



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης  
Πολυτεχνική Σχολή

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ  
DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Εργαστήριο Μηχανολογικού Σχεδιασμού

Επιβλέπων Καθηγητής: Παντελής Ν. Μπότσαρης

**«Διερεύνηση των δυνατοτήτων και προϋποθέσεων ενός λιμένα στην περιοχή του ΒΑ Αιγαίου για την δημιουργία κέντρου υποστήριξης της εφοδιαστικής αλυσίδας και συντήρησης υπεράκτιων αιολικών πάρκων: Περίπτωση νήσου Χίου»**



Διπλωματική Εργασία  
Καραμαούνας Γεώργιος  
Αρ. Μητρώου 92131

Ξάνθη, Ιούνιος, 2024





Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης  
Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης  
Εργαστήριο Μηχανολογικού Σχεδιασμού  
Επιβλέπων Καθηγητής: Παντελής Ν. Μπότσαρης

---

## Στοιχεία Διπλωματικής Εργασίας

Σχολή: Πολυτεχνική

Τμήμα: Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Τομέας/Εργαστήριο: Εργαστήριο Μηχανολογικού Σχεδιασμού

Όνοματεπώνυμο (ελληνικά): Καραμαούνας Γεώργιος

Όνοματεπώνυμο (αγγλικά): Karamaounas Georgios

Όνομα Πατρός: Ισιδωρος

Τίτλος Εργασίας (ελληνικά): Διερεύνηση των δυνατοτήτων και προϋποθέσεων ενός λιμένα στην περιοχή του ΒΑ Αιγαίου για την δημιουργία κέντρου υποστήριξης της εφοδιαστικής αλυσίδας και συντήρησης υπεράκτιων αιολικών πάρκων: Περίπτωση νήσου Χίου

Τίτλος Εργασίας (αγγλικά): Investigation of the possibilities and requirements of a port in the NE Aegean region for the creation of a supply chain support and maintenance centre for offshore wind farms: the case of Chios island

Ημερομηνία υποστήριξης διπλωματικής εργασίας: 18/6/2024

Επιβλέπων καθηγητής: Καθηγητής Π. Ν. Μπότσαρης

Εξεταστική Επιτροπή:

1. Παντελής Μπότσαρης, Καθηγητής, ΤΜΠΔ
2. Στέφανος Κατσαβούνης, Αναπλ. Καθηγητής, ΤΜΠΔ
3. Αθανάσιος Βαβάτσικος, Επικ. Καθηγητής, ΤΜΠΔ)

---

Διπλωματική εργασία η οποία υποβλήθηκε τον Ιούνιο του 2024 για την απόκτηση του διπλώματος του Μηχανικού Παραγωγής και Διοίκησης

Copyright ©

Οι διπλωματικές εργασίες προστατεύονται με το νόμο των πνευματικών δικαιωμάτων (Ν.2121/93). Η διπλωματική εργασία αποτελεί προϊόν συνεργασίας του φοιτητή και των μελών ΔΕΠ, ΕΔΙΠ, ΕΕΠ και ΕΤΕΠ που επιβλέπουν την εκπόνησή της στο ΤΜΠΑ. Τα φυσικά αυτά πρόσωπα έχουν και τα πνευματικά δικαιώματα στη δημοσίευση των αποτελεσμάτων της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικά περιοδικά καθώς και στις ανακοινώσεις τους σε επιστημονικά συνέδρια. Στις δημοσιεύσεις αυτές τηρείται η επιστημονική δεοντολογία. Η διπλωματική εργασία και ότι άλλο έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια της εκπόνησης ή θα προκύψει από αυτήν όπως τα πιθανά δικαιώματα ευρεσιτεχνίας ή εμπορικής εκμετάλλευσης, προστατεύονται με τη νομοθεσία Ν.2121/93 περί πνευματικής ιδιοκτησίας και ανήκουν στο φοιτητή(-τρια), τα μέλη ΔΕΠ, ΕΔΙΠ, ΕΕΠ και ΕΤΕΠ που έχουν επιβλέψει και αναφέρονται στη δήλωση ανάθεσης της διπλωματικής εργασίας. Στη λίστα των ατόμων που έχουν πνευματικά δικαιώματα μπορεί να προστεθούν και διδάσκοντες ΠΔ407/80 ή άλλα άτομα που έχουν συμβάλει δημιουργικά στην επιτυχή ολοκλήρωσή τους, ύστερα από έγκριση της Γενικής Συνέλευσης.

## Πρόλογος

Ο κλάδος της εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξελίσσεται συνεχώς. Η πλέον καινοτόμα και βιώσιμη λύση για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης του 21ου αιώνα είναι η ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Τα έργα εκμετάλλευσης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας είναι σε αναπτυσσόμενο στάδιο επομένως, οι τεχνολογίες και η λειτουργία τους συνεχώς βελτιώνονται. Η κίνηση του ενδιαφέροντος προς την υπεράκτια ενέργεια εκτός ότι επιφέρει πολλά στην προστασία του περιβάλλοντος, προσφέρει πολλά κοινωνικοοικονομικά οφέλη.

Η ενεργειακή κρίση που πλήττει τον πλανήτη τα τελευταία χρόνια αποτελεί μία συνισταμένη συμβάντων και γεγονότων που αφορούν κοινωνικά και πολιτικά θέματα. Σημαντικότερος παράγοντας είναι η κλιματική αλλαγή, αίτιο της άρσης του φαινομένου του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα, η έντονη παραγωγή ενέργειας με τη χρήση ρυπογόνων πόρων, επιβαρύνει το περιβάλλον, διότι εκπέμπονται καυσαέρια όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), μεθάνιο, οξείδια του αζώτου κ.ά.

Η καταπολέμηση όλων των οικολογικών ζητημάτων και η οικουμενική ανάγκη για ενέργεια έχει κινητοποιήσει την παγκόσμια κοινή γνώμη και υπάρχει στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Οι συνέπειες των ενεργειακών ζητημάτων επηρεάζουν πολλές πτυχές της κοινωνίας. Αρχικά, η οικονομία επηρεάζεται, καθώς αυξάνεται το ενεργειακό κόστος και μεγαλώνει το κόστος παραγωγής των βιομηχανιών, που βασίζονται στην κατανάλωση ενέργειας. Ως εκ τούτου, παρατηρείται ανοδική τάση στις τιμές των προϊόντων και των υπηρεσιών που παρέχονται στους καταναλωτές.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώκει την κατανόηση του τομέα εκμετάλλευσης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Επιπροσθέτως, στο πλαίσιο αυτής μελετάται η ανάπτυξη και η υποστήριξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων και εξετάζεται η περίπτωση της νήσου της Χίου.

Το πρώτο κεφάλαιο αναλύει το αιολικό δυναμικό της Ευρώπης και της Ελλάδας και τους υφιστάμενους τρόπους εκμετάλλευσης του. Επεξηγούνται οι τύποι των αιολικών πάρκων, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών και δίνεται έμφαση στις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει μία βιβλιογραφική ανασκόπηση των προϋποθέσεων που πρέπει να τηρεί ένας λιμένας για να υποστηρίξει ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο και αναλύονται οι λιμενικές υποδομές που χρειάζονται.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει μία χαρτογραφική μελέτη της νήσου της Χίου με σκοπό να συλλεχτούν δεδομένα σχετικά με την περίπτωση ανάπτυξης ενός έργου εκμετάλλευσης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και των λιμενικών υποδομών νησιού. Επιπλέον, αναλύεται το αιολικό δυναμικό του νησιού και ο υφιστάμενος τρόπος εκμετάλλευσής του.

Τέλος, το τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται τα κριτήρια της επιλογής μίας θαλάσσιας περιοχής για την εγκατάσταση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου στην Ελλάδα. Επίσης, μελετάται το ενδεχόμενο εγκατάστασης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου στην Χίο και ταυτόχρονα η περίπτωση υποστήριξης αυτού από τον κεντρικό λιμένα του νησιού.

## Ευχαριστίες

Κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, οφείλω να ευχαριστήσω εγκάρδια τον κ. Παντελή Ν. Μπότσαρη, Καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης της Πολυτεχνικής Σχολής του Δ.Π.Θ. για την πολύτιμη καθοδήγηση, την βοήθεια και τις συμβουλές που μου προσέφερε. Η άψογη συνεργασία μας ήταν αποτέλεσμα της εμπιστοσύνης που μου έδειξε και της εποικοδομητικής επικοινωνίας που διατηρήσαμε.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους στενούς μου ανθρώπους που με στήριξαν τόσο κατά την συγγραφή της διπλωματικής μου εργασίας, όσο και στην ακαδημαϊκή μου πορεία.

## Πίνακας Περιεχομένων

1.1	Εισαγωγή.....	17
1.2	Η Αιολική ενέργεια στην Ευρώπη.....	17
1.3	Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.....	20
1.3.1	Νομοθετικό πλαίσιο για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα.....	21
1.3.2	Η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα.....	22
1.3.3	Τα οφέλη των αιολικών πάρκων προς τους καταναλωτές.....	24
1.3.4	Η ευκαιρία της Ελλάδας για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων.....	27
1.4	Τύποι αιολικών πάρκων.....	29
1.4.1	Επίγεια αιολικά πάρκα.....	29
1.4.2	Υπεράκτια αιολικά πάρκα.....	30
1.5	Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα.....	31
1.5.1	Τα περύγια της ανεμογεννήτριας.....	31
1.5.2	Η άτρακτος της ανεμογεννήτριας.....	32
1.5.3	Σύστημα προσανατολισμού.....	33
1.5.4	Πύργος.....	33
1.5.5	Θεμελίωση.....	34
1.6	Ανεμογεννήτριες που προορίζονται για υπεράκτια αιολικά πάρκα.....	34
1.6.1	Πλωτές ανεμογεννήτριες.....	34
1.6.2	Ανεμογεννήτριες πακτωμένες στον πυθμένα της θάλασσας.....	37
1.7	Σύνοψη.....	38
1.8	Βιβλιογραφία.....	39
2.	Προϋποθέσεις λιμένων για την υποστήριξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων.....	41
2.1	Εισαγωγή.....	42
2.2	Η σημαντικότητα των λιμένων στην υπεράκτια αιολική ενέργεια.....	42
2.3	Κύριες λιμενικές εγκαταστάσεις υποστήριξης ενός αιολικού πάρκου.....	43
2.3.1	Λιμενική εγκατάσταση κατασκευής εξαρτημάτων και βάσεων ανεμογεννητριών.....	43
2.3.2	Λιμενική εγκατάσταση συναρμολόγησης υπεράκτιων ανεμογεννητριών.....	44
2.3.3	Λιμενική εγκατάσταση τοποθέτησης ανεμογεννητριών.....	46
2.3.4	Λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης.....	49

<b>2.4 Προϋποθέσεις των λιμενικών εγκαταστάσεων</b> .....	<b>51</b>
2.4.1 Κατηγορία ερευνών Α.....	52
2.4.2 Κατηγορία ερευνών Β.....	53
2.4.3 Κατηγορία ερευνών Γ .....	55
2.4.4 Κατηγορία ερευνών Δ.....	56
2.4.5 Συγκέντρωση των στοιχείων των ερευνών.....	56
<b>2.5 Περίπτωση υποστήριξης αιολικού πάρκου με ναυπηγικές εγκαταστάσεις και λιμενικές εγκαταστάσεις</b> .....	<b>60</b>
2.5.1 Ναυπηγική εγκατάσταση κατασκευής των πλατφόρμων των ανεμογεννητριών .....	61
<b>2.8 Προϋποθέσεις λιμένων για την ανάπτυξη Ελληνικής εφοδιαστικής αλυσίδας υπεράκτιων αιολικών πάρκων</b> .....	<b>62</b>
<b>2.9 Σύνοψη</b> .....	<b>64</b>
<b>2.9 Βιβλιογραφία</b> .....	<b>64</b>
<b>3.Τοπογραφικά στοιχεία του νησιού της Χίου</b> .....	<b>66</b>
3.1 Εισαγωγή.....	67
<b>3.2 Ψηφιακή χαρτογράφηση</b> .....	<b>67</b>
3.2.1 Ψηφιακή χαρτογράφηση του οδικού δικτύου της Χίου .....	67
3.2.2 Ψηφιακή χαρτογράφηση του ανάγλυφου της Χίου.....	69
3.2.3 Ψηφιακή χαρτογράφηση των προστατευόμενων περιοχών της Χίου .....	70
3.2.4 Ψηφιακή χαρτογράφηση υδάτινων στοιχείων και υδρολογικά χαρακτηριστικά Χίου .....	71
3.2.5 Ψηφιακή χαρτογράφηση ιχθυοκαλλιεργειών και υδατοκαλλιεργειών της Χίου .....	72
3.2.6 Ψηφιακή χαρτογράφηση ενάλιων αρχαιολογικών χώρων της Χίου .....	73
3.2.7 Ψηφιακή χαρτογράφηση ιστορικών ναυαγίων της Χίου.....	74
3.2.8 Ψηφιακή χαρτογράφηση βυθομετρικών σημείων Χίου.....	74
<b>3.4 Ανάλυση και ψηφιακή χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού της Χίου</b> .....	<b>75</b>
<b>3.5 Εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού του νησιού της Χίου</b> .....	<b>77</b>
<b>3.6 Στοιχεία θαλάσσιων ρευμάτων και παλίρροιας</b> .....	<b>78</b>
<b>3.7 Λιμενικές Υποδομές</b> .....	<b>79</b>
<b>3.8 Ανάλυση του κεντρικού λιμένα της Χίου</b> .....	<b>80</b>
3.8.1 Λιμενικές υποδομές.....	80



3.8.2 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις .....	82
3.8.3 Χερσαίες Υποδομές .....	83
3.9 Συνοπτική ανάλυση λιμένα Μεστών .....	83
3.10 Συνοπτική ανάλυση λιμένα Λημνίων .....	85
3.11 Σύνοψη.....	87
3.12 Βιβλιογραφία.....	87
4. Ανάλυση κριτηρίων για την ανάπτυξη και την υποστήριξη υπεράκτιου αιολικού πάρκου: Η Περίπτωση της Χίου .....	89
4.1 Εισαγωγή.....	90
4.2 Επιλογή Περιοχής Οργανωμένης Ανάπτυξης Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων (ΠΟΑΥΑΠ).....	90
4.3 Κριτήρια και κανόνες που συμβάλουν στην επιλογή, την αξιολόγηση και τον αποκλεισμό των ΠΟΑΥΑΠ .....	91
4.3.1 Κανόνες ΕΧΠ-ΑΠΕ και προτάσεις ΔΧΣ για τον καθορισμό εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ .....	92
4.3.2 Κριτήρια αρμόδιων φορέων .....	93
4.3.3 Τεχνοοικονομικά κριτήρια.....	93
4.3.4 Κριτήρια προτεραιότητας ανάπτυξης των εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ.....	94
4.4 Περίπτωση της νήσου της Χίου.....	94
4.5 Περίπτωση υποστήριξης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου από τον κεντρικό λιμένα της Χίου 95	
4.5.1 Ανάλυση SWOT.....	95
4.5.2 Ανάπτυξη λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης στον κεντρικό λιμένα της Χίου .....	96
4.5.3 Παράγοντες που καθιστούν τον κεντρικό λιμένα της Χίου ακατάλληλο για την ανάπτυξη των λιμενικών εγκαταστάσεων κατασκευής και συναρμολόγησης των ανεμογεννητριών και της θεμελίωσης τους .....	98
4.5.4 Εξέταση καταλληλότητας του κεντρικού λιμένα Χίου για την ανάπτυξη εφοδιαστικής αλυσίδας υπεράκτιων αιολικών πάρκων σύμφωνα με την ΕΛΕΤΑΕΝ.....	98
4.5.6 Συστάσεις για την αντιμετώπιση των ζητημάτων του κεντρικού λιμένα της Χίου κατά την ανάπτυξη της λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης.....	100
4.5.7 Συμπεράσματα της μελέτης περίπτωσης.....	103
4.6 Σύνοψη.....	103
4.7 Βιβλιογραφία.....	103
5. Συμπεράσματα - Προτάσεις.....	105

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ** ..... 107

## Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Τα έργα εγκατάστασης του αιολικό πάρκου της Κύθνου το 1982, [1.2].	18
Σχήμα 1.2: Συντελεστής ισχύος των χερσαίων αιολικών πάρκων των Ευρωπαϊκών χωρών, [1.5].	19
Σχήμα 1.3: Συντελεστής ισχύος των υπεράκτιων αιολικών πάρκων των Ευρωπαϊκών χωρών, [1.5].	20
Σχήμα 1.4: Συντελεστής ισχύος των υπεράκτιων αιολικών πάρκων των Ευρωπαϊκών χωρών, [1.5].	21
Σχήμα 1.5: Νέα αιολική ισχύς ανά έτος (MW), [1.8].	23
Σχήμα 1.6: Χάρτης λειτουργικών αιολικών πάρκων, [1.8].	23
Σχήμα 1.7: Παραγωγή αιολικών πάρκων την περίοδο , Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022 [1.10].	26
Σχήμα 1.8: Εισπράξεις αιολικών πάρκων την περίοδο Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022, [1.10].	26
Σχήμα 1.9: Επιστροφές του TEM προς τους καταναλωτές την περίοδο Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022, [1.10].	27
Σχήμα 1.10: Τυπική διάταξη επίγειου αιολικού πάρκου, Ιδία Επεξεργασία, [1.13].	30
Σχήμα 1.11: Τυπική διάταξη ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου, Ιδία επεξεργασία, [1.15].	31
Σχήμα 1.12: Βασικά μηχανικά μέρη μίας ανεμογεννήτριας, [1.17].	33
Σχήμα 1.13: Βαθμοί ελευθερίας πλωτών ανεμογεννητριών, Ιδία επεξεργασία, [1.19].	35
Σχήμα 1.14: Τέσσερα μοντέλα πλωτών πλατφόρμων υπεράκτιων ανεμογεννητριών, [1.21].	36
Σχήμα 1.15: Τέσσερεις τύποι θεμελίωσης υπεράκτιων ανεμογεννητριών πακτωμένων στον πυθμένα, [1.22].	38
Σχήμα 2.1: Λιμενική εγκατάσταση κατασκευής εξαρτημάτων και βάσεων υπεράκτιων ανεμογεννητριών στην Νότια προβλήτα του λιμένα Νιγγ της Σκωτίας, [2.2].	44
Σχήμα 2.2: Λιμενική εγκατάσταση συναρμολόγησης υπεράκτιων ανεμογεννητριών στην Ανατολική προβλήτα του λιμένα Νιγγ της Σκωτίας, [2.2].	45
Σχήμα 2.3: Οι λιμενικές εγκαταστάσεις του λιμένα Νιγγ της Σκωτίας, [2.1].	46
Σχήμα 2.4: Η διαδικασία ρυμούλκησης υπεράκτιας ανεμογεννήτριας, [2.3].	47
Σχήμα 2.5: Σκάφος τοποθέτησης καλωδίων, [2.4].	47
Σχήμα 2.6: Σκάφος εγκατάστασης ανεμογεννητριών (jack-up vessel), [2.5].	48
Σχήμα 2.7: Σκάφος μετακινήσεως εξαρτημάτων (Roll-on-Roll-off vessel), [2.6].	48
Σχήμα 2.8: Σκάφος συντήρησης (SOV), [2.7].	49
Σχήμα 2.9: Σκάφος μεταφοράς πληρώματος (CTV), [2.8].	49
Σχήμα 2.10: Ο λιμένας Πίτερχεντ της Αγγλίας, [2.9].	50
Σχήμα 2.11: Εργασίες υπεράκτιων ανεμογεννητριών σε ναυπηγείο, [2.19].	61
Σχήμα 2.12: Ρυμούλκηση ημιβυθιζόμενης πλατφόρμας (Semi-Submersible Platform) στο ναυπηγείο Λισνάβε της Πορτογαλίας, [2.20].	62
Σχήμα 3.1: Τοποθεσία σημαντικών λεωφόρων, [3.3], Ιδία επεξεργασία	68
Σχήμα 3.2 : Οδικό δίκτυο Χίου, [3.4].	69
Σχήμα 3.3: Γεωλογικός χάρτης Χίου, [3.5].	70
Σχήμα 3.4: Χάρτης προστατευόμενων περιοχών βορείου αιγαίου, [3.6].	71
Σχήμα 3.5: Υδρογραφικό δίκτυο Χίου. [3.1].	72
Σχήμα 3.6: Υπολεκανες απορροής Υδάτων Χίου. [3.1].	72

Σχήμα 3.7: Μονάδες υδατοκαλλιέργειας / ιχθυοκαλλιέργειας στην Ελλάδα : Περίπτωση Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.2].....	73
Σχήμα 3.8: Περιοχές ενάλιων αρχαιολογικών χώρων στην Ελλάδα : Περίπτωση Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.2].....	73
Σχήμα 3.9: Περιοχές ιστορικών ναυαγίων στην Ελλάδα : Περίπτωση Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.2] .....	74
Σχήμα 3.10: Βυθομετρικός χάρτης Ελλάδας : Περίπτωση Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.2].....	75
Σχήμα 3.11: Μέσες ταχύτητες ανέμου στο νησί της Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.8] .....	76
Σχήμα 3.12: Ενδείξεις ταχυτήτων του ανέμου ανά μήνα που επικρατούν στο νησί της Χίου, [3.9] .....	76
Σχήμα 3.13: Ανεμολόγιο για το νησί της Χίου, [3.9].....	77
Σχήμα 3.14: Εγκατεστημένη ισχύς ανά έτος του νησιού της Χίου, [1.16] .....	78
Σχήμα 3.15: Γεωπληροφοριακός Χάρτης των αιολικών πάρκων του νησιού της Χίου, [1.16].....	78
Σχήμα 3.16: Ακτοπλοϊκό Δίκτυο για την Περιφερειακή Ενότητα της Χίου, [3.4] .....	79
Σχήμα 3.17: Δορυφορική κάτοψη του κεντρικού λιμένα Χίου, [3.3] .....	82
Σχήμα 3.18: Δορυφορική κάτοψη λιμένα Μεστών, [3.3].....	84
Σχήμα 3.19: Βυθομετρικός χάρτης λιμένα Μεστών, [3.12].....	85
Σχήμα 3.20: Δορυφορική κάτοψη λιμένα Λημνίων, [3.3].....	86
Σχήμα 3.21: Βυθομετρικός χάρτης λιμένα Λημνίων, [3.12] .....	86
Σχήμα 4.1: Οι εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ στον Ελλαδικό χώρο, [3.2].....	91
Σχήμα 4.2: Τοποθεσία ΠΟΑΥΑΠ βορειοδυτικά του νησιού της Χίου, [3.2].....	94
Σχήμα 4.3: Προτεινόμενο κρηπίδωμα για χρήση από τα σκάφη της λιμενικής εγκατάστασης, Ιδία επεξεργασία, [3.3].....	100
Σχήμα 4.4: Προτεινόμενη έκταση κτισίματος των κτιρίων της λιμενικής εγκατάστασης, Ιδία επεξεργασία, [3.3].....	101
Σχήμα 4.5: Προτεινόμενη δευτερεύουσα λιμενική υποδομή, Ιδία επεξεργασία, [3.3].....	102

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Παραγωγή των αιολικών πάρκων, οι εισπράξεις τους και η επιστροφή των καταναλωτών την περίοδο Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022, [1.10] .....	25
Πίνακας 1.2: Η επιστροφή των αιολικών πάρκων προς τους καταναλωτές την περίοδο Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022, [1.10]. .....	25
Πίνακας 1.3: Μήκη πτερυγίων και ύψη μεταξύ την επιφάνεια της θάλασσας και της ατράκτου υπεράκτιων ανεμογεννητριών, [1.21]. .....	32
Πίνακας 2.1: Κατηγοριοποίηση ερευνών που αναλύουν τις προϋποθέσεις των λιμενικών εγκαταστάσεων. ....	51
Πίνακας 2.2 : Δευτερεύουσες υποστηρικτικές δομές, [2.10], [2.11], [2.12].....	53
Πίνακας 2.3: Προϋποθέσεων λιμενικής εγκατάστασης συναρμολόγησης, [2.10], [2.11], [2.12], [2.13], [2.14], [2.15], [2.16], [2.17].....	57
Πίνακας 2.4: Προϋποθέσεις λιμενικής εγκατάστασης κατασκευής, [2.10], [2.11], [2.12], [2.13], [2.14], [2.15], [2.16], [2.17] .....	58
Πίνακας 2.5: Προϋποθέσεις λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης, [2.10], [2.11], [2.12], [2.13], [2.14], [2.15], [2.16], [2.17] .....	59
Πίνακας 2.6: Προϋποθέσεις που καθιστούν έναν λιμένα κατάλληλο για την ανάπτυξη εφοδιαστικής αλυσίδας υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, [2.21] .....	63
Πίνακας 4.1: Ανάλυση SWOT, [3.1].....	96
Πίνακας 4.2: Προϋποθέσεις λειτουργικότητας λιμενικής εγκατάστασης : Αξιολόγηση του κεντρικού λιμένα της Χίου, [2.10], [2.11], [2.12], [2.15], [3.1] .....	97
Πίνακας 4.3: Γενικές πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά του κεντρικού λιμένα Χίου, [2.21], [3.1]... ..	99
Πίνακας 4.4: Προϋποθέσεις καταλληλότητας λιμενικής εγκατάστασης για την ανάπτυξη εφοδιαστικής αλυσίδας : Αξιολόγηση του κεντρικού λιμένα της Χίου, [2.21], [3.1] .....	99

## Περίληψη

Τίτλος: Διερεύνηση των δυνατοτήτων και προϋποθέσεων ενός λιμένα στην περιοχή του ΒΑ Αιγαίου για την δημιουργία κέντρου υποστήριξης της εφοδιαστικής αλυσίδας και συντήρησης υπεράκτιων αιολικών πάρκων: Περίπτωση νήσου Χίου

Επιβλέπων: Καθηγητής Παντελής Ν. Μπότσαρης

Υποψήφιος: Καραμαούνας Γεώργιος

Η ενεργειακή κρίση είναι το κύριο φαινόμενο που ταλανίζει την ανθρωπότητα τα τελευταία χρόνια. Κρίνεται αναγκαία η στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και της βιωσιμότητας του πλανήτη. Με αφορμή την υφιστάμενη κατάσταση και την άνοδο του τομέα εκμετάλλευσης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, αναλύεται το αιολικό δυναμικό στην Ευρώπη και στην Ελλάδα καθώς και η εκμετάλλευσή του. Δίνεται έμφαση στην υπεράκτια αιολική ενέργεια και παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικά με τις λιμενικές εγκαταστάσεις, που υποστηρίζουν ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο και ποιες προϋποθέσεις πρέπει να τηρούνται από τους υπάρχοντες λιμένες για να αναπτύξουν μία τέτοια εγκατάσταση. Έπειτα, διεξάγεται μία χαρτογραφική μελέτη, μία ανάλυση του αιολικού δυναμικού και των λιμενικών υποδομών του νησιού της Χίου. Τέλος, εξετάζονται τα κριτήρια της επιλογής μίας θαλάσσιας περιοχής για την εγκατάσταση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου και σε συνδυασμό με τις παραπάνω μελέτες, αξιολογείται η περίπτωση εγκατάστασης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου κοντά στην νήσο της Χίου και η υποστήριξη του από τον κεντρικό λιμένα του νησιού.

Λέξεις κλειδιά: υπεράκτιο αιολικό πάρκο, προϋποθέσεις λιμένων, λιμενικές εγκαταστάσεις υποστήριξης, νησί της Χίου

## Abstract

Title: Investigation of the possibilities and requirements of a port in the NE Aegean region for the creation of a supply chain support and maintenance center for offshore wind farms: the case of the island of Chios

Supervisor: Professor Pantelis N. Botsaris

Student: Karamaounas Georgios

The energy crisis is the main phenomenon that has plagued humanity in recent years. It is necessary to shift towards renewable energy sources in order to protect the environment and improve the sustainability of the planet. On the occasion of the current situation and the rise of the offshore wind energy sector, the wind potential in Europe and Greece and its exploitation are analysed. Emphasis is placed on offshore wind energy and information is presented on the port facilities that support an offshore wind farm and what conditions must be met by existing ports to develop

such a facility. Then, a cartographic study, an analysis of the wind potential and port infrastructure of the island of Chios is conducted. Finally, the criteria for the selection of a marine area for the installation of an offshore wind farm are examined and in combination with the above studies, the case for the installation of an offshore wind farm near the island of Chios and its support by the main port of the island is evaluated.

Keywords: offshore wind farm, port conditions, port support facilities, port facilities, Chios Island

## Κεφάλαιο 1

### Αιολική ενέργεια στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

#### Περιεχόμενα κεφαλαίου

---

1.1	Εισαγωγή.....	17
1.2	Η Αιολική ενέργεια στην Ευρώπη .....	17
1.3	Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα .....	20
1.3.1	Νομοθετικό πλαίσιο για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα .....	21
1.3.2	Η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα .....	22
1.3.3	Τα οφέλη των αιολικών πάρκων προς τους καταναλωτές.....	24
1.3.4	Η ευκαιρία της Ελλάδας για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων .....	27
1.4	Τύποι αιολικών πάρκων .....	29
1.4.1	Επίγεια αιολικά πάρκα .....	29
1.4.2	Υπεράκτια αιολικά πάρκα .....	30
1.5	Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα .....	31
1.5.1	Τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας.....	31
1.5.2	Η άτρακτος της ανεμογεννήτριας .....	32
1.5.3	Σύστημα προσανατολισμού.....	33
1.5.4	Πύργος .....	33
1.5.5	Θεμελίωση .....	34
1.6	Ανεμογεννήτριες που προορίζονται για υπεράκτια αιολικά πάρκα.....	34
1.6.1	Πλωτές ανεμογεννήτριες.....	34
1.6.2	Ανεμογεννήτριες πακτωμένες στον πυθμένα της θάλασσας .....	37
1.7	Σύνοψη.....	38
1.8	Βιβλιογραφία.....	39



## 1.1 Εισαγωγή

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας αναδεικνύεται ως ζωτικής σημασίας, καθώς συμβάλλει σε πολλαπλά επίπεδα προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα του πλανήτη. Στην Ευρώπη, τα έργα εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας έχουν προφέρει πολλά για τους πολίτες και το περιβάλλον καθώς έχουν ξεκινήσει πριν 42 χρόνια. Από την μεριά της, η Ελλάδα αξιοποιεί σε πολύ καλό βαθμό το χερσαίο αιολικό δυναμικό ωστόσο, οφείλει να αξιοποιήσει το ισχυρό θαλάσσιο δυναμικό της και να αναπτύξει την εγχώρια βιομηχανία υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Έτσι, θα επωφεληθεί η κοινωνία με τις νέες ευκαιρίες που θα παρουσιαστούν και κατ' επέκταση η οικονομία της χώρας. Εξετάζοντας τα αιολικά πάρκα κάθε περίπτωσης και δίνοντας έμφαση στα υπεράκτια, κρίνεται αναγκαία η κατανόηση του πως λειτουργεί μία ανεμογεννήτρια και τους τρόπους θεμελίωσης που προκύπτουν.

## 1.2 Η Αιολική ενέργεια στην Ευρώπη

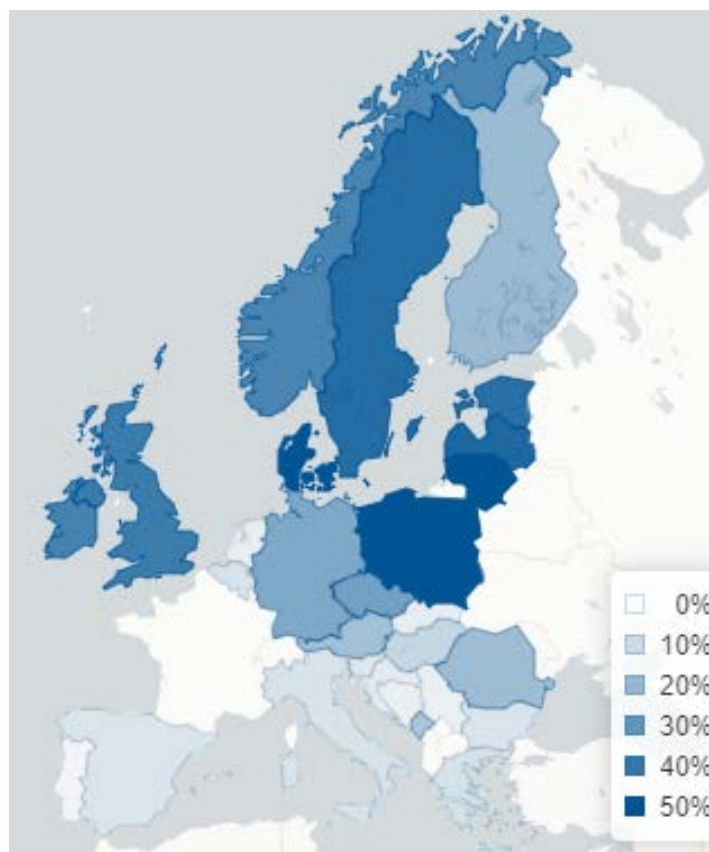
Η ήπειρος της Ευρώπης, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.4, έχει εξαιρετικά ισχυρό αιολικό δυναμικό τόσο στις χερσαίες όσο και στις θαλάσσιες περιοχές. Συγκεκριμένα, οι χώρες που βρέχονται από τη θάλασσα, όπως η Αγγλία, η Νορβηγία, η Σουηδία, η Φινλανδία, η Ολλανδία και η Ελλάδα, έχουν ελάχιστη μέση ταχύτητα ανέμων 9 m/s ετησίως. Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη ξεκίνησε το 1982, [1.1]. Τότε, ιδρύθηκε στην Στοκχόλμη η Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας (EEAE) και με την εκλογή του Gijsbrecht "George" Piepers ξεκίνησε η εκπροσώπηση των έργων εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Την ίδια χρονιά εγκαταστάθηκαν οι πρώτες χερσαίες ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με δυναμικότητα παραγωγής 22 KW. Επιπλέον, το πρώτο Ευρωπαϊκό χερσαίο αιολικό πάρκο εγκαταστάθηκε στην Κύθνο (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 1.1), έχοντας πέντε (5) ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με δυναμικότητα παραγωγής 20 KW. Το πρώτο Ευρωπαϊκό υπεράκτιο αιολικό πάρκο ιδρύθηκε το 1991 στο Βεντεπί της Δανίας.



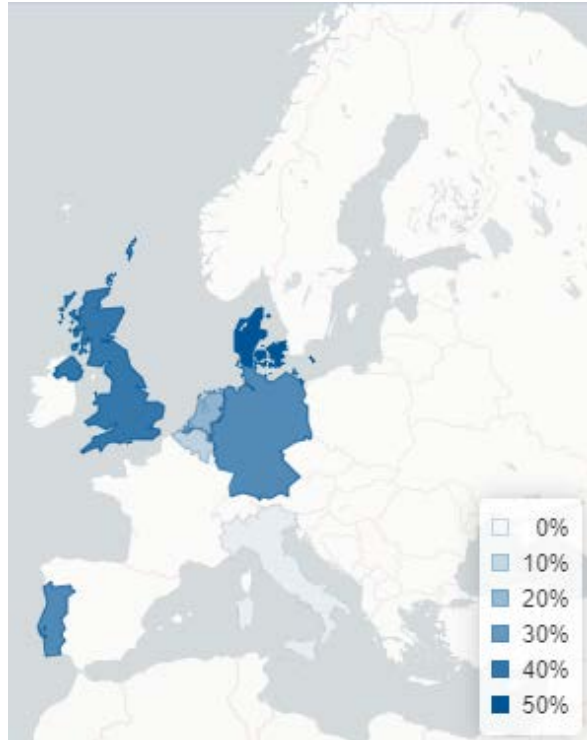
Σχήμα 1.1: Τα έργα εγκατάστασης του αιολικό πάρκου της Κύθνου το 1982, [1.2].

Μέχρι και σήμερα, η Ευρώπη έχει καλύψει το 19% της συνολικής ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας με την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων, προσφέροντας 300.000 θέσεις εργασίας, [1.3]. Στην Ευρώπη το ποσοστό του συντελεστή ισχύος των χερσαίων αιολικών πάρκων είναι 23,6% και των υπεράκτιων αιολικών πάρκων είναι 35%. Αναλυτικότερα, ο συντελεστής ισχύος προκύπτει διαιρώντας τη μέση ισχύ που παράγεται από την αιολική ενέργεια με την μέγιστη τιμή της. Όπως φαίνεται στους χάρτες στην εικόνα 1.2, η Νορβηγία, η Σουηδία, η Λιθουανία, η Εσθονία, η Λετονία, η Δανία και η Αγγλία έχουν συντελεστή ισχύος πάνω 30%. Στις χερσαίες εγκαταστάσεις τους η Λιθουανία κατέχει τον μεγαλύτερο συντελεστή με ποσοστό 73,4%. Από την άλλη πλευρά, οι υπεράκτιες εγκαταστάσεις της Πορτογαλίας, της Γερμανίας, της Δανίας και της Αγγλίας, όπως απορρέει από την εικόνα 1.3, έχουν συντελεστή ισχύος πάνω από 30%, με την Δανία να κατέχει τον μεγαλύτερο συντελεστή με ποσοστό 58,8%.

Η βιομηχανία των υπεράκτιων αιολικών πάρκων βρίσκεται σε στάδιο εξέλιξης και δίνει λύσεις στα περιβαλλοντικά και οικονομικά ζητήματα της Ευρώπης. Το 2023, έγινε εγκατάσταση υπεράκτιας αιολικής ενέργειας μεγέθους 2,144 GW, που αποτελούσε το 42% των έργων εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, που είχαν ανακοινωθεί για εκείνη την χρονιά. Επιπλέον, σε 16 ευρωπαϊκές χώρες, έχουν αναπτυχθεί 129 υπεράκτια αιολικά πάρκα, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 32.430 MW. Τέλος, έχει δημοσιευτεί από την ΕΕΑΕ, πως έως το τέλος του 2026 εκτιμάται ότι θα έχουν εγκατασταθεί 15.250 MW υπεράκτιων αιολικών πάρκων, με τα μεγαλύτερα έργα να λαμβάνουν δράση στην Σκωτία και στα Σόφια που θα φτάσουν τα 1.400 MW, [1.4].



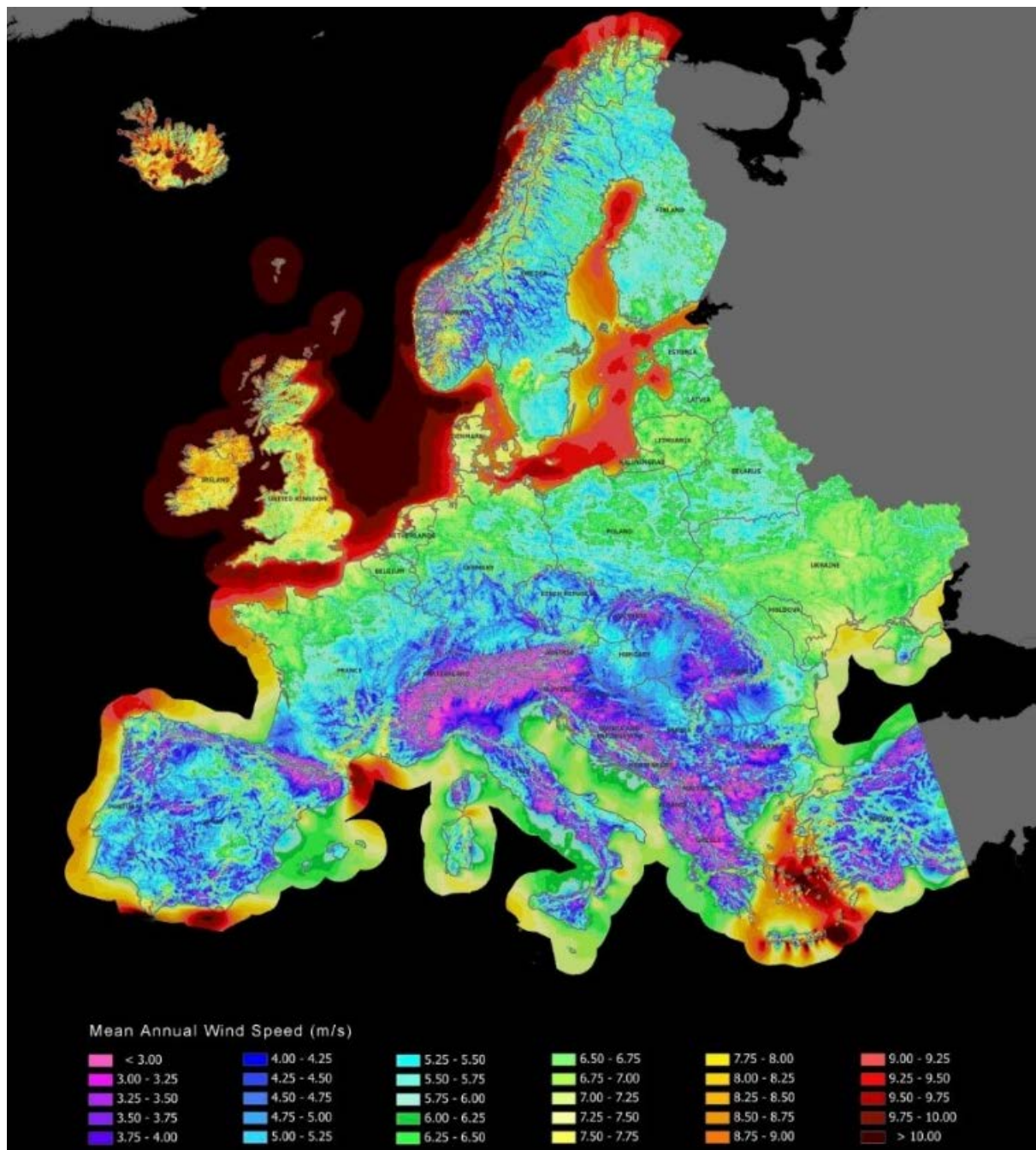
Σχήμα 1.2: Συντελεστής ισχύος των χερσαίων αιολικών πάρκων των Ευρωπαϊκών χωρών, [1.5].



