



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΙΚΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΛΑΝΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ
ΠΑΡΚΟΥ

ΖΑΛΩΝΗΣ ΙΩΣΗΦ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΛΥΡΙΑΔΗΣ

ΑΘΗΝΑ

2023

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	11
1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	11
1.2 ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ.....	14
1.3 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)	16
1.4 ΜΠΛΕ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	22
1.5 ΑΠΕ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ Ο ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	33
2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	33
2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	35
2.3 ΓΕΩΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕΣΩ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ.....	41
2.4 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	45
2.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	45
2.4.2 ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	47
2.4.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	50
2.4.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ.....	57
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΥΠΕΡΠΑΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ	57
3.1.1 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΗ	59
3.1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΧΕΡΣΑΙΑ	63
3.2 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.....	67
3.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.....	69
3.3.1 ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΧΕΡΣΑΙΟΥ ΜΕ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	70
3.3.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ	73
3.3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΙΡΙΞΗ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.....	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΜΕΛΕΤΗ	87
4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ	87
4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	98
5.1 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	98
5.1.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΑΠΑΝΩΝ.....	100
5.1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ LCOE	107
5.1.3 ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ.....	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	124
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	125

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1. Types of renewable energy	11
ΣΧΗΜΑ 2. Resource scarcity	13
ΣΧΗΜΑ 3. Φυσικές πηγές ενέργειας.....	15
ΣΧΗΜΑ 4. Κορυφαίες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	16
ΣΧΗΜΑ 5. Χαρακτηριστικά μπλε οικονομίας	23
ΣΧΗΜΑ 6. Στατιστικά παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μεταξύ των χωρών της Ευρώπης.....	32
ΣΧΗΜΑ 7. Χερσαίο αιολικό πάρκο	34
ΣΧΗΜΑ 8. Αλλαγή συχνότητας του ήχου ανάλογα με την απόσταση.....	39
ΣΧΗΜΑ 9. Μέρη ανεμογεννήτριας	49
ΣΧΗΜΑ 10. Horizontal axis wind turbine.....	51
ΣΧΗΜΑ 11. Vertical axis wind turbine	52
ΣΧΗΜΑ 12. Διαφορετικοί τύποι ανεμογεννητριών	53
ΣΧΗΜΑ 13. Offshore wind turbine	58
ΣΧΗΜΑ 14. New offshore and onshore wind energy installation.....	62
ΣΧΗΜΑ 15. Το μεγαλύτερο παράκτιο αιολικό πάρκο στον κόσμο Dogger Bank στην Δανία.....	63
ΣΧΗΜΑ 16. European wind energy generation.....	65
ΣΧΗΜΑ 17. Φορτία που καταπονούν την κατασκευή	71
ΣΧΗΜΑ 18. Καταπονήσεις υπεράκτιας ανεμογεννήτριας	72
ΣΧΗΜΑ 19. Κατασκευή ανεμογεννήτριας σε υπεράκτιο αιολικό πάρκο	76
ΣΧΗΜΑ 20. Οι κύριοι 8 διαφορετικοί τρόποι εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας στο υπεράκτιο περιβάλλον, από αριστερά προς τα δεξιά είναι οι εξής: TLWT, WindFloat, TLB B, TLB X3, Hywind II, SWAY, Jacket και Monopile	78
ΣΧΗΜΑ 21. Spar – buoy foundation.....	80
ΣΧΗΜΑ 22. Jacket foundation 1	82
ΣΧΗΜΑ 23. Jacket foundation 2	82
ΣΧΗΜΑ 24. Bottom mounted foundations.....	83
ΣΧΗΜΑ 25. Monopile foundation.....	84

ΣΧΗΜΑ 26. Tripod foundation	85
ΣΧΗΜΑ 27. Gravity base foundation	86
ΣΧΗΜΑ 28. Gravity base foundation.....	86
ΣΧΗΜΑ 29. Αιολικός χάρτης της Ελλάδας.....	88
ΣΧΗΜΑ 30. Επιλεγμένες τοποθεσίες για κατασκευή υπεράκτιου αιολικό πάρκου από ΥΠΕΝ...	89
ΣΧΗΜΑ 31. Συγκεντρωτικός πίνακας με τα χαρακτηριστικά του μοντέλου vestas V112-3.0 μέσω της βοήθειας του excel.....	91
ΣΧΗΜΑ 32. Power curve for model vestas V120-3MW.....	93
ΣΧΗΜΑ 33. Zoom στο σχήμα 29	95
ΣΧΗΜΑ 34. Strategic research innovation agenda.....	98
ΣΧΗΜΑ 35. Cost of development and project management	101
ΣΧΗΜΑ 36. Cost of turbine parts construction	102
ΣΧΗΜΑ 37. Cost of balance plant.....	102
ΣΧΗΜΑ 38. Cost of installation and commissioning	103
ΣΧΗΜΑ 39. Cost of operation maintenance and service.....	103
ΣΧΗΜΑ 40. Cost of decommissioning.....	104
ΣΧΗΜΑ 41. Υπολογισμός cost breakdown με την βοήθεια του excel.....	104
ΣΧΗΜΑ 42. Capex statistics pie με την βοήθεια του excel.....	105
ΣΧΗΜΑ 43. Opex statistics pie με την βοήθεια του excel	105
ΣΧΗΜΑ 44. Total cost statistics pie με την βοήθεια του excel.....	106
ΣΧΗΜΑ 45. Υπολογισμός του LCOE με την βοήθεια calculator	110
ΣΧΗΜΑ 46. Σκεπτικό πίσω από το business plan.....	113
ΣΧΗΜΑ 47. Γράφημα με την πορεία των ταμειακών ροών του σεναρίου Α με την βοήθεια του excel.....	118
ΣΧΗΜΑ 48. Γράφημα με την πορεία των ταμειακών ροών του σεναρίου Β με την βοήθεια του excel.....	123

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ισχύς που παράγει το μοντέλο vestas V120-3MW για κάθε τιμή της ταχύτητας του αέρα	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Υπολογισμός της συνολικής ετήσιας παραγωγής ισχύος	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Υπολογισμός του συνολικού κόστους της κατασκευής	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Υπολογισμός των συνολικών εξόδων και ετήσιας δόσης δανείου για το σενάριο B με την βοήθεια του excel.....	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Υπολογισμός ταμειακών ροών για το σενάριο A.....	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Υπολογισμός των συνολικών εξόδων και ετήσιας δόσης δανείου για το σενάριο B με την βοήθεια του excel.....	120
ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Υπολογισμός ταμειακών ροών για το σενάριο B.....	122

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση της και ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Λυρίδη Δημήτρη για την πολύτιμη βοήθεια του και για το γεγονός πως ήταν πάντα διαθέσιμος και ανοιχτός σε κάθε απορία που είχα. Τέλος, θα ήθελα να δώσω ένα ξεχωριστό ευχαριστώ στους γονείς μου και τον αδελφό μου, στους φίλους και στους συμφοιτητές μου που ήταν δίπλα μου και με στήριζαν στο διάστημα αυτό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την μελέτη εφικτότητας και επιχειρησιακό πλάνο κατασκευής παράκτιου αιολικού πάρκου που πρόκειται να κατασκευαστεί στην Ελλάδα, αλλά και το επιχειρησιακό πλάνο μέσω της αντίστοιχης τεχνοοικονομικής μελέτης για το εν λόγω εγχείρημα. Αρχικά, στο 1^ο κεφάλαιο αναλύονται οι λόγοι που κρίνεται επιτακτική η μετάβαση στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, παρουσιάζεται δε ταυτόχρονα η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τις ΑΠΕ. Στο 2^ο κεφάλαιο δίνεται έμφαση στην αιολική ενέργεια, τα συγκριτικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, και στην ενίσχυση της γεωστρατηγικής θέσης της Ελλάδος μέσω της αξιοποίησης της. Αναλύεται δε ο τρόπος λειτουργίας των ανεμογεννητριών, καθώς και οι παράγοντες που τον επηρεάζουν. Στη συνέχεια, στο 3^ο κεφάλαιο, κεντρικό θέμα είναι τα υπεράκτια αιολικά πάρκα και οι διάφορες παραλλαγές εγκαταστάσεώς τους. Έπειτα, παρουσιάζονται οι παράμετροι που οδήγησαν στην επιλογή τοποθεσίας και τρόπου κατασκευής τους. Στο 4^ο κεφάλαιο του παρόντος συγγράμματος, παρουσιάζεται ανάλυση των περιοχών της Ελλάδας δυνάμενων να υποστηρίξουν ένα τέτοιο πάρκο, με γεωμορφολογικά και λειτουργικά κριτήρια, καθώς και το μοντέλο ανεμογεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί. Τέλος, στο 5^ο κεφάλαιο πραγματοποιείται εκτίμηση του LCOE στην Ελλάδα για το συγκεκριμένο έργο και τεχνοοικονομική μελέτη, ώστε να αποσαφηνιστεί ο τρόπος, σύμφωνα με τον οποίο η δημιουργία του πάρκου μπορεί να αποτελέσει μια βιώσιμη και προσοδοφόρα επένδυση.

ABSTRACT

This thesis deals with the feasibility study and business plan for the construction of an offshore wind farm to be built in Greece, as well as the business plan through the corresponding techno-economic study for this project. Initially, chapter 1 analyses the reasons why the transition to Renewable Energy Sources is considered imperative, while the European Union's policy on RES is presented. Chapter 2 emphasizes wind energy, its comparative advantages and disadvantages, and the strengthening of Greece's geostrategic position through its exploitation. The way wind turbines operate and the factors that influence them are analysed. Then, in chapter 3, the main topic is offshore wind farms and the different variants of their installation. Then, the parameters that led to the choice of location and construction method are presented. In the 4th chapter of this paper, an analysis of the areas in Greece that can support such a park is presented, with geomorphological and operational criteria, as well as the wind turbine model to be used. Finally, in chapter 5, an estimation of the LCOE in Greece for this project and a techno-economic study is carried out in order to clarify the way in which the creation of the park.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρακάτω πόνημα έχει σκοπό να μελετήσει την διαδικασία κατασκευής υπεράκτιου αιολικού πάρκου και την διαμόρφωση του κατάλληλου επιχειρησιακού πλάνου, ώστε να είναι οικονομικά κερδοφόρο.

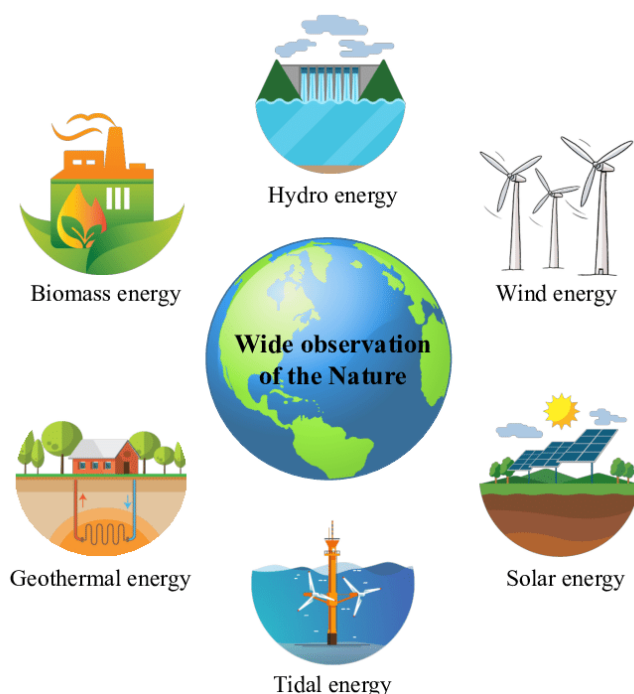
Θεμελιώδης παράγοντας στην επιλογή της εργασίας μου είναι το ενεργειακό πρόβλημα που ταλανίζει τον πλανήτη και όλοι θα κληθούμε να αντιμετωπίσουμε. Η έλλειψη πόρων είναι ένα κρίσιμο ζήτημα που αντιμετωπίζει ο κόσμος σήμερα, καθώς παρατηρείται αυξανόμενη πίεση στους περιορισμένους φυσικούς μας πόρους. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στην οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνική ευημερία και απαιτεί επείγουσα προσοχή και δράση από άτομα, οργανισμούς και κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο. Ένας τρόπος που μπορούμε να συντελέσουμε σαν κράτος στην αντιμετώπιση του φαινομένου και ταυτόχρονα στην ενεργειακή ανεξάρτηση μας από τις χώρες του εξωτερικού είναι η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και συγκεκριμένα στην αιολική ενέργεια. Η Ελλάδα είναι πλούσια σε αιολικό δυναμικό και λόγω του γεωγραφικού ανάγλυφού της κρίνεται ιδανικό μέρος για την κατασκευή αιολικών πάρκων. Για τον λόγο αυτόν μελετάται η περίπτωση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου στα ελληνικά ύδατα και συγκεκριμένα στην βόρεια Εύβοια, κοντά στην περιοχή της Κύμης. Πραγματοποιείται επιλογή μοντέλου ανεμογεννήτριας και στην συνέχεια τεχνοοικονομική μελέτη όπου υπολογίζονται τα συνολικά έξοδα κατασκευής του πάρκου, τα έσοδα που προκύπτουν με βάση την παραγόμενη ισχύς και το μέσο σταθμισμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE). Τέλος, εξετάζονται 2 σενάρια χρηματοδότησης του εν λόγω project.

Συνοψίζοντας, στην διπλωματική αυτή εξετάζεται το κατά πόσο συμφέρει η κατασκευή υπεράκτιου αιολικού πάρκου στην περιοχή της Κύμης. Η προσέγγιση που ακολουθείται ξεκινάει από την παρουσίαση του ενεργειακού προβλήματος, συνεχίζεται με μετάβαση στις ΑΠΕ και πιο ειδικά στην αιολική ενέργεια και τελματώνεται με την πλήρη ανάλυση για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Έμφαση δίνεται στην επιλογή τοποθεσίας, μοντέλου ανεμογεννήτριας και οικονομική μελέτη για την κατασκευή και τη λειτουργία του υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η ενέργεια είναι αναγκαία στην ανθρώπινη ζωή όχι μόνο για να ικανοποιούνται οι ανθρώπινες ανάγκες, αλλά και για να μεγιστοποιείται η ωφελιμότητα που επιζητούν οι άνθρωποι στις προτιμήσεις τους όπως υποστηρίζουν τα οικονομικά της ζωής του κάθε ανθρώπου. Είναι γεγονός ότι δημιουργείται μια σχέση εξάρτησης των χωρών κατανάλωσης από τις χώρες παραγωγής, που συνιστούν ολιγοπώλιο στην παράγωγη και διανομή ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κατανάλωση ενέργειας βρίσκεται σε σχέση ανάλογη με το ΑΕΠ και το κατά κεφαλήν εισόδημα μιας χώρας, δηλαδή όσο αυξάνεται ο πλούτος τόσο αυξάνεται η κατανάλωση, και κατά συνέπεια η θερμότητα και οι ρύποι. Ολοένα και πιο συχνά γίνονται αναφορές στο ενεργειακό πρόβλημα, που πρωτοεμφανίστηκε στο δημόσιο διάλογο στις αρχές της δεκαετίας του '50 και που σταδιακά μαστίζει την ανθρωπότητα όλο και περισσότερο λόγω της όξυνσης του. Με τις δύο αυτές λέξεις περιγράφεται η σχέση μεταξύ των αποθεμάτων της γης και της κατανάλωσης ενέργειας, που είναι μία σχέση αντιστρόφως ανάλογη. Όσο αυξάνεται η κατανάλωση με ραγδαίο ρυθμό, τόσο τα αποθέματα μειώνονται με τον ίδιο γρήγορο ρυθμό.



ΣΧΗΜΑ 1. Types of renewable energy

(ΠΗΓΗ: [researchgate](https://www.researchgate.net))

Προκειμένου να κατανοήσει κανείς καλύτερα το περιεχόμενο της έννοιας αυτής μπορεί να συγκρίνει τις ενεργειακές ανάγκες του πρωτόγονου ανθρώπου, που υπολογίζονται στα 6,3 MJ την ημέρα και του σημερινού ανθρώπου που αγγίζουν τα 1000 MJ. Δηλαδή οι ενεργειακές ανάγκες του σήμερα ξεπερνούν τις παλαιότερες προσεγγιστικά κατά 150 φορές. Πρόκειται για ραγδαίες αλλαγές που οφείλονται κυρίως στην πρώτη βιομηχανική επανάσταση και στη μετέπειτα τεχνολογική έκρηξη. Ανάλογα παραδείγματα μπορούν να δοθούν μέσα από την καθημερινότητα, όπου κανείς παρατηρεί τα σύγχρονα σπίτια, τις οικοδομές, τα δημόσια κτίρια να έχουν πολλές εγκαταστάσεις που καταναλώνουν ενέργεια στο εσωτερικό τους.

Το μεγάλο περιβαλλοντικό κόστος οδήγησε στη συνειδητοποίηση του προβλήματος και στην αναγκαιότητα αντιμετώπισης του. Προκειμένου να βρεθούν οι λύσεις έπρεπε αρχικά να εντοπιστούν οι αιτίες. Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν απαριθμηθεί μια σειρά από λόγους, οι οποίοι έχουν συμβάλει στη μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων, μερικοί από τους οποίους είναι οι ακόλουθοι: το γεγονός ότι οι ποσότητες των συμβατικών ενεργειακών πηγών είναι περιορισμένες και σε βάθος χρόνου δύναται να εξαντληθούν, καθώς και οι ανισορροπίες μεταξύ γεωγραφικής κατανομής των αποθεμάτων και γεωγραφικής διανομής. Άλλες παράμετροι που σχετίζονται με το πρόβλημα είναι η αβεβαιότητα επάρκειας και σταθερότητας της ενεργειακής τροφοδοσίας, η συχνή μεταβολή των τιμών (συνήθως ανοδική τάση), που εξαρτάται από οικονομικούς και πολιτικούς παράγοντες, η εξάντληση των ενεργειακών πόρων, η απώλεια ενέργειας και η ρύπανση του περιβάλλοντος σε όλες του τις διαστάσεις. Για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος έχουν αναπτυχθεί διάφορες εναλλακτικές στρατηγικές, με τις δύο βασικότερες να α) είναι η εξοικονόμηση ενέργειας (αύξηση της αποδοτικότητας) και β) δεύτερον η υποκατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πηγών με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Με τις δύο αυτές πολιτικές επιζητείται εν γένει η αριστοποίηση της εκμετάλλευσης των ενεργειακών πόρων, δηλαδή μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας και ελαχιστοποίηση του κόστους. Οι άλλες λύσεις επικεντρώνονται στην εξασφάλιση των προϋποθέσεων εκείνων που ως εξωτερικές μεταβλητές επιδεινώνουν το πρόβλημα, όπως είναι η οικονομική ανάπτυξη, η νομισματική και πολιτική σταθερότητα μιας χώρας, ο ορθός καταμερισμός του πλούτου της.

Ο πυρήνας του ενεργειακού προβλήματος ονομάζεται σπανιότητα των φυσικών πόρων (Resource Scarcity). Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει σήμερα η ανθρωπότητα εκτός από την κλιματική αλλαγή είναι η εξάντληση

των πόρων που χρειάζονται σε καθημερινή βάση. Η ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας και η ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού έχει ως αποτέλεσμα οι ανάγκες να είναι αντιστρόφως ανάλογες της διαθεσιμότητας των πόρων (υπερβάλλουσα ζήτηση). Αυτό σημαίνει ότι οι φυσικοί πόροι της γης εξαντλούνται με ραγδαίους ρυθμούς γεγονός που υποδηλώνει ότι πρέπει να υπάρχει αποτελεσματική διαχείριση σε όλα τα στάδια της εκμετάλλευσής τους: από την εξόρυξη, τη μεταφορά, τη μεταποίηση μέχρι και τη διάθεση για την τελική χρήση και την κατανάλωση τους [2][9].



ΣΧΗΜΑ 2. Resource scarcity

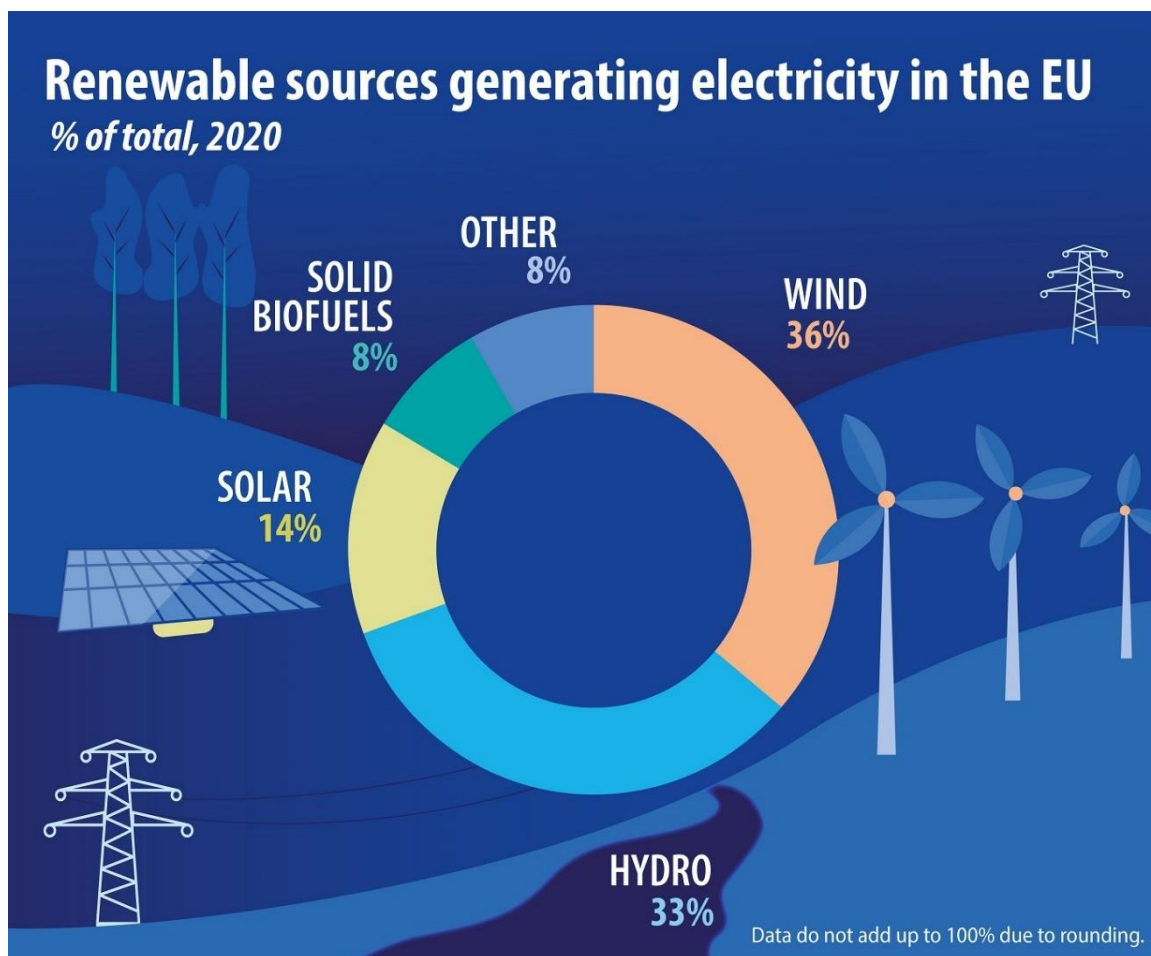
(ΠΗΓΗ: WORLD ATLAS)

1.2 ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

Ο όρος «πόροι» αναφέρεται στις ύλες του Πλανήτη, που χρησιμεύουν στο ανθρώπινο είδος για την επιβίωση, την αναπαραγωγή, την παραγωγή και την συγκέντρωση πλούτου. Η προσπάθεια ανακάλυψης, κατοχής και εκμετάλλευσης των πηγών των φυσικών πόρων, αποτέλεσε βασική κινητήρια δύναμη της εξάπλωσης του ανθρώπου στη γη, των εξερευνήσεων αλλά και αιτία συγκρούσεων και πολέμων. Η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση πόρων, σε συνδυασμό με την ταχεία συρρίκνωση των αποθεμάτων αυτών, εντείνει όλο και περισσότερο τον ανταγωνισμό σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι φυσικοί πόροι από «αγαθά» έχουν μετατραπεί σε «χρηματιστηριακές αξίες».

Επιπλέον μπορούν να διακριθούν από περιβαλλοντική άποψη σε τρεις κατηγορίες. Αρχικά στους πεπερασμένους πόρους, οι οποίοι είναι οι πόροι των οποίων η συνολική ποσότητα είναι προσδιορισμένη, άρα και μπορεί να εξαντληθεί. Προέρχονται από το έδαφος και το υπέδαφος (πετρώματα, μέταλλα, οργανογενή ορυκτά). Στην συνέχεια προχωράμε στους ανανεώσιμους πόρους, είναι οι πόροι των οποίων οι ποσότητες ανανεώνονται διαρκώς. Προέρχονται από τη βιόσφαιρα (χλωρίδα, πανίδα) και αναπαράγονται με φυσικές ή τεχνητές διεργασίες. Όμως ορισμένοι απ' αυτούς κινδυνεύουν να εξαφανιστούν εάν δε διατηρηθούν οι κατάλληλες συνθήκες για την αναπαραγωγή τους.

Τέλος είναι οι ανεξάντλητοι πόροι, οι οποίοι είναι οι πόροι της φυσικής ενέργειας, δηλαδή ο ήλιος και ο άνεμος, καθώς και το νερό. Οι φυσικοί πόροι μπορούν να διακριθούν ακόμα και από άποψη εκμεταλλευσιμότητας, σε δύο βασικές κατηγορίες: Αρχικά στους ενεργούς φυσικούς πόρους, όπου είναι οι εκμεταλλεύσιμοι πόροι και αναφέρονται ως «αποθέματα». Σήμερα προκύπτει με μεγάλη ένταση το πρόβλημα ανεπάρκειας των αποθεμάτων σε σχέση με το ραγδαία αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό. Το πρόβλημα της εξάντλησής τους αναδεικνύεται κυρίως στα μεταλλεύματα, στο φυσικό αέριο και στο πετρέλαιο. Στα πετρώματα δεν υπάρχει οξύ πρόβλημα, παρά μόνον κάποια μείωση στα ασβεστολιθικά. Στη συνέχεια αναλύονται στους εν δυνάμει φυσικούς πόρους ή «αποθεματική βάση» είναι οι πόροι που έχουν εντοπιστεί αλλά δεν έχουν αξιοποιηθεί ακόμα, για διάφορους λόγους, όπως για παράδειγμα η δυσχερής και δαπανηρή, με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες, εξόρυξης ή απόσπασης ή άντλησής τους αλλά και οι παγκόσμιες πολιτικοοικονομικές και χρηματιστηριακές διεργασίες και σκοπιμότητες.



ΣΧΗΜΑ 3. Φυσικές πηγές ενέργειας
(ΠΗΓΗ: EUROSTAT)

Η εξάντληση των φυσικών πόρων οφείλεται στην κατασπατάλησή τους. Η διαχείρισή τους καθορίστηκε μέχρι τώρα αποκλειστικά από τα κριτήρια της βιομηχανικής ανάπτυξης που επέβαλε το μοντέλο της υπερκατανάλωσης, χωρίς σχεδιασμό, επιστημονική γνώση, πρόβλεψη και στρατηγική, με αποκλειστικό γνώμονα το κέρδος. Αποτέλεσμα είναι η εκρηκτική δυσαναλογία μεταξύ αποθεμάτων και καταναλωτικών απαιτήσεων. Η ποσότητα της κατά μέσο όρο κατανάλωσης του κάθε ανθρώπου υπερβαίνει κατά πολύ τη φέρουσα ικανότητα του πλανήτη και εκφράζεται στο μέγεθος του σύγχρονου οικολογικού αποτυπώματος [2].

1.3 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

Οι **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας** (ΑΠΕ) ή πράσινη ενέργεια είναι ορισμένες μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας οι οποίες προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, ο ήλιος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού από θάλασσες, λίμνες, ποτάμια και άλλες. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την οδηγία 2009/28/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρείται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια.



ΣΧΗΜΑ 4. Κορυφαίες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
(ΠΗΓΗ: CIVICONCEPTS)

Τα κύρια είδη των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας είναι τα εξής:

- Αιολική ενέργεια. Χρησιμοποιήθηκε παλιότερα για την άντληση νερού από πηγάδια, καθώς και για μηχανικές εφαρμογές (π.χ. την άλεση στους ανεμόμυλους). Έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως για ηλεκτροπαραγωγή.
- Ηλιακή ενέργεια. Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι), ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας από το ελληνικό κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

- **Υδραυλική ενέργεια.** Είναι τα γνωστά υδροηλεκτρικά έργα, που στο πεδίο των ήπιων μορφών ενέργειας εξειδικεύονται περισσότερο στα μικρά υδροηλεκτρικά. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν την δυναμική ενέργεια που έχει το τρεχούμενο νερό σε ηλεκτρική ενέργεια. Έχουν μεγαλύτερη απόδοση και φιλικότερη επίδραση στο περιβάλλον σε σχέση με τους θερμικούς σταθμούς και τους πυρηνικούς και επιπλέον χωρίς να επιβαρύνουν και να ρυπαίνουν με απόβλητα από την διαχείριση της ενέργειας. Στους ταμιευτήρες αποθήκευσης του νερού παρατηρείται ανάπτυξη διαφόρων ειδών της χλωρίδας και τις πανίδας και αισθητικά βελτιώνουν την περιοχή που δημιουργούνται και αποτελούν πόλο έλξης επισκεπτών Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αξιοποίησης υδάτινου πόρου και παραγωγής ενέργειας, είναι η κατασκευή του υδροηλεκτρικού σταθμού που ολοκληρώθηκε περίπου πριν από 11 χρόνια, στην θέση δαφνοζωνάρα στην επαρχία βάλτου στην Αιτωλοακαρνανία. Άλλωστε οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί στον Αχελώο είναι το δεύτερο μεγαλύτερο συγκρότημα στην Ελλάδα. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός, χρησιμοποιεί το νερό του ποταμού Αχελώου και βρίσκεται στα γεωγραφικά όρια των νομών Ευρυτανίας και Αιτωλοακαρνανίας και συγκεκριμένα κάτω από το χωριό αυλάκι. Τέθηκε σε λειτουργία το 2011, έχει ύψος περίπου 12 μέτρα και στην αριστερή πλευρά του φράγματος βρίσκεται το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, λειτουργώντας με δυο στροβίλους αξιοποιώντας την ροή του ποταμού Αχελώου. Η ενέργεια που παράγει αποτελεί μέρος του εθνικού δικτύου ηλεκτροδότησης και παραγιέ σε ετήσια βάση περί τα 45GMW, τα οποία μεταφέρονται μέσω πυλώνων στο υπόλοιπο δίκτυο.
- **Βιομάζα.** Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης), με σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε από το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα. Μπορεί να δώσει βιοαιθανόλη και βιοαέριο, που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές, που θα χρησιμοποιηθεί πλατιά στο μέλλον.
- **Γεωθερμική ενέργεια.** Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται από τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της Γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας

για θερμικές εφαρμογές, είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών, όσον αφορά τη θέρμανση, και το 20%, όσον αφορά τον ηλεκτρισμό, με γεωθερμική ενέργεια. Η επιστημονική κοινότητα ταξινομεί συνήθως τη γεωθερμία στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Το υπόγειο νερό ή ο ατμός που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή για την κάλυψη θερμικών αναγκών (άμεσες χρήσεις γεωθερμίας), με την κατάλληλη διαχείριση, δεν θα ελαττωθούν, επειδή η κατείδυση των επιφανειακών υδάτων θα συνεχίσει να επανατροφοδοτεί τους γεωθερμικούς ταμιευτήρες και δε χρειάζονται μεγάλοι γεωλογικοί χρόνοι (περίοδοι) για αναγέννηση. Αρκεί να μη γίνεται υπεράντληση. Όμως, επειδή οι δεξαμενές γεωθερμίας είναι τεράστιες σε μέγεθος συγκριτικά με τις ανάγκες του ανθρώπου, η γεωθερμική ενέργεια είναι πρακτικά ανανεώσιμη.

- Ενέργεια από τη θάλασσα. Πιο συγκεκριμένα : α) Ενέργεια από παλίρροιες. Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού. β) Ενέργεια από κύματα. Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας. γ) Ενέργεια από τους ωκεανούς. Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας.
- Ωσμωτική ενέργεια. Η ανάμιξη γλυκού και θαλασσινού νερού απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες ενέργειας, όπως συμβαίνει όταν ένα ποτάμι εκβάλλει στον ωκεανό. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται ωσμωτική ενέργεια (ή γαλάζια ενέργεια) και ανακτάται όταν το νερό του ποταμού και το θαλασσινό νερό είναι διαχωρισμένα από μια ημιδιαπερατή μεμβράνη και το γλυκό νερό περνάει μέσω αυτής.

Η εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα.

Έτσι θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως ΑΠΕ θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή ενέργεια και η αιολική ενέργεια, όπου ο μακροπρόθεσμος στόχος είναι η σταδιακή τους. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία, από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα. Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρέπομενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής, καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους στον ενεργειακό τομέα, εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού [9] [10].

Ιστορικά, το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ότι είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα. Κύριος στόχος είναι να επικρατήσει μια ενεργειακή ανεξαρτησία μέσω των ΑΠΕ, χωρίς

την περιβαλλοντολογική επιβάρυνση. Αυτό μπορεί να συμβεί καθώς σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, οι ΑΠΕ δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ. Επιπλέον, Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών (όπως η Ελλάδα), καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την βαριά οικονομία του πετρελαίου. Είναι ευέλικτες εφαρμογές, που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο), αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Τέλος, ένα ακόμα μεγάλο πλεονέκτημα σχετικά με την υλοποίηση τέτοιων έργων είναι ότι επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις αλλά και υπάρχουν πολλά προγράμματα της Ευρωπαϊκής ένωσης που στηρίζουν τέτοιου είδους εγχειρήματα.

Παρόλα τα θετικά που ανέφερα παραπάνω, ορισμένοι παράγοντες αποτρέπουν την πλήρη στροφή σε τέτοιου είδους μορφές ενέργειας. Αρχικά, η σχέση μεταξύ κόστος κατασκευής και αναμενόμενης απόδοσης του έργου. Έχουν ένα αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας. Για τον παραπάνω λόγο, προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων. Επιπρόσθετα πολλές μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξαρτώνται από παράγοντες που δεν είναι στο χέρι του ανθρώπου. Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται. Ακόμη, υπάρχουν παράπονα από τις τοπικές κοινότητες, σχετικά με την αλλοτρίωση της χλωρίδας και της πανίδας των περιοχών τους στο βωμό του κέρδους. Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη και ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν επιλυθεί.

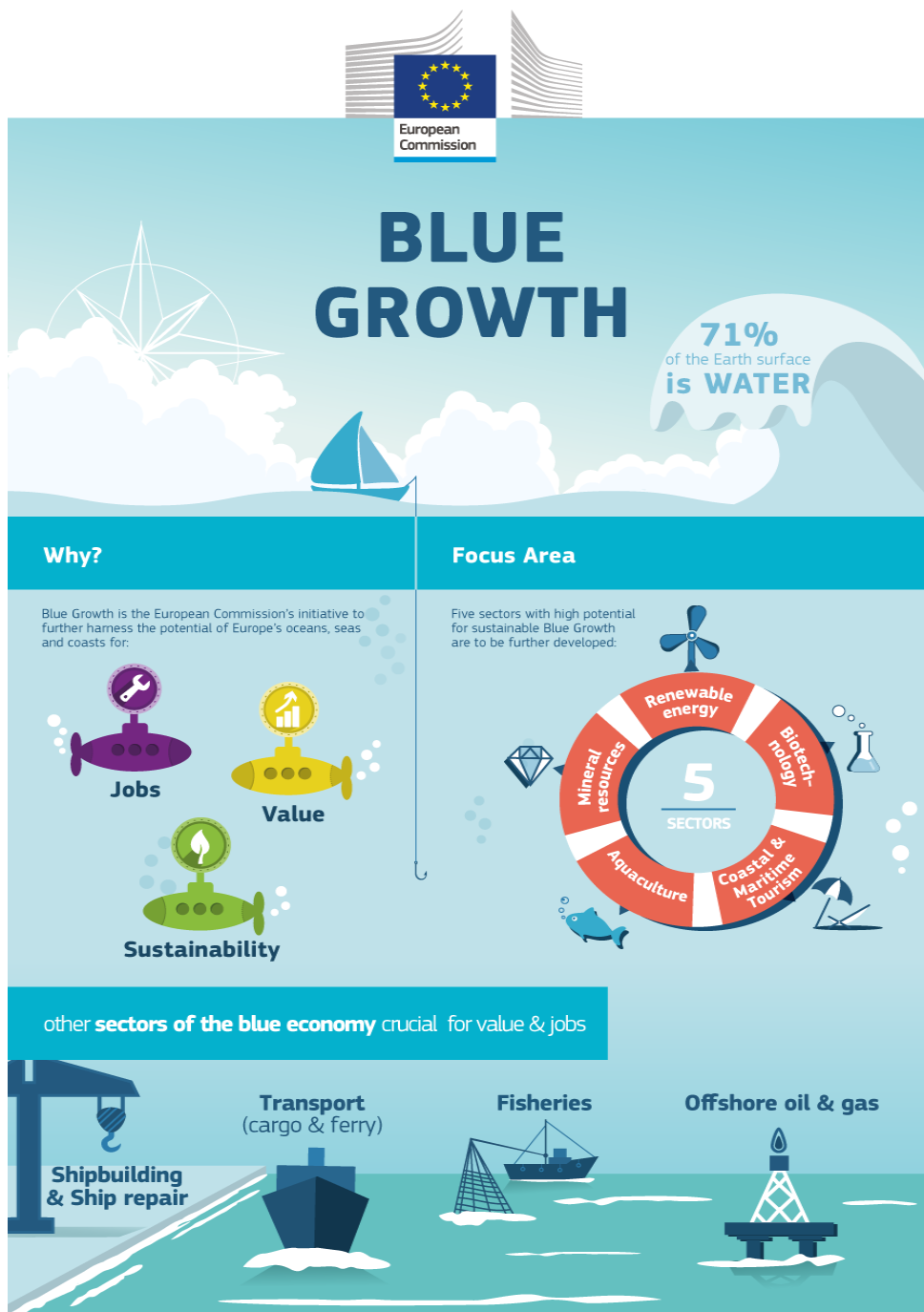
Η μεγάλης κλίμακας μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα γίνεται όλο και πιο ελκυστική καθώς τα ζητήματα της ομοσπονδιακής ρύθμισης, της κλιματικής αλλαγής και της μείωσης των ορυκτών καυσίμων ενεργειακής απόδοσης των ενεργειακών επενδύσεων γίνονται όλο και πιο κυρίαρχα. Είναι κοινός τόπος πλέον ότι τα περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί από τη μη βιώσιμη διαχείριση των πόρων είναι πολύ

μεγάλα. Η αβεβαιότητα των κλιματικών αλλαγών και η σύγχρονη αναγκαιότητα για περιβαλλοντική προστασία οδηγεί στον επαναπροσδιορισμό και επανασχεδιασμό των οικονομικών δραστηριοτήτων, εισάγοντας σε κάθε σύστημα αναφοράς τον παράγοντα της περιβαλλοντικής διαχείρισης. Η υιοθέτηση ενός παραγωγικού συστήματος με κριτήρια μακροχρόνιας βιωσιμότητας των πόρων θεωρείται εργαλείο αντιμετώπισης τόσο της τρέχουσας οικονομικής κρίσης, όσο και της περιβαλλοντικής. Έτσι, η διαχείριση των πόρων που συνδέεται με την ισορροπία του περιβάλλοντος επαναπροσδιορίζεται στη βάση της βιωσιμότητά τους. Στο πλαίσιο αυτό αναγκαία προϋπόθεση είναι η ανάπτυξη παραγωγικών δομών, αλλά και υποδομών της οικονομίας που να ευνοούν την βιωσιμότητα του συστήματος συνολικά. Αυτό προϋποθέτει ότι η εκμετάλλευση των φυσικών πόρων γίνεται με ρυθμό μικρότερο από αυτόν με τον οποίον ανανεώνονται. Διαφορετικά, θα εμφανιστεί το φαινόμενο της περιβαλλοντικής υποβάθμισης, η οποία αν δεν αντιμετωπισθεί έγκαιρα, δεν θα μπορέσει να υποστηρίξει την ανθρώπινη ζωή (π.χ. κλιματική αλλαγή) μακροπρόθεσμα, και πιθανά να οδηγήσει τον πλανήτη μας σε οικολογική κρίση. Διάφοροι όροι, όπως «πράσινη οικονομία», «πράσινη ανάπτυξη», «καθαρή ανάπτυξη», «βιώσιμη ανάπτυξη», «οικονομίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα», χρησιμοποιούνται, κατά βάση εναλλακτικά τα τελευταία χρόνια, προκειμένου να περιγράψουν ένα οικονομικό μοντέλο όπου κυρίαρχο συστατικό του θα είναι και η προστασία του περιβάλλοντος. Προτείνεται επομένως η υιοθέτηση της πράσινης ανάπτυξης, στον βαθμό που την αφορά, ως αντίδοτο της οικονομικής και περιβαλλοντικής κρίσης. Με τον όρο πράσινη ανάπτυξη δεν εννοείται μόνο μια friendly περιβαλλοντική πολιτική ή μια ανάπτυξη που σέβεται το περιβάλλον. Αναφερόμαστε στην ανασυγκρότηση της παραγωγικής βάσης μιας χώρας δημιουργώντας νέο πλούτο με μοχλό ανάπτυξης το περιβάλλον σε σχέση με τους διαθέσιμους πόρους και τη μεταφορά τεχνογνωσίας.

