



Πανεπιστήμιο Πειραιώς
University of Piraeus

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

Κλιματική Κρίση και Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών

Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΣΕ ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ:

Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΛΟΪΖΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής:

Θάνος Δογάνης

Πειραιάς, Σεπτέμβριος 2023

Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο

“Η διεθνή εμπειρία σε υπεράκτια αιολικά πάρκα: η περίπτωση της Ελλάδας”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και οι πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Πειραιώς αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Ονοματεπώνυμο Φοιτητή, Έτος, Πόλη

Copyright (C) Σπυρίδων Λοΐζος, 2023, Αθήνα

Υπογραφή Φοιτητή:



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Θάνο Δογάνη, για την ευκαιρία που μου έδωσε και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, ώστε να συνεργαστούμε και να εκπονήσω τη διπλωματική μου εργασία υπό την επίβλεψη του.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διευθυντή του τμήματος κ. Γιάννη Μανιάτη για τις πολύτιμες γνώσεις που έλαβα στο παρών Μεταπτυχιακό, την κ. Ιωάννα Βούλγαρη για όλη την υποστήριξη που μας παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών και τον κ. Άκη Χατζηγεωργιάδη για την πολύτιμη βοήθειά του στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μόσχο Κορασίδη, την κ. Αμαλία Πολυδωροπούλου, καθώς και τους συμφοιτητές με τους οποίους συνυπήρξαμε αυτό το διάστημα, για την όμορφη συνεργασία μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σήμερα, οι τεράστιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), μεθανίου (CH₄) και άλλων αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται από την καύση ορυκτών καυσίμων, έχουν αυξήσει τη μέση θερμοκρασία του πλανήτη και έχουν καταστήσει την Κλιματική Κρίση μια από τις σημαντικότερες απειλές για τον πλανήτη μας. Για τον μετριασμό της Κλιματικής Κρίσης, είναι απαραίτητη η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο) με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), όπως η αιολική. Τα τελευταία χρόνια οι εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων αυξάνονται με ταχείς ρυθμούς παγκοσμίως, όχι μόνο στη στεριά, αλλά και σε υδάτινες εκτάσεις στις χώρες που έχουν το προνόμιο αυτό.

Η χώρα με την μεγαλύτερη παραγωγή υπεράκτιας αιολικής ενέργειας είναι η Κίνα, ενώ στην Ευρώπη η μεγαλύτερη υπεράκτια αιολική παραγωγή ενέργειας συναντάται στο Ηνωμένο Βασίλειο και στη Γερμανία, στη Βόρεια Θάλασσα. Το μεγάλο πλεονέκτημα της Βόρειας Θάλασσας είναι το χαμηλό βάθος για πολλά χιλιόμετρα, όπου οι ανεμογεννήτριες πακτώνονται στον πυθμένα της θάλασσας. Αντίθετα, το μεγάλο βάθος της Μεσογείου καθιστά την στερέωση της ανεμογεννήτριας στον πυθμένα της θάλασσας τεχνικά δύσκολη και οικονομικά ασύμφορη. Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί μια νέα τεχνολογία, όπου οι ανεμογεννήτριες επιπλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας, συνεπώς εκτιμάται ότι η εγκατάσταση και αξιοποίηση υπεράκτιων αιολικών πάρκων στη Μεσόγειο Θάλασσα δεν θα αργήσει να υλοποιηθεί.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκε η δυνατότητα αξιοποίησης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα και χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή ArcGIS Pro για την δημιουργία χαρτών. Οι μεγάλες θαλάσσιες εκτάσεις της χώρας, που περιβάλλεται από το Ιόνιο και το Αιγαίο Πέλαγος, καθώς και οι ισχυροί και συνεπείς άνεμοι, καθιστούν την Ελλάδα μια χώρα με σημαντικές δυνατότητες για την παραγωγή υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Το 2022 η Ελλάδα εισήγαγε ένα νέο νομικό πλαίσιο για τις ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένων και των υπεράκτιων αιολικών, ώστε να προσελκύσει επενδύσεις στον κλάδο μέσα από διαδικασίες αδειοδότησης. Στόχος είναι η εγκατάσταση τουλάχιστον 2 GW αιολικής ισχύος έως το 2030.