Σχήμα 1.3: Συντελεστής ισχύος των υπερράκτιων αιολικών πάρκων των Ευρωπαϊκών χωρών, [1.5]

### 1.3 Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

Η Ελλάδα έχει πλεονέκτημα συγκριτικά με τις γειτονικές της χώρες στον τομέα της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, καθώς το αιολικό δυναμικό της είναι πλουσιότερο συγκριτικά των υπόλοιπων χωρών. Αναλύοντας τον χάρτη του αιολικού δυναμικού της Ευρώπης, (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 1.4) παρατηρείται ότι στα νησιά και στη θάλασσα του Αιγαίου, το αιολικό δυναμικό είναι το ισχυρότερο ανάμεσα στις Ευρωπαϊκές χώρες. Συγκεκριμένα, αναγράφεται πως στο Αιγαίο η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται από 7,5 m/s και ξεπερνάει τα 10 m/s στα κεντρικά, στο Βόρειο Αιγαίο, τα Δωδεκάνησα και στα νότια της Κρήτης, [1.6].



Σχήμα 1.4: Συντελεστής ισχύος των υπερράκτιων αιολικών πάρκων των Ευρωπαϊκών χωρών, [1.5]

### 1.3.1 Νομοθετικό πλαίσιο για τα υπερράκτια αιολικά πάρκα

Στην εποχή της αυξημένης περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και της αναγκαιότητας για βιώσιμη ανάπτυξη, ο νόμος υπ' αριθμόν 4964/2022 ΦΕΚ Α 150/30.7.2022 εμφανίζεται ως ένας σημαντικός κανονιστικός παράγοντας. Με στόχο την απλοποίηση και την εξορθολογισμό των διαδικασιών, ο νόμος αυτός επιδιώκει, να διευκολύνει την

ανάπτυξη πρωτοβουλιών, που συμβάλλουν στην ενεργειακή ασφάλεια και στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Επιπλέον, η δημοσίευση του νόμου αυτού διευκολύνει την ένταξη της Ελλάδας στην βιομηχανία των υπεράκτιων αιολικών πάρκων καθώς το περιεχόμενο του νόμου είναι ζωτικής σημασίας και συνδέεται άμεσα με τη συνολική ρύθμιση των προϋποθέσεων ανάπτυξης των υπεράκτιων αιολικών πάρκων.

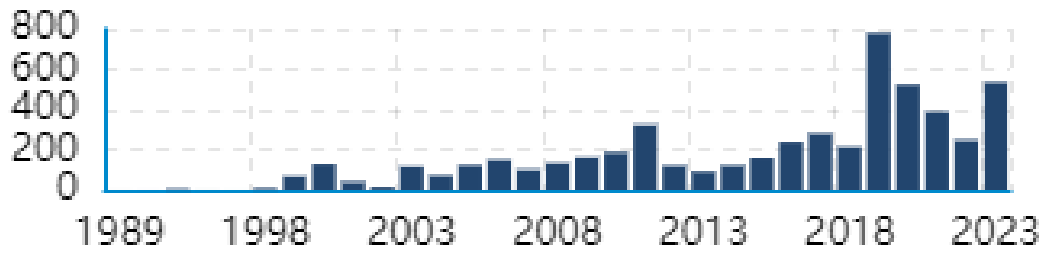
Αναλυτικότερα, ο νόμος 4964/2022, στο κεφάλαιο Η΄ «ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ» απαρτίζεται από τα άρθρα 65 έως 78 τα οποία προστατεύουν και ενισχύουν την ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Αρχικά, αναφέρεται πως το Ελληνικό Δημόσιο έχει την αποκλειστική αρμοδιότητα για την έρευνα, την αναζήτηση και τον προσδιορισμό των περιοχών, όπου θα δημιουργηθούν υπεράκτια αιολικά πάρκα, καθώς και για την παραχώρηση των δικαιωμάτων έρευνας και εκμετάλλευσης σε αυτές τις περιοχές. Οι αρμοδιότητες αυτές ασκούνται από τον Υπουργό Περιβάλλοντος και Ενέργειας ενώ η διαχείριση των δικαιωμάτων που προκύπτουν από αυτές τις αρμοδιότητες ανατίθεται στην Ελληνική Διαχειριστική Εταιρία Υδρογονανθράκων και Ενεργειακών Πόρων Α.Ε. (ΕΔΕΥΕΠ Α.Ε.), η οποία είναι οριζόμενη ως Φορέας Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων. Επιπλέον, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη της δραστηριότητας υπεράκτιων αιολικών πάρκων ακολουθούν τον ενεργειακό σχεδιασμό και τους στόχους της χώρας, όπως αναγράφονται στο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ, Β΄ 4893/2019). Ακόμη, συνάδουν με τον ευρύτερο σχεδιασμό της χώρας για την προστασία του περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας, τον χωροταξικό σχεδιασμό της χώρας και τις απαιτήσεις της εθνικής ασφάλειας.

Στα πλαίσια του σχεδιασμού και της ανάπτυξης των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, λαμβάνονται υπόψη και άλλα κριτήρια, όπως η ύπαρξη μνημείων ή ναυαγίων και θαλάσσιων και υποθαλάσσιων κρίσιμων υποδομών με απώτερο σκοπό την προστασία τους. Το Εθνικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης υπεράκτιων αιολικών πάρκων, θεσπίζει τους βασικούς άξονες σε εθνικό επίπεδο για τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη, τη χωροθέτηση, την εγκατάσταση και την εκμετάλλευση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, καθώς και μεσοπρόθεσμους και μακροπρόθεσμους στόχους εγκατεστημένης ισχύος. Στο πλαίσιο του νόμου αναφέρεται επίσης πως ο φορέας Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων, διεξάγει τεχνικές μελέτες με σκοπό τον προσδιορισμό και την οριοθέτηση περιοχών οργανωμένης ανάπτυξης υπεράκτιων αιολικών πάρκων και επιβάλλει τους όρους ανάπτυξης έργων σε αυτές τις περιοχές, λαμβάνοντας υπόψη το εθνικό πρόγραμμα ανάπτυξης υπεράκτιων αιολικών πάρκων και τις ειδικές συνθήκες που μπορεί να προκύψουν. Κρίνεται αναγκαίο οι αναφερθείσες μελέτες να συνοδεύονται με μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων στις περιοχές αυτές και να καθορίζεται η εγκατεστημένη ισχύς που θα έχει το εκάστοτε έργο. Καταληκτικά, το κεφάλαιο Η΄ συμπληρώνεται με άρθρα που σχετίζονται με αδειοδοτήσεις, που αφορούν την ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων όπως τα άρθρα με τίτλο «Έκδοση Άδειας Έρευνας Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων», «Εγγυητική Επιστολή Άδειας Έρευνας Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων» και «Αδειοδοτική ωρίμανση έργων Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων» και ολοκληρώνεται με ζητήματα, που απασχολούν την επιλογή των επενδυτών.

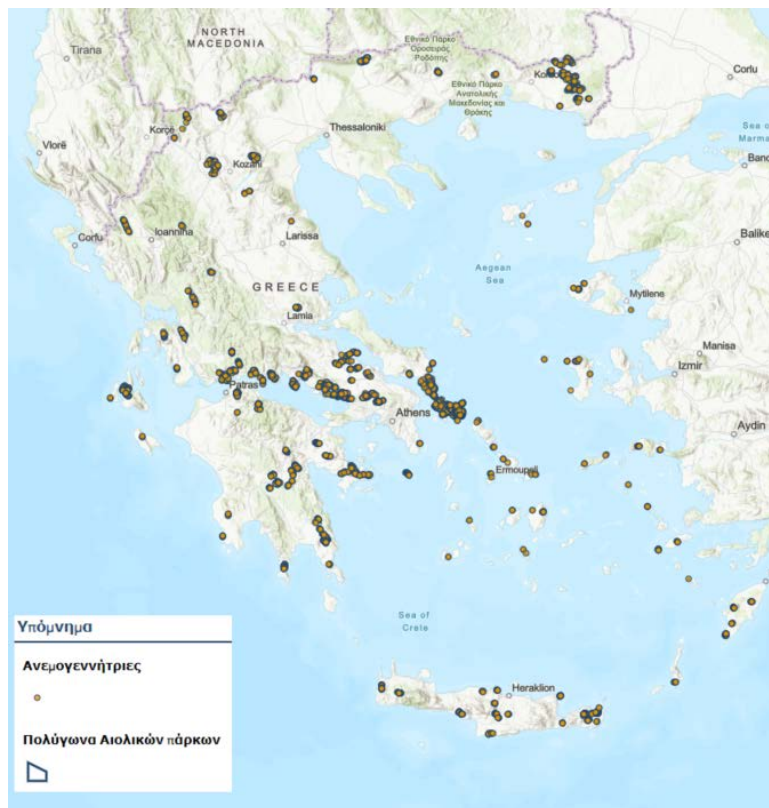
### **1.3.2 Η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα**

Η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού, όπως προαναφέρθηκε, ξεκίνησε στην Ελλάδα το 1982 στο νησί της Κύθνου. Σήμερα, έχοντας εγκαταστήσει 2.972 ανεμογεννήτριες σε ολόκληρη την χώρα, η εγκατεστημένη ισχύς είναι 5.226 MW ως αποτίμηση του 2023. Παρατηρώντας τον χάρτη λειτουργικών αιολικών πάρκων της Ελλάδας (EIKONA

1.6) τα πυκνότερα αιολικά πάρκα παρατηρούνται στις περιοχές της Αττικής, της Μακεδονίας του Έβρου και της Κρήτης. Κάνοντας μία ιστορική αναδρομή και αναλύοντας το διάγραμμα της εικόνας 1.5 που παρουσιάζει την ετήσια εγκατεστημένη ισχύ, φαίνεται ότι η μέγιστη ετήσια εγκατεστημένη αιολική ισχύς το 2019 έφθανε τα 778,35 MW και η τελευταία μέτρηση εγκατεστημένης ισχύς το 2023 άγγιξε τα 536,97 MW. Σύμφωνα με την Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας, (ΕΛΕΤΑΕΝ), εκτιμάται πως ο στόχος της χώρας είναι να φτάσει η εγκατεστημένη ισχύς στα 9.500 MW, [1.8].



Σχήμα 1.5: Νέα αιολική ισχύς ανά έτος (MW), [1.8]



Σχήμα 1.6: Χάρτης λειτουργικών αιολικών πάρκων, [1.8].

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην υπεράκτια αιολική ενέργεια, η οποία θεωρείται ως το μέσο για την ενίσχυση της αυτονομίας των νησιών. Σημαντικές ανησυχίες παρατηρούνται στην αποδοχή των χερσαίων αιολικών πάρκων από τις τοπικές κοινωνίες, όπως για παράδειγμα στην περιοχή των Κυκλάδων. Πιο συγκεκριμένα, οι κάτοικοι εκεί εκφράζουν ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις στο τοπίο και τον τουρισμό των νησιών. Η αντίθεση αυτή ευθυγραμμίζεται με το παγκόσμιο κίνημα "Not in my Backyard" (NIMBY), το οποίο αντιτίθεται καθολικά στα χερσαία αιολικά πάρκα λόγω ανησυχιών για τον θόρυβο και την οπτική ρύπανση. Τέλος, η κοινωνική αποδοχή των υπεράκτιων αιολικών πάρκων παραμένει αβέβαιη και παράλληλα η τοποθεσία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα που επηρεάζει τις αντιδράσεις του κοινού, [1.9].

### 1.3.3 Τα οφέλη των αιολικών πάρκων προς τους καταναλωτές

Οι κύριοι πυλώνες των οφελών των καταναλωτών από τις ανανεώσιμες πηγές είναι η επιστροφή χρημάτων προς εκείνους και η μείωση της τιμής του ρεύματος. Αυτό αποδεικνύεται παρουσιάζοντας τα κοινωνικά οφέλη των αιολικών πάρκων την περίοδο μεταξύ του Οκτωβρίου του έτους 2021 έως και του Μαΐου του έτους 2023, [1.10].

Την εν λόγω περίοδο, τα αιολικά πάρκα επέστρεψαν στους καταναλωτές σχεδόν 4 δισεκατομμύρια ευρώ. Αρχικά, υπήρξε άμεση επιδότηση ύψους 2,6 δισεκατομμυρίων ευρώ, που προήλθε από την άμεση επιστροφή χρημάτων από το χρηματιστήριο ενέργειας. Η διαδικασία της επιστροφής των χρημάτων προέκυψε από την σημαντική διαφορά του συνολικού ποσού, που κατέβαλαν οι προμηθευτές για την αιολική παραγωγή και την σταθερή χαμηλή τιμή, με την οποία αμείφθηκαν τα αιολικά πάρκα, μέσω των μακροχρόνιων συμβολαίων που σύναψαν με τη δημόσια επιχείρηση Διαχειριστής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ). Τα χρηματικό υπόλοιπο των 1,4 δισεκατομμυρίων ευρώ προήλθε από μία έμμεση επιδότηση, η οποία διατήρησε την αιολική ενέργεια σε χαμηλή τιμή παρά την αύξηση της τιμής του φυσικού αερίου, που οδήγησε στην αύξηση της τιμής του ηλεκτρισμού. Ως εκ τούτου, δεν υπήρξε επιβάρυνση από άλλους πόρους όπως τα έσοδα από τις δημοπρασίες εκπομπών ρύπων. Ουσιαστικά, απορρέει ότι οι προμηθευτές που αγοράζουν σε υψηλή τιμή τον ηλεκτρισμό από το χρηματιστήριο ενέργειας, επιβαρύνουν τους καταναλωτές.

Παρόλα αυτά, η σταθερά χαμηλή τιμή της παραγόμενης ενέργειας από τα αιολικά πάρκα είναι ανεξάρτητη από τις τιμές του χρηματιστηρίου έχοντας ως αποτέλεσμα η διαφορά που προκύπτει να επιστρέφεται μέσω του Ταμείου Ενεργειακής Μετάβασης, (TEM). Αναγράφεται πως το 2022, η εγχώρια παραγωγή ενέργειας των αιολικών πάρκων έφτασε το 21,5%, που αντικατοπτρίζεται ως το 20,6% της ηλεκτρικής ενέργειας, που καταναλώθηκε συνολικά. Σύμφωνα με τον Πίνακα 1.1 και 1.2 αλλά και τα γραφήματα στις εικόνες 1.7, 1.8 και 1.9 παρουσιάζεται η παραγωγή και οι εισπράξεις όλων των αιολικών πάρκων καθώς και η επιστροφή που λαμβάνουν οι καταναλωτές μέσω του TEM. Ερμηνεύοντας τους πίνακες 1.1 και 1.2, παρατηρείται ότι με το πέρασμα του χρόνου, η παραγόμενη ισχύς αυξήθηκε, οι εισπράξεις αυξήθηκαν καθώς και οι επιστροφές προς τους καταναλωτές. Επομένως, όσα περισσότερα είναι τα αιολικά πάρκα, τόσο μεγαλύτερο είναι το όφελος τους προς τους καταναλωτές. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την χρονική περίοδο μεταξύ του Οκτωβρίου του έτους 2021 έως του Ιουνίου του έτους 2022, τα αιολικά πάρκα δημιούργησαν το 87% του θετικού πλεονάσματος προς τον καταναλωτή έναντι του 13% που δημιουργήθηκε από τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, [1.10].

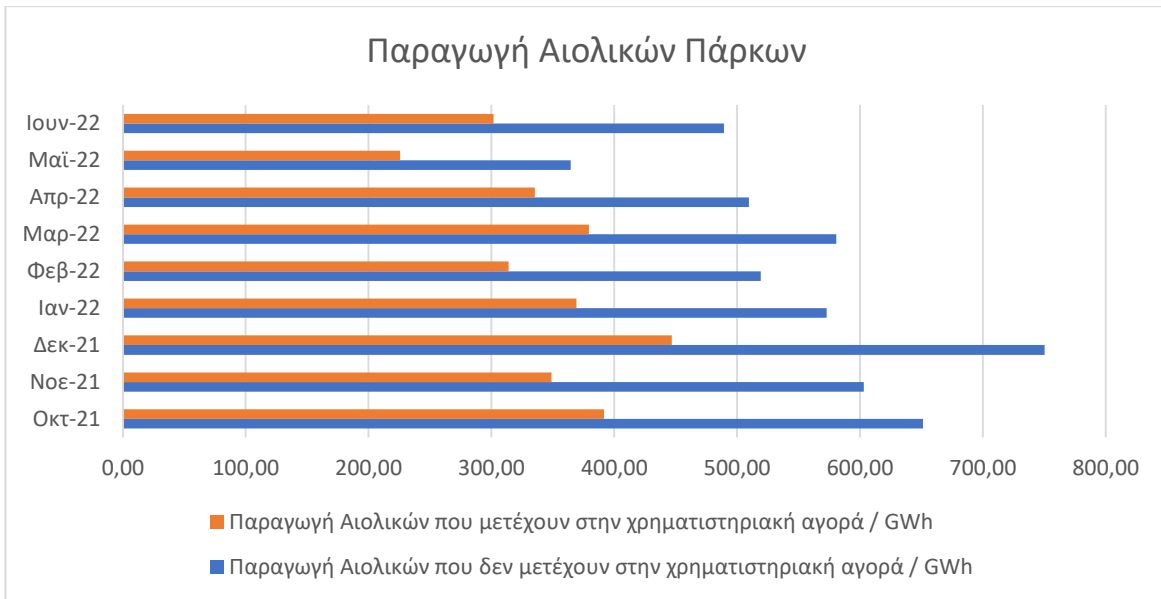


Πίνακας 1.1: Παραγωγή των αιολικών πάρκων, οι εισπράξεις τους και η επιστροφή των καταναλωτών την περίοδο Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022, [1.10]

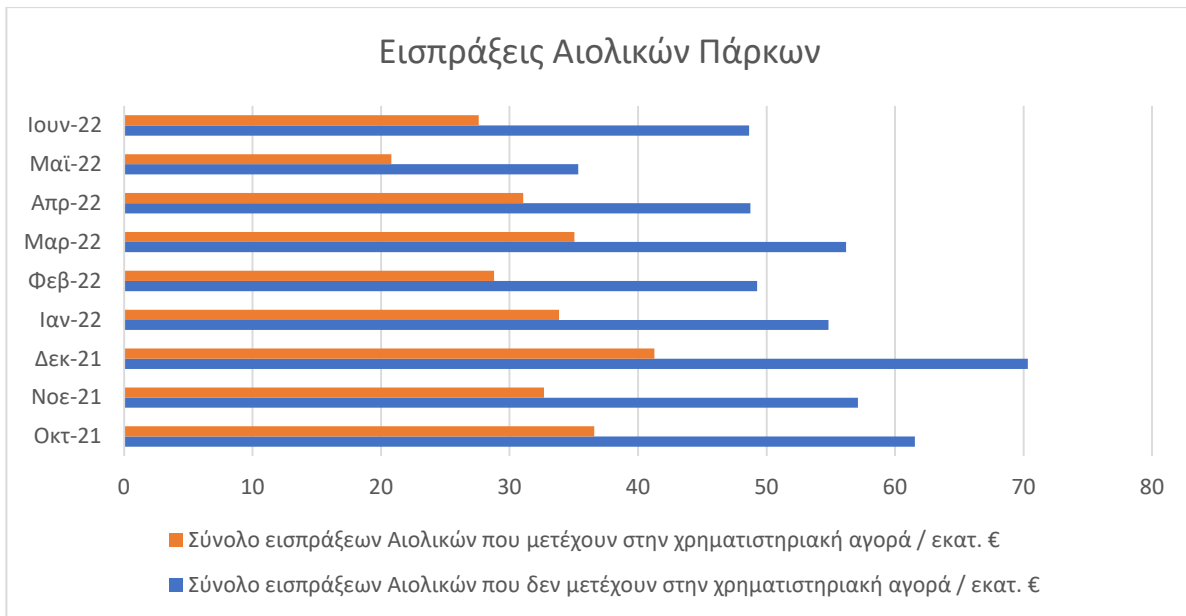
Μήνες	Παραγωγή Αιολικών που δεν μετέχουν στην χρηματιστηριακή αγορά / GWh	Παραγωγή Αιολικών που μετέχουν στην χρηματιστηριακή αγορά / GWh	Σύνολο εισπράξεων Αιολικών που δεν μετέχουν στην χρηματιστηριακή αγορά / εκατ. €	Σύνολο εισπράξεων Αιολικών που μετέχουν στην χρηματιστηριακή αγορά / εκατ. €
Οκτ-21	651,30	391,7	61,55	36,6
Νοε-21	603,00	349	57,1	32,67
Δεκ-21	750,30	446,7	70,34	41,28
Ιαν-22	572,90	369,1	54,82	33,85
Φεβ-22	519,1	313,9	49,27	28,8
Μαρ-22	580,7	379,3	56,19	35,04
Απρ-22	509,6	335,4	48,75	31,07
Μαϊ-22	364,4	225,6	35,34	20,8
Ιουν-22	489,2	301,8	48,65	27,61

Πίνακας 1.2: Η επιστροφή των αιολικών πάρκων προς τους καταναλωτές την περίοδο Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022, [1.10].

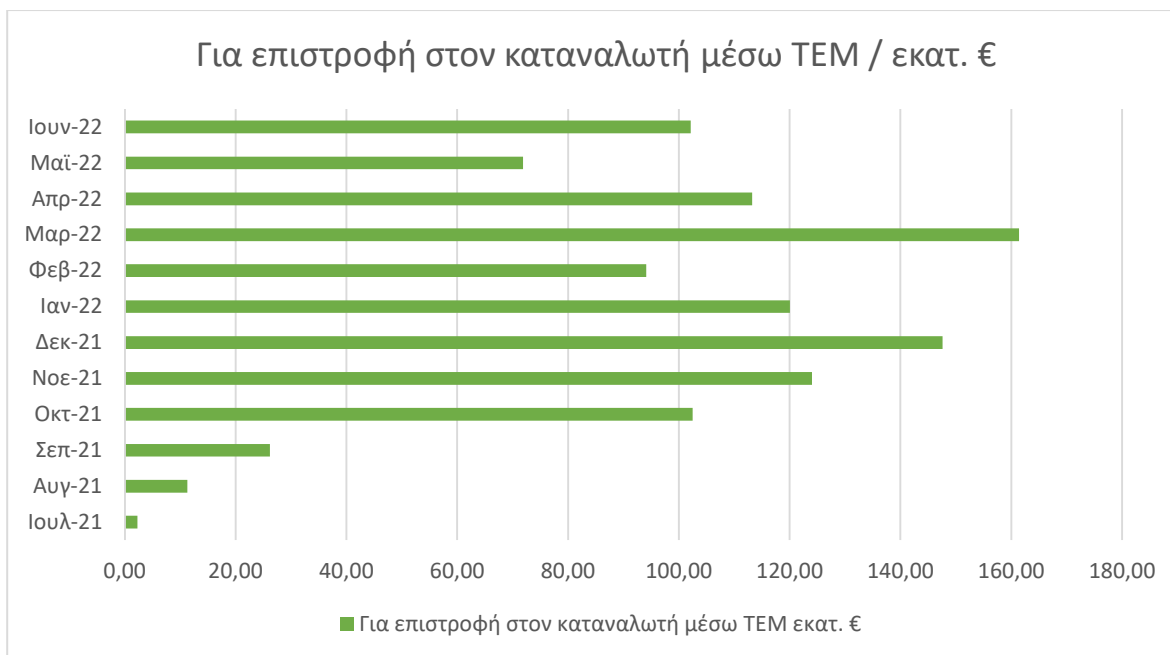
Μήνες	Για επιστροφή στον καταναλωτή μέσω TEM εκατ. €
Οκτ-21	102,51
Νοε-21	124,03
Δεκ-21	147,57
Ιαν-22	120,02
Φεβ-22	94,10
Μαρ-22	161,42
Απρ-22	113,22
Μαϊ-22	71,86
Ιουν-22	102,12



Σχήμα 1.7: Παραγωγή αιολικών πάρκων την περίοδο , Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022 [1.10]



Σχήμα 1.8: Εισπράξεις αιολικών πάρκων την περίοδο Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022, [1.10]



Σχήμα 1.9: Επιστροφές του TEM προς τους καταναλωτές την περίοδο Οκτώβριος 2021 έως Ιούνιος 2022, [1.10]

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, απορρέει ότι, έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη μείωση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της ικανότητάς τους να εκτοπίζουν τις ακριβότερες θερμικές μονάδες κατά τη διάρκεια ορισμένων ωρών. Δίχως τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι τιμές χονδρικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας θα ήταν υψηλότερες. Έρευνες έχουν δείξει ότι με ποσοστό 30% διείσδυση αιολικής και ηλιακής ενέργειας, οι τιμές χονδρικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας μειώνονται κατά μέσο όρο κατά 40 ευρώ ανά μεγαβατώρα, [1.10]. Έτσι, με την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν απαιτούνται ρυπογόνοι πόροι για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Αποφεύγεται, δηλαδή, η παραγωγή ενέργειας από εργοστάσια και μονάδες, που σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα, χρησιμοποιούν καύσιμα και πόρους. Τέλος, η οριακή τιμή στο χρηματιστήριο ενέργειας μειώνεται, διότι η ακριβότερη συμβατική μονάδα που πρέπει να δουλέψει, και η οποία καθορίζει την οριακή τιμή, είναι φθηνότερη από αυτή που εκτοπίστηκε εξαιτίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, η επιβάρυνση που περνά στον καταναλωτή, συνολικά, για την ενέργεια είναι μικρότερη, [1.10].

#### 1.3.4 Η ευκαιρία της Ελλάδας για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων

Σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα για τα Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα από το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας και την Ελληνική Διαχειριστική Εταιρεία Υδρογονανθράκων και Ενεργειακών Πόρων Α.Ε (ΕΔΕΥΕΠ), οι ελληνικές θαλάσσιες περιοχές αποτελούν γόνιμο έδαφος για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Η Ελλάδα θέτει στόχο για το 2030, 2035 και 2050 να έχει εγκατεστημένη ισχύ από τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες 1.900 MW, 6.200 MW, 17.300 MW αντίστοιχα. Για την επίτευξη αυτών, απαιτούνται επενδύσεις ύψους άνω των 6 δισεκατομμυρίων

ευρώ έως το 2030 και άνω των 28 δισεκατομμύρια ευρώ έως το 2050, [1.12]. Έχοντας αποκομίσει εμπειρία 31 χρόνων από την ανάπτυξη χερσαίων αιολικών πάρκων και έχοντας μελετήσει την βιομηχανία της εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η Ελλάδα μπορεί να ξεκινήσει την δραστηριοποίηση της παρέχοντας ευκαιρίες στην πολιτεία και την κοινωνία. Οι δράσεις, που απαιτούνται για την ορθή προσέγγιση και την δημιουργία σωστών βάσεων, προκειμένου να ξεκινήσει ένα τέτοιο έργο σχετίζονται με τις άδειες, την προώθηση, την ενίσχυση της εφοδιαστικής αλυσίδας και την ενημέρωση.

Αρχικά, κρίνεται αναγκαία η διαμόρφωση ενός ευέλικτου συστήματος αδειοδότησης βασιζόμενο στην ευρωπαϊκή νομοθεσία του σχεδίου REPowerEU, που θα εγγυάται μηδενικές καθυστερήσεις και γραφειοκρατικές διαδικασίες προς το πρόσωπο των ενδιαφερόμενων επενδυτών. Έπειτα, επιδιώκοντας την προώθηση του ισχυρού αιολικού δυναμικού του Αιγαίου ως βασική πρόταση για την ενεργειακή ανεξαρτησίας της Ευρώπης, προτείνεται η ανάδειξη των διεθνών διασυνδέσεων της χώρας μέσω αρμόδιων οργανισμών. Επιπροσθέτως, κατανοώντας τη σημαντικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας σε ένα έργο όπως ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο, προτείνεται ένα πρόγραμμα ενίσχυσης επενδύσεων σε όλο το εύρος της εφοδιαστικής αλυσίδας, με σκοπό η χώρα να τροφοδοτεί και να εξυπηρετεί τα εγχώρια και τα γειτονικά υπεράκτια αιολικά πάρκα. Επιπλέον, σημαντική είναι η ενημέρωση και η διαρκής επικοινωνία με την κοινωνία, τις τοπικές αυτοδιοικήσεις και τις επαγγελματικές ενώσεις, που εμπλέκονται με το θαλάσσιο χώρο, έτσι ώστε να διευκρινιστούν, και να δοθούν πληροφορίες σχετικά με το έργο. Τέλος, για να βρεθεί η χώρα πιο γρήγορα σε πλεονεκτική θέση και να πλησιάσει στον επιθυμητό στόχο προτείνεται η οικονομική ενίσχυση από την Πολιτεία της ΕΔΕΥΕΠ και η παροχή περισσότερων ανθρώπινων πόρων.

Με αφορμή την ενδεχόμενη ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων και δίνοντας έμφαση στην μεγιστοποίηση των αναπτυξιακών οφελών της Ελλάδας, συστήνεται η ταυτόχρονη ανάπτυξη μίας εγχώριας εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία θα απασχολεί διάφορους τομείς της οικονομίας όπως ναυπηγεία, λιμάνια, βιομηχανίες καλωδίων, τσιμέντου και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, βιομηχανίες μετάλλων και μεταλλικών κατασκευών κλπ. Ωστόσο, η αναδυόμενη εφοδιαστική αλυσίδα δεν μπορεί να υποστηρίξει ούτε το 10% των υπεράκτιων πάρκων, που έχουν προγραμματιστεί διεθνώς, [1.12]. Επομένως, κρίνεται αναγκαίο να αναπτυχθεί ισχυρή εγχώρια εφοδιαστική αλυσίδα, κάτι το οποίο απαιτεί πολλές κατασκευαστικές αναβαθμίσεις και νέες εξειδικευμένες υποδομές. Η Ελλάδα δύναται να υποστηρίξει ένα τέτοιο έργο, καθώς έχει στρατηγική θέση, εξαιρετικό κλίμα, εγκαταστάσεις κοντά στην θάλασσα, χρόνια ναυτιλιακή και ναυπηγική εμπειρία και τέλος διαθέτει πλούσια βιομηχανία τσιμέντου, χάλυβα και καλωδίων [1.12].

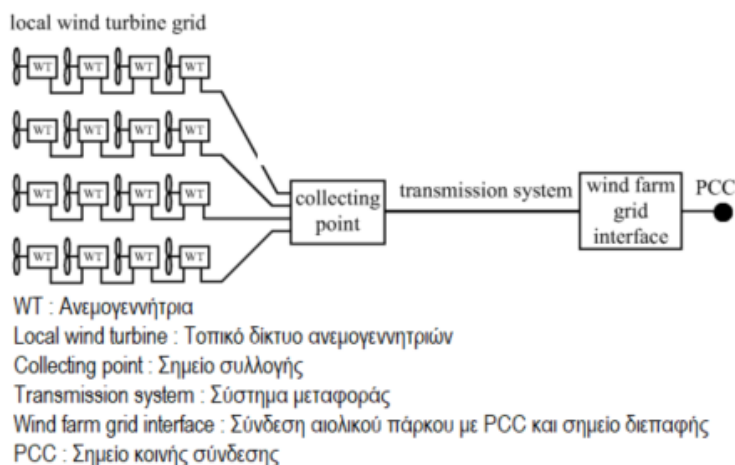
Σε περίπτωση όπου διεκπεραιωθούν τα έργα των υπεράκτιων αιολικών πάρκων και αναπτυχθεί μια ισχυρή εγχώρια εφοδιαστική αλυσίδα, συνδυαστικά με τα υπάρχοντα έργα εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας η Ελλάδα θα μετατραπεί σε εξαγωγό καθαρής ενέργειας και θα αποκτήσει ενεργειακή αυτονομία και ανεξαρτησία. Παράλληλα, ο προκαταρκτικός ενεργειακός σχεδιασμός της Ελλάδας στοχεύει στα 1.900 MW εγκατεστημένης ισχύς υπεράκτιων αιολικών πάρκων έως το 2030, 6.200 MW έως το 2035 και 17.300 MW έως το 2050. Ως αποτέλεσμα, ενδέχεται η ετήσια εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από το 2024 έως το 2050 να φτάσει κατά μέσο όρο τα 1,9 δισεκατομμύρια ευρώ και να δημιουργήσει σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, παρέχοντας στήριξη σε περίπου 44.400 νέες θέσεις εργασίας ετησίως [1.11].

## 1.4 Τύποι αιολικών πάρκων

Καθώς η βιομηχανία της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αναπτύσσεται και ωριμάζει, έχει παρατηρηθεί, πως τα πιο συνηθισμένα έργα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα αιολικά πάρκα. Τα αιολικά πάρκα διαφέρουν ανά τύπο ανάλογα με τον τόπο που είναι τοποθετημένες οι ανεμογεννήτριες. Σε περιοχές όπως βουνά και πεδιάδες βρίσκονται τα επίγεια αιολικά πάρκα ενώ στη θάλασσα βρίσκονται τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Τέλος, υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους όσον αφορά τον εξοπλισμό αλλά και την διαδικασία ανάπτυξης του κάθε έργου.

### 1.4.1 Επίγεια αιολικά πάρκα

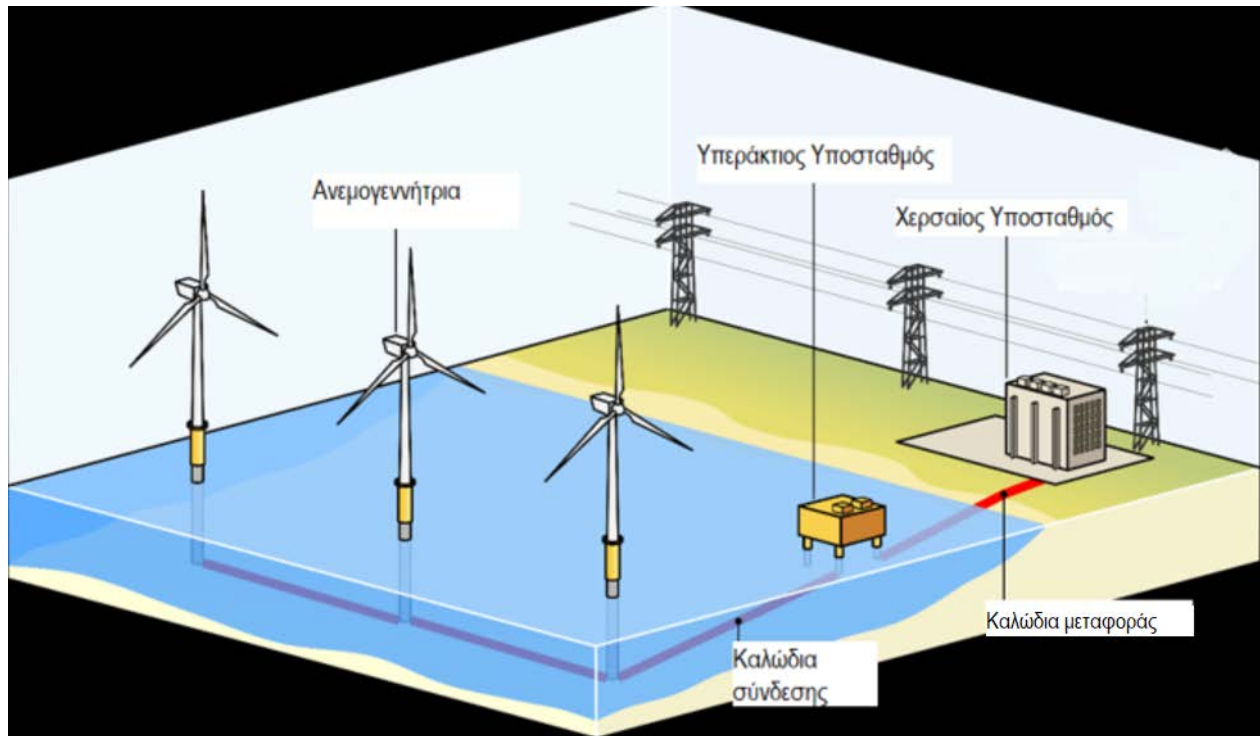
Ένα τυπικό επίγειο αιολικό πάρκο όπως εκείνο της εικόνας 1.10, αποτελείται από διάφορα στοιχεία, όπως οι ανεμογεννήτριες, το τοπικό δίκτυο ανεμογεννητριών, το σημείο συγκέντρωσης, το σύστημα μεταφοράς και η σύνδεση του αιολικού πάρκου με το σημείο κοινής σύνδεσης (PCC). Κατά κύριο λόγο, οι ανεμογεννήτριες αποτελούνται από μία μονάδα ρύθμισης τάσης, η οποία μετατρέπει την τάση σε AC (εναλλασσόμενο ρεύμα) ή DC (συνεχές ρεύμα). Το τοπικό δίκτυο των ανεμογεννητριών συνδέει παράλληλα τις μονάδες με το σημείο συλλογής, όπου η τάση ανυψώνεται σε κατάλληλο επίπεδο για αποτελεσματική μεταφορά. Στο σημείο συλλογής, η τάση αυξάνεται περαιτέρω σε επίπεδο κατάλληλο για μεταφορά και, στη συνέχεια, η ενέργεια μεταφέρεται στη διασύνδεση του δικτύου του αιολικού πάρκου μέσω του συστήματος μεταφοράς. Η διασύνδεση δικτύου του αιολικού πάρκου ρυθμίζει την τάση, τη συχνότητα και την άεργο ισχύ του συστήματος μεταφοράς, ώστε να ευθυγραμμιστεί με το επίπεδο τάσης, τη συχνότητα και τη ζήτηση της άεργου ισχύος του δικτύου στο σημείο κοινής σύνδεσης. Το σημείο κοινής σύνδεσης, είναι το κομμάτι του συστήματος στο οποίο γίνεται η σύνδεση για την τροφοδότηση του πελάτη ή του ηλεκτρικού δικτύου, όπου εμφανίζεται η ηλεκτρική παραγωγή και άλλες πληροφορίες του συστήματος, [1.13].



Σχήμα 1.10: Τυπική διάταξη επίγειου αιολικού πάρκου, Ιδία Επεξεργασία, [1.13].

#### 1.4.2 Υπεράκτια αιολικά πάρκα

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα συγκριτικά με τα επίγεια αιολικά πάρκα είναι ακριβότερα και πιο απαιτητικά. Η απαίτηση προκύπτει από την αναπτυσσόμενη φύση της βιομηχανίας και από τις πολλές παραμέτρους που επηρεάζουν το έργο. Υπάρχουν δύο μέρη που αποτελούν ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Αρχικά, υπάρχουν λιμενικές εγκαταστάσεις υποστήριξης του αιολικού πάρκου, που αναλύονται στο Κεφάλαιο 2, και το σύστημα του αιολικού πάρκου. Αναλύοντας την διάταξη του συστήματος (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 1.11) ενός τυπικού αιολικού πάρκου, παρατηρείται ότι αποτελείται από πλωτές ανεμογεννήτριες ή πακτωμένες στο πυθμένα της θάλασσας, καλώδια που συνδέουν μεταξύ τους τις ανεμογεννήτριες, έναν υπεράκτιο υποσταθμό στον οποίο στεγάζεται ο μετασχηματιστής και άλλα ηλεκτρικά συστήματα, καλώδια μεταφοράς και χερσαίο υποσταθμό. Τα καλώδια είναι υπεύθυνα για την σύνδεση των ανεμογεννητριών και την μεταφορά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ο υπεράκτιος υποσταθμός αυξάνει την τάση που συλλέγεται από τις ανεμογεννήτριες και εξάγει το ηλεκτρικό ρεύμα στα αντίστοιχα καλώδια. Έπειτα, τα καλώδια μεταφοράς συνδέονται με τον χερσαίο υποσταθμό και εκείνος με την σειρά του συνδέει το αιολικό πάρκο με το κύριο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ή με το δίκτυο κάποιου ιδιώτη, [1.14].