Συνεπώς, τεχνολογική εξέλιξη, καινοτομία και πράσινη ανάπτυξη μπορεί και πρέπει να συμβαδίζουν. Υπό την έννοια αυτή, η προώθηση και στήριξη της πράσινης ανάπτυξης ισχυροποιεί την ανταγωνιστική θέση μιας χώρας, προστατεύοντας συγχρόνως το περιβάλλον της. Ουσιαστικά, η πράσινη ανάπτυξη χαρακτηρίζεται από ένα συγκεκριμένο τρόπο άσκησης των οικονομικών δραστηριοτήτων από τον πρωτογενή τομέα μέχρι τη βιομηχανία και τις υπηρεσίες, στον πυρήνα του οποίου είναι ο περιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και η αξιοποίηση διαχείρισης των φυσικών πόρων κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η βιώσιμη ανάπτυξη [2][23].

1.4 ΜΠΛΕ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Ένα κομμάτι που αξίζει ιδιαίτερη αναφορά είναι ο όρος μπλε οικονομία. Η μπλε οικονομία είναι μια θεωρία η οποία ανακαλύφθηκε και προωθείται από τον οικονομολόγο και επιχειρηματία Gunter Pauli και καλείται επίσης Green Economy 2.0. Μέσω της Μπλε Οικονομίας διακηρύσσεται ο στόχος της ανάπτυξης 100 καινοτομιών μέσω βιώσιμων επιχειρηματικών μοντέλων, για να δημιουργηθούν 100 εκατομμύρια θέσεις εργασίας σε 10 χρόνια, και όλα αυτά με μηδενικές εκπομπές και χωρίς απόβλητα. Για την έμπρακτη υποστήριξη αυτού ο Gunter Pauli ίδρυσε μία σειρά οργανισμών – εργαλείων: το Zero Emissions Research Initiative (ZERI) και το επακόλουθο δίκτυο Global ZERI Network το οποίο χρησιμοποιεί, επιστημονικές και γενικά δημόσια διαθέσιμες πληροφορίες για τον εντοπισμό και την ανάπτυξη βιώσιμων επιχειρηματικών λύσεων. Το εργαλείο που έχει δημιουργηθεί, σε συνέργεια με το ZERI, για την αξιοποίηση των καινοτομιών που είναι συμβατές με την αρχή της μπλε οικονομίας, και για την προώθηση των αντίστοιχων επιχειρηματικών εγχειρημάτων είναι το Blue Economy Alliance. Η «Μπλε οικονομία» περιγράφεται ως το να ζεις με τον ωκεανό και από τον ωκεανό έχοντας μια βιώσιμη σχέση. Η θεωρία της «Μπλε Οικονομίας» αναπτύσσεται σε δυο διαστάσεις- η παροχή αγαθών και υπηρεσιών και η προστασία της ιδιοκτησίας και της ζωής με έναν τρόπο ο οποίος θα εγγυάται την ορθή πορεία των μελλοντικών γενεών. Στη σχέση αυτή, οι άνθρωποι πρέπει να μάθουν να καινοτομούν και να ανακαλύπτουν νέους τρόπους για να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν.



ΣΧΗΜΑ 5. Χαρακτηριστικά μπλε οικονομίας

(ΠΗΓΗ European Commission)

Η εφαρμογή της θεωρίας αυτής είναι σημαντική για την ευημερία, την ανάπτυξη και τον πλούτο κάθε χώρας. Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν πολλών χωρών στηρίζεται σε δραστηριότητες που προέρχονται από την θάλασσα (τουρισμός, αλιεία, ενέργεια, εθνική άμυνα). Όλοι οι παράγοντες αυτοί πρέπει να συνυπολογιστούν και να δημιουργηθεί ένα

κοινό πολιτικό σχέδιο. Η «Μπλε Οικονομία» χαρακτηρίζεται από την επιτακτική ανάγκη για ενσωμάτωση όλων των φορέων και των εμπλεκομένων σε ένα νέο πλάνο στρατηγικής.

Η «Μπλε οικονομία» σε εθνικό επίπεδο περιστρέφεται γύρω από την αποτελεσματική και αειφόρο χρήση των ωκεανών και των υπεράκτιων υπηρεσιών και των πόρων. Αυτό όμως καθιστά αναγκαία μια μεγάλη μεταρρύθμιση της χρηματοπιστωτικής αρχιτεκτονικής μια φορολογική αναθεώρηση που αντανακλά όλες τις πτυχές των υπηρεσιών του ωκεανού. Μια σημαντική αρχή της μπλε οικονομίας είναι ότι την ευθύνη, καθώς και την κατανομή του κόστους και τα οφέλη δεν την εμπιστευόμαστε σε μια οντότητα, όπως το κράτος, αλλά θα πρέπει να κατανεμηθεί μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων. Είναι ευθύνη όλων των φορέων να δημιουργήσουν ένα ολιστικό μοντέλο , στο επίπεδο του ατόμου της, της Κοινότητας, της κοινωνίας, της περιοχής, του δημόσιου αλλά και του ιδιωτικού τομέα. Για την προώθηση της «Μπλε Οικονομίας» είναι απαραίτητο να συνυπολογιστούν οι πολιτικοί και οικονομικοί λόγοι και σε εθνικό και διεθνές επίπεδο και να ακολουθήσουμε μια κοινή ρότα προς την επίτευξη του στόχου. Είναι σημαντικό, επίσης, να κατανοήσουμε την σημασία της Υδρογραφίας και να προωθήσουμε νέα Υδρογραφικά μοντέλα ενισχύοντας τις γνώσεις μας για τον υδάτινο κόσμο.

Στην σημερινή πραγματικότητα, η θεωρία της «Μπλε Οικονομίας» αναφέρεται στην αλλαγή των οικονομικών αξιών , από τις καθιερωμένες σε νέες περισσότερο ηθικές, οι οποίες θα προωθούν το κοινό καλό και την βιώσιμη ανάπτυξη όλου του πλανήτη και όχι μόνο το κέρδος και την εκμετάλλευση των πόρων. Η διασφάλιση των εν λόγω οικονομικών αξιών εξαρτάται από την διακυβέρνηση και την σωστή διαχείριση. Ως εκ τούτου οι παράμετροι για την «Μπλε Οικονομία» πρέπει να οδηγήσουν σε μακροπρόθεσμα οφέλη από την μακροπρόθεσμη επένδυση, η οποία πρέπει να γίνει με θυσία του πρόσκαιρου και βραχυπρόθεσμου κέρδους. Δεν πρόκειται απλά για μια ανάλυση ανάπτυξης αλλά μια μακροχρόνιας ανάπτυξης της ποιότητας της ζωής. Πρόκειται για μια ισορροπία ανάμεσα στην ανάπτυξη των υπηρεσιών, στην ορθή χρήση των πόρων και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων και των υπεράκτιων πολιτισμών.

Οι αρχές της θεωρίας είναι οι εξής:

1. Μείωση της ευπάθειας των κοινωνιών στις φυσικές επιδράσεις των ωκεανών και των φυσικών καταστροφών.

2. Ανάπτυξη τρόπων και μεθόδων προσαρμογής στις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, όπως η άνοδος της στάθμης του νερού.
3. Προώθηση νέων, βιώσιμων σχεδίων διαχείρισης των υπεράκτιων περιοχών.
4. Μείωση των ρύπων από τις θαλάσσιες και χερσαίες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένου της εξαγωγής πετρελαίου και αερίων, τις βλαβερές ουσίες από τα υγρά απόβλητα, και τις βιομηχανικές απορροές που καταλήγουν στους ωκεανούς του κόσμου.
5. Μείωση της αλιείας και βελτίωση των αλιευτικών μεθόδων.
6. Προώθηση μιας πράσινης οικονομίας με σκοπό την βιώσιμη ανάπτυξη και την εξάλειψη της φτώχειας.
7. Ενίσχυση της εφαρμογής των υπαρχόντων διαφωνιών.

Ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας είναι ότι οι περιφέρειες και χώρες , που είναι περισσότερο ευάλωτες στις θαλάσσιες καταστροφές (συμπεριλαμβανομένης και της ανόδου του νερού) πρέπει να υιοθετήσουν και να αναπτύξουν νέα σχέδια αντιμετώπισης. Ακόμα πρέπει να καθιερωθούν νέα συστήματα προειδοποίησης για τσουνάμι και άλλα ακραία φυσικά φαινόμενα σε όλες τις πληγείσες περιοχές. Η σημασία λοιπόν αυτού του νέου καινοτόμου σχεδίου είναι εμφανής τόσο στη κοινωνική, όσο και στην οικονομική ζωή μιας χώρας. Η αλλαγή βρίσκεται στον τρόπο που βλέπουμε και διαχειριζόμαστε τους ωκεανούς και τις θάλασσες μας. Ένας εκπρόσωπος των Ηνωμένων Εθνών όρισε πρόσφατα τη γαλάζια οικονομία ως μια οικονομία που "περιλαμβάνει ένα φάσμα οικονομικών τομέων και συναφών πολιτικών που από κοινού καθορίζουν αν η χρήση των ωκεάνιων πόρων είναι βιώσιμη. Μια σημαντική πρόκληση της γαλάζιας οικονομίας είναι να η κατανόηση και η καλύτερη διαχείριση των πολλών πτυχών της ωκεάνιας βιωσιμότητας, που κυμαίνονται από βιώσιμη αλιεία, την υγεία των οικοσυστημάτων και την πρόληψη της ρύπανσης. Δεύτερον, η γαλάζια οικονομία μας προκαλεί να συνειδητοποιήσουμε ότι η βιώσιμη διαχείριση των ωκεάνιων πόρων θα απαιτήσει συνεργασία πέρα από σύνορα και τομείς μέσω ποικίλων συμπράξεων, και σε κλίμακα που δεν έχει επιτευχθεί στο παρελθόν. Αυτό είναι μια δύσκολη αποστολή, ιδίως για τα μικρά νησιά αναπτυσσόμενα κράτη (SIDS) και τις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες (LDC) που αντιμετωπίζουν σημαντικές περιορισμούς

1.5 ΑΠΕ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, ενέργεια από τους ωκεανούς, γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα και βιοκαύσιμα) αποτελούν εναλλακτικές λύσεις αντί των ορυκτών καυσίμων και συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού και στη μείωση της εξάρτησης από αναξιόπιστες και ασταθείς αγορές ορυκτών καυσίμων, ειδικότερα πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η νομοθεσία της ΕΕ για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει εξελιχθεί σημαντικά κατά τα τελευταία 15 έτη. Το 2009, οι ηγέτες της ΕΕ όρισαν ως στόχο έως το 2020 ένα μερίδιο 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Το 2018, συμφωνήθηκε ο στόχος έως το 2030 ένα μερίδιο 32% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Τον Ιούλιο του 2021, ενόψει των νέων φιλοδοξιών της ΕΕ για το κλίμα, προτάθηκε στους συννομοθέτες η αναθεώρηση του στόχου του 40 % έως το 2030. Το μελλοντικό πλαίσιο πολιτικής για την περίοδο μετά το 2030 βρίσκεται υπό συζήτηση και συνεχή προβληματισμό με σκοπό την αύξηση της ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ. Πιο αναλυτικά:

Η αρχική οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η οποία εγκρίθηκε στο πλαίσιο διαδικασίας συναπόφασης στις 23 Απριλίου 2009 ορίζει ότι ένα υποχρεωτικό μερίδιο 20% της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ πρέπει, έως το 2020, να καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επιπλέον, θεσπίστηκε η απαίτηση ότι όλα τα κράτη μέλη πρέπει να καλύπτουν το 10% των καυσίμων μεταφορών τους από ΑΠΕ. Με την οδηγία επίσης προσδιορίστηκαν διάφοροι μηχανισμοί που μπορούν να εφαρμόσουν τα κράτη μέλη για να επιτύχουν τους στόχους τους, όπως τα καθεστάτα στήριξης, εγγυήσεις προέλευσης, κοινά έργα, συνεργασία μεταξύ κρατών μελών και τρίτων χωρών, καθώς και κριτήρια βιωσιμότητας για τα βιοκαύσιμα. Έως το 2020, η οδηγία επιβεβαίωσε τους υφιστάμενους εθνικούς στόχους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για κάθε χώρα, λαμβάνοντας υπόψη το σημείο εκκίνησης και το συνολικό δυναμικό για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (με ποσοστά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας 10% στη Μάλτα έως 49% στη Σουηδία). Οι χώρες της ΕΕ καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο σκοπεύουν να επιτύχουν τους συγκεκριμένους στόχους και τον γενικό χάρτη πορείας για την πολιτική τους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στα εθνικά σχέδια δράσης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η πρόοδος προς την επίτευξη των εθνικών στόχων μετράται κάθε δύο χρόνια όταν οι χώρες της ΕΕ

δημοσιεύουν εθνικές εκθέσεις προόδου για την ανανεώσιμη ενέργεια. Τον Ιούλιο του 2021, στο πλαίσιο της υλοποίησης της δέσμης μέτρων για την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, η Επιτροπή πρότεινε τροποποίηση της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προκειμένου να ευθυγραμμίσει τους στόχους της για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τη νέα της φιλοδοξία για το κλίμα. Η Επιτροπή προτείνει να αυξηθεί ο δεσμευτικός στόχος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ στο 40 % έως το 2030 και προωθεί τη χρήση ανανεώσιμων καυσίμων, όπως το υδρογόνο στη βιομηχανία και τις μεταφορές, με πρόσθετους στόχους. Το μελλοντικό πλαίσιο πολιτικής για την περίοδο μετά το 2030 βρίσκεται υπό συζήτηση.

Τον Δεκέμβριο του 2018, τέθηκε σε ισχύ η αναθεωρημένη οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001), στο πλαίσιο της δέσμης μέτρων «Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους», η οποία αποσκοπεί στο να παραμείνει η ΕΕ παγκόσμιος ηγέτης στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και, γενικότερα, να βοηθήσει την ΕΕ να εκπληρώσει τις δεσμεύσεις της για μείωση των εκπομπών στο πλαίσιο της συμφωνίας του Παρισιού. Η εν λόγω αναθεωρημένη οδηγία τέθηκε σε ισχύ από τον Δεκέμβριο του 2018 και πρέπει να καταστεί εθνικό δίκαιο στις χώρες της ΕΕ με ισχύ από την 1η Ιουλίου 2021 και μετά. Η οδηγία θεσπίζει έναν νέο δεσμευτικό στόχο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την ΕΕ για το 2030, σε τουλάχιστον 32% της κατανάλωσης τελικής ενέργειας, με μια ρήτρα για πιθανή προς τα άνω αναθεώρηση έως το 2023 και έναν αυξημένο στόχο ποσοστού 14% για το μερίδιο των ανανεώσιμων καυσίμων στις μεταφορές έως το 2030. Ελλείψει αναθεωρημένων εθνικών στόχων, οι εθνικοί στόχοι για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για το 2020 θα πρέπει να αποτελούν την ελάχιστη συνεισφορά κάθε κράτους μέλους για το 2030. Οι χώρες της ΕΕ θα προτείνουν τον εθνικό ενεργειακό τους στόχο και θα καταρτίσουν 10ετή εθνικά σχέδια για την ενέργεια και το κλίμα κατά τη διάρκεια του προγράμματος «Ορίζων 2030», ακολουθούμενες από εκθέσεις προόδου ανά διετία. Τα σχέδια αυτά θα αξιολογηθούν από την Επιτροπή, η οποία θα μπορούσε να λάβει μέτρα σε επίπεδο ΕΕ για να εξασφαλίσει ότι συνάδουν με τους συνολικούς στόχους της ΕΕ.

Επιπλέον ακόμα ένα σημαντικό κομμάτι είναι η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Στις 11 Δεκεμβρίου 2019, η Επιτροπή ενέκρινε την ανακοίνωσή της για την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Το εν λόγω πράσινο σύμφωνο καθορίζει ένα λεπτομερές όραμα για να καταστεί η Ευρώπη μια κλιματικά ουδέτερη ήπειρος έως το 2050 με την παροχή καθαρής, οικονομικά προσιτής και ασφαλούς ενέργειας.

1. Επίτευξη της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας

Στις 14 Ιουλίου 2021, η Επιτροπή δημοσίευσε νέα δέσμη νομοθετικών μέτρων για την ενέργεια με τίτλο «Προσαρμογή στον στόχο του 55 %: υλοποίηση του στόχου της ΕΕ για το κλίμα με ορίζοντα το 2030 στην πορεία προς την κλιματική ουδετερότητα». Στη νέα αναθεώρηση της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προτείνει να αυξηθεί ο δεσμευτικός στόχος για το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της ΕΕ σε 40 % έως το 2030 και νέοι στόχοι σε εθνικό επίπεδο, όπως:

- νέο σημείο αναφοράς για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε ποσοστό 49 % έως το 2030 για τα κτίρια·
- νέο σημείο αναφοράς ετήσιας αύξησης της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά 1,1 ποσοστιαίες μονάδες για τη βιομηχανία·
- μια δεσμευτική ετήσια αύξηση 1,1 ποσοστιαίων μονάδων για τα κράτη μέλη όσον αφορά τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για θέρμανση και ψύξη·
- ενδεικτική ετήσια αύξηση 2,1 ποσοστιαίων μονάδων στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και απορριπτόμενης θερμότητας και ψύξης για τηλεθέρμανση και τηλεψύξη.

Στην προσπάθεια απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές και διαφοροποίησης του τομέα των μεταφορών, καθορίζεται:

- τον στόχο μείωσης κατά 13% της έντασης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα καύσιμα για τις μεταφορές έως το 2030, που θα καλύπτει όλους τους τρόπους μεταφοράς·
- μερίδιο 2,2 % των προηγμένων βιοκαυσίμων και βιοαερίου το 2030, με ενδιάμεσο στόχο το 0,5 % έως το 2025
- στόχος 2,6 % για τα ανανεώσιμα καύσιμα μη βιολογικής προέλευσης και μερίδιο 50% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην κατανάλωση υδρογόνου στη βιομηχανία, συμπεριλαμβανομένων των μη ενεργειακών χρήσεων, έως το 2030.

Το μελλοντικό πλαίσιο πολιτικής για την περίοδο μετά το 2030 βρίσκεται υπό συζήτηση.

2. Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους

Στις 30 Νοεμβρίου 2016, η Επιτροπή εξέδωσε δέσμη νομοθετικών μέτρων με τίτλο «Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους» ως μέρος της ευρύτερης στρατηγικής για την Ενεργειακή Ένωση. Κατά τη διάρκεια του Δεκεμβρίου 2018, τέθηκε σε ισχύ η αναθεωρημένη οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (οδηγία (ΕΕ) 2018/2001), με την οποία προωθείται η χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές:

- περαιτέρω ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας·
- ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της θέρμανσης και της ψύξης (έχει εισαχθεί ενδεικτική ετήσια αύξηση 1,3 % για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στη θέρμανση και την ψύξη)·
- Απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές και διαφοροποίηση του τομέα των μεταφορών:
 1. μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας 14% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας του τομέα των μεταφορών έως το 2030·
 2. μερίδιο 3,5 % των προηγμένων βιοκαυσίμων και βιοαερίου το 2030, με ενδιάμεσο στόχο το 1% έως το 2025·
 3. ανώτατο όριο 7% στα βιοκαύσιμα πρώτης γενεάς στις οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές ενώ σχεδιάζεται η σταδιακή κατάργηση της χρήσης φοινικέλαιου (και άλλων βιοκαυσίμων που βασίζονται σε εδάδιμα φυτά, τα οποία αυξάνουν τις εκπομπές CO₂) έως το 2030 μέσω ενός συστήματος πιστοποίησης·
- ενίσχυση των κριτηρίων βιωσιμότητας της ΕΕ για τη βιοενέργεια·
- εξασφάλιση -της επίτευξης του δεσμευτικού σε επίπεδο ΕΕ στόχου με τρόπο έγκαιρο και αποδοτικό από άποψη κόστους.

3. Μηχανισμός χρηματοδότησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Η Επιτροπή έχει θεσπίσει χρηματοδοτικό μηχανισμό της ΕΕ βάσει του άρθρου 33 του κανονισμού για τη διακυβέρνηση στο πλαίσιο της δέσμης μέτρων για την καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους. Αυτό ισχύει από τα τέλη Σεπτεμβρίου 2020 και η Επιτροπή βρίσκεται ακόμη σε διαδικασία εφαρμογής.

Κύριος στόχος του μηχανισμού αυτού είναι να βοηθήσει τις χώρες να επιτύχουν τους ατομικούς και συλλογικούς στόχους τους όσον αφορά τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο

μηχανισμός χρηματοδότησης συνδέει τις χώρες που συμβάλλουν στη χρηματοδότηση έργων (συνεισφέρουσες χώρες) με τις χώρες που συμφωνούν να αναπτύξουν νέα έργα στο έδαφός τους (χώρες υποδοχής). Η Επιτροπή καθορίζει το πλαίσιο εφαρμογής και τα μέσα χρηματοδότησης του μηχανισμού, ορίζοντας ότι τα κράτη μέλη, τα ταμεία της ΕΕ ή οι συνεισφορές του ιδιωτικού τομέα μπορούν να χρηματοδοτούν δράσεις στο πλαίσιο του μηχανισμού.

Η ενέργεια που παράγεται μέσω αυτού του χρηματοδοτικού μηχανισμού θα συνυπολογίζεται στους στόχους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όλων των συμμετεχουσών χωρών και θα τροφοδοτεί τη φιλοδοξία της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας για επίτευξη ουδέτερου ισοζυγίου άνθρακα έως το 2050.

Όσον αφορά τα μελλοντικά βήματα που στοχεύει η ΕΕ :

1. Διευρωπαϊκά δίκτυα για την ενέργεια

Τον Δεκέμβριο του 2020, η Επιτροπή ενέκρινε πρόταση για την αναθεώρηση των εν λόγω κανόνων , επιδιώκοντας τη σύνδεση περιφερειών που είναι επί του παρόντος απομονωμένες από τις ευρωπαϊκές αγορές ενέργειας. Στόχος της αναθεώρησης είναι να προωθηθεί η σημαντική αύξηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ευρωπαϊκό ενεργειακό σύστημα, σύμφωνα με τον πρωταρχικό στόχο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας για επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας **έως το 2050**.

Τον Ιούλιο του 2020, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε ψήφισμα σχετικά με την αναθεώρηση των κατευθυντήριων γραμμών για το διευρωπαϊκό δίκτυο ενέργειας , το οποίο αποσκοπεί στην επικαιροποίησή τους και την ευθυγράμμισή τους με την πολιτική της ΕΕ για το κλίμα.

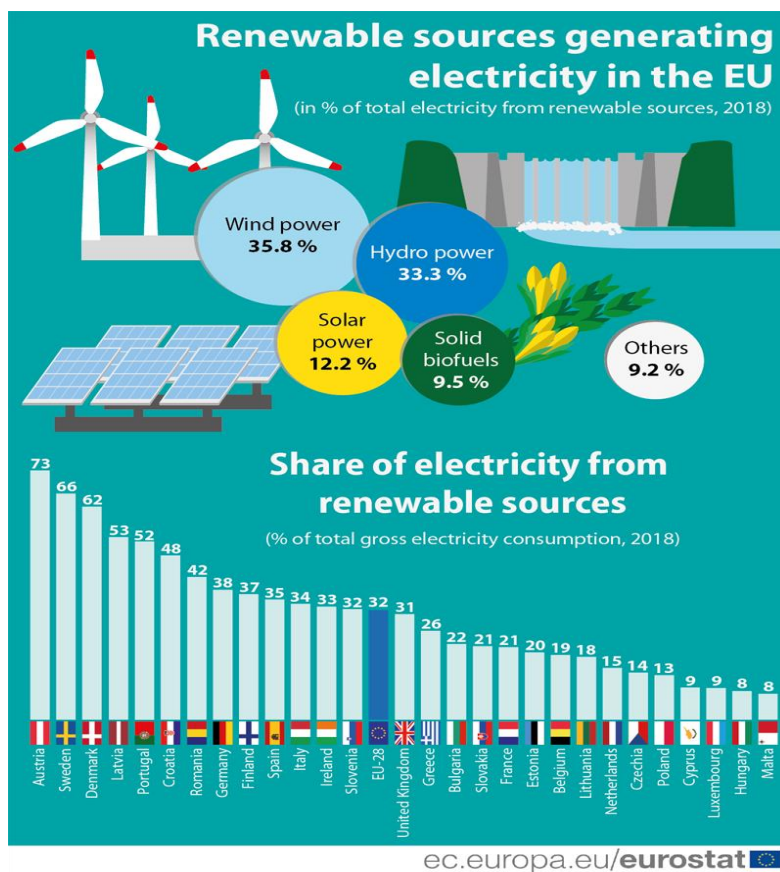
2. Αναθεώρηση της οδηγίας για τη φορολογία της ενέργειας

Τον Ιούλιο του 2021, η Επιτροπή δημοσίευσε πρόταση (COM (2021) 0563) σχετικά με την αναθεώρηση της οδηγίας για τη φορολογία της ενέργειας (οδηγία 2003/96), προτείνοντας την ευθυγράμμιση της φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων με τις πολιτικές της ΕΕ για την ενέργεια και το κλίμα, την προώθηση καθαρών τεχνολογιών και την κατάργηση παρωχημένων εξαιρέσεων και μειωμένων συντελεστών που ενθαρρύνουν επί του παρόντος τη χρήση ορυκτών καυσίμων.

3. Υπεράκτια αιολική ενέργεια

Στις 19 Νοεμβρίου 2020, η Επιτροπή δημοσίευσε ειδική στρατηγική της ΕΕ για τις παράκτιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τίτλο « Μια στρατηγική της ΕΕ για την αξιοποίηση του δυναμικού των υπεράκτιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για ένα κλιματικά ουδέτερο μέλλον», με την οποία αξιολογείται η δυνητική συμβολή των υπεράκτιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και υπερβαίνεται ο στενός ορισμός των συντελεστών παραγωγής ενέργειας. Η στρατηγική αυτή αποσκοπεί στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από παράκτιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην ΕΕ από 12 GW το 2020 σε πάνω από 60 GW έως το 2030 και 300 GW έως το 2050. Επιπλέον, προβλέπει νομοθετική αναθεώρηση του διευρωπαϊκού δικτύου ενέργειας ώστε να καταστεί περισσότερο εφαρμόσιμο στις διασυνοριακές παράκτιες υποδομές.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε σχέδιο ύψους 1,4 δισ. ευρώ για την ανάπτυξη ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές σε μη διασυνδεδεμένα νησιά στην Ελλάδα. Ειδικότερα, το σχέδιο που εκπονήθηκε βάσει των κανόνων της ΕΕ για τις κρατικές ενισχύσεις, υποστηρίζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τους λεγόμενους υβριδικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας, οι οποίοι παράγουν και αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια με βάση την ηλιακή και την αιολική ενέργεια. Περίπου το 80% της ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά νησιά παράγεται σήμερα με ντίζελ και πετρέλαιο. Λόγω των κορεσμένων δικτύων, η προσθήκη εγκαταστάσεων αποθήκευσης σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι απαραίτητη για να αυξηθεί το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτά τα νησιά. Τα 47 εμπλεκόμενα νησιά, συμπεριλαμβανομένης της Κρήτης, θα καλύπτονται από το καθεστώς μέχρι την τελική σύνδεσή τους με την ηπειρωτική Ελλάδα. Συνολικά, μέσω αυτού του μέτρου η Ελλάδα στοχεύει να στηρίξει 264 MW νέας δυναμικότητας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέχρι το τέλος του 2026. Η Επιτροπή αξιολόγησε το μέτρο βάσει των κανόνων της ΕΕ για τις κρατικές ενισχύσεις, ιδίως των κατευθυντήριων γραμμών του 2014 για τις κρατικές ενισχύσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και της ενέργειας («EEAG»). Η Επιτροπή διαπίστωσε ότι η ενίσχυση είναι αναλογική και περιορίζεται στο ελάχιστο απαραίτητο. Στην πλειονότητα των νησιών, οι δικαιούχοι της ενίσχυσης θα επιλεγούν βάσει διαγωνιστικής διαδικασίας. Στο νησί της Κρήτης υπάρχει επιτακτική ανάγκη να προστεθεί περισσότερη δυναμικότητα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λόγω του κινδύνου έλλειψης εφοδιασμού [17].



ΣΧΗΜΑ 6. Στατιστικά παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μεταξύ των χωρών της Ευρώπης

(ΠΗΓΗ: EUROSTAT)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ Ο ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

2.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αιολική ενέργεια, είναι μια μορφή ενέργειας ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον, η οποία σύμφωνα με τον Αμερικάνικο Οργανισμό Αιολικής Ενέργειας (AWEA) είναι η ενέργεια η οποία "συλλαμβάνει" τον αέρα ο οποίος υπάρχει στην ατμόσφαιρα και τον μετατρέπει σε μηχανική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Ο άνεμος είναι μια πηγή ενέργειας που προέρχεται βασικά από τις διαφοροποιήσεις στην ατμοσφαιρική πίεση, η οποία οφείλεται στην άνιση θέρμανση της επιφάνειας της γης και της θάλασσας από τον ήλιο. Οι άνεμοι της γης παράγονται κυρίως από την άνιση θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο. Επομένως, η αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ηλιακής ενέργειας καθώς, δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, διότι η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο τους ανέμους, έτσι περίπου το 1-2% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης μετατρέπεται σε άνεμο. Τα διάφορα είδη ανέμων δημιουργούνται και σε τοπική κλίμακα με διάφορους μηχανισμούς, όπως η δημιουργία θαλάσσιας ή υπόγειας αύρας και η δημιουργία καθοδικών ρευμάτων από τα βουνά προς τις κοιλάδες. Η εκτίμηση από ειδικούς είναι ότι, αν με την σημερινή τεχνολογία υπήρχε η δυνατότητα να γίνει εκμεταλλεύσιμο το συνολικό δυναμικό της γης η παραγόμενη ενέργεια του αιολικού δυναμικού σε ένα χρόνο θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας. Υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι με ταχύτητα πάνω από 5,1 m/sec σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος.

Ο άνεμος έχει χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας από τα πανάρχαια χρόνια. Χώρες χρωστούσαν τον πλούτο και την ναυτιλιακή τους ικανότητα στον άνεμο που τους κινούσε τα ιστιοφόρα πλοία τους. Η πρώτη και αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική

μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου. Οι άνθρωποι άρχισαν να χρησιμοποιούν την αιολική ενέργεια αιώνες πριν με ανεμόμυλους οι οποίοι αντλούσαν νερό, άλεθαν σιτάρι και έκαναν πληθώρα άλλων εργασιών. Έτσι, η αιολική ενέργεια άρχισε να χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήδη από τα τέλη του 19ου αιώνα, αν και ώθηση στη χρήση της έδωσε η πετρελαϊκή κρίση του 1973. Τα τελευταία χρόνια η αιολική ενέργεια αποτελεί μία «ώριμη» ενεργειακή πηγή, η οποία μπορεί να παράσχει σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Αυτό συμβαίνει γιατί σε αντίθεση με τους παλαιότερους ανεμόμυλους, η σημερινή ανεμογεννήτρια, η οποία είναι μια ιδιαίτερα εξελιγμένη έκδοση ενός ανεμόμυλου, αξιοποιεί την κινητική ενέργεια του ανέμου και τη μετατρέπει σε ηλεκτρική [2].



ΣΧΗΜΑ 7. Χερσαίο αιολικό πάρκο

(ΠΗΓΗ: EARTH_ORG)

2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η αιολική ενέργεια προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, γεγονός που εξηγεί γιατί είναι η ταχύτερα αναπτυσσόμενη μορφή ενέργειας στον κόσμο. Η αιολική ενέργεια είναι μια βιώσιμη και ανανεώσιμη ενέργεια και έχει πολύ μικρότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον σε σύγκριση με την καύση ορυκτών καυσίμων, γι' αυτό αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» της είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα. Θετικό χαρακτηριστικό της αιολικής ενέργειας αποτελεί το γεγονός ότι **ο άνεμος είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, η οποία παρέχεται δωρεάν**. Επίσης, είναι μια τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή. Δεν επιβαρύνει το τοπικό περιβάλλον με επικίνδυνους αέριους ρύπους, όπως το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο παράγεται σε συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, σύμφωνα με τον Αμερικανικό Οργανισμό Αιολικής Ενέργειας, είναι ότι το 2015 στην Αμερική, οι 191 εκατομμύρια μεγαβατώρες (MWh) που παρήχθησαν από αιολική ενέργεια συντέλεσαν στην μείωση κατά 6% της ετήσιας εκπομπής CO₂ από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ως επί το πλείστον, επίσης, η χωροθέτηση αιολικών πάρκων δεν συντελεί στην καταστροφή φυσικών πόρων καθώς γίνεται σε περιοχές με αραιή ή καθόλου βλάστηση. Επίσης, η παραγωγή καθαρής αιολικής ενέργειας μειώνει την κατανάλωση του νερού, καθώς αποφεύγεται η χρήση του για την ψύξη θερμοηλεκτρικών σταθμών (AWEA). Επιπρόσθετα, οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δεν εμποδίζουν τις χρήσεις γης όπως την κτηνοτροφία και την γεωργία καθώς το 99% του εδάφους που φιλοξενεί το αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο για χρήσεις εδάφους .

Βασικό επίσης πλεονέκτημα των μεγάλων ανεμογεννητριών είναι η οικονομία χώρου καθώς το 80% των ανεμογεννητριών εγκαθίστανται σε πεδινές περιοχές, είτε σε υπεράκτια αιολικά πάρκα. Πέραν της οικονομίας χώρου, να σημειωθεί ότι πλέον στις ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται καινούριες τεχνολογίες ως προς τα υλικά κατασκευής των πτερυγίων, «έξυπνους» αισθητήρες για τον περιορισμό των ακραίων φορτίων και βελτιωμένες αεροδυναμικές ιδιότητες, γεγονός που έχει βοηθήσει και στην μείωση του

θορύβου που παράγεται από αυτές .Η κατασκευή ενός αιολικού πάρκου επηρεάζει θετικά την οικονομία της εκάστοτε περιοχής όπου εγκαθίσταται. Ειδικά σε περιπτώσεις ορεινών περιοχών, όπου διαθέτει αρκετές η χώρα μας, η παρουσία αιολικών πάρκων αφενός δεν επηρεάζει την χρήση γης και αφετέρου αποτελεί μια σημαντική και εγγυημένη πηγή πόρων. Επίσης, από πλευράς ενεργειακής ανεξαρτησίας και ασφάλειας αυτή ενισχύεται με την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας σε μία χώρα με αποτέλεσμα η ίδια να παράγει τα ποσά ενέργειας που καταναλώνει με φιλικά προς το περιβάλλον μέσα. Η αιολική ενέργεια συντελεί στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, μειώνοντας έτσι τις απώλειες μεταφοράς ενέργειας από περιοχή σε περιοχή. Άξιο αναφοράς είναι το ζήτημα του τουρισμού, παρά τις κατά καιρούς προκαταλήψεις για το αντίθετο, δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι η χωροθέτηση αιολικών πάρκων επηρεάζει αρνητικά την προσέλευση τουριστών στην περιοχή. Μάλιστα σε μια δημοσκόπηση που έλαβε χώρα το 2002 στη Σκωτία, το 80% των τουριστών που ταξίδεψαν σε μια περιοχή όπου είχε αιολικά πάρκα θα ήθελαν να τα έχουν επισκεφθεί ώστε να δουν τον τρόπο λειτουργίας τους. Τέλος, η αιολική ενέργεια γίνεται όλο και πιο προσιτή οικονομικά σε σχέση με τις άλλες μορφές ηλεκτρικής ενέργειας καθώς σύμφωνα και με τον David Sparby, πρόεδρο της Xcel Energy των Ηνωμένων Πολιτειών “Οι τιμές του ανέμου είναι εξαιρετικά ανταγωνιστικές σήμερα, προσφέροντας χαμηλότερο κόστος από ό, τι άλλες πιθανές πηγές”. Συνοψίζοντας, η αιολική ενέργεια είναι μια βιώσιμη και ανανεώσιμη ενέργεια και έχει πολύ μικρότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον σε σύγκριση με την καύση ορυκτών καυσίμων, γι' αυτό αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» της είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιοσημείωτα.