Η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου στο Αιγαίο κυμαίνεται από 7 έως 9 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s), με το υψηλότερο αιολικό να συναντάται στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο, μεταξύ της Ανατολικής Κρήτης και των Δωδεκανήσων, καθώς και δυτικά της Κρήτης. Ωστόσο, η αποτελεσματική ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων αντιμετωπίζει και ορισμένες προκλήσεις και προβληματισμούς όπως τεχνικοί περιορισμοί (βάθος θάλασσας, απόσταση από την ακτή, υποθαλάσσιες συνδέσεις), η έντονη χρήση του θαλάσσιου χώρου (αλιεία, υδατοκαλλιέργεια), η καλά ανεπτυγμένη τουριστική βιομηχανία, οι περιοχές Natura καθώς και πιθανά γεωπολιτικά ζητήματα σε σχέση με τα χωρικά ύδατα. Παράλληλα, πρέπει να ληφθεί υπόψιν η οικονομική βιωσιμότητα και οι γραφειοκρατικές διαδικασίες που συμβάλλουν σε αβεβαιότητες και καθυστερήσεις στην υλοποίηση του έργου. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητη η διεξαγωγή λεπτομερών Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα βιοτικά και αβιοτικά στοιχεία του υδάτινου περιβάλλοντος, ενώ είναι επιβεβλημένη η ευαισθητοποίηση του κοινού και η διάδοση της γνώσης για την αντιμετώπιση των κοινωνικών αντιδράσεων και την ενίσχυση της αποδοχής της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας.

Συνοψίζοντας, η υπεράκτια αιολική ενέργεια μπορεί να αποτελέσει στο άμεσο μέλλον την κορυφαία πηγή καθαρής, ανανεώσιμης ενέργειας στην Ελλάδα και να συνεισφέρει στην πράσινη μετάβαση και την επίτευξη των στόχων που έχει θέσει η Ελληνική Κυβέρνηση για μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 55% μέχρι το 2030 και την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας της χώρας μέχρι το 2050.

Λέξεις – κλειδιά: υπεράκτια αιολική ενέργεια, κλιματική κρίση, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, πλωτές ανεμογεννήτριες, Μεσόγειος Θάλασσα, αιολικό δυναμικό, πράσινη μετάβαση

ABSTRACT

Nowadays, the huge emissions of carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and other greenhouse gases emitted from the burning of fossil fuels, have increased the average global temperature, and have made the Climate Crisis one of the major threats to our planet. To mitigate the Climate Crisis, it is necessary to replace fossil fuels (oil, coal, natural gas) with renewable energy sources (RES), such as wind energy. In recent years, wind farm installations have been growing rapidly worldwide, not only on land but also on water bodies in the countries that have this privilege.

The country with the largest offshore wind energy production is China, while in Europe the largest offshore wind energy production is found in the United Kingdom and Germany, in the North Sea. The great advantage of the North Sea is the shallow depth for many kilometers, where the wind turbines are embedded in the seabed. On the other hand, the great depth of the Mediterranean Sea makes it technically difficult and economically unviable to install the wind turbine to the seabed. In recent years a new technology has been developed where wind turbines float on the sea surface, so it is estimated that the installation and exploitation of offshore wind farms in the Mediterranean Sea will be implemented soon.

In the present diploma thesis, the potential of offshore wind energy production in Greece was examined and the ArcGIS Pro application was used to create maps. The country's large maritime areas, surrounded by the Ionian and Aegean seas, as well as strong and consistent winds, make Greece a country with significant potential of offshore wind energy production. In 2022 Greece introduced a new legal framework for RES, including offshore wind, to attract investment in the sector through licensing procedures. The aim is to install at least 2 GW of wind power capacity by 2030.

The average annual wind speed in the Aegean ranges from 7 to 9 meters per second (m/s), with the highest wind speeds occurring in the North and Central Aegean, between Eastern Crete and the Dodecanes, and west of Crete. However, the effective development of offshore wind farms also faces certain challenges and concerns such as technical constraints (sea depth, distance from the coast, subsea connectivity), intensive use of marine space (fishing, aquaculture), well-developed tourism industry, Natura regions and potential geopolitical issues related to territorial waters. At the same time, financial viability and bureaucratic procedures that contribute to uncertainties and delays in project implementation must be considered. It is therefore necessary to conduct detailed Environmental Impact Assessment (EIAs), considering all the biotic and abiotic elements of the aquatic environment, while it is imperative to raise public awareness and disseminate knowledge to counteract social reactions and enhance the acceptance of offshore wind energy.