Σχήμα 1.11: Τυπική διάταξη ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου, Ιδία επεξεργασία, [1.15].

## 1.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών οριζόντιου άξονα

Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται στα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι κυρίως οριζοντίου άξονα. Κρίνεται αναγκαίο να αναλυθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτών με σκοπό την κατανόηση της λειτουργίας τους. Τα βασικά μέρη των ανεμογεννητριών ξεκινώντας από κάτω προς τα πάνω είναι η θεμελίωση, ο πύργος, το σύστημα προσανατολισμού, η άτρακτος και τα πτερύγια.

### 1.5.1 Τα πτερύγια της ανεμογεννήτριας

Οι ανεμογεννήτριες αποτελούνται από 2 ή 3 πτερύγια, τα οποία επωφελούνται από την άνωση που δημιουργεί ο άνεμος στην επιφάνεια τους και περιστρέφονται από την αναπτυσσόμενη ροπή γύρω από τον άξονα περιστροφής. Είναι κατασκευασμένα κυρίως από υαλονήματα και ειδικές ρητίνες και εφαρμόζονται στην πλήμνη. Τα μεγέθη των πτερυγίων εξαρτώνται από το μέγεθος της ανεμογεννήτριας. Παραδείγματος χάριν, όσον αφορά τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες, όπως φαίνεται στον ΠΙΝΑΚΑ 1.2, η μικρότερη ανεμογεννήτρια έχει δυναμικότητα παραγωγής 2 MW και τα πτερύγια που της αντιστοιχούν έχουν μήκος 43 m. Η μεγαλύτερη περίπτωση ανεμογεννήτριας, που

συναντάται, διαθέτει δυναμικότητα παραγωγής 20 MW και τα πτερύγια που της αντιστοιχούν έχουν μήκος 132 m, [1.23].

Πίνακας 1.3: Μήκη πτερυγίων και ύψη μεταξύ την επιφάνεια της θάλασσας και της ατράκτου υπεράκτιων ανεμογεννητριών, [1.21].

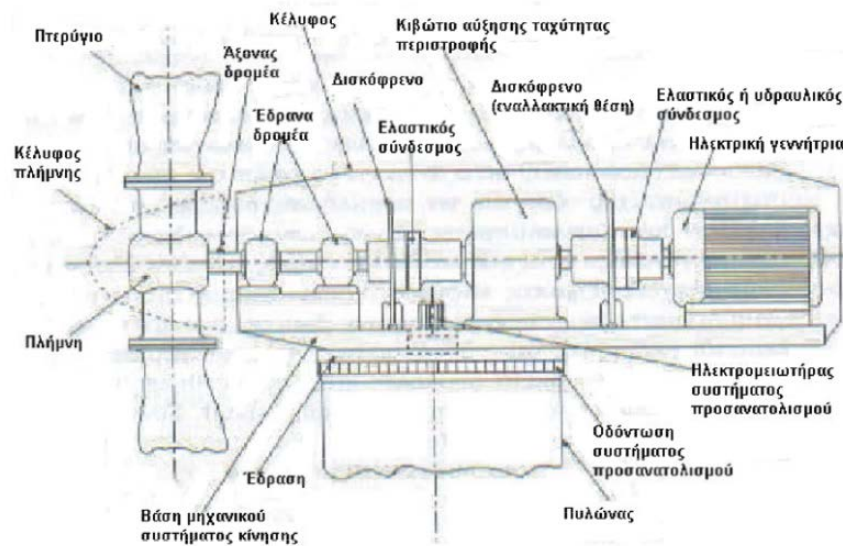
Δυναμικότητα παραγωγής τουρμπίνας	Μήκος πτερυγίου	Ύψος μεταξύ της επιφάνειας της θάλασσας και της ατράκτου
MW	m	m
2	46,3	68,8
3	52,8	80,1
6	67,6	97,4
6	73,8	104,6
8	84,9	116,3
9.6	92,7	124,1
10	94,6	126,1
11	99,1	130,6
Δυναμικότητα παραγωγής τουρμπίνας	Μήκος πτερυγίου	Ύψος μεταξύ της επιφάνειας της θάλασσας και της ατράκτου
12	103,3	135,8
13	107,4	140,4
14	111,4	145,4
15	115,2	150,2
16	118,8	154,3
17	122,4	157,9

### 1.5.2 Η άτρακτος της ανεμογεννήτριας

Στην άτρακτο της ανεμογεννήτριας βρίσκονται τα μηχανικά μέρη και τα στοιχεία ηλεκτροπαραγωγής της ανεμογεννήτριας. Η πλήμνη προστατεύεται από ένα κέλυφος, και έτσι ολοκληρώνεται το σύστημα, που παρέχει την περιστροφή, το οποίο ονομάζεται ρότορας. Η μετάδοση της περιστροφικής κίνησης του ρότορα επιτυγχάνεται με την σύνδεση του με τον κύριο άξονα ή άξονα χαμηλής ταχύτητας, ο οποίος στρέφεται με 30 έως 60 στροφές το λεπτό. Η υποστήριξη του γίνεται με έδρανα και μερικά επιπλέον εξαρτήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα σε αυτά. Επιπρόσθετα, υπάρχουν δισκόφρενα τα οποία σταματούν τον άξονα σε ώρα ανάγκης. Το σύστημα το οποίο



διαχειρίζεται την ταχύτητα του άξονα και την αυξάνει είναι το κιβώτιο ταχυτήτων και έχει την ικανότητα να αυξήσει στις 1.200 έως 1.500 στροφές το λεπτό την περιστροφή του άξονα. Η ηλεκτρική γεννήτρια συνδέεται μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου με τον άξονα. Η γεννήτρια επωφελείται από την αυξημένη περιστροφική ταχύτητα του άξονα και παράγει συνήθως εναλλασσόμενο ρεύμα συχνότητας 50 Hz. Για την ασφαλή λειτουργία της, υπάρχει ένας ελεγκτής, που ξεκινάει τη μηχανή σε ταχύτητες ανέμου περίπου 12 έως 24 km/h, και απενεργοποιεί τη μηχανή περίπου στα 104 km/h την ώρα καθώς η ταχύτητα του ανέμου άνω του ορίου ενδέχεται να καταστρέψει τα πτερύγια και να υπερθερμάνει την γεννήτρια. Με την πρόοδο της τεχνολογίας προστίθενται επιπλέον εξαρτήματα και συστήματα ελέγχου στις ανεμογεννήτριες. Τα αναφερόμενα μηχανικά στοιχεία παρουσιάζονται κοινά και βασικά σε πολλές περιπτώσεις, [1.16],[1.17] .



Σχήμα 1.12: Βασικά μηχανικά μέρη μίας ανεμογεννήτριας, [1.17].

### 1.5.3 Σύστημα προσανατολισμού

Το σύστημα προσανατολισμού βρίσκεται μεταξύ του πύργου και του κυρίου σώματος. Αποτελεί έναν μηχανισμό, που αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του κύριου άξονα, να είναι παράλληλος με την διεύθυνση του ανέμου[1.16],[1.17].

### 1.5.4 Πύργος

Ο πύργος αποτελεί σημαντικό κομμάτι της ανεμογεννήτριας καθώς στην κορυφή του στεγάζεται το κυρίως σώμα της, [1.16],[1.17]. Συνήθως, κατασκευάζονται από χάλυβα ή σκυρόδεμα και το ύψος του υπολογίζεται ανάλογα με την θεμελίωση της ανεμογεννήτριας και το επιθυμητό ύψος, που πρέπει να βρίσκεται το κύριο σώμα, για να εκμεταλλευτεί στο μέγιστο το αιολικό δυναμικό.

### 1.5.5 Θεμελίωση

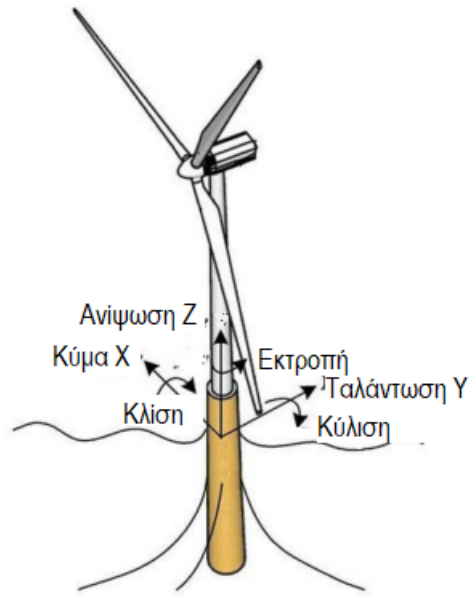
Η θεμελίωση είναι ο τρόπος με τον οποίο οι ανεμογεννήτριες είναι τοποθετημένες στην ενδιαφερόμενη περιοχή. Οι τύποι θεμελίωσης είναι πάρα πολλοί, καθώς οι ανεμογεννήτριες εκτός από χερσαίες περιοχές μπορούν να τοποθετηθούν και σε θαλάσσιες, όπως αναλύεται στην συνέχεια.

## 1.6 Ανεμογεννήτριες που προορίζονται για υπεράκτια αιολικά πάρκα

Υπάρχουν αρκετοί προβληματισμοί που σχετίζονται με τις χερσαίες ανεμογεννήτριες, όπως η οπτική όχληση και ο θόρυβος, ιδίως στις πυκνοκατοικημένες περιοχές του κόσμου, που βρίσκονται κατά μήκος των ακτογραμμών. Αυτό αντιμετωπίζεται με τη χωροθέτηση των ανεμογεννητριών μακριά και μέσα στη θάλασσα. Επιπροσθέτως, η επικράτηση ισχυρότερων και σταθερότερων ανέμων στις θαλάσσιες περιοχές ενισχύει περαιτέρω τη βιωσιμότητα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, οδηγώντας σε αυξημένη παραγωγή ενέργειας. Οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τρόπο που τοποθετούνται στην θαλάσσια περιοχή. Έτσι, προκύπτουν οι πλωτές ανεμογεννήτριες και οι πακτωμένες στον πυθμένα της θάλασσας. Οι δύο αυτές κατηγορίες περιλαμβάνουν διαφορετικούς τρόπους θεμελίωσης των ανεμογεννητριών και αποσκοπούν στην αντιμετώπιση των ανάλογων προκυπτουσών συνθηκών. Οι παράγοντες που οδηγούν στην επιλογή της κατηγορίας και τον τρόπο θεμελίωσης είναι κυρίως το βάθος, το αιολικό δυναμικό, η εφοδιαστική αλυσίδα και οι υποδομές του λιμένα υποστήριξης.

### 1.6.1 Πλωτές ανεμογεννήτριες

Οι πλωτές ανεμογεννήτριες τοποθετούνται για την συλλογή των αιολικών πόρων κυρίως σε μεγάλα βάθη άνω των 60 m, [1.18]. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε περιοχές με μικρότερα βάθη. Υπάρχουν διάφορα μοντέλα τα οποία εξελίσσονται συνεχώς για αυτόν τον τύπο ανεμογεννήτριας, όμως τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά είναι κοινά για όλα τα μοντέλα. Η ανεμογεννήτρια αποτελείται από την πλατφόρμα στην οποία βρίσκεται ο πύργος. Στο πάνω μέρος του πύργου βρίσκεται ο στρόβιλος με τα μηχανικά της εξαρτήματα. Τα λειτουργικά μέρη όπως ο ελεγκτής, η γεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας, τα υδραυλικά συστήματα και τα συστήματα ψύξης, αλλά και οι μηχανισμοί κλίσης και περιστροφής είναι απαραίτητα. Οι πλωτές ανεμογεννήτριες έχουν έξι βαθμούς ελευθερίας οι οποίοι επηρεάζουν την απόδοσή τους. Μετατοπίζονται ανάλογα με τον κυματισμό της θάλασσας και την ένταση των ανέμων. Όπως φαίνεται στην εικόνα 1.13, μία πλωτή ανεμογεννήτρια μετατοπίζεται ως προς τον άξονα X από τους κυματισμούς της θάλασσας, ως προς τον άξονα Y καθώς η ανεμογεννήτρια ταλαντώνεται και ως προς τον άξονα Z καθώς ανυψώνεται. Επιπλέον, οι τρεις περιστροφικοί βαθμοί ελευθερίας μπορεί να προκύψουν από την κύλιση, την κλίση και την εκτροπή, [1.19].



Σχήμα 1.13: Βαθμοί ελευθερίας πλωτών ανεμογεννητριών, Ιδία επεξεργασία, [1.19]

### Πλατφόρμα τύπου Spar (Spar-Type Platform)

Σε αυτή την κατηγορία κατατάσσεται το μοντέλο βάσης που αποτελεί μία κυλινδρική κατασκευή, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.14. Η σταθεροποίηση της πλατφόρμας επιτυγχάνεται διατηρώντας το κέντρο βάρους κάτω από το κέντρο άνωσης με τη χρήση έρματος. Η πλατφόρμα αυτή, συγκριτικά με τις άλλες, έχει το μεγαλύτερο βύθισμα μεταξύ 70m και 90m μετά την εγκατάσταση, κάτι το οποίο ελαχιστοποιεί τις κινήσεις της, και την σταθεροποιεί. Επιπλέον, η σταθεροποίηση της ενισχύεται με αντηρίδες πρόσδεσης, οι οποίες στην άκρη τους έχουν άγκυρες ή μάζες, σε μία οριζόντια απόσταση μεταξύ 450m με 1200m. Το κύριο υλικό που χρησιμοποιείται είναι ο χάλυβας, και διαμορφώνει το βάρος της έως και 2,500 t πριν την εγκατάσταση του έρματος. Η πολυπλοκότητα της τοποθέτησης, η χειραία συναρμολόγηση και η μεταφορά, σε συνδυασμό με την απαιτητική εφοδιαστική αλυσίδα που πρέπει να προγραμματιστεί, είναι τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα αυτής της κατηγορίας. Παρ' όλα αυτά, πραγματοποιούνται επενδύσεις, διότι τα εξαρτήματά της μπορούν να παραχθούν μαζικά, [1.20].

### Ημιβυθιζόμενη πλατφόρμα (Semi-Submersible Platform).

Το μοντέλο της ημιβυθιζόμενης πλατφόρμας πρωτοεμφανίστηκε στη βιομηχανία της υπεράκτιας εξόρυξης πετρελαίου, όπου υπήρχε ανάγκη για ένα μεγάλο πλωτό γεωτρήπανο. Τυπικά είναι μια χαλύβδινη κατασκευή όπως φαίνεται στην εικόνα 1.14, με βάση από 3 κολώνες που συνδέεται με εγκάρσια στηρίγματα ή πλωτήρες. Η ανεμογεννήτρια στηρίζεται σε μια από τις κολώνες, ή στο κέντρο της κατασκευής, και όλη η κατασκευή επιπλέει σταθερά λόγω της άνωσης. Επιπλέον, η σταθεροποίηση της επιτυγχάνεται με αντηρίδες πρόσδεσης, τα οποία στην άκρη τους έχουν άγκυρες ή μάζες, σε μία οριζόντια απόσταση μεταξύ 450 m με 1.200 m. και η τοποθέτηση γίνεται σε βάθη από 40 έως 50 m. Η κατασκευή μπορεί να φτάσει στους 2.500 t με τον στρόβιλο. Συγκριτικά με το βάρος της,

το οποίο ανέρχεται στα 10 m, το βύθισμά της είναι σχετικά χαμηλό και έχει σχετικά εύκολη συντήρηση και λειτουργία, [1.20].

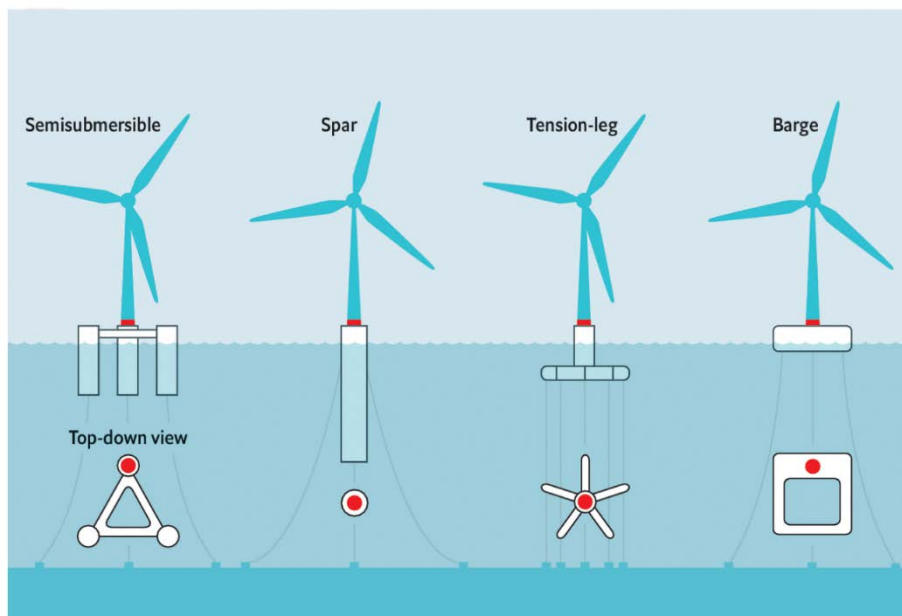
### Πλατφόρμα φορτηγίδας (Barge Platform)

Το εν λόγω μοντέλο διακρίνεται από μία ορθογώνια πλωτή πλατφόρμα, που έχει στο κέντρο της μία «πισίνα» αποκαλούμενη από την βιομηχανία «η πισίνα του φεγγαριού», (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 1.14), η οποία σκοπεύει στην μείωση της κίνησης της κατασκευής απορροφώντας τα φορτία των κυμάτων. Συνήθως, είναι κατασκευασμένη από χάλυβα ή σκυρόδεμα και η σταθεροποίηση του επιτυγχάνεται με σύστημα αγκυρών με αντηρίδες. Η πλατφόρμα αυτή δεν είναι κατάλληλη για ακραίες καιρικές συνθήκες και μεγάλα βάθη, ωστόσο δεν χρειάζεται επιπρόσθετο εξοπλισμό για την σταθεροποίηση της καθώς το βάρος της φτάνει τους 4.000 t και έχει μικρό βύθισμα. Η επιλογή αυτού του μοντέλου περιορίζεται εξαιτίας διαφόρων προβλημάτων, τα οποία εξαρτώνται από το μέγεθος του συστήματος. Αυτά τα προβλήματα περιλαμβάνουν υψηλές καμπτικές ροπές στη βάση του πύργου, δυναμικές κινήσεις κλίσης που προκαλούνται από τα κύματα, καθώς και κόπωση λόγω της φόρτισης των κυμάτων, [1.20].

### Πλατφόρμα ποδιών τάσης (Tension Leg Platform)

Το συγκεκριμένο μοντέλο βάσης είναι το ελαφρύτερο και το μικρότερο από τα υπόλοιπα. Έχει μικρό βύθισμα και υψηλή άνωση, που έχει ως αποτέλεσμα, να καταπονούνται περισσότερο οι αντηρίδες πρόσδεσης και οι άγκυρες καθώς είναι σε μεγάλο βαθμό κατακόρυφα τεντωμένες, [1.20].

Στην εικόνα 1.14 απεικονίζεται στο πάνω μέρος η πρόσοψη του κάθε τύπου πλωτής θεμελίωσης και στο κάτω μέρος η κάτοψη αυτών. Επίσης, παρατηρείται ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η σταθεροποίησή τους με το σύστημα αγκυροβόλησης.



Σχήμα 1.14: Τέσσερα μοντέλα πλωτών πλατφόρμων υπεράκτιων ανεμογεννητριών, [1.21].

## 1.6.2 Ανεμογεννήτριες πακτωμένες στον πυθμένα της θάλασσας

Οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου έχουν παρόμοιο σχεδιασμό με τις χερσαίες ανεμογεννήτριες με κοινό χαρακτηριστικό τους τον πύργο που κατασκευάζεται στο έδαφος. Λόγω της τοποθέτησης του πύργου σε βάση που βρίσκεται πακτωμένη στον πυθμένα, περιορίζεται η λειτουργία τους σε βάθη έως 50 m. Αυτός ο περιορισμός μειώνει σημαντικά τον αριθμό των κατάλληλων περιοχών τοποθέτησης και ενδέχεται να επηρεάζει τομείς όπως η ναυτιλία και η αλιεία. Όπως και στις πλωτές ανεμογεννήτριες, έτσι και στις σταθερές, υπάρχουν διάφορες κατηγορίες θεμελίωσης. Η ποικιλομορφία αυτή παρέχει λύσεις σε διάφορα προβλήματα, όπως αυτό της εύρεσης της κατάλληλης περιοχής, με αποτέλεσμα την βέλτιστη εκμετάλλευση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Τα πιο ισχυρά γεωτεχνικά θέματα, που αντιμετωπίζονται, είναι η διάβρωση των υλικών και η ρευστοποίηση και αντοχή του εδάφους στην καταπόνηση που δέχεται από τα φορτία της ανεμογεννήτριας.

### Θεμελίωση βαρύτητας (Gravity based foundations)

Ο σχεδιασμός της θεμελίωσης βαρύτητας (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 1.15) γίνεται με γνώμονα το βάρος της ανεμογεννήτριας που πρέπει να είναι αρκετό για να αντιστέκεται σε ακραίες ροπές ανατροπής και να μένει σταθερά όρθια στον θαλάσσιο πυθμένα. Η θεμελίωση είναι φτιαγμένη με σπλισμένο σκυρόδεμα και είναι απλή κατασκευή. Ενδείκνυται για θαλάσσιες περιοχές, όπου το βάθος είναι από 10 έως 30 m, και ο πυθμένας είναι κυρίως αποτελούμενος από συμπακνωμένο αργιλικό, αμμώδες έδαφος ή βράχο, [1.22].

### Θεμελίωση με μεμονωμένο πάσσαλο – πυλώνα (Monopile foundations)

Η παρούσα μέθοδος θεμελίωσης πραγματοποιείται με ένα μόνο χαλύβδινο σωληνωτό πυλώνα διαμέτρου 3 έως 8 m (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 1.15). Ο πυλώνας αποτελείται κυρίως από τρία βασικά μέρη: τον κύριο κυλινδρικό πάσσαλο, ο οποίος αποτελεί τον κεντρικό άξονα της δομής, τη κωνική απόληξη στο άνω μέρος του προς τον πύργο της ανεμογεννήτριας, προσδίδοντας σχήμα και δομή στον πυλώνα, και τέλος την αποβάθρα που χρησιμοποιείται για την ασφαλή πρόσδεση των σκαφών, προσδίδοντας λειτουργικότητα στην δομή και εξυπηρετώντας τις ανάγκες σύνδεσης του πυλώνα με το περιβάλλον του. Στη θαλάσσια περιοχή όπου τοποθετείται έχει βάθος μεταξύ 20 και 40 m, χωρίς αυτό να είναι καθοριστικό, και ο πυθμένας αποτελείται από συμπακνωμένο αργιλικό, άμμο ή στρώματα κιμωλίας και βράχο.

Για την εγκατάστασή της χρειάζονται κρουστικά σφυριά ή εξοπλισμός δονητικής οδήγησης με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει βράχος στην περιοχή, ενώ σε αντίθετη περίπτωση χρησιμοποιούνται μέθοδοι διάτρησης. Τέλος, αυτή η μέθοδος θεμελίωσης αποτελεί μια εύκολη κατασκευή χαμηλού κόστους και απαιτεί απλή συντήρηση και έλεγχο, κάτι που τη καθιστά την πιο διαδομένη παγκοσμίως, [1.22].

### Θεμελίωση με τρίποδα (Tripod foundations)

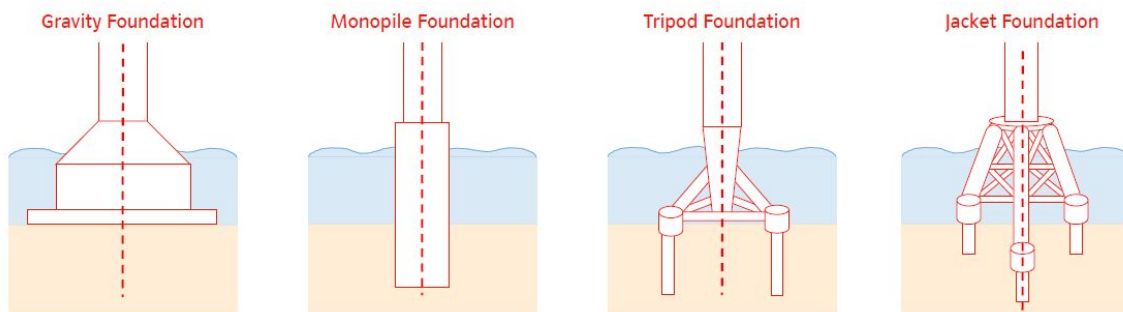
Η μέθοδος θεμελίωσης με τρίποδα είναι πολύ σταθερή και συγκριτικά ελαφριά κατασκευή, κατάλληλη για τοποθέτηση σε θαλάσσιες περιοχές με βάθη από 10 έως 35 m. Είναι φτιαγμένη από χάλυβα και αποτελείται από 3

στηρίξεις που σχεδιάζουν ένα πλαίσιο, που μεταφέρει τα φορτία, που αναπτύσσονται στην ανεμογεννήτρια προς αυτές, [1.22]. Ο πύργος τοποθετείται στην κορυφή του πλαισίου και κάθε στήριγμα σταθεροποιείται με μεμονωμένες δοκούς που εισχωρούν στο έδαφος ή με δοχεία αναρρόφησης (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 1.15).

### Θεμέλια Jacket (δομή πλέγματος)

Η βάση τύπου τζακετ είναι ένα πλέγμα (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 1.15) από χαλύβδινες σωληνοειδής δοκούς, που συναρμολογείται στην ξηρά, με τη μέθοδο της ηλεκτροσυγκόλλησης και έπειτα μεταφέρεται στον τόπο εγκατάστασης για να ενσωματωθεί στον πυθμένα. Τοποθετείται σε θαλάσσιες περιοχές με βάθος από 5 έως 50 m. Αν και η κατασκευή τους είναι φθηνή λόγω των υλικών από τα οποία κατασκευάζονται ενδέχεται να χρειαστούν επιπλέον επενδύσεις για την αποθήκευση και την εγκατάστασή τους. Ως αποτέλεσμα συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση του συνολικού κόστους επένδυσης, [1.22].

Η εικόνα 1.15 συλλέγει τους τύπους πακτωμένης θεμελίωσης απεικονίζοντας μία πρόσοψη για κάθε έναν.



Σχήμα 1.15: Τέσσερις τύποι θεμελίωσης υπεράκτιων ανεμογεννητριών πακτωμένων στον πυθμένα, [1.22].

## 1.7 Σύνοψη

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει μία ανάλυση του αιολικού δυναμικού στην Ευρώπη και στην Ελλάδα. Είναι σημαντικό να γίνει αντιληπτό πως η Ελλάδα έχει τα κατάλληλα εφόδια γνώσης και τεχνογνωσίας για να αναπτυχθεί στον τομέα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και να επωφεληθεί από αυτόν. Η Ελλάδα πρέπει να εκμεταλλευτεί το πλεονέκτημα του ισχυρού αιολικού δυναμικού της και να δώσει λύση στα κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά της προβλήματα. Ωστόσο, για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων εκτός από την γνώση των τεχνικών χαρακτηριστικών των ανεμογεννητριών και την γνώση λειτουργίας του αιολικού πάρκου, πρέπει να δοθεί βάση στην εφοδιαστική αλυσίδα ενός τέτοιου έργου. Το σημαντικότερο μέρος της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ο λιμένας ο οποίος είναι απαραίτητο να υποστηρίξει το αιολικό πάρκο, τόσο σε θέματα ανάπτυξης όσο και σε θέματα συντήρησης. Τέλος, ο λιμένας αυτός πρέπει να τηρεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις, οι οποίες τον καθιστούν κατάλληλο για το καθήκον αυτό και εξετάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

## 1.8 Βιβλιογραφία

[1.1] Wind Europe, « The association for wind energy in Europe since 1982 », <https://windeurope.org/about-wind/history/>

[1.2] Κωνσταντίνος Φαϊτατζόγλου, «Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα», 20/8/2008.

[1.3] <https://windeurope.org/>

[1.4] Παναγιώτης Παπασταματίου, «ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ Θεσμικές προκλήσεις και προοπτικές», ΕΛΑΤΑΕΝ, Business Project Plan, Ιανουάριος 2024.

[1.5] Wind Europe, « Capacity Factors », <https://windeurope.org/about-wind/daily-wind/capacity-factors>

[1.6] ΕΛΑΤΑΕΝ, « Ποιο είναι το συγκριτικό πλεονέκτημα της Ελλάδας στην αιολική ενέργεια; », ESG + stories, 2023.

[1.7] Νόμος 4964/2022 - Διατάξεις για την απλοποίηση της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, θέσπιση πλαισίου για την ανάπτυξη των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων, την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης, την προστασία του περιβάλλοντος και λοιπές διατάξεις., ΦΕΚ 150/Α/30-7-2022.

[1.8] ΕΛΑΤΑΕΝ, Διαδικτυακός Χάρτης εν Λειτουργία Αιολικών Πάρκων, <https://arcg.is/5CuKu>

[1.9] Alma Economics, «Υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ελλάδα: Μελέτη των κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων», Κείμενο Πολιτικής, ΕΛΙΑΜΕΠ, 9/15/2021.

[1.10] ΕΛΕΤΑΕΝ, « Τα αιολικά πάρκα είναι ο μεγαλύτερος χρηματοδότης των επιδοτήσεων στους καταναλωτές », Τεχνική Έκθεση, 31 Οκτωβρίου 2023.

[1.11] ΕΛΑΤΑΕΝ, « Μεγάλη ευκαιρία για την Ελλάδα τα Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα », ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ, 31 Οκτωβρίου 2023.

[1.12] HWEA, « Status and challenges for the supply chain for offshore wind in Greece », Technical Analys, November 2023.

[1.13] Stefan Lundberg, Elizabeth Morse, « Performance comparison of wind park configurations », Technical Report, Department of Electric Power Engineering CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Sweden 2003.

[1.14] Markus Lerch, Mikel De-Prada-Gil, Climent Molins, «A metaheuristic optimization model for the inter-array layout planning of floating offshore wind farms », Journal, Science Direct, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Spain, 2021.

[1.15] George Nikitas, Subhamoy Bhattacharya, Nathan Vimalan, « Future Energy (3rd Edition): Improved, Sustainable and Clean Options for Our Planet. », Research Gate | Publisher : Elsevier, November, 2019.

[1.16] Καράμπελα Μαρία, «Έλεγχος Αδιάλειπτης Λειτουργίας Αιολικού Συστήματος με Επαγωγική Μηχανή Διπλής Τροφοδοσίας μετά από Πτώση Τάσης», Διπλωματική Εργασία, Πάτρα, Οκτώβριος 2012.

[1.17] ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 1ο ΕΠΑΛ ΣΥΡΟΥ, <http://ape1epalsyrou.weebly.com>

[1.18] Taimoor Asim, Sheikh Zahidul Islam, Arman Hemmati, Muhammad Saif Ullah Khalid, « A Review of Recent Advancements in Offshore Wind Turbine Technology», Journal, MDPI, 14/7/2022

[1.19] Mohammad Barooni, Turaj Ashuri, Deniz Velioglu Sogut, Stephen Wood, Shiva Taleghani, « Floating Offshore Wind Turbines: Current Status and Future Prospects », Journal, MDPI, 2022.

[1.20] Lizet Ramirez, Mattia Cecchinato, Sabina Potestio, « Ports: a key enabler for the floating offshore wind sector. », Guidance Document, Wind Europe, September 2020.

[1.21] Xuan Mei, Min Xiong, « Effects of Second-Order Hydrodynamics on the Dynamic Responses and Fatigue Damage of a 15 MW Floating Offshore Wind Turbine », Journal, Marine Science and Engineering, MDPI, 2021.

[1.22] Xiaoni Wu, Yu Hub, Ye Lia, Jian Yangb, Lei Duan, Tongguang Wang, Thomas Adcock, Zhiyu Jiangh, Zhen Gao, Zhiliang Lin, Alistair Borthwick, Shijun Liao « Foundations of offshore wind turbines: A review », Journal, ELSEVIER, Science Direct, 2019.



## Κεφάλαιο 2

### 2. Προϋποθέσεις λιμένων για την υποστήριξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων.

Περιεχόμενα Κεφαλαίου

---

2. Προϋποθέσεις λιμένων για την υποστήριξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων.....	41
2.1 Εισαγωγή.....	42
2.2 Η σημαντικότητα των λιμένων στην υπεράκτια αιολική ενέργεια.....	42
2.3 Κύριες λιμενικές εγκαταστάσεις υποστήριξης ενός αιολικού πάρκου.....	43
2.3.1 Λιμενική εγκατάσταση κατασκευής εξαρτημάτων και βάσεων ανεμογεννητριών.....	43
2.3.2 Λιμενική εγκατάσταση συναρμολόγησης υπεράκτιων ανεμογεννητριών.....	44
2.3.3 Λιμενική εγκατάσταση τοποθέτησης ανεμογεννητριών.....	46
2.3.4 Λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης.....	49
2.4 Προϋποθέσεις των λιμενικών εγκαταστάσεων.....	51
2.4.1 Κατηγορία ερευνών Α.....	52
2.4.2 Κατηγορία ερευνών Β.....	53
2.4.3 Κατηγορία ερευνών Γ.....	55
2.4.4 Κατηγορία ερευνών Δ.....	56
2.4.5 Συγκέντρωση των στοιχείων των ερευνών.....	56
2.5 Περίπτωση υποστήριξης αιολικού πάρκου με ναυπηγικές εγκαταστάσεις και λιμενικές εγκαταστάσεις.....	60
2.5.1 Ναυπηγική εγκατάσταση κατασκευής των πλατφόρμων των ανεμογεννητριών.....	61
2.8 Προϋποθέσεις λιμένων για την ανάπτυξη Ελληνικής εφοδιαστικής αλυσίδας υπεράκτιων αιολικών πάρκων.....	62
2.9 Σύνοψη.....	64
2.9 Βιβλιογραφία.....	64

## 2.1 Εισαγωγή

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στις ελληνικές θάλασσες αποτελείται από δύο βασικούς πυλώνες. Αρχικά, πρέπει να επιλεχθούν οι κατάλληλες ανεμογεννήτριες και έπειτα να βρεθεί ένας λιμένας ή ένα ναυπηγείο που θα υποστηρίξει το αιολικό πάρκο. Για να καθοριστεί η καταλληλότητα ενός λιμένα ή ναυπηγείου, απαιτείται η ικανότητα εισαγωγής των απαραίτητων λιμενικών εγκαταστάσεων υποστήριξης ενός αιολικού πάρκου. Ωστόσο, κάθε λιμενική εγκατάσταση έχει διαφορετικές προϋποθέσεις και κριτήρια που τη καθιστούν λειτουργική. Κατά συνέπεια, οι προϋποθέσεις που καθιστούν έναν λιμένα ή ναυπηγείο κατάλληλο είναι άμεσα συνδεδεμένες με τις προϋποθέσεις των εγκαταστάσεων που επρόκειτο να εισαχθούν σε αυτόν και ταυτίζονται. Οι λιμένες και τα ναυπηγεία ανά περιπτώσεις μπορεί να υπάρχουν ήδη στην ενδιαφερόμενη περιοχή ή να δομηθούν ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περίπτωσης.

Αν υπάρχει ήδη λιμένας ή ναυπηγείο που προορίζεται για την υποστήριξη ενός αιολικού πάρκου, οι υπάρχουσες υποδομές του έχουν καθοριστική σημασία για την τελική επιλογή του τύπου των ανεμογεννητριών και την διαμόρφωση την εφοδιαστικής αλυσίδας του έργου. Σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητο να εξετάζονται και να τηρούνται οι προϋποθέσεις του εκάστοτε λιμένα ή ναυπηγείου.

## 2.2 Η σημαντικότητα των λιμένων στην υπεράκτια αιολική ενέργεια

Η θέση των λιμένων είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Οι λιμένες, ως σημεία διασύνδεσης ξηράς-θάλασσας, διαδραματίζουν κομβικό ρόλο στην αρμονική και ορθή λειτουργία του πάρκου. Οι λιμενικές εγκαταστάσεις και οι υποδομές τους, αποσκοπούν στην υποστήριξη του αιολικού πάρκου σε διάφορους τομείς. Κατά γενικό κανόνα, οι κύριες εργασίες που λαμβάνουν χώρα στις εγκαταστάσεις είναι η κατασκευή και η συναρμολόγηση των πλατφόρμων που τοποθετούνται οι ανεμογεννήτριες, η παραγωγή των εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών, όπως πτερύγια και πύργοι, η εγκατάσταση, η λειτουργία και η συντήρηση των αιολικών πάρκων. Ο κανόνας αυτός είναι εξαιρετικά μεταβλητός διότι οι δυνατότητες ενός λιμένα είναι περιορισμένες, επομένως η διαμόρφωση μίας εφοδιαστικής αλυσίδας που αναπληρώνει τις ελλείψεις και ελαχιστοποιεί το κόστος είναι καθοριστική.

Ένα αιολικό πάρκο μπορεί να υποστηριχθεί είτε από ένα μεγάλο λιμένα πολλαπλών χρήσεων, είτε μόνο με έναν λιμένα λειτουργίας και συντήρησης, είτε με επιμέρους ξεχωριστούς λιμένες και ναυπηγεία. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι που υφίστανται αυτές οι τρεις περιπτώσεις. Κύριοι από αυτούς είναι το αν θα χτιστούν νέοι λιμένες ή αν θα χρησιμοποιηθεί κάποιος υπάρχων, το πώς έχει σχεδιαστεί η εφοδιαστική αλυσίδα και τι ανάγκες καλείται να καλύψει ο λιμένας. Στην πρώτη περίπτωση αναφέρονται οι λιμένες «πολλαπλών χρήσεων», στους οποίους λαμβάνουν χώρα η κατασκευή των εξαρτημάτων, η παραγωγή των θεμελίων ή πλατφόρμων, η συναρμολόγηση, η εγκατάσταση, η λειτουργία και η συντήρηση. Στην δεύτερη περίπτωση αναφέρονται οι λιμένες «λειτουργίας και συντήρησης», (O&M ports).

Για να γίνει μία εκτίμηση επιλογής ενός λιμένα για την υποστήριξη ενός αιολικού πάρκου, πρέπει να αναλυθούν οι λιμενικές εγκαταστάσεις που αντιστοιχούν στο κάθε στάδιο της ζωής των ανεμογεννητριών και να αναγνωριστούν οι προϋποθέσεις που τις καθιστούν λειτουργικές.

## **2.3 Κύριες λιμενικές εγκαταστάσεις υποστήριξης ενός αιολικού πάρκου**

Αρχικά, η ανάπτυξη του αιολικού πάρκου χωρίζεται σε μερικά στάδια, που αφορούν όλο τον κύκλο ζωής των ανεμογεννητριών. Το πρώτο στάδιο είναι η παροχή των εξαρτημάτων μιας ανεμογεννήτριας. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με την αγορά των επιμέρους εξαρτημάτων από εξωτερικούς συνεργάτες και να φτάσουν στον λιμένα, ή να υπάρχει μια λιμενική εγκατάσταση στην οποία θα κατασκευάζονται εκεί τα εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας, ακόμα και ναυπηγείο. Το δεύτερο στάδιο, αφορά την παροχή των βάσεων ή πλατφόρμων των ανεμογεννητριών. Ανεξάρτητα αν είναι πλωτές ή αν πακτώνονται στον πυθμένα, μεταφέρονται κυρίως με θαλάσσια μέσα. Ωστόσο, υπάρχει η περίπτωση είτε να φτιαχτούν σε λιμενική υποδομή είτε να αγοραστούν από εξωτερικούς συνεργάτες. Και στις δύο περιπτώσεις, πρέπει να υπάρχει μια λιμενική εγκατάσταση, με τον κατάλληλο εξοπλισμό, στην οποία θα αποθηκεύονται, θα επιδιορθώνονται αλλά και θα συναρμολογούνται. Επόμενο στάδιο είναι η κατασκευή ή αλλιώς συναρμολόγηση των ανεμογεννητριών το οποίο αναγκαστικά θα πραγματοποιείται σε ένα χώρο του λιμένα, όπου θα υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός. Ακολουθεί το στάδιο τοποθέτησης των ολοκληρωμένων μονάδων, όπου εκτός από τις κατάλληλες υποδομές θα πρέπει να υπάρχουν και τα κατάλληλα σκάφη. Αυτό είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι του λιμένα καθώς από εκεί οι ανεμογεννήτριες καταλήγουν στην επιλεγμένη θαλάσσια περιοχή.