Παρόλα τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα η αιολική ενέργεια έχει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα. Η ισχυρότερη πρόκληση στην εκμετάλλευση του ανέμου ως πηγή ενέργειας είναι ότι είναι περιοδικά διακοπτόμενος και δεν φυσά πάντα όταν ο ηλεκτρισμός απαιτείται. Η αιολική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί, ενώ δεν μπορούν όλοι οι άνεμοι να τιθασευτούν ώστε να καλυφθούν, τη στιγμή που προκύπτουν. Επίσης, οι περιοχές οι οποίες είναι κατάλληλες για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων συχνά βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από κατοικημένες περιοχές στις οποίες υπάρχουν και οι μεγαλύτερες ανάγκες για κατανάλωση ηλεκτρισμού. Ακόμη σημαντικό

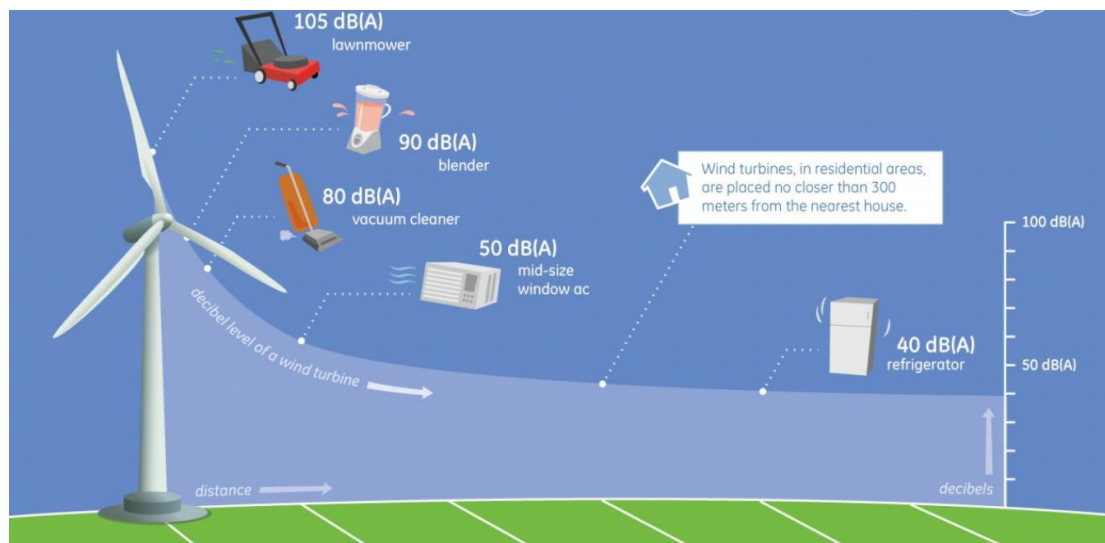
μειονέκτημα αποτελεί το υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης των αιολικών πάρκων. Παρότι το κόστος της αιολικής ενέργειας έχει μειωθεί τα τελευταία 10 χρόνια, η τεχνολογία απαιτεί μια αρχική επένδυση υψηλότερη από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών (Energy Efficiency and Renewable Energy). Σε σχέση με τους συμβατικές πηγές ενέργειας, η αιολική ενέργεια παρουσιάζει μικρό συντελεστή απόδοσης. Έτσι, μέχρι σήμερα έχει χρησιμοποιηθεί κατά κύριο λόγο ως συμπληρωματική πηγή ενέργειας καθώς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συνολική κάλυψη των αναγκών μιας πόλης. Επιπρόσθετα, αν και τα αιολικά πάρκα έχουν σχετικά μικρή επίπτωση στο περιβάλλον σε σύγκριση με τις συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, γίνεται λόγος για επιπτώσεις όπως η αλλοίωση του τοπίου, η ηχορύπανση και ο θάνατος πτηνών που προσκρούουν στις ανεμογεννήτριες. Αρχικά και όσον αφορά την οπτική όχληση που προκαλούν τα αιολικά πάρκα είναι σαφές ότι η αισθητική μιας εγκατάστασης αιολικού πάρκου αποτελεί υποκειμενικό παράγοντα, ο οποίος εξαρτάται από την κατάσταση και την εικόνα ενός αιολικού σταθμού αλλά και από την άποψη που έχει διαμορφώσει ο παρατηρητής για τη χρήση της αιολικής ενέργειας (π.χ. ως οικολογική πηγή ενέργειας, ως πηγή τοπικών αναπτυξιακών οφελών, κλπ.). Για τη μείωση της οπτικής όχλησης και την ενσωμάτωση των ανεμογεννητριών στο τοπίο είναι απαραίτητη η κατάρτιση σχετικών συνοδευτικών μελετών στις οποίες να επιλύονται προβλήματα όπως η ενσωμάτωση σ' ένα περιβάλλον των βοηθητικών χώρων των αιολικών πάρκων (κολώνες, μικρές κτιριακές εγκαταστάσεις), οι χρωματικές ανεπιτυχείς επιλογές κ.ά. Επίσης σύμφωνα με αρκετούς μελετητές τα αιολικά πάρκα υπερτερούν αισθητικά σε σύγκριση με τους πετρελαϊκούς και λιγνιτικούς σταθμούς και δεν εμποδίζουν τη θέα. Αυτό οφείλεται στην απαραίτητη απόσταση των εγκαταστάσεων από κατοικημένες περιοχές, στις σημαντικές υψομετρικές διαφορές μεταξύ του έργου και των γύρω οικισμών, στην αραιή χωροθέτηση των ανεμογεννητριών καθώς και στις περιορισμένες χρήσεις γης που υπάρχουν γύρω από τα αιολικά πάρκα με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται οι ευκαιρίες οπτικής επαφής με τις αιολικές εγκαταστάσεις. Τέλος, σημειώνεται ότι τόσο το λευκό χρώμα των πτερυγίων, όσο και η κατασκευή πύργων στήριξης των ανεμογεννητριών, συντελούν στην καλύτερη εναρμόνισή τους με τον περιβάλλοντα χώρο .

Όσον αφορά τις πιθανές αρνητικές συνέπειες που έχουν οι ανεμογεννήτριες στην ορνιθοπανίδα, πολλές φορές διατυπώνονται απόψεις χωρίς επιστημονική τεκμηρίωση, σύμφωνα με τις οποίες η κατασκευή ενός αιολικού πάρκου μπορεί να αφανίσει την εν λόγω ορνιθοπαγίδα της ευρύτερης περιοχής. Πληθώρα μελετών έχει αποδείξει ότι οι αιολικές

μηχανές δεν αποτελούν απειλή για τα πτηνά, δεδομένου ότι η θνησιμότητά τους από την συγκεκριμένη αιτία αποτελεί ένα μικρό μόνο κλάσμα της συνολικής τους θνησιμότητας. Πιο συγκεκριμένα, η European Wind Energy Association (EWEA) σε έκθεση της το 2009 κατατάσσει τις ανεμογεννήτριες ως αιτία θνησιμότητας των πτηνών στην έβδομη θέση μετά τα κτίρια, τα υψηλής έντασης ηλεκτροφόρα καλώδια, τις γάτες, τα αυτοκίνητα, τα εντομοκτόνα και τους πύργους τηλεπικοινωνιών. Ειδικότερα όσον αφορά ανεμογεννήτριες με ύψος κάτω των 50μέτρων έχουν αναφερθεί ελάχιστες περιπτώσεις θνησιμότητας πτηνών, ενώ μεμονωμένα προβλήματα έχουν αναφερθεί σε αιολικά πάρκα τα οποία βρίσκονται σε διαδρομές αποδημητικών πτηνών , όπως αυτό του αιολικού πάρκου της Tarifa στην Ισπανία. Προσοχή απαιτείται σε περιπτώσεις χωροθέτησης αιολικών πάρκων σε παράκτιες περιοχές, όπου μπορεί να ενοχλήσουν την ανάπτυξη και τις φωλιές ορισμένων πτηνών καθώς και σε θαλάσσιες περιοχές, οι οποίες αποτελούν περάσματα αποδημητικών πτηνών. Τέλος, οι αυστηροί περιορισμοί που έχουν θεσπιστεί τα τελευταία χρόνια για την εγκατάσταση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές συντελούν στην προστασία των πτηνών από πρόσκρουση τους σε εγκαταστάσεις ανεμογεννητριών.

Αναφορικά με τον θόρυβο ο οποίος παράγεται από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών αυτός εξαρτάται πρώτον από το επίπεδο των ακουστικών εκπομπών λόγω της λειτουργίας της ανεμογεννήτριας και δεύτερον από την απόσταση του αιολικού σταθμού από την κοντινότερη κατοικημένη περιοχή. Όσον αφορά, τον πρώτο παράγοντα αξίζει να αναφερθεί ότι οι ακουστικές εκπομπές των ανεμογεννητριών προκαλούνται από το μηχανικό τμήμα της ανεμογεννήτριας όταν πρόκειται για μικρού μεγέθους ανεμογεννήτριες με διάμετρο ρότορα μέχρι 20μ. ή το αεροδυναμικό τμήμα μιας ανεμογεννήτριας όταν πρόκειται για μεγαλύτερου μεγέθους μηχανήματα. Τα τελευταία χρόνια καταβάλλονται ιδιαίτερες προσπάθειες για την κατασκευή αθόρυβων ανεμογεννητριών με λεπτομερή σχεδιασμό του έλικα αλλά και των μηχανικών μερών με σκοπό την ελάττωση του εκπεμπόμενου θορύβου. Επίσης, σχετικά με τον δεύτερο παράγοντα σημειώνεται ότι ο θόρυβος ελαττώνεται εκθετικά με την απόσταση μερικών διαμέτρων του στροφέα της ανεμογεννήτριας με αποτέλεσμα ο θόρυβος που παράγεται

από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών να καλύπτεται από τους υπόλοιπους ήχους του περιβάλλοντος όταν η απόσταση αυξάνεται.



ΣΧΗΜΑ 8. Αλλαγή συχνότητας του ήχου ανάλογα με την απόσταση

(ΠΗΓΗ: GENERAL ELECTRIC)

Επιπλέον αν τα πλεονεκτήματα της αιολικής ενέργειας είναι αρκετά, εντοπίζονται ορισμένοι περιορισμοί όσον αφορά την δέσμευση και την χρήση της ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με τις φυσικές της ιδιότητες. Πιο συγκεκριμένα, είναι γνωστό ότι η ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται από τον αέρα στην ανεμογεννήτρια είναι ευθέως ανάλογη της πυκνότητας του αέρα, της

επιφάνειας της πτερωτής και της ταχύτητας του ανέμου. Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά γίνεται κατανοητό ότι η αιολική ενέργεια έχει ειδικά χαρακτηριστικά μεταξύ των οποίων είναι και η συνεχής μεταβολή της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου και η δυσκολία στην πρόβλεψη των χαρακτηριστικών του ανέμου. Από αυτό προκύπτουν δυσκολίες όσον αφορά την ενσωμάτωση μεγάλων ποσοτήτων αιολικής ενέργειας στα ηλεκτρικά δίκτυα μίας και λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών δεν μπορεί να υπολογιστεί η ισχύς που μπορεί να αποδοθεί από ένα αιολικό πάρκο. Επίσης, λόγω του διεσπαρμένου δυναμικού της αιολικής ενέργειας παρουσιάζονται δυσκολίες στη συγκέντρωσή της σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, στην μεταφορά και στην αποθήκευση της. Η χαμηλή ροή αξιοποιήσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου, επίσης, κατατάσσει την αιολική ενέργεια στις «αραιές» μορφές ενέργειας με αποτέλεσμα να απαιτούνται εκτεταμένες εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας για την δέσμευση μεγάλων ποσοτήτων ισχύος. Για παράδειγμα, τυπικές τιμές ροής της αξιοποιούμενης αιολικής ισχύος κυμαίνονται μεταξύ τιμών 200W/m² και 400W/ m², με

αποτέλεσμα να κρίνεται αναγκαία η εγκατάσταση μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών είτε η χρήση μηχανών μεγάλων διαστάσεων για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας είτε η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας για τον συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης ενέργειας.

Όπως γίνεται κατανοητό, τα παραπάνω συνεπάγονται αύξηση στο αρχικό κόστος εγκατάστασης ενός αιολικού πάρκου, επιπλέον απώλειες ενέργειας κατά τις φάσεις μετατροπής και αποθήκευσης καθώς και αυξημένα έξοδα συντήρησης και εξασφάλισης της ομαλής λειτουργίας, με αποτέλεσμα η δέσμευση της αιολικής ενέργειας να καθίσταται δαπανηρή διαδικασία. Τέλος, το αιολικό δυναμικό μιας περιοχής είναι εκμεταλλεύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μόνο όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη από ένα συγκεκριμένο όριο. Αυτό συμβαίνει γιατί οι ανεμογεννήτριες είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν σε μια περιοχή ταχυτήτων του ανέμου. Η χαμηλότερη ταχύτητα ή ταχύτητα έναρξης (cut-in speed) είναι περίπου 4-5 m/s, καθώς για χαμηλότερες ταχύτητες η παραγόμενη ενέργεια είναι πολύ μικρή (μικρότερη από τις απώλειες του συστήματος).

2.3 ΓΕΩΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ ΕΛΛΑΔΑΣ ΜΕΣΩ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

Η αιολική ενέργεια, και γενικότερα οι Α.Π.Ε., εκτός από μέσο οικονομικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής προστασίας, είναι παράγοντας γεωπολιτικής ισχύος, ειρήνης και ασφάλειας. Αυτός ο εθνικός πόρος πρέπει να αποτελέσει πυλώνα της εξωτερικής πολιτικής και να ενισχύσει την ενεργειακή ανεξαρτησία της Ευρώπης. Οι μεγάλες επενδύσεις για εγκαταστάσεις και δίκτυα, προωθούν την ανάπτυξη, την ασφάλεια και τη γεωστρατηγική ενδυνάμωση της χώρας και κατ' επέκταση της Ευρώπης. Αυτός είναι ένας ακόμα λόγος που χρειαζόμαστε αιολικά πάρκα στη στεριά και τη θάλασσα. Η αιολική ενέργεια είναι από τα αποτελεσματικότερα εργαλεία για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την προστασία της ζωής και του περιβάλλοντος. Αυτός είναι ο καταλυτικός παράγοντας για την προώθησή της. Για την Ελλάδα όμως υπάρχουν πολλοί άλλοι και σημαντικοί λόγοι που χρειαζόμαστε τη μαζική ανάπτυξή της. Αυτοί συνδέονται αφενός με τη γεωπολιτική ενδυνάμωση και την προώθηση των εθνικών συμφερόντων και αφετέρου με την οικονομική ανάπτυξη, την απασχόληση και τη μείωση του κόστους ενέργειας. Η ελληνική οικονομία μπορεί να παρουσιάσει σημαντική ενίσχυση μέσα από τα Αιολικά Πάρκα, μέσα από τους εξής παράγοντες:

Αρχικά μέσω της αύξησης της ανταγωνιστικότητας: Τα αιολικά πάρκα παράγουν 3-4 φορές πιο φθινό ηλεκτρισμό από τα ορυκτά καύσιμα. Εκτός από χαμηλό, το συνολικό κόστος του ρεύματος από τα αιολικά πάρκα παραμένει σταθερό σε όλες τις δεκαετίες της ζωής τους. Αυτό συμβαίνει διότι εξαρτάται μόνο από το αρχικό κόστος κατασκευής τους που έχει καταβληθεί εξαρχής και δεν επηρεάζεται από τις διεθνείς διακυμάνσεις των τιμών των καυσίμων, αφού ο άνεμος είναι δωρεάν. Το χαμηλό και σταθερό κόστος ενισχύει την ανταγωνιστικότητα της οικονομίας.

Στην συνέχεια ένας μεγάλος παράγοντας είναι ο γεωπολιτικός. Γεωπολιτική ενδυνάμωση Βασικός στόχος της στρατηγικής της Ευρώπης είναι η ενεργειακή της ανεξαρτησία και η διαφοροποίηση των ενεργειακών της πηγών. Με βάση τα τελευταία στοιχεία της EUROSTAT, η Ευρώπη εισάγει το 54% της ενέργειας που καταναλώνει. Η βασική χώρα εισαγωγής είναι η Ρωσία. Η Ευρώπη εισάγει από τη Ρωσία το 37% του εισαγόμενου φυσικού αερίου (11% από την Αλγερία), το 29% του εισαγόμενου πετρελαίου και το 29% των εισαγόμενων στερεών καυσίμων. Άλλες χώρες εισαγωγής είναι η Νιγηρία, η Σαουδική Αραβία, το Ιράκ και το Καζακστάν. Πιο ασφαλής χώρα εισαγωγής θεωρείται

προφανώς η Νορβηγία από όπου η ΕΕ εισάγει πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Στην Ελλάδα, η μαζική ανάπτυξη των Α.Π.Ε., περιλαμβανομένης ειδικότερα της ανάπτυξης του αιολικού δυναμικού του Αιγαίου, νησιωτικού και θαλάσσιου, είναι κρίσιμη πολιτική για την ενεργειακή ασφάλεια της χώρας και κυρίως για τη δυναμική συμβολή της στην ενεργειακή ασφάλεια της Ευρώπης. Η διάσταση αυτή, ήτοι της συμβολής της χώρας μας στην Ευρωπαϊκή ενεργειακή ανεξαρτησία, πρέπει να είναι κυρίαρχη στον Εθνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό διότι συνδέεται με την εξωτερική πολιτική και τα διαρκή εθνικά συμφέροντα. Η πρόταξη ενός σχεδίου που θα καθιστά το αιολικό δυναμικό του Αιγαίου μια ακόμα πηγή ενέργειας της Ευρώπης επιτρέπει στη χώρα τόσο να ενισχύσει τα συμφέροντα της Ευρώπης στο χώρο του Αιγαίου με προφανή εθνικά και γεωπολιτικά οφέλη, όσο να τοποθετηθεί στρατηγικά στη γενικότερη συζήτηση για την ενέργεια στη νοτιοανατολική Ευρώπη και τη νοτιοανατολική Μεσόγειο, συνεισφέροντας απτά οφέλη στην Ευρωπαϊκή πολιτική. Τέλος, την καθιστά σε θέση να διεκδικήσει Ευρωπαϊκή χρηματοδότηση για την ανάπτυξη των αναγκαίων υποδομών δικτύων για λογαριασμό της αλλά και για λογαριασμό των υπολοίπων Βαλκανίων ενισχύοντας το ρόλο της στην ευρύτερη περιοχή.

Μέσω επενδύσεων: Την τελευταία πενταετία, η Αιολική Ενέργεια προσέλκυσε επενδύσεις που άγγιξαν τα 2,5 δις. Ευρώ. Όλες αυτές οι επενδύσεις πραγματοποιήθηκαν στην περιφέρεια. Η εγχώρια προστιθέμενη αξία τους μπορεί να φθάσει το 35% του κόστους κατασκευής ενός αιολικού πάρκου και κάθε έτος αγγίζει κατά μέσο όρο το 80% των λειτουργικών εξόδων του. Επιπλέον, βοηθά στην ανάπτυξη άλλων τομέων της οικονομίας όπως τσιμεντοβιομηχανία, μεταφορές, κατασκευές, καλώδια, λιμάνια. Για τα θαλάσσια αιολικά πάρκα, το ποσοστό εγχώριας προστιθέμενης αξίας θα φθάσει το 70%. Παράλληλα, οι επενδύσεις στην ενέργεια είναι εξαιρετικά μακροπρόθεσμες, έχουν μεγάλο χρόνο ανάπτυξης και πολύ μεγάλο χρόνο ζωής. Η περιορισμένη συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο με μικρή μάλιστα τη συμμετοχή της αιολικής ενέργειας, καθιστά προφανείς τις σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες σύστασης αιολικών εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, σε μια αγορά με σημαντικό αριθμό αναξιοποίητων. Η αιολική ενέργεια ενισχύει τον τουρισμό, καθώς αντικαθιστά τις ρυπογόνες μορφές ενέργειας και διαφυλάσσει το φυσικό περιβάλλον, ανθίζει τελευταία ο “περιβαλλοντικός τουρισμός”, καθώς η ανάπτυξη των αιολικών πάρκων ελκύει πολλούς επισκέπτες. Η υψηλή σεισμικότητα της χώρας μας εγκυμονεί κινδύνους για τις θερμοηλεκτρικές και κυρίως τις πυρηνικές εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται προβληματική στο άμεσο μέλλον η κατασκευή πυρηνικών

μονάδων στη χώρα μας. Προφανώς με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα είναι δυνατή η δημιουργία υψηλής ασφάλειας συμβατικών μονάδων, με δυσανάλογη, όμως αύξηση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας. Η δυνατότητα αξιοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων, που χρηματοδοτούνται εν μέρει από ελληνικούς και κοινοτικούς φορείς, δεδομένων των υψηλών επιχορηγήσεων και του συγκριτικά χαμηλού κόστους που συνοδεύουν παρόμοιες επενδύσεις σε τομείς αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον είναι δυνατή στην περίπτωση ίδρυσης αιολικών πάρκων η σταδιακή εγκατάσταση των μηχανών, με διαχρονική κατανομή του κόστους επένδυσης σύμφωνα με το σχεδιασμό του επενδυτή. Οι αποφάσεις που λαμβάνουμε σήμερα δεσμεύουν την οικονομία για τις επόμενες δεκαετίες. Αυτό ορίζει και το παράθυρο χρόνου που πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη κατά τη αξιολόγηση των διαφόρων επιλογών. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι πλέον αναμφισβήτητο ότι οι Α.Π.Ε. και ειδικά η αιολική ενέργεια είναι ο φθηνότερος τρόπος ηλεκτροπαραγωγής που μπορούμε να επιλέξουμε σήμερα. Είναι επίσης σημαντικό ότι κάθε χρόνο οι Α.Π.Ε. αποσοβούν την εισαγωγή καυσίμων, εξοικονομώντας σημαντικά ποσά. Συμβάλουν επίσης στη σταθερότητα των τιμών ενέργειας αφού δεν υπόκεινται στις διακυμάνσεις των διεθνών τιμών καυσίμων [17].

Μέσω δημιουργίας θέσεων εργασίας: Η Αιολική Ενέργεια δημιουργεί περισσότερες μόνιμες θέσεις εργασίας ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος από κάθε άλλο νέο συμβατικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής. Κάθε MW αιολικής ενέργειας δημιουργεί και διατηρεί 1,6 θέσεις εργασίας.

Με μείωση των λογαριασμών ρεύματος: Αντίθετα από ό,τι πιστεύεται, τα αιολικά πάρκα μειώνουν το συνολικό ποσό που πληρώνουν οι καταναλωτές για το ρεύμα. Για παράδειγμα, με στοιχεία του 2017, αν δεν υπήρχαν τα αιολικά πάρκα οι καταναλωτές ρεύματος θα πλήρωναν τη χρονιά αυτή πάνω από 53 εκατ. ευρώ περισσότερο. Σήμερα, το όφελος είναι ακόμα μεγαλύτερο διότι η ενέργεια από νέα αιολικά πάρκα είναι ακόμα φθηνότερη. Και αυτό χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας των νέων ανεμογεννητριών, των σύγχρονων μοντέλων πρόβλεψης της ηλεκτροπαραγωγής αλλά και του ανταγωνισμού.

Στην σημερινή οικονομία, η αιολική ενέργεια και γενικά οι Α.Π.Ε. είναι η φθηνότερη επιλογή για νέους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Το 2020 μάλιστα παρατηρήθηκε στην Ελλάδα ρεκόρ διείσδυσης της αιολικής ενέργειας από χερσαία αιολικά πάρκα. Τις ώρες που υπήρχε μεγάλη αιολική παραγωγή η τιμή ρεύματος στην αγορά ήταν πάρα πολύ μικρή. Έτσι, η μεγάλη αύξηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο

οδηγεί σε μείωση του συνολικού κόστους, προς όφελος του καταναλωτή. Οι αποφάσεις που λαμβάνουμε σήμερα δεσμεύουν την οικονομία για τις επόμενες δεκαετίες. Αυτό ορίζει και το παράθυρο χρόνου που πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη κατά τη αξιολόγηση των διαφόρων επιλογών. Σε αυτό το πλαίσιο, είναι πλέον αναμφισβήτητο ότι οι Α.Π.Ε. και ειδικά η αιολική ενέργεια είναι ο φθηνότερος τρόπος ηλεκτροπαραγωγής που μπορούμε να επιλέξουμε σήμερα. Η μαζική αξιοποίηση της Αιολικής Ενέργειας σε συνδυασμό με τις άλλες Α.Π.Ε θέτει τη χώρα μας ισότιμο σύμμαχο κατά την διεθνή μάχη ενάντια στην κλιματική αλλαγή, τον μεγαλύτερο κίνδυνο για τον Άνθρωπο, τη Φύση και τον Πλανήτη, με στόχο πάντα την ενεργειακή ανεξαρτησία. Η Ελλάδα πρέπει να στρέψει την προσοχή της στον 100% βεβαιωμένο ενεργειακό πόρο της, που είναι το αιολικό δυναμικό του Αιγαίου, θαλάσσιο και νησιωτικό Για όλους αυτούς τους λόγους, και για πολλούς ακόμα, η μαζική ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι εθνικό και αναπτυξιακό στοίχημα [40].

2.4 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

2.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Η ανεμογεννήτρια είναι μια συσκευή που μετατρέπει την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ανεμογεννήτριες αποτελούν μια όλο και πιο σημαντική πηγή διαλείπουσας ανανεώσιμης ενέργειας και χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες για τη μείωση του ενεργειακού κόστους και τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Ανάλογα με το μέγεθος χωρίζονται σε μικρότερες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για εφαρμογές όπως η φόρτιση μπαταριών για βοηθητική ενέργεια για σκάφη ή τροχόσπιτα και για την τροφοδοσία προειδοποιητικών πινακίδων κυκλοφορίας, ενώ οι μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες μπορούν να συμβάλλουν στην οικιακή παροχή ενέργειας, ενώ πωλούν αχρησιμοποίητη ενέργεια πίσω στον προμηθευτή κοινής ωφέλειας μέσω του ηλεκτρικού δικτύου. Η αρχή λειτουργίας των ανεμογεννητριών είναι απλή. Ο άνεμος περιστρέφει τον ρότορα (δρομέα) που, με τη σειρά του, περιστρέφει τον κύριο άξονα ο οποίος είναι συνδεδεμένος στην πλήμνη του ρότορα. Μέσω του κιβωτίου ταχυτήτων, η κίνηση του άξονα του ρότορα μεταδίδεται στη γεννήτρια η οποία παράγει ηλεκτρισμό. Οι ανεμογεννήτριες κατασκευάζονται σε ευρύ φάσμα μεγεθών, με οριζόντιο ή κάθετο άξονα. Η σύγχρονη τεχνολογία αιολικής ενέργειας έχει πλεονεκτήματα στην ανάπτυξη των υλικών, της μηχανικής, των ηλεκτρονικών και της αεροδυναμικής.

Οι ανεμογεννήτριες συνήθως βρίσκονται σε αιολικά πάρκα και παράγουν συναθροισμένη ηλεκτρική ενέργεια. Μια διάταξη ανεμογεννητριών ονομάζεται αιολικό πάρκο. Σε μια περιοχή που επικρατούν δυνατοί άνεμοι, είναι υπό προϋποθέσεις κατάλληλη για τοποθέτηση ανεμογεννητριών. Καθώς τα πτερύγια στρέφονται με τον άνεμο, δίνουν κίνηση στη γεννήτρια που παράγει ηλεκτρισμό. Ηλεκτρισμός από αυτές τις ανεμογεννήτριες μοιράζεται στο τοπικό δίκτυο και διανέμεται στους καταναλωτές όπως και στα συμβατικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, η αιολική βιομηχανία έχει πρόσφατα τεράστια ανάπτυξη. Η βελτιστοποίηση των ανεμογεννητριών για συγκεκριμένες τοποθεσίες με μεταβάλλοντας τη διάμετρο του ρότορα, το ύψος της πλήμνης και την ισχύ της γεννήτριας μπορούν να καταστήσουν τις ανεμογεννήτριες ακόμη πιο οικονομικά πιο ανταγωνιστικές. Τα χαρακτηριστικά των αιολικών πόρων διαφέρουν από τοποθεσία σε τοποθεσία. Ως εκ τούτου, μια ανεμογεννήτρια σχεδιασμός πρέπει να βελτιστοποιηθεί για την τοποθεσία στην οποία θα τοποθετηθεί. Επιπλέον, η ανεμογεννήτρια είναι μια συσκευή που αντλεί ενέργεια από τον άνεμο, έτσι ώστε η

ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια και χρησιμοποιείται άμεσα. Οι ανεμογεννήτριες συλλαμβάνουν την ενέργεια του ανέμου με τα πτερύγιά τους που μοιάζουν με έλικες και λειτουργούν όπως τα φτερά των αεροπλάνων, περιστρέφονται στον άνεμο και τροφοδοτούν μια ηλεκτρική γεννήτρια η οποία παράγει ηλεκτρικό ρεύμα.

Όταν φυσάει ο άνεμος, σχηματίζεται ένας θύλακας αέρα χαμηλής πίεσης στη μία πλευρά του πτερυγίου. Ο θύλακας αέρα χαμηλής πίεσης τραβάει στη συνέχεια το πτερύγιο προς το μέρος του, προκαλώντας τη στροφή του ρότορα. Αυτό ονομάζεται άνωση. Η δύναμη της άνωσης είναι πολύ ισχυρότερη από τη δύναμη του ανέμου κατά της μπροστινής πλευράς του πτερυγίου, η οποία ονομάζεται αντίσταση. Ο συνδυασμός της άνωσης και της αντίστασης προκαλεί την περιστροφή του ρότορα σαν έλικα.. Μια σειρά από γρανάζια αυξάνουν την περιστροφή του ρότορα από περίπου 18 στροφές το λεπτό σε περίπου 1.800 στροφές το λεπτό - μια ταχύτητα που επιτρέπει στη γεννήτρια της ανεμογεννήτριας να παράγει ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος. Ένα βελτιωμένο περίβλημα που ονομάζεται ατρακτίδιο στεγάζει τα βασικά εξαρτήματα της τουρμπίνας -- συνήθως συμπεριλαμβανομένων των γραναζιών, του ρότορα και της γεννήτριας -- βρίσκονται μέσα σε ένα περίβλημα που ονομάζεται ατρακτίδιο. Τοποθετημένες στην κορυφή του πύργου της τουρμπίνας, ορισμένες ατράκτους είναι αρκετά μεγάλες ώστε να μπορεί να προσγειωθεί ένα ελικόπτερο. Ένα άλλο βασικό εξάρτημα είναι ο ελεγκτής της τουρμπίνας, ο οποίος εμποδίζει τις ταχύτητες του ρότορα να υπερβαίνουν τα 55 μίλια/ώρα, ώστε να αποφεύγονται ζημιές από ισχυρούς ανέμους. Ένα ανεμόμετρο μετρά συνεχώς την ταχύτητα του ανέμου και μεταδίδει τα δεδομένα στον ελεγκτή. Ένα φρένο, το οποίο επίσης στεγάζεται στην άτρακτο, σταματά το ρότορα μηχανικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης [3].

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή και τη συμπλήρωση των ενεργειακών αναγκών. Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες. Η

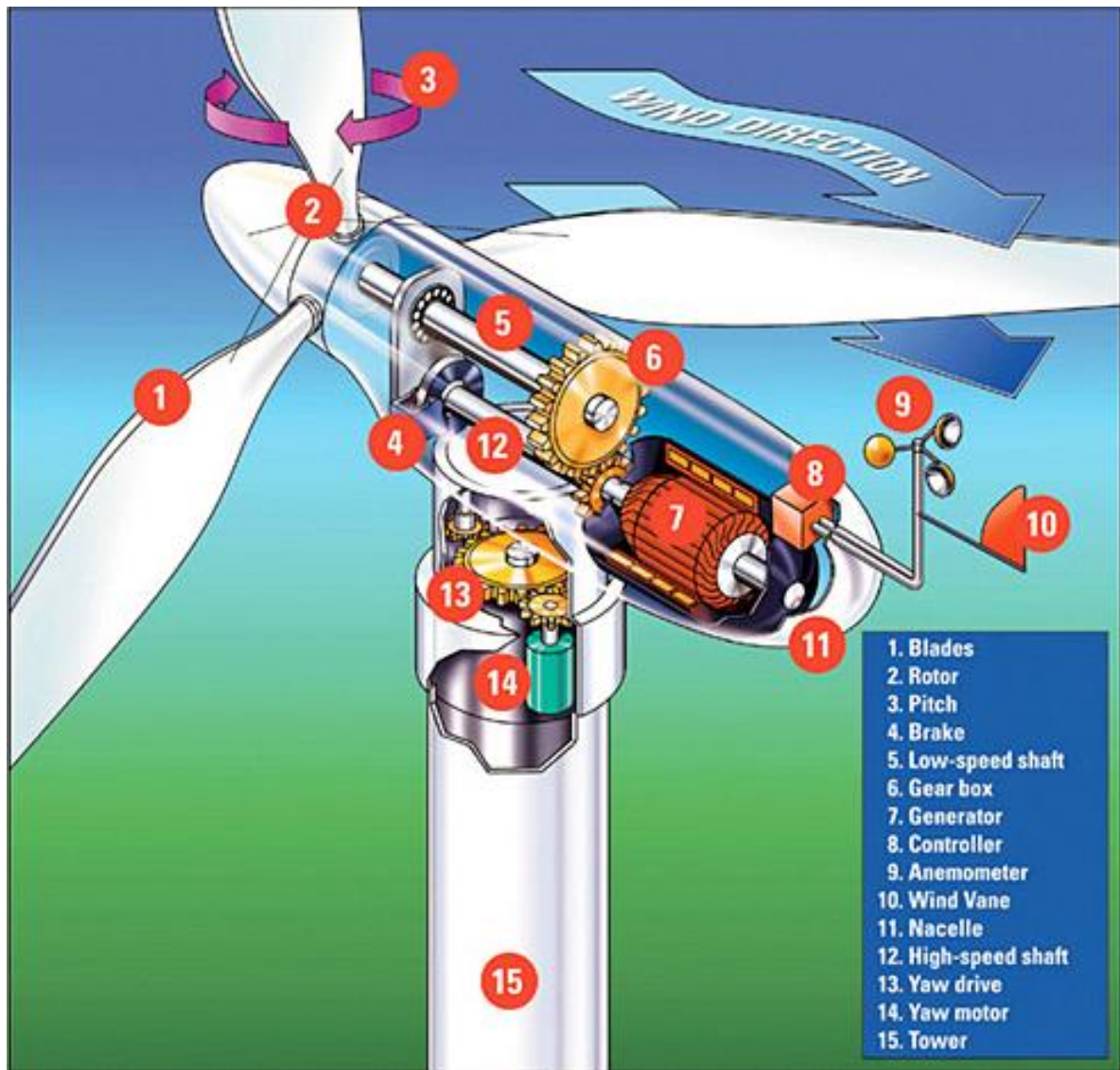
άντληση ύδατος με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ανεμογεννήτριες και η ταμίευσή του σε τεχνητές λίμνες κατασκευασμένες σε υψόμετρο το οποίο είναι ικανό να τροφοδοτήσει υδροηλεκτρικό σταθμό, είναι η μέθοδος αποθήκευσης που χρησιμοποιείται όταν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη [41].

2.4.2 ΜΕΡΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Μια ανεμογεννήτρια αποτελείται συνήθως από τα παρακάτω μέρη :

- **Ανεμόμετρο (Anemometer):** μετράει την ταχύτητα του ανέμου και μεταβιβάζει τα ανεμολογικά δεδομένα σε έναν ελεγκτή.
- **Πτερύγια (Blades):** οι περισσότερες ανεμογεννήτριες έχουν δύο ή τρία πτερύγια. Ο άνεμος πάνω στα πτερύγια δημιουργεί άνωση (lift) που έχει σαν αποτέλεσμα μια ροπή γύρω από τον άξονα περιστροφής και αναγκάζει τα πτερύγια να περιστρέφονται.
- **Φρένο (Brake):** ένα δισκόφρενο το οποίο μπορεί να λειτουργεί μηχανικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά για να σταματήσει τον κινητήρα σε περίπτωση ανάγκης.
- **Ελεγκτής (Controller):** ο ελεγκτής ξεκινά τη μηχανή σε ταχύτητες ανέμου περίπου 8-16 μίλια την ώρα και κλείνει τη μηχανή περίπου στα 65 μίλια την ώρα. Οι ανεμογεννήτριες δε μπορούν να δουλεύουν σε ταχύτητες ανέμου πάνω απ' τα 65 μίλια την ώρα γιατί οι γεννήτριές τους μπορούν να υπερθερμανθούν ή/και τα πτερύγιά τους να σπάσουν.
- **Κιβώτιο ταχυτήτων (Gear box):** οι ταχύτητες συνδέουν τον άξονα χαμηλής ταχύτητας με τον άξονα υψηλής ταχύτητας και αυξάνει την ταχύτητα περιστροφής από τις 30 με 60 στροφές ανά λεπτό στις 1200 με 1500 στροφές ανά λεπτό. Η ταχύτητα περιστροφής απαιτείται από τις περισσότερες γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Το κιβώτιο ταχυτήτων είναι ένα ακριβό (και βαρύ) μέρος μιας ανεμογεννήτριας και οι μηχανικοί μελετούν γεννήτριες οι οποίες θα λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες περιστροφής και δε θα απαιτούνται κιβώτια ταχυτήτων.
- **Γεννήτρια (Generator):** συνήθως παράγει εναλλασσόμενο ρεύμα 60 κύκλων.
- **Άξονας υψηλής ταχύτητας (High-speed Shaft):** οδηγεί τη γεννήτρια.
- **Άξονας χαμηλής ταχύτητας (Low-speed Shaft):** ο ρότορας κινεί τον άξονα χαμηλής ταχύτητας περίπου στις 30 με 60 στροφές ανά λεπτό.