In summary, offshore wind energy can be the leading source of clean, renewable energy in Greece and can contribute to the green transition and the achievement of the targets set by the Greek Government to reduce CO₂ emissions by 55% by 2030 and achieve climate neutrality by 2050.

Key – words: offshore wind energy, climate crisis, renewable energy, floating offshore wind turbines, Mediterranean Sea, wind potential, green transition

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	14
2.1 Ιστορική αναδρομή της αιολικής ενέργειας.....	14
2.2 Υφιστάμενη κατάσταση στην παγκόσμια παραγωγή αιολικής ενέργειας	19
2.3 Εφοδιαστική αλυσίδα.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	42
3.1 Ευρωπαϊκή Πολιτική.....	42
3.2 Θαλάσσιος Χωρικός Σχεδιασμός.....	47
3.2.1 Ανατολική Μεσόγειος	47
3.2.2 Δυτική Μεσόγειος.....	51
3.2.3 Βόρεια Θάλασσα	54
3.2.4 Ατλαντικός.....	60
3.2.5 Βαλτική.....	62
3.2.6 Μαύρη Θάλασσα.....	66
3.3 Νομοθεσία στην Ευρωπαϊκή Ένωση	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	71
4.1 Δομή Υπεράκτιας Ανεμογεννήτριας.....	71
4.2 Στοιχεία Θεμελίωσης Υπεράκτιας Ανεμογεννήτριας	73
4.3 Λειτουργία και Συντήρηση	81
4.3.1 Γενικά Στοιχεία.....	81
4.3.2 Διαφορές μεταξύ παράκτιων και υπεράκτιων αιολικών πάρκων	82
4.4 Περιβαλλοντικοί Παράγοντες	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΘΕΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	93
6.1 Γενικές πληροφορίες	93
6.2 Χάρτης Δυναμικού στην Ελλάδα.....	96
6.3 Περιοχές Natura 2000	100
6.4 Μελέτες για Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.1 Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή

Διάγραμμα 2.1 Νέες εγκαταστάσεις παραγωγής αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη την τελευταία δεκαετία

Διάγραμμα 2.2 Παγκόσμια αθροιστική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας 2001-2021 (σε GW)

Διάγραμμα 2.3 Νέες εγκαταστάσεις αιολικής ενέργεια για το 2021

Διάγραμμα 2.4 Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας για το 2021 ανά περιοχή σε GW

Διάγραμμα 2.5 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς υπεράκτιας αιολικής ενέργειας από το 2009 ως το 2022, σε MW

Διάγραμμα 2.6 Εκτιμήσεις για νέες εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων από το 2022 έως το 2027

Διάγραμμα 2.7 Χώρες με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, σε MW

Διάγραμμα 2.8 Χώρες με τα περισσότερα υπεράκτια αιολικά πάρκα σε λειτουργία, Ιανουάριος 2023

Διάγραμμα 2.9 Χώρες με τα περισσότερα υπεράκτια αιολικά πάρκα Χώρες με τα περισσότερα υπεράκτια αιολικά πάρκα υπό κατασκευή, Ιανουάριος 2023

Διάγραμμα 2.10 Πρόβλεψη για τα πλωτά αιολικά πάρκα που θα κατασκευαστούν μέχρι το 2035 ανά περιοχή, σε MW

Διάγραμμα 2.11 Παγκόσμια παραγωγή βασικών εξαρτημάτων για την παραγωγή αιολικής ενέργειας

Διάγραμμα 2.12 Εγχώρια παραγωγική ικανότητα αιολικής ενέργειας για Κίνα και Ινδία το 2019

Διάγραμμα 2.13 Ορυκτές πρώτες ύλες ανά ποσοστά για την παραγωγή αιολικών πάρκων

Διάγραμμα 2.14 Οι 3 πρώτες χώρες στην παραγωγή ορισμένων ορυκτών πόρων και καυσίμων

Διάγραμμα 3.1 Κατάταξη Ευρωπαϊκών χωρών με βάση το ποσοστό των ΑΠΕ ως προς την συνολική παραγόμενη ενέργεια για το 2020

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Παραδοσιακός ανεμόμυλος στην Ολλανδία

Εικόνα 2.2 Η πρώτη ανεμογεννήτρια που κατασκευάστηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1988