Υψηλής σημασίας του στάδιου του κύκλου ζωής του αιολικού πάρκου είναι η λειτουργία και η συντήρηση του. Στα πλαίσια αυτής περιλαμβάνεται μία καθοριστική λιμενική εγκατάσταση που παρέχει το κατάλληλο εξοπλισμό για να ελέγχονται και να προγραμματίζονται σωστά οι εργασίες πάνω στις ανεμογεννήτριες καθώς και να επιβλέπεται η λειτουργία τους. Οι περισσότερες εργασίες στις λιμενικές εγκαταστάσεις απαιτούν την χρήση συγκεκριμένων σκαφών, ωστόσο αναλόγως τις απαιτήσεις των εργασιών, μπορούν να πραγματοποιηθούν και με την χρήση απλών σκαφών. Αξίζει να σημειωθεί πως τα εξειδικευμένα σκάφη που εξυπηρετούν τα υπεράκτια αιολικά πάρκα εξελίσσονται συνεχώς, αλλάζουν σχεδιασμό και γίνονται πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Αποτέλεσμα της ποικιλίας που προκύπτει είναι να δίνονται λύσεις σε απαιτήσεις που προκύπτουν για την λειτουργία των λιμενικών εγκαταστάσεων όπως το βάθος του λιμένα και το κόστος του έργου.

### **2.3.1 Λιμενική εγκατάσταση κατασκευής εξαρτημάτων και βάσεων ανεμογεννητριών**

Η λιμενική εγκατάσταση κατασκευής εξαρτημάτων και βάσεων ανεμογεννητριών οφείλεται στην προσπάθεια μείωσης του κόστους της παραγωγής των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη μιας τέτοιας υποδομής, η οποία βρίσκεται κοντά στην εγκατάσταση συναρμολόγησης μειώνει σημαντικά το κόστος εφοδιαστικής αλυσίδας. Η έκταση αυτής

της υποδομής εξαρτάται τόσο από τον αριθμό ανεμογεννητριών που προορίζονται να κατασκευαστούν όσο και από το μέγεθός τους. Απαραίτητη είναι και η αποθήκευση των εξαρτημάτων, των υλικών και του εξοπλισμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην πλειοψηφία τους οι περισσότερες πλωτές ανεμογεννήτριες και τα εξαρτήματά τους είναι οι ίδιες μονάδες που τοποθετούνται και σε πακτωμένες βάσεις στον πυθμένα της θάλασσας. Οι λιμένες που έχουν μία τέτοια εγκατάσταση συνήθως εξυπηρετούν και τον κλάδο της ναυτιλίας, προσφέροντας συντηρήσεις και άλλες εργασίες. Δεν αποτελεί εξαίρεση ο λιμένας του Νιγγ στην Σκωτία (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 2.2) που το 2022 έθεσε σε λειτουργία μία νέα ανατολική προβλήτα μήκους 225 m και πλάτους 50 m. Κάνοντας εκβάθυνση κατά μήκος της προβλήτας στην λιμενική εγκατάσταση σε πάνω από 1.200 m απέκτησε την ικανότητα να αναλάβει έργα κατασκευής εξαρτημάτων και βάσεων για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα. Ο συγκεκριμένος λιμένας ανήκει στους μεγαλύτερους της Σκωτίας και είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι εξυπηρετεί και υπηρεσίες κατασκευής εξαρτημάτων και βάσεων ανεμογεννητριών στην νότια αποβάθρα του (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 2.1 και 2.2) και υπηρεσίες συναρμολόγησης στην ανατολική προβλήτα του [2.11].



Σχήμα 2.1: Λιμενική εγκατάσταση κατασκευής εξαρτημάτων και βάσεων υπεράκτιων ανεμογεννητριών στην Νότια προβλήτα του λιμένα Νιγγ της Σκωτίας, [2.2]

### **2.3.2 Λιμενική εγκατάσταση συναρμολόγησης υπεράκτιων ανεμογεννητριών**

Η συναρμολόγηση των ανεμογεννητριών μπορεί να γίνει είτε μέσα στην προβλήτα είτε σε κάποιο χερσαίο τμήμα κάποιας αποβάθρας. Φαίνεται ότι η συναρμολόγηση των ανεμογεννητριών που πακτώνονται στον πυθμένα της αποβάθρας, είναι καθιερωμένη, κάτι το οποίο απαιτεί πολύ ισχυρό εξοπλισμό και πάρα πολύ χώρο. Αντιθέτως, στη περίπτωση που η συναρμολόγηση γίνεται μέσα στην προβλήτα, κάτι το οποίο ενδείκνυται στις πλωτές

ανεμογεννήτριες, απαιτείται μεγάλο βάθος. Ανεξαρτήτως τον τόπο όπου θα συναρμολογηθούν οι ανεμογεννήτριες πρέπει να υπάρχει αρκετός χώρος τόσο στη στεριά όσο και στη θάλασσα, καθώς ενδέχεται να αποθηκευτούν βαριά εξαρτήματα σε πλωτές κατασκευές. Συχνά, σε τέτοιου τύπου εγκαταστάσεις, δίνεται η δυνατότητα τοποθέτησης των καλωδιώσεων και η διαχείριση των συστημάτων σταθεροποίησης (αγκύρωσης). Κύρια προϋπόθεση λειτουργίας μίας τέτοιας εγκατάστασης είναι η διαθεσιμότητα του κατάλληλου εξοπλισμού. Παράδειγμα μίας τέτοιας λιμενικής εγκατάστασης αποτελεί, όπως προαναφέρθηκε, η ανατολική προβλήτα του λιμένα Νιγγ που απεικονίζεται στην εικόνα 2.2.



Σχήμα 2.2: Λιμενική εγκατάσταση συναρμολόγησης υπεράκτιων ανεμογεννητριών στην Ανατολική προβλήτα του λιμένα Νιγγ της Σκωτίας, [2.2]



Σχήμα 2.3: Οι λιμενικές εγκαταστάσεις του λιμένα Νιγγ της Σκωτίας, [2.1].

### 2.3.3 Λιμενική εγκατάσταση τοποθέτησης ανεμογεννητριών

Σε πολλές περιπτώσεις η λιμενική εγκατάσταση τοποθέτησης ανεμογεννητριών συγγέεται με την εγκατάσταση συναρμολόγησης και μπορεί να αποτελέσει συνέχεια της. Ωστόσο, είναι σημαντικό να μελετηθεί ξεχωριστά διότι υπάρχει περίπτωση να διαμορφωθεί με τέτοιο τρόπο η εφοδιαστική αλυσίδα ώστε να μη χρειαστούν επιπλέον υποδομές για τη συναρμολόγηση των εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών. Αυτή η εγκατάσταση υποστηρίζει τη διαδικασία τοποθέτησης των ολοκληρωμένων ανεμογεννητριών στην επιλεγμένη θαλάσσια περιοχή. Η λιμενική εγκατάσταση χρησιμοποιείται από διάφορα θαλάσσια μέσα, που απαιτούνται για την ανάπτυξη του αιολικού πάρκου, όπως τα ρυμουλκά για την μετακίνηση των υπερράκτιων ανεμογεννητριών (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 2.4). Επιπλέον, χρησιμοποιούνται σκάφη ελέγχου, σκάφη τοποθέτησης καλωδίων (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 2.5), σκάφη εγκατάστασης ανεμογεννητριών (jack-up vessels) (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 2.6) και σκάφη μετακινήσεως εξαρτημάτων (Roll-on-Roll-off vessels) (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 2.7). Τέλος, για την εξυπηρέτηση των πληρωμάτων που συντηρούν τις ανεμογεννήτριες υπάρχουν τα σκάφη (SOV) όπως φαίνονται στην εικόνα 2.8 και τα σκάφη μεταφοράς πληρώματος (CTV) της εικόνας 2.9.



Σχήμα 2.4: Η διαδικασία ρυμούλκησης υπεράκτιας ανεμογεννήτριας, [2.3]



Σχήμα 2.5: Σκάφος τοποθέτησης καλωδίων, [2.4]



Σχήμα 2.6: Σκάφος εγκατάστασης ανεμογεννητριών (jack-up vessel), [2.5]



Σχήμα 2.7: Σκάφος μετακινήσεως εξαρτημάτων (Roll-on-Roll-off vessel), [2.6]





Σχήμα 2.8: Σκάφος συντήρησης (SOV), [2.7]



Σχήμα 2.9: Σκάφος μεταφοράς πληρώματος (CTV), [2.8]

### 2.3.4 Λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης

Η λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης είναι απαραίτητη για τη συνεχή συντήρηση και την πραγματοποίηση τακτικών επιθεωρήσεων για να διασφαλιστεί η αποτελεσματική και ασφαλής λειτουργία των ανεμογεννητριών. Για τον λόγο αυτό βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την επιλεγμένη θαλάσσια περιοχή με όριο

απόστασης τα 100 km. Στην λιμενική εγκατάσταση στεγάζονται τα γραφεία για την παρακολούθηση και τον έλεγχο κατά την περίοδο της λειτουργίας του πάρκου. Το πλήρωμα συντήρησης επιδιορθώνει τις βλάβες των ανεμογεννητριών και τις συντηρεί εκμεταλλεύσιμο τα σκάφη και τις υποδομές αποθήκευσης και επισκευής που παρέχονται. Δίνεται η επιλογή, ανάλογα με τις υποδομές που υπάρχουν, οι επισκευές να γίνονται εντός του λιμανιού ή επί τόπου στις τοποθετημένες ανεμογεννήτριες. Αυτό προκύπτει ανάλογα με το τύπο ανεμογεννήτριας που έχει τοποθετηθεί και από τον εξοπλισμό που διατίθεται.

Οι υποδομές της εγκατάστασης διαφέρουν σε κάθε περίπτωση, διότι οι ανάγκες που εξυπηρετούνται είναι εκείνες που δημιουργήθηκαν από την εφοδιαστική αλυσίδα, τον τύπο και τα μεγέθη των ανεμογεννητριών. Επιπλέον παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι εάν οι συντηρήσεις που θα γίνονται θα είναι τυπικές, θα υλοποιούνται με μικρές επιδιορθώσεις ή αν θα πραγματοποιούνται συντηρήσεις εκτεταμένης φύσης όπως αντικατάσταση μεγάλων εξαρτημάτων. Επιπροσθέτως, ανάλογα με τις ανάγκες του αιολικού πάρκου τα σκάφη που χρησιμοποιούνται θα είναι ρυμουλκά, σκάφη μεταφοράς πληρώματος (CTV), σκάφη μεταφοράς πληρώματος για πολυήμερα ταξίδια (SATV) και σκάφη που χρησιμοποιούνται για την επιτόπια εργασία στις ανεμογεννήτριες. Παράδειγμα λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης αποτελεί ο λιμένας Πίτερχεντ στην Αγγλία της εικόνας 2.10. Η προβλήτα «Smith Quay» του λιμένα έχει τις κατάλληλες υποδομές για να υποστηρίξει δραστηριότητες που σχετίζονται με την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρηση υπεράκτιων ανεμογεννητριών, [2.9].



Σχήμα 2.10: Ο λιμένας Πίτερχεντ της Αγγλίας, [2.9]

## 2.4 Προϋποθέσεις των λιμενικών εγκαταστάσεων

Η επιλογή του κατάλληλου λιμένα αποτελεί καίριο στάδιο στη διαδικασία ανάπτυξης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Για να αποδειχθεί ένας λιμένας κατάλληλος, πρέπει να έχει την δυνατότητα εφαρμογής των απαραίτητων λιμενικών εγκαταστάσεων στις υποδομές του. Όπως προαναφέρθηκε, οι προϋποθέσεις των λιμενικών εγκαταστάσεων ταυτίζονται με εκείνες του λιμένα στον οποίο θα αναπτυχθούν. Έτσι, συλλέγονται έρευνες που αναλύουν τις προϋποθέσεις λειτουργίας των λιμενικών εγκαταστάσεων. Επιπλέον, αναφέρονται οι προκλήσεις που σχετίζονται με την επιλογή και την προσαρμογή ενός λιμένα για την υποστήριξη ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Οι έρευνες αυτές κατηγοριοποιούνται ανάλογα το πρότυπο το οποίο ακολουθούν και τις κοινές προϋποθέσεις που παρουσιάζουν. Στον πίνακα 2.1, παρουσιάζονται οι έρευνες ανά κατηγορία και τα μεγέθη των στροβίλων που αντιπροσωπεύουν.

Πίνακας 2.1: Κατηγοριοποίηση ερευνών που αναλύουν τις προϋποθέσεις των λιμενικών εγκαταστάσεων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΡΕΥΝΕΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΑΝΤΛΗΘΗΚΑΝ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΜΕΓΕΘΗ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ
Α	Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Ashley Knipe, « Alternative Port Assessment to Support Offshore Wind. », Assessment Report, California State Lands Commission, January/31/2023, [2.10]	15 - 25 MW
	Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Shane Phillips, «Port of Coos Bay Port Infrastructure Assessment for Offshore Wind Development. », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), October 2022, [2.11]	
	Jennifer Lim, Matt Trowbridge, « California Floating Offshore Wind Regional Ports Feasibility Analysis », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), June 2023, [2.12]	
Β	« U.S. West Coast Port Infrastructure Needs for Development of Floating Offshore Wind Facilities 2019 » [2.13]	8-10 MW
	« Determining the Infrastructure Needs to Support Offshore Floating Wind and Marine Hydrokinetic Facilities on the Pacific West Coast and Hawaii » [2.14]	
Γ	Ove Arup & Partners Ltd, « Ports for offshore wind: A review of the net-zero opportunity for ports in Scotland », Review / Study, Crown Estate Scotland, 2 September 2020, [ 2.15]	8 - 20 MW
Δ	Sara B. Parkison, Willett Kempton, « Marshaling ports required to meet US policy targets for offshore wind power. », Research Paper, Elsevier, 2022, [2.16]	12 - 14 MW
	Willett Kempton, « REQUIREMENTS FOR ADVANCED OFFSHORE WIND MARSHALING PORTS », Analysis, 21 July 2019, [2.17]	

### 2.4.1 Κατηγορία ερευνών A

Σύμφωνα τις έρευνες, Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Ashley Knipe, « Alternative Port Assessment to Support Offshore Wind. », Assessment Report, California State Lands Commission, January/31/2023, [2.10], Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Shane Phillips, «Port of Coos Bay Port Infrastructure Assessment for Offshore Wind Development. », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), October 2022, [2.11], Jennifer Lim, Matt Trowbridge, « California Floating Offshore Wind Regional Ports Feasibility Analysis », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), June 2023, [2.13], οι προϋποθέσεις που αναφέρονται για τις λιμενικές εγκαταστάσεις προορίζονται για ανεμογεννήτριες από 15 έως 25 MW, και αποτελούν συμβουλευτικό υλικό για την ανάπτυξη ενός νέου έργου. Οι εν λόγω έρευνες υλοποιήθηκαν με γνώμονα το Γραφείο Διαχείρισης Ωκεάνιας Ενέργειας (BOEM), που αποτελεί μια κυβερνητική υπηρεσία των ΗΠΑ που είναι υπεύθυνη για την διαχείριση της ανάπτυξης των ενεργειακών και ορυκτών πόρων στην εξωτερική υφαλοκρηπίδα, συμπεριλαμβανομένης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας.

Αρχικά, η λιμενική εγκατάσταση συναρμολόγησης, πρέπει να έχει έκταση τουλάχιστον από 121.000 m<sup>2</sup> έως 404.000 m<sup>2</sup>. Το μήκος προβλήτας πρέπει να είναι 457 m και το ελάχιστο βάθος της να είναι 11,5 m. Επιπλέον, η αποβάθρα πρέπει να ανέχεται πιέσεις έως 287 kPa και ο χερσαίος αποθηκευτικός χορός θα πρέπει να ανέχεται πιέσεις από 96 kPa έως 144 kPa . Το βάθος της λιμενολεκάνης πρέπει να είναι αρκετό, έτσι ώστε να μπορεί, να υποδεχθεί το βύθισμα των φορτωμένων μέσων μεταφοράς.

Έπειτα, η λιμενική εγκατάσταση κατασκευής, οφείλει να έχει έκταση από 121 m<sup>2</sup> έως 404 m<sup>2</sup> . Το μήκος της προβλήτας πρέπει να είναι 244 m και το ελάχιστο βάθος της 11,5 m ενώ η λιμενολεκάνη πρέπει να έχει βάθος από 12 m έως 31 m. Επιπλέον, η αποβάθρα πρέπει να ανέχεται πιέσεις έως 287 kPa κάτω από τον γερανό και ο χερσαίος αποθηκευτικός χορός θα πρέπει να ανέχεται πιέσεις από 96 kPa έως 144 kPa. Τα σκάφη που χρησιμοποιούνται κατά την υπηρεσία και ως εκ τούτου βρίσκονται σε αυτή την λιμενική εγκατάσταση είναι Crew Transfer Vessel (CTV) (βλέπε EIKONA 2.9), Service Accommodation Transfer Vessel (SATV), Service Operating Vessel (SOV), (βλέπε EIKONA 2.8).

Συνεχίζοντας, η λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης πρέπει να έχει έκταση από 20.234 m<sup>2</sup> έως 40.468 m<sup>2</sup>. Το μήκος της προβλήτας πρέπει να είναι 92 m και το ελάχιστο βάθος της από 6 m έως 9 m, ενώ η λιμενολεκάνη πρέπει να έχει επαρκές βάθος για να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία των σκαφών. Επιπλέον, η αποβάθρα πρέπει να ανέχεται πιέσεις από 5 kPa έως 24 kPa και ο χερσαίος αποθηκευτικός χορός θα πρέπει να ανέχεται πιέσεις που αντιστοιχούν στις εργασίες που προορίζεται. Είναι απαραίτητο να υπάρχει τρόπος τροφοδοσίας υλικών, εξαρτημάτων και γενικού εξοπλισμού μέσω οδικών, σιδηροδρομικών ή πλωτών μεταφορών, και προτείνεται να περιλαμβάνει βιομηχανικά κτίρια ή/και αποθήκες. Επιπροσθέτως, η έκταση της θαλάσσιας περιοχής αποθήκευσης εξαρτάται από την στρατηγική του υπεύθυνου του έργου, το χρονοδιάγραμμα ανάπτυξης και τον κίνδυνο διακοπής λειτουργίας. Ο χώρος προορίζεται για την αγκυροβόληση των πλατφόρμων, ολόκληρες τις μονάδες με τον κατάλληλο και ασφαλή τρόπο για την αποφυγή ζημιών από κακές καιρικές συνθήκες, την κυκλοφορία πλοίων και άλλους κινδύνους μεταφοράς που μπορεί να προκύψουν.

Σημαντική πληροφορία αποτελεί η ανάλυση των δευτερευουσών υποστηρικτικών λιμενικών δομών που βοηθούν στην ανάπτυξη του έργου. Σκοπός τους είναι η διευκόλυνση των διαδικασιών, όπου κρίνεται απαραίτητο, ενώ το κύριο κριτήριο λειτουργίας τους είναι το μέγεθος του έργου και η τοποθεσία του.

Πίνακας 2.2 : Δευτερεύουσες υποστηρικτικές δομές, [2.10], [2.11], [2.12]

<b>ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΕΣ ΛΙΜΕΝΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ</b>	
<b>Υποστηρικτική δομή εγκατάστασης.</b>	Χρησιμοποιείται από τον στόλο των κατασκευαστικών σκαφών για την κατασκευή και την έναρξη λειτουργίας των ανεμογεννητριών.
<b>Υποστηρικτική δομή αποθήκευσης συστήματος πρόσδεσης, αγκύρων και καλωδίων.</b>	Χρησιμοποιείται για τις εργασίες εγκατάστασης των συστημάτων αγκυροβόλησης που σταθεροποιούν τις πλωτές κατασκευές και για τις εργασίες εφαρμογής καλωδίωσης του αιολικού πάρκου.
<b>Υποστηρικτική δομή τοποθέτησης καλωδίων.</b>	Είναι τοποθεσίες είτε στην ξηρά είτε στην θάλασσα που εξυπηρετούν την μετάβαση των υπεράκτιων καλωδίων στο δίκτυο.
<b>Υποστηρικτική δομή αποδόμησης.</b>	Χρησιμοποιείται για την απόσυρση των εγκατεστημένων ανεμογεννητριών.

Τέλος, τονίζονται επιπλέον χαρακτηριστικές προϋποθέσεις. Δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην δυνατότητα μεταφοράς μεταξύ των λιμενικών εγκαταστάσεων, κάτι που ενδέχεται να οδηγήσει στην τροποποίηση της λιμενολεκάνης. Επιπλέον, πρέπει να παρέχονται οι κατάλληλες υπηρεσίες υποστήριξης των σκαφών που λειτουργούν στις εγκαταστάσεις καθώς και τα κτίρια που προορίζονται για τα γραφεία, τους χώρους υγιεινής και αποθήκες. Ο λιμένας οφείλει να ακολουθεί τα τελευταία περιβαλλοντικά πρότυπα και να μπορεί να λειτουργήσει 50 έτη δίχως κάποια σημαντική αντικατάσταση ή ολική ανακατασκευή.

#### 2.4.2 Κατηγορία ερευνών B

Όπως οι προηγούμενες έτσι και οι μελέτες « U.S. West Coast Port Infrastructure Needs for Development of Floating Offshore Wind Facilities 2019 » [2.13] και « Determining the Infrastructure Needs to Support Offshore Floating Wind

and Marine Hydrokinetic Facilities on the Pacific West Coast and Hawaii » [2.14] κινούνται στα πλαίσια του Γραφείου Διαχείρισης Ωκεάνιας Ενέργειας (BOEM). Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι προϋποθέσεις αυτών των ερευνών αντιστοιχούν σε λιμενικές εγκαταστάσεις που υποστηρίζουν υπεράκτια αιολικά πάρκα μεγέθους τουλάχιστον 30 ανεμογεννητριών, από 8 MW έως 10 MW. Από τις έρευνες αντλήθηκαν στοιχεία για τις προϋποθέσεις των λιμενικών εγκαταστάσεων συναρμολόγησης των ανεμογεννητριών και κατασκευής των ανεμογεννητριών αλλά και των πλατφόρμων.

Αρχικά, για την λιμενική εγκατάσταση συναρμολόγησης ανεμογεννητριών τύπου Semi-Sub (βλέπε ενότητα 1.6.1), το κανάλι του λιμένα για την πλοήγηση των σκαφών θα πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 100 m έως 134 m και βάθος τουλάχιστον από 8 m και άνω των 12 m. Ο λιμένας πρέπει να έχει την ικανότητα να φιλοξενεί σκάφη μήκους έως 143 m και βυθίσματος 11,89 m. Η χερσαία έκταση που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι τουλάχιστον 40.500 m<sup>2</sup> και άνω των 61.000 m<sup>2</sup>, ωστόσο η ιδανικές τιμές σύμφωνα με τις έρευνες είναι από 50.000 m<sup>2</sup> έως 100.000 m<sup>2</sup>. Επιπλέον, η ικανότητα φόρτισης του εδάφους στην παρόχθια περιοχή θα πρέπει να αντέχει από 48 kPa έως 191 kPa. Αντίστοιχα, για ανεμογεννήτριες τύπου Spar (βλέπε ενότητα 1.6.1), το κανάλι του λιμένα για την πλοήγηση των σκαφών θα πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 60 m, εφόσον η συναρμολόγηση πραγματοποιηθεί εκτός λιμένα ενώ παράλληλα εάν η συναρμολόγηση πραγματοποιηθεί εντός του λιμένα να έχει πλάτος 91 m. Σε κάθε περίπτωση το βάθος πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 m έως 9 m.

Ο λιμένας πρέπει να έχει την ικανότητα να φιλοξενεί σκάφη έως 145 m με βύθισμα από 8 m έως 12 m. Η χερσαία έκταση που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι τουλάχιστον 10.000 m<sup>2</sup> έως 15.000 m<sup>2</sup>, ωστόσο η ιδανικές τιμές σύμφωνα με τις έρευνες είναι από 50.000 m<sup>2</sup> έως 100.000 m<sup>2</sup>. Επιπλέον, η ικανότητα φόρτισης του εδάφους στην παρόχθια περιοχή θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 48 έως 191 kPa. Παράλληλα, για ανεμογεννήτριες τύπου TLP (βλέπε ενότητα 1.6.1), το κανάλι του λιμένα για την πλοήγηση των σκαφών θα πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 100 έως και 134 m και βάθος τουλάχιστον 9 m έως και 12 m. Ο λιμένας πρέπει να έχει την ικανότητα να φιλοξενεί σκάφη έως 145 m με βύθισμα που προκύπτει ανάλογα την χρήση τους. Η χερσαία έκταση που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι τουλάχιστον 10.000 m<sup>2</sup> έως και 15.000 m<sup>2</sup>, ωστόσο οι ιδανικές τιμές σύμφωνα με τις έρευνες είναι από 50.000 m<sup>2</sup> έως 100.000 m<sup>2</sup>. Επιπλέον, η ικανότητα φόρτισης του εδάφους στην παρόχθια περιοχή θα πρέπει να αντέχει τουλάχιστον 48kPa έως και 191 kPa. Επιπροσθέτως, η αποβάθρα πρέπει να έχει ελάχιστη απόσταση 30 m από το κανάλι πλοήγησης και προτείνεται να υπάρχουν 1 έως 2 ντόκοι ενδεικτικού βάρους 7,6 m. Η έκταση της χερσαίας περιοχής υπολογίζεται από το μέγεθος του έργου και προορίζεται για την συναρμολόγηση των μονάδων. Τέλος, σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητη η σύνδεση του λιμένα με αυτοκινητόδρομο, ενώ τονίζεται ότι η δυνατότητα πιθανής σύνδεσης του λιμένα με σιδηροδρομικό δίκτυο είναι ιδανικό ενδεχόμενο.

Η ανάλυση των προϋποθέσεων της λιμενικής εγκατάστασης κατασκευής χωρίζεται σε δύο μέρη, στην κατασκευή των πλατφόρμων πλεύσης και στην κατασκευή των στροβίλων.

Αρχικά, για την κατασκευή των πλατφόρμων πλεύσης τύπου Semi-Sub, Spar και TLP το κανάλι του λιμένα για την πλοήγηση των σκαφών θα πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 100 m, 61 m και από 91,5 έως 137 m αντίστοιχα. Η λιμενική εγκατάσταση σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να φιλοξενήσει σκάφη βυθίσματος τουλάχιστον 8,5 m και μήκους 143 m. Προτείνεται να υπάρχουν 1 έως 2 ντόκοι κατάλληλου βάρους, ενδεικτικά 8,5 m έως 11,5 m και μήκους 175 m. Επίσης, η έκταση της χερσαίας περιοχής προκύπτει από το μέγεθος του έργου και

προορίζεται για την συναρμολόγηση των μονάδων, με προτεινόμενη 202.343 m<sup>2</sup>. Η ικανότητα φόρτωσης του εδάφους στην παρόχθια περιοχή θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 48kPa έως και 191 kPa. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την φόρτωση είναι ένας γερανός με ικανότητα ανύψωσης από 500t έως 1000 t, ενώ επιπρόσθετος εξοπλισμός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα, γερανοί με ερπύστριες και ανυψωτικά μηχανήματα. Τέλος, δεν κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη δεξαμενών (dry dock) ή ναυπηγείων, καθώς αυτό κρίνεται από τον τρόπο ανάπτυξης του έργου.

Αντίστοιχα, για τους στροβίλους, ανεξάρτητα σε τι πλατφόρμες θα τοποθετηθούν, το κανάλι του λιμένα για την πλοήγηση των σκαφών θα πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 46m έως και 61 m και βάθος τουλάχιστον 7,5m έως και 12 m. Η χερσαία έκταση που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι τουλάχιστον 40.500 m<sup>2</sup> έως 81.000 m<sup>2</sup>, ωστόσο μπορεί να διαφέρει ανάλογα το πλάνο ανάπτυξης του έργου. Η ικανότητα φόρτωσης του εδάφους στην παρόχθια περιοχή θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 48 kPa έως 191 kPa. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι γερανός με ικανότητα ανύψωσης 500t έως 1.000 t, εξειδικευμένος εξοπλισμός, περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα, γερανοί με ερπύστριες, ανυψωτικά μηχανήματα και SPMT (μεταφορέας τρέιλερ).

Τέλος, σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητη η σύνδεση του λιμένα με αυτοκινητόδρομο, όμως η σύνδεση με σιδηροδρομικό δίκτυο είναι η βέλτιστη.

### 2.4.3 Κατηγορία ερευνών Γ

Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες έρευνες, η Ove Arup & Partners Ltd, « Ports for offshore wind: A review of the net-zero opportunity for ports in Scotland », Review / Study, Crown Estate Scotland, 2 September 2020, [2.15], απευθύνεται σε Ευρωπαϊκή χώρα και συγκεκριμένα την Σκωτία. Η κυβερνητική οργάνωση Crown Estate Scotland, σε συνεργασία με την Arup, μια παγκόσμια συμβουλευτική εταιρεία μηχανικών έργων σχεδιασμού, διεξήγαγαν την έρευνα με σκοπό την επανεξέταση καταλληλότητας των λιμενικών υποδομών της Σκωτίας για την υποστήριξη ενός μελλοντικού υπεράκτιου πάρκου. Αξίζει να σημειωθεί, ότι οι λιμενικές εγκαταστάσεις δεν διαφέρουν από εκείνες που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες έρευνες, και οι προϋποθέσεις προορίζονται για ανεμογεννήτριες από 8MW έως 20 MW.

Αρχικά, για την λιμενική εγκατάσταση συναρμολόγησης το βάθος στην είσοδο του λιμένα πρέπει να είναι από 6m έως 12 m και το πλάτος 25 έως 30 m. Επιπλέον, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το ύψος των σκαφών που μεταφέρουν τα εξαρτήματα των ανεμογεννητριών μπορεί να φτάσει τα 80 m. Επίσης, προτείνεται η απόσταση μεταξύ του κέντρου του υπεράκτιου πάρκου με τον λιμένα να είναι από 200km έως 400 km. Ενδεικτικά, η χερσαία έκταση της εγκατάστασης πρέπει να είναι από 40.000 m<sup>2</sup> έως 120.000 m<sup>2</sup> και η θαλάσσια έκταση από 40.000 m<sup>2</sup> έως 120.000 m<sup>2</sup>. Οφείλεται να σημειωθεί ότι στη θαλάσσια έκταση πρέπει τα σκάφη να μπορούν να εκτελέσουν περιστροφή διαμέτρου από 180m έως 280 m.

Επιπλέον, για την λιμενική εγκατάσταση κατασκευής το βάθος στην είσοδο του λιμένα πρέπει να είναι από 3m έως 12 m και το πλάτος τουλάχιστον 25 m. Ενδεικτικά, η χερσαία έκταση της εγκατάστασης πρέπει να είναι από 40.000 έως 120.000 m<sup>2</sup> και η θαλάσσια έκταση από 40.000 m<sup>2</sup> έως 120.000 m<sup>2</sup>. Στην θαλάσσια έκταση πρέπει τα σκάφη να μπορούν να εκτελέσουν περιστροφή διαμέτρου από 180m έως 280 m.

Συνεχίζοντας με την λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης, γίνεται ένας διαχωρισμός που προκύπτει από την επιλογή των σκαφών που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς έχουν διαφορετικές διαστάσεις και ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά. Οι δύο επιλογές είναι: τα σκάφη για την μεταφορά του συνεργείου «Crew Transfer Vessel, (CTV)» και τα σκάφη λειτουργίας υπηρεσιών «Service Operation Vessel, (SOV)». Για τα σκάφη CTV, το βάθος στην είσοδο του λιμένα πρέπει να είναι από 3m έως 4 m και το πλάτος τουλάχιστον 12 έως 20 m. Επίσης, προτείνεται η απόσταση μεταξύ του κέντρου του υπερράκτιου πάρκου με τον λιμένα να είναι από 50km έως 100 km. Ενδεικτικά, οι έκταση της χερσαίας εγκατάστασης πρέπει να είναι από 7.500 m<sup>2</sup> έως 30.000 m<sup>2</sup> και η θαλάσσια έκταση από 10.000 m<sup>2</sup> έως 20.000 m<sup>2</sup>. Στην θαλάσσια έκταση πρέπει τα σκάφη να μπορούν να εκτελέσουν περιστροφή διαμέτρου 40 m. Για τα σκάφη SOV, το βάθος στην είσοδο του λιμένα πρέπει να είναι 5m έως 8 m και το πλάτος τουλάχιστον 18m έως 25 m. Επίσης, προτείνεται η απόσταση μεταξύ του κέντρου του υπερράκτιου πάρκου με τον λιμένα να είναι 100km έως 200 km. Ενδεικτικά, η χερσαία έκταση της εγκατάστασης πρέπει να είναι από 40.000 m<sup>2</sup> έως 120.000 m<sup>2</sup> και η θαλάσσια έκταση από 10.000 m<sup>2</sup> έως 20.000 m<sup>2</sup>. Στην θαλάσσια έκταση πρέπει τα σκάφη να μπορούν να εκτελέσουν περιστροφή διαμέτρου 120 m.

#### **2.4.4 Κατηγορία ερευνών Δ**

Οι έρευνες Sara B. Parkison, Willett Kempton, « Marshaling ports required to meet US policy targets for offshore wind power. », Research Paper, Elsevier, 2022, [2.16] και Willett Kempton, « REQUIREMENTS FOR ADVANCED OFFSHORE WIND MARSHALING PORTS », Analysis, 21 July 2019, [2.17] ακολουθούν τα πρότυπα των ΗΠΑ, ωστόσο είναι βασισμένες σε μία έρευνα που έχει διεξαχθεί από τον οργανισμό του Αμερικανικού τμήματος ενέργειας, « U.S. DOE ». Η ανάλυση που αναπτύχθηκε απασχολεί την λιμενική εγκατάσταση της συναρμολόγησης που ανταποκρίνεται σε ανεμογεννήτριες από MW 12 έως 14 MW. Ωστόσο, με κατάλληλες υποδομές και εκσυγχρονισμένο εξοπλισμό θα μπορούσε να υποστηρίξει ανεμογεννήτριες από 15MW έως 20 MW. Η λιμενική εγκατάσταση οφείλει να έχει βάθος καναλιού πλοήγησης 6m έως 11 m και να μπορεί να φιλοξενήσει σκάφη πλάτους 46 m. Η προβλήτα που θα χρησιμοποιείται προτείνεται να έχει μήκος 400 m και να αντέχει πιέσεις από 147kPa έως 294 kPa. Η έκταση της λιμενικής εγκατάστασης πρέπει να είναι από 200.000 m<sup>2</sup> έως 800.00 m<sup>2</sup>, εντός της οποίας θα βρίσκεται ο χώρος της φορτοεκφόρτωσης που θα πρέπει να αντέχει πιέσεις έως και 59 kPa. Ο θαλάσσιος αποθηκευτικός χώρος δεν μπορεί να προσδιορισθεί, καθώς κάθε έργο παρουσιάζει αποκλειστικές ανάγκες. Τέλος, σημειώνεται, ότι για να γίνονται οι εργασίες ομαλά και με ασφάλεια στις θαλάσσιες εκτάσεις του λιμένα θα πρέπει το θαλάσσιο ρεύμα να μην ξεπερνάει τα 2,6 m/s.

#### **2.4.5 Συγκέντρωση των στοιχείων των ερευνών**

Καθώς οι έρευνες είναι πολλές και τα στοιχεία ποικίλουν, κρίνεται αναγκαίο να αναπτυχθούν οι πίνακες 2.3, 2.4, 2.5 που συνοψίζουν τις πολλαπλές προϋποθέσεις που αναγράφονται για να αναγνωριστούν και να συγκριθούν οι οριακές τιμές της κάθε περίπτωσης. Ως αποτέλεσμα, δίνεται η δυνατότητα μίας πολύπλευρης και πολυκριτηριακής κρίσης κατά την διαδικασία της διερεύνησης του κατάλληλου λιμένα υποστήριξης ενός υπερράκτιου αιολικού πάρκου.



Η κατηγοριοποίηση των λιμενικών εγκαταστάσεων αναλογικά με τον κύκλο ζωής των ανεμογεννητριών συνεισφέρει στην διευκόλυνση άντλησης στοιχείων, στην περίπτωση όπου ο ενδιαφερόμενος περιορίζεται σε μία λιμενική εγκατάσταση.