- Κέλυφος (Nacelle): ο ρότορας συνδέεται με το κέλυφος, το οποίο βρίσκεται πάνω απ' τον πύργο και περιλαμβάνει το κιβώτιο ταχυτήτων, τους άξονες υψηλής και χαμηλής ταχύτητας, τη γεννήτρια, τον ελεγκτή και το φρένο. Ένα κάλυμμα προστατεύει τα μέρη εντός του κελύφους. Μερικά κελύφη είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μπορεί ένας τεχνικός να κάθεται όρθιος μέσα σε αυτό ενώ δουλεύει.
- Κλίση (Pitch): τα πτερύγια έχουν τη δυνατότητα να γύρω από τον διαμήκη άξονά τους, ώστε να μειώνουν τα αεροδυναμικά φορτία (lift) πάνω στην πτερύγωση στις μεγάλες ταχύτητες του ανέμου και να τα μειώνουν στις μικρές ταχύτητες.
- Ρότορας (Rotor): τα πτερύγια και το κεντρικό σημείο ονομάζονται ρότορας.
- Πύργος (Tower): οι πύργοι είναι κατασκευασμένοι από χαλύβδινο κέλυφος ή χωροδικτύωμα. Επειδή η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται με το ύψος, οι υψηλοί πύργοι περιέχουν γεννήτριες που συλλέγουν περισσότερη ενέργεια και παράγουν περισσότερο ηλεκτρισμό.
- Ανεμοδείκτης (Wind vane): υπολογίζει την διεύθυνση και επικοινωνεί με τον οδηγό εκτροπής ώστε να προσανατολίζεται στον άνεμο.
- Οδηγός εκτροπής (Yaw drive): φέρνει τις ανεμογεννήτριες προς τον άνεμο. Χρησιμοποιείται για να αφήνει το ρότορα να βρίσκεται προς τον άνεμο καθώς αυτός μεταβάλλεται. Οι ανεμογεννήτριες που λειτουργούν υπήνεμα δεν απαιτούν οδηγό εκτροπής. Ο άνεμος μόνος φέρνει υπήνεμα το ρότορα.
- Κινητήρας εκτροπής (Yaw motor): δίνει ενέργεια στον οδηγό εκτροπής.



ΣΧΗΜΑ 9. Μέρη ανεμογεννήτριας

(ΠΗΓΗ: Renewable Energy)

2.4.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Η πλειονότητα των ανεμογεννητριών αποτελείται από τρία πτερύγια τοποθετημένα σε έναν πύργο από σωληνωτό χάλυβα. Υπάρχουν λιγότερο συνηθισμένες ποικιλίες με δύο πτερύγια ή με πύργους από σκυρόδεμα ή χάλυβα. Σε ύψος 100 ποδίων ή περισσότερο από το έδαφος, ο πύργος επιτρέπει στην ανεμογεννήτρια να εκμεταλλεύεται τις υψηλότερες ταχύτητες του ανέμου που επικρατούν σε μεγαλύτερα υψόμετρα . Υπάρχουν σε γενικές γραμμές τρεις τρόποι ταξινόμησης των ανεμογεννητριών: i) με βάση τον προσανατολισμό του άξονα περιστροφής (κατακόρυφος ή οριζόντιος), ii) με βάση τη συνιστώσα των αεροδυναμικών δυνάμεων (άνωση ή αντίσταση) που τροφοδοτεί την ανεμογεννήτρια και iii) με βάση την ικανότητα παραγωγής ενέργειας (πολύ μικρή, μικρή, μεσαία ή μεγάλη). Το μεγαλύτερο μέρος των ανεμογεννητριών έχει οριζόντιο άξονα: μια κατασκευή τύπου έλικας με πτερύγια που περιστρέφονται γύρω από έναν οριζόντιο άξονα. Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα είναι είτε ανεμογεννήτριες (ο άνεμος χτυπά τα πτερύγια πριν από τον πύργο) είτε ανεμογεννήτριες (ο άνεμος χτυπά τον πύργο πριν από τα πτερύγια). Οι ανεμογεννήτριες περιλαμβάνουν επίσης έναν κινητήρα και ένα μοτέρ περιστροφής - εξαρτήματα που περιστρέφουν την άτρακτο για να διατηρούν τον ρότορα στραμμένο προς τον άνεμο όταν αλλάζει η κατεύθυνσή του. Αν και υπάρχουν αρκετοί κατασκευαστές ανεμογεννητριών κάθετου άξονα, δεν έχουν διεισδύσει στην αγορά κλίμακας κοινής ωφέλειας (ισχύος 100 kW και άνω) στον ίδιο βαθμό με τις ανεμογεννήτριες οριζόντιας πρόσβασης. Οι ανεμογεννήτριες κάθετου άξονα διακρίνονται σε δύο βασικά σχέδια: Οι ανεμογεννήτριες με βάση την έλξη ή Savonius έχουν γενικά ρότορες με στερεά πτερύγια που περιστρέφονται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα. Οι ανεμογεννήτριες με βάση την άνωση, ή Darrieus, έχουν ένα ψηλό, κατακόρυφο στύλο πτερυγίων. Η Windspire είναι ένας τύπος ανεμογεννήτριας με βάση την ανύψωση που υποβάλλεται σε ανεξάρτητες δοκιμές στο Εθνικό Κέντρο Αιολικής Τεχνολογίας του Εθνικού Εργαστηρίου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας [3].



ΣΧΗΜΑ 10. Horizontal axis wind turbine

(ΠΗΓΗ: SCIENCEDIRECT)



ΣΧΗΜΑ 11. Vertical axis wind turbine

(ΠΗΓΗ: ANTHROPOCENE MAGAZINE)

Ο πιο διαδεδομένος τύπος ανεμογεννήτριας είναι αυτός με οριζόντια άξονα περιστροφής. Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου 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 οριζόντιου άξονα μπορούν να έχουν ένα, δύο, τρία ή ακόμα και πενήντα πτερύγια, ενώ η πτερωτή τους μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε προσήνεμή διάταξη (up wind), δηλαδή μπροστά από τον πύργο στήριξης, είτε σε υπήνεμή διάταξη (down wind), δηλαδή πίσω από τον πύργο στήριξης σε σχέση με την διεύθυνση του ανέμου. Ανάμεσα στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα συγκαταλέγονται οι κλασικοί παραδοσιακοί ανεμόμυλοι καθώς και οι αργές μηχανές πολλών πτερυγίων “αμερικανικού τύπου”, οι οποίες λόγω των περιορισμένων διαστάσεών τους και της χαμηλής περιφερειακής τους ταχύτητας έχουν εγκαταλειφθεί σήμερα, αν και εμφανίζουν σχετικά μεγάλες ροπές λειτουργίας. Στο παρελθόν κατασκευάστηκαν σε βιομηχανική κλίμακα αντίστοιχες μηχανές και βρήκαν ευρεία εφαρμογή για την άντληση νερού και άλλες γεωργικές χρήσεις. Από την άλλη πλευρά στην κατηγορία των αιολικών μηχανών οριζόντιου άξονα περιλαμβάνονται και οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται κατά

κύριο λόγο σήμερα (περίπου το 90% του συνόλου των εγκατεστημένων παγκοσμίως μμηχανών), και οι οποίες ονομάζονται ανεμογεννήτριες τύπου “έλικας”. Οι μηχανές αυτές εμφανίζουν σημαντικές περιφερειακές ταχύτητες, ενώ τα πτερύγια 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 γωνιακής ταχύτητας. Οι πρώτοι δρομείς που κατασκευάστηκαν είχαν πλατιά πτερύγια, ενώ σήμερα κατασκευάζονται μηχανές με αρκετά λεπτά πτερύγια. Στις ανεμογεννήτριες 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 [3].



ΣΧΗΜΑ 12. Διαφορετικοί τύποι ανεμογεννητριών

(ΠΗΓΗ: REDDIT)

Η αιολική ισχύς από την πτερωτή μεταφέρεται είτε μέσω συστήματος μετάδοσης κίνησης (οδοντωτοί τροχοί) στη βάση του πύργου στήριξης, είτε από τον άξονα της πτερυγωτής στην ηλεκτρική γεννήτρια, που βρίσκεται συνήθως και αυτή στον πύργο στήριξης. Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου 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 συγκεκριμένες ανεμογεννήτριες παρουσιάζουν προβλήματα όσον αφορά τη συλλογή της παραγόμενης ενέργειας.

2.4.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Κατά την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας οι παράμετροι σχεδιασμού που μεταβάλλονται περιλαμβάνουν τη διάμετρο του ρότορα, το ύψος της πλήμνης και τη γεννήτρια χωρητικότητα της γεννήτριας. Η αύξηση οποιασδήποτε από αυτές τις παραμέτρους θα αυξήσει την παραγωγή ισχύος. Ωστόσο, η αύξηση οποιασδήποτε από αυτές τις παραμέτρους θα αυξήσει το κόστος κεφαλαίου. Ο τυπικός οικονομικός δείκτης αξίας που χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση των ανεμογεννητριών είναι η ελαχιστοποίηση του ισοσταθμισμένου κόστους ενέργειας (COE). Ειδικός ονομαστική ισχύς του δρομέα ορίζεται ως η ισχύς της γεννήτριας επί της επιφάνειας σάρωσης του δρομέα. Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αυξομειώνεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρα και από εποχή σε εποχή. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει αντίστοιχη διακύμανση στην οικονομική αξίας της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ανεμογεννήτριες ορίζονται ως μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της πτερωτής έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της πτερωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε την μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική.

Η αιολική ενέργεια είναι μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Η εκμετάλλευση του υψηλού της δυναμικού στη χώρα μας, σε συνδυασμό με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας που ενσωματώνεται στις σύγχρονες αποδοτικές ανεμογεννήτριες, έχει τεράστια σημασία για τη βιώσιμη ανάπτυξη, την εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Όλες οι

ανεμογεννήτριες, χωρίς να παίζει ρόλο το μέγεθος, αποτελούνται από μερικά βασικά χαρακτηριστικά: το ρότορα, τη γεννήτρια, ένα σύστημα ελέγχου ταχύτητας και τον πύργο. Μερικές μηχανές έχουν συστήματα προστασίας, έτσι ώστε αν ένα μέρος χαλάσει το σύστημα προστασίας σταματάει τα πτερύγια ή βάζει τα φρένα. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται μερικές δεκάδες ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα «αιολικό πάρκο». Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείτε ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο.

Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις. Για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών σε μια περιοχή χρειάζεται πρώτα να γίνει μελέτη με στόχο τη συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων για τον προσδιορισμό δυνατοτήτων παραγωγής ενέργειας. Αρχικά γίνεται χρήση μετεωρολογικών δεδομένων από αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς ενώ μέσω ειδικών εργαλείων κατασκευάζονται καμπύλες και διαγράμματα που βοηθάνε στη κατανόηση των χαρακτηριστικών του ανέμου. Στη συνέχεια κατασκευάζεται ο χάρτης αιολικής ενέργειας με τη χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών απεικονίζοντας τις ταχύτητες του ανέμου σε κάποιο ύψος πάνω από το επίπεδο του εδάφους, αυτή ακριβώς η διαδικασία πραγματοποιήθηκε στην περίπτωση της νήσου Λέσβου κατασκευάζοντας ένα μικρό αιολικό πάρκο με πέντε ανεμογεννήτριες συνολικής ισχύος 3MW [3].

Λαμβάνοντας υπόψη τα προηγούμενα, ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός πλήρους συστήματος εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας περιλαμβάνει : Για αρχή μία διεξοδική μελέτη των χαρακτηριστικών του ανέμου με σκοπό την εκλογή της βέλτιστης τοποθεσίας για την εγκατάσταση του ανεμοκινητήρα και την πρόβλεψη της παραγωγής ενέργειας. Στην συνέχεια ένας ενδελεχής 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 άλλη πιο συμφέρουσα μορφή ενέργειας και βέλτιστο σχεδιασμό του συστήματος μετατροπής του μηχανικού έργου του δρομέα αλλά και κάποια μελέτη του

βέλτιστου τρόπου μεταφοράς ενέργειας, αν απαιτείται. Επιπλέον Εύρεση μιας λύσης όσον αφορά τον καλύτερο τρόπο αντιμετώπισης των διακυμάνσεων της ενέργειας του ανέμου. Τέλος , διερεύνηση της καλύτερης προσαρμογής της μεταβαλλόμενης παραγωγής ενέργειας του συστήματος προς την κατανάλωση.

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι τομείς εφαρμογής των ανεμογεννητριών και γενικότερα της αιολικής ενέργειας, αποκτούν μέρα με τη μέρα όλο και περισσότερη σημασία, εξαιτίας της αυξανόμενης ζήτησης για ενίσχυση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω παραγόντων όπως η κλιματική αλλαγή, η εξάντληση των πόρων καυσίμου και η ενεργειακή ασφάλεια. Η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας κατέχει ένα ρόλο “κλειδί” σε αυτή τη στροφή προς την “πράσινη” παραγωγή ενέργειας και είναι επί του παρόντος ο ταχύτερα αναπτυσσόμενος τομέας. Για αυτόν το λόγο, μία αξιοσημείωτη ποσότητα πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας, θα παραχθεί μελλοντικά από χερσαία και υπεράκτια αιολικά ενεργειακά πεδία .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΥΠΕΡΠΑΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα (offshore wind farms) αποτελούν στην σημερινή εποχή μια νέα σχετικά παγκόσμια προσπάθεια αύξησης της παραγωγής ενέργειας από την εκμετάλλευση του ανέμου, ενθαρρύνοντας την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η μέχρι τώρα πρακτική εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο ήταν η δημιουργία αιολικών πάρκων (δηλαδή η εγκατάσταση πολλών ανεμογεννητριών σε μία περιοχή) σε διάφορες περιοχές στη ξηρά, τα λεγόμενα χερσαία αιολικά πάρκα. Με την νέα αυτή πρακτική των υπεράκτιων αιολικών πάρκων εγκαθίστανται ανεμογεννήτριες σε θαλάσσιες περιοχές αυξάνοντας έτσι κατά πολύ τις κατάλληλες περιοχές δημιουργίας αιολικών πάρκων. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται και η δυνατότητα παραγωγής ενέργειας «φιλικής» προς το περιβάλλον από χώρες μικρές όπως η Ελλάδα όπου οι κατάλληλες περιοχές στη ξηρά για δημιουργία αιολικών πάρκων είναι περιορισμένες ενώ από την άλλη πλευρά διαθέτει ατελείωτες θαλάσσιες περιοχές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό, καθώς και μια πλούσια ακτογραμμή λόγω των νησιών της.

Επίσης, έχει βρεθεί ότι η ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας είναι συνήθως μεγαλύτερη από αυτή στην ξηρά γεγονός που κάνει αποδοτικότερη τη λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας, άρα και μεγαλύτερη και πιο συνεπής παραγωγή ενέργειας. Παρουσιάζει πολύ λιγότερη μεταβλητότητα από ότι η αιολική ενέργεια στην ξηρά ενώ και το διαθέσιμο δυναμικό είναι υψηλότερο. Οι σχετικές τεχνολογίες είναι ώριμες και το ελληνικό θαλάσσιο περιβάλλον είναι σχεδόν ιδανικό για τέτοιου είδους εκμετάλλευση.

Επιπλέον, οι κατάλληλες θέσεις για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων στην ξηρά είναι ήδη κατειλημμένες. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια είναι η καθαρή και ανανεώσιμη ενέργεια που λαμβάνεται με την εκμετάλλευση της δύναμης του ανέμου που παράγεται στην ανοικτή θάλασσα, όπου φθάνει σε υψηλότερη και σταθερότερη ταχύτητα από ό,τι στην ξηρά λόγω της απουσίας εμποδίων. Προκειμένου να αξιοποιηθεί στο έπακρο αυτός ο πόρος, εγκαθίστανται τεράστιες και στιβαρές που εδράζονται στον πυθμένα της θάλασσας και είναι εξοπλισμένες με τις τελευταίες τεχνικές καινοτομίες. Επειδή πρόκειται για ένα είδος ανανεώσιμης ενέργειας, υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα, καθώς είναι ανεξάντλητη λόγω ότι εξαρτάται από τον άνεμο όπου είναι ένας ανεξάντλητος πόρος αλλά και δεν είναι ρυπογόνος. Είναι μια πηγή ενέργειας που παράγει χαμηλές εκπομπές αερίων του

θερμοκηπίου (GHG), οι οποίες είναι οι κύριοι υπεύθυνοι για την υπερθέρμανση του πλανήτη.



ΣΧΗΜΑ 13. Offshore wind turbine
(ΠΗΓΗ BAM NEWS)

3.1.1 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΗ

Με την εστίαση της Ευρώπης στη σταθεροποίηση της ενεργειακής ασφάλειας και την επιτάχυνση της ανεξαρτησίας, όλα τα βλέμματα είναι στραμμένα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για να σώσουν την κατάσταση. Οι σταθερές και πλωτές παράκτιες αιολικές τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να γίνουν ο ήρωας της Ευρώπης, αλλά ποιο είναι το κλειδί για να ξεκλειδώσουν τις τεράστιες δυνατότητες αυτού του κλάδου. Οι ευρωπαϊκές κυβερνήσεις έχουν θέσει τον στόχο-μαμούθ των 450GW υπεράκτιας αιολικής ενέργειας έως το 2050, οπότε απαιτείται μια μνημειώδης προσπάθεια για την απελευθέρωση νέων ευκαιριών ανάπτυξης, την καινοτομία και την υιοθέτηση τεχνολογιών και τη δημιουργία στρατηγικών για τη δημιουργία μιας αλυσίδας εφοδιασμού ικανής να ενισχύσει το επερχόμενο κύμα έργων. Η ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας άρχισε να γίνεται εκπληκτικά γρήγορα, ειδικά στα ύδατα της Βόρειας Ευρώπης. Το Reuters Events Offshore & Floating Wind Europe 2022 θα συγκεντρώσει ενδιαφερόμενους από όλες τις γωνιές της ευρωπαϊκής βιομηχανίας για να σπάσουν τα εμπόδια και να χαράξουν στρατηγικές λύσεις για την επιτυχή καινοτομία, εμπορική αξιοποίηση και εφαρμογή της πλωτής αιολικής ενέργειας και την ενίσχυση, προώθηση και διάδοση της αιολικής ενέργειας σταθερού πυθμένα [48].

Στο σενάριο ρεαλιστικών προσδοκιών μας η Ευρώπη θα εγκαταστήσει 116 GW νέας αιολικής ισχύος κατά τη διάρκεια του, τα επόμενα πέντε χρόνια, δηλαδή κατά μέσο όρο 23,1 GW ετησίως. Τα κράτη μέλη ΕΕ θα εγκαταστήσουν 88 GW από αυτά, δηλαδή 17,6 GW ετησίως. Η ΕΕ πρέπει να εγκαταστήσει 32 GW ετησίως για να επιτύχει το 40% για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [27].

Η Βόρεια Θάλασσα είναι ιδιαίτερα ιδανική για την υπεράκτια αιολική ενέργεια, λόγω του όλο το χρόνο θυελλώδους κλίματος. Για το λόγο αυτό η Ευρώπη εξακολουθεί να είναι ο μεγαλύτερος επενδυτής παγκοσμίως σε υπεράκτιες αιολική ενέργεια. Αυτή τη στιγμή, πάνω από το 91% του συνόλου της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας εγκαθίσταται σε ευρωπαϊκά ύδατα, αλλά πρόσφατα και χώρες εκτός Ευρώπης άρχισαν να δείχνουν την ενδιαφέρον. (GWEC, 2017). Το πρώτο ευρωπαϊκό αιολικό πάρκο δημιουργήθηκε σε ένα ελληνικό νησί της Κύθνου το 1982. Σε συνέχεια της ιστοσελίδας το πρώτο χερσαίο αιολικό πάρκο, το πρώτο υπεράκτιο αιολικό πάρκο κατασκευάστηκε στο Vindeby της Δανίας το 1991. Το αιολικό πάρκο αποτελούνταν από έντεκα ανεμογεννήτριες 450kW. Τέσσερα

χρόνια αργότερα, το 1995, η συνολική αιολική δυναμικότητα της Ευρώπης ξεπερνούσε την αντίστοιχη των ΗΠΑ.

Έκτοτε, η Ευρώπη κυριαρχεί στον κόσμο στην αιολική ενέργεια. Το 2000 κατασκευάστηκε το πρώτο υπεράκτιο αιολικό πάρκο μεγάλης κλίμακας στο Middelgrunden, Κοπεγχάγη. Το αιολικό πάρκο αποτελείται από 20 ανεμογεννήτριες, η καθεμία με ισχύ 1,5MW. Ένα άλλο αξιοσημείωτο βήμα στην ευρωπαϊκή αιολική ενέργεια έγινε το 2009, όταν το πρώτο στον κόσμο πλωτό αιολικό πάρκο, το Hywind, κατασκευάστηκε έξω από τη Σκωτία. Το αιολικό πάρκο αποτελείται από 5 ανεμογεννήτριες, καθεμία από τις οποίες έχει ισχύ 6MW. Το βάθος του νερού στην περιοχή, όπου βρίσκεται το πλωτό βρίσκονται οι πλωτές τουρμπίνες, είναι 95-120 μέτρα. Σήμερα η Ευρώπη επενδύει στην αιολική ενέργεια περισσότερο από ποτέ- ο αριθμός των υπεράκτιων αιολικών πάρκων είναι αυξάνεται κάθε χρόνο, όταν εγκαθίστανται νέες ανεμογεννήτριες.

Σχεδόν όλα τα σημερινά υπεράκτια αιολικά πάρκα βρίσκονται στα νότια τμήματα της Βαλτικής Θάλασσας. Η Δανία διαθέτει μερικές από τις καλύτερες συνθήκες ανέμου στον κόσμο και έχει επίσης αποτελέσει πρωτοπόρος στην ανάπτυξη της τεχνολογίας της αιολικής ενέργειας. Η Δανία έχει επίσης πολλά εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της αιολικής ενέργειας, με παραγωγή και γνώση που καλύπτουν κάθε πτυχή της αλυσίδας εφοδιασμού. Μαζί με τη Δανία, τη Σουηδία και Γερμανία είναι επίσης μεγάλοι παραγωγοί υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στη Βαλτική Θάλασσα, αλλά και παγκοσμίως [28].

Ένας από τους λόγους για τους οποίους τα περισσότερα υπεράκτια αιολικά πάρκα βρίσκονται στα νότια τμήματα της Βαλτικής Θάλασσας είναι το ψυχρό κλίμα, το οποίο προκαλεί προκλήσεις για την κατασκευή και τη λειτουργία των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στα βόρεια τμήματα της Βαλτικής Θάλασσας. Υπάρχουν ακόμη πολύ λίγες γνώσεις σχετικά με τον τρόπο κατασκευής βέλτιστων θεμελίων και ανεμογεννητριών για παγωμένες συνθήκες. Ωστόσο, εκτιμάται ότι η κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων σε όλη τη Βαλτική Θάλασσα θα αυξηθεί δραστικά κατά την επόμενη δεκαετία. Υπάρχουν ήδη αρκετά νέα έργα προγραμματισμένα σε όλες σχεδόν τις χώρες της Βαλτικής Θάλασσας.

Η Βαλτική Θάλασσα δεν έχει τόσο υψηλές και σταθερές ταχύτητες ανέμου όπως για παράδειγμα η Βόρεια Θάλασσα, αλλά κατά τα άλλα οι συνθήκες είναι ευκολότερες,

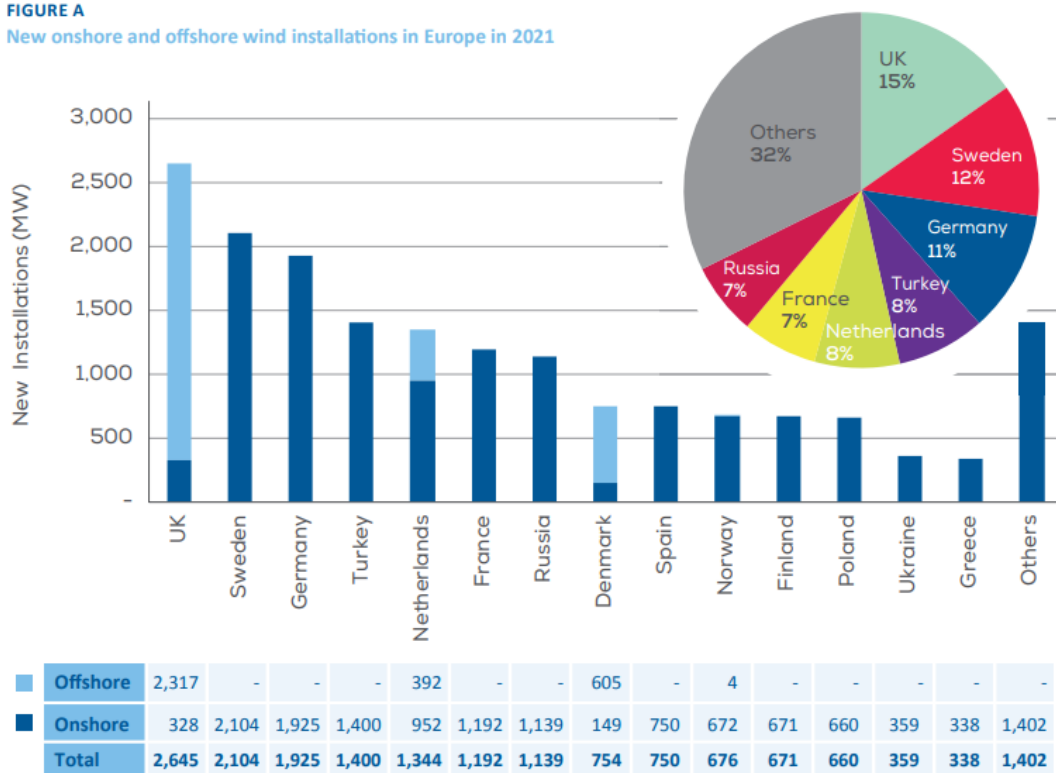
εξαιρουμένων των πάγων. Συντήρηση και κατασκευή σκάφη δεν εξαρτώνται τόσο πολύ από τις καιρικές συνθήκες όσο στη Βόρεια Θάλασσα. Υπάρχει μια καλή βιομηχανική υποδομή με λιμάνια, ρηγά νερά και σχετικά σταθερές συνθήκες ανέμου. Υπεράκτια αιολικά πάρκα μπορούν να κατασκευαστούν σε καλές τοποθεσίες κοντά στην ακτογραμμή, όταν το κόστος καλωδίωσης μπορεί να είναι μειωθεί.

Σήμερα το Ηνωμένο Βασίλειο είχε μακράν τη μεγαλύτερη δυναμικότητα με 3.681 MW. Η Δανία ήταν δεύτερη με 1.271 MW εγκατεστημένα και το Βέλγιο ήταν τρίτο με 571 MW. Η Γερμανία ήταν τέταρτη με 520 MW, ακολουθούμενη από τις Κάτω Χώρες (247 MW), τη Σουηδία (212 MW), τη Φινλανδία (26 MW), την Ιρλανδία (25 MW), την Ισπανία (5 MW), τη Νορβηγία (2 MW) και την Πορτογαλία (2 MW).

Το Ηνωμένο Βασίλειο εγκατέστησε τη μεγαλύτερη ισχύ αιολικής ενέργειας το 2021 (2,6 GW). Το 88% αυτού ήταν υπεράκτια αιολική ενέργεια. Η Σουηδία (2,1 GW), η Γερμανία (1,9 GW), η Τουρκία (1,4 GW) και η Γαλλία (1,2 GW) ηγήθηκαν της εγκατάστασης χερσαίων αιολικών πάρκων. Η Δανία και η Ιρλανδία παραμένουν οι χώρες με τις υψηλότερο μερίδιο αιολικής ενέργειας στο μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας με 44% και 31% αντίστοιχα. Η αιολική ενέργεια ήταν πάνω από το 20% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλες τέσσερις χώρες: Πορτογαλία (26%), Ισπανία (24%), Γερμανία (23%) και το Ηνωμένο Βασίλειο (22%).

FIGURE A

New onshore and offshore wind installations in Europe in 2021



ΣΧΗΜΑ 14. New offshore and onshore wind energy installation

(ΠΗΓΗ: WINDEUROPE)

Πρωτοπόρος στην αξιοποίηση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας είναι η Δανία, με το πρώτο παράκτιο αιολικό πάρκο, μια εγκατάσταση πέντε MW κοντά στο Vindeby της Δανίας, τέθηκε σε λειτουργία το 1991. Μέχρι το τέλος του 2002, υπήρχαν δέκα υπεράκτια αιολικά πάρκα σε λειτουργία παγκοσμίως - όλα σε Βόρεια Ευρώπη, με συνδυασμένη παραγωγική ικανότητα 250 MW. Αυτό αντιπροσωπεύει σύνθετο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 43%. Η ανάπτυξη αυτή τροφοδοτήθηκε σε μεγάλο βαθμό από την παρουσία καλών αιολικών πόρων στη Βόρεια Θάλασσα και τη Βαλτική Θάλασσα και από τη διαθεσιμότητα των ολοένα και μεγαλύτερων και αποδοτικότερων ανεμογεννητριών με τις οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν οι πόροι αυτοί [17] [18] [27] [28].



ΣΧΗΜΑ 15. Το μεγαλύτερο παράκτιο αιολικό πάρκο στον κόσμο **Dogger Bank** στην Δανία
(ΠΗΓΗ: AZOCLEANTECH)

3.1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΧΕΡΣΑΙΑ

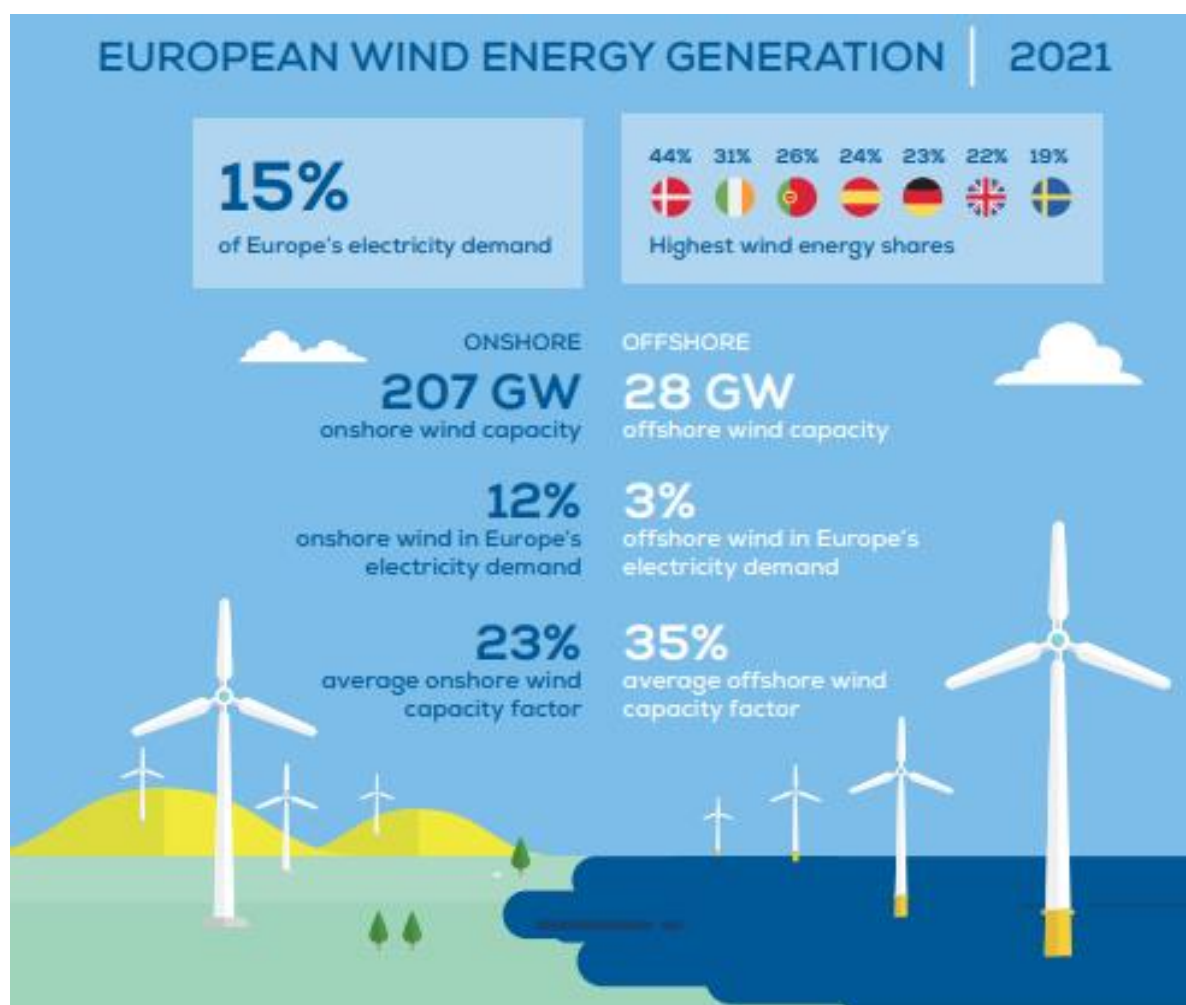
Σε σχέση με τα χερσαία έργα αιολικής ενέργειας, η κατασκευή υπεράκτιων ανεμογεννητριών απαιτεί σημαντική εφαρμοσμένη μηχανική όσον αφορά την υποδομή, τοποθέτηση, ηλεκτρική σύνδεση και την χρήση υλικών που αντέχουν στο διαβρωτικό θαλάσσιο περιβάλλον. Μολονότι η ταχύτητα των υπεράκτιων ανέμων είναι γενικά μεγαλύτερη αυτής των ανέμων της στεριάς, οι προαναφερθέντες παράγοντες δεν επέτρεψαν την υπεράκτια χρήση των ανεμογεννητριών κατά το παρελθόν. Πάντως, είναι πιο εφικτή η χρήση ανεμογεννητριών μεγάλης κλίμακας υπεράκτια. Η κατασκευή και συντήρησή ενός παράκτιου αιολικού πάρκου είναι πολύ πιο ακριβή έναντι ενός χερσαίου αιολικού πάρκου, λόγω του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Όμως, τα τελευταία χρόνια η προσοχή στρέφεται ολοένα και παραπάνω σε τέτοιου είδους εγχειρήματα. Δύο βασικοί παράγοντες διαφοροποιούν τα οικονομικά της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας από εκείνα της χερσαίας αιολικής ενέργειας. Η παρουσία ισχυρότερων και λιγότερο τυρβωδών ανέμων αυξάνει το δυναμικό εσόδων, ενώ η τοποθεσία σε θάλασσα αυξάνει το κόστος κατασκευής και συντήρησης. Αυτοί οι δύο παράγοντες τείνουν να εξισορροπούν ο ένας τον άλλον, με αποτέλεσμα το συνολικό κόστος της ενέργειας από παράκτιες περιοχές να είναι παρόμοιο με εκείνο των χερσαίων περιοχών. Το κόστος κεφαλαίου στις παράκτιες

τοποθεσίες είναι μεταξύ 30 και 70% μεγαλύτερο από ό,τι στις χερσαίες τοποθεσίες, σύμφωνα με έκθεση της Βρετανικής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας που δημοσιεύθηκε το 2000. Αυτό οφείλεται κυρίως στο υψηλό κόστος της κατασκευής θαλάσσιων θεμελίων, της προμήθειας εξοπλισμού εγκατάστασης και της λειτουργίας υποθαλάσσιων καλώδια για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά.

Ωστόσο, το κόστος αυτό έχει μειωθεί σημαντικά σε τα τελευταία χρόνια, ιδίως λόγω των βελτιώσεων στην τεχνολογία θεμελίωσης. Λειτουργία και κόστος συντήρησης είναι επίσης σημαντικά υψηλότερο, επειδή απαιτούνται πλοία για τη μεταφορά προσωπικού και εξοπλισμό στις ανεμογεννήτριες και μια ανεμογεννήτρια μπορεί να είναι απρόσιτη όταν η θάλασσα είναι ταραγμένη. Όπως αναφέρθηκε, το πρόσθετο αυτό κόστος εξισορροπείται από την αυξημένη παραγωγή ενέργειας που είναι δυνατή σε στη θάλασσα.

Η κύρια διαφορά έγκειται στην τεχνολογική δυσκολία της κατασκευής τους, επειδή οι κατασκευές και η συντήρησή τους είναι πιο πολύπλοκες λόγω του παράκτιου περιβάλλοντος, το οποίο διέπεται από αυστηρές απαιτήσεις ασφαλείας. Η κατασκευή και η λειτουργία των υπεράκτιων αιολικών πάρκων απαιτεί τη χρήση ιδιαίτερα εξειδικευμένων υλικοτεχνικών πόρων. Από την άλλη πλευρά, η ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερη στις παράκτιες περιοχές, επειδή οι αιολικοί πόροι είναι ανώτεροι και πιο τακτικοί από ό,τι στη στεριά, πράγμα που σημαίνει μεγαλύτερη απόδοση ενέργειας. Οι μέσες ταχύτητες ανέμου πάνω από το νερό είναι συνήθως κατά 20% υψηλότερες από ό,τι σε κοντινές τοποθεσίες στην ξηρά. Έτσι, λόγω της κυβικής σχέσης μεταξύ ταχύτητας και ισχύος, μια υπεράκτια ανεμογεννήτρια μπορεί να αναμένει να συλλαμβάνει 50% περισσότερη αιολική ενέργεια από μια παρόμοια χερσαία ανεμογεννήτρια. Επιπλέον, λόγω της χαμηλότερης διάτμηση του ανέμου σε δεδομένο ύψος πάνω από το νερό σε σύγκριση με το ίδιο ύψος πάνω από τη στεριά, οι παράκτιες ανεμογεννήτριες μπορούν να κατασκευαστούν με μικρότερους πύργους και να διαρκέσουν περισσότερο. Έτσι, λόγω της μειωμένης διάτμησης του ανέμου που παρατηρείται πάνω από το νερό, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα σχεδιάζονται για να διαρκούν 50 χρόνια, αντί για την πιο συνηθισμένη διάρκεια ζωής των 20-25 ετών που παρατηρείται στην ξηρά. Με μια σημαντική ανακαίνιση μετά από 25 χρόνια, η μεγαλύτερη επένδυση που απαιτείται για ένα παράκτιο αιολικό πάρκο μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου διπλάσια χρόνια από ένα παρόμοιο χερσαίο πάρκο. Λόγω των περιορισμών πρόσβασης κατά τη λειτουργία, τα στοιχεία των αιολικών πάρκων απαιτούν μεγαλύτερη αξιοπιστία και τα εξαρτήματα σχεδιάζονται με υψηλότερα επίπεδα πλεονασμού από ό,τι τα χερσαία αιολικά πάρκα.