Εικόνα 2.3 Απόσπασμα της Telegraph για το πρώτο αιολικό πάρκο παγκοσμίως, το οποίο δημοσιεύτηκε 24 Απριλίου 1981

Εικόνα 2.4 Το πρώτο υπεράκτιο αιολικό πάρκο στον κόσμο, στο Vindeby της Δανίας

Εικόνα 2.5 Η πρώτη πλωτή ανεμογεννήτρια μεγάλης ισχύος, στις ακτές της Νορβηγίας

Εικόνα 4.1α Δομικά στοιχεία ανεμογεννήτριας

Εικόνα 4.1.β Δομικά στοιχεία ανεμογεννήτριας

Εικόνα 4.2 Φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες

Εικόνα 4.3 Τύποι θεμελίων σε υπεράκτιες ανεμογεννήτριες

Εικόνα 4.4 Πυλώνας (Monopile)

Εικόνα 4.5 Βάση (θεμέλιο) βαρύτητας σκυροδέματος

Εικόνα 4.6 Τρίποδο

Εικόνα 4.7 Μεταλλικό θεμέλιο

Εικόνα 4.8 Δοκός – Πλωτήρας (Spar Buoy)

Εικόνα 4.9 Ημι-βυθιζόμενο (Semi – Submersible)

Εικόνα 4.10 Προσέγγιση σε υπεράκτια ανεμογεννήτρια με ελικόπτερο

Εικόνα 4.11 Προσέγγιση σε υπεράκτια ανεμογεννήτρια με σκάφος

Εικόνα 5.1 Δίκτυο μεταφοράς ενέργειας υπεράκτιων ανεμογεννητριών

Εικόνα 5.2 Δίκτυο μεταφοράς ενέργειας υπεράκτιων αιολικών πάρκων

Εικόνα 6.1 Παραγωγή ενέργειας ανά πηγή για το 2021 στην Ελλάδα

Εικόνα 6.2 Δυνατότητες εγκατάστασης υπεράκτιας αιολικής ισχύος στην Ελλάδα, σε GW

Εικόνα 6.3 Αιολικό δυναμικό στις Ελληνικές θάλασσες

Εικόνα 6.4 Μέση ετήσια πυκνότητα υπεράκτιας αιολικής

Εικόνα 6.5 Χάρτης διακύμανσης ανέμου στη Μεσόγειο Θάλασσα

Εικόνα 6.6 Χάρτης περιοχών Natura 2000 στην Ελλάδα

Εικόνα 6.7 Πυκνότητα των θαλασσίων οδών στη Μεσόγειο

Εικόνα 6.8 Περιοχές στη Μεσόγειο Θάλασσα, με άνεμο έντασης μεγαλύτερο από 5 m/s σε βάθη από 20 έως 50 μέτρα

Εικόνα 6.9 Πυκνότητα ειδών όλων των μόνιμων θαλάσσιων θηλαστικών στη Μεσόγειο

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 2.1 Χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή αιολικής ενέργειας σε (TWh)

Χάρτης 2.2 Χώρες με τη μεγαλύτερη κατά κεφαλήν παραγωγή ενέργειας (MWh)

Χάρτης 2.3 Χώρες που η αιολική ενέργεια καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο ως προς τις ΑΠΕ

Χάρτης 2.4 Χώρες που η αιολική ενέργεια καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο ως προς τη συνολική παραγόμενη ενέργεια

Χάρτης 2.5 Τα 9 μεγαλύτερα υπεράκτια αιολικά πάρκα παγκοσμίως

Χάρτης 2.6 Οι 10 μεγαλύτερες εταιρείες κατασκευής ανεμογεννητριών

Χάρτης 3.1 Θαλάσσιες Λεκάνες της Ευρώπης

Χάρτης 3.2 Κατάταξη χωρών ΕΕ με βάση το ποσοστό των ΑΠΕ ως προς τη συνολική παραγόμενη ενέργεια για το 2021

Χάρτης 3.3 Χάρτης Ανατολικής Μεσογείου

Χάρτης 3.4 ΑΟΖ Ανατολικής Μεσογείου

Χάρτης 3.5 Χάρτης Δυτικής Μεσογείου

Χάρτης 3.6 Χάρτης με τις θάλασσες της Μεσογείου

Χάρτης 3.7 Χάρτης Βόρειας Θάλασσας

Χάρτης 3.8 Υπάρχουσες χρήσεις και δραστηριότητες στη Βόρεια Θάλασσα

Χάρτης 3.9 Ελεύθερος χώρος με βάθος <55 μέτρων για εγκατάσταση αιολικών πάρκων στη Βόρεια Θάλασσα