Πίνακας 2.3: Προϋποθέσεων λιμενικής εγκατάστασης συναρμολόγησης, [2.10], [2.11], [2.12], [2.13], [2.14], [2.15], [2.16], [2.17]

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ	ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ
Α	ΕΚΤΑΣΗ	121.406 - 404.686 m <sup>2</sup>
	ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ	457 m
	ΒΑΘΟΣ ΝΤΟΚΟΥ	11,5 m
	ΒΑΘΟΣ ΛΙΜΕΝΟΛΚΑΝΗΣ	N/A
	ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΒΑΘΡΑΣ	έως 287,28 kPa
	ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	95,7 έως 143,6 kPa
Β	ΠΛΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ	Semi-Sub : 100 - 134,1 m / Spar : 60 - 91 m / TLP : 100 - 134,1 m
	ΒΑΘΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ	Semi-Sub : 9,75 - 11,89+ m / Spar : 6 - 9 m / TLP : 9,75 - 11,89 m
	ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ	-
	ΕΚΤΑΣΗ	Semi-Sub, Spar, TLP : 40.468,6 - 60.702,8+ m <sup>2</sup>
	ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΒΑΘΡΑΣ	Semi-Sub, Spar, TLP : 47,8 - 191,2 kPa
	ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ / ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	Απαραίτητη σύνδεση με οδικό δίκτυο, ιδανικά με σιδηροδρομικό δίκτυο
	ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ ΣΚΑΦΩΝ	Semi-Sub, Spar, TLP : 143,23 m
	ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΥΘΙΣΜΑ ΣΚΑΦΩΝ	Semi-Sub : 11,8 m / Spar : 7,62 m / TLP : N/A
	ΓΕΡΑΝΟΣ	-
	ΜΗΚΟΣ ΝΤΟΚΟΥ	-
	ΒΑΘΟΣ ΝΤΟΚΟΥ	-
Γ	ΒΑΘΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ	6 m - 12 m
	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ	200 m - 400 km
	ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ	25 m - 30 m
	ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ	80 m
	ΕΚΤΑΣΗ	40.000 m <sup>2</sup> - 120.000 m <sup>2</sup>

	<b>ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΚΤΑΣΗ</b>	180m - 280 m Διάμετρος περιστροφής, 40.000 m <sup>2</sup> - 120.000 m <sup>2</sup> Αποθηκευτικού χώρου
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ</b>	<b>ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ</b>
<b>Δ</b>	<b>ΕΚΤΑΣΗ</b>	200.000 m <sup>2</sup> - 800.000 m <sup>2</sup>
	<b>ΒΑΘΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ</b>	6 m - 11 m
	<b>ΠΛΑΤΟΣ ΣΚΑΦΩΝ</b>	46 m
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΡΕΥΜΑ</b>	2,6 m/s
	<b>ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ</b>	400 m
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΧΩΡΟΥ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ</b>	58,8 kPa
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ</b>	147 kPa - 294 kPa
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>	-
	<b>ΘΑΛΑΣΣΙΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ</b>	N/A

Πίνακας 2.4: Προϋποθέσεις λιμενικής εγκατάστασης κατασκευής, [2.10], [2.11], [2.12], [2.13], [2.14], [2.15], [2.16], [2.17]

<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ</b>	<b>ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</b>
<b>A</b>	<b>ΕΚΤΑΣΗ</b>	121.406 m <sup>2</sup> - 404.686 m <sup>2</sup>
	<b>ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ</b>	243,84 m
	<b>ΒΑΘΟΣ ΝΤΟΚΟΥ</b>	11,5 m
	<b>ΒΑΘΟΣ ΛΙΜΕΝΟΛΚΑΝΗΣ</b>	N/A
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΒΑΘΡΑΣ</b>	έως 287,28 kPa
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ</b>	95,7 έως 143,6 kPa
<b>B</b>	<b>ΠΛΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ</b>	Semi-Sub: 100,5+ m / Spar: < 61 m / TLP: 91,5 - 137,1 m   <b>Στρόβιλος:</b> 45,7 - 61 m
	<b>ΒΑΘΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ</b>	Semi-Sub, Spar, TLP: 8,5 m   <b>Στρόβιλος:</b> 7,6m - 11,5 m
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>	Semi-Sub, Spar, TLP   <b>Στρόβιλος:</b> 45,7 m
	<b>ΕΚΤΑΣΗ</b>	Semi-Sub, Spar, TLP: 202.343 m <sup>2</sup>   <b>Στρόβιλος:</b> 40.468,6 m <sup>2</sup> - 80.937,1 m <sup>2</sup>
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΒΑΘΡΑΣ</b>	Semi-Sub, Spar, TLP   <b>Στρόβιλος:</b> 47,8 - 191,2 kPa
	<b>ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ / ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΣ</b>	Απαραίτητη σύνδεση με οδικό δίκτυο, ιδανικά με σιδηροδρομικό δίκτυο
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ ΣΚΑΦΩΝ</b>	Semi-Sub, Spar, TLP : 143,23 m   <b>Στρόβιλος :</b> N/A
<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΥΘΙΣΜΑ ΣΚΑΦΩΝ</b>	Semi-Sub, Spar, TLP: 8,5 m - 11,5 m   <b>Στρόβιλος:</b> 7,6 m - 11,5 m	

	<b>ΓΕΡΑΝΟΣ</b>	Semi-Sub, Spar, TLP   <b>Στρόβιλος:</b> 500 t - 1000 t
	<b>ΜΗΚΟΣ ΝΤΟΚΟΥ</b>	Semi-Sub, Spar, TLP : 175 m   <b>Στρόβιλος:</b> N/A
	<b>ΒΑΘΟΣ ΝΤΟΚΟΥ</b>	Semi-Sub, Spar, TLP: 8,5 m - 11,5 m   <b>Στρόβιλος:</b> 7,6 m - 11,5 m
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ</b>	<b>ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ</b>
<b>Γ</b>	<b>ΒΑΘΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ</b>	3 m - 12 m
	<b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ</b>	N/A
	<b>ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ</b>	>20 m
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>	-
	<b>ΕΚΤΑΣΗ</b>	40.000 m <sup>2</sup> - 120.000 m <sup>2</sup>
	<b>ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΚΤΑΣΗ</b>	180 m - 280 m Διάμετρος περιστροφής, 40.000 m <sup>2</sup> - 120.000 m <sup>2</sup> Αποθηκευτικού χώρου
<b>Δ</b>	<b>ΕΚΤΑΣΗ</b>	-
	<b>ΒΑΘΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ</b>	-
	<b>ΠΛΑΤΟΣ ΣΚΑΦΩΝ</b>	-
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΡΕΥΜΑ</b>	-
	<b>ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ</b>	-
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΧΩΡΟΥ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ</b>	-
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ</b>	-
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>	-
	<b>ΘΑΛΑΣΣΙΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ</b>	-

Πίνακας 2.5: Προϋποθέσεις λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης, [2.10], [2.11], [2.12], [2.13], [2.14], [2.15], [2.16], [2.17]

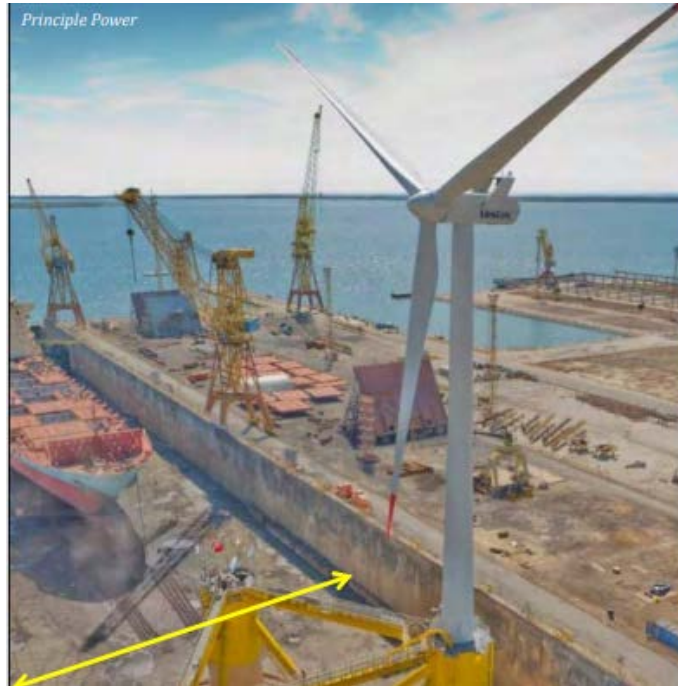
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ</b>	<b>ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ</b>
<b>A</b>	<b>ΕΚΤΑΣΗ</b>	20.234 m <sup>2</sup> - 40.468 m <sup>2</sup>
	<b>ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ</b>	91,44 m
	<b>ΒΑΘΟΣ ΝΤΟΚΟΥ</b>	6 m - 9 m
	<b>ΒΑΘΟΣ ΛΙΜΕΝΟΛΚΑΝΗΣ</b>	N/A
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΒΑΘΡΑΣ</b>	4,7 kPa - 23, 9 kPa
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ</b>	N/A
<b>B</b>	<b>ΠΛΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ</b>	-
	<b>ΒΑΘΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ</b>	-
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>	-
	<b>ΕΚΤΑΣΗ</b>	-
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΒΑΘΡΑΣ</b>	-
	<b>ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ / ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΣ</b>	-
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ ΣΚΑΦΩΝ</b>	-

	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΒΥΘΙΣΜΑ ΣΚΑΦΩΝ</b>	-
	<b>ΓΕΡΑΝΟΣ</b>	-
	<b>ΜΗΚΟΣ ΝΤΟΚΟΥ</b>	-
	<b>ΒΑΘΟΣ ΝΤΟΚΟΥ</b>	-
<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>	<b>ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ</b>	<b>ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ</b>
<b>Γ</b>	<b>ΒΑΘΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ</b>	<b>ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 3 m - 4 m / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 5 m - 8 m</b>
	<b>ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ</b>	<b>ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 50 km - 100 km / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 100 km - 200 km</b>
	<b>ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ</b>	<b>ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 12 m - 20 m / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 18 m - 25 m</b>
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>	-
	<b>ΕΚΤΑΣΗ</b>	<b>ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 7.500 m<sup>2</sup> - 30.000 m<sup>2</sup> / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 40.000 m<sup>2</sup> - 120.000 m<sup>2</sup></b>
	<b>ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΚΤΑΣΗ</b>	<b>ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 40 m Διάμετρος περιστροφής, 10.000 m<sup>2</sup> - 20.000 m<sup>2</sup> Αποθηκευτικού χώρου / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 120 m Διάμετρος περιστροφής, 10.000 m<sup>2</sup> - 20.000 m<sup>2</sup> Αποθηκευτικού χώρου</b>
<b>Δ</b>	<b>ΕΚΤΑΣΗ</b>	-
	<b>ΒΑΘΟΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ</b>	-
	<b>ΠΛΑΤΟΣ ΣΚΑΦΩΝ</b>	-
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΡΕΥΜΑ</b>	-
	<b>ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ</b>	-
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΧΩΡΟΥ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ</b>	-
	<b>ΑΝΤΟΧΗ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ</b>	-
	<b>ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ</b>	-
	<b>ΘΑΛΑΣΣΙΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ</b>	-

## 2.5 Περίπτωση υποστήριξης αιολικού πάρκου με ναυπηγικές εγκαταστάσεις και λιμενικές εγκαταστάσεις

Η βιομηχανία της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας είναι ώριμη καθώς η ύπαρξή της είναι μακροχρόνια. Ωστόσο, η υπεράκτια αιολική βιομηχανία βρίσκεται σε αναπτυσσόμενο στάδιο με αποτέλεσμα να μην υπάρχει πεπατημένη ή γενικός κανόνας λειτουργίας και δόμησης. Έτσι, εκτός από την επιλογή ενός ή περισσότερων λιμένων υποστήριξης υπάρχει και η επιλογή ανάπτυξης ναυπηγικών εγκαταστάσεων για την κατασκευή των εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών, όπως ο πύργος, οι έλικες κλπ., αλλά και εγκαταστάσεις συντήρησης (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 2.11). Οι ναυπηγικές εγκαταστάσεις επιλέγονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να παρέχουν τον κατάλληλο εξοπλισμό και ενδεχομένως να φέρουν λύσεις σε προβλήματα εφοδιαστικής αλυσίδας. Επιπλέον, υπάρχει περίπτωση ένα ναυπηγείο να βρίσκεται σε κατάλληλη απόσταση από το αιολικό πάρκο ή από τον λιμένα υποστήριξης.

Το άρθρο AP Crowle, PR Thies «Floating offshore wind turbines port requirements for construction», journal, SAGE Publications, January , 2022 [2.18] αναλύει μία τέτοια περίπτωση και εξετάζει τις προϋποθέσεις που πρέπει να τηρεί ένα ναυπηγείο για να μπορέσει να λειτουργήσει σαν εγκατάσταση κατασκευής των πλατφορμών που προορίζονται ως βάσεις των υπερράκτιων ανεμογεννητριών.



Σχήμα 2.11: Εργασίες υπερράκτιων ανεμογεννητριών σε ναυπηγείο, [2.19]

### 2.5.1 Ναυπηγική εγκατάσταση κατασκευής των πλατφόρμων των ανεμογεννητριών

Η κατασκευή των πλατφόρμων μπορεί να πραγματοποιηθεί σε dry dock ή σε χερσαία έκταση του ναυπηγείου. Η πρώτη περίπτωση προορίζεται για την κατασκευή πλατφόρμων τύπου Barge, μεσαίου μεγέθους τύπου semi-submersible (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 2.12) και το κάτω μέρος του τύπου spar από σκυρόδεμα (βλέπε ενότητα 1.6.1). Ενδέχεται να κριθεί αναγκαία κάποια προσωρινή άνωση για την ελαχιστοποίηση του βυθίσματος και για την επίτευξη της επιθυμητής ευθυγράμμισης κατά την εργασία. Μειονέκτημα του dry dock είναι οι περιορισμοί που αφορούν το πλάτος και το βάθος του, αλλά και η διαθεσιμότητα του καθώς ενδέχεται να χρησιμοποιείται και για επισκευές πλοίων. Αντίθετα, η χερσαία υποδομή κατασκευής των πλατφόρμων χρησιμοποιείται για όλους τους τύπους. Ωστόσο, απαιτείται η αγορά προ-ελασματοποιημένων και προετοιμασμένων για συγκόλληση χαλύβδινων σωλήνων που απαιτούν συναρμολόγηση σε μεγαλύτερες μονάδες. Οι μονάδες αυτές χρειάζονται μεγάλο αποθηκευτικό χώρο, ειδικό εξοπλισμό απλής συγκόλλησης αλλά και συγκόλλησης χάλυβα υψηλής αντοχής, γεραμούς και χώρους κατασκευής των ανεμογεννητριών. Ένα ναυπηγείο, για να εξυπηρετήσει τους σκοπούς ενός τέτοιου έργου οφείλει να έχει έκταση 60.000 m<sup>2</sup>, 40.000 m<sup>2</sup> και 50.000 m<sup>2</sup> για ημιβυθιζόμενες πλατφόρμες, τύπου barge και spar αντίστοιχα.



Σχήμα 2.12: Ρυμούλκηση ημιβυθιζόμενης πλατφόρμας (Semi-Submersible Platform) στο ναυπηγείο Λισνάβε της Πορτογαλίας, [2.20]

## 2.8 Προϋποθέσεις λιμένων για την ανάπτυξη Ελληνικής εφοδιαστικής αλυσίδας υπεράκτιων αιολικών πάρκων

Σύμφωνα με την έρευνα που διεξήχθη από την ΕΛΕΤΑΕΝ, [2.21] για την ανάδειξη των προκλήσεων και της κατάστασης της εφοδιαστικής αλυσίδας στο κομμάτι των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, επαληθεύεται η σημαντικότητα ανάπτυξης μίας εγχώριας ισχυρής εφοδιαστικής αλυσίδας. Στο πλαίσιο της εν λόγω έρευνας, καταγράφηκαν οι σημαντικότεροι λιμένες, ναυπηγεία, εταιρείες χάλυβα, καλωδίων και τσιμέντων στην Ελλάδα. Ως εκ τούτου, δημιουργείται μία εικόνα αισιοδοξίας για την ανάπτυξη της ισχυρής Ελληνικής εφοδιαστικής αλυσίδας και αναγνωρίζονται οι δυσκολίες και οι κίνδυνοι που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Έχοντας σαν βάση την περίπτωση κάλυψης των αναγκών ενός τυπικού αιολικού πάρκου αποτελούμενο από είκοσι ανεμογεννήτριες 15 MW, που συνεπάγεται με 300 MW συνολική εγκατεστημένη ισχύ και 8.700 t εγκατεστημένο βάρος, έχουν προκύψει μερικές προϋποθέσεις που οφείλουν να τηρούν οι λιμένες που θα είναι υπεύθυνοι για την εφοδιαστική αλυσίδα. Συγκεκριμένα, αναφέρονται πως για κάθε ανεμογεννήτρια για την συναρμολόγηση της απαιτείται έκταση 3.750 m<sup>2</sup>. Η μέγιστη πίεση που οφείλει να αντέχει το χερσαίο τμήμα του λιμένα για να αντέξει το βάρος των εξαρτημάτων των ανεμογεννητριών είναι 33 kPa, ενώ στο θαλάσσιο τμήμα του είναι καθοριστικό να μπορεί να φιλοξενήσει μία πλήρως συναρμολογημένη ανεμογεννήτρια βυθίσματος 20 m .

Εστιάζοντας στην καταγραφή των λιμένων, συγκεντρώθηκαν γενικές πληροφορίες όπως ποια είναι η χρήση των λιμένων και πόσους εργαζομένους απασχολεί ο κάθε ένας και ποια είναι τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που καταγράφηκαν είναι: η διαθέσιμη έκταση, η ανοχή του εδάφους στις πιέσεις, το βάθος, οι μόλοι, οι προβλήτες, ο εξοπλισμός, επεκτατικά πλάνα (αν υπάρχουν) και η σύνδεση με εθνικό δρόμο ή σιδηρόδρομο. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα βάθη των λιμένων και στην χερσαία έκταση για την συναρμολόγηση των ανεμογεννητριών.

Ερμηνεύοντας την έρευνα και αναλύοντας τα στοιχεία της, συνοψίζεται ότι η για να αναπτυχθεί μία ισχυρή εφοδιαστική αλυσίδα στην Ελλάδα, που μπορεί να εξυπηρετήσει τα εθνικά και τα γειτονικά υπεράκτια πάρκα, πρέπει να αναπτυχθούν οι υποδομές και ο εξοπλισμός στους λιμένες και να αποφευχθούν ρυθμιστικοί περιορισμοί. Επιπλέον, πρέπει να αντιμετωπιστούν προκλήσεις που προκύπτουν όπως το ρίσκο των ενδεχόμενων καθυστερήσεων του έργου, η γραφειοκρατία, η περιορισμένη κοινωνική αποδοχή και η συνεχής αναβάθμιση του σχεδιασμού του έργου, [2.21].

Πίνακας 2.6: Προϋποθέσεις που καθιστούν έναν λιμένα κατάλληλο για την ανάπτυξη εφοδιαστικής αλυσίδας υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, [2.21]

Προϋποθέσεις που καθιστούν έναν λιμένα κατάλληλο για την ανάπτυξη εφοδιαστικής αλυσίδας υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα	
Γενικές πληροφορίες	Τεχνικά χαρακτηριστικά
Βασική δραστηριότητα	Διαθέσιμη έκταση
	Ανοχή δαπέδου
	Βάθος
	Μόλοι
Αριθμός εργαζομένων	Προβλήτες
	Εξοπλισμός
	Επεκτατικά πλάνα
	Δίκτυο μεταφοράς / συγκοινωνίας

## 2.9 Σύνοψη

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύθηκαν οι λιμενικές εγκαταστάσεις που απαιτούνται για την υποστήριξη ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου καθώς και οι προϋποθέσεις που τις καθιστούν λειτουργικές. Επιπλέον, αναλύθηκε η περίπτωση υποστήριξης αιολικού πάρκου με ναυπηγικές υποδομές καθώς τα ναυπηγεία αποτελούν γόνιμο έδαφος για μηχανολογικές διεργασίες και μπορούν να εξυπηρετήσουν και την βιομηχανία της ναυτιλίας. Η επιλογή ενός λιμένα ή ενός ναυπηγείου για την υποστήριξη ενός τέτοιου έργου αποτελεί μία διαδικασία που επηρεάζεται από πολλαπλά κριτήρια και χρειάζεται ένα απαιτητικό επιχειρηματικό πλάνο. Επιπροσθέτως, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο κλάδος των υπεράκτιων αιολικών πάρκων είναι σε αναπτυσσόμενο στάδιο, έχει ως αποτέλεσμα να συναντάται ποικιλομορφία στα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών. Ως εκ τούτου, το πλήθος αυτών των στοιχείων, με την διαφορετικότητα που τις χαρακτηρίζει, δημιουργεί ένα πλεονέκτημα για την βέλτιστη ανάπτυξη του επιχειρηματικού πλάνου και της εφοδιαστικής αλυσίδας του έργου.

Βασικός παράγοντας που επηρεάζει την πρόοδο της εφοδιαστικής αλυσίδας και την επιλογή του κατάλληλου λιμένα υποστήριξης ενός τέτοιου έργου είναι οι υπάρχουσες συνθήκες και οι υποδομές της ενδιαφερόμενης περιοχής. Κρίνεται αναγκαία η διεκπεραίωση μίας μελέτης που χαρτογραφεί την ευρύτερη περιοχή και αποκοιμίζει όσα περισσότερα σχετικά στοιχεία γίνεται. Σχετικά με αυτό, στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται η χαρτογράφηση του νησιού της Χίου με σκοπό να συλλεχθούν καθοριστικά δεδομένα για την μελέτη περίπτωσης της Διπλωματικής εργασίας.

## 2.9 Βιβλιογραφία

[2.1] SCN, « New quayside unveiled at Port of Nigg », άρθρο, Ιούλιος 2022.

[2.2] <https://nigg.com/quayside>

[2.3] Power Technology, « WindFloat Atlantic Project », άρθρο, Φεβρουάριος 2020.

[2.4] WÄRTSILÄ Encyclopedia of Marine and Energy Technology, « Cable vessel ».

[2.5] <https://ulstein.com/vessels/jack-up-vessel>

[2.6] Hartman Seatrade, «ROLL ON – ROLL OFF», <https://hartmanseatrade.com/fleet/roro/>

[2.7] Binbin Li, «Operability study of walk-to-work for floating wind turbine and service operation vessel in the time domain», Research Gate, άρθρο, Δεκέμβριος 2020.

[2.8] <https://sonihull.com/keeping-the-ctv-fleet-moving/>

[2.9] Aberdeen Renewable Energy Group, « Peterhead Port Authority », <https://www.aberdeenrenewables.com/members/full-member-directory/#!biz/id/5ac79182afd6917e03a9cec9>

[2.10] Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Ashley Knipe, « Alternative Port Assessment to Support Offshore Wind. », Assessment Report, California State Lands Commission, January/31/2023.



- [2.11] Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Shane Phillips, «Port of Coos Bay Port Infrastructure Assessment for Offshore Wind Development. », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), October 2022
- [2.12] Jennifer Lim, Matt Trowbridge, « California Floating Offshore Wind Regional Ports Feasibility Analysis », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), June 2023.
- [2.13] Aaron Porter, Shane Phillips, « U.S. West Coast Port Infrastructure Needs for Development of Floating Offshore Wind Facilities », Ports 2019: Port Planning and Development, ASCE Library, 2019.
- [2.14] Aaron Porter, Shane Phillips « Determining the Infrastructure Needs to Support Offshore Floating Wind and Marine Hydrokinetic Facilities on the Pacific West Coast and Hawaii », Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), Pacific OCS Region, March 3, 2016.
- [2.15] Ove Arup & Partners Ltd, « Ports for offshore wind: A review of the net-zero opportunity for ports in Scotland », Review / Study, Crown Estate Scotland, 2 September 2020.
- [2.16] Sara B. Parkison, Willett Kempton, « Marshaling ports required to meet US policy targets for offshore wind power. », Research Paper, Elsevier, 2022.
- [2.17] Willett Kempton, « REQUIREMENTS FOR ADVANCED OFFSHORE WIND MARSHALING PORTS », Analysis, 21 July 2019.
- [2.18] AP Crowle, PR Thies «Floating offshore wind turbines port requirements for construction», journal, SAGE Publications, January , 2022
- [2.19] Aaron Porter, Shane Phillips, Mott Macdonald, « Infrastructure to support offshore floating wind », OCS study, BOEM, Seattle WA, 2016.
- [2.20] PORTUS Online, «WindFloat Atlantic: Floating energetically off the coast of Viana do Castelo», article, Portugal, 2024.
- [2.21] HWEA, « Status and challenges for the supply chain for offshore wind in Greece », Technical Analys, November 2023.

## Κεφάλαιο 3

### 3. Τοπογραφικά στοιχεία του νησιού της Χίου

#### Περιεχόμενα Κεφαλαίου

---

3.1 Εισαγωγή .....	67
3.2 Ψηφιακή χαρτογράφηση .....	67
3.2.1 Ψηφιακή χαρτογράφηση του οδικού δικτύου της Χίου .....	67
3.2.2 Ψηφιακή χαρτογράφηση του ανάγλυφου της Χίου.....	69
3.2.3 Ψηφιακή χαρτογράφηση των προστατευόμενων περιοχών της Χίου .....	70
3.2.4 Ψηφιακή χαρτογράφηση υδάτινων στοιχείων και υδρολογικά χαρακτηριστικά Χίου .....	71
3.2.5 Ψηφιακή χαρτογράφηση ιχθυοκαλλιεργειών και υδατοκαλλιεργειών της Χίου .....	72
3.2.6 Ψηφιακή χαρτογράφηση ενάλιων αρχαιολογικών χώρων της Χίου .....	73
3.2.7 Ψηφιακή χαρτογράφηση ιστορικών ναυαγίων της Χίου.....	74
3.2.8 Ψηφιακή χαρτογράφηση βυθομετρικών σημείων Χίου.....	74
3.4 Ανάλυση και ψηφιακή χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού της Χίου .....	75
3.5 Εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού του νησιού της Χίου.....	77
3.6 Στοιχεία θαλάσσιων ρευμάτων και παλίρροιας.....	78
3.7 Λιμενικές Υποδομές .....	79
3.8 Ανάλυση του κεντρικού λιμένα της Χίου .....	80
3.8.1 Λιμενικές υποδομές.....	80
3.8.2 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.....	82
3.8.3 Χερσαίες Υποδομές.....	83
3.9 Συνοπτική ανάλυση λιμένα Μεστών.....	83
3.10 Συνοπτική ανάλυση λιμένα Λημνιών.....	85
3.11 Σύνοψη .....	87
3.12 Βιβλιογραφία .....	87

### **3.1 Εισαγωγή**

Καθώς η βιομηχανία της εκμετάλλευσης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας εξελίσσεται, εξετάζονται περιοχές στις οποίες μπορούν να αναπτυχθούν τέτοιου είδους έργα. Ένα αναπόσπαστο κομμάτι των ερευνών που γίνονται για την εύρεση αυτών των περιοχών είναι οι χαρτογραφικές μελέτες. Μία χαρτογραφική μελέτη συλλέγει στοιχεία που καθορίζουν την υλοποίηση των έργων των υπεράκτιων αιολικών πάρκων καθώς αξιολογούνται οι συνθήκες και η υφιστάμενη κατάσταση των ενδεχόμενων θαλάσσιων περιοχών εγκατάστασης. Ομοίως, αξιολογούνται οι υποδομές που έχουν άμεση σχέση με την εφοδιαστική αλυσίδα των υπεράκτιων αιολικών πάρκων και οι λιμενικές υποδομές. Έτσι, στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται μία αντίστοιχη χαρτογραφική μελέτη με σκοπό την εκτίμηση της εφικτότητας της υλοποίησης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου και την συλλογή απαραίτητων δεδομένων. Επιπλέον, μελετήθηκε το αιολικό δυναμικό του νησιού και ο τρόπος εκμετάλλευσής του. Στο τέλος αναφέρονται οι λιμενικές υποδομές του νησιού και αναλύονται οι σημαντικότερες με στόχο να επιλεγθεί ο καταλληλότερος λιμένας για την υποστήριξη ενός θεωρητικού υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

### **3.2 Ψηφιακή χαρτογράφηση**

Η ανάπτυξη των έργων στον τομέα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας βασίζεται στην συλλογή στοιχείων χαρτογράφησης καθώς είναι καθοριστικά για την περάτωση τους. Η χαρτογράφηση του νησιού της Χίου, συμβάλλει στο να εντοπιστούν οι δυνατότητες και οι αδυναμίες του νησιού σε επίπεδο υποδομών και στο να μελετηθούν τα δεδομένα που επηρεάζουν άμεσα το ενδεχόμενο ανάπτυξης ενός έργου εκμετάλλευσης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Τα δεδομένα που συλλέχτηκαν είναι επί των πλείστων από το γενικό στρατηγικό σχέδιο ανάπτυξης του λιμένα Χίου, του διαδημοτικού λιμενικού ταμείου Χίου [3.1] και από το «ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ», Εθνικό πρόγραμμα, ΕΔΕΥΕΠ ΑΕ, 8/09/2023.[3.2].

#### **3.2.1 Ψηφιακή χαρτογράφηση του οδικού δικτύου της Χίου**

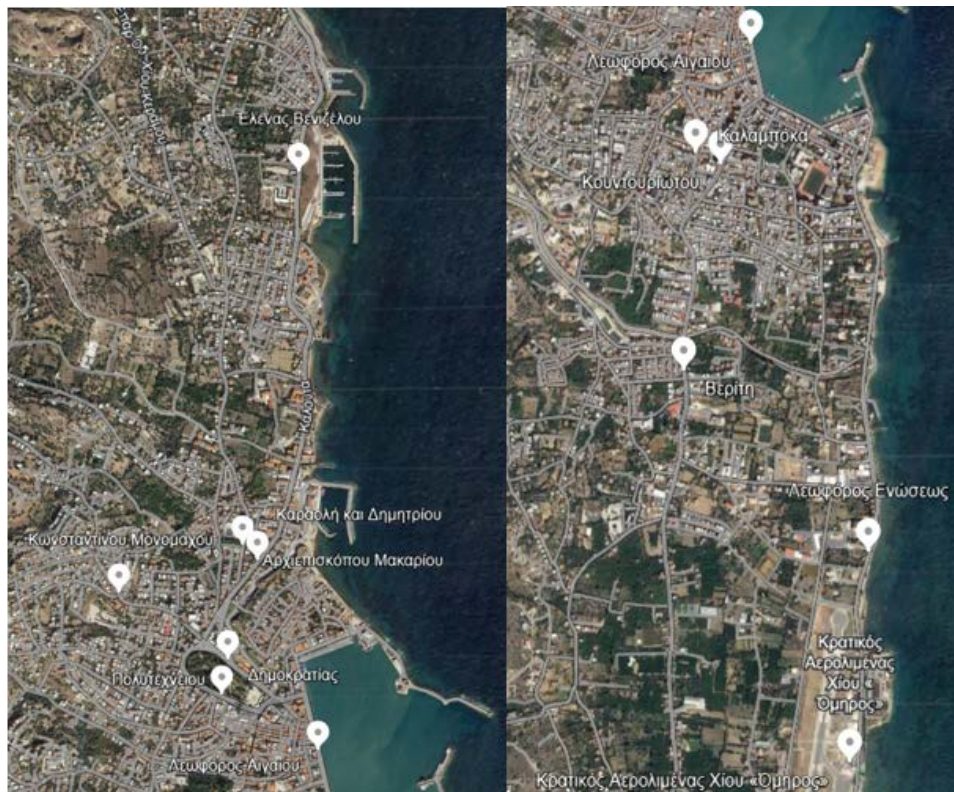
Το οδικό δίκτυο παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή του λιμένα υποστήριξης ενός υπεράκτιου πάρκου όπως προαναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, (βλέπε ενότητα 2.4). Είναι καθοριστική η διασύνδεση του λιμένα με κάποιο οδικό δίκτυο καθώς ενδέχεται να μεταφερθούν οι εργαζόμενοι και ίσως κάποια μικρά εξαρτήματα. Έτσι, κρίνεται αναγκαία η ανάλυση του οδικού δικτύου της Χίου, (βλέπε ΕΙΚΟΝΑ 3.2) για να διαπιστωθεί αν μπορεί να υποστηριχθεί ένα τέτοιο έργο.

Η ανάλυση του οδικού δικτύου γίνεται εστιάζοντας σε οδούς που εμπλέκονται στις εργασίες του κεντρικού λιμένα και τον συνδέουν με τα υπόλοιπα τμήματα του νησιού. Με γνώμονα την λειτουργικότητα των οδών και δίνοντας βαρύτητα στους προορισμούς που οδηγούν, προκύπτει μία ιεραρχική κατανομή. Το κέντρο της πόλης περικλείεται

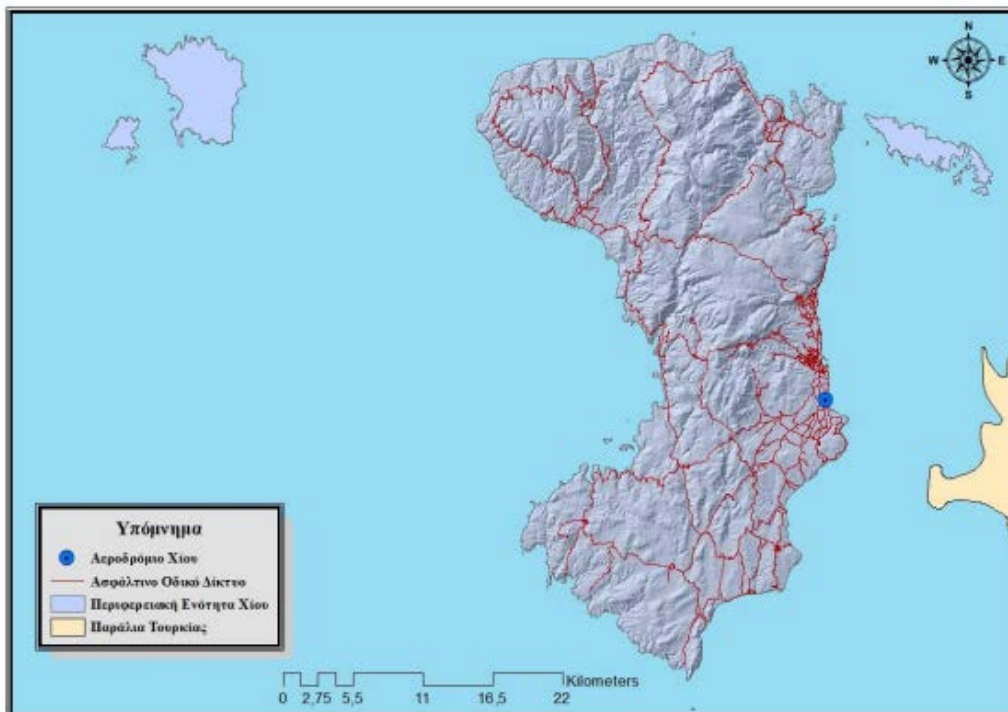
από την πλατεία Βουνακίου, την Λ. Αιγαίου, την Απλωταριάς, την Ελευθ. Βενιζέλου, τη Μιχ. Λιβανού και την Κουντουριώτη.

Αρχικά, η Λ. Ενώσεως, συνδέει την πόλη με το αεροδρόμιο και το νότιο τμήμα του νησιού, διαμορφώνοντας μία απόσταση 2 km προς το αεροδρόμιο, και 40 km από τον λιμένα των Μεστών. Συνέχεια της, είναι η Λ. Αιγαίου, που είναι ο παραλιακός δρόμος της πόλης. Επόμενη είναι η Λ. Δημοκρατίας και η δίδυμή της Πολυτεχνείου που περικλείουν την Πλατεία Βουνακίου και ενώνουν την Λ. Αιγαίου με την οδό Χάνδακος. Εκεί βρίσκονται σημαντικές υπηρεσίες της πόλης όπως τράπεζες, το δημαρχείο, η νομαρχία και οι αφετηρίες των αστικών και υπεραστικών συγκοινωνιών. Το βόρειο τμήμα του νησιού συνδέεται με την πόλη με την οδός Χάνδακος και σε συνέχεια της οι Καραολή - Δημητρίου και Έλενας Βενιζέλου, διαμορφώνοντας 25 km οδικής πορείας μεταξύ της πόλης και την περιοχή των Καρδαμύλων και 12,7 km με το ναυπηγείο Θόλος. Επιπροσθέτως, η οδός Κων. Μονομάχου είναι συνέχεια της Λ. Δημοκρατίας, εξυπηρετεί μετακινήσεις προς τις βόρειες περιοχές του νησιού, ενώ η οδός Γεωρ. Βερίτη και οι δίδυμες Καλαμπόκα / Κουντουριώτου που αποτελούν συνέχεια αυτής συνδέουν την πόλη με τις δυτικές περιοχές του νησιού. Τέλος, Η Αρχιεπισκόπου Μακαρίου συνδέει μέσω της Χάνδακος τα βορειοδυτικά τμήματα του νησιού.

Καθώς ο λιμένας βρίσκεται στο μέσον της αμφιθεατρικής ανάπτυξης της πόλης, αποτελεί κεντρική πύλη εισόδου - εξόδου ολόκληρου του νησιού με τον υπόλοιπο Ελλαδικό χώρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την οδική συμφόρηση κατά την άφιξη επιβατηγών πλοίων και προβλήματα στάθμευσης στην πόλη. Στην εικόνα 3.1, φαίνονται οι σημαντικότεροι δρόμοι που συνδέουν τον λιμένα της Χίου με την πόλη και το υπόλοιπο νησί.



Σχήμα 3.1: Τοποθεσία σημαντικών λεωφόρων, [3.3], Ιδία επεξεργασία



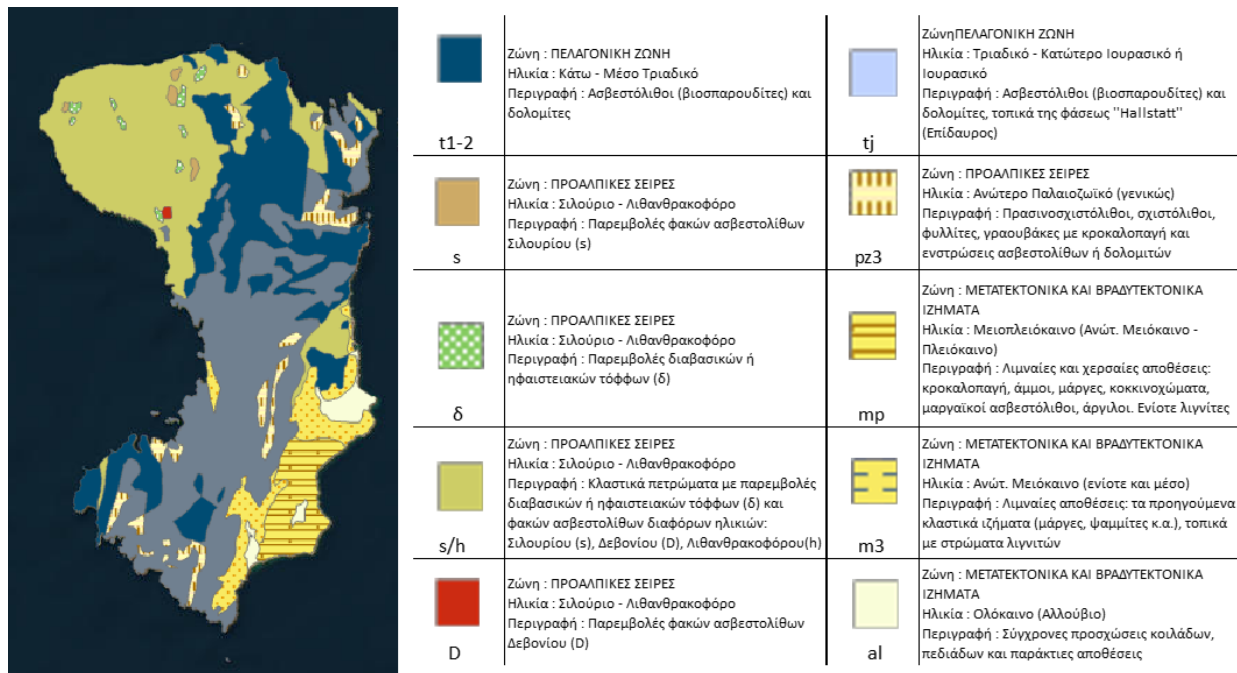
Σχήμα 3.2 : Οδικό δίκτυο Χίου, [3.4]

### 3.2.2 Ψηφιακή χαρτογράφηση του ανάγλυφου της Χίου

Η Χίος είναι ορεινό - ημιορεινό νησί με απότομο ανάγλυφο κυρίως στο βόρειο τμήμα, το οποίο σβήνει ομαλά με πολλούς χαμηλότερου υψομέτρου λόφους στο νότιο μέρος της. Στην Βόρεια Χίο συναντάται το όρος Πεληναίο με την υψηλότερη κορυφή τον Άγιο Ηλία στα 1.297 m και άλλα σημαντικά όροι όπως το Όρος με υψόμετρο 1.126 m, η Αμάνη στα βορειοδυτικά με υψόμετρο 809 m. Σε αυτό το τμήμα του νησιού βρίσκονται τα δύο φαράγγια, του Γιόσωνα και των Καμπιών. Στο ανατολικά του νησιού βρίσκεται το όρος Αίπος με υψόμετρο 448 m και αποτελεί έναν σύντομο τρόπο σύνδεσης της πόλης και του ανατολικού τμήματος του νησιού με το βόρειο και βορειοδυτικό. Στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού βρίσκεται το όρος του Αμανή με υψόμετρο 809 m και το όρος Προβατάς στα κεντρικά ηπειρωτικά την νήσου και δυτικά της πόλης της Χίου με υψόμετρο 773 m. Επιπλέον, μεταξύ αυτών των περιοχών διαμορφώνονται μικρές πεδιάδες και κοιλάδες με σημαντικότερη τον Κάμπο της Χίου. Τέλος, βόρεια της πόλης της Χίου εκβάλλει ο χειμάρρος Αρμένης και νότια αυτής ο χειμάρρος Παρθένης, [3.1].

Αναλύοντας το μοντέλο της Ελληνικής Αρχής Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών για το γεωλογικός χάρτη της Χίου της εικόνας 3.3, εντοπίζονται κλασικά και ανθρακικά ιζήματα που ανήκουν στα γεωλογικά χρονικά διαστήματα του Παλαιοζωικού, Μεσοζωικού και Νεογενούς. Επιπροσθέτως, παρατηρείται η παρουσία ηφαιστειακών πετρωμάτων, όπως βασάλτες, ανδεσίτες, ρυόλιθοι και διαβάσεις ενώ στην ευρύτερη έκταση του νησιού αναπτύσσονται μετασχηματισμένοι προπαλαιοζωικοί σχηματισμοί. Οι προαλπικοί σχηματισμοί περιλαμβάνουν

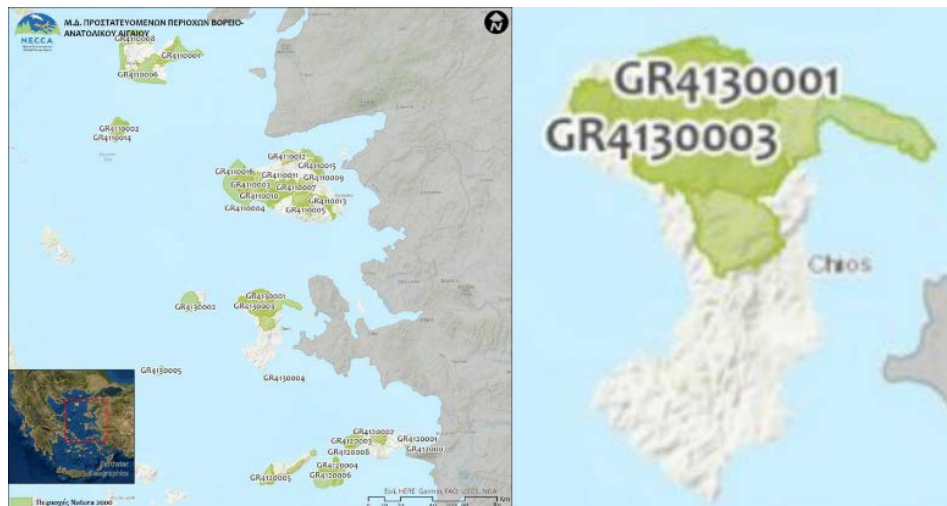
τόσο τους αυτόχθονες όσο και τους αλλόχθονες σχηματισμούς. Τα επίκεντρα της αλλόχθονης σειράς χαρακτηρίζονται από παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους. Επίσης στο νησί ανιχνεύονται ποταμολιμναίες αποθέσεις με μεταβλητό πάχος, αποτελούμενες από αργιλικούς, ψαμμικούς και κροκαλοπαγείς σχηματισμούς, που προέρχονται από τη μεταγενέστερη νεογενή ιζηματογένεση. Στις πεδινές εκτάσεις προκύπτουν εδάφη προσχωσιγενή, ενώ στο βόρειο τμήμα του νησιού παρατηρούνται μικρές εκδηλώσεις ηφαιστειών. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως το νησί της Χίου κατατάσσεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II, [3.1].