Ακόμα, ένας καθόλου αμελητέος παράγοντας είναι ότι οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν μικρότερο οπτικό αντίκτυπο και είναι λιγότερο θορυβώδεις, πράγμα που σημαίνει ότι η εγκατεστημένη ισχύς τους μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι στη στεριά, φτάνοντας τα εκατοντάδες μεγαβάτ. Ομοίως, η θαλάσσια μεταφορά είναι εύκολη, επιτρέποντας ισχύ και μεγέθη μονάδων πολύ υψηλότερα από εκείνα που είναι δυνατά στην ξηρά.



ΣΧΗΜΑ 16. European wind energy generation
(ΠΗΓΗ WINDEUROPE)

Οι υψηλές τιμές ενέργειας, η εγγύτητα σε μεγάλα πληθυσμιακά κέντρα και η παρουσία εξαιρετικών αιολικών πόρων στη Βόρεια Θάλασσα και τη Βαλτική Θάλασσα έχουν τροφοδοτήσει την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων σε Βόρεια Ευρώπη. Αντίθετα, τα πρώτα υπεράκτια αιολικά πάρκα στις ΗΠΑ βρίσκονται ακόμη στο στάδιο του σχεδιασμού στάδια. Οι χαμηλότερες τιμές ενέργειας και η διαθεσιμότητα καλών αιολικών πόρων στην ενδοχώρα έχουν καθυστερήσει την ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής

ενέργειας εκεί. Ωστόσο, περισσότεροι από τους μισούς κατοίκους των ΗΠΑ ζουν σε παράκτιες κομητείες, οπότε τα υπεράκτια αιολικά πάρκα σε αυτές τις περιοχές θα μπορούσαν να αποφύγουν το υψηλότερο κόστος μεταφοράς που αντιμετωπίζουν που αντιμετωπίζουν τα αιολικά πάρκα σε απομακρυσμένες περιοχές.

Τέλος, η ανάγκη για δημιουργία υπεράκτιων αιολικών πάρκων δημιουργήθηκε για τρεις βασικούς λόγους. Αρχικά, το ανάγλυφο του εδάφους στη ξηρά είναι εξαιρετικά ανώμαλο, με αποτέλεσμα να προκαλεί διαταραχές στο πεδίο ροής του ανέμου, οι οποίες οδηγούν σε απώλειες της αιολικής ενέργειας. Επιπλέον, ένας ακόμα παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη, είναι οι εκτάσεις στη ξηρά, οι οποίες πληρούν όλες τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ενός τέτοιου έργου, είναι πολύ περιορισμένες. Σε συνδυασμό με τα ιδιοκτησιακά καθεστάτα που επικρατούν στη ξηρά, οδηγούν σε πολύ χρονοβόρες διαδικασίες αδειοδότησης, μέχρι να γίνουν όλες οι απαραίτητες απαλλοτριώσεις στην περιοχή. Κλείνοντας, ο άνεμος στη θάλασσα είναι πάντα ισχυρότερος και σταθερότερος σε σχέση με τη ξηρά, γιατί δε συναντά εμπόδια. Ειδικά κοντά στην ακτή, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας είναι εντονότερη, δημιουργώντας πολύ ισχυρά πεδία ανέμων.

3.2 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή τοποθεσίας σε συνδυασμό με τον βασικό σκοπό κατά το σχεδιασμό του έργου είναι η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητο να εξετάζονται και να αξιολογούνται οι μετεωρολογικές συνθήκες και οι προβλέψεις σχετικά με τον άνεμο σε όλη την ευρύτερη περιοχή που θα εγκατασταθούν οι ανεμογεννήτριες.

Προκειμένου να βρούμε τις βέλτιστες περιοχές για τη τοποθέτηση των ανεμογεννητριών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πληροφορίες από χάρτες παράκτιου αιολικού δυναμικού, από μετεωρολογικούς ιστούς, δορυφορικά αρχεία ή και δεδομένα από κοντινές περιοχές προσαρμοσμένα κατάλληλα. Είναι δυνατή η προσομοίωση των χαρακτηριστικών του ανέμου σε κάθε σημείο εγκατάστασης στη δεδομένη περιοχή για τον υπολογισμό της παραγόμενης ενέργειας κάθε ανεμογεννήτριας.

Το βάθος και η φύση του βυθού της θάλασσας είναι παράγοντες που πρέπει να εξετάζονται. Οι επιλογές που υπάρχουν όσον αφορά τις κατασκευές έδρασης είναι περιορισμένες και αυτό έχει σημαντική επίπτωση στο συνολικό κόστος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Το βάθος της θάλασσας σε κάθε σημείο επηρεάζει σημαντικά τα χαρακτηριστικά του κύματος και των ρευμάτων. Όσον αφορά την κατασκευή τους, οι ανεμογεννήτριες θα πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμες για τις εργασίες της συντήρησης και επισκευής των ανεμογεννητριών. Η Πρόσβαση για συντήρηση, παίζει καταλυτικό ρόλο στη επιλογή τοποθεσίας. Θα πρέπει λοιπόν να εξετάζεται η απόσταση από την ακτή και τους σταθμούς εξυπηρέτησης, αφού μπορεί να επηρεάσουν τόσο το χρόνο όσο και το κόστος ανέγερσης του αιολικού πάρκου, καθώς και τις εργασίες συντήρησης. Επιπλέον, μπορεί να οδηγήσουν στην ανάγκη κατασκευής πλωτών εγκαταστάσεων συντήρησης, ιδίως για τα μεγάλα αιολικά πάρκα.

Ο Οπτικός αντίκτυπος, αν και δεν είναι σημαντικός παράγοντας όπως στα χερσαία πάρκα, μπορεί ομοίως και εδώ να υπολογιστεί η ζώνη του οπτικού αντίκτυπου. Ένα αιολικό πάρκο με λιγότερες αλλά μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες είναι συνήθως προτιμότερο από πολλές μικρότερες. Ακόμα ο θόρυβος είναι ένας παράγοντας όπου δεν είναι τόσο σημαντικός δεδομένου επιπλέον ότι ο θόρυβος που δημιουργείται από τις ανεμογεννήτριες έχει μειωθεί σημαντικά. Τα επίπεδα του θορύβου μπορούν επίσης να υπολογιστούν και να εξεταστούν ώστε το πάρκο να είναι συμβατό με τα αποδεκτά επίπεδα

ήχου όπως ορίζονται από την εθνική νομοθεσία κυρίως για την επιρροή τους στη θαλάσσια ζωή.

Σχετικά με το διάστημα μεταξύ των ανεμογεννητριών, υπάρχει ένα ελάχιστο αποδεκτό διάστημα μεταξύ των ανεμογεννητριών, λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις από τη δημιουργία ομόρρους των αεροκινητήρων. Ο τύπος του αεροκινητήρα που θα χρησιμοποιηθεί στις διάφορες τοποθεσίες εξαρτάται από τις συνθήκες του ανέμου, των κυμάτων, του βάθους και της μορφολογίας του βυθού. Το αιολικό πάρκο ενδέχεται να έχει επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Συνεπώς, θα πρέπει να εξετάζεται η κατάσταση όσον αφορά τα ψάρια, τα θαλάσσια θηλαστικά και πτηνά στην περιοχή. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η ναυσιπλοΐα, η αλιεία και οι διάδρομοι του θαλάσσιου εμπορίου. Ανάλογα με το μέγεθος του αιολικού πάρκου, είναι πιθανόν να επηρεάζονται τα δρομολόγια των εμπορικών πλοίων.

Τέλος, όσον αφορά τους θεσμικούς περιορισμούς, αυτοί διακρίνονται σε ποικίλους περιορισμούς που βέβαια διαφοροποιούνται από χώρα σε χώρα, στην τοποθέτηση των υπεράκτιων κατασκευών όπως η εμπορική ναυτιλία, Αλιεία και αναπαραγωγή ψαριών, Βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου αλλά και προστατευόμενες περιοχές ταυτόχρονα δίνοντας έμφαση στην αισθητική παρέμβαση.

3.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Η εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου έχει υψηλότερο επενδυτικό κόστος σε σχέση με την εγκατάσταση μιας συμβατικής μονάδας παραγωγής. Η τεχνολογία αιχμής που χρησιμοποιείται στα αιολικά πάρκα κάνει το κόστος εγκατάστασης αρκετά υψηλό, παρόλο που τα τελευταία 10 χρόνια έχει μειωθεί αρκετά και σε πολλές περιοχές που διαθέτουν υψηλό αιολικό δυναμικό, μπορεί να ανταγωνιστεί οικονομικά μια μονάδα συμβατικής παραγωγής ενέργειας. Ο άνεμος σαν ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί και να αξιοποιηθεί τη στιγμή όπου υπάρχει μεγάλη ζήτηση για ηλεκτρικό ρεύμα. Επιπλέον, η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται από μεγάλη μεταβλητότητα και έντονες διακυμάνσεις, για το λόγο αυτό δεν μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια αδιάλειπτος. Η ζήτηση όμως για ηλεκτρική ενέργεια είναι αδιάλειπτη και εδώ τίθεται το θέμα της αυτονομίας, από μια τέτοιου είδους επένδυση. Τα αιολικά πάρκα για να είναι αποδοτικά και βιώσιμα, κατασκευάζονται σε απομακρυσμένες περιοχές ή σε παράκτιες περιοχές, όπου ο άνεμος είναι ισχυρότερος και δε συναντά πολλά εμπόδια. Στη συνέχεια όμως απαιτείται η σύνδεση των αιολικών πάρκων με το ήδη υπάρχον δίκτυο τροφοδότησης, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο το κόστος εγκατάστασης.

Η δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλης κλίμακας αιολικών πάρκων είναι μεγαλύτερη στην ανοιχτή θάλασσα απ' ό,τι στη στεριά. Η χωρική έκταση ενός παράκτιου αιολικού πάρκου είναι μεγαλύτερη από αυτήν ενός ισοδύναμου χερσαίου λόγω του διαθέσιμου ελεύθερου χώρου γνωρίζοντας ότι με την αύξηση της απόστασης μεταξύ των μηχανών μειώνονται οι αεροδυναμικές επιπτώσεις από τη δημιουργία του ομόρρους των ανεμοκινητήρων. Προφανώς βέβαια, αυξάνει και το απαιτούμενο μήκος καλωδίων για την εσωτερική διασύνδεσή τους. Επομένως στη χωροταξική διάταξη του πάρκου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη απ' τη μία μεριά οι ηλεκτρικές απώλειες κατά τη μεταφορά (μεγάλο μήκος καλωδίων) και απ' την άλλη οι αεροδυναμικές απώλειες από τους ομόρρους (μικρή απόσταση μεταξύ των μηχανών). Επίσης η απόσταση από την ακτή και το μέγεθος της εγκατεστημένης ισχύς καθορίζει το τρόπο διασύνδεσης, συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα.

Για την εγκατάσταση ενός παράκτιου αιολικού πάρκου πρέπει να ληφθεί ένα πιθανό αποτέλεσμα περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και μια εκτενής μελέτη που να δείχνει τη συμβατότητα της εγκατάστασης με άλλες χρήσεις του θαλάσσιου χώρου. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να διεξαχθούν πολύ αυστηρές και αυστηρές μελέτες κατά τα έτη πριν από την έναρξη του έργου, συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης της συμβατότητας του

αιολικού πάρκου με τη ναυσιπλοΐα, τη θαλάσσια πανίδα, την ορνιθοπανίδα, τις διαδρομές μετανάστευσης, τη δυναμική της μεταφοράς ιζημάτων κ.λπ. Οι μελέτες αυτές συμπληρώνονται με ενδελεχή παρακολούθηση των πτυχών αυτών κατά τη διάρκεια των φάσεων κατασκευής και λειτουργίας του πάρκου [1][14].

3.3.1 ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΧΕΡΣΑΙΟΥ ΜΕ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Ο σχεδιασμός μια υπεράκτιας ανεμογεννήτριας είναι παρόμοιος με αυτόν μιας χερσαίας μηχανής ωστόσο υπάρχουν αρκετές διαφορές και απαιτούνται πρόσθετες εκτιμήσεις. Το αιολικό δυναμικό, το βάθος και η μορφολογία του πυθμένα είναι τα βασικά κριτήρια για την επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας για την εγκατάσταση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Ο βασικός σκοπός κατά το σχεδιασμό του αιολικού πάρκου είναι η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ενέργειας, η ελαχιστοποίηση του κόστους και η τήρηση των περιορισμών που επιβάλλονται από την περιοχή. Η υπεράκτια εγκατάσταση έχει το βασικό πλεονέκτημα ότι οι περιβαλλοντικοί και εδαφικοί περιορισμοί είναι πολύ πιο «χαλαροί» σε σύγκριση με τη χερσαία. Η παραγωγή ισχύος καθορίζεται από το αιολικό δυναμικό της επιλεγείσας περιοχής, τη χωροθέτηση των ανεμογεννητριών και την επιλογή των ανεμοκινητήρων.

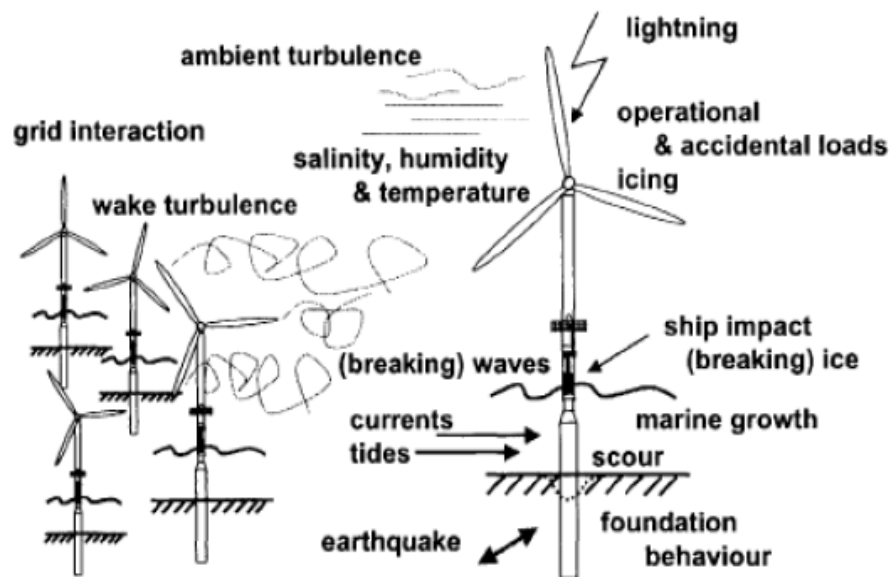
Αρχικά ο συνδυασμός της επίδρασης φορτίων από τον άνεμο και τα κύματα. Είναι πολύ πιθανό οι ισχυροί άνεμοι να συνοδεύονται από μεγάλα κύματα χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα ότι ακραία καιρικά φαινόμενα, με πολύ ισχυρούς ανέμους συνοδεύονται από κύματα πολύ μεγάλου ύψους την ίδια χρονική περίοδο. Αυτός λοιπόν ο συνδυασμός των φορτίων πρέπει να ληφθεί υπόψη κυρίως όσον αφορά τη κατασκευή υποστήριξης (θεμελίωση, πύργος) [15].



ΣΧΗΜΑ 17. Φορτία που καταπονούν την κατασκευή

(ΠΗΓΗ: REDDIT)

Οι παράκτιες ανεμογεννήτριες ως επί το πλείστον χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή ενέργειας, εκτός από τη χρήση τους για κάποιες συγκεκριμένες εφαρμογές στην βιομηχανία πετρελαίου και το φυσικό αέριο, και είναι συνδεδεμένες στο εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί ώστε η παροχή ενέργειας στο δίκτυο πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται η σταθερότητα του δικτύου. Η πρόσβαση σε μία υπεράκτια τοποθεσία είναι δυσκολότερη σε αντίξοες καιρικές συνθήκες, οι οποίες μπορεί να αναβάλλουν μια προγραμματισμένη ή μη συντήρηση. Επομένως, υπάρχει απαίτηση για υψηλότερη αξιοπιστία, διαθεσιμότητα, συντήρηση, ανθεκτικότητα, προκειμένου να μειωθεί το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να καταστεί ο παράκτιος ανεμοκινητήρας ανταγωνιστικός. Ακόμα οι απαιτήσεις είναι αυξημένες στα υπεράκτια αιολικά πάρκα καθώς, οι ανεμογεννήτριες θα πρέπει να εγκατασταθούν γρήγορα λόγω περιορισμών τόσο στον χρόνο όσο και στο κόστος που επιβάλλει το παράκτιο περιβάλλον.



ΣΧΗΜΑ 18. Καταπονήσεις υπεράκτιας ανεμογεννήτριας

(ΠΗΓΗ: Science on)

Το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί ο παράκτιος ανεμοκινητήρας είναι διαβρωτικό. Πιο αναλυτικά σοβαρές βλάβες μπορεί να προκληθούν από το αλμυρό νερό και το διαβρωτικό αέρα. Η εξωτερική προστασία από τη διάβρωση των διάφορων χαλύβδινων τμημάτων γίνεται με ένα σύστημα βαφής που ικανοποιεί τα απαιτούμενα κριτήρια για τις παράκτιες πλατφόρμες. Όταν τοποθετούμε μία ανεμογεννήτρια στη θάλασσα λαμβάνονται διάφορα μέτρα για τη προστασία της από το «επιθετικό» θαλάσσιο περιβάλλον. Η διαδικασία αυτή στην αγγλική ορολογία ονομάζεται *marinisation*. Παραδείγματος χάριν, κάποια από αυτά τα μέτρα είναι η πρόσθετη προστασία των εξωτερικών επιφανειών της με την επίστρωση υλικού κατά της διάβρωσης ή άλλο τρόπο, τη στεγανοποίηση αεροστεγώς των εδράνων, τη χρήση συστημάτων ψύξης για να αποφευχθεί η επαφή των εσωτερικών συνιστωσών (π.χ. γεννήτρια, κιβώτιο ταχυτήτων κλπ) με το αλμυρό νερό ή αέρα, και εναλλακτικά τη χρήση ενός αεροστεγούς θαλάμου των ηλεκτρομηχανικών συνιστωσών, εγκατεστημένο πολύ υψηλότερα από το επίπεδο της θάλασσας. Η προστασία από τη διάβρωση των εσωτερικών συνιστωσών απαιτεί βελτιωμένα συστήματα βαψίματος και διατήρηση ξηρού περιβάλλοντος στο εσωτερικό της μηχανής.

Επιπροσθέτως, αξίζει να αναφερθεί ότι μεγαλύτερο μέγεθος ανεμογεννήτριας σημαίνει μεγαλύτερη αξιοποίηση αιολικού δυναμικού. Αυτό καθιστά και το κόστος της

υπεράκτιας ανεμογεννήτριας πιο ανταγωνιστικό. Αντικείμενο συστηματικής έρευνας αποτελούν οι δυνατότητες βελτίωσης στις κατασκευές έδρασης προκειμένου να καταστεί δυνατή η χρήση των υπεράκτιων ανεμογεννητριών σε βαθύτερα ύδατα και σε δύσκολες συνθήκες βυθού. Η πλωτή στήριξη είναι η σημαντικότερη κατασκευή έδρασης που ερευνάται. Η αύξηση όμως του μεγέθους, αυξάνει και τα προβλήματα μεταφοράς και εγκατάστασης. Άρα παρουσιάζονται πρόσθετες σχεδιαστικές απαιτήσεις. Συνοψίζοντας όλα αυτά τα ζητήματα αποτελούν αφορμή για νέες προκλήσεις και ταυτόχρονα σημαντικές προσλαμβάνουσες στον τομέα της υπεράκτιας αιολικής βιομηχανίας και απαιτούν νέες ιδέες και λύσεις [1].

3.3.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Για την σχεδίαση και την υλοποίηση ενός παράκτιου αιολικού πάρκου, πρώτα απ' όλα θα πρέπει να βρεθεί η κατάλληλη τοποθεσία. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στους εξής παράγοντες: Είναι σημαντική η μετεωρολογία όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του ανέμου, που βοηθούν τους φορείς ανάπτυξης στην επιλογή των ανεμογεννητριών. Η μετεωρολογία είναι σημαντική και όσον αφορά τα επίπεδα υγρασίας. Η υγρασία στα ανοιχτά της θάλασσας μπορεί να περιέχει πολύ αλάτι, το οποίο μπορεί να προκαλέσει διάβρωση. Θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά η φύση και το βάθος του θαλάσσιου βυθού, καθώς αυτά μπορούν να επηρεάσουν την επιλογή του συστήματος έδρασης. Πρέπει επίσης να εξετάζεται η απόσταση από την ξηρά ή άλλο σταθμό εξυπηρέτησης, για ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής και συντήρησης. Η απόσταση αυτή επηρεάζει το κόστος υποδομών σε σχέση με τη μεταφορά της παραγόμενης ισχύος καθώς και την απαιτούμενη για τη σύνδεση με το δίκτυο τάση και συχνότητα. Εξετάζονται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και το οικοσύστημα. Πρέπει να διερευνώνται οι επιπτώσεις στα θαλάσσια θηλαστικά, τα ψάρια, τα αποδημητικά πτηνά καθώς και οι διάδρομοι πτήσης τους. Στην περίπτωση ενός αιολικού πάρκου απαιτείται η ύπαρξη συστήματος εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων. Το σύστημα αυτό διασυνδέει όλες τις συνιστώσες (π.χ. μετεωρολογικούς σταθμούς και υποσταθμούς της ανεμογεννήτριας) του αιολικού πάρκου με έναν κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή που παρέχει τη δυνατότητα στο χειριστή να παρακολουθεί και ελέγχει τη λειτουργία του αιολικού πάρκου.

Επιπλέον είναι σημαντικό να αποσαφηνιστούν και οι απαγορευτικές περιοχές για τη χωροθέτηση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Για τη χωροθέτηση ενός Υπεράκτιου

αιολικού πάρκου σε μια συγκεκριμένη περιοχή, δεν αρκεί μόνο η μελέτη του αιολικού δυναμικού, το οποίο επικρατεί στη συγκεκριμένη περιοχή. Είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη κάποιοι επιπλέον παράγοντες, οι οποίοι είναι απαγορευτικοί για την εγκατάσταση ενός πάρκου στην περιοχή. Η ύπαρξη ποσειδωνίων (μεγάλα λιβάδια χλωρίδας στο βυθό), θεωρείται απαγορευτική για οποιαδήποτε κατασκευή στο θαλάσσιο περιβάλλον. Οι ποσειδώνιες αποτελούν ουσιαστικά μια πολύ πυκνή βλάστηση στον πυθμένα της θάλασσας, στην οποία δεν είναι δυνατόν να επιβιώσει καμία κατασκευή. Οι περιοχές με αρχαία θεωρούνται επίσης απαγορευτικές. Η αρχαιολογική υπηρεσία είναι υπεύθυνη για την έρευνα και τη μελέτη όλων των αρχαίων ευρημάτων και δεν δίνει άδεια για την κατασκευή οποιουδήποτε έργου σε αυτές τις περιοχές. Οι περιοχές οι οποίες αποτελούν πεδία βολής για το Ναυτικό. Γενικότερα οπουδήποτε υπάρχουν ναυτικές - στρατιωτικές βάσεις στη θάλασσα, θεωρούνται αυστηρά απόρρητες και δεν επιτρέπεται η πρόσβαση ούτε η προσέγγιση σε αυτές. Απαγορευτικές θεωρούνται και οι περιοχές, όπου πραγματοποιούνται τα δρομολόγια των πλοίων (γραμμές πλοίων). Επιπλέον αναφέρεται ότι είναι καλό να αποφεύγονται ορισμένες προστατευόμενες περιοχές όπως είναι: οι περιοχές Natura 2000, οι περιοχές Ramsar, οι περιοχές Marine Protected Areas (MPA), καθώς και οι περιοχές οι οποίες είναι χαρακτηρισμένες ως σημαντικές περιοχές για τα πουλιά της Ευρώπης (Important Bird Areas in Europe) Επιπλέον, σημαντικό ρόλο παίζουν η σύσταση και η μορφολογία του πυθμένα στην εκάστοτε περιοχή. Υπάρχουν 3 βασικά είδη σύστασης ενός πυθμένα, τα οποία είναι η άμμος, η ιλύς και ο βράχος. Ο καλύτερος πυθμένας για τη θεμελίωση των ανεμογεννητριών θεωρείται η άμμος, η οποία διαμορφώνει και την πιο οικονομική λύση για την εγκατάσταση ενός τέτοιου έργου. Το κόστος αυξάνεται σταδιακά όταν πρόκειται για πυθμένα από ιλύ και η πιο ακριβή επένδυση θεωρείται όταν πρόκειται για περιοχές με βραχώδη πυθμένα, στις οποίες οι γεωτρήσεις που είναι αναγκαίο να γίνουν είναι ιδιαίτερος δαπανηρές, γιατί είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν πολύ ισχυρά γεωτρήματα. Όσον αφορά τη μορφολογία του πυθμένα, ιδανικός θεωρείται ένας πυθμένας με μικρή κλίση [11][20].

3.3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΙΡΙΞΗ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΑΙΟΛΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Ο χρόνος κατασκευής ενός υπεράκτιου πάρκου είναι μεγαλύτερος από αυτόν ενός αντίστοιχου χερσαίου λόγω των πιο δυσχερέστερων συνθηκών. Η κατασκευή των περισσότερων συστατικών τμημάτων γίνεται στην ξηρά. Η άτρακτος συνήθως συναρμολογείται εξ ολοκλήρου πριν τη μεταφορά της στο σημείο εγκατάστασης. Όλα τα άλλα συστατικά τμήματα μεταφέρονται με ειδικά σκάφη και στη συνέχεια συναρμολογούνται επιτόπου, μετά την ασφαλή κατασκευή και εγκατάσταση των εδράσεων. Τα ηλεκτρικά καλώδια πρέπει να βρίσκονται ήδη στη θέση εγκατάστασης για να μπορέσει να ξεκινήσει η συναρμολόγηση της ανεμογεννήτριας. Η μονταρισμένη άτρακτος, ο πύργος, η πλήμνη και τα πτερύγια του ρότορα μεταφέρονται στο σημείο εγκατάστασης και αρχίζει η συναρμολόγηση κατά τον ίδιο τρόπο όπως και στα χερσαία αιολικά πάρκα. Ο πύργος ανυψώνεται και στερεώνεται στις δομές έδρασης [7].

Η πρώτη ενέργεια που πρέπει να γίνει είναι η κατασκευή των βασικών συστατικών του έργου, όπως τα θεμέλια στη θάλασσα, ο πύργος, η άτρακτος και ο ρότορας. Στην συνέχεια αφού έχουν συνεργαστεί τα κατάλληλα συνεργεία μηχανικών σχετικά με την τοποθεσία και την βάση της ανεμογεννήτριας, συγκεντρώνουμε όλα τα μέρη στον λιμάνι συγκέντρωσης όπου μετά από εκεί θα τα μεταφέρει το πλοίο μεταφοράς στη τοποθεσία του έργου. Το λιμάνι συγκέντρωσης είναι αυτό που βολεύει στρατηγικά στην μεταφορά των εξαρτημάτων στο παράκτιο αιολικό πάρκο. Όταν φτάσει το πλοίο στην ζητούμενη τοποθεσία τότε συναρμολογούμε τα κομμάτια ένα προς ένα, ξεκινώντας από τον πύργο.



ΣΧΗΜΑ 19. Κατασκευή ανεμογεννήτριας σε υπεράκτιο αιολικό πάρκο
(ΠΗΓΗ: DNV)

Η οικοδόμηση ενός υπεράκτιου πάρκου και ο έλεγχος λειτουργίας του έχει πολλά και διάφορα στάδια. Το πρώτο στάδιο που αφορά στην εγκατάσταση των ανεμογεννητριών είναι τα έργα υποδομής και η προετοιμασία της τοποθεσίας. Αυτό περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα έργα και ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν έτσι ώστε να εξοικονομηθεί όσο το δυνατόν περισσότερος χρόνος και να βελτιστοποιηθούν οι διαδικασίες των επόμενων ενεργειών που επρόκειτο να πραγματοποιηθούν.

Υποδομές για τη σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο Μια παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη πριν ξεκινήσει η διαδικασία της εγκατάστασης των ανεμογεννητριών είναι η κατασκευή υποδομών για τη μετέπειτα σύνδεση τους με το ηλεκτρικό δίκτυο. Έτσι, πρέπει να γίνουν κατασκευές, όπως δημιουργία υπεράκτιων υποσταθμών

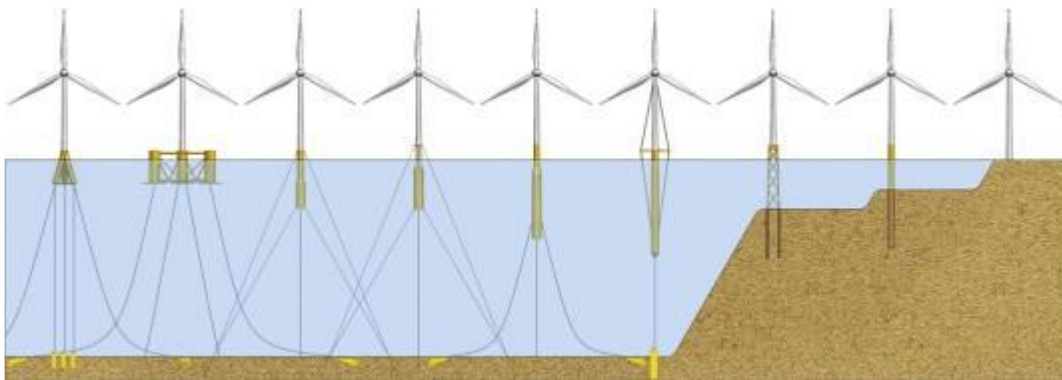
μετασχηματισμού τάσης, καθώς και σταθμών μετασχηματισμού και στη στεριά. Επίσης, πρέπει να πραγματοποιηθούν έργα όπως διάνοιξη καναλιών στο πυθμένα της θάλασσας και στη στεριά για την υποδοχή των καλωδίων μεταφοράς ρεύματος.

Να υπάρχουν οι κατάλληλες λιμενικές υποδομές, έτσι ώστε να επαρκούν οι χώροι αποθήκευσης και εφοδιασμού ανεμογεννητριών και υπόλοιπου εξοπλισμού. Ένας τομέας που πρέπει οι υπεύθυνοι του έργου να δώσουν την προσοχή τους είναι η δημιουργία κατάλληλων λιμενικών υποδομών κοντά στα υπεράκτια αιολικά πάρκα για τις διάφορες διεργασίες που γίνονται στη ξηρά, όπως η κατασκευή των εδράσεων, καθώς και κατάλληλου χώρου φύλαξης και αποθήκευσης των επιμέρους εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών και του λοιπού εξοπλισμού. Αυτή η τοποθεσία μπορεί να είναι είτε κάποιες από τις αποθήκες που περιλαμβάνονται στις υποδομές του λιμένα είτε κάποια από τις προβλήτες. Έτσι με αυτόν το τρόπο συνδυάζεται η διευκόλυνση της εκφόρτωσης και φόρτωσης τους από και προς τα σκάφη μεταφοράς καθώς και η ασφαλής αποθήκευση και ταξινόμηση των εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών. Τέλος εφόσον τα κομμάτια των ανεμογεννητριών βρίσκονται όλα συγκεντρωμένα σε έναν χώρο τότε αντίστοιχα απλοποιείται η διαδικασία συναρμολόγησης τους και μεταφοράς στην συγκεκριμένη υπεράκτια τοποθεσία εγκατάστασης [7][12].

Στην συνέχεια θα εστιάσουμε στους διαφορετικούς τρόπους δόμησης των πλωτών ανεμογεννητριών και ποιοι παράγοντες καθορίζουν την μορφή τους. Η θεμελίωση των πύργων υπεράκτιων ανεμογεννητριών είναι ένας τομέας ο οποίος εξελίσσεται συνεχώς και διαφέρει τελείως από την θεμελίωση των αντίστοιχων πύργων σε αιολικά πάρκα στη στεριά. Η θέληση για εγκατάσταση πάρκων όλο και πιο μακριά από την ακτή σε μεγαλύτερο βάθος φέρνει την ανάγκη της εύρεσης νέων τρόπων θεμελίωσης και στήριξης των πύργων. Επίσης το μέγεθος των ανεμογεννητριών όπως αναφέρθηκε προηγουμένως μεγαλώνει ώστε να παράγεται περισσότερη ενέργεια και να αυξάνεται και το οικονομικό κέρδος της επένδυσης συνεπώς η στήριξη τους πρέπει να βελτιώνεται και αυτή. Η επιλογή επομένως του τύπου θεμελίωσης βασίζεται σε διάφορους παράγοντες και είναι πολύ σημαντική μιας και καταλαμβάνει περίπου το 20% του κόστους της συνολικής επένδυσης για ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο.

Η εγκατάσταση εξαρτάται από τη βαθυμετρία της περιοχής μελέτης. Για περιοχές με βάθος νερού 0-50m, πραγματοποιείται κανονική θεμελίωση των ανεμογεννητριών στο βυθό, ενώ για περιοχές με βάθος μεγαλύτερο από 50m προτιμώνται οι πλωτές

ανεμογεννήτριες [7]. Οι πλωτές ανεμογεννήτριες μπορούν να χωροθετηθούν σε αρκετά μεγάλη απόσταση από τη ξηρά, μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τις επιδράσεις από ένα τέτοιο έργο (π.χ. οπτική όχληση). Το μειονέκτημα τους αφορά στην έλλειψη εμπειρίας που επικρατεί προς το παρόν στη χρήση της σωστής τεχνολογίας, αλλά και στο αυξημένο κόστος εγκατάστασής τους. Ανάλογα τον τύπο της θεμελίωσης, το πλοίο που βοηθάει στην μεταφορά και στην συναρμολόγηση και την στρατηγική που θα γίνει η κατασκευή θα διαφέρουν. Σήμερα, περίπου το 90% των offshore wind farms αποτελούνται από monopiles και τα υπόλοιπα είναι είτε jackets, tripods ή gravity base foundations. Επιπλέον, υπάρχουν και πλωτές ανεμογεννήτριες κατασκευασμένες να πλέουν, χωρίς την υποστήριξη μια θεμελιωμένης κατασκευής. Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά οι 8 σημαντικότεροι τρόποι εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, στο υπεράκτιο περιβάλλον. Έτσι όπως παρουσιάζονται στην αναφέρεται ότι από τα αριστερά προς τα δεξιά, πρόκειται για τους εξής τρόπους εγκατάστασης: TLWT, WindFloat, TLB B, TLB X3, Hywind II, SWAY, Jacket και Monopile [14].