Χάρτης 3.10 Χωρικός Σχεδιασμός αιολικών πάρκων στη Βόρεια Θάλασσα, πριν και μετά το 2030

Χάρτης 3.11 Χαρακτηρισμένες ζώνες Natura 2000 στην ΑΟΖ της Γερμανίας στη Βόρεια Θάλασσα

Χάρτης 3.12 Χάρτης Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού στη Βόρεια Θάλασσα

Χάρτης 3.13 Χάρτης Ευρωπαϊκού Ατλαντικού

Χάρτης 3.14 Θαλάσσιες Ζώνες Ατλαντικού

Χάρτης 3.15 Χάρτης Βαλτικής Θάλασσας

Χάρτης 3.16 ΑΟΖ και χρήσεις Βαλτικής Θάλασσας

Χάρτης 3.17 Χάρτης Μαύρης Θάλασσας

Χάρτης 3.18 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός στη Μαύρη Θάλασσα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή αιολικής ενέργειας για το 2021

Πίνακας 2.2 Οι χώρες με το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής αιολικής ενέργειας

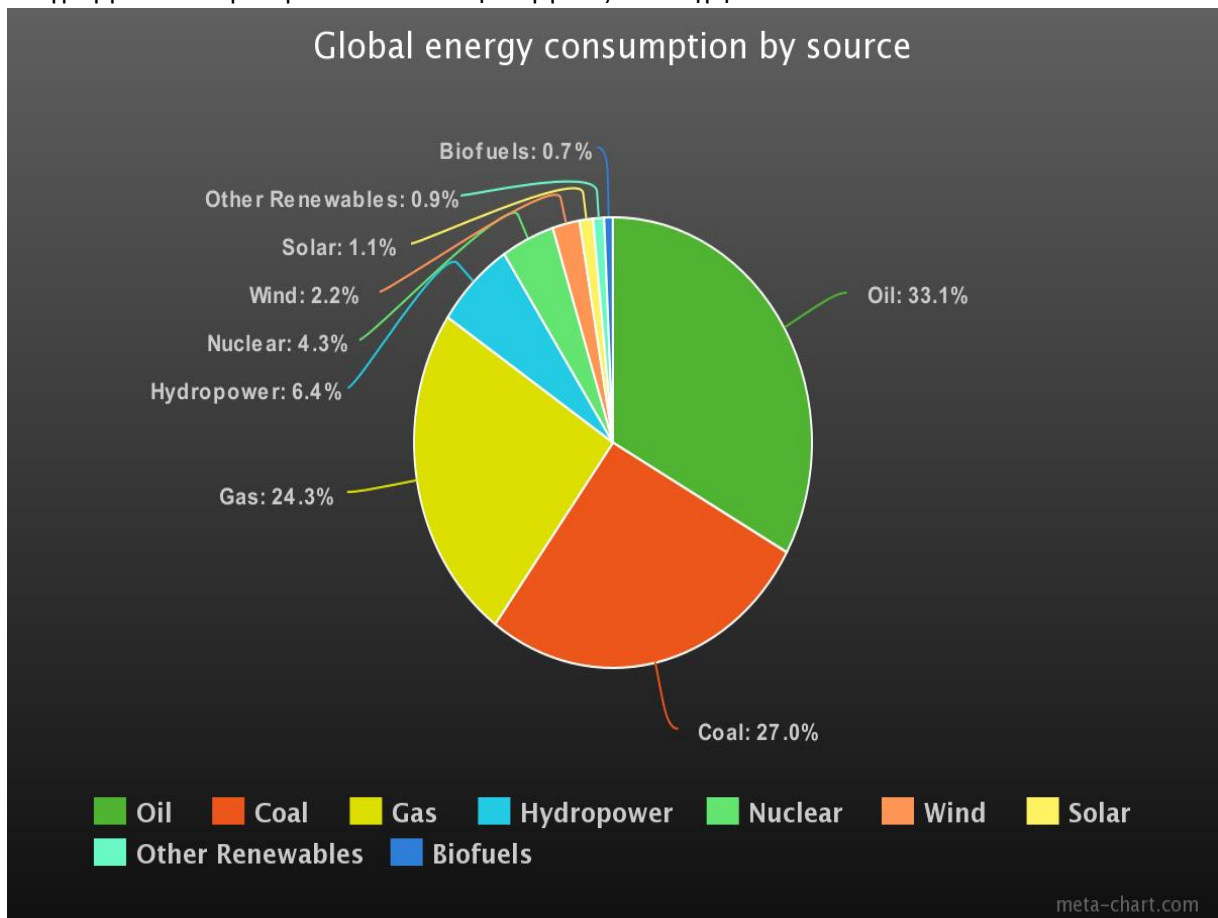
Πίνακας 2.3 Τα 9 μεγαλύτερα αιολικά πάρκα