Σχήμα 3.3: Γεωλογικός χάρτης Χίου, [3.5]

### 3.2.3 Ψηφιακή χαρτογράφηση των προστατευόμενων περιοχών της Χίου

Στο νησί της Χίου έχουν οροθετηθεί δύο βόρειες περιοχές ως προστατευόμενες σύμφωνα με τον Οργανισμό Φυσικού Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής (Ο.ΦΥ.ΠΕ.ΚΑ) και του ενσωματωμένου Φορέα Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Βορείου Αιγαίου (βλέπε εικόνα 3.4). Οι λιμένες Χίου και Μεστών δεν βρίσκονται εντός αυτών των ορίων και δεν επηρεάζονται. Η πρώτη αναγραφόμενη περιοχή είναι η GR4130001, που εκτείνεται στις περιοχές του βορείου τμήματος του νησιού, το νησί των Οινουσσών και το θαλάσσιο τμήμα του στενού μεταξύ των δύο. Η συνολική της έκταση είναι 34.409 km<sup>2</sup> στρέμματα και είναι μεγαλύτερη από την δεύτερη προστατευόμενη περιοχή. Η GR4130003 έχει έκταση 32.568 km<sup>2</sup> στρέμματα και οροθετείται στις βόρειες περιοχές του νησιού, [3.6].



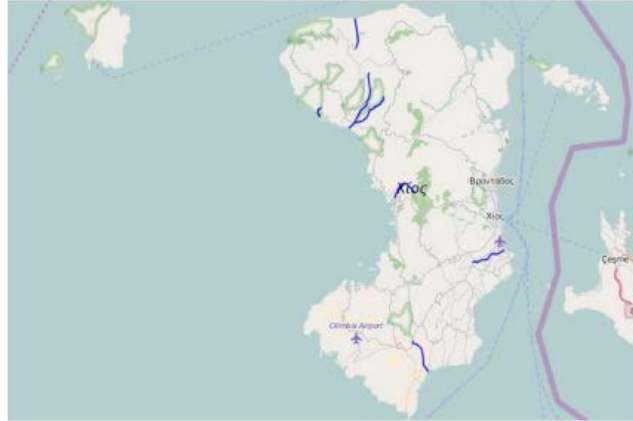
Σχήμα 3.4: Χάρτης προστατευόμενων περιοχών βορείου αιγαίου, [3.6]

### 3.2.4 Ψηφιακή χαρτογράφηση υδάτινων στοιχείων και υδρολογικά χαρακτηριστικά Χίου

Η Χίος, σύμφωνα με την 1η Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης (ΣΔ) των Λεκανών Απορροής των Ποταμών (ΛΑΠ) του Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (EL14) (ΦΕΚ 4677/Β/229-12-017), συγκαταλέγεται στη ΛΑΠ Ανατολικού Αιγαίου (EL1436). Στην ομαδοποίηση αυτή αναφέρονται όλα τα νησιά των Περιφερειακών Ενοτήτων Ικαρίας, Περιφερειακών Ενοτήτων Ικαρίας, Λέσβου, Λήμνου, Σάμου και Χίου της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου και από τα νησιά των Περιφερειακών Ενοτήτων Άνδρου, Θήρας, Καλύμνου, Καρπάθου, Κέας – Κύθνου (εκτός από τη Μακρόνησο), Κω, Μήλου, Μυκόνου, Νάξου, Πάρου, Ρόδου, Σύρου και Τήνου της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου. Στην εν λόγω μελέτη, σημειώθηκαν 177 υδατικά συστήματα όπως ποτάμια και λίμνες.

Το νησί της Χίου διαθέτει ένα συγκριτικά περιορισμένο δίκτυο επιφανειακών υδάτων, το οποίο χαρακτηρίζεται κυρίως από ρέματα και μικρά ποτάμια, ενώ απουσιάζουν οι λίμνες. Αξιοσημείωτοι χείμαρροι που βρίσκονται κοντά στο λιμάνι της Χίου είναι ο Αρμένης στα βόρεια και ο Παρθένης στα νότια. Επιπλέον, αν και το λιμάνι της Χίου δεν περιλαμβάνεται σε καθορισμένο ποταμό, λίμνη ή μεταβατικό επιφανειακό υδάτινο σώμα, εμπίπτει στην αρμοδιότητα του παράκτιου υδατικού συστήματος "Άκτιος Δίαυλος Χίου" (EL1436C0012N). Αυτό το υδάτινο σύστημα βρίσκεται σε καλή οικολογική και χημική κατάσταση, [3.1].

Το υδρογραφικό δίκτυο και οι υπολεκάνες απορροής των υδάτων της Χίου βρίσκονται στις εικόνες 3.5 και 3.6.



Σχήμα 3.5: Υδρογραφικό δίκτυο Χίου. [3.1]

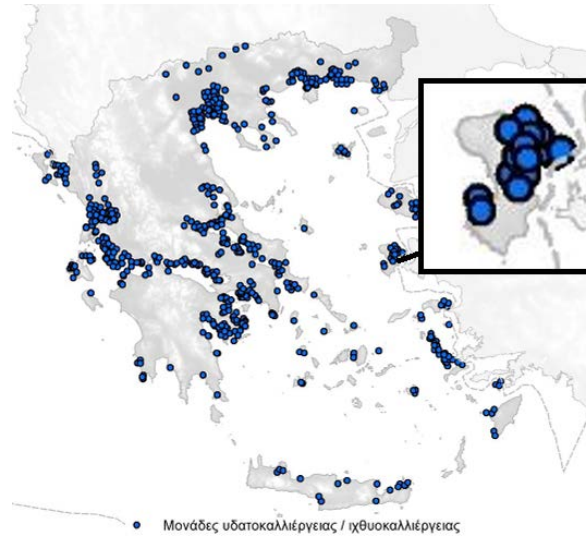


Σχήμα 3.6: Υπολεκάνες απορροής Υδάτων Χίου. [3.1]

### 3.2.5 Ψηφιακή χαρτογράφηση ιχθυοκαλλιέργειών και υδατοκαλλιέργειών της Χίου

Ο τομέα της ιχθυοκαλλιέργειας και γενικότερα της υδατοκαλλιέργειας στον νομό της Χίου είναι εξαιρετικά ενεργός. Την δεδομένη στιγμή δραστηριοποιούνται στην βιομηχανία 5 εταιρείες και υπάρχουν 14 ενεργές μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας, [3.7]. Οι μονάδες βρίσκονται κυρίως στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού όπως φαίνεται στην εικόνα 3.7.

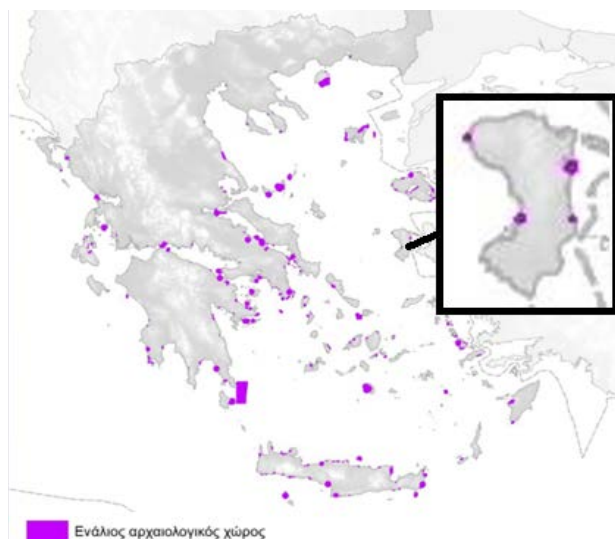




Σχήμα 3.7: Μονάδες υδατοκαλλιέργειας / ιχθυοκαλλιέργειας στην Ελλάδα : Περίπτωση Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.2]

### 3.2.6 Ψηφιακή χαρτογράφηση ενάλιων αρχαιολογικών χώρων της Χίου

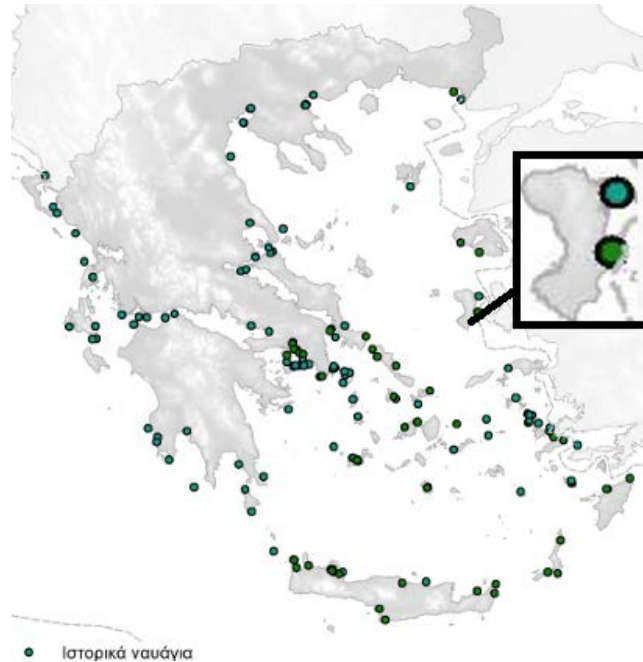
Σύμφωνα με την ΕΔΕΥΕΠ, «ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ», Εθνικό πρόγραμμα, ΕΔΕΥΕΠ ΑΕ, 8/09/2023, [3.2], είναι αναγκαίο να εντοπιστούν οι περιοχές ενάλιων αρχαιολογικών χώρων έτσι ώστε να μην επηρεαστεί η ανάπτυξη ενός ενδεχόμενου αιολικού πάρκου. Στο νησί της Χίου, υπάρχουν 4 τέτοιοι χώροι όπως φαίνεται στην εικόνα 3.8.



Σχήμα 3.8: Περιοχές ενάλιων αρχαιολογικών χώρων στην Ελλάδα : Περίπτωση Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.2]

### 3.2.7 Ψηφιακή χαρτογράφηση ιστορικών ναυαγίων της Χίου

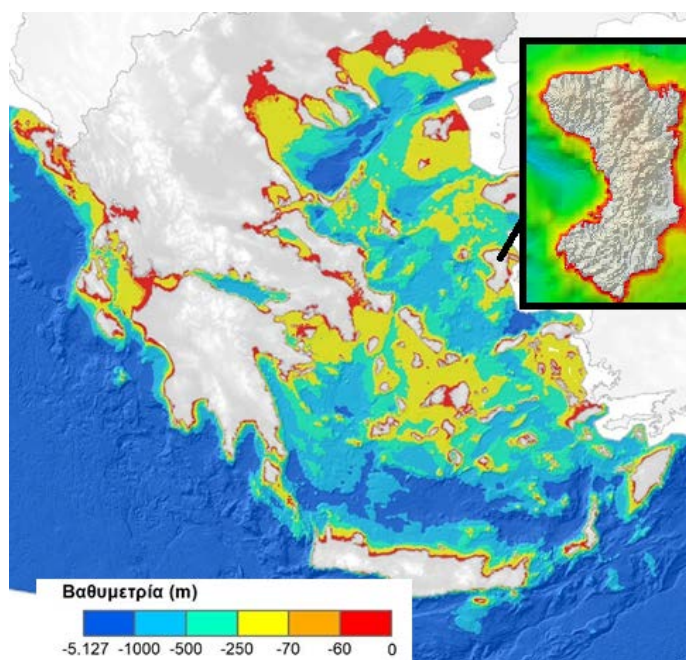
Ομοίως με τις περιοχές ενάλιων χώρων της Χίου, εντοπίζονται 2 σημαντικά ιστορικά ναυαγία. Το ένα βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του νησιού και το άλλο κεντρικά, κοντά στον λιμένα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.9, [3.2].



Σχήμα 3.9: Περιοχές ιστορικών ναυαγίων στην Ελλάδα : Περίπτωση Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.2]

### 3.2.8 Ψηφιακή χαρτογράφηση βυθομετρικών σημείων Χίου

Όπως έχει προαναφερθεί και αναλύεται στο κεφάλαιο 4, το βάθος της θαλάσσιας περιοχής που εξετάζεται για την περίπτωση ανάπτυξης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου είναι καθοριστικό. Έτσι, κρίνεται αναγκαία η απεικόνιση των βυθομετρικών στοιχείων της Ελλάδας και ειδικότερα της νήσου της Χίου. Στην εικόνα 3.10 παρουσιάζονται αυτά τα στοιχεία και παρατηρείται πως περιμετρικά της Χίου τα βάθη φτάνουν έως και 250 m περίπου, [3.2].

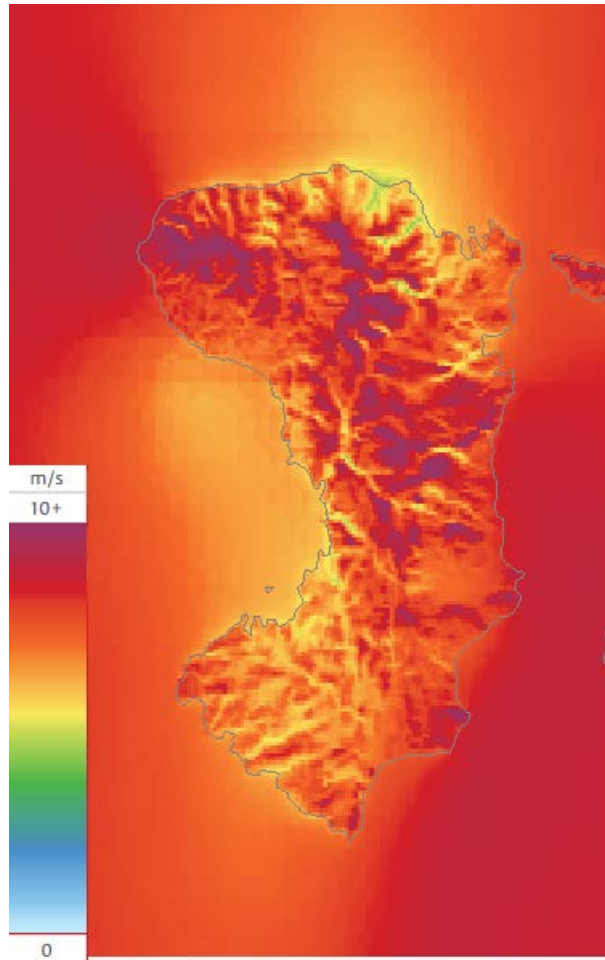


Σχήμα 3.10: Βυθομετρικός χάρτης Ελλάδας : Περίπτωση Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.2]

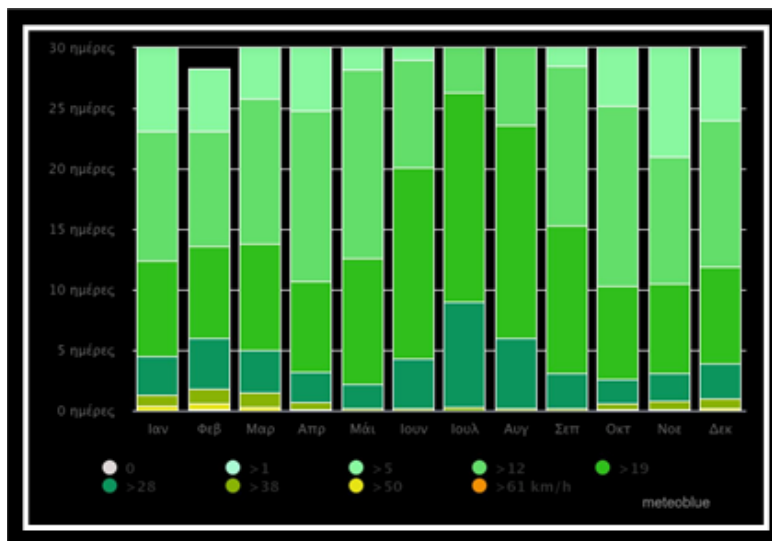
### 3.4 Ανάλυση και ψηφιακή χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού της Χίου

Σύμφωνα με τα στοιχεία του σταθμού της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, στη Χίο, οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες που επηρεάζουν την περιοχή μελέτης προέρχονται από τις βόρειες, βορειοανατολικές, ανατολικές, βορειοδυτικές και νότιες κατευθύνσεις. Ενώ οι καταγεγραμμένες συχνότητες ανέμου στη νοτιοανατολική κατεύθυνση είναι σχετικά χαμηλές ετησίως, το διαθέσιμο αιολικό δυναμικό είναι σημαντικό λόγω της εκτεταμένης επιφάνειας της θάλασσας. Αυτό αναμένεται να συμβάλει σε αξιοσημείωτα ύψη κύματος στην περιοχή αυτή. Αντίθετα, οι ανατολικοί άνεμοι, οι οποίοι έχουν επίσης χαμηλές ετήσιες συχνότητες, εμφανίζονται σε έναν τομέα με περιορισμένη θαλάσσια επιφάνεια, ο οποίος συνορεύει με τη δυτική τουρκική ακτή, με αποτέλεσμα σχετικά μειωμένα αναμενόμενα ύψη κύματος. Σύμφωνα με το μοντέλο «Global wind Atlas», [3.8], στο νησί της Χίου και σε ύψος 100 m καταγράφονται μέσες ταχύτητες ανέμων που ξεπερνούν τα 10 m/s. Πιο αναλυτικά οι μέσες ταχύτητες που επικρατούν στο νησί και στις υπεράκτιες περιοχές φαίνονται στην εικόνα 3.14.

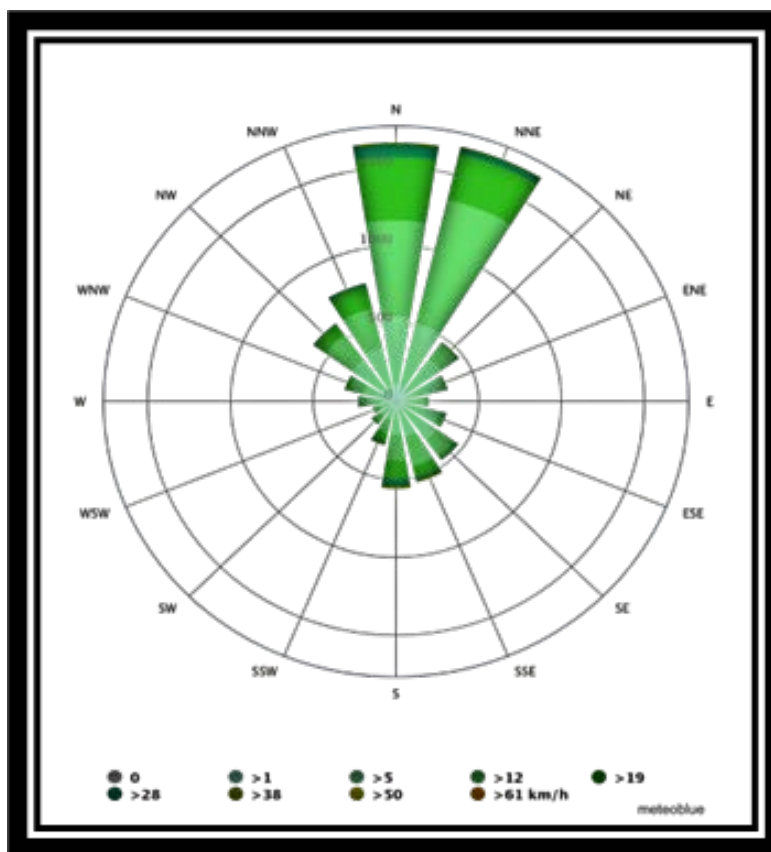
Ακολουθούν η εικόνα 3.11 που παρουσιάζει σε μορφή διαγράμματος τις ταχύτητες του ανέμου ανά μήνα, και η εικόνα 3.12 που παρουσιάζει ένα ανεμολόγιο το οποίο δείχνει πόσες ώρες ετησίως ο άνεμος φυσάει από κάθε διεύθυνση.



Σχήμα 3.11: Μέσες ταχύτητες ανέμου στο νησί της Χίου, Ιδία επεξεργασία, [3.8]



Σχήμα 3.12: Ενδείξεις ταχυτήτων του ανέμου ανά μήνα που επικρατούν στο νησί της Χίου, [3.9]



Σχήμα 3.13: Ανεμολόγιο για το νησί της Χίου, [3.9]

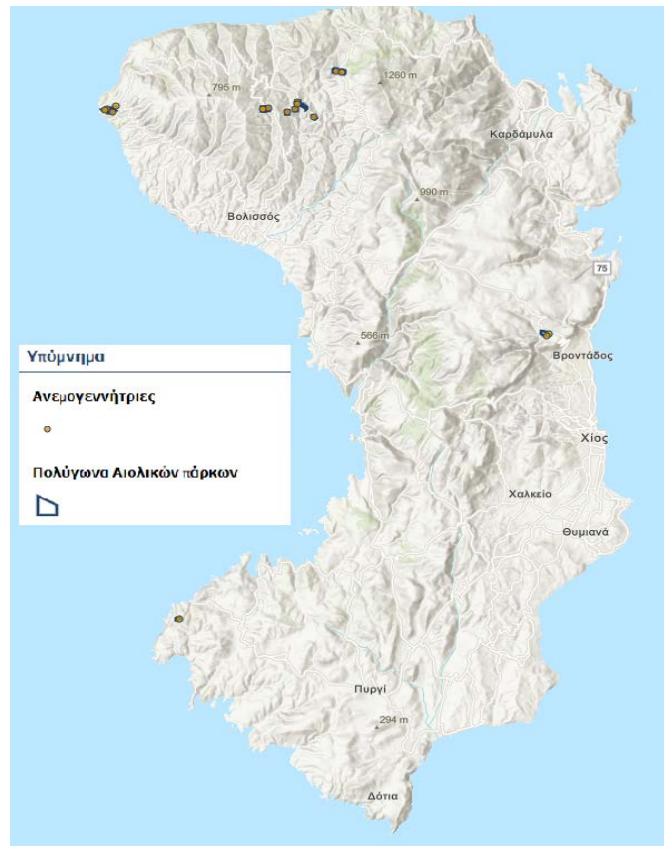
### 3.5 Εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού του νησιού της Χίου

Η Χίος εκμεταλλεύεται το αιολικό της δυναμικό έχοντας εγκαταστήσει 17 χερσαίες ανεμογεννήτριες όπως φαίνεται στον χάρτη της εικόνας 3.16. Το 1989 αναπτύχθηκε το πρώτο χερσαίο αιολικό πάρκο φτάνοντας την εγκατεστημένη ισχύ στα 0,3 MW στην περιοχή του Αίπους. Η πιο υψηλή εγκατεστημένη ισχύς είναι 16 MW με το τελευταίο αιολικό πάρκο που αναπτύχθηκε το 2021 κοντά στο χωριό Καμπιά, αποτελούμενο από δύο ανεμογεννήτριες. Το 2018 παρατηρείται πως η εγκατεστημένη ισχύς έχει αρνητική τιμή -2,47 MW, στην περιοχή του πάρκου του Μελανιούς, Βορειοδυτικά στο νησί. Τα αίτια αυτής της απώλειας ίσως βασίζονται στην μεγάλη πυρκαγιά του 2014 στο νησί, ωστόσο δεν υπάρχουν ακριβείς πληροφορίες για την απώλεια. Στην εικόνα 3.15 φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς ανά έτος από το 1989 έως το 2023, [1.16].

### Νέα αιολική ισχύς ανά έτος (MW)



Σχήμα 3.14: Εγκατεστημένη ισχύς ανά έτος του νησιού της Χίου, [1.16]



Σχήμα 3.15: Γεωπληροφοριακός Χάρτης των αιολικών πάρκων του νησιού της Χίου, [1.16]

### 3.6 Στοιχεία θαλάσσιων ρευμάτων και παλίρροιας

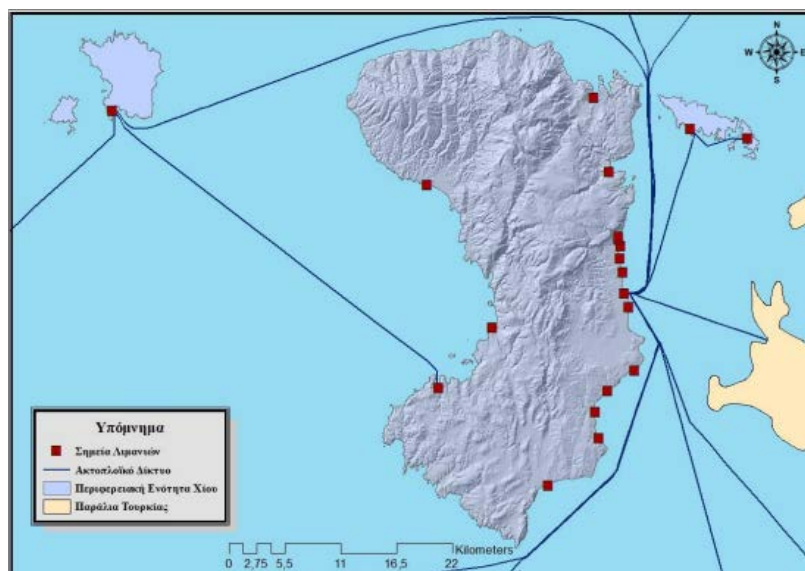
Με βάση τις μετρήσεις του παλιρροιομέτρου της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Π.Ν. που καλύπτουν την περίοδο 1990-2012, οι παλιρροιακές διακυμάνσεις στην ευρύτερη περιοχή του λιμανιού της Χίου εμφανίζουν μέγιστο εύρος 0,45 m, ελάχιστο εύρος 0,01 m, μέσο εύρος 0,16 m και επάλλαξη 1,04 m. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ρεύματα στην

περιοχή του λιμένα Χίου παρουσιάζουν μια τυπική αντίθεση με την παλιρροιακή ροή. Στο λιμάνι του Χίου, τα ρεύματα κινούνται αντίθετα προς τον επικρατούντα άνεμο, συγκεκριμένα από βορρά προς νότο και από νότο προς βορρά. Η ταχύτητα του ρεύματος στη βόρεια κατεύθυνση κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 2,5 κόμβων, ενώ στη νότια κατεύθυνση φθάνει σε ταχύτητες περίπου 0,5 έως 2,5 κόμβων, με μέση ταχύτητα περίπου 1,5 κόμβους, [3.1].

### 3.7 Λιμενικές Υποδομές

Στο νησί υπάρχουν 16 λιμενικές υποδομές οι οποίες χωρίζονται σε 3 κατηγορίες με γνώμονα το μέγεθος, τις υποδομές και τις υπηρεσίες που εξυπηρετούν. Στην κατηγορία των Λιμένων - Μαρινών περιλαμβάνονται ο Λιμένας Χίου, ο Λιμένας Μεστών, ο Λιμένας Οινουσσών, καθώς και ο Λιμένας Ψαρών. Ακόμη, υπάρχουν αλιευτικά καταφύγια όπως η Αγία Ερμιόνη, τα Καρδάμυλα, το Λιθί, οι Τρεις Μύλοι Βροντάδου, το Καστέλλο, το Γούβι, η Φάρκαινα, το Παντουκίος, η Δασκαλόπερα, ο Αγ. Ιωάννης, η Καλλιμασιά, και η Βοκαριά. Τέλος, στα καταφύγια των τουριστικών σκαφών περιλαμβάνονται τα Λιμνία Βολισσού και η Λαγκάδα.

Μέσω του κεντρικού λιμένα της Χίου, το νησί συνδέεται ακτοπλοϊκά με τακτικά δρομολόγια με τον Πειραιά, την Καβάλα, τη Μυτιλήνη, τη Λήμνο και άλλα νησιά του Αιγαίου, ενώ μέσω του λιμένα των Μεστών με το Λαύριο, τη Θεσσαλονίκη, τη Μυτιλήνη, τη Λήμνο και τον Άγιο Ευστράτιο. Συχνή ακτοπλοϊκή σύνδεση, ειδικά κατά τους θερινούς μήνες, υπάρχει και με τα δυτικά παράλια της Τουρκίας και συγκεκριμένα με την πόλη του Τσεσμέ. Το ακτοπλοϊκό δίκτυο και οι βασικές λιμενικές υποδομές φαίνονται στην εικόνα 3.17.



Σχήμα 3.16: Ακτοπλοϊκό Δίκτυο για την Περιφερειακή Ενότητα της Χίου, [3.4]

Παρακάτω αναλύονται ο κεντρικός λιμένας της Χίου, των Μεστών και των Λημνιών καθώς αποτελούν τους σημαντικότερους για το νησί και πλεονεκτούν συγκριτικά με τους υπόλοιπους του νησιού στην υποστήριξη ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου κοντά στην νήσο της Χίου.

### **3.8 Ανάλυση του κεντρικού λιμένα της Χίου**

Ο λιμένας της Χίου βρίσκεται στην ανατολική μεριά του νησιού και κεντρικά. Επιπλέον, γνωρίζοντας ότι η ανατολική μεριά του νησιού έχει ισχυρό αιολικό δυναμικό, δίνει αφορμή στο να συζητηθεί ποιες είναι οι δυνατότητες του λιμένα στον τομέα υποστήριξης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Θα γίνει μία ανάλυση σχετικά με τις λιμενικές, χερσαίες και συγκοινωνιακές υποδομές, των εξοπλισμό, το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.

Ο κεντρικός λιμένας της Χίου απέχει 3,5 ναυτικά μίλια από τη χερσόνησο της Ερυθραίας στο ύψος του Τσεσμέ. Εντοπίζεται εντός του αστικού ιστού, λειτουργεί 24 ώρες, 365 ημέρες το χρόνο και το αεροδρόμιο βρίσκεται στα 2 km, και αποτελεί το μοναδικό του νησιού. Η μέγιστη χωρητικότητα σε πλοία είναι δύο επιβατηγά/φορτηγά των 20.000 t έκαστο και ένα των 700 t. Στον λιμένα υπάρχουν ρυμουλκά και λάντζες και παρέχεται η δυνατότητα μερικής επισκευής σκαφών. Επίσης, εφαρμόζεται ο κώδικας ISPS ( κανονισμός ασφάλειας κατά των εξωτερικών απειλών των πλοίων, λιμένων φορτίων και ναυτικών ). Στο νότιο τμήμα του υπάρχει μαρίνα (δεύτερη προβλήτα), η οποία φιλοξενεί πολλά αλιευτικά, ιστιοπλοϊκά σκάφη αλλά και σκάφη αναψυχής. Η μαρίνα τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα έχει επαρκής προστασία στο νότιο τμήμα του λιμένα, ενώ όταν οι άνεμοι πνέουν βόρειοι με ένταση άνω των 7 μποφόρ (<31 kts), τότε μπορούν να ελλιμενιστούν στο βόρειο τμήμα ώστε να είναι περισσότερο ασφαλείς. Τέλος, η ευρύτερη χερσαία περιοχή του λιμένα και της ανατολικής ακτής της νήσου χαρακτηρίζεται από επιφανειακά στρώματα αλλούβιων πετρωμάτων και παράκτιων αποθέσεων.

#### **3.8.1 Λιμενικές υποδομές.**

Αρχικά, η είσοδος του λιμένα εκτείνεται στα 150 m και έχει νοτιοανατολική κατεύθυνση και οδηγεί στην λιμενολεκάνη έκτασης 230.000 m<sup>2</sup>. Τα βάθη του λιμένα, κυμαίνονται από 9 έως 11 m, ενώ στις 17/10/2023 ανακοινώθηκε η δημοπρασία της εκβάθυνσης και του καθαρισμού του λιμένα, [3.10]. Ο λιμένας προστατεύεται από τον βόρειο και τον νότιο λιμενοβραχίονα. Ο βόρειος, αποτελείται από τρία τμήματα, το πρώτο είναι κρηπίδωμο για την εξυπηρέτηση επιβατηγών και οχηματαγωγών σκαφών, το δεύτερο και το τρίτο είναι ανεκμετάλλευτα, ωστόσο στο τρίτο υπάρχει φανός. Στο κρηπίδωμα διαμορφώνεται μία γωνία καθώς τα πρώτα 60 m εκτείνονται προς τα βορειοανατολικά ενώ τα άλλα 150 m νοτιοανατολικά ακολουθώντας την συνέχεια του λιμενοβραχίονα. Συνεχίζοντας νοτιοανατολικά εκτείνονται το δεύτερο τμήμα του λιμενοβραχίονα μήκους 150 m και το τρίτο τμήμα μήκους 170 m. Για την προστασία ολόκληρου του λιμενοβραχίονα διατίθεται θωράκιση από φυσικούς ογκολίθους στην εξωτερική



του παρειά, ενώ εσωτερικά ανά τμήμα με το κρηπίδωμα, με λιθορριπή και με φυσικούς ογκόλιθους αντίστοιχα. Ο νότιος λιμενοβραχίονας αποτελείται από δύο τμήματα. Το πρώτο τμήμα έχει βορειοδυτική κατεύθυνση και μήκος 130 m και το δεύτερο έχει κατεύθυνση βορειοανατολική και μήκος 150 m, δημιουργώντας έτσι μία αμβλεία γωνία. Επιπλέον, στο δεύτερο τμήμα έχει αναπτυχθεί κρηπίδωμα και στην άκρη του υπάρχει φανός. Για την προστασία ολόκληρου του λιμενοβραχίονα διατίθεται θωράκιση από φυσικούς ογκολίθους στην εξωτερική του παρειά, ενώ εσωτερικά με κρηπιδώματα και λιθορριπή. Παραλιακά ο λιμένας προς στο χερσαίο τμήμα του είναι κρηπιδωμένος καλύπτοντας μήκος 1200 m. Το βόρειο τμήμα του λιμένα εξυπηρετεί επιβατηγά και οχηματαγωγά σκάφη της ακτοπλοΐας καθώς εκεί επικρατούν βάθη από 6 έως 11 m. Το νότιο τμήμα του λιμένα εξυπηρετεί μικρότερα τουριστικά, αλιευτικά, ρυμουλκά σκάφη και λάντζα μέσω μίας προβλήτας που έχει νοτιοδυτική διεύθυνση συνολικού μήκους περί τα 60 m, στην κεφαλή της οποίας λειτουργεί φανός. Εσωτερικά του λιμενίσκου υπάρχει πλωτή προβλήματα που χρησιμοποιείται ως αγκυροβόλιο, μήκους 48 m περίπου, κατασκευασμένος από σκυρόδεμα, με δάπεδο από ξυλεία και αποτελούμενος εκ τεσσάρων τμημάτων μήκους 12 m. Τέλος, στα βορειοανατολικά κρηπιδώματα του λιμένα έχει προβλεφθεί η εγκατάσταση των χερσαίων υποδομών του υπό υδατοδρομίου, συνολικής επιφάνειας  $E=106,36 \text{ m}^2$  έλαβε άδεια ίδρυσης και ανακοινώθηκε τον Μάρτιο του 2024, [3.11]. Οι βασικές λιμενικές υποδομές του λιμένα φαίνονται στην εικόνα 3.18.



Σχήμα 3.17: Δορυφορική κάτοψη του κεντρικού λιμένα Χίου, [3.3]

### 3.8.2 Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

Ο Λιμένας Χίου αποτελεί σημαντική υποδομή για την υποδοχή και εξυπηρέτηση των σκαφών στην περιοχή. Με τα 26 σημεία παροχής ηλεκτρικού ρεύματος και νερού, καθίσταται δυνατή η λειτουργία των σκαφών, ενώ οι τέσσερις παροχές νερού και οκτώ παροχές ρεύματος καλύπτουν τις ανάγκες του λιμένα σε υδροδότηση και ηλεκτροδότηση, αντίστοιχα. Πρόκειται για κρίσιμο μέρος του λιμενικού συστήματος, καθώς εξυπηρετούν τις ανάγκες τόσο των σκαφών όσο και του προσωπικού του λιμένα. Η παροχή ρεύματος και νερού σε τόσο μεγάλο αριθμό σημείων είναι ουσιώδους σημασίας για τη διαχείριση των σκαφών που καταφθάνουν και αποπλέουν από το λιμάνι, εξασφαλίζοντας την ομαλή λειτουργία τους και τη διατήρηση των υψηλών προτύπων ασφάλειας. Επιπλέον, ο ηλεκτροφωτισμός παρέχει απαραίτητη ορατότητα και ασφάλεια κατά τις νυχτερινές ώρες, βοηθώντας στην πρόληψη ατυχημάτων και στη διευκόλυνση των δραστηριοτήτων του λιμένα. Συνολικά, ο Λιμένας Χίου αποτελεί ζωτικό κομμάτι της ναυτιλιακής υποδομής της περιοχής, παρέχοντας τις απαραίτητες υπηρεσίες και εγκαταστάσεις για τη λειτουργία και ασφάλεια των σκαφών που εξυπηρετούνται από αυτόν. Η παροχή ενέργειας και νερού, μαζί με τον ηλεκτροφωτισμό, αποτελούν αναπόσπαστα μέρη του λιμενικού συστήματος, εξασφαλίζοντας τη συνεχή λειτουργία και ασφάλεια του λιμένα.

### 3.8.3 Χερσαίες Υποδομές.

Επί το πλείστον οι χερσαίες υποδομές του λιμένα της Χίου βρίσκονται στο βόρειο τμήμα του λιμένα. Αρχικά, υπάρχει το λιμεναρχείο Χίου που εξυπηρετεί τις διοικητικές και λειτουργικές ανάγκες του λιμανιού. Είναι ένα τριώροφο κτήριο υπό την ιδιοκτησία του διαδημοτικού λιμενικού ταμείου Χίου, το οποίο στεγάζεται στο ισόγειο έκτασης 119,67 m<sup>2</sup>. Βόρεια του λιμεναρχείου βρίσκεται γεφυροπλάστιγγα ζυγιστικής ικανότητας 60 t, η οποία εξυπηρετεί την ζύγιση των φορτηγών και στεγάζεται σε ένα κτίσμα 12 m<sup>2</sup>. Περνώντας το λιμεναρχείο νότια υπάρχει μία αίθουσα επιβατών εξωτερικού και τελωνείου φτιαγμένη το 1997 και επιφάνειας 290 m<sup>2</sup> και είναι υπό την ιδιοκτησία του Ελληνικού Δημοσίου και χρήσης του Υπουργείου Οικονομικών. Συνεχίζοντας βρίσκεται η παλαιότερη ιχθυόσκαλα που αποτελείται από ένα κτίσμα συνολικής επιφάνειας 438 m<sup>2</sup>, ιδιοκτησίας Ελληνικού Δημοσίου και εκμετάλλευσης διαδημοτικού λιμενικού ταμείου Χίου, και προορίζεται να γίνει αίθουσα επιβατών του Τελωνείου. Συνεχίζοντας στην νότια κατεύθυνση είναι το ιστορικό « Μνημείο Μπούρτζι », ένα φρούριο της κατασκευασμένο επί τουρκοκρατίας, που έχει έκταση 360 m<sup>2</sup> και επίσης ιδιοκτησίας Ελληνικού Δημοσίου και εκμετάλλευσης διαδημοτικού λιμενικού ταμείου Χίου. Δίπλα του βρίσκεται ένα κτήριο 148 m<sup>2</sup> που στεγάζει επιχειρήσεις υγειονομικού ενδιαφέροντος, ενώ είχε μείνει ανεκμετάλλευτο έως και την δεκαετία του 90'. Σύμφωνα με το ΦΕΚ 1147<sup>Α</sup> – 23/11/1987, έχει χαρακτηριστεί διατηρητέο συμπεριλαμβανομένου του περιβάλλοντος χώρου του και αποτελεί ιδιοκτησία του Ελληνικού Δημοσίου. Κοντά βρίσκεται και το μικρό πετρόκτιστο κτίσμα του παλιρροιογράφου, ιδιοκτησίας Ελληνικού Δημοσίου και χρήσης της Υδρογραφικής Υπηρεσίας.