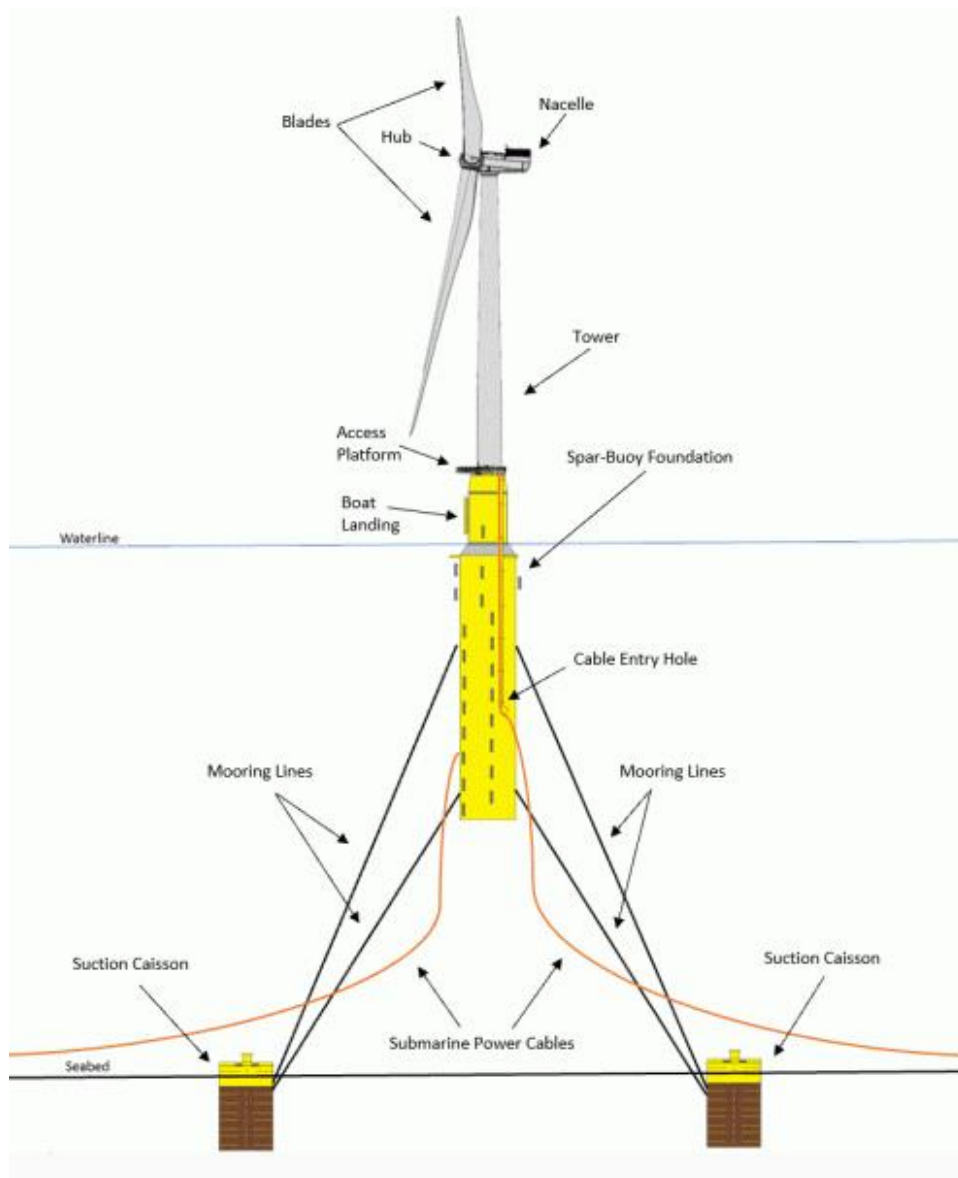
ΣΧΗΜΑ 20. Οι κύριοι 8 διαφορετικοί τρόποι εγκατάστασης μιας ανεμογεννήτριας στο υπεράκτιο περιβάλλον, από αριστερά προς τα δεξιά είναι οι εξής: TLWT, WindFloat, TLB B, TLB X3, Hywind II, SWAY, Jacket και Monopile

(ΠΗΓΗ: Renewable Energy)

Ο πρώτος τρόπος θεμελίωσης αφορά στη διαδικασία η οποία είναι γνωστή με το όνομα Tension Leg Wind Turbine (TLWT). Κατασκευάστηκε από τον διεθνή οργανισμό International Design, Engineering and Analysis Service και η τεχνολογία του βασίστηκε στο σύστημα Tension Leg Platform, το οποίο εφαρμόζεται πολύ συχνά στις πλωτές εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου. Έχει στην διάθεση του ένα σύστημα με τρεις τεντωμένες άγκυρες, οι οποίες πακτώνονται στον πυθμένα της θάλασσας περιορίζοντας με αυτό τον τρόπο την κίνηση στον κατακόρυφο άξονα της ανεμογεννήτριας. Επιπλέον, μπορεί να

χρησιμοποιήσει ένα δεύτερο σύστημα αλυσοειδής αγκύρωσης για το περιορισμό της κίνησης στον οριζόντιο άξονα. Το σύστημα αυτό βρίσκεται σε αιώρηση, δεν είναι αυστηρά πακτωμένο, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για κάποιες μικροκινήσεις της ανεμογεννήτριας στο οριζόντιο επίπεδο. Στη συνέχεια ακολουθεί το ημί-πλωτό σύστημα Wind Float (Semi-Submersible), το οποίο κατασκευάστηκε από την εταιρεία Principle Power. Διαθέτει μια πολύ ισχυρή πλωτή βάση από χάλυβα, η οποία ζυγίζει 2500 τόνους και μπορεί να εξασφαλίσει την σωστή άντωση, τη σταθερότητα καθώς και την εύκολη ρυμούλκηση ολόκληρης της κατασκευής. Η πλωτή αυτή κατασκευή μένει σταθερή στο χώρο, με τη βοήθεια ενός συστήματος αγκύρωσης με τέσσερις άγκυρες, οι οποίες περιορίζουν τις κινήσεις της ανεμογεννήτριας και στους δύο άξονες. Το πλωτό σύστημα Tension Leg Buoy (TLB) αποτελεί έναν ακόμα τρόπο εγκατάστασης, το χαρακτηριστικό του οποίου είναι η σταθερότητα. Αποτελείται από έξι τεντωμένες ίνες, που συγκρατούνται από τρεις άγκυρες κάθετου φορτίου, οι οποίες παρέχουν υψηλή αξονική ακαμψία στο σύστημα. Η σταθερότητα και ο περιορισμός των κινήσεων που επικρατεί, συγκρίνεται με την ακαμψία των ανεμογεννητριών στη ξηρά. Το μειονέκτημα του συστήματος TLB είναι ότι διαθέτει ένα σύστημα αγκύρωσης, το οποίο έχει πολύ αυξημένο κόστος, ειδικά όσο αυξάνονται τα βάθη εγκατάστασης. Όπως μπορούμε να δούμε και στην προηγούμενη εικόνα έχουμε δύο διαφορετικά είδη το TLB B και το TLB X3, τα οποία έχουν αναπτυχθεί από το Πανεπιστήμιο της Νορβηγίας (University of Life Science in Norway). Η διαφορά μεταξύ τους έγκειται στο ότι, το σύστημα TLB X3 πραγματοποιεί μετρήσεις που αφορούν στη μείωση των κυματικών φορτίων, ώστε να μειωθεί το συνολικό φορτίο που δέχεται το σύστημα αγκύρωσης από ολόκληρη την κατασκευή.

Ένα πλωτό σύστημα είναι το Hywind II (Spar - Buoy), το οποίο αποτελεί τη βελτιωμένη εκδοχή του συστήματος Hywind που έχει ήδη εγκατασταθεί στις ακτές της Νορβηγίας από το 2009. Διαθέτει ένα σύστημα με τρεις αλυσίδες αγκύρωσης, οι οποίες εξασφαλίζουν τη σταθερότητα της κατασκευής. Επιπλέον, διαθέτει μια δομή υποστήριξης από ατσάλι, η οποία ζυγίζει 1700 τόνους.



ΣΧΗΜΑ 21. Spar – buoy foundation

(ΠΗΓΗ: ENERGY FACTS)

Το σύστημα SWAY διαθέτει μια τεντωμένη αλυσίδα (tension leg spar - TLS), η οποία συνδέεται με μία άγκυρα και με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η σταθερότητα ολόκληρης της κατασκευής. Το ιδιαίτερο με αυτό το σύστημα, είναι ότι δεν υπάρχει καμία προφανής μετάβαση από τον πύργο της ανεμογεννήτριας στον πλωτήρα.

Ένας από τους σημαντικότερους τρόπους θεμελίωσης των ανεμογεννητριών σε μεσαία βάθη νερού (30-50m), είναι το σύστημα Jacket. Αναπτύχθηκε από τον οργανισμό Offshore Code Comparison Collaboration (OC3) σε συνεργασία με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Agency - IEA). Πρόκειται για ένα περίπλοκο σύστημα, η δομή του οποίου μοιάζει με γερανό, ο οποίος καταλήγει σε δύο πυλώνες που πακτώνονται

βαθιά στο βυθό της θάλασσας, προσφέροντας μεγάλη σταθερότητα και αξιοπιστία στην κατασκευή.

Τα θεμέλια Jacket μπορούν να εγκατασταθούν σε βάθος 60 m. Αυτές οι δομές με δικτυωτό πλέγμα μοιάζουν με τις υπεράκτιες πλατφόρμες πετρελαίου με τέσσερα σωληνωτά πόδια που συνδέονται με διαγώνιες δοκούς. Το αιολικό πάρκο Block Island του Rhode Island χρησιμοποίησε θεμέλια jacket . Υπάρχουν διάφοροι τύποι δομών jacket . Συχνά αποτελούνται από τρία ή τέσσερα πόδια, τα οποία στερεώνονται στον πυθμένα της θάλασσας με πασσάλους. Το μεταβατικό κομμάτι, στο οποίο βρίσκεται ο πύργος της τουρμπίνας συνδέεται, βρίσκεται στην κορυφή του jacket . Τα πλεονεκτήματα των συστημάτων jacket είναι ότι μπορούν να εγκατασταθούν με τη χρήση πασσάλων ή φρεατίων αναρρόφησης σε άκαμπτες αργίλους ή μέσης έως πυκνής άμμου. Οι εγκαταστάσεις σε μαλακά εδάφη είναι πιο στιβαρές με μεγαλύτερα μήκη πασσάλων που αυξάνουν σημαντικά την αντίσταση τριβής. Επιπλέον, η μεγάλη επιφάνεια της διαμόρφωσης του πλέγματος μπορεί να παρέχει μια θέση τεχνητού υφάλου, παρέχοντας ένα νέο βιότοπο για τα τοπικά είδη. Ακόμα και σαν μια συμφέρουσα οικονομική επιλογή με χρήση απλών μεθόδων κατασκευής. Ένας θετικός παράγοντας ακόμα είναι η εφικτή μετακίνηση μέσω φορτηγίδας. Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν υψηλό αρχικό κόστος κατασκευής και ενδεχομένως υψηλότερο κόστος συντήρησης. Η μεταφορά μπορεί επίσης να είναι δύσκολη και δαπανηρή, λόγω των του μεγέθους της κατασκευής . Επιπρόσθετα ένα καθόλου αμελητέο φαινόμενο είναι ότι οι εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν πασσαλοφόρους μπορούν να δημιουργήσουν υποβρύχιο θόρυβο που μπορεί να τραυματίσει ή να σκοτώσει κάποια θαλάσσια ζωή. Τέλος, οι αλλαγές στα τοπικά υδάτινα πρότυπα μπορεί να είναι επιζήμιες για τα ενδημικά θαλάσσια οικοσυστήματα.



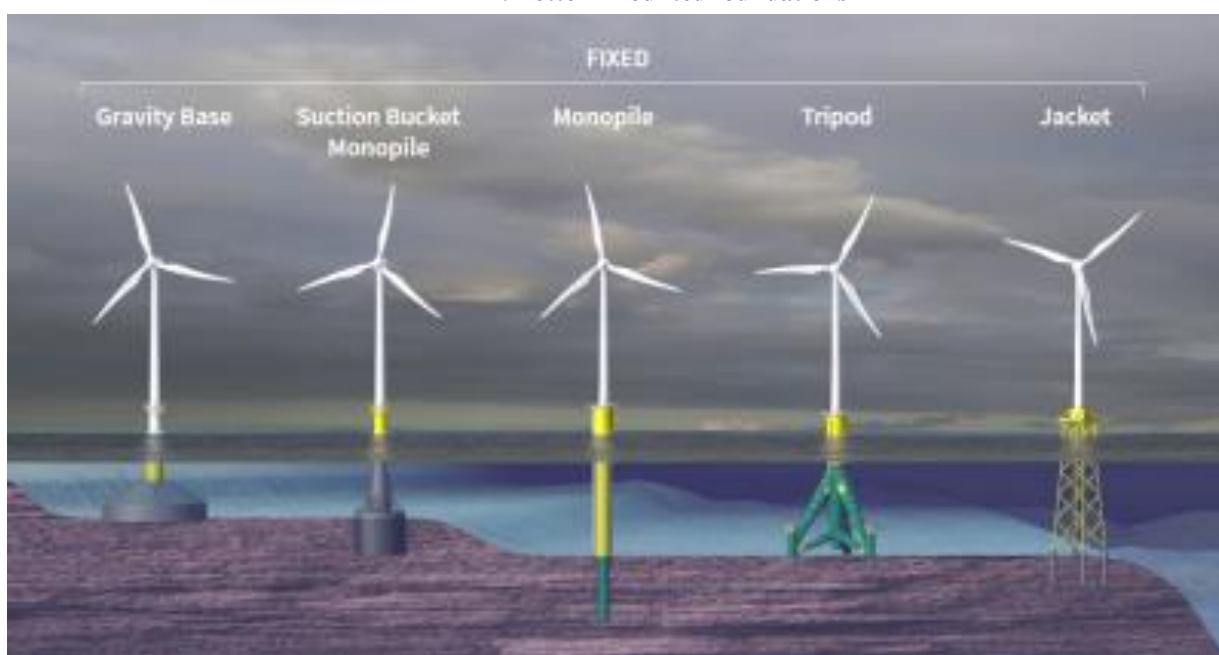
ΣΧΗΜΑ 22. Jacket foundation 1
(ΠΗΓΗ: OFFSHOREWIND)



ΣΧΗΜΑ 23. Jacket foundation 2
(ΠΗΓΗ: IBERDROLA)

Τέλος, αναφέρεται ο πιο απλός τρόπος θεμελίωσης μιας ανεμογεννήτριας σε υπεράκτιο περιβάλλον για ρηχά νερά (0-30m), το σύστημα Monopile. Ουσιαστικά αναφέρεται στη θεμελίωση του ίδιου του πυλώνα της ανεμογεννήτριας στο βυθό. Ο πυλώνας ενισχύεται με επιπλέον χάλυβα αυξάνοντας έτσι τη συνολική μάζα της βάσης του συστήματος, ώστε να αντέξει το βάρος ολόκληρης της κατασκευής. Το σύστημα αυτό δεν ενδείκνυται για βάθη μεγαλύτερα των 30m γιατί αυξάνεται κατά πολύ το συνολικό κόστος εγκατάστασης. Η ίδια τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί με τρίποδα Tripod αντί για μονό πυλώνα, οποίος παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή και θεωρείται καταλληλότερη σαν μέθοδος για πιο μεγάλες και βαριές ανεμογεννήτριες, σε σχέση με το σύστημα Monopile.

ΣΧΗΜΑ 24. Bottom mounted foundations



(ΠΗΓΗ: TETHYS)

Το σύστημα Monopile ή μονοπάσσαλα θεμέλια χρησιμοποιούνται σε νερά με μέγιστο βάθος περίπου 25 μέτρα. Οι μονοπάσσαλοι είναι ο λιγότερο δαπανηρός και πιο διαδεδομένος τύπος θεμελίωσης που χρησιμοποιείται στην υπεράκτια αιολική βιομηχανία, αλλά καθώς αυξάνεται το μήκος και το βάρος τους, έχουν αρχίσει να αντιμετωπίζουν δομικά προβλήματα. Αυτό περιορίζει το βάρος τους και το βάθος νερού στο οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Τα μονοπάσσαλα αποτελούνται από έναν χαλύβδινο πάσσαλο, ο οποίος ενσωματώνεται στον πυθμένα της θάλασσας. Η διείσδυση είναι ρυθμιζόμενη, ανάλογα με το περιβάλλον και τον πυθμένα τις συνθήκες του βυθού. Η διάμετρος και το πάχος του τοιχώματος εξαρτώνται από το βάθος του νερού και την τουρμπίνα μέγεθος. Ένα μεταβατικό τεμάχιο χρησιμοποιείται συνήθως στην κορυφή του μονοπάλου για τη

σύνδεση του με τον πύργο της τουρμπίνας. Τα μονοπάτια χρησιμοποιούνται συνήθως σε βάθη νερού μικρότερα από 25 μέτρα. Σε μεγαλύτερα βάθη, γίνονται πολύ ασταθή και αρχίζουν να δονούνται και να λυγίζουν. Ωστόσο, στο μέλλον είναι να δούμε μονοπάτια με μεγαλύτερες διαμέτρους, τα οποία θα είναι λιγότερο εύκαμπτα και συνεπώς θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βαθύτερα ύδατα. Η χρήση σκαφών jack-up είναι ο συνηθέστερος τρόπος εγκατάστασης μονοπαλών κατασκευές. Κατασκευάζονται από χάλυβα και εισχωρούν στον πυθμένα για περίπου 30 μέτρα με σφυρί (παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή υπεράκτιων πλατφορμών).



ΣΧΗΜΑ 25. Monopile foundation

(ΠΗΓΗ: RIVIERA)

Όσον αφορά το tripod, κατασκευάζεται από διάφορα κομμάτια που συγκολλούνται μεταξύ τους και στερεώνεται στο έδαφος με τρεις χαλύβδινους πασσάλους. Τα θεμέλια του tripod είναι σχεδιασμένα για χρήση σε μέγιστο βάθος έως 50 μέτρων, τα τριποδικά θεμέλια έχουν τριποδικές βάσεις με τρία πόδια που συνδέονται με μια κυλινδρική κεντρική στήλη κάτω από την ίσαλο γραμμή. Πάνω από τα κύματα, μοιάζει με μονοπάτι. Αυτά διαφέρουν από τα θεμέλια τριπλού πασσάλου, όπου τρία μεμονωμένα πόδια πασσάλου συνδέονται με έναν κεντρικό πύργο στήριξης πάνω από την ίσαλο γραμμή. Οι εγκαταστάσεις tripod επίσης αντέχουν καλά στη διάβρωση και το φαινόμενο της απόξεσης δεν είναι τόσο μεγάλο όσο για παράδειγμα με τους μονοπάτια. Ωστόσο, τα tripod δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θέσεις όπου ο πυθμένας είναι πολύ ανώμαλος, και όπου το βάθος του νερού είναι κάτω από 7 μέτρα, επειδή η κατασκευή μπορεί να προκαλέσει προβλήματα για

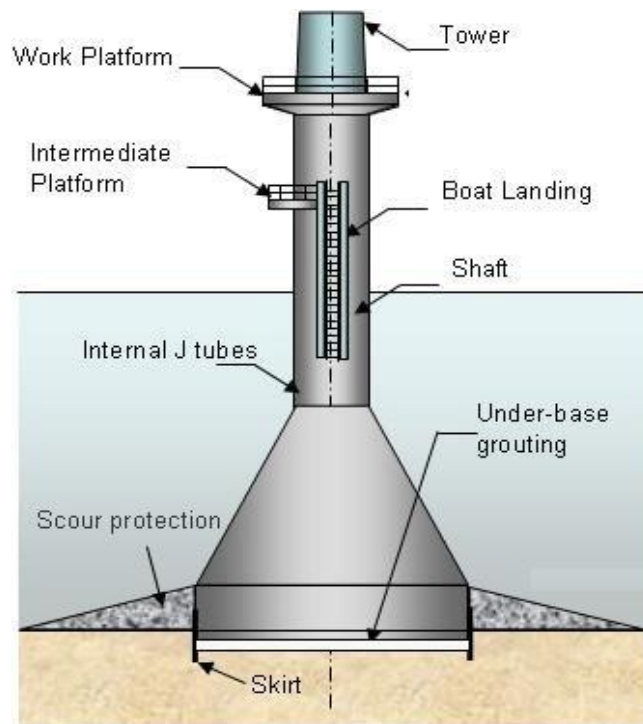
ένα σκάφος που πραγματοποιεί επιθεωρήσεις και συντήρηση, λόγω του βυθίσματος. Ο τριπλός πάσσαλος είναι αρκετά άκαμπτος και σταθερός, αλλά μπορεί να είναι βαρύς λόγω του ποσότητας του μετάλλου που χρησιμοποιείται. Χρησιμοποιείται σε βάθη νερού από 25 έως 40 μέτρα.



ΣΧΗΜΑ 26. Tripod foundation

(ΠΗΓΗ: PIXABAY)

Τέλος, υπάρχει ακόμα ένα σύστημα το οποίο ονομάζεται Gravity Base, χρησιμοποιείται στα πολύ ρηγά νερά (0-15m) και όπως υποδεικνύεται από το όνομα του, δεν θεμελιώνεται στο βυθό απλά έχει μια πολύ ισχυρή βάση, η οποία ακουμπάει στο βυθό της θάλασσας και αντέχει τα φορτία ολόκληρης της κατασκευής. Αναφέρεται ότι η μεταφορά του βαρέως εξοπλισμού είναι αρκετά δύσκολη και απαιτείται μια προετοιμασία του βυθού πριν την τοποθέτησή του. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει τα εξής πλεονεκτήματα : Αρχικά χρησιμοποιεί υλικά χαμηλότερου κόστους, όπως σκυρόδεμα και χάλυβα. Αποτελεί αποδεδειγμένη τεχνολογία δανεισμένη από τις βιομηχανίες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Ορισμένα σχέδια δεν χρειάζονται εγκατάσταση γερανού. Τα ρυμουλκά μπορούν να μεταφέρουν στη θέση τους τα λιμενικά συναρμολογημένα πλωτά προς σταθερά gravity base foundations , μειώνοντας το κόστος και τον κίνδυνο [14].



ΣΧΗΜΑ 27. Gravity base foundation
(ΠΗΓΗ: WIND ENERGY FACTS)



ΣΧΗΜΑ 28. Gravity base foundation
(ΠΗΓΗ: WINDPOWER ENGINEERING&DEVELOPMENT)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΜΕΛΕΤΗ

4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

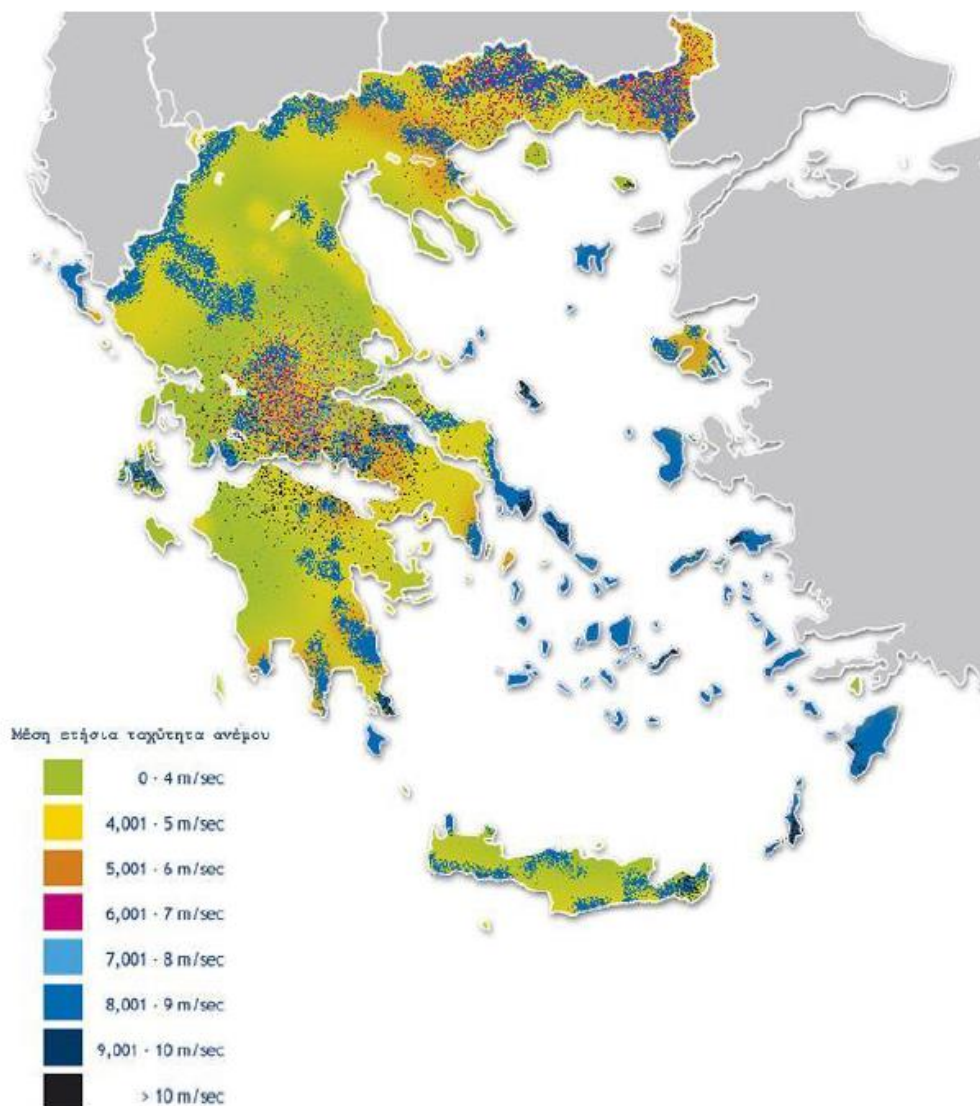
Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο αριθμό νησιών. Έτσι οι άνεμοι που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές, προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας. Σήμερα διαθέτει 58 έργα υπεράκτιων αιολικών πάρκων, εκ των οποίων μόνο 1 λειτουργεί κανονικά. Κανένα όμως δεν έχει προχωρήσει αρκετά στην κατασκευή ώστε να συνδεθούν οι ανεμογεννήτριες και να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. (κανένα δεν βρίσκεται στο στάδιο της κατασκευής και κανένα δεν έχει λάβει έγκριση ή έχει υποβάλει αίτηση για έγκριση.)

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα της Ελλάδας προβλέπει 7 GW αιολικής ενέργειας στη χώρα μέχρι το 2030. Επί του παρόντος, η Ελλάδα έχει εγκατεστημένα 4 GW αιολικής ενέργειας, όλα στη στεριά, καλύπτοντας το 12% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Όμως, το δυναμικό της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα δύναται να είναι πολύ μεγαλύτερο και θα μπορούσε να βοηθήσει τα νησιά να αποκτήσουν ενεργειακή αυτονομία.

Τα σημαντικότερα κριτήρια που ληφθούν υπόψη στη διαδικασία επιλογής της καταλληλότερης θέσης χωροθέτησης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου στον Ελλαδικό χώρο, ήταν τα εξής: Η χωροθέτηση πρέπει να γίνεται αυστηρά εντός των 6 ναυτικών μιλίων (περίπου 11km) από τη ξηρά και σε ελάχιστη επιτρεπτή απόσταση 1,5km από την ακτογραμμή. Ελαχιστοποίηση της οπτικής όχλησης από τις εγκαταστάσεις. Αποκλεισμός των περιοχών με βάθη μεγαλύτερα από 50m. Αποκλεισμός των περιοχών, όπου η ανάπτυξη αιολικών πάρκων είναι ασύμβατη με άλλες χρήσεις, όπως περιοχές του στρατού και περιοχές αλίευσης. Αποφυγή περιοχών με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως η Natura2000 (Το Ευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο Natura 2000 είναι ένα δίκτυο ζωνών προστασίας της φύσης που εκτείνεται σε ολόκληρη την Κοινότητα και έχει ως στόχο να διασφαλίσει τη μακροπρόθεσμη διατήρηση των πιο πολύτιμων και των πλέον απειλούμενων ειδών και ενδιαιτημάτων της σε ικανοποιητικό επίπεδο) [20] .

Τα νερά του Αιγαίου, σύμφωνα με τη στρατηγική μελέτη που έχει καταρτίσει το ΥΠΕΝ, μπορούν να φιλοξενήσουν ένα δυναμικό περίπου 10 GW υπεράκτιων αιολικών σταθερής έδρασης και 30 έως 40 GW πλωτής έδρασης. Οι ιδανικές περιοχές για πλωτά αιολικά, σύμφωνα με τα στοιχεία του ΥΠΕΝ, εντοπίζονται στις Κυκλάδες, στο Βόρειο

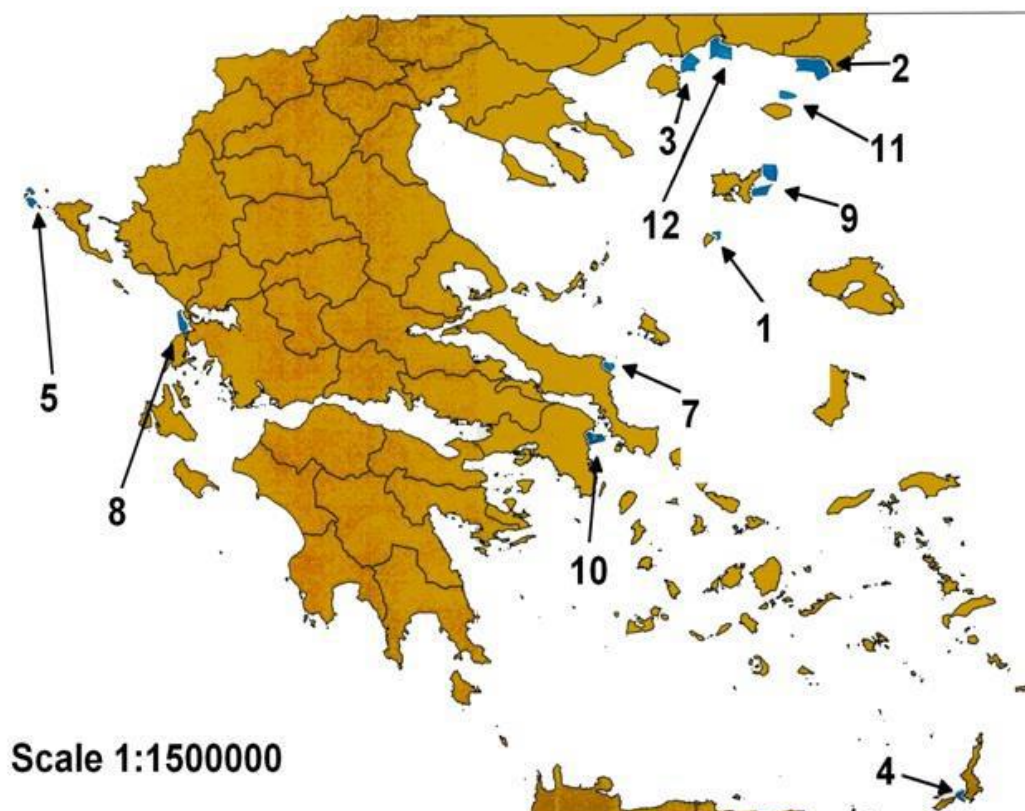
Αιγαίο (μεταξύ Λήμνου και Αγ. Ευστρατίου), στα Δωδεκάνησα (στον άξονα Ικαρίας – Πάτμου – Λέρου), καθώς και μεταξύ Κρήτης και Καρπάθου. Στον καθορισμό των περιοχών ελήφθησαν υπόψη το αιολικό δυναμικό, ο κυματισμός, η σεισμική δραστηριότητα, η κλίση του πυθμένα, τα βάθη κοντά στις ακτές, οι γεωπολιτικές συνθήκες και το εγκεκριμένο δεκαετές πρόγραμμα διασύνδεσης του ΑΔΜΗΕ.



ΣΧΗΜΑ 29. Αιολικός χάρτης της Ελλάδας
(ΠΗΓΗ: REDDIT)

Στην συνέχεια, γίνεται φανερό ότι παράγοντες που επηρεάζουν την χωροθέτηση, εγκατάσταση και λειτουργία ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου είναι τεχνικοί, χωρικοί, περιβαλλοντικοί και νομικοί. Δεδομένου ότι το αιολικό πάρκο θα γίνει στην Ελλάδα επιλέχθηκε ένας από τους 12 υποψήφιους χώρους που παρουσιάστηκαν στη σχετική εκδήλωση του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής στις

6/6/2010 και φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Οι θαλάσσιοι αυτοί χώροι κρίθηκαν κατάλληλοι για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων καθώς δεν χρησιμοποιούνται για άλλους λόγους, είναι δυνατή η σύνδεση τους με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, δεν έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις, περιορίζεται η οπτική όχληση και φυσικά έχουν το απαιτούμενο αιολικό δυναμικό. Καταλήξαμε λοιπόν στην τοποθέτηση του πάρκου στην ευρύτερη θαλάσσια περιοχή της Κύμης, Ευβοίας (σημείο 7) και συγκεκριμένα σε ακτίνα 6 μιλίων από την στεριά [30].



ΣΧΗΜΑ 30. Επιλεγμένες τοποθεσίες για κατασκευή υπεράκτιου αιολικό πάρκου από ΥΠΕΝ
(ΠΗΓΗ: ΥΠΕΝ)

Η περιοχή της Κύμης αποτελεί μία από τις επικρατέστερες θέσεις χωροθέτησης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Διαθέτει ένα αρκετά ισχυρό αιολικό δυναμικό, με ετήσια μέση τιμή ταχύτητας ανέμου περίπου στα 8,5m/s. Διαθέτει εύκολη και άμεση πρόσβαση στο ήδη υπάρχον δίκτυο τροφοδότησης, αλλά δυστυχώς το διαθέσιμο εμβαδό της προτεινόμενης περιοχής χωροθέτησης είναι μόλις 18,88km².

Αρχικά, για την κατασκευή ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου χρειάζονται τουλάχιστον 5-10 χρόνια για τον υπολογισμό των κύριων παραμέτρων ενός τέτοιου έργου όπως η επιλογή, ο σχεδιασμός, η χρηματοδότηση και η κατασκευή του. Σχετικά με το ποιος κατασκευάζει και πληρώνει το σύστημα για τη σύνδεση των ΘΑΠ στα δίκτυα μεταφοράς

ηλεκτρικής ενέργειας το έργο του συστήματος σύνδεσης πρέπει να διακρίνεται σε δύο μέρη: το θαλάσσιο τμήμα δηλαδή το υποβρύχιο καλώδιο και ο υποσταθμός ανοιχτής θάλασσας και το χερσαίο τμήμα δηλαδή ο χερσαίος υποσταθμός και το χερσαίο καλώδιο. Στο αποκεντρωμένο μοντέλο ο κύριος του έργου είναι υπεύθυνος για όλα τα τμήματα. Αντίστροφα στο συγκεντρωτικό μοντέλο υπεύθυνος όλων των τμημάτων είναι ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Στο ενδιάμεσο μοντέλο η συμμετοχή του Διαχειριστή αφορά κυρίως το χερσαίο τμήμα του συστήματος, ενώ το θαλάσσιο τμήμα και πάλι είναι ευθύνη του κύριου του έργου.

Σε όλες τις χώρες το νομικό πλαίσιο εξασφαλίζει την αποζημίωση του ιδιοκτήτη ΘΑΠ αν υπάρξουν α) καθυστερήσεις στην κατασκευή των έργων σύνδεσης, με την ευθύνη του Διαχειριστή του Δικτύου β) αν λόγω πλημμελούς συντήρησης ή περιορισμών δυνατότητας μεταφοράς ισχύος ο παραγωγός αναγκαστεί να διακόψει ή ελαττώσει την παραγωγή του, κομβικό παραμένει το κόστος διασύνδεσης των πάρκων με το ηλεκτρικό σύστημα, παράμετρος που εξετάστηκε σε συνεργασία με τον ΑΔΜΗΕ, ο οποίος και θα αναλάβει κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη της νέας αγοράς. Τέλος, εκτός «χάρτη» έμειναν περιοχές που μπορεί να διαθέτουν υψηλό θαλάσσιο αιολικό δυναμικό, αλλά το κόστος διασύνδεσης καθιστά ασύμφορες τις επενδύσεις [39].

4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Για το συγκεκριμένο Project με βάση όλα τα παραπάνω επιλέχθηκαν 30 ανεμογεννήτριες των 3MW. Ενδεικτικά, το μοντέλο των ανεμογεννητριών που εξετάστηκαν είναι της εταιρίας Vestas, Η ανεμογεννήτρια V112-3.0 Offshore. Είναι παραγωγή της Vestas Wind Systems A/S, ενός κατασκευαστή από τη Δανία. Ο εν λόγω κατασκευαστής δραστηριοποιείται από το 1979. Η ανεμογεννήτρια Vestas V112-3.0 MW βασίζεται σε μια δοκιμασμένη τεχνολογία, η οποία εξασφαλίζει αξιοπιστία, λειτουργικότητα και απόδοση στις μηχανές. Η ονομαστική ισχύς της Vestas V112-3.0 Offshore είναι 3,00 MW. Σε ταχύτητα ανέμου 3 m/s, η ανεμογεννήτρια αρχίζει να λειτουργεί. Η ταχύτητα αποκοπής ανέμου είναι 25 m/s.

POWER	
RATED POWER	3 MW
CUT-IN SPEED	3 m/s
RATED WIND SPEED	12 m/s
CUT-OUT SPEED	25 m/s
ROTOR	
DIAMETER	112 m
SWEPT AREA	9,852 m ²
NUMBER OF BLADES	3
ROTOR SPEED MAX	17.7 U/min
TIPSPEED	104 m/s
TYPE	54,6
POWER DENSITY 1	304,5 w/m ²
POWER DENSITY2	3,3 w/m ²
GEAR BOX	
TYPE	spur/plementary
STAGES	4
GENERATOR	
TYPE	synchronous permanent
NUMBER	1
VOLATGE	IGBT
GRID FREQUENCY	50/60 Hz

ΣΧΗΜΑ 31. Συγκεντρωτικός πίνακας με τα χαρακτηριστικά του μοντέλου vestas V112-3.0 μέσω της βοήθειας του excel

Η διάμετρος του ρότορα της Vestas V112-3.0 Offshore είναι 112 m. Η επιφάνεια του ρότορα ανέρχεται σε 9.852 m². Η ανεμογεννήτρια είναι εξοπλισμένη με 3 πτερύγια ρότορα. Η μέγιστη ταχύτητα του ρότορα είναι 17,7 U/min. Το ύψος του πύργου εξαρτάται από το βάθος της εγκατάστασης και προσαρμόζεται ανάλογα τις ανάγκες και τους στόχους που θέλουμε να επιτύχουμε. Όσον αφορά το foundation, τόσο για την μελέτη όσο και για την κατασκευή δεν την αναλαμβάνει η εταιρία αλλά κατάλληλα γραφεία που ειδικεύονται

στην θεμελίωση, με κατά κύριο λόγο πολιτικούς μηχανικούς και ειδικούς στην μελέτη του εδάφους [64].

Η καινοτόμα σχεδίαση της και το ολοκληρωμένο σύστημα κίνησης που διαθέτει, παρέχουν πολύ υψηλές αποδόσεις ενέργειας, χωρίς να έχουν αυξηθεί αισθητά το μέγεθος και το βάρος της. Το μεγάλο πλεονέκτημα που διαθέτει ο συγκεκριμένος τύπος ανεμογεννήτριας είναι ότι διαθέτει χαμηλή ταχύτητα εισόδου προκειμένου να ξεκινήσει να παράγει ισχύς. Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε από την καμπύλη ισχύος συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου της εκάστοτε περιοχής. Όπως μπορούμε να δούμε έχουμε cut-in ταχύτητα στα 3 m/s ενώ στην πλειονότητα των ανεμογεννητριών η τιμή αυτή είναι 4 m/s, αυτό μας δίνει σημαντικό κέρδος καθώς η ανεμογεννήτρια θα δουλεύει σε μεγαλύτερο εύρος ταχυτήτων, άρα θα δουλεύει περισσότερες ώρες με αποτέλεσμα να δίνει παραπάνω ισχύς.

Η εταιρεία Vestas διαθέτει ένα ασυναγώνιστο τμήμα ελέγχων και δοκιμών (Highly Accelerated Life Testing - HALT), το οποίο πραγματοποιεί αδιαλείπτως ελέγχους στον τρόπο λειτουργίας της ατράκτου και των επιμέρους εξαρτημάτων της, μειώνοντας έτσι το συνολικό κόστος συντήρησης. Χρησιμοποιούνται ειδικοί μηχανισμοί που εντοπίζουν αστοχίες και αδυναμίες του συστήματος, ώστε να προλαμβάνονται οι βλάβες και τα ατυχήματα και να εξασφαλίζεται η άριστη ποιότητα της κατασκευής. Επιπλέον, μέσω των ελέγχων εξασφαλίζεται η δύναμη και η αντοχή για το κιβώτιο ταχυτήτων, τη γεννήτρια και το σύστημα εκτροπής. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι, πραγματοποιούνται έλεγχοι στις διακυμάνσεις της κατασκευής, ώστε να διασφαλιστεί η βέλτιστη λειτουργία της τουρμπίνας, ανάλογα με την τοποθεσία χωροθέτησής της και τις συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν εκεί [62].

