΑΓΙΟΣ ΘΝΟΥΦΡΙΟΣ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-03351_09	Αίτηση σε αξιολόγηση	ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΑΓ. ΘΝΟΥΦΡΙΟΣ ΑΕ
4,5	ΜΑΡΑΘΙΑ ΝΗΣΟΣ ΑΝΔΡΟΣ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Β-00140	Άδεια Παραγωγής	ΕΝ.ΤΕ.ΚΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΕ - ΠΥΡΑΜΙΣ ΑΤΕΕ ΟΕ
1,575	ΚΑΛΥΒΑΡΙ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Ι-68749	Άδεια Λειτουργίας	ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΑΕ
30	ΣΚΟΥΜΠΙ - ΦΡΟΥΣΑΙΟΙ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-01397	-	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ DAMCO ENERGY ΑΕ - ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΕ - ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΣΚΟΥΜΠΙ
15,3	ΣΚΟΥΜΠΙ ΥΔΡΟΥΣΑΣ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-00236	Σε εκκρεμότητα	ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΑΝΕΙΟΥ ΑΕ
32,2	ΜΠΑΜΠΟ-ΒΙΓΛΙΕΣ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-03349	Αίτηση σε αξιολόγηση	Α Π ΜΠΑΜΠΟ ΒΙΓΛΙΕΣ
23	ΚΙΛΙΖΑ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-03347	Αίτηση σε αξιολόγηση	ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΚΙΛΙΖΑ Α.Ε.
12	ΜΑΚΡΟΤΑΝΤΑΛΟΣ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Β-00281	Άδεια Παραγωγής	ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΑΕ
		ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Β-00145		
32	ΑΓ. ΣΑΡΑΝΤΑ - ΜΕΓΑΛΗ ΠΕΤΡΑ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-01391	-	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ DAMCO ENERGY ΑΕ - ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΕ - ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΒΙΤΑΛΙΟ
36	ΤΣΟΥΚΑ - ΓΚΑΡΔΙ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-01396	-	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ DAMCO ENERGY ΑΕ - ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΕ - ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΚΑΦΟΥΤΣΙ
50	ΚΟΥΒΑΡΑ-ΠΡ. ΗΛΙΑΣ-ΓΚΟΡΑΚΙ	ΑΝΔΡΟΥ ΚΑΙ ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-01673	Αίτηση σε αξιολόγηση	ΑΙΟΛΙΚΗ ΟΛΥΜΠΟΥ ΕΥΒΟΙΑΣ ΑΕ
15	ΚΟΥΒΑΡΑ	ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Β-00144	Σε εκκρεμότητα	Κ/Ε ΝΕΓ ΜΙΣΟΝ-ΕΝ.ΤΕ.ΚΑ ΑΕ - ΕΝ.ΤΕ.ΚΑ ΟΕ
38	ΠΕΤΑΛΟΝ - ΒΑΣΙΛΙΚΟΝ	ΑΝΔΡΟΥ ΚΑΙ ΥΔΡΟΥΣΑΣ	Γ-01674	Αίτηση σε αξιολόγηση	ΑΙΟΛΙΚΗ ΟΛΥΜΠΟΥ ΕΥΒΟΙΑΣ ΑΕ
20	ΠΕΤΑΛΟ ΒΑΣΙΛΙΚΟ	ΑΝΔΡΟΥ	Β-00146	Σε εκκρεμότητα	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΕ
			Β-00314		
32	ΚΟΥΡΑΜΕΝΙ - ΜΑΝΤΑΧΑΡΑΚΗ	ΑΝΔΡΟΥ	Γ-01676	Αίτηση σε αξιολόγηση	ΑΙΟΛΙΚΗ ΟΛΥΜΠΟΥ ΕΥΒΟΙΑΣ ΑΕ
36	ΚΟΥΒΑΡΑ	ΑΝΔΡΟΥ	Γ-01393	-	ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ DAMCO ENERGY ΑΕ - ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΕ - ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΓΚΟΡΑΚΙ
48	ΧΑΝΤΑΚΙΑ/ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ/ΚΟΡΑΚΙ/Α	ΑΝΔΡΟΥ	279	Σε εκκρεμότητα	ΙWECO ΒΟΥΡΚΩΤΗ ΑΝΔΡΟΣ ΑΕ
30	ΒΙΔΟΥ - ΔΙΑΣΕΛΙ	ΑΝΔΡΟΥ	Γ-01675	Αίτηση σε αξιολόγηση	ΑΙΟΛΙΚΗ ΟΛΥΜΠΟΥ ΕΥΒΟΙΑΣ ΑΕ
7,2	ΚΑΤΑΚΑΛΑΙΟΙ	ΑΝΔΡΟΥ	393	Σε εκκρεμότητα	Κ/Ε ABB EQUITY VENTURES B.V. - VIKING WIND FARMS S
36	ΒΑΣΙΛΙΚΟ	ΑΝΔΡΟΥ	Γ-01400	Αίτηση προς ΠΠΕ	DAMCO - ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚ - ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΠΕΤΑΛΟ
12,75	ΤΣΙΡΟΒΔΙΛΙ	ΑΝΔΡΟΥ	Β-00173	Σε εκκρεμότητα	ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΝΔΡΟΥ- ΤΣΙΡΟΒΛΙΔΗ ΑΕ
15,30	ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗ	ΚΟΡΘΙΟΥ	335	Άδεια Παραγωγής	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΑΕ

22,95	ΦΡΑΓΚΑΚΙ-ΔΩΜΑΤΑ ΑΝΔΡΟΥ	ΚΟΡΘΙΟΥ	Γ-00203	Σε εκκρεμότητα	ΚΤΙΣΤΩΡ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΕ
15,3	ΡΑΧΗ/ΞΗΡΟΚΟΜΠΙ ΝΗΣΟΥ ΑΝΔΡΟΥ	ΚΟΡΘΙΟΥ	Β-00181	Άδεια Παραγωγής	ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΝΔΡΟΥ - ΡΑΧΗ ΞΗΡΟΚΟΜΠΙ ΑΕ
34,5	ΡΑΧΗ/ΦΡΑΓΚΑΚΙ/ ΠΡΟΦΗΤΗΣ ΗΛΙΑΣ/Μ	ΚΟΡΘΙΟΥ	Α-00213	Σε εκκρεμότητα	WIND KORTHI ΑΕ
15	ΦΡΑΓΚΑΚΙ	ΚΟΡΘΙΟΥ	Β-00266	Άδεια Παραγωγής	ENVIRECO NATIONAL WIND POW- ER HELLAS ΑΕ
20,4	ΔΩΜΑΤΑ	ΚΟΡΘΙΟΥ	Α-00233	Σε εκκρεμότητα	POWER DEVELOPMENT ΔΩΜΑΤΑ ΑΕ
7,2	ΣΤΕΝΟ-ΑΜΜΟΥΔΑΚΙ ΠΙΣΩ ΜΕΡΙΑ ΑΝΔ	ΚΟΡΘΙΟΥ	Γ-00278	Σε εκκρεμότητα	VECTOR ΑΙΟΛΙΚΗ ΥΔΡΟΥΣΑΣ ΑΕ

Πίνακας 3-4: Κατάσταση αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη νήσο Άνδρο.

ΑΡΧΕΙΟ ΑΔΕΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΡΑΕ)									
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ: 02 ΙΟΥΛΙΟΥ 2009									
Αρ. Μη- τρώου Αδειών	Αρ. πρωτ. ΥΠΑΝ	Ημερ. Εκδoσης	ΕΤΑΙΡΕΙΑ	Αρ. Γνωμ. ΡΑΕ	Αρ. Αίτ.	ΙΣΧΥΣ (MW)	Τεχνολο- γία	Δήμος/ Κοιν.	Θέση
ΑΔ-00593	Δ6/ Φ17.380/ 15415	16/12/2008	ΔΕΗ ΑΝΑΝΕ- ΩΣΙΜΕΣ ΑΕ	ΡΑ-05637	Β- 00281	12,00	ΑΙΟΛΙΚΑ	ΥΔΡΟΥ- ΣΑΣ	ΜΑΚΡΟ- ΤΑΝΤΑΛΟΥ ΝΗΣΟΥ ΑΝΔΡΟΥ
ΑΔ-00609	Δ6/ Φ17.175/ 7870	22/12/2003	ΕΝΤΕΚΑ ΑΙ- ΟΛΙΚΑ ΠΑΡ- ΚΑ-ΠΥΡΑΜΙΣ ΑΤΕΕ	ΡΑ-01544	Β- 00140	4,50	ΑΙΟΛΙΚΑ	ΥΔΡΟΥ- ΣΑΣ Ν ΗΣΟΥ ΑΝΔΡΟΥ	ΜΑΡΑΘΙΑ
ΑΔ-01149	Δ6/ Φ17.1895/ 19510	27/10/2008	ΔΕΗ ΑΝΑΝΕ- ΩΣΙΜΕΣ ΑΕ	ΡΑ-06111	Γ- 68749	1,58	ΑΙΟΛΙΚΑ	ΥΔΡΟΥ- ΣΑΣ	ΚΑΛΥΒΑΡΙ
ΑΔ-00504	Δ6/ Φ17.403/ 16434 π.ε.	2/4/2009	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΑΝΑΠΤΥΞΗ - ΑΝΑΝΕΩΣΙ- ΜΕΣ ΑΕ	ΡΑ-05673	335	15,30	ΑΙΟΛΙΚΑ	ΚΟΡΘΙ- ΟΥ	ΦΑΝΕΡΩ- ΜΕΝΗ
ΑΔ-00533	Δ6/ Φ17.282/ οικ. 917	11/1/2008	ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΝ- ΔΡΟΥ - ΡΑΧΗ ΞΗΡΟΚΟΜΠΙ ΑΕ	ΡΑ-04819	Β- 00181	15,30	ΑΙΟΛΙΚΑ	ΚΟΡΘΙ- ΟΥ	ΡΑΧΗ-ΞΗ- ΡΟΚΟΜΠΙ
ΑΔ-01036	Δ6/ Φ17.353/ οικ. 7046	30/3/2007	GREEK WIND POWER ΑΕ	ΡΑ-01240	Β- 00266	15,00	ΑΙΟΛΙΚΑ	ΚΟΡΘΙ- ΟΥ	ΦΡΑΓΚΑΚΙ

Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας τα κυριότερα σημεία της πτυχιακής εργασίας καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Περιοχές που βρίσκονται μακριά από τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ή μικρά νησάκια, είναι οικονομικά πρόσφορο να εξυπηρετηθούν με μικρές ανεμογεννήτριες σε συνδυασμό με συσσωρευτές, ικανές να καλύψουν ανάγκες φωτισμού, άντλησης νερού, θέρμανσης νερού και κατοικίας, και ψύξης για συντήρηση τροφίμων κλπ.
- Οι ανεμογεννήτριες μέσης ισχύος είναι κατάλληλες σε μεγαλύτερα νησιά όπου υπάρχει τοπικό δίκτυο, τροφοδοτούμενο από θερμοηλεκτρικό σταθμό παραγωγής. Στην περίπτωση αυτή σκοπός της ανεμογεννήτριας είναι η εξοικονόμηση καυσίμου, ενώ οι μηχανές Diesel θα αναπληρώνουν την ανεμογεννήτρια στο δίκτυο όταν η πνοή του ανέμου είναι χαμηλή, καθώς επίσης θα καλύπτουν και τα φορτία αιχμής της περιοχής ή του νησιού.
- Πλέον η επέκταση των διασυνδέσεων στα νησιά αποτελεί την ενδεικνυόμενη λύση, εφόσον αυτό είναι τεχνικά εφικτό και οικονομικά βιώσιμο. Στα πλαίσια αυτής της κεντρικής ιδέας, η διασύνδεση των Κυκλάδων έχει ήδη κριθεί και αποφασιστεί και θα εξασφαλίσει την σταθερή ηλεκτροδότησή τους, αλλά και την προοπτική εγκατάστασης αιολικών πάρκων σε αυτά, με θετικά αποτελέσματα για το περιβάλλον και την οικονομία.
- Η αξιολόγηση από την επιτροπή ΡΑΕ - ΔΕΣΜΗΕ - ΔΕΗ κατέληξε στο σενάριο κατασκευής και νέας διασύνδεσης από Λαύριο προς τις Κυκλάδες, με προοπτική την κατάργηση των τοπικών Σταθμών Παραγωγής στα νησιά. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται μελλοντικά το κόστος της ενέργειας για τα νησιά, όπως και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τις ρυπογόνες αυτές μονάδες. Οι διασυνδέσεις των Κυκλάδων αναμένεται να ολοκληρωθούν το 2014.
- Τα Ελληνικά νησιά, και ιδιαίτερα κάποια συγκεκριμένα νησιά του Αιγαίου, παρουσιάζουν πάρα πολύ καλό αιολικό δυναμικό. Έτσι, με την αξιοποίηση του δυναμικού αυτού, μέσω σύγχρονων αιολικών πάρκων, με σεβασμό στο περιβάλλον, μπορεί να ικανοποιηθούν σε ένα σημαντικό βαθμό οι δεσμεύσεις της Ελλάδας για ενέργεια από ΑΠΕ, να απεξαρτηθούμε από την εισαγόμενη ενέργεια και να στηρίξουμε την εγχώρια επιχειρηματικότητα και αγορά εργασίας.

Συγκεκριμένα για την Άνδρο καταλήγουμε ότι:

- Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια στο νησί της Άνδρου ανέρχεται στα 4,84 GWh και προέρχεται από το αιολικό πάρκο της Άνδρου, ενώ οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού παρουσιάζονται πολύ υψηλότερες φτάνοντας τις 37,3 GWh ετησίως. Μάλιστα στην αιχμή ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται ισχύς 11,9 MW, πολύ υψηλότερη της εγκατεστημένης ισχύος στο νησί. Λόγω της διασύνδεσης του νησιού με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, αλλά και του άριστου αιολικού του δυναμικού, ενδείκνυται η δημιουργία περισσότερων αιολικών πάρκων.
- Το υφιστάμενο παλιό υποβρύχιο καλώδιο διασύνδεσης της Άνδρου με το Αλιβέρι θα πρέπει να αντικατασταθεί από άλλο μεγαλύτερης φέρουσας ικανότητας και αξιοπιστίας, ώστε να προχωρήσουν επενδύσεις αιολικών πάρκων στο νησί. Τα πάρκα αυτά θα καλύψουν καταρχήν τις ανάγκες του νησιού σε ενέργεια. Αργότερα με σεβασμό στο τοπικό οικοσύστημα και στην αισθητική του νησιού, ίσως αυξηθούν συνεισφέροντας στην ηλεκτροδότηση της υπόλοιπης Ελλάδας, αλλά και στο παγκόσμιο περιβαλλοντικό πρόβλημα που έχει προκληθεί από την αλόγιστη και μακροχρόνια καύση υδρογονανθράκων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γ. Μπεργεδές, *Ανεμοκινητήρες*, εκδόσεις Συμεών, 2005.
- Ι. Καλδέλλης, *Διαχείριση της αιολικής ενέργειας*, 2^η έκδοση, εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, 2005.
- Γ. Δαρδανός, «*Η αιολική ενέργεια στην Άνδρο. Ασφαλώς ναι αλλά με προϋποθέσεις*», περιοδικό: *Νήσος Άνδρος*, τόμος: 1, σελ: 121 – 125, 2007.
- Γ. Γλυνός, «*Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η πρόκληση για τις τοπικές κοινωνίες*», περιοδικό: *Νήσος Άνδρος*, τόμος: 2, σελ: 65 – 71, 2008.
- Ν. Βασιλάκος, «*Η σημερινή κοσμογονία των ΑΠΕ: θα έρθει ποτέ και στη χώρα μας;*», περιοδικό: *Ευρωπαϊκή Έκφραση*, τεύχος: 73, σελ: 14 – 25, 2009.
- Α.Α. Μπαξεβάνου, «*Τεχνοοικονομική αποδοτικότητα εκμεταλλεύσιμου αιολικού δυναμικού*», περιοδικό: *Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση*, σελ: 40 – 44, Μάιος 2009.
- Γ. Σ. Κακαβιάτος, «*Ανεμογεννήτριες. Ενεργειακή λύση ή οικολογικός εφιάλτης;*» περιοδικό: *Τεχνική Εκλογή*, τεύχος: 500, σελ: 28 – 33, 2009.
- Περιοδικό: *Ανεμολόγια*, τεύχη: 58 έως 66, Νοεμ.2009 – Απρ.2011.
- S. A. Papathanassiou, N. G. Boulaxis, «*Power limitations and energy yield evaluation for wind farms operating in island systems*», *Renewable Energy*, Volume 31, Issue 4, Pages 457-479, 2006.
- J. K. Kaldellis, K. A. Kavadias, «*Optimal wind-hydro solution for Aegean Sea islands' electricity-demand fulfillment*», *Applied Energy*, Volume 70, Issue 4, Pages 333-354, 2001.
- J.K. Kaldellis, «*Maximum wind energy contribution in autonomous electrical grids based on thermal power stations*», *Applied Thermal Engineering*, Volume 27, Issues 8-9, Pages 1565-1573, 2007.
- C.T. Kiranoudis, N. G. Voros, Z. B. Maroulis, «*Short-cut design of wind farms*» *Energy Policy*, Volume 29, Issue 7, Pages 567-578, 2001.

- Apostolos N. Fragoulis, «*Wind energy in Greece development & future perspectives*», Renewable Energy, Volume 5, Issues 1-4, Pages 642-649, 1994.
- G.M. Joselin Herbert, S. Iniyar, E. Sreevalsan, S. Rajapandian, «*A review of wind energy technologies*», Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 11, Issue 6, Pages 1117-1145, 2007.
- Ssu-yuan Hu, Jung-ho Cheng, «*Performance evaluation of pairing between sites and wind turbines*», Renewable Energy, Volume 32, Issue 11, Pages 1934-1947, 2007.
- Ahmet Duran Şahin, «*Progress and recent trends in wind energy*», Progress in Energy and Combustion Science, Volume 30, Issue 5, Pages 501-543, 2004
- E. Kavak Akpınar, S. Akpınar, «*An assessment on seasonal analysis of wind energy characteristics and wind turbine characteristics*», Energy Conversion and Management, Volume 46, Issues 11-12, Pages 1848-1867, 2005.
- <http://www.windpower.org>
- <http://www.ewea.org>
- <http://www.cres.gr>
- <http://www.windpowermonthly.com>
- <http://www.windwach.gr>
- <http://www.energy.siemens.com>
- <http://www.deh.gr>
- <http://www.eletaen.gr>
- <http://www.greenpeace.org/greece/el>
- <http://www.erec.org>
- <http://www.wind-energy-the-facts.org>