Επιπλέον, ο λιμένας παρέχει τρεις χώρους στάθμευσης. Περιμετρικά του λιμεναρχείου είναι διαμορφωμένος ο χώρος προς την στάθμευση του κοινού και των ατόμων υπηρεσίας. Για το επιβατηγό κοινό, υπάρχει δυτικά του λιμεναρχείου μία έκταση 4.000 m<sup>2</sup> για προσωρινή στάθμευση επιβατικών και φορτηγών. Τέλος, στο νότιο τμήμα του λιμένα και εντός της περιοχής προσχώσεων της χερσαίας ζώνης, υπάρχει μη οργανωμένη στάθμευση με χωμάτινο δάπεδο.

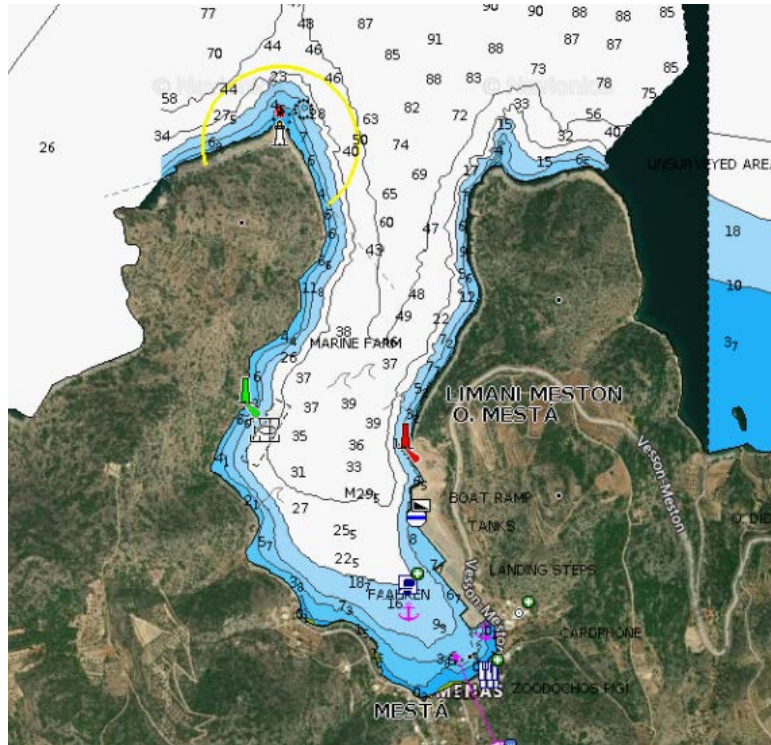
### 3.9 Συνοπτική ανάλυση λιμένα Μεστών

Ο λιμένας των μεστών Βρίσκεται στη νοτιοδυτική Χίο σε απόσταση 40 km από την πόλη, 4 km από το χωριό Μεστά και το πλησιέστερο αεροδρόμιο βρίσκεται στα 33 km. Εφαρμόζεται ο κώδικας ISPS και γίνεται η διαχείριση υγρών και στερεών απορριμμάτων. Τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα υπάρχει επαρκής προστασία από τους ανέμους. Αποτελεί την πιο σύγχρονη λιμενική εγκατάσταση της Χίου ενώ εξυπηρετεί επιβατηγά και φορτηγά πλοία. Στο μυχό του όρμου «Μεστά» εκτείνεται προς τα Β-ΒΔ προβλήτα εξυπηρέτησης μικρών αλιευτικών σκαφών συνολικού μήκους περί τα 50m και πλάτους 15m στην κεφαλή. Τα ανατολικά παράλια του μυχού του όρμου είναι κρηπιδωμένα ουσιαστικά σε πέντε τμήματα.

Το πρώτο τμήμα αποτελεί κρηπίδωμα συνολικού μήκους 40m με διεύθυνση προς τα Β-ΒΔ, με σκοπό την εξυπηρέτηση μικρών σκαφών. Βορειότερα στο άκρο του τμήματος υπάρχει κάθετος προβλήτας διαστάσεων 55 x 55

m περίπου προς εξυπηρέτηση μικρών σκαφών στη ΝΑ παρειά, και ημερόπλοιων στη ΝΔ παρειά. Στο πέρας του συνεχίζει το δεύτερο κρηπίδωμα, συνολικού μήκους 181,60 m, Β-ΒΔ διεύθυνσης ως προς τον κύριο άξονα του, με ωφέλιμου βάθος κατά μέτωπο 9,00 m προς εξυπηρέτηση φορτηγών σκαφών. Εν συνέχεια της λιμενικής υποδομής, υπάρχει τρίτο κρηπίδωμα το οποίο έχει συνολικό μήκος 191 m, με διεύθυνση προς Β-ΒΔ ως προς τον κύριο άξονα του και εξυπηρετεί επιβατηγά και οχηματαγωγά σκάφη. Ακολουθεί το τέταρτο κρηπίδωμα, συνεχίζει υπό αμβλεία γωνία 140 μοιρών περίπου. Συνολικά έχει μήκος 95 m και στο μέσο του διαθέτει ράμπα ανέλκυσης αλιευτικών σκαφών πλάτους 2,60 m. Τέλος, το πέμπτο κρηπίδωμα, έχει συνολικό μήκος 160 m, εκτείνεται προς Β-ΒΔ ως προς τον κύριο άξονά του. Εξυπηρετεί στρατιωτικούς σκοπούς, ενώ στο βόρειο άκρο του λειτουργεί φανός. Οι βασικές λιμενικές υποδομές του λιμένα φαίνονται στην εικόνα 3.19 και το μοντέλο Navionics για τον βυθομετρικό χάρτη του λιμένα στην εικόνα 3.20.

Σχήμα 3.18: Δορυφορική κάτοψη λιμένα Μεστών, [3.3]



Σχήμα 3.19: Βυθομετρικός χάρτης λιμένας Μεστών, [3.12]

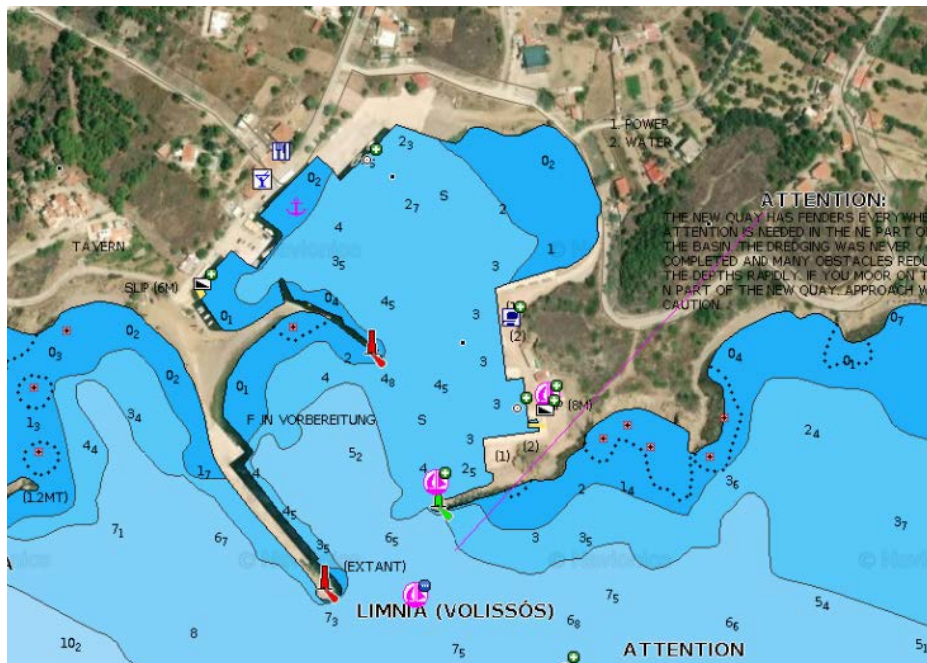
### 3.10 Συνοπτική ανάλυση λιμένας Λημνιών

Ο λιμένας των Λημνιών βρίσκεται στη δυτική ακτή της νήσου Χίου και προς Βορρά, 38 km από την πόλη και 42 km από το αεροδρόμιο του νησιού. Έχει επαρκής προστασία από Βόρειους ανέμους αλλά και Νότιους μέχρι μέτριας έντασης. Αναλύοντας την λιμενική εγκατάσταση, η είσοδος του λιμένα είναι στραμμένη προς τα ΝΑ με άνοιγμα περί τα 110 m και οριοθετείται ΝΑ από το άκρο του προσήνεμου μόλου ενώ στο Δ άκρο καμπύλης λιθορριπής μήκους περίπου 50 m. Ο προσήνεμος μόλος είναι διαμορφωμένος εξωτερικά από φυσικούς ογκολίθους και εσωτερικά από ευθύγραμμο κρηπίδωμα για τμήμα μήκους 108 m. Το Α όριο της ανωτέρω λιθορριπής απέχει 30 m περίπου από βραχώδη ακτή, στο δυτικό άκρο της οποίας λειτουργεί φανάς, ενώ στο στενό υπάρχουν διάσπαρτοι βράχοι. Το υφιστάμενο αλιευτικό καταφύγιο χωρίζεται είναι κρηπιδωμένο, διαθέτει γλίστρα στο ΝΔ άκρο του και προστατεύεται από κυματοθραύστη δύο τμημάτων. Το πρώτο τμήμα εκτείνεται Β-ΒΑ σε μήκος περί τα 35m και είναι εσωτερικά κρηπιδωμένο κατασκευασμένο από φυσικούς ογκολίθους ενώ το δεύτερο τμήμα εκτείνεται Ν-ΝΑ περί τα 75m, είναι κατασκευασμένο από κρηπίδωμα και φυσικούς ογκολίθους. Τα Β-ΒΔ παράλια της λιμενολεκάνης είναι διαμορφωμένα από διαδοχικά κρηπίδωματα συνολικού μήκους περί τα 250m, και τα Β-ΒΑ από εναλλαγές λιθορριπών. Τέλος, τον Ιούνιο του 2015 ολοκληρώθηκε η κατασκευή Μαρίνας σκαφών αναψυχής ή οποία εγκαινιάστηκε στις 22 Αυγούστου 2015. Έχει συνολικό μήκος παραλιακών κρηπιδωμάτων 229m και συνολική επιφάνεια χερσαίου χώρου 3.440 m. Η χωρητικότητα της μαρίνας ανέρχεται σε 55 θέσεις σκαφών αναψυχής μήκους

μέχρι 15m. Οι βασικές λιμενικές υποδομές του λιμένα φαίνονται στην εικόνα 3.21 και το μοντέλο Navionics για τον βυθομετρικό χάρτη του λιμένα στην εικόνα 3.22.



Σχήμα 3.20: Δορυφορική κάτοψη λιμένα Λημνίων, [3.3]



Σχήμα 3.21: Βυθομετρικός χάρτης λιμένα Λημνίων, [3.12]

### 3.11 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιήθηκε μία χαρτογραφική μελέτη του νησιού της Χίου, παρουσιάζοντας μια ανάλυση πολλών στοιχείων που συνδέονται άμεσα και έμμεσα με την ανάπτυξη και την υποστήριξη ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Έγινε πλήρης κατανόηση της υφιστάμενης κατάστασης των υποδομών του νησιού και των συνθηκών που καθορίζουν την επιλογή μία θαλάσσιας περιοχής στην οποία ενδέχεται να εγκατασταθεί ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Επίσης, γνωρίζοντας τους λιμένες και διερευνώντας τους, γίνονται σαφής τα πλεονεκτήματα και οι αδυναμίες τους στον τομέα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, μπορεί να γίνουν περαιτέρω αναλύσεις και να δοθούν λύσεις στα ζητήματα και τις ανάγκες που μπορεί να προκύψουν. Επιπλέον, στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλυθούν τα κριτήρια που οδηγούν στην επιλογή μίας θαλάσσιας περιοχής κοντά στο νησί της Χίου, εφαρμόζοντας και κατανοώντας την χαρτογραφική μελέτη που διεκπεραιώθηκε.

### 3.12 Βιβλιογραφία

[3.1] Διαδημοτικό Λιμενικό ταμείου Χίου, ΓΕΝΙΚΟ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (MASTER PLAN) ΛΙΜΕΝΩΝ ΧΙΟΥ, ΜΕΣΤΩΝ, ΛΗΜΝΙΩΝ, ΨΑΡΩΝ ΚΑΙ ΟΙΝΟΥΣΣΩΝ, 2016.

[3.2] ΕΔΕΥΕΠ, «ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ», Εθνικό πρόγραμμα, ΕΔΕΥΕΠ ΑΕ, 8/09/2023.

[3.3] Google Earth.

[3.4] Καμνηιώτη Μαρία, «Οφέλη για την προστασία του περιβάλλοντος από την εφαρμογή του Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού – Η περιοχή της Χίου», ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ, Κοτρίκλα Άννα Μαρία, Χίος, Οκτώβριος, 2018.

[3.5] Ε.Α.Γ.Μ.Ε., ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Κλίμακα: 1:500.000.

[3.6] Ο.Φ.Υ.ΠΕ.Κ.Α, Μ.Δ. Προστατευόμενων Περιοχών Βόρειο-Ανατολικού Αιγαίου.

[3.7] Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, «Δράσεις Αλιείας», <https://www.pvaigaiou.gov.gr>

[3.8] Global wind Atlas, <https://globalwindatlas.info/en>

[3.9] Meteoblue, Προσομοίωση ιστορικών δεδομένων κλίματος και καιρού για Χίος.

[3.10] Αλήθεια, «Δημοπρατείται η εκβάθυνση του λιμανιού», ΑΛΗΘΕΙΑ TV, Άρθρο, Χίος, 17/10/2023.

[3.11] Capital.gr, «Έλαβε άδεια ίδρυσης το υδατοδρόμιο Χίου», Capital.gr, Άρθρο, 22/3/2024.

[3.12] Navionics, <https://webapp.navionics.com/#boating@14&key=ogxiFy%7Cd%7DC>



## Κεφάλαιο 4

### 4. Ανάλυση κριτηρίων για την ανάπτυξη και την υποστήριξη υπεράκτιου αιολικού πάρκου: Η Περίπτωση της Χίου

#### Περιεχόμενα Κεφαλαίου

---

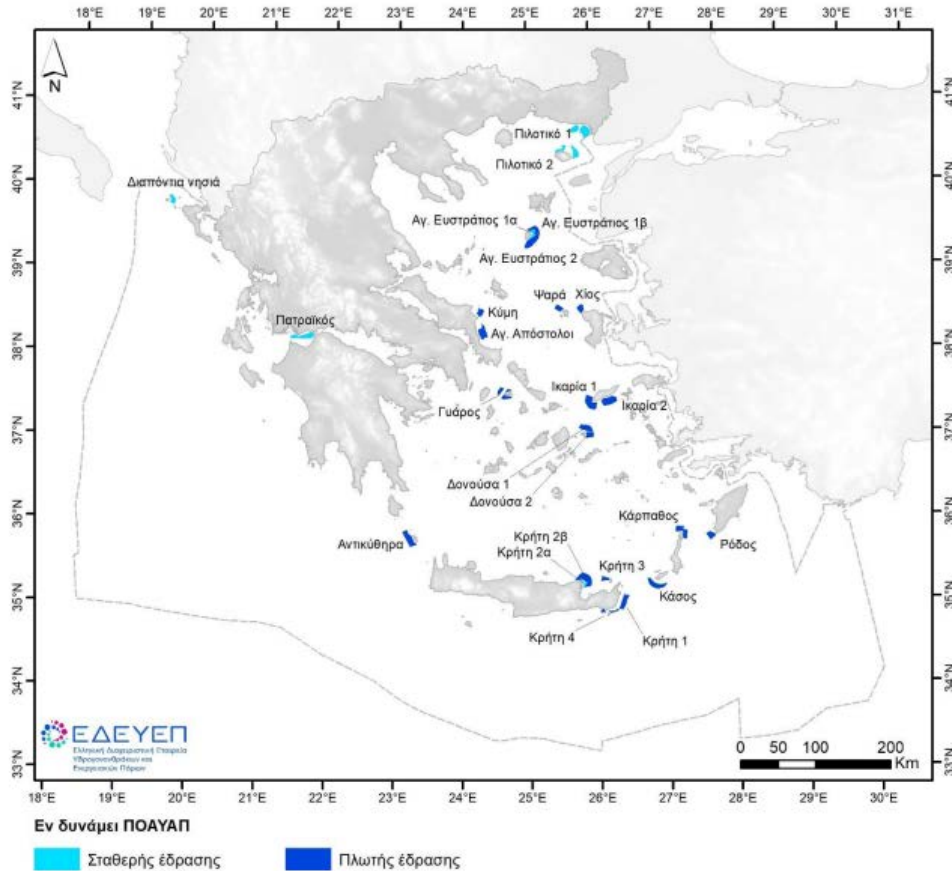
4.1 Εισαγωγή.....	90
4.2 Επιλογή Περιοχής Οργανωμένης Ανάπτυξης Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων (ΠΟΑΥΑΠ).....	90
4.3 Κριτήρια και κανόνες που συμβάλουν στην επιλογή, την αξιολόγηση και τον αποκλεισμό των ΠΟΑΥΑΠ .....	91
4.3.1 Κανόνες ΕΧΠ-ΑΠΕ και προτάσεις ΔΧΣ για τον καθορισμό εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ .....	92
4.3.2 Κριτήρια αρμόδιων φορέων .....	93
4.3.3 Τεχνοοικονομικά κριτήρια.....	93
4.3.4 Κριτήρια προτεραιότητας ανάπτυξης των εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ .....	94
4.4 Περίπτωση της νήσου της Χίου.....	94
4.5 Περίπτωση υποστήριξης ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου από τον κεντρικό λιμένα της Χίου	95
4.5.1 Ανάλυση SWOT.....	95
4.5.2 Ανάπτυξη λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης στον κεντρικό λιμένα της Χίου .....	96
4.5.3 Παράγοντες που καθιστούν τον κεντρικό λιμένα της Χίου ακατάλληλο για την ανάπτυξη των λιμενικών εγκαταστάσεων κατασκευής και συναρμολόγησης των ανεμογεννητριών και της θεμελίωσης τους .....	98
4.5.4 Εξέταση καταλληλότητας του κεντρικού λιμένα Χίου για την ανάπτυξη εφοδιαστικής αλυσίδας υπεράκτιων αιολικών πάρκων σύμφωνα με την ΕΛΕΤΑΕΝ.....	98
4.5.6 Συστάσεις για την αντιμετώπιση των ζητημάτων του κεντρικού λιμένα της Χίου κατά την ανάπτυξη της λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης.....	100
4.5.7 Συμπεράσματα της μελέτης περίπτωσης.....	103
4.6 Σύνοψη.....	103
4.7 Βιβλιογραφία.....	103

## 4.1 Εισαγωγή

Έπειτα από την χαρτογραφική μελέτη της Χίου, διαπιστώθηκε η ικανότητα του νησιού να ανταποκριθεί στις ανάγκες που απαιτούνται για την υποστήριξη και εγκατάσταση ενός υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η θαλάσσια περιοχή που επιλέγεται για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου καθώς και τα κριτήρια που την ανέδειξαν. Έπειτα, διεκπεραιώνεται μία μελέτη περίπτωσης κατά την οποία αναλύεται το ενδεχόμενο υποστήριξης του υπεράκτιου αιολικού πάρκου από τον κεντρικό λιμένα της Χίου. Συγκεκριμένα, γίνεται μία ανάλυση SWOT και αξιολογούνται οι υποδομές και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του λιμένα σε σχέση με τις προϋποθέσεις ανάπτυξης των λιμενικών εγκαταστάσεων υποστήριξης του κεφαλαίου 2. Ως αποτέλεσμα, επαληθεύεται η ικανότητα του λιμένα και επιλέγεται ποια λιμενική εγκατάσταση συμβαδίζει με τις υποδομές και τα προτερήματά του. Ακολουθούν οι προτάσεις και τα συμπεράσματα της μελέτης περίπτωσης.

## 4.2 Επιλογή Περιοχής Οργανωμένης Ανάπτυξης Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων (ΠΟΑΥΑΠ)

Σύμφωνα με το Σχέδιο Εθνικού Προγράμματος Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων (ΣΕΠΥΑΠ), της Ελληνικής Διαχειριστικής Εταιρείας Υδρογονανθράκων και Ενεργειακών Πόρων (ΕΔΕΥΕΠ), [3.2] προτείνονται 23 ΠΟΑΥΑΠ κυρίως στο Αιγαίο, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1. Επίσης, στην εικόνα φαίνεται ο τύπος των ανεμογεννητριών που προορίζονται προς εγκατάσταση σε κάθε περιοχή. Η συνολική έκταση των προτεινόμενων περιοχών είναι 2.359 km<sup>2</sup> και εκτιμάται πως η συνολική εγκατεστημένη ισχύς θα φτάσει τα 11,8 GW.



Σχήμα 4.1: Οι εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ στον Ελλαδικό χώρο, [3.2]

### 4.3 Κριτήρια και κανόνες που συμβάλουν στην επιλογή, την αξιολόγηση και τον αποκλεισμό των ΠΟΑΥΑΠ

Για τον καθορισμό των ΠΟΑΥΑΠ στα εγχώρια ύδατα ακολουθείται η παράγραφος 1, του άρθρου 67 του νόμου 4964/2022 ο οποίος αναλύθηκε στο κεφάλαιο 1. Επιπροσθέτως, λαμβάνοντας υπόψη την ασφαλή λειτουργία και τη βιώσιμη ανάπτυξη των υποψήφιων υπεράκτιων αιολικών πάρκων, την εθνική ασφάλεια, τα τεχνοοικονομικά κριτήρια και τις διαβουλεύσεις με τους αρμόδιους φορείς, όπως η Διεύθυνση Χωροταξικού Σχεδιασμού (ΔΧΣ) και τα αρμόδια υπουργεία όπως το Υπουργείο Εξωτερικών (ΥΠΕΞ) και Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής (ΥΝΑΝΠ), αναπτύχθηκαν οι κανόνες και οι παράμετροι για την επιλογή, αξιολόγηση και αποκλεισμό των εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ. Τα κριτήρια που αναπτύχθηκαν εξετάζουν τον αποκλεισμό των υποψήφιων περιοχών, ακολουθώντας τους κανόνες του Ειδικού Χωροταξικού Πλαισίου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΕΧΠ-ΑΠΕ), τις απαιτήσεις των αρμόδιων φορέων και τις τεχνοοικονομικές συνθήκες που επικρατούν. Επιπλέον, εξετάζουν τις απαιτήσεις για την τήρηση της ελάχιστης απόστασης (1.852 m) από τη γραμμή βάσης των ΠΟΑΥΑΠ έως τα όρια των ελληνικών χωρικών υδάτων, την προτεραιότητα ανάπτυξης των εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ, την αξιολόγηση περιοχών σε επόμενα

στάδια τεχνικών μελετών για την τελική οριοθέτηση των περιοχών και την διεξαγωγή ενεργειών από ενδιαφερόμενους επενδυτές για την ανάπτυξη του υπεράκτιου αιολικού πάρκου, [3.2].

#### **4.3.1 Κανόνες ΕΧΠ-ΑΠΕ και προτάσεις ΔΧΣ για τον καθορισμό εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ**

Αρχικά, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε περιοχές που χαρακτηρίζονται ως απολύτου προστασίας της Φύσης και σε περιοχές προστασίας της φύσης, του άρθρου 19 παράγραφοι 1 και 2 του νόμου 1650/86 (Α'160). Επιπλέον, πρέπει να προστατευτούν περιοχές που αποτελούν Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, περιοχές γεωπάρκων, κηρυγμένα μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στις περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης των παραγράφων 1 και 2 του άρθρου 19 του νόμου 1650/1986. Ομοίως, πρέπει να προστατευτούν υγράτοποι RAMSAR και περιοχές που ανήκουν στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου Natura 2000 και οι υπόλοιπες ζώνες ειδικής προστασίας, σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ. Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, υπάρχουν ακτές κολύμβησης που πρέπει να προστατευτούν καθώς περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης, [3.2].

Σημαντική είναι και η προστασία όλων των πολιτιστικών μνημείων, ιδίως των εγγεγραμμένων στον κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς, αρχαιολογικοί χώροι και ιστορικοί τόποι.

Ακόμη, απαραίτητη συγκαταλέγεται η προστασία όλων των πόλεων και οικισμών, παραδοσιακών οικισμών, Ιερών Μονών και μεμονωμένων κατοικιών. Για την επίτευξη αυτού, η εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ οφείλει να βρίσκεται σε απόσταση 500 m, κάτι που διασφαλίζεται καθώς το κύριο κριτήριο ελάχιστης απόστασης της βάσης της από την ακτογραμμή είναι τα 1.852 m όπως προαναφέρθηκε. Ωστόσο, οφείλει να σημειωθεί πως για το ενδεχόμενο ενόχλησης από τον θόρυβο κατά την λειτουργία του υπεράκτιου αιολικού πάρκου ο επενδυτής πρέπει να περιορίσει το επίπεδο του θορύβου στα 45 dB. Επίσης, η εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 354 m από επίγειες γραμμές υψηλής τάσης, Υποδομές τηλεπικοινωνιών, κύρια οδικά δίκτυα, σιδηροδρομικές γραμμές, οδικά δίκτυα αρμοδιότητας των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης, που ομοίως υπερκαλύπτεται από το κύριο κριτήριο ελάχιστης απόστασης της βάσης της από την ακτογραμμή.

Ακόμη, πρέπει να προστατευτούν οι εγκαταστάσεις παραγωγικών δραστηριοτήτων. Έτσι, οι ανεμογεννήτριες που θα τοποθετηθούν στην υποψήφια ΠΟΑΥΑΠ πρέπει να έχουν απόσταση 500 m από τις υδατοκαλλιέργειες που βρίσκονται σε λειτουργία ενώ τα όρια της περιοχής πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση 354 m από τις υπάρχουσες μονάδες ιχθυοκαλλιέργειών. Αντιστοίχως, οι ΠΟΑΥΑΠ πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση 150 m από λατομικές ζώνες, σύμφωνα με το Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (Υ.Α 2223/11 – ΦΕΚ1227/Β'14.06.2011), 500 m από μεταλλευτικές και εξορυκτικές ζώνες που βρίσκονται σε λειτουργία και 1.000 m από περιοχές ολοκληρωμένης τουριστικής ανάπτυξης και βιομηχανίες SEVEZO. Όπως έχει προαναφερθεί, οι αποστάσεις αυτές υπερκαλύπτονται, ωστόσο στην περίπτωση εξέτασης αποστάσεων από εγκαταστάσεις εξόρυξης και επεξεργασίας πετρελαίου και φυσικού αερίου καθώς και από οικόπεδα υδρογονανθράκων διεξάγεται μία ξεχωριστή μελέτη για κάθε έργο, [3.2].

Ζωτικής σημασίας για τον καθορισμό μίας ΠΟΑΥΑΠ είναι η διασφάλιση λειτουργικότητας του ενδεχόμενου υπερράκτιου αιολικού πάρκου. Για την πραγματοποίηση αυτού, λαμβάνονται υπόψη αποστάσεις που καθιστούν λειτουργικό το αιολικό πάρκο. Αρχικά, αναγράφεται ότι το αιολικό πάρκο οφείλει να έχει μία μέγιστη απόσταση από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας Υψηλής Τάσης. Το έργο διασύνδεσης βάση νόμου είναι υπό την ευθύνη του Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ), επομένως η εν λόγω απόσταση είναι ξεχωριστή για κάθε έργο και κρίνεται ανά περίπτωση. Επίσης, ο ΑΔΜΗΕ είναι αρμόδιος για την διασύνδεση του υποσταθμού ζεύξης της ΠΟΑΥΑΠ με το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ), [3.1].

Σημαντική για την σωστή λειτουργία του αιολικού πάρκου είναι η απόσταση μεταξύ των εγκατεστημένων ανεμογεννητριών. Το ΣΕΠΥΑΠ λαμβάνει υπόψη τις απαιτήσεις ελάχιστης απόστασης των 590 m, [3.2] ωστόσο οι αποστάσεις μεταξύ των ανεμογεννητριών μελετώνται αναλυτικά στο στάδιο σχεδιασμού και ανάπτυξης του αιολικού πάρκου. Στο ίδιο στάδιο λαμβάνεται υπόψη το βάθος θεμελίωσης της βάσης των ανεμογεννητριών, η οπτική όχληση και οι συνθήκες της θαλάσσιας περιοχής όπως η σεισμικότητα, τα γεωλογικά και τα γεωτεχνικά δεδομένα.

Επιπρόσθετοι κανόνες και κριτήρια για την εξέταση της καταλληλότητας μίας παράκτιας περιοχής για την ανάπτυξη ενός υπερράκτιου αιολικού πάρκου είναι να υπάρχει απόσταση 500 m από θεσμοθετημένα θαλάσσια και υποθαλάσσια πάρκα καθώς και καταδυτικά πάρκα. Ίδια απόσταση πρέπει να τηρείται και από βεβαιωμένες γραμμές επιβατικής και εμπορικής ναυσιπλοΐας.

#### **4.3.2 Κριτήρια αρμόδιων φορέων**

Οι αρμόδιοι φορείς έθεσαν κριτήρια με σκοπό να αποκλείσουν κάποιες ακατάλληλες περιοχές. Ωστόσο, σε τέτοιες περιοχές λαμβάνουν χώρα στρατιωτικές ασκήσεις ή θεωρούνται απαγορευμένες λόγω εθνικής ασφάλειας. Επιπλέον, η ΠΟΑΥΑΠ πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση τουλάχιστον 300 m από οποιοδήποτε ναυάγιο εκτός αν ορίζεται διαφορετικά από κάποια σχετική κήρυξη. Τέλος, σύμφωνα με τους φορείς, θα πρέπει να υπάρχει απόσταση 500 m εκατέρωθεν κάθε υποθαλάσσιου αγωγού ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου και των δικτύων τηλεπικοινωνιών, [3.2].

#### **4.3.3 Τεχνοοικονομικά κριτήρια**

Σύμφωνα με το πρόγραμμα ΣΕΠΥΑΠ, αποκλείονται θαλάσσιες περιοχές βάθους μεγαλύτερου των 1.000 m καθώς η τεχνολογία των πλωτών υπερράκτιων ανεμογεννητριών βρίσκεται σε αναπτυσσόμενο στάδιο και δεν δίνονται βιώσιμες λύσεις για μεγαλύτερα βάθη. Παράλληλα, για να είναι βιώσιμο το έργο, δίνεται σαν κριτήριο η ταχύτητα του ανέμου στην υποψήφια ΠΟΑΥΑΠ να είναι 6,5 m/s και άνω στην περίπτωση εγκατάστασης υπερράκτιων ανεμογεννητριών πακτωμένων στον πυθμένα της θάλασσας και 8 m/s και άνω στην περίπτωση εγκατάστασης πλωτών υπερράκτιων ανεμογεννητριών, [3.2].

#### 4.3.4 Κριτήρια προτεραιότητας ανάπτυξης των εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ

Καθώς οι εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ είναι αρκετές, έχουν καταγραφεί τέσσερα κριτήρια που δίνουν προτεραιότητα σε όποια πληροί τα περισσότερα όπως αναφέρεται στη συνέχεια. Αρχικό κριτήριο είναι το βάθος. Όσο μικρότερο είναι το βάθος του πυθμένα σε μία περιοχή, ανεξαρτήτως του τύπου θεμελίωσης των ανεμογεννητριών, τόσο πιο οικονομικό θα είναι το έργο λόγω του μικρότερου κόστους εγκατάστασης και απεγκατάστασης του έργου. Επόμενο κριτήριο είναι η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου. Η μεγάλη ταχύτητα του ανέμου σε συνδυασμό με τη κατάλληλη διάταξη των ανεμογεννητριών βελτιστοποιεί την απόδοση του αιολικού πάρκου. Τρίτο κριτήριο είναι η διαθεσιμότητα διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο και τελευταίο είναι η εκτίμηση της ισχύος των ανεμογεννητριών σε συνάρτηση της μεταξύ τους απόστασης, [3.2].

#### 4.4 Περίπτωση της νήσου της Χίου

Η ΠΟΑΥΑΠ της νήσου της Χίου βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού (βλέπε εικόνα 4.2). Κατά μέσο όρο, το βάθος του πυθμένα στην περιοχή είναι 237,3 m και η ταχύτητα του ανέμου που έχει καταγραφεί είναι 8,4 m/s επίσης κατά μέσο όρο. Η έκταση της είναι 66 km<sup>2</sup> και προτείνεται η εγκατάσταση πλωτών ανεμογεννητριών συνολικής εκτιμώμενης ισχύος 330 MW. Ενδεικτικά, το σημείο σύνδεσης του υπεράκτιου αιολικού πάρκου με το ΕΣΜΗΕ βρίσκεται στην Λέσβο σε απόσταση 50 km, [3.2].



Σχήμα 4.2: Τοποθεσία ΠΟΑΥΑΠ βορειοδυτικά του νησιού της Χίου, [3.2]

Υπάρχουν 4 κριτήρια που καθορίζουν την προτεραιότητα της ανάπτυξης των προτεινόμενων υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Αυτά είναι το βάθος του πυθμένα που πρέπει να είναι έως 350 m, η ταχύτητα του ανέμου που πρέπει να

ξεπερνάει τα 9 m/s, το υπερράκτιο αιολικό πάρκο πρέπει να βρίσκεται εντός ακτίνας 50 km από τα σημεία διασύνδεσης και τέλος να έχει έκταση τουλάχιστον 60 km<sup>2</sup> και ισχύ μεγαλύτερη από 300 MW. Η ΠΟΑΥΑΠ της νήσου Χίου πληρεί 3 από τα 4 κριτήρια, επομένως κατατάσσεται στις περιοχές με μεσοπρόθεσμο χρονικό ορίζονται ανάπτυξης ( μέχρι το 2030 - 2032 ), [3.2].

#### **4.5 Περίπτωση υποστήριξης ενός υπερράκτιου αιολικού πάρκου από τον κεντρικό λιμένα της Χίου**

Έπειτα από την ανάλυση του λιμένα της Χίου στο κεφάλαιο 3, έχουν συλλεχθεί σημαντικές πληροφορίες για την εξέταση της περίπτωσης υποστήριξης ενός υπερράκτιου αιολικού πάρκου στην εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ που βρίσκεται βορειοδυτικά του νησιού της Χίου. Όπως διαπιστώνεται ο λιμένας έχει μεγάλη θαλάσσια έκταση, βάθη έως 11 m και πολλούς ντόκους και κρηπιδώματα για την δραστηριοποίηση των σκαφών που χρειάζονται για τις εργασίες της λιμενικής εγκατάστασης. Ακόμη, ο κεντρικός λιμένας διαθέτει μοναδικό πλεονέκτημα την μικρή απόσταση που βρίσκονται τα μηχανουργεία και τα σιδηρουργεία, συγκριτικά με τους υπόλοιπους λιμένες.

Ωστόσο, εξετάζοντας τις υποδομές του λιμένα στην εικόνα 3.18 (βλ. κεφ. 3) παρατηρείται πως δεν υπάρχει αρκετή χερσαία έκταση για εργασίες όπως κατασκευή των εξαρτημάτων και των βάσεων των ανεμογεννητριών ή για την ολική συναρμολόγηση αυτών.

Το πρόβλημα έλλειψης χερσαίας έκτασης παρατηρείται στους περισσότερους λιμένες που εξετάζονται για έργα υποστήριξης υπερράκτιων αιολικών πάρκων. Στην περίπτωση του κεντρικού λιμένα της Χίου πρέπει να εξεταστούν οι παράγοντες που αποτρέπουν την ανάπτυξη των λιμενικών εγκαταστάσεων κατασκευής και συναρμολόγησης των ανεμογεννητριών και της θεμελίωσης τους.

##### **4.5.1 Ανάλυση SWOT**

Η ανάλυση SWOT γίνεται με σκοπό να συλλεχθούν στοιχεία σχετικά με τα πλεονεκτήματα, τις αδυναμίες, τις ευκαιρίες και τις απειλές του κεντρικού λιμένα της Χίου σχετικά με το έργο υποστήριξης ενός υπερράκτιου αιολικού πάρκου. Αποτέλεσμα της ανάλυσης είναι η ευρύτερη κατανόηση της υφιστάμενης κατάστασης του λιμένα. Ακολουθεί ο πίνακας 4.1 ο οποίος παρουσιάζει συνοπτικά τα στοιχεία της ανάλυσης.

Πίνακας 4.1: Ανάλυση SWOT, [3.1]

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ	ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ	ΑΠΕΙΛΕΣ
Μεγάλη θαλάσσια έκταση	Συμφόρηση οδικού δικτύου	Θέσεις εργασίας	Ενδεχόμενο πρόβλημα ακτοπλοϊκής συμφόρησης
Υπάρχουν διαθέσιμοι ντόκοι και κρηπιδώματα	Εμπορικές και τουριστικές δραστηριότητες στον λιμένα	Σχέδια επεκτατικού πλάνου	Ηχορύπανση
Μεγάλο πλάτος κατά την είσοδο του λιμένα	Έλλειψη μεγάλης χερσαίας έκτασης	Έργο εκβάθυνσης	Οικολογική ρύπανση
Υπάρχει άμεση διασύνδεση με το οδικό δίκτυο	Δεν υπάρχει μηχανολογικός εξοπλισμός	Αξιοποίηση όλων των υποδομών του λιμένα (μεγιστοποίηση κέρδους)	Υποβάθμιση της τουριστικής δραστηριότητας
Υπάρχει πλήρης τροφοδοσία νερού και ηλεκτρισμού	Δεν υπάρχει έγκυρη γεωτεχνική μελέτη	Βρίσκεται κοντά στην εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ	
Υπάρχουν κοντινές λιμενικές υποδομές που μπορούν να ενισχύσουν το έργο	Ενδεχομένη ανάγκη ενίσχυσης του χερσαίου τμήματος του λιμένα	Ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών και πρακτικών στον λιμένα, που μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω ανάπτυξη και καινοτομία.	

Τα στοιχεία της ανάλυσης SWOT συνδυάζονται με τις προϋποθέσεις της λειτουργικότητας των λιμενικών εγκαταστάσεων υποστήριξης υπεράκτιων αιολικών πάρκων (βλέπε κεφάλαιο 2) και σχηματίζεται μία ολοκληρωμένη εικόνα για τις δυνατότητες του λιμένα και ποια λιμενική εγκατάσταση είναι πιθανότερο να αναπτυχθεί.

#### 4.5.2 Ανάπτυξη λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης στον κεντρικό λιμένα της Χίου

Στο κεφάλαιο 2 αναφέρθηκαν οι προϋποθέσεις που καθορίζουν την καταλληλότητα των λιμένων για την υποστήριξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων στον τομέα της λειτουργίας και της συντήρησης. Καθώς η λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης δεν είναι τόσο απαιτητική σε υποδομές όσο οι υπόλοιπες λόγω των εργασιών που γίνονται, την καθιστά συμβατή για τον κεντρικό λιμένα της Χίου. Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι προϋποθέσεις που καθιστούν λειτουργική μία λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης και εκείνες που πληρούνται από τον λιμένα. Οι προϋποθέσεις έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 2 και όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του λιμένα έχουν αναλυθεί στο κεφάλαιο 3.