Επιπλέον, η Vestas διαθέτει ένα σύστημα Εποπτείας Ελέγχου και Συλλογής δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA) τελευταίας τεχνολογίας. Το ευέλικτο αυτό σύστημα περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα παρακολούθησης του σταθμού, παρέχοντας αναλυτικές αναφορές σχετικά με τον έλεγχο της τάσης, τη ρύθμιση της ισχύος και την αναδιάταξη της ισχύος με σκοπό τη βελτιστοποίηση των επιπέδων παραγωγής ενέργειας. Το σύστημα αυτό συνεισφέρει σημαντικά στην πρόβλεψη βλαβών η οποία προλαμβάνει τις έκτακτες και πολύ δαπανηρές επισκευές, οι οποίες οδηγούν σε διακοπή της λειτουργίας των ανεμογεννητριών. Είναι ιδιαίτερως σημαντική η ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών, οι οποίες μπορούν να εξασφαλίζουν την αδιάκοπη παραγωγή ενέργειας από το αιολικό πάρκο.

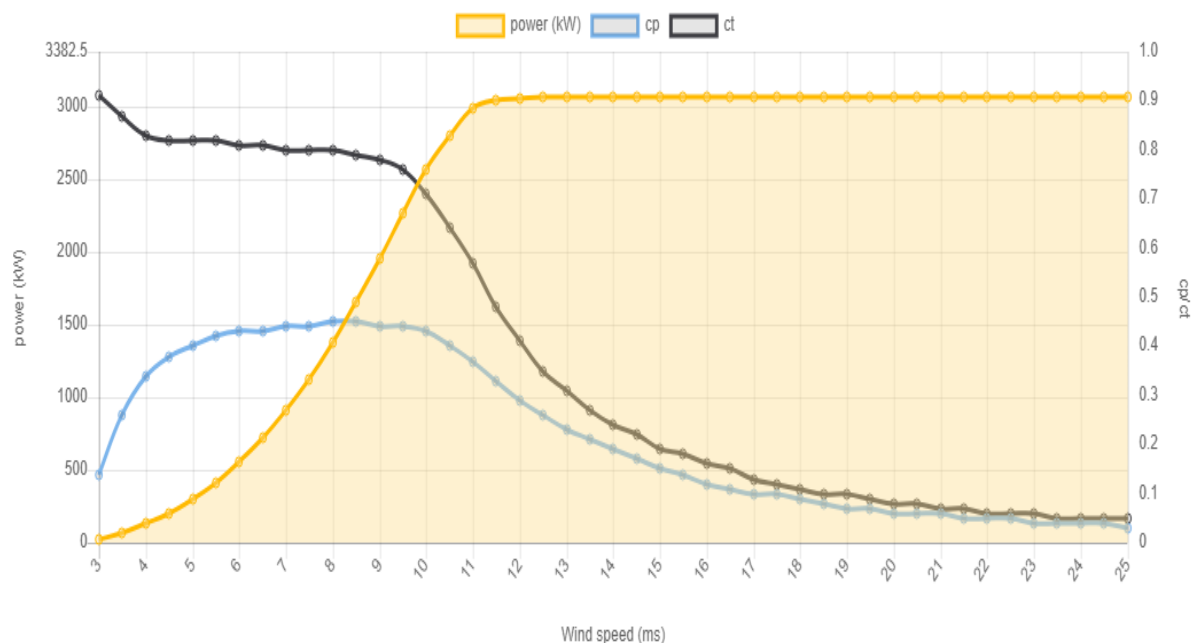
Η ισχύς μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της ανεμογεννήτριας και την ταχύτητα του ανέμου που διέρχεται από τον ρότορα. Η παροχή ισχύος (P) μιας ανεμογεννήτριας, δίνεται από τον τύπο:

$$P = \frac{1}{2} C_p \rho A U^3 \quad (1)$$

Όπου ρ , η πυκνότητα του αέρα (1.2 kg/m^3) C_p , ο συντελεστής ισχύος (power coefficient) A , το εμβαδόν που καλύπτουν τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας (swept area) U , η ταχύτητα του ανέμου. Από τον παραπάνω τύπο, προκύπτει ουσιαστικά ο ορισμός του τύπου για τον συντελεστή ισχύος (power coefficient C_p). Η ισχύς της κάθε τουρμπίνας μετατράπηκε σε Watt, η πυκνότητα πάρθηκε ίση με $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ και το εμβαδόν (swept area) της καθεμίας πάρθηκε σύμφωνα με τα δεδομένα του κατασκευαστή, για το εκάστοτε μοντέλο [65].

Για την εύρεση της ισχύς της ανεμογεννήτριας είναι αναγκαίο να έχουμε το power curve του εκάστοτε μοντέλου [63].

Power curve



ΣΧΗΜΑ 32. Power curve for model vestas V112-3MW

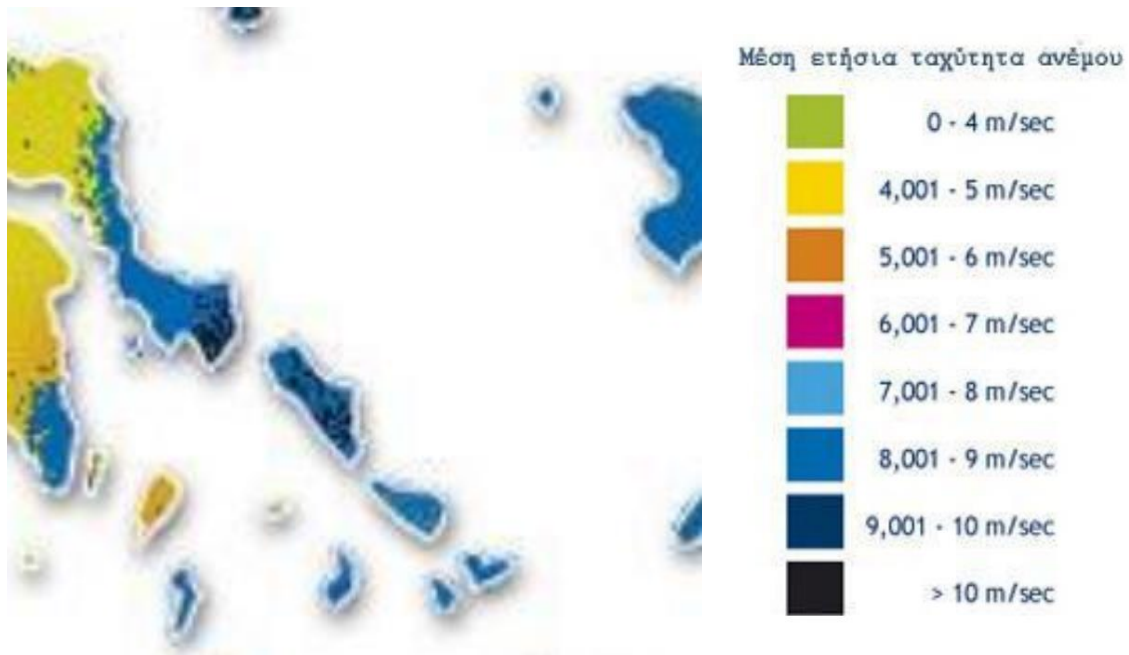
(ΠΗΓΗ: WIND-TURBINE-MODELS.COM)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ισχύς που παράγει το μοντέλο vestas V112-3MW για κάθε τιμή της ταχύτητας του αέρα

velocity(m/s)	power (kw)
1	0
2	0
3	23
4	130
5	301
6	557
7	912
8	1377
8,5	1654
9	1954
10	2572
11	2988
12	3000
13	3000
14	3000
15	3000
16	3000
17	3000
18	3000
19	3000
20	3000
21	3000
22	3000
23	3000
24	3000
25	3000

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται οι τιμές της ισχύος που παράγει η ανεμογεννήτρια, ανάλογα την ταχύτητα εισαγωγής του αέρα.

Όλα τα αποτελέσματα προκύπτουν από την καμπύλη ισχύος του συγκεκριμένου μοντέλου.



ΣΧΗΜΑ 33. Zoom στο σχήμα 29

(ΠΗΓΗ: REDDIT)

Από την παραπάνω εικόνα θα κάνω την υπόθεση πως η τοποθεσία για το project που μελετάμε έχει χωροθέτησης και δεύτερον, γιατί θεωρείται ένα μέτρο της ποιότητας και της μεταβλητότητας του ανέμου στη συγκεκριμένη περιοχή. Το ιδανικό είναι να μπορεί να επιτευχθεί η αδιάκοπη λειτουργία της ανεμογεννήτριας όλο το έτος (24/365), γιατί με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ισχύος. Αυτό δεν είναι εύκολα εφικτό, γι' αυτό αρκεί τα ποσοστά να είναι όσο το δυνατόν πιο υψηλά και ευνοϊκά για μια περιοχή.

Αν λοιπόν είναι γνωστό, ότι μία τουρμπίνα λειτουργεί με ταχύτητα 8,5m/s, τότε είναι πολύ εύκολο να προκύψουν οι ώρες λειτουργίας (Number of hours per year) της τουρμπίνας ανά έτος (στη συγκεκριμένη ταχύτητα (8,5m/s)), πολλαπλασιάζοντας με το σύνολο των ωρών ανά έτος (365×24 hours). Αξίζει να αναφερθεί πως τα ποσοστά αυτά, αφορούν στην παραγόμενη ισχύ της τουρμπίνας με βάση τον άνεμο και δεν συμπεριλαμβάνονται ακόμα οι απώλειες μέχρι την παραγωγή καθαρής ισχύος σε μορφή ηλεκτρικού ρεύματος. Στη συνέχεια προκύπτει η παραγωγή ισχύος της τουρμπίνας σε MWh, πολλαπλασιάζοντας τις ώρες λειτουργίας με την καμπύλη ισχύος της τουρμπίνας (σε MW), ως εξής :

Η προτεινόμενη γεννήτρια έχει ονομαστική ισχύ 3000 kW.

Υποθετικά στο σενάριο το οποίο μελετάμε, αν δουλέψει σε πλήρη ισχύ για 24 ώρες την ημέρα και 365 μέρες θα παράγει ενέργεια 26.280MWh σε ένα χρόνο.

$(3000 \text{ kW}) \times (365 \text{ ημέρες} \times 24 \text{ ώρες}) = 26.280.000 \text{ kWh/έτος} = 26.280 \text{ MWh/year}$

Προβλεπόμενη απόδοση ισχύος 55,1%, το οποίο προκύπτει από :

$$\text{ΑΠΟΔΟΣΗ} = \frac{\text{Ρλειτουργειας}}{\text{Ρονομαστικο}} = \frac{1654}{3000} = 0,551$$

οπότε η γεννήτρια θα παράγει

15.768 MWh για ένα έτος :

$$55,1\% \times 26.280 \text{ MWh} = 14.489 \text{ MWh/year}$$

Αυτή θα είναι η διαθέσιμη εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από κάθε μία από τις 30 ανεμογεννήτριες .

Ως εκ τούτου , υπολογίζεται ότι συνολικά 434.671,2 MWh είναι ο αριθμός των μονάδων που αναμένεται να είναι διαθέσιμα προς πώληση κάθε χρόνο:

$$P_TOTAL_ANNUAL = (14.489 \text{ MWh/year}) \times (30 \text{ ανεμογεννήτριες})$$

$$P_TOTAL_ANNUAL = 434.671,2 \text{ MWh/year}$$

μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου ότι είναι μεταξύ 8,001-9 m/s.

Θα πάρω σαν τιμή το μέσο των παραπάνω τιμών .

$$U = 8,5 \text{ m/s}$$

Στην συνέχεια μέσω της καμπύλης ισχύος της ανεμογεννήτριας, προκύπτει και η αντίστοιχη τιμή της ισχύος.

$$P = 1654 \text{ kw}$$

Το ποσοστό λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας σε μια συγκεκριμένη περιοχή εγκατάστασης, θεωρείται και αυτό ένα σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης. Πρώτον, γιατί αναζητείται η αποδοτικότερη επιλογή ανεμογεννήτριας για το εκάστοτε σημείο [57].

Η παραπάνω διαδικασία έγινε με την βοήθεια του excel.

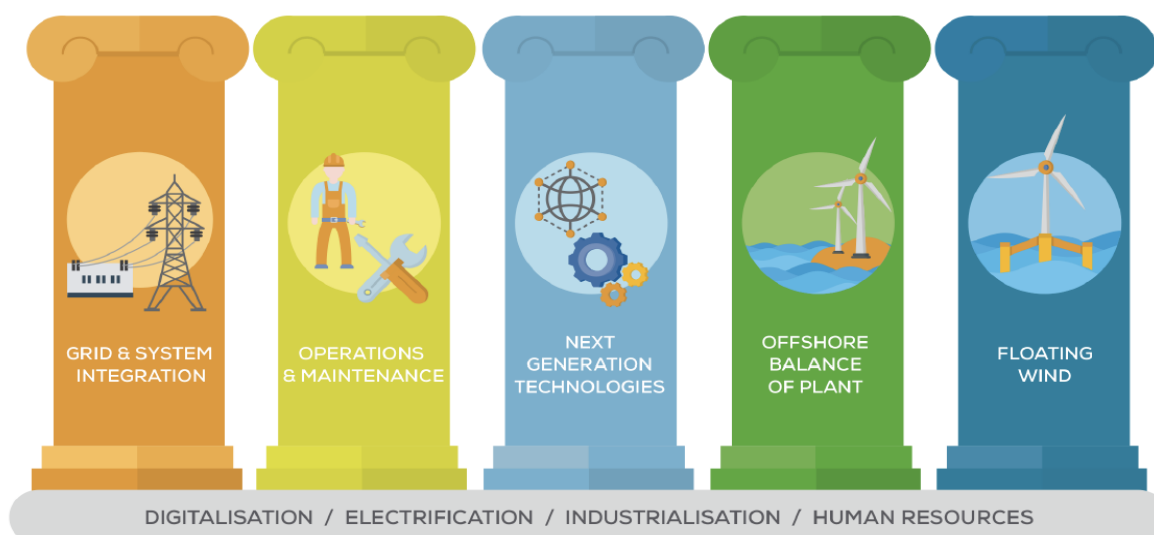
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Υπολογισμός της συνολικής ετήσιας παραγωγής ισχύος

ANNUAL POWER CALCULATION	
U [m/s]	8,5
P_leit [kw]	1654
P_on [kw]	3000
capacity_factor	0,551333333
time [hours]	8760
P_annual [KW]	14489040
P_annual [MW]	14489,04
P_annual_total [KW]	434671200
P_annual_total[MW]	434671,2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.1 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Κάθε επενδυτικό σχέδιο προτού πραγματοποιηθεί πρέπει να εξετασθεί ως προς τη βιωσιμότητά του. Η χρηματοοικονομική ανάλυση στοχεύει στην αποδοχή ή την απόρριψη του υπό διερεύνηση επενδυτικού σχεδίου. Για την οικονομική αξιολόγηση μιας επένδυσης χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες με πιο συνηθισμένους τον Σταθμισμένο Κόστος Ενέργειας (LCOE), τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (IRR-EBA), την Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής (ΕΠΑ-DPP) και την Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV-ΚΠΑ). Στην συνέχεια θα μιλήσουμε για τις βασικές έννοιες που πρέπει να γνωρίζουμε για τους υπολογισμούς μας.



ΣΧΗΜΑ 34. Strategic research innovation agenda

(ΠΗΓΗ: ETIPwind)

Το ισοσταθμισμένο κόστος ενέργειας (LCOE): είναι ένας δείκτης για την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας ή της θερμότητας που απαιτείται για ένα έργο όπου τα έσοδα θα είναι ίσα με το κόστος, συμπεριλαμβανομένης της απόδοσης του επενδυμένου κεφαλαίου που ισούται με το προεξοφλητικό επιτόκιο. Η μέθοδος αυτή αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τη σύγκριση του μοναδιαίου κόστους διαφορετικών τεχνολογιών κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους.

Επενδυτικό κόστος (αναφέρεται επίσης ως CAPEX ή κεφαλαιουχικές δαπάνες): αφορά ειδικά την αρχική επένδυση που απαιτείται για τη δημιουργία ενός νέου συστήματος

παραγωγής ενέργειας (μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή/και θερμότητας). Το κόστος κατά τη διάρκεια της νύχτας περιλαμβάνει συνήθως το κόστος σύνδεσης με το δίκτυο εκτός από την υπεράκτια αιολική ενέργεια.

Κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M- αναφέρεται ως OPEX ή λειτουργικές δαπάνες): οι δαπάνες αυτές περιλαμβάνουν σταθερά και μεταβλητά έξοδα για τη λειτουργία και τη συντήρηση (εκτός από το κόστος καυσίμων). Στην συγκεκριμένη περίπτωση, το OPEX αφορά ειδικά το κόστος λειτουργίας και διαχείρισης των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας.

Το προεξοφλητικό επιτόκιο: αντικατοπτρίζει το μέσο κόστος κεφαλαίου, καθώς χρησιμοποιείται για την προεξόφληση των τιμών στο τρέχον/παρούσα έτος. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι πραγματικές οικονομικές συνθήκες για την επιστροφή CAPEX μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές από έργο σε έργο, οδηγώντας σε διαφορετικά αποτελέσματα LCOE.

Συντελεστής δυναμικότητας (αναφέρεται επίσης ως capacity factor): είναι η σχέση μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει μια μονάδα και της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παρήγαγε αν λειτουργούσε σε πλήρη δυναμικότητα 100% του χρόνου. Είναι ένα μέτρο του χρόνου που παράγει μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα έτος, υποθέτοντας ότι παράγει πάντα σε πλήρες φορτίο (ισοδύναμες ώρες πλήρους φορτίου), διαιρούμενο με τον αριθμό των ωρών σε ένα έτος.

Το κόστος κεφαλαίου μιας ημέρας χρησιμοποιείται ως δεδομένο για το κόστος επένδυσης. Το overnight capital costs λαμβάνει ήδη υπόψη το κόστος που σχετίζεται με την περίοδο κατασκευής των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος λειτουργίας και διαχείρισης διακρίνεται σε σταθερό και μεταβλητό (FO&Mt και VO&Mt, αντίστοιχα). Το FO&Mt περιλαμβάνει συνήθως ασφάλιση, εργατικό κόστος, διοίκηση, πάγια τέλη πρόσβασης στο δίκτυο και συμβάσεις παροχής υπηρεσιών για προγραμματισμένη συντήρηση. Τα VO&Mt είναι όλα τα μεταβλητά λειτουργικά έξοδα που δεν είναι καύσιμα και σχετίζονται με την απρογραμμάτιστη συντήρηση, την αντικατάσταση του εξοπλισμού και το πρόσθετο κόστος συντήρησης και εργασίας.

5.1.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΑΠΑΝΩΝ

Όσον αφορά τις τιμές για το συγκεκριμένο έργο είναι κάτι που θα κάνουμε ορισμένες υποθέσεις, καθώς οι τιμές αλλάζουν με τις ανάγκες των καιρών και καταστάσεις όπως η πανδημία ή ο πόλεμος στην Ουκρανία είναι αστάθμητοι παράγοντες όπου δυσκολεύουν μια ακριβής μελέτη. Επιπλέον μετά από τηλεφωνική επικοινωνία με έναν εκ των μηχανολόγων μηχανικών (Ξενοφών Χ.), που εργάζονται στο κομμάτι των ανεμογεννητριών, του ελληνικού κολοσσού ΓΕΚ ΤΕΡΝΑ, μου εξήγησε πως ένα cost breakdown σε ένα επερχόμενο τέτοιο είδους έργο δεν μπορεί να γίνει καθώς οι κατασκευαστές δεν δίνουν πουθενά κάποιου είδους τιμοκατάλογο, αλλά και πως κάθε έργο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά .

Μετά από σχετική μελέτη, βρήκα πληροφορίες για το αναλυτικό cost breakdown για offshore ανεμογεννήτρια με ονομαστική ισχύ ίση με 1MW. Το μοντέλο για την παραπάνω μελέτη έχει ονομαστική ισχύ με 3 MW, έτσι και μετά από το σχετικό τηλέφωνο με τον άνθρωπο της ΓΕΚ ΤΕΡΝΑ, θα πάρω προσεγγιστικά ότι το κόστος για το μοντέλο που μελετώ θα είναι ίσο με 3 φορές της ανεμογεννήτριας της μίας μεγαβατόρας.

Μια πιο λεπτομερής ανάλυση του τυπικού κόστους παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα. Σημειώστε ότι τα ποσά που παρουσιάζονται είναι στρογγυλοποιημένα, επομένως τα σύνολα ενδέχεται να μην ισούνται με το άθροισμα των επιμέρους όρων. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μπορεί να υπάρχει μεγάλη διακύμανση του κόστους μεταξύ των έργων, οπότε οι τιμές που αναφέρονται πρέπει να θεωρούνται μόνο ενδεικτικές.

Το κόστος ενός αιολικού πάρκου αποτελείται από το κόστος επένδυσης, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) και το κόστος απομάκρυνσης του πάρκου. Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε, είναι εφικτό να υπολογιστούν οι κεφαλαιουχικές δαπάνες (CAPEX), οι λειτουργικές δαπάνες (OPEX) και τις δαπάνες παροπλισμού (DECEX) [44].

Για μία ανεμογεννήτρια φαίνεται παρακάτω:

CAPEX

Category	Rounded cost (£/MW)
Development and project management	120,000
Development and consenting services	50,000
Environmental impact assessments	8,000
Other (includes developer staff hours and other subcontract work)	42,000
Environmental surveys	4,000
Benthic environmental surveys	450
Fish and shellfish surveys	400
Ornithological environmental surveys	1,000
Marine mammal environmental surveys	1,000
Onshore environmental surveys	550
Human impact studies	350
Resource and metocean assessment	4,000
Structure	3,000
Sensors	650
Maintenance	300
Geological and hydrological surveys	4,000
Geophysical surveys	700
Geotechnical surveys	2,500
Hydrographic surveys	800
Engineering and consultancy	4,000
Other (includes lost projects that incur development expenditure)	54,000

ΣΧΗΜΑ 35. Cost of development and project management

(ΠΗΓΗ: BVGAssociates)

Turbine	1,000,000
Nacelle	400,000
Bedplate	20,000
Main bearing	20,000
Main shaft	20,000
Gearbox	70,000
Generator	100,000
Power take-off	70,000
Control system	25,000
Yaw system	17,000
Yaw bearing	7,000
Nacelle auxiliary systems	7,000
Nacelle cover	10,000
Small engineering components	25,000
Structural fasteners	7,000
Rotor	190,000
Blades	130,000
Hub casting	15,000
Blade bearings	20,000
Pitch system	10,000
Spinner	2,000
Rotor auxiliary systems	4,000
Fabricated steel components	8,000
Structural fasteners	7,000
Tower	70,000
Steel	60,000
Tower internals	7,000
Other (includes assembly, wind turbine supplier aspects of installation and commissioning, profit and warranty)	340,000

ΣΧΗΜΑ 36. Cost of turbine parts construction
(ΠΗΓΗ: BVGAssociates)

Balance of plant	600,000
Cables	170,000
Export cable	130,000
Array cable	35,000
Cable protection	2,000
Turbine foundation	280,000
Transition piece	100,000
Corrosion protection	20,000
Scour protection	10,000
Offshore substation	120,000
Electrical system	45,000
Facilities	20,000
Structure	60,000
Onshore substation	30,000
Buildings, access and security	8,000
Other (includes electrical equipment and systems)	22,000
Operations base	3,000

ΣΧΗΜΑ 37. Cost of balance plant
(ΠΗΓΗ: BVGAssociates)

Installation and commissioning	650,000
Foundation installation	100,000
Offshore substation installation	35,000
Onshore substation construction	25,000
Onshore export cable installation	5,000
Offshore cable installation	220,000
Cable burial	20,000
Cable pull-in	7,500
Electrical testing and termination	6,500
Other (includes cable-laying vessel, survey works, route clearance, cable protection systems)	186,000
Turbine installation	50,000
Offshore logistics	3,500
Sea-based support	2,500
Marine coordination	850
Weather forecasting and metocean data	300
Other (insurance, contingency (spent) and construction project management)	212,000

ΣΧΗΜΑ 38. Cost of installation and commissioning

(ΠΗΓΗ: BVGAssociates)

OPEX

Operation, maintenance and service (per annum)	75,000
Operations	25,000
Training	500
Onshore logistics	450
Offshore logistics	1,600
Health and safety inspections	400
Other (insurance, environmental studies and compensation payments)	22,000
Maintenance and service	50,000
Turbine maintenance and service	33,000
Balance of plant maintenance and service	18,000

ΣΧΗΜΑ 39. Cost of operation maintenance and service

(ΠΗΓΗ: BVGAssociates)

DECEX

Decommissioning	330,000
Turbine decommissioning	45,000
Foundation decommissioning	75,000
Cable decommissioning	140,000
Substation decommissioning	65,000

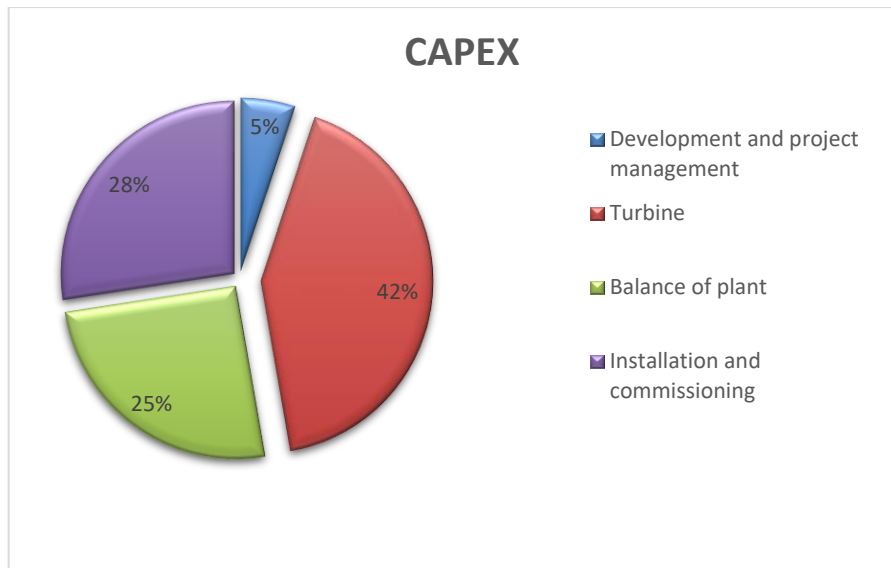
ΣΧΗΜΑ 40. Cost of decommissioning

(ΠΗΓΗ: BVGAssociates)

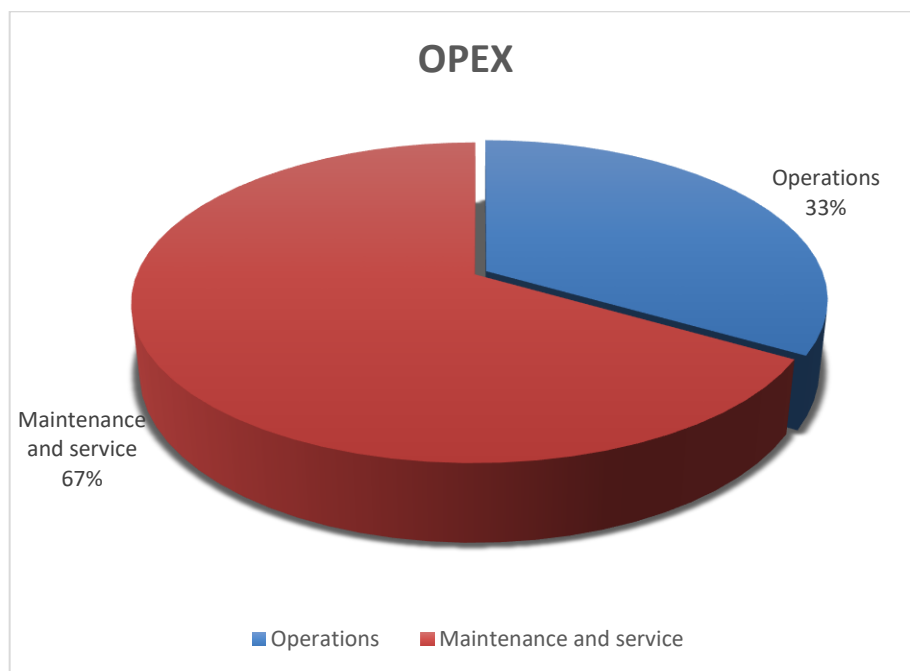
Στην συνέχεια κάνουμε τις απαραίτητες μετατροπές σε € και προσαρμόζουμε τα κόστη για το μοντέλο ανεμογεννήτριας που συζητάμε. Ακολουθεί αναλυτικό cost breakdown το οποίο πραγματοποιήθηκε μέσω excel:

COST BREAKDOWN					
CAPEX		OPEX		DECEX	
Development and project management	103448,3	Operations	21551,7	Decommissioning	284482,7586
1) Development and consenting services	43103,4	1) Training	431,0	1) Turbine decommis:	38793,10345
2) Environmental surveys	3448,3	2) Onshore logistics	387,9	2) Foundation decom	64655,17241
3) Resource and metocean assessment	3448,3	3) Offshore logistics	1379,3	3) Cable decommissi	120689,6552
4) Geological and hydrological surveys	3448,3	4) Health and safety inspections	344,8	4) Substation decommi	56034,48276
5) Engineering and consultancy	3448,3	5) Other	18965,5		
6) Other	46551,7				
Turbine	862069,0	Maintenance and service	43103,44828		
1) Nacelle	344827,6	1) Turbine maintenance and service	28448,27586		
2) Rotor	163793,1	2) Balance of plant maintenance and s	15517,24138		
3) Tower	60344,8				
4) Other	293103,4	TOTAL OPEX	193965,5172	TOTAL DECEX	284482,7586
Balance of plant	517241,4				
1) Cables	146551,7				
2) Turbine foundation	241,4				
3) Offshore substation	103448,3				
4) Onshore substation	25862,1				
5) Operations base	2586,2				
Installation and commissioning	560344,8				
1) Foundation installation	86206,9				
2) Offshore substation installation	30434,8				
3) Onshore substation construction	21,6				
4) Onshore export cable installation	4310,3				
5) Turbine installation	43103,4				
6) Offshore logistics	3017,2				
7) Other	182758,6				
TOTAL CAPEX	6129310				

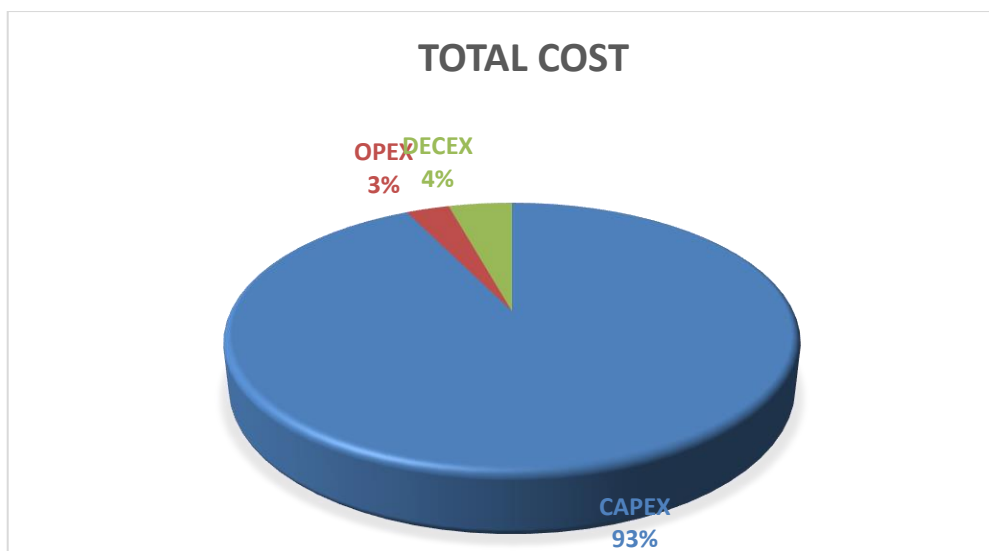
ΣΧΗΜΑ 41. Υπολογισμός cost breakdown με την βοήθεια του excel



ΣΧΗΜΑ 42. Capex statistics pie με την βοήθεια του excel



ΣΧΗΜΑ 43. Opex statistics pie με την βοήθεια του excel



ΣΧΗΜΑ 44. Total cost statistics pie με την βοήθεια του excel

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μπορεί να υπάρχει μεγάλο εύρος τιμών για κάθε στοιχείο, λόγω συγκεκριμένων χρονικών ή τοπικών ζητημάτων, συναλλαγματικών ισοτιμιών, ανταγωνισμού και συνθηκών σύναψης συμβάσεων. Οι τιμές για τα μεγάλα στοιχεία περιλαμβάνουν την παράδοση στο πλησιέστερο λιμάνι στον προμηθευτή και το κόστος εγγύησης. Το κόστος του κατασκευαστή (συμπεριλαμβανομένης της εσωτερικής διαχείρισης του έργου και της κατασκευής, της ασφάλισης, των απρόβλεπτων δαπανών και των γενικών εξόδων) περιλαμβάνεται στα πλαίσια του υψηλότερου επιπέδου, αλλά δεν αναλύεται.

Επειδή οι παραπάνω τιμές είναι σε λίρες στο παρακάτω excel υπολογίζω τις τιμές αρχικά για το μοντέλο της 1 MW και στην συνέχεια κάνω την αναλογία για το μοντέλο των 3 MW που έχω επιλέξει.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Υπολογισμός του συνολικού κόστους της κατασκευής

CAPEX	6129310,345
OPEX	193965,5172
DECEX	284482,7586
TOTAL_COST_1_wind turbine	6607758,621
TOTAL_COST_30_wind turbines	198232758,6

5.1.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ LCOE

Ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος δείκτης για τη σύγκριση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας είναι το σταθμισμένο κόστος ενέργειας (LCOE), το οποίο δίνει το σημερινό μέσο κόστος μονάδας ηλεκτρικής ενέργειας για μια συγκεκριμένη τεχνολογία παραγωγής. Παρόλο που παρουσιάζει μειονεκτήματα, όπως η αβεβαιότητα των εισροών και η μη συνεκτίμηση του κόστους του συστήματος, ο LCOE εξακολουθεί να είναι ένας από τους πλέον κατάλληλους δείκτες κόστους για τη σύγκριση διαφορετικών τεχνολογιών παραγωγής. Ο δείκτης αυτός αντιπροσωπεύει την απαιτούμενη τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας ώστε να αποσβένονται όλα τα επιμέρους κόστη της επένδυσης σε όλη τη διάρκεια ζωής της. Πιο συγκεκριμένα, εκφράζει σε τιμές παρούσας αξίας το κόστος που απαιτείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη τη διάρκεια ζωής μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής σταθμισμένο ως προς τη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνυπολογίζοντας όλες τις επιμέρους συνιστώσες κόστους (κόστος επένδυσης, λειτουργίας, καυσίμου, δανειοδότησης, ασφάλισης κ.λπ.).

Υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού κόστους κατά την οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης προς τη συνολική παραγωγή του σταθμού, εκφρασμένα σε όρους παρούσας αξίας:

$$LCOE = \frac{\text{Total lifetime cost}}{\text{Total lifetime energy production}}$$

$$LCOE = \frac{\sum \frac{(I_t + M_t + F_t)}{(1+r)^t}}{\sum \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Όπου:

- I : Επενδυτικό κόστος
- M_t : Σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης κατά το έτος $t +$ το μεταβλητό κόστος λειτουργίας και συντήρησης εξαιρουμένου του κόστους καυσίμων κατά το έτος t
- F_t : Κόστος καυσίμων κατά το έτος t
- E_t : Παραγωγή ενέργειας κατά το έτος t
- r : Επιτόκιο προεξόφλησης
- t : Αναμενόμενη διάρκεια ζωής του περιουσιακού στοιχείου

Τυπικά ο δείκτης LCOE υπολογίζεται για τη διάρκεια ζωή του έργου και εκφράζεται σε μονάδες νομίσματος ανά kWh(€/kWh)

Η μεθοδολογία LCOE επιτρέπει τη συγκέντρωση όλων των δαπανών που συνδέονται με την παραγωγή ενέργειας, δίνοντας ένα αποτέλεσμα (ή ένα εύρος αποτελεσμάτων) που θα χρησιμεύσει ως υποκατάστατο για την τεχνολογία. Επειδή το αποτέλεσμα είναι πάντα στην ίδια μονάδα. Η μέθοδος επιτρέπει διασταυρούμενες τεχνολογικές συγκρίσεις δίνοντας μια εκτίμηση σχετικά με το ποιες τεχνολογίες είναι φθηνότερες, παρά τις διαφορές τους στη δυνατότητα κατανομής για παράδειγμα. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συνήθως για τον καθορισμό μέσων στήριξης με βάση τις τιμές, όπως πριμοδοτήσεις, τιμολόγια τροφοδότησης, συμβόλαια επί της διαφοράς και πράσινα πιστοποιητικά [22].

Ωστόσο, η μεθοδολογία αυτή έχει περιορισμούς. Δεν λαμβάνει υπόψη τις ροές εσόδων των συστημάτων, το επίπεδο του ανταγωνισμού, ούτε βασικούς χρηματοοικονομικούς δείκτες για τις επενδυτικές αποφάσεις. Επιπλέον, η σύγκριση μεταξύ τεχνολογιών πρέπει να γίνεται με προσοχή. Η μεθοδολογία LCOE δεν περιλαμβάνει δείκτες που βασίζονται στη δυνατότητα διανομής και την αξιοπιστία της τεχνολογίας. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορεί να αντικατοπτρίζει τις ωριαίες συνθήκες της αγοράς, οι οποίες επηρεάζονται έντονα από τις μετεωρολογικές συνθήκες (για τις διαλείπουσες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας), τη διαθεσιμότητα καυσίμων (για τα θερμικά συστήματα), τη ζήτηση αιχμής και άλλους παράγοντες. Λαμβάνοντας υπόψη όλες αυτές τις πτυχές, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα έκθεση μπορούν να γίνουν καλύτερα κατανοητά και να ερμηνευθούν.

Όπου :

P=Plant size =3MW 30 = 90 MW

$$\text{CAPACITY FACTOR} = \frac{\text{Πλειτουργειας}}{\text{Ρονομαστικο}} = \frac{1654}{3000} = 0,551 = 55,1\%$$

$$\text{OPEX/KW} = \frac{193965,5172}{3000} = 64,65 \text{ \$/KW}$$

$$\text{CAPEX/KW} = \frac{6129310,345}{3000} = 2043 \text{ \$/KW}$$

MORTGAGE PERIOD=25 years

INTEREST RATE= 6%, μετά από μελέτη παρόμοιων Project τα οποία έχουν πραγματοποιηθεί το κόστος κεφαλαίου λήφθηκε ίσο με 6%

Levelized Cost of Energy Calculator +

Fuel Source:	<input type="text" value="Wind"/>	↕	i
Technology:	<input type="text" value="Off shore"/>	↕	i
Plant Size:	<input type="text" value="90"/>	MW	i
Capacity Factor:	<input type="text" value="55"/>	%	i
Variable Costs:			
Fuel Cost:	<input type="text" value="0"/>	\$/MMBtu	i
Heat Rate:	<input type="text" value="0"/>	Btu/kWh	i
Fixed Operational & Maintenance:	<input type="text" value="64.65"/>	\$/kW-year	i
Variable Operational & Maintenance:	<input type="text" value="0"/>	\$/MWh	i
Capital Costs:			
Overnight Costs:	<input type="text" value="2043"/>	\$/kW	i
Interest Rate:	<input type="text" value="6"/>	%	i
Mortgage Period:	<input type="text" value="25"/>	years	i
<input type="button" value="Calculate"/>		<input type="button" value="Revert"/>	
Levelized Cost of Energy: \$46.59 / MWh			

ΣΧΗΜΑ 45. Υπολογισμός του LCOE με την βοήθεια calculator

(ΠΗΓΗ: [LCOE CALCULATOR](#))

Ένας επιπλέον χρήσιμος ορισμός για το ισοσταθμισμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE), είναι πως ορίζεται ως η τιμή στην οποία θα πρέπει να πωλείται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ώστε το σύστημα να είναι αποδοτικό στο τέλος της διάρκειας ζωής του.

Από την στιγμή που η ενέργεια από την παραγόμενη ισχύς της ισχύς της ανεμογεννήτριας θα πωλείται στην Εθνική Εταιρεία Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) της οποίας η Ειδική Τιμή Αγοράς ανέρχεται σε 52,55 (€/MWh) και η τιμή του LCOE είναι ίση με 46,59 (\$/MW), δηλαδή ίση με 44,72 (€/ MWh), αντιλαμβανόμαστε πως η συγκεκριμένη μελέτη είναι βιώσιμη [39].

5.1.3 ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Τώρα θα προχωρήσουμε στο πως μπορεί να υλοποιηθεί το project που μελετιέται από την πλευρά της χρηματοδότησης. Τέτοιου τύπου επενδύσεις ανήκουν στην κατηγορία των στρατηγικών επενδύσεων και επιδοτούνται αρκετά τόσο από την ΕΕ, αλλά και μπορούν να αποσπάσουν πολλοί καλούς όρους δανειοδότησης. Κρίνεται σε αυτό το σημείο απαραίτητο επίσης να δοθούν οι ορισμοί διαφόρων οικονομικών παραγόντων βάσει των οποίων θα κριθεί η βιωσιμότητα της επένδυσης [4].

- Προεξοφλητικό επιτόκιο: χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η παρούσα αξία μιας σειράς μελλοντικών εισροών ή εκροών. Εκφράζει είτε το κόστος κεφαλαίου της ήδη υπάρχουσας επιχείρησης, είτε το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο από τον αποφασίζονται, προκειμένου να καλυφθεί ο κίνδυνος της εξεταζόμενης επένδυσης έναντι μιας πιο ασφαλούς τοποθέτησης. Στην παρούσα εργασία λήφθηκε ως 6%.
- Κρατική Επιδότηση: ο νέος αναπτυξιακός νόμος δεν προβλέπει την επιδότηση νέων επενδύσεων σε έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά αυτό δεν κρίνεται περιοριστικό σε αυτή την εργασία καθώς είναι κάτι που αλλάζει ανάλογα με την εκάστοτε πολιτική της χώρας.
- Διάρκεια ζωής έργου: είναι η διάρκεια κατά την οποία αξιολογείται η οικονομική βιωσιμότητα του έργου. Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4 η άδεια παραγωγής χορηγείται για 25 χρόνια. Για αυτό τον λόγο και επειδή ακόμα δεν υπάρχει κάποιο υπεράκτιο αιολικό πάρκο με ηλικία μεγαλύτερη των 25 χρόνων ώστε να μπορεί να εξεταστεί η βιωσιμότητα του, η διάρκεια ζωής του έργου λαμβάνεται ως 25 έτη.
- Επιτόκιο δανεισμού: είναι ο τόκος ανά μονάδα χρόνου και κεφαλαίου, συνήθως εκφράζεται επί τοις εκατό ανά έτος. Σε αυτή την εργασία λήφθηκε ως 6% .

Σε ότι αφορά την αξιολόγηση της επένδυσης θα χρησιμοποιηθεί την τεχνικοοικονομική ανάλυση κατά την οποία είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί η Καθαρά Παρούσα Αξία της επένδυσης (NPV) καθώς και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) και ύστερα ο τρόπος που θα γίνει η χρηματοδότηση της επένδυσης.

• Η καθαρή παρούσα αξία (NPV) είναι η διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας των ταμειακών εισροών και της παρούσας αξίας των ταμειακών εκροών σε μια χρονική περίοδο. Η ΚΠΑ χρησιμοποιείται στον προϋπολογισμό κεφαλαίου και στον προγραμματισμό επενδύσεων για την ανάλυση της αποδοτικότητας μιας προβλεπόμενης

επένδυσης ή ενός έργου. Μια θετική καθαρή παρούσα αξία υποδηλώνει ότι τα προβλεπόμενα κέρδη που παράγονται από ένα έργο ή μια επένδυση υπερβαίνουν το αναμενόμενο κόστος. Θεωρείται ότι μια επένδυση με θετική ΚΠΑ θα είναι κερδοφόρα, ενώ μια επένδυση με αρνητική ΚΠΑ θα οδηγήσει σε καθαρή ζημία. Αυτή η έννοια αποτελεί τη βάση για τον κανόνα της καθαρής παρούσας αξίας, ο οποίος υπαγορεύει ότι πρέπει να εξετάζονται μόνο επενδύσεις με θετική ΚΠΑ. Εάν η ΚΠΑ είναι θετική, αυτό σημαίνει ότι η αξία των εσόδων (ταμειακές εισροές) είναι μεγαλύτερη από το κόστος (ταμειακές εκροές) [4].

Αν $NPV > 0$: η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα

Αν $NPV = 0$: η επένδυση είναι οριακή

Αν $NPV < 0$: η επένδυση απορρίπτεται

- Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (IRR) είναι μια μετρική που χρησιμοποιείται στη χρηματοοικονομική ανάλυση για την εκτίμηση της αποδοτικότητας πιθανών επενδύσεων. Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης είναι ένα προεξοφλητικό επιτόκιο που καθιστά την καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) όλων των ταμειακών ροών ίση με το μηδέν σε μια ανάλυση προ εξοφλημένων ταμειακών ροών. Οι υπολογισμοί του IRR βασίζονται στον ίδιο τύπο με την ΚΠΑ. Λάβετε υπόψη ότι ο IRR δεν είναι η πραγματική αξία του έργου. Είναι η ετήσια απόδοση που καθιστά την καθαρή παρούσα αξία ίση με το μηδέν. Σε γενικές γραμμές, όσο υψηλότερος είναι ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης, τόσο πιο επιθυμητή είναι η πραγματοποίηση μιας επένδυσης. Προκειμένου να επιβεβαιωθεί η διεκπεραίωση του project θα πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Ειδικότερα, η NPV θα πρέπει να λαμβάνει μία θετική τιμή η οποία να κρίνεται επαρκής και ο IRR να οφείλει να λαμβάνει υψηλές τιμές έτσι ώστε να εξαλειφθεί η αβεβαιότητα που υπεισέρχεται στο πρόβλημα ως προς την προσέγγιση του κόστους κεφαλαίου [4].

Αν $IRR > INTEREST RATE$: η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα

Αν $IRR = INTEREST RATE$: η επένδυση είναι οριακή

Αν $IRR < INTEREST RATE$: η επένδυση απορρίπτεται



ΣΧΗΜΑ 46. Σκεπτικό πίσω από το business plan

(ΠΗΓΗ: Financial advisor)

Κατά τη διαδικασία εφαρμογής των ανωτέρω κριτηρίων πραγματοποιήθηκαν ορισμένες παραδοχές. Αρχικά, η ανάλυση δεν συμπεριλαμβάνει την φορολογία καθώς αυτή εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων. Τα έσοδα (earnings) προέρχονται από τη συνολική ετήσια απόδοση ηλεκτρικής ενέργειας που "πωλείται" στην Εθνική Εταιρεία Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) της οποίας η Ειδική Τιμή Αγοράς ανέρχεται σε 52,55 (€/MWh). Παράλληλα, στο συνολικό κόστος περιλαμβάνεται το κόστος της επένδυσης και το ετήσιο κόστος λειτουργίας για αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης 25 χρόνια. Τέλος, μετά από μελέτη παρόμοιων Project τα οποία έχουν πραγματοποιηθεί το κόστος κεφαλαίου λήφθηκε ίσο με 6% και παρακάτω παραθέτοντας δύο διαφορετικές οικονομικές αναλύσεις της επένδυσης με διαφορετικό τρόπο χρηματοδότησης.

Σενάριο Α: Λήψη τραπεζικού δανείου ύψους 50% του CAPEX με επιτόκιο 6% για επόμενα 25 χρόνια και 50% χρήση ιδίων κεφαλαίων.

Για το δάνειο ορίστηκε ως περίοδος αποπληρωμής τα επόμενα 25 έτη και προνομιακό επιτόκιο δανεισμού 6% δεδομένου ότι πρόκειται για μια φιλική προς το περιβάλλον επένδυση η οποία στοχεύει στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα και συμμορφώνεται με την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Το δάνειο αρχίζει να πληρώνεται από την εταιρία στο 1ο έτος.

Για να υπολογίσω την ετήσια δόση του δανείου:

- $Loan_1 = \frac{capex}{2}$
- Interest rate = 6%
- Years for payment in full= 25 years

$$Annual_dose = \frac{Loan_1}{25} + 0,06*Loan_1$$

Total_Capex	183879310,3
Total_loan	91939655,17
Interest rate	0,06
Loan_dose	3898241,379

Στην συνέχεια στα ετήσια έξοδα προστίθεται το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (OPEX) για όλη την διάρκεια λειτουργίας του πάρκου, αλλά και μετά τα 25 χρόνια που έχουμε ορίσει ως ετήσιο κόστος ζωής, έχουμε να προσθέσουμε το κόστος της αποσυναρμολόγησης των ανεμογεννητριών (DECEX).

Στον παρακάτω πίνακα μέσω της βοήθειας του Excel, έχουμε το κόστος για το παράκτιο αιολικό πάρκο για κάθε χρόνο λειτουργίας του αλλά και τα ποσά που πρέπει να υποβληθούν τόσο για την κατασκευή, όσο και για την αποσυναρμολόγηση του.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Υπολογισμός των συνολικών εξόδων και ετήσιας δόσης δανείου για το σενάριο Β με την βοήθεια του excel

Project Assesment Plan A					
years	loan	interest rate	capex	decex	opex
0	91939655,17	6%	183879310,3	0	0
1	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
2	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
3	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
4	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
5	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
6	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
7	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
8	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
9	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
10	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
11	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
12	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
13	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
14	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
15	3898241,379	6%	0	0	5818965,52%
16	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
17	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
18	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
19	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
20	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
21	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
22	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
23	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
24	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
25	3898241,379	6%	0	0	5818965,517
26	0	0%	0	8534482,759	0

Όσον αφορά τα έσοδα που αποφέρει το παράκτιο αιολικό πάρκο, υπολογίζονται ως εξής:

$$\text{EARNINGS} = \text{ΣΥΝΟΛΙΚΗ_ΕΤΗΣΙΑ_ΙΣΧΥΣ_ΠΑΡΚΟΥ} * \text{ΤΙΜΗ_ΠΩΛΗΣΗΣ_ΡΕΥΜΑΤΟΣ} \quad (2)$$

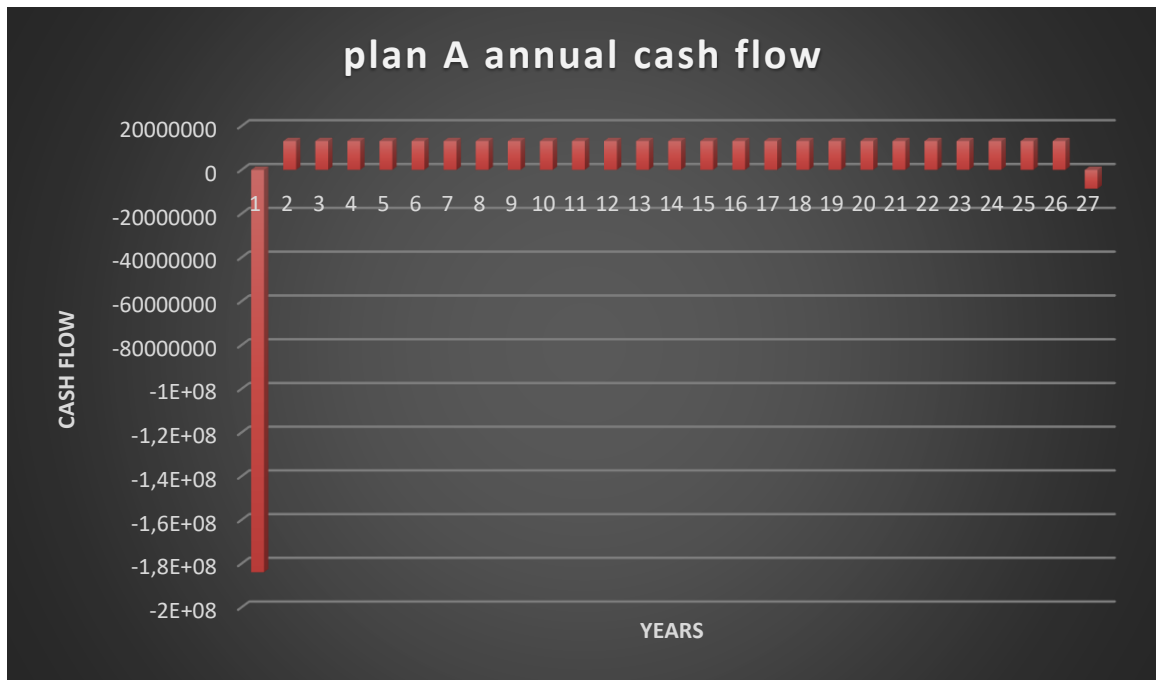
Ενώ το ετήσιο cash flow προκύπτει αφαιρώντας από τα έσοδα που έρχονται από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, αφαιρώντας την ετήσια δόση του δανείου και το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

$$\text{REVENUE} = \text{EARNINGS} - \text{OPEX} - \text{ANNUAL_DOSE} \quad (3)$$

Στον χρόνο 0, εννοούμε τον χρόνο που έχει χρειαστεί για να κατασκευασθεί και τεθεί σε λειτουργία το πάρκο. Τέλος ο χρόνος 26 είναι ο χρόνος όπου θα γίνει η αποσυναρμολόγηση που σηματοδοτεί το τέλος λειτουργίας του πάρκου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Υπολογισμός ταμειακών ροών για το σενάριο Α

Project Assessment Plan A			
years	earnings	revenue	cash flow
0	0	-183879310,3	-183879310,3
1	22841961,05	13124754,15	-170754556,2
2	22841961,05	13124754,15	-157629802
3	22841961,05	13124754,15	-144505047,9
4	22841961,05	13124754,15	-131380293,7
5	22841961,05	13124754,15	-118255539,6
6	22841961,05	13124754,15	-105130785,4
7	22841961,05	13124754,15	-92006031,27
8	22841961,05	13124754,15	-78881277,12
9	22841961,05	13124754,15	-65756522,96
10	22841961,05	13124754,15	-52631768,81
11	22841961,05	13124754,15	-39507014,66
12	22841961,05	13124754,15	-26382260,5
13	22841961,05	13124754,15	-13257506,35
14	22841961,05	13124754,15	-132752,1966
15	22841961,05	13124754,15	1299200196%
16	22841961,05	13124754,15	26116756,11
17	22841961,05	13124754,15	39241510,26
18	22841961,05	13124754,15	52366264,42
19	22841961,05	13124754,15	65491018,57
20	22841961,05	13124754,15	78615772,72
21	22841961,05	13124754,15	91740526,88
22	22841961,05	13124754,15	104865281
23	22841961,05	13124754,15	117990035,2
24	22841961,05	13124754,15	131114789,3
25	22841961,05	13124754,15	144239543,5
26	0	-8534482,759	135705060,7



ΣΧΗΜΑ 47. Γράφημα με την πορεία των ταμειακών ροών του σεναρίου Α με την βοήθεια του excel

Με βάση αυτές τις ταμειακές ροές υπολογίστηκε, μέσω του excel, ότι:

NPV	-16.959.309,82 €	REJECTED
IRR	5%	

Συνεπώς, δεδομένου ότι η NPV λαμβάνει αρνητική τιμή και ο IRR είναι μικρότερος του προεξοφλητικού επιτοκίου είναι εμφανές ότι πρόκειται για μια **μη βιώσιμη επένδυση**.

Σενάριο Β: Συγχρηματοδότηση από το Πράσινο Ταμείο κατά 20% CAPEX , λήψη τραπεζικού δανείου ύψους 20% του CAPEX και 60% χρήση ίδιων κεφαλαίων.

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση η περίοδος αποπληρωμής του δανείου ορίστηκε στα 25 έτη ενώ το προνομιακό επιτόκιο δανεισμού ανέρχεται επίσης στο 6%. Επίσης θεωρείται ότι η επένδυση συμβάλει στην επίτευξη των ενεργειακών στόχων της Ευρώπης μέχρι το 2050 και μπορεί να τύχει επιδότησης της τάξεως του 20% των κεφαλαιουχικών δαπανών (CAPEX), από το πράσινο ταμείο του οποίου σκοπός είναι η χρηματοπιστωτική ενίσχυση προγραμμάτων και ενεργειών που αποσκοπούν στην προστασία του περιβάλλοντος [35].

Για να υπολογίσω την ετήσια δόση του δανείου:

- $Loan_2 = \frac{capex}{5}$
- Interest rate = 6%
- Years for payment in full= 25 years
- $Annual_dose = \frac{Loan_2}{25} + 0,06*Loan_2$

Total_Capex	183879310,3
Total_loan	36775862,07
Interest rate	0,06
Loan_dose	1559296,552

Στην συνέχεια στα ετήσια έξοδα προστίθεται το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης (OPEX) για όλη την διάρκεια λειτουργίας του πάρκου, αλλά και μετά τα 25 χρόνια που έχουμε ορίσει ως ετήσιο κόστος ζωής, έχουμε να προσθέσουμε το κόστος της αποσυναρμολόγησης των ανεμογεννητριών (DECEX).

Στον παρακάτω πίνακα μέσω της βοήθειας του excel, έχουμε το κόστος για το παράκτιο αιολικό πάρκο για κάθε χρόνο λειτουργίας του αλλά και τα ποσά που πρέπει να υποβληθούν τόσο για την κατασκευή, όσο και για την αποσυναρμολόγηση του.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Υπολογισμός των συνολικών εξόδων και ετήσιας δόσης δανείου για το σενάριο Β με την βοήθεια του excel

Project Assesment Plan B					
years	loan_dose	interest rate	capex	decex	opex
0	0	6%	183879310,3	0	0
1	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
2	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
3	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
4	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
5	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
6	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
7	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
8	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
9	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
10	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
11	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
12	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
13	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
14	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
15	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
16	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
17	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
18	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
19	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
20	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
21	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
22	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
23	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
24	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
25	1559296,552	6%	0	0	5818965,517
26	0	0%	0	-8534482,759	0

Όσον αφορά τα έσοδα που αποφέρει το παράκτιο αιολικό πάρκο, υπολογίζονται ως εξής:

$$\text{EARNINGS} = \text{ΣΥΝΟΛΙΚΗ_ΕΤΗΣΙΑ_ΙΣΧΥΣ_ΠΑΡΚΟΥ} * \text{ΤΙΜΗ_ΠΩΛΗΣΗΣ_ΡΕΥΜΑΤΟΣ}$$

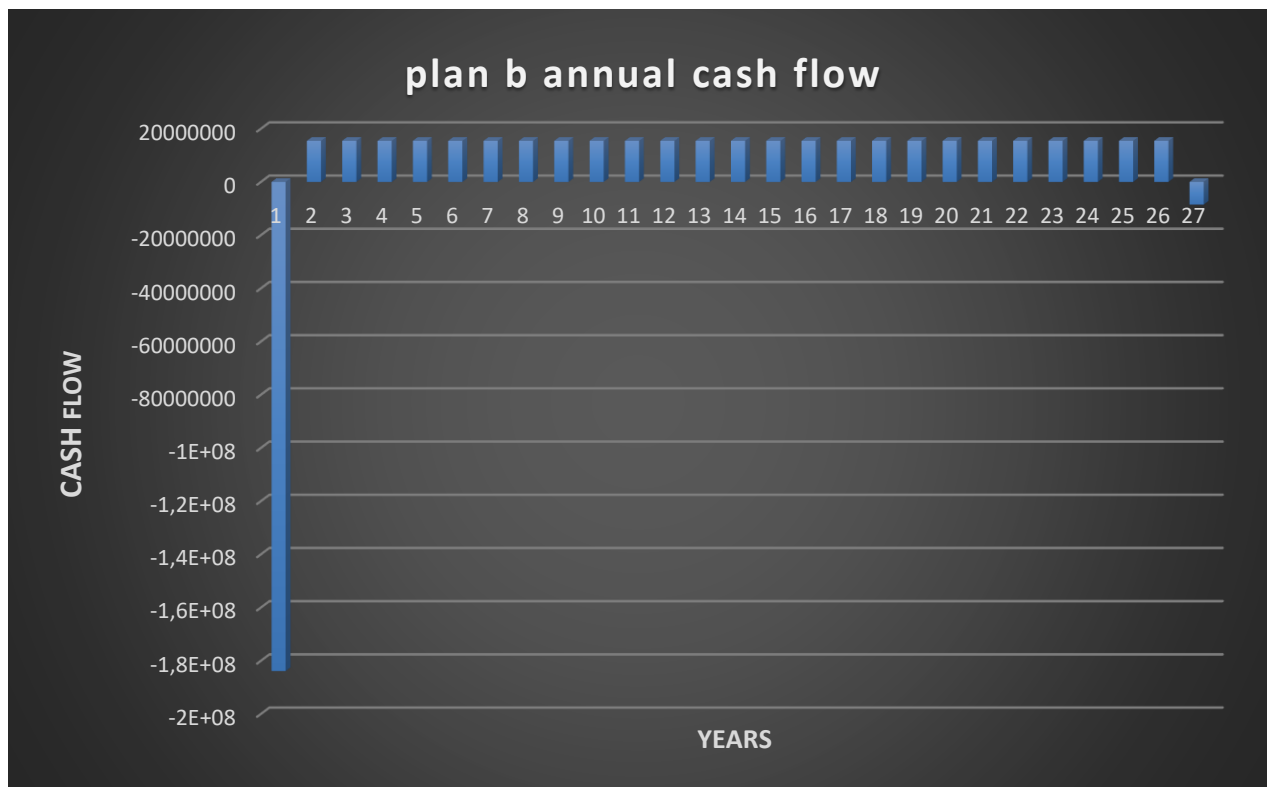
Ενώ το ετήσιο cash flow προκύπτει αφαιρώντας από τα έσοδα που έρχονται από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, αφαιρώντας την ετήσια δόση του δανείου και το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

$$\text{REVENUE} = \text{EARNINGS} - \text{OPEX} - \text{ANNUAL_DOSE}$$

Στον χρόνο 0, εννοούμε τον χρόνο που έχει χρειαστεί για να κατασκευασθεί και τεθεί σε λειτουργία το πάρκο. Τέλος ο χρόνος 26 είναι ο χρόνος όπου θα γίνει η αποσυναρμολόγηση που σηματοδοτεί το τέλος λειτουργίας του πάρκου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Υπολογισμός ταμειακών ροών για το σενάριο B

Project Assesment Plan B			
years	earnings	cash flow	profit
0	0	-183879310,3	-183879310,3
1	22841961,05	15463698,98	-168415611,4
2	22841961,05	15463698,98	-152951912,4
3	22841961,05	15463698,98	-137488213,4
4	22841961,05	15463698,98	-122024514,4
5	22841961,05	15463698,98	-106560815,4
6	22841961,05	15463698,98	-91097116,46
7	22841961,05	15463698,98	-75633417,48
8	22841961,05	15463698,98	-60169718,5
9	22841961,05	15463698,98	-44706019,52
10	22841961,05	15463698,98	-29242320,53
11	22841961,05	15463698,98	-13778621,55
12	22841961,05	15463698,98	1685077,428
13	22841961,05	15463698,98	17148776,41
14	22841961,05	15463698,98	32612475,39
15	22841961,05	15463698,98	48076174,37
16	22841961,05	15463698,98	63539873,35
17	22841961,05	15463698,98	79003572,33
18	22841961,05	15463698,98	94467271,31
19	22841961,05	15463698,98	109930970,3
20	22841961,05	15463698,98	125394669,3
21	22841961,05	15463698,98	140858368,3
22	22841961,05	15463698,98	156322067,2
23	22841961,05	15463698,98	171785766,2
24	22841961,05	15463698,98	187249465,2
25	22841961,05	15463698,98	202713164,2
26	0	-8534482,759	194178681,4



ΣΧΗΜΑ 48. Γράφημα με την πορεία των ταμειακών ροών του σεναρίου B με την βοήθεια του excel

Με βάση αυτές τις ταμειακές ροές υπολογίστηκε ότι:

NPV	11.247.826,75 €	APPROVED!!!
IRR	7%	

Στην περίπτωση οικονομικής στήριξης από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η εφαρμογή των κριτηρίων αποδεικνύει ότι η επένδυση είναι εφικτή και βιώσιμη ως προς την κερδοφορία της, καθώς και η καθαρή παρούσα αξία (NPV) είναι μεγαλύτερη του 0 αλλά και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) είναι μεγαλύτερος του προεξοφλητικού επιτοκίου.

Επομένως εγκρίνεται το **ΣΕΝΑΡΙΟ B**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραπάνω διπλωματική εργασία επικεντρώθηκε στο ερώτημα κατά πόσο μπορεί να υλοποιηθεί ένα παράκτιο αιολικό πάρκο στον ελλαδικό χώρο. Βασικά ζητήματα αποτελούν το κατά πόσο μπορεί να αποτελέσει μια βιώσιμη επένδυση για τα ελληνικά δεδομένα αλλά και το που θα λάβει χώρα το πάρκο, ώστε να είναι αποδοτικό, συμβάλλοντας παράλληλα στην ανεξαρτησία από ορυκτά καύσιμα μη φιλικά προς το περιβάλλον.

Αναντίρρητα λοιπόν η λειτουργία του πάρκου θα συνέβαλε σημαντικά στην επίτευξη τόσο των εθνικών όσο και των πανευρωπαϊκών ενεργειακών στόχων σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Καταλυτικό ρόλο όπως είδαμε παίζει τόσο η περιοχή για την κατασκευή του πάρκου όσο και το μοντέλο ανεμογεννήτριας που επιλέχθηκε, καθώς αποτελούν τις κύριες μεταβλητές για τα έσοδα και έξοδα. Η λειτουργικότητα και το αιολικό δυναμικό του συγκεκριμένου τόπου σε συνδυασμό με την ικανότητα αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας που έχει η ανεμογεννήτρια, βάζουν τα θεμέλια για μια επιτυχημένη επένδυση. Παράλληλα, είδαμε ότι η επένδυση δύναται να είναι συμφέρουσα στην περίπτωση όπου υπάρξει κάποια συγχρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ακόμα όμως και σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει αρκετά μεγάλος χρόνος ανάκτησης κεφαλαίου κάτι το οποίο καθιστά την συγκεκριμένη επένδυση σχετικά ριψοκίνδυνη.

Συνοψίζοντας είναι μία κίνηση που θα έχει αντίκτυπο στο μέλλον και με σωστή διαχείριση μπορεί να αποδειχθεί κερδοφόρα όπως είδαμε, αλλά και βοηθήσει σημαντικά την Ελλάδα στον δρόμο προς την ενεργειακή ανεξαρτησία και την μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Chong Ng and Li Ran: Offshore Wind Farms, technologies, design and operation, 2016.
2. Α.Αγγελοπούλου, Α.Βλαμάκη, Π.Λαδακάκος, Π.Παπασταματίου: ΣΕΒΑΣΜΟΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ανάλυση επιπτώσεων από την εγκατάσταση και λειτουργία αιολικών πάρκων. ΕΛΕΤΑΕΝ, 2009.
3. Γ.Μπεργελές : ΑΝΕΜΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ, 2006.
4. Κ.Αραβώσης, Α.Καρμπέρης, Α.Σωτήραρχος: Τεχνοοικονομική Αξιολόγηση Επενδύσεων,2012.
5. Georgios Nikitas, and AbstractWind ,“Wind Energy.” Future Energy (Third Edition), Elsevier, 24 Jan. 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081028865000165>.
6. M. Kapsali, “Offshore Wind Power Basics.” Comprehensive Renewable Energy, Elsevier, 10 May 2012, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080878720002171>.
7. M. Asgarpour, “Assembly, Transportation, Installation and Commissioning of Offshore Wind Farms.” Offshore Wind Farms, Woodhead Publishing, 1 Apr. 2016, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081007792000179>.
8. Galparsoro, Ibon, et al. “Reviewing the Ecological Impacts of Offshore Wind Farms.” Nature News, Nature Publishing Group, 10 Aug. 2022, <https://www.nature.com/articles/s44183-022-00003-5>.
9. Judith Wolf. “Environmental Issues for Offshore Renewable Energy.” Comprehensive Renewable Energy (Second Edition), Elsevier, 2 Mar. 2022, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128197271000364>.
10. John K. Kaldellis,” Comprehensive Renewable Energy (Second Edition), Elsevier, 2 Mar. 2022, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128197271001758>.
11. Opus Energy / Wind Farms in the Sea
Πηγή: <https://www.opusenergy.com/blog/how-do-we-put-wind-farms-in-the-sea>
12. Offshore wind energy
Πηγή:<https://www.iberdrola.com/environment/how-does-offshore-wind-energy-work/>

13. Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα – Το Μέλλον της Αιολικής Ενέργειας

Πηγή: <https://gr.euronews.com/green/2021/05/17/iperaktia-aiolika-parka-to-mellon-tis-aiolikis-energeias-einai-edo>

14. Wing Farms Construction / Offshore wind turbines foundation types

Πηγή: <https://www.windfarmbop.com/offshore-wind-turbines-foundation-types/>

15. Offshore wind turbine foundations

Πηγή: <https://www.windpowerengineering.com/comparing-offshore-wind-turbine-foundations/>

16. The biggest wind farm in Europe

Πηγή: <https://www.power-technology.com/analysis/the-biggest-wind-farms-in-europe/>

17. Wind energy in Europe: Statistics

Πηγή: <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2021-statistics-and-the-outlook-for-2022-2026/>

18. Smart Energy – Denmark and Vietnam

Πηγή: <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/business/denmark-to-help-vietnam-develop-potential-160gw-offshore-wind-sector/>

19. Yunlin Offshore Wind Farm, Taiwan Strait, Taiwan

Πηγή: <https://www.power-technology.com/projects/yunlin-offshore-wind-farm-taiwan-strait-taiwan/>

20. Δίκτυο NATURA 2000

Πηγή: <https://ypen.gov.gr/perivallon/viopoikilotita/diktyo-natura-2000/>

21. Offshore wind

Πηγή: <https://www.equinor.com/energy/offshore-wind>

22. Levelised cost of energy analysis for offshore wind farms

Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029801821012683>

23. Ενεργειακή Κρίση

Πηγή: <https://eletaen.gr/anartisi-ask4wind-energeiaki-krisi/>

24. Επιστροφή Χρημάτων στους καταναλωτές, χάρη στα αιολικά πάρκα

Πηγή: <https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2022/06/2022-06-29-texniki-ekthesi-ff.pdf>

25. Διείσδυση Α.Π.Ε. και τιμές στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2021

Πηγή: <https://eletaen.gr/meleti-dieisdidi-ape-kai-times/>

26. Επιστροφή Χρημάτων στους καταναλωτές, χάρη στα αιολικά πάρκα

Πηγή: <https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2022/06/2022-06-29-texniki-ekthesi-ff.pdf>

27. Wind energy in Europe: Statistics

Πηγή: <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2021-statistics-and-the-outlook-for-2022-2026/>

28. Smart Energy – Denmark and Vietnam

Πηγή: <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/business/denmark-to-help-vietnam-develop-potential-160gw-offshore-wind-sector/>

29. Yunlin Offshore Wind Farm, Taiwan Strait, Taiwan

Πηγή: <https://www.power-technology.com/projects/yunlin-offshore-wind-farm-taiwan-strait-taiwan/>

30. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

Πηγή: <https://ypen.gov.gr/>

31. Πηγή: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/going-deeper-research-project-aims-to-overcome-monopile-weight-and-depth-limits-73354>

32. Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα – Το Μέλλον της Αιολικής Ενέργειας

Πηγή: <https://gr.euronews.com/green/2021/05/17/iperaktia-aiolika-parka-to-mellon-tis-aiolikis-energeias-einai-edo>

33. Πηγή:<https://www.power-technology.com/analysis/the-biggest-wind-farms-in-europe/>

34. First Greek Offshore Wind Law seeks 2 GW by 2030

Πηγή:<https://windeurope.org/newsroom/news/first-greek-offshore-wind-law-seeks-2-gw-by-2030/>

35. Πράσινο Ταμείο

Πηγή: <https://prasinotameio.gr/>

36. Αποφάσεις ΡΑΕ

Πηγή: <https://www.rae.gr/statistika/>

37. Κατάλληλες περιοχές για υπεράκτια Πάρκα

Πηγή:<https://www.kathimerini.gr/economy/561615601/oi-perioches-poy-fysane-gia-yperaktia-aiolika-parka/>

38. Γεωπληροφοριακός Χάρτης

Πηγή:<https://geo.rae.gr/?lon=23.102459265539483&lat=38.197417649581965&zoom=8>

39. Ειδική τιμή Αγοράς τεχνολογιών ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ Δεκεμβρίου 2020

Πηγή:<https://www.dapeep.gr/eidiki-timi-agoras-eta-12-2020/>

40. Αιολικά Πάρκα και Βιοποικιλότητα στην Ελλάδα

Πηγή: <https://www.windfarms-wildlife.gr/>

41. Wind Turbine Technician

Πηγή:https://www.planitplus.net/JobProfiles/View/782/53?fbclid=IwAR1CPa6sq_rZuYjbbX0ORiFTU7ec1tUFrpKjrWf2u1Oy3IA_QQD20PcXRgc

42. Offshore Wind Farm

Πηγή:<https://www.iberdrola.com/sustainability/how-does-offshore-wind-energy-work>

43. Wind Farms in the Sea

Πηγή:<https://www.opusenergy.com/blog/how-do-we-put-wind-farms-in-the-sea/>

44. Wind Farm Costs

Πηγή:<https://guidetoanoffshorwindfarm.com/wind-farm-costs>

45. Annual offshore wind installations by country and cumulative capacity

Πηγή:<https://energyindustryreview.com/renewables/europes-new-record-for-offshore-wind-installations/?fbclid=IwAR1HR113ze0m6wePU8S145-dbEU9WNTLiiGOz4mwtOHhy9KT4IUY4hMP1w>

46. Νέο θεσμικό πλαίσιο για τα αιολικά πάρκα

Πηγή:<https://www.sioufaslaw.gr/to-neo-thesmiko-plaisio-gia-ta-yperaktia-aiolika-parka/>

47. Νέες διατάξεις για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα

Πηγή:<https://www.ot.gr/2022/07/08/green/yperaktia-aiolika-parka-ti-provlepoun-oirythmiseis-pou-etethisan-se-diavouleysi/>

48. Offshore wind could grow 56-fold by 2050

Πηγή:<https://www.offshorewind.biz/2022/10/13/offshore-wind-could-grow-56-fold-by-2050-contribute-to-green-hydrogen-production/>

49. Offshore wind

Πηγή:https://atb.nrel.gov/electricity/2022/offshore_wind

50. Επενδύσεις στα αιολικά παρκα

Πηγή:<https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/energeia/xeklidonoun-ependisis-7-dis-se-iperaktia-eolika-parka/>

51. Νεες μεγάλες επενδύσεις στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα

Πηγή:<https://ypodomes.com/poia-einai-ta-4-y-po-anaptyxi-mega-aiolika-parka-se-kentriki-kai-voreia-ellada/>

52. Επενδύσεις στα αιολικά παρκα

Πηγή:<https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/energeia/xeklidonoun-ependisis-7-dis-se-iperaktia-eolika-parka/>

53. Θαλάσσιες Ανεμογεννήτριες

Πηγή:<https://energypress.gr/news/gnорizontas-tis-thalassies-anemogennitries-mesa-apo-12-erotiseis-kai-apantiseis>

54. Weighted average cost of installed offshore wind energy worldwide from 2010 to 2021

Πηγή:<https://www.statista.com/statistics/506756/weighted-average-installed-cost-for-offshore-wind-power-worldwide/>

55. Wind Turbine Power Calculator

Πηγή:<http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/tour/wres/pow/index.htm>

56. Annual energy output from a wind turbine

Πηγή:<http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/tour/wres/annu.htm>

57. Νομοθεσία

Πηγή:[https://www.dsanet.gr/Epikairothta/Nomothesia/n4685%20\(92\).htm](https://www.dsanet.gr/Epikairothta/Nomothesia/n4685%20(92).htm)

58. Εφημερίδα κυβέρνησης / Νομοθεσία

Πηγή:<https://www.nomotelia.gr/photos/File/129a-22%20-%20Copy%201.pdf>

59. Μελέτες για τη χωροθέτηση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων / ΚΑΠΕ

Πηγή:<https://energypress.gr/news/meletes-gia-ti-horothetisi-ton-yperaktion-aiolikon-parkon-anathetei-kape>

60. Πηγή:https://www.researchgate.net/publication/259169211_Issues_regarding_wind_turbines_positioning_A_benchmark_study_with_the_application_of_the_life_cycle_assessment_approach

61. Wind Energy and Power Calculations

Πηγή:<https://www.e-education.psu.edu/emsc297/node/649>

62. Vestas Company / Wind Turbine Product Portfolio

Πηγή: <https://www.vestas.com/en/products/overview>

63. Μοντέλο Vestas V112-3.0 MW

Πηγή: <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/667-vestas-v112-3.0-offshore>

64. Wind Energy: A Review Paper

Πηγή: https://www.researchgate.net/publication/326340286_Wind_Energy_A_Review_Paper