Πίνακας 2.4 Οι 10 μεγαλύτερες εταιρείες κατασκευής ανεμογεννητριών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Κλιματική Κρίση που απειλεί σήμερα τον πλανήτη μας, έχει καταστήσει αναγκαία την αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές (αιολική, ηλιακή κ.α.) για την παραγωγή ενέργειας. Το παγκόσμιο σχέδιο δράσης – όπως έχει κυρωθεί στη Συμφωνία του Παρισιού το 2016, στο πλαίσιο της Σύμβασης Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή – είναι η διατήρηση της ανόδου της θερμοκρασίας της Γης κάτω από 1,5 °C (μέχρι το 2100) σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει δεσμευτεί να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη οικονομία και κοινωνία έως το 2050, ενώ παράλληλα έχει δεσμευτεί, να μειώσει μέχρι το 2030 τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά τουλάχιστον 55% σε σχέση με το 1990. Στην εικόνα 1.1 που ακολουθεί μας δίνεται η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά μονάδα παραγωγής για το 2019.

Διάγραμμα 1.1 Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή



Πηγή: (<https://ourworldindata.org/energy-overview>)

Όπως παρατηρείται από το διάγραμμα 1.1, το 84,3% της παγκόσμιας ενέργειας παράγεται από ορυκτά καύσιμα (33,1% πετρέλαιο, 27% άνθρακας και 24,3% φυσικό αέριο). Συνεπώς, ο δρόμος που πρέπει να διανύσουμε για την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας το 2050 στην Ευρώπη και την αντικατάσταση του 84,3% με άλλες μορφές καθαρής – πράσινης - ενέργειας δεν θα είναι καθόλου εύκολος και χρειάζονται ριζικές μεταρρυθμίσεις.

Η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί μονόδρομο για την απεξαρτοποίηση από τα ορυκτά καύσιμα. Η μικρή έως σήμερα ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων παγκοσμίως (λαμβάνοντας υπόψιν ότι η θάλασσα καταλαμβάνει περισσότερο από το 70% της επιφάνειας της Γης), αφήνει πολλά περιθώρια αύξησης του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών στο ενεργειακό μερίδιο παγκοσμίως και είναι επιτακτική ανάγκη η όσο το δυνατόν ταχύτερη και αποτελεσματικότερη εγκατάστασή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 Ιστορική αναδρομή της αιολικής ενέργειας

Η εκμετάλλευση του ανέμου από τον άνθρωπο για την παραγωγή ενέργειας ξεκινάει περίπου το 5.000 π.Χ., όταν τα πρώτα πλοία, χρησιμοποιούσαν τον άνεμο για να πλεύσουν κατά μήκος του Νείλου. Γύρω στο 200 π.Χ. απλοί ανεμόμυλοι χρησιμοποιούνταν για την άντληση νερού στην Κίνα, ενώ στην Περσία και την ευρύτερη περιοχή της Μέσης Ανατολής χρησιμοποιούνταν ανεμόμυλοι και για το άλεσμα των σιτηρών. Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας σε ευρεία κλίμακα έγινε τον 11^ο αιώνα, όταν οι έμποροι και οι σταυροφόροι που επέστρεφαν από τη Μέση Ανατολή, μετέδιδαν τις ιδέες αυτές στην υπόλοιπη Ευρώπη (EIA, 2022). Η Ολλανδία τελειοποίησε τους ανεμόμυλους για την αποστράγγιση των λιμνών και των ελών του Δέλτα του Ρήνου.

Εικόνα 2.1 Παραδοσιακός ανεμόμυλος στην Ολλανδία