Πίνακας 4.2: Προϋποθέσεις λειτουργικότητας λιμενικής εγκατάστασης : Αξιολόγηση του κεντρικού λιμένα της Χίου, [2.10], [2.11], [2.12], [2.15], [3.1]

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ	ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΛΙΜΕΝΑΣ ΧΙΟΥ
Α	ΕΚΤΑΣΗ	20.234 - 40.468 m <sup>2</sup>	✓
	ΜΗΚΟΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ	91,44 m	✓
	ΒΑΘΟΣ ΝΤΟΚΟΥ	6 - 9 m	✓
	ΒΑΘΟΣ ΛΙΜΕΝΟΛΚΑΝΗΣ	N/A	-
	ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΒΑΘΡΑΣ	4,7 - 23, 9 kPa	N/A
	ΑΝΤΟΧΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	N/A	-
Γ	ΒΑΘΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ	ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 3 - 4 m / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 5 - 8 m	✓
	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ	ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 50 - 100 km / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 100 - 200 km	✓
	ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ	ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 12 - 20 m / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 18 - 25 m	✓
	ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ	-	-
	ΕΚΤΑΣΗ	ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 7.500 - 30.000 m <sup>2</sup> / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 40.000 - 120.000 m <sup>2</sup>	✓
	ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΚΤΑΣΗ	ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ CTV : 40 m Διάμετρος περιστροφής, 10.000 - 20.000 m <sup>2</sup> Αποθηκευτικού χώρου / ΓΙΑ ΣΚΑΦΗ SOV : 120 m Διάμετρος περιστροφής, 10.000 - 20.000 m <sup>2</sup> Αποθηκευτικού χώρου	✓

Αρχικά, παρατηρείται πως ο κεντρικός λιμένας της Χίου πληροί σχεδόν όλες τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη μίας λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης. Καθώς η συνολική έκταση του λιμένα της Χίου είναι περίπου 300.000 m<sup>2</sup> εκ των οποίων τα 230.000 m<sup>2</sup> αποτελούν την λιμενολεκάνη του, δεν υπάρχει πρόβλημα υδάτινης έκτασης. Υπάρχει δηλαδή, αρκετή θαλάσσια έκταση για την κίνηση των σκαφών, την μετακίνηση και την περιστασιακή αποθήκευση των ανεμογεννητριών. Επιπλέον, καθώς τα κύρια σκάφη που χρησιμοποιούνται για τις εργασίες της λιμενικής εγκατάστασης είναι τύπου STV ή SOV, (βλέπε κεφάλαιο 2) δεν πρόκειται να διατρέχουν προβλήματα διέλευσης, καθώς η είσοδος του λιμένα έχει πλάτος περίπου 150 m. Επίσης, τα σκάφη μπορούν να

χρησιμοποιήσουν τα κρηπίδωματα του λιμένα, διότι υπερκαλύπτουν τις ανάγκες του βάθους και του μήκους που απαιτούνται.

Το μείζον ζήτημα που διατρέχει η ανάλυση του λιμένα για την ανάπτυξη οποιασδήποτε λιμενικής εγκατάστασης υποστήριξης είναι η έλλειψη στοιχείων για την αντοχή του εδάφους στο χερσαίο τμήμα του λιμένα. Οι πληροφορίες που παρέχονται είναι η μορφολογία του εδάφους και η δυνατότητα ζύγισης νταλικών έως και 60t. Ο λιμένας κατασκευάστηκε πριν πολλά χρόνια με την διαδικασία της επιχωμάτωσης και την χρήση πέτρας. Δεν υπάρχει κάποιο επίσημο έγγραφο γεωτεχνικής μελέτης, επομένως ότι εκτίμηση γίνει για την ανοχή του εδάφους είναι εμπειρική.

#### **4.5.3 Παράγοντες που καθιστούν τον κεντρικό λιμένα της Χίου ακατάλληλο για την ανάπτυξη των λιμενικών εγκαταστάσεων κατασκευής και συναρμολόγησης των ανεμογεννητριών και της θεμελίωσης τους**

Όπως αναλύθηκε και στο κεφάλαιο 2, στις λιμενικές εγκαταστάσεις κατασκευής και συναρμολόγησης των ανεμογεννητριών και της θεμελίωσης τους γίνονται μηχανολογικές εργασίες που χρειάζονται βαρύ εξοπλισμό και πολύ χώρο. Ο κεντρικός λιμένας της Χίου δεν διαθέτει μεγάλη χερσαία έκταση, επομένως δεν έχει την δυνατότητα να διαμορφώσει μία μονάδα κατασκευής ή συναρμολόγησης, η οποία απαιτεί μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους για τα εξαρτήματα, τα κτήρια του προσωπικού και την στέγαση του εξοπλισμού που καταλαμβάνουν πολύ χώρο. Επίσης, για την ορθή λειτουργία αυτών των λιμενικών εγκαταστάσεων, είναι αναγκαία μία χερσαία έκταση στην οποία αποθηκεύονται οι συναρμολογημένες ανεμογεννήτριες και θεμελιώσεις.

Ένας ακόμη παράγοντας που αποτρέπει την ανάπτυξη των εν λόγω λιμενικών εγκαταστάσεων είναι ότι ο κεντρικός λιμένας της Χίου είναι εξαιρετικά ενεργός ιδίως τους θερινούς μήνες. Ως εκ τούτου, δεν είναι εφικτή η χρήση του λιμένα από πολλά διαφορετικά σκάφη αλλά ούτε από μεγάλα σκάφη όπως το jack up vessel και το Roll-on-Roll-off vessel (βλέπε κεφάλαιο 2). Η κατάσταση επιδεινώνεται διότι οι εργασίες απαιτούν τα σκάφη στον λιμένα και ο χερσαίος εξοπλισμός όπως οι γερανοί πρέπει να λειτουργούν ταυτόχρονα με αποτέλεσμα ο λιμένας να επιβαρύνεται πολύ.

Σημαντικός και καθοριστικός παράγοντας είναι η τοποθεσία του λιμένα. Ο κεντρικός λιμένας της Χίου είναι μέρος του αστικού δικτύου του νησιού. Οι εργασίες που λαμβάνουν χώρα σε τέτοιες εγκαταστάσεις είναι θορυβώδεις, εκπέμπουν ρύπους και προκαλούν οικολογική επιβάρυνση. Έτσι γίνεται αντιληπτό, ότι δεν είναι εφικτό να γίνουν τέτοιες εργασίες στον λιμένα. Τέλος, ο λιμένας αποτελεί τον κύριο εμπορικό και τουριστικό πυλώνα του νησιού. Παράλληλα, στον δρόμο της προκυμαίας υπάρχει κρηπίδωμα μήκους 1200 m, ωστόσο δεν μπορούν να γίνουν εκεί εργασίες καθώς σε αυτόν τον δρόμο φιλοξενούνται πάρα πολλά καταστήματα σίτισης και τουριστικού ενδιαφέροντος.

#### **4.5.4 Εξέταση καταλληλότητας του κεντρικού λιμένα Χίου για την ανάπτυξη εφοδιαστικής αλυσίδας υπεράκτιων αιολικών πάρκων σύμφωνα με την ΕΛΕΤΑΕΝ.**

Η ΕΛΕΤΑΕΝ, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 2, εξετάζει κάποιες γενικές πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά ενός υποψήφιου λιμένα υποστήριξης με σκοπό τον έλεγχο της καταλληλότητας του για την ανάπτυξη της εφοδιαστικής αλυσίδας το έργου. Γνωρίζοντας αυτές τις πληροφορίες μπορούν να εκτιμηθούν οι ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν για την εξασφάλιση της λειτουργικότητας του λιμένα και του αιολικού πάρκου. Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται με την ορθή ανάπτυξη της εφοδιαστικής αλυσίδας, έχοντας γνώμονα την μεγιστοποίηση του κέρδους και την βελτιστοποίηση των εργασιών. Στην περίπτωση που το κόστος θεωρηθεί μη βιώσιμο, επανεξετάζεται το έργο ή απορρίπτεται. Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται οι πληροφορίες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κεντρικού λιμένα της Χίου και στον πίνακα 4.4 παρουσιάζεται η αξιολόγηση του λιμένα στις προϋποθέσεις που τον καθιστούν κατάλληλο για την ανάπτυξη της εφοδιαστικής αλυσίδας του ενδεχόμενου αιολικού πάρκου.

Πίνακας 4.3: Γενικές πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά του κεντρικού λιμένα Χίου, [2.21], [3.1]

Γενικές πληροφορίες		Τεχνικά χαρακτηριστικά							
Αριθμός εργαζομένων	Βασική δραστηριότητα	Διαθέσιμη έκταση	Ανοχή δαπέδου	Βάθος	Μόλαιοι	Προβλήτες	Εξοπλισμός	Επεκτατικά πλάνα	Δίκτυο μεταφοράς / συγκοινωνίας
19	Ακτοπλοΐα, Υπηρεσίες Λάντζας	~ 300.000 m <sup>2</sup> εκ των οποίων ~ 230.000 m <sup>2</sup> λιμενολεκάνη	N/A	9 m - 10 m	8	2	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ, Οδικό δίκτυο.

Πίνακας 4.4: Προϋποθέσεις καταλληλότητας λιμενικής εγκατάστασης για την ανάπτυξη εφοδιαστικής αλυσίδας : Αξιολόγηση του κεντρικού λιμένα της Χίου, [2.21], [3.1]

ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΛΙΜΕΝΑΣ ΧΙΟΥ
ΕΚΤΑΣΗ	3.570 m <sup>2</sup> / Ανεμογεννήτρια 15 MW	x
ΑΝΤΟΧΗ ΔΑΠΕΔΟΥ	33 kPa Για τα εξαρτήματα των ανεμογεννητριών	N/A
ΒΥΘΙΣΜΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	20 m	-
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΒΑΘΟΣ ΛΙΜΕΝΑ	12 m	x

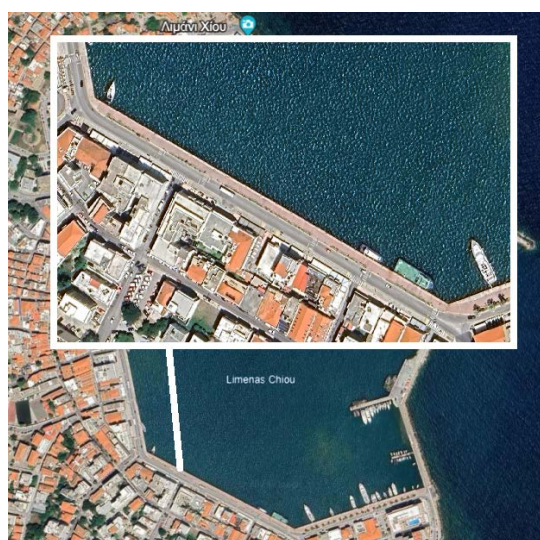
Η πρόταση της ΕΛΕΤΑΕΝ για την ανάπτυξη της εφοδιαστικής αλυσίδας στον λιμένα υποστήριξης δεν μπορεί να εφαρμοστεί στον κεντρικό λιμένα της Χίου. Όπως αναλύθηκε στις προηγούμενες ενότητες, η έλλειψη χερσαίας έκτασης είναι απαγορευτική για την συναρμολόγηση εξαρτημάτων και θεμελιώσεων για τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την έρευνα της ΕΛΕΤΑΕΝ, η κάθε ανεμογεννήτρια 15 MW, χρειάζεται

3.570 m<sup>2</sup> για την συναρμολόγηση της. Η εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ κοντά στην νήσο της Χίου προβλέπεται να είναι 330 MW εγκατεστημένης ισχύος. Συνολικά λοιπόν, και σε περίπτωση ταυτόχρονης συναρμολόγησης των 22 ανεμογεννητριών, χρειάζονται 78.540 m<sup>2</sup>, μία έκταση που δεν υπάρχει. Επιπλέον, στην περίπτωση που αυξηθεί ο χρόνος διεκπεραίωσης του έργου της συναρμολόγησης των ανεμογεννητριών και η απαιτούμενη έκταση περιοριστεί, τα ζητήματα που αναλύθηκαν στην ανάλυση SWOT και τα χωροταξικά προβλήματα του λιμένα εμποδίζουν την ανάπτυξη ενός τέτοιου έργου.

Ο κεντρικός λιμένας της Χίου έχει μέγιστο βάθος 11 m. Ωστόσο, μπορεί να ληφθεί υπόψη το έργο εκβάθυνσης που έχει προγραμματιστεί και εν τέλει να μην υπάρξει πρόβλημα κατά την μεταφορά των ανεμογεννητριών εσωτερικά του λιμένα. Τέλος, η αντοχή του εδάφους πρέπει να εξεταστεί περαιτέρω καθώς η μόνη επίσημη καταγραφή αντοχής του χερσαίου τμήματος του λιμένα είναι η υποστήριξη βάρους έως 60t.

#### **4.5.6 Συστάσεις για την αντιμετώπιση των ζητημάτων του κεντρικού λιμένα της Χίου κατά την ανάπτυξη της λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης**

Αρχικά, καθώς ο λιμένας διαθέτει πολλούς ντόκους και κρηπιδώματα, κρίνεται αναγκαία η επιλογή του κατάλληλου για την εργασία των σκαφών. Λόγω της έντονης δραστηριότητας στον βόρειο λιμενοβραχίονα και το γενικά το βόρειο τμήμα του λιμένα, προτείνεται η χρήση του νότιου τμήματος και συγκεκριμένα στο κρηπίδωμα που φαίνεται στην εικόνα 4.3. Έχει μήκος περίπου 240 m, βάθος κοντά στα 9 m και το εκμεταλλεύεται για επαγγελματική χρήση μία λάντζα. Τα τεχνικά αυτά χαρακτηριστικά καλύπτουν τα περισσότερα μοντέλα των σκαφών που χρησιμοποιούνται στην λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης.



Σχήμα 4.3: Προτεινόμενο κρηπίδωμα για χρήση από τα σκάφη της λιμενικής εγκατάστασης, Ιδία επεξεργασία, [3.3]

Τα κτίρια της λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης δεν απαιτούν μεγάλη έκταση για να κτιστούν. Έτσι, προτείνεται η χρήση της χωμάτινης έκτασης που βρίσκεται στο νότιο τμήμα του λιμένα και χρησιμοποιείται ως ανοργάνωτος χώρος στάθμευσης. Αξίζει να σημειωθεί πως στο δεδομένο στάδιο της έρευνας δεν μπορεί να εκτιμηθεί το μέγεθος ενός τέτοιου κτίσματος και επίσης πρέπει να περιοριστεί όσο είναι εφικτό καθώς υπάρχει πρόβλημα στάθμευσης ιδίως τους θερινούς μήνες. Αυτή η έκταση φαίνεται στην εικόνα 4.4.



Σχήμα 4.4: Προτεινόμενη έκταση κτίσματος των κτιρίων της λιμενικής εγκατάστασης, ίδια επεξεργασία, [3.3]

Όπως αναλύθηκε στην ανάλυση SWOT, υπάρχει περίπτωση οι πολλαπλές εργασίες στον κεντρικό λιμένα της Χίου να προκαλέσουν συμφόρηση. Έτσι, κρίνεται ζωτικής σημασίας να υπάρχει μία δευτερεύουσα λιμενική υποδομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί περιστασιακά για κάποιο χρονικό διάστημα από τα σκάφη της συντήρησης. Αυτή είναι η μαρίνα της Χίου, που διαθέτει βάθος έως και 5 m και βρίσκεται σε απόσταση περίπου 2 km από τον κεντρικό λιμένα της Χίου και φαίνεται στην εικόνα 4.5.



Σχήμα 4.5: Προτεινόμενη δευτερεύουσα λιμενική υποδομή, Ιδία επεξεργασία, [3.3]

Ακόμη, κρίνεται απαραίτητη η πραγματοποίηση μίας γεωτεχνικής μελέτης για την συγκέντρωση επακριβών στοιχείων για την αντοχή του εδάφους στο χερσαίο τμήμα του λιμένα. Επιπροσθέτως, η αξιολόγηση και η επίγνωση της υφιστάμενης κατάστασης του εδάφους οδηγεί στην λήψη αποφάσεων σε ζητήματα σχετικά με τις επιδιορθώσεις των ανεμογεννητριών που μπορούν να γίνουν στον λιμένα. Τέτοιες επιδιορθώσεις ενδέχεται να χρειαστούν κάποιο γεράνο ή την μεταφορά κάποιου εξαρτήματος. Ως εκ τούτου, με το πέρας της μελέτης θα εκτιμηθεί η περίπτωση ενίσχυσης του εδάφους και κατά πόσο θα είναι πιθανό αυτό.

Επιπλέον, είναι αναγκαίο να διεξαχθούν περιβαλλοντικές και βιολογικές μελέτες για να διαπιστωθεί η επιρροή ενός τέτοιου έργου στην βιοποικιλότητα της περιοχής του λιμένα και εκτός αυτού, τόσο στην στεριά όσο και στην θάλασσα. Συμπληρωματικά, μία μελέτη που πραγματεύεται την κοινωνική αποδοχή του έργου και τις γενικότερες κοινωνικές επιπτώσεις που μπορεί να αποφέρει, προσφέρει σημαντικά δεδομένα για την υλοποίηση του έργου και της τοπικής κοινωνίας. Για παράδειγμα αναλύονται στοιχεία όπως οι αλλαγές που ενδέχεται να γίνουν στην τοπική

επαγγελματική αποκατάσταση, την επίδραση των μετακινήσεων στο κέντρο του νησιού και την μεταβολή της αισθητικής αξίας του λιμένα, [4.1].

Τέλος, καθώς οι μετακινήσεις των σκαφών της λιμενικής εγκατάστασης λειτουργίας και συντήρησης ενδέχεται να φέρουν συμφόρηση στον λιμένα, πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο προσαρμογής της λιμενικής λειτουργίας.

#### **4.5.7 Συμπεράσματα της μελέτης περίπτωσης**

Η ανακοίνωση της εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ στην περιοχή της Χίου είναι η αφορμή για την διεκπεραίωση της μελέτης περίπτωσης. Ο κεντρικός λιμένας της Χίου δεν χρησιμοποιείται στον απόλυτο βαθμό, επομένως η ανάπτυξη μίας λιμενικής εγκατάστασης υποστήριξης ενός θεωρητικού υπεράκτιου αιολικού πάρκου είναι μία καλή περίπτωση αξιοποίησης του. Αν τα πλεονεκτήματα του λιμένα αξιοποιηθούν και οι αδυναμίες του ξεπεραστούν, το έργο υποστήριξης μπορεί να πραγματοποιηθεί με επιτυχία. Όπως προαναφέρθηκε, η λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης είναι η πιο συμβατή για τις υποδομές του λιμένα και τα τεχνικά του χαρακτηριστικά. Αυτό σημαίνει, ότι ένας σημαντικός όρος για την διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι οι ανεμογεννήτριες να εγκατασταθούν από κάποιον άλλον λιμένα, ή να φτάσουν συναρμολογημένες στην εν δυνάμει ΠΟΑΥΑΠ.

#### **4.6 Σύνοψη**

Το νησί της Χίου διαθέτει τις κατάλληλες υποδομές για την ανάπτυξη ενός πλήρως λειτουργικού υπεράκτιου αιολικού πάρκου. Διαθέτει θαλάσσια περιοχή στην οποία δύναται να εγκατασταθεί ένα αιολικό πάρκο με πλωτές ανεμογεννήτριες και ένας λιμένας που πληροί σχεδόν όλες τις προϋποθέσεις για να υποστηρίξει την λειτουργία και την συντήρηση του. Η ανάλυση SWOT, η αξιολόγηση των υποδομών του λιμένα και η χαρτογράφηση του νησιού στο προηγούμενο κεφάλαιο έδωσαν τα κατάλληλα δεδομένα για την μελέτη περίπτωσης. Εν συνέχεια, η μελέτη περίπτωσης έδειξε την καταλληλότητα του λιμένα για την ανάπτυξη της λιμενικής εγκατάστασης υποστήριξης λειτουργίας και συντήρησης. Τέλος, το κύριο ζήτημα που πρέπει να ξεπεραστεί είναι η απαιτητική εφοδιαστική αλυσίδα, που πιθανότατα να χρειαστεί να αντιμετωπιστούν οι αδυναμίες του λιμένα και να γίνουν οι κατάλληλες τεχνοοικονομικές μελέτες, που εξετάζουν την βιωσιμότητα του συνολικού έργου εκμετάλλευσης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας.

#### **4.7 Βιβλιογραφία**

[3.2] ΕΔΕΥΕΠ, «ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ», Εθνικό πρόγραμμα, ΕΔΕΥΕΠ ΑΕ, 8/09/2023.

[3.1] Διαδημοτικό Λιμενικό ταμείου Χίου, ΓΕΝΙΚΟ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (MASTER PLAN) ΛΙΜΕΝΩΝ ΧΙΟΥ, ΜΕΣΤΩΝ, ΛΗΜΝΙΩΝ, ΨΑΡΩΝ ΚΑΙ ΟΙΝΟΥΣΣΩΝ, 2016.

[2.10] Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Ashley Knipe, « Alternative Port Assessment to Support Offshore Wind. », Assessment Report, California State Lands Commission, January/31/2023.

[2.11] Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Shane Phillips, «Port of Coos Bay Port Infrastructure Assessment for Offshore Wind Development. », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management ( BOEM ), October 2022

[2.12] Jennifer Lim, Matt Trowbridge, « California Floating Offshore Wind Regional Ports Feasibility Analysis », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management ( BOEM ), June 2023.

[2.21] HWEA, « Status and challenges for the supply chain for offshore wind in Greece », Technical Analys, November 2023.

[3.3] Google Earth.

[4.1] Bruce Valpy, «Guide to an offshore wind farm Updated and extended», BVG associates, Guide, UK, January 2019.



## 5. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάστηκε μία ανάλυση του αιολικού δυναμικού στην Ευρώπη δίνοντας έμφαση στην Ελλάδα και στα έργα εκμετάλλευσης της χώρας. Για την πλήρη κατανόηση της βιομηχανίας της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, αναφέρθηκαν οι τύποι αιολικών πάρκων, οι τύποι των ανεμογεννητριών, τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και οι τρόποι θεμελίωσης των υπερράκτιων. Έπειτα, μελετήθηκαν οι λιμενικές εγκαταστάσεις υποστήριξης υπερράκτιων αιολικών πάρκων και οι προϋποθέσεις, που πρέπει να τηρούνται από έναν υφιστάμενο λιμένα για να αναπτυχθεί σε αυτόν μία λιμενική εγκατάσταση υποστήριξης. Τέλος, στο πλαίσιο της αξιολόγησης της περίπτωσης να εγκατασταθεί ένα υπερράκτιο αιολικό πάρκο στην νήσο της Χίου και να υποστηριχθεί από τον κεντρικό λιμένα του νησιού, διεξάχθηκε μία χαρτογραφική μελέτη του νησιού και αναλύθηκαν τα κριτήρια που καθορίζουν την καταλληλότητα μίας θαλάσσιας περιοχής για την εγκατάσταση ενός υπερράκτιου αιολικού πάρκου.

Με την περάτωση της εργασίας προέκυψαν ορισμένα συμπεράσματα και σχηματίστηκαν προτάσεις για την περαιτέρω εξέλιξή της.

### Συμπεράσματα

Η πρόοδος της βιομηχανίας της εκμετάλλευσης της υπερράκτιας αιολικής ενέργειας είναι αποτέλεσμα της στροφής προς της ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Έτσι λοιπόν, έγινε μία ανάλυση του αιολικού δυναμικού της Ελλάδας και ποια έργα έχουν πραγματοποιηθεί για την εκμετάλλευση του. Η ανάλυση απέδειξε το πλούσιο δυναμικό της χώρας και την ευκαιρία της χώρας να ενταχθεί στον κλάδο της υπερράκτιας ενέργειας. Επίσης, παρουσιάστηκαν τα αιολικά πάρκα και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των 5.226 MW. Σημαντική είναι και η αναφορά του κέρδους προς τους καταναλωτές, καθώς σημειώθηκε για το 2023, πως οι εγκαταστάσεις των αιολικών πάρκων επέστρεψαν σχεδόν 4 δισεκατομμύρια ευρώ. Για την ευρύτερη κατανόηση του κλάδου, αναλύθηκαν οι τύποι των αιολικών πάρκων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών ενώ δόθηκε έμφαση στις ανεμογεννήτριες, που εγκαθίστανται σε υπερράκτια αιολικά πάρκα.

Συνεχίζοντας στον τομέα της υπερράκτιας αιολικής ενέργειας, επεξηγήθηκε η σημαντικότητα των λιμένων για την ανάπτυξη ενός υπερράκτιου αιολικού πάρκου και αναλύθηκαν οι λιμενικές εγκαταστάσεις υποστήριξης. Οι εγκαταστάσεις αυτές είναι: η λιμενική εγκατάσταση κατασκευής εξαρτημάτων και βάσεων ανεμογεννητριών, συναρμολόγησης υπερράκτιων ανεμογεννητριών, τοποθέτησης ανεμογεννητριών και λειτουργίας και συντήρησης. Συμπληρωματικά, έγινε μία βιβλιογραφική ανασκόπηση των προϋποθέσεων που πρέπει να τηρούνται από έναν υφιστάμενο λιμένα για την ανάπτυξη των λιμενικών εγκαταστάσεων υποστήριξης στις υποδομές του. Στο πλαίσιο αυτό, συλλέχθηκαν οι τεχνικές προδιαγραφές των λιμενικών εγκαταστάσεων και κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με το πρότυπο το οποίο ακολουθούν και τα κοινά τους στοιχεία.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε βοήθησε στην συλλογή των πρώτων δεδομένων που απαιτούνται για την μελέτη περίπτωσης που ακολουθεί στο τελευταίο μέρος της διπλωματικής εργασίας. Η μελέτη περίπτωσης αξιολογεί το ενδεχόμενο ανάπτυξης ενός υπερράκτιου αιολικού πάρκου και το ενδεχόμενο υποστήριξης του από τον κεντρικό λιμένα της Χίου. Έτσι, για την προετοιμασία της μελέτης, εξετάστηκαν οι υποδομές και συγκεντρώθηκαν τα δεδομένα, που σχετίζονται με την υπερράκτια αιολική ενέργεια μέσω μίας χαρτογράφησης, που έγινε για το νησί της Χίου. Συμπληρωματικά, αναλύθηκε το αιολικό δυναμικό και οι λιμενικές υποδομές και δόθηκε έμφαση στον κεντρικό λιμένα του νησιού. Η συλλογή των δεδομένων ολοκληρώθηκε με την επιλογή μίας θαλάσσιας περιοχής στην Χίο για την εγκατάσταση ενός υπερράκτιου αιολικού πάρκου και με την ανάλυση των κριτηρίων που οδήγησαν σε αυτήν την επιλογή. Τα κριτήρια αυτά δημιουργήθηκαν βάσει νόμου και είναι μέρος του Σχεδίου Εθνικού Προγράμματος Υπερράκτιων Αιολικών Πάρκων.

Η περίπτωση υποστήριξης ενός θεωρητικού υπεράκτιου αιολικού πάρκου στην Χίου από τον κεντρικό λιμένα ξεκινάει με μία ανάλυση SWOT που ανέδειξε τα πλεονεκτήματα, τις αδυναμίες, τις ευκαιρίες και τις απειλές του λιμένα. Έτσι, σχηματίζεται μία εικόνα για την υφιστάμενη κατάσταση της λειτουργικότητας του και εάν είναι εφικτό ένα τέτοιο έργο. Η ανάλυση SWOT μαζί με τις προηγούμενες μελέτες και τα δεδομένα των προηγούμενων κεφαλαίων διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στην ολοκλήρωση της μελέτης.

Τέλος, το αποτέλεσμα της μελέτης περίπτωσης κατέδειξε τη δυνατότητα του λιμένα της Χίου να αναπτύξει μία λιμενική εγκατάσταση λειτουργίας και συντήρησης. Τα κύρια ζητήματα που περιορίζουν την επιλογή της λιμενικής εγκατάστασης υποστήριξης είναι η καθορισμένη χερσαία έκταση του λιμένα και η τοποθεσία του. Δεν υπάρχει αρκετή έκταση για τις μηχανολογικές εργασίες, που λαμβάνουν χώρα στις υπόλοιπες λιμενικές εγκαταστάσεις υποστήριξης. Επιπλέον, η φύση των εργασιών δεν είναι συμβατή με την τοποθεσία του λιμένα, ο οποίος βρίσκεται σε αστικό κέντρο και είναι μέρος της τουριστικής και της εμπορικής δραστηριότητας του νησιού.

## Προτάσεις

Για την εξέλιξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας προτείνεται μία σειρά μελετών που σχετίζονται με την ανάπτυξη της λιμενικής εγκατάστασης υποστήριξης στον λιμένα της Χίου. Αυτές είναι :

- I. Μία γεωτεχνική μελέτη του χερσαίου τμήματος του λιμένα η οποία θα εξετάσει τις γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες του εδάφους, προκειμένου να διασφαλιστεί η σταθερότητα και η καταλληλότητα του εδάφους για τις προτεινόμενες λιμενικές εγκαταστάσεις.
- II. Περιβαλλοντικές μελέτες για την επιρροή ενός τέτοιου έργου βιοποικιλότητα της περιοχής του λιμένα με σκοπό να αξιολογήσουν τις πιθανές επιπτώσεις του έργου στη χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής, προτείνοντας μέτρα για τη μείωση των αρνητικών επιδράσεων.
- III. Μία κοινωνική μελέτη για την εξέταση της κοινωνικής αποδοχής του έργου, που θα ερευνήσει τις απόψεις και τις αντιλήψεις της τοπικής κοινωνίας σχετικά με το προτεινόμενο έργο, εξετάζοντας τα επίπεδα αποδοχής και τις ανησυχίες των κατοίκων.
- IV. Μία κοινωνική μελέτη για την επιρροή του έργου στην τοπική οικονομία και κοινωνία στα πλαίσια της οποίας θα αναλυθούν οι πιθανές επιπτώσεις του έργου στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής, στις θέσεις εργασίας, καθώς και στις κοινωνικές δομές και σχέσεις.
- V. Μία τεchnοοικονομική μελέτη για την βιωσιμότητα του έργου κατά την οποία θα αξιολογηθεί η οικονομική βιωσιμότητα του έργου, εξετάζοντας το κόστος κατασκευής και λειτουργίας σε σχέση με τα αναμενόμενα έσοδα και τα οφέλη για την τοπική και εθνική οικονομία.
- VI. Εξέταση προσαρμογής της λιμενικής λειτουργίας στην οποία θα διερευνηθούν οι ανάγκες και οι δυνατότητες προσαρμογής των λιμενικών λειτουργιών για να εξυπηρετούνται καλύτερα οι νέες εγκαταστάσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις της νέας υποδομής και των χρηστών του λιμένα.

Οι μελέτες αυτές θα ενισχύσουν την μελέτη περίπτωσης και θα καθοριστεί αν είναι εφικτό το έργο ανάπτυξης ενός πλήρως λειτουργικού υπεράκτιου αιολικού πάρκου στην Χίου και ενδεχομένως να φέρει λύσεις στο πρόβλημα χρηματοδότησης του έργου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1.1] Wind Europe, « The association for wind energy in Europe since 1982 », <https://windeurope.org/about-wind/history/>
- [1.2] Κωνσταντίνος Φαίτατζόγλου, «Η αιολική ενέργεια στην Ελλάδα», 20/8/2008.
- [1.3] <https://windeurope.org/>
- [1.4] Παναγιώτης Παπασταματίου, «ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ Θεσμικές προκλήσεις και προοπτικές», ΕΛΑΤΑΕΝ, Business Project Plan, Ιανουάριος 2024.
- [1.5] Wind Europe, « Capacity Factors », <https://windeurope.org/about-wind/daily-wind/capacity-factors>
- [1.6] ΕΛΑΤΑΕΝ, « Ποιο είναι το συγκριτικό πλεονέκτημα της Ελλάδας στην αιολική ενέργεια; », ESG + stories, 2023.
- [1.7] Νόμος 4964/2022 - Διατάξεις για την απλοποίηση της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, θέσπιση πλαισίου για την ανάπτυξη των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων, την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης, την προστασία του περιβάλλοντος και λοιπές διατάξεις., ΦΕΚ 150/Α/30-7-2022.
- [1.8] ΕΛΑΤΑΕΝ, Διαδικτυακός Χάρτης εν Λειτουργία Αιολικών Πάρκων, <https://arcg.is/5CuKu>
- [1.9] Alma Economics, «Υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ελλάδα: Μελέτη των κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων», Κείμενο Πολιτικής, ΕΛΙΑΜΕΠ, 9/15/2021.
- [1.10] ΕΛΕΤΑΕΝ, « Τα αιολικά πάρκα είναι ο μεγαλύτερος χρηματοδότης των επιδοτήσεων στους καταναλωτές », Τεχνική Έκθεση, 31 Οκτωβρίου 2023.
- [1.11] ΕΛΑΤΑΕΝ, « Μεγάλη ευκαιρία για την Ελλάδα τα Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα », ΔΕΛΤΙΟ ΤΥΠΟΥ, 31 Οκτωβρίου 2023.
- [1.12] HWEA, « Status and challenges for the supply chain for offshore wind in Greece », Technical Analys, November 2023.
- [1.13] Stefan Lundberg, Elizabeth Morse, « Performance comparison of wind park configurations », Technical Report, Department of Electric Power Engineering CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Sweden 2003.

- [1.14] Markus Lerch, Mikel De-Prada-Gil, Climent Molins, «A metaheuristic optimization model for the inter-array layout planning of floating offshore wind farms », Journal, Science Direct, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Spain, 2021.
- [1.15] George Nikitas, Subhamoy Bhattacharya, Nathan Vimalan, « Future Energy (3rd Edition): Improved, Sustainable and Clean Options for Our Planet. », Research Gate | Publisher : Elsevier, November, 2019.
- [1.16] Καράμπελα Μαρία, «Έλεγχος Αδιάλειπτης Λειτουργίας Αιολικού Συστήματος με Επαγωγική Μηχανή Διπλής Τροφοδοσίας μετά από Πτώση Τάσης», Διπλωματική Εργασία, Πάτρα, Οκτώβριος 2012.
- [1.17] ANANEΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 1ο ΕΠΑΛ ΣΥΡΟΥ, <http://ape1epalsyrou.weebly.com>
- [1.18] Taimoor Asim, Sheikh Zahidul Islam, Arman Hemmati, Muhammad Saif Ullah Khalid, « A Review of Recent Advancements in Offshore Wind Turbine Technology», Journal, MDPI, 14/7/2022.
- [1.19] Mohammad Barooni, Turaj Ashuri, Deniz Velioglu Sogut, Stephen Wood, Shiva Taleghani, « Floating Offshore Wind Turbines: Current Status and Future Prospects », Journal, MDPI, 2022.
- [1.20] Lizet Ramirez, Mattia Cecchinato, Sabina Potestio, « Ports: a key enabler for the floating offshore wind sector. », Guidance Document, Wind Europe, September 2020.
- [1.21] Xuan Mei, Min Xiong, « Effects of Second-Order Hydrodynamics on the Dynamic Responses and Fatigue Damage of a 15 MW Floating Offshore Wind Turbine », Journal, Marine Science and Engineering, MDPI, 2021.
- [1.22] Xiaoni Wu, Yu Hub, Ye Lia, Jian Yangb, Lei Duan, Tongguang Wang, Thomas Adcock, Zhiyu Jiangh, Zhen Gao, Zhiliang Lin, Alistair Borthwick, Shijun Liao « Foundations of offshore wind turbines: A review », Journal, ELSEVIER, Science Direct, 2019.
- [2.1] SCN, « New quayside unveiled at Port of Nigg », άρθρο, Ιούλιος 2022.
- [2.2] <https://nigg.com/quayside>
- [2.3] Power Technology, « WindFloat Atlantic Project », άρθρο, Φεβρουάριος 2020.
- [2.4] WÄRTSILÄ Encyclopedia of Marine and Energy Technology, « Cable vessel ».
- [2.5] <https://ulstein.com/vessels/jack-up-vessel>
- [2.6] Hartman Seatrade, «ROLL ON – ROLL OFF», <https://hartmanseatrade.com/fleet/roro/>
- [2.7] Binbin Li, «Operability study of walk-to-work for floating wind turbine and service operation vessel in the time domain», Research Gate, άρθρο, Δεκέμβριος 2020.
- [2.8] <https://sonihull.com/keeping-the-ctv-fleet-moving/>
- [2.9] Aberdeen Renewable Energy Group, « Peterhead Port Authority », <https://www.aberdeenrenewables.com/members/full-member-directory/#!biz/id/5ac79182afd6917e03a9cec9>
- [2.10] Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Ashley Knipe, « Alternative Port Assessment to Support Offshore Wind. », Assessment Report, California State Lands Commission, January/31/2023.

- [2.11] Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Shane Phillips, «Port of Coos Bay Port Infrastructure Assessment for Offshore Wind Development. », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), October 2022.
- [2.12] Jennifer Lim, Matt Trowbridge, « California Floating Offshore Wind Regional Ports Feasibility Analysis », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), June 2023.
- [2.13] Aaron Porter, Shane Phillips, « U.S. West Coast Port Infrastructure Needs for Development of Floating Offshore Wind Facilities », Ports 2019: Port Planning and Development, ASCE Library, 2019.
- [2.14] Aaron Porter, Shane Phillips « Determining the Infrastructure Needs to Support Offshore Floating Wind and Marine Hydrokinetic Facilities on the Pacific West Coast and Hawaii », Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), Pacific OCS Region, March 3, 2016.
- [2.15] Ove Arup & Partners Ltd, « Ports for offshore wind: A review of the net-zero opportunity for ports in Scotland », Review / Study, Crown Estate Scotland, 2 September 2020.
- [2.16] Sara B. Parkison, Willett Kempton, « Marshaling ports required to meet US policy targets for offshore wind power. », Research Paper, Elsevier, 2022.
- [2.17] Willett Kempton, « REQUIREMENTS FOR ADVANCED OFFSHORE WIND MARSHALING PORTS », Analysis, 21 July 2019.
- [2.18] AP Crowle, PR Thies «Floating offshore wind turbines port requirements for construction», journal, SAGE Publications, January , 2022.
- [2.19] Aaron Porter, Shane Phillips, Mott Macdonald, « Infrastructure to support offshore floating wind », OCS study, BOEM, Seattle WA, 2016.
- [2.20] PORTUS Online, «WindFloat Atlantic: Floating energetically off the coast of Viana do Castelo», article, Portugal, 2024.
- [2.21] HWEA, « Status and challenges for the supply chain for offshore wind in Greece », Technical Analys, November 2023.
- [3.1] Διαδημοτικό Λιμενικό ταμείου Χίου, ΓΕΝΙΚΟ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (MASTER PLAN) ΛΙΜΕΝΩΝ ΧΙΟΥ, ΜΕΣΤΩΝ, ΛΗΜΝΙΩΝ, ΨΑΡΩΝ ΚΑΙ ΟΙΝΟΥΣΣΩΝ, 2016.
- [3.2] ΕΔΕΥΕΠ, «ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ», Εθνικό πρόγραμμα, ΕΔΕΥΕΠ ΑΕ, 8/09/2023.
- [3.3] Google Earth.
- [3.4] Καμνηιώτη Μαρία, «Οφέλη για την προστασία του περιβάλλοντος από την εφαρμογή του Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού – Η περιοχή της Χίου», ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ, Κοτρίκλα Άννα Μαρία, Χίος, Οκτώβριος, 2018.
- [3.5] Ε.Α.Γ.Μ.Ε., ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ Κλίμακα: 1:500.000.
- [3.6] Ο.ΦΥ.Π.Ε.Κ.Α, Μ.Δ. Προστατευόμενων Περιοχών Βόρειο-Ανατολικού Αιγαίου.

- [3.7] Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, «Δράσεις Αλιείας», <https://www.pvaigaiou.gov.gr>
- [3.8] Global wind Atlas, <https://globalwindatlas.info/en>
- [3.9] Meteoblue, Προσομοίωση ιστορικών δεδομένων κλίματος και καιρού για Χίος.
- [3.10] Αλήθεια, «Δημοπρατείται η εκβάθυνση του λιμανιού», ΑΛΗΘΕΙΑ TV, Άρθρο, Χίος, 17/10/2023.
- [3.11] Capital.gr, «Έλαβε άδεια ίδρυσης το υδατοδρόμιο Χίου», Capital.gr, Άρθρο, 22/3/2024.
- [3.12] Navionics, <https://webapp.navionics.com/#boating@14&key=oqxiFy%7Cd%7DC>
- [3.2] ΕΔΕΥΕΠ, «ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΑΙΟΛΙΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ», Εθνικό πρόγραμμα, ΕΔΕΥΕΠ ΑΕ, 8/09/2023.
- [3.1] Διαδημοτικό Λιμενικό ταμείου Χίου, ΓΕΝΙΚΟ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ (MASTER PLAN) ΛΙΜΕΝΩΝ ΧΙΟΥ, ΜΕΣΤΩΝ, ΛΗΜΝΙΩΝ, ΨΑΡΩΝ ΚΑΙ ΟΙΝΟΥΣΣΩΝ, 2016.
- [2.10] Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Ashley Knipe, « Alternative Port Assessment to Support Offshore Wind. », Assessment Report, California State Lands Commission, January/31/2023.
- [2.11] Matt Trowbridge, Jennifer Lim, Shane Phillips, «Port of Coos Bay Port Infrastructure Assessment for Offshore Wind Development. », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management ( BOEM ), October 2022.
- [2.12] Jennifer Lim, Matt Trowbridge, « California Floating Offshore Wind Regional Ports Feasibility Analysis », Environmental & Technical Study, Bureau of Ocean Energy Management ( BOEM ), June 2023.
- [2.21] HWEA, « Status and challenges for the supply chain for offshore wind in Greece », Technical Analys, November 2023.
- [3.3] Google Earth.
- [4.1] Bruce Valpy, «Guide to an offshore wind farm Updated and extended», BVG associates, Guide, UK, January 2019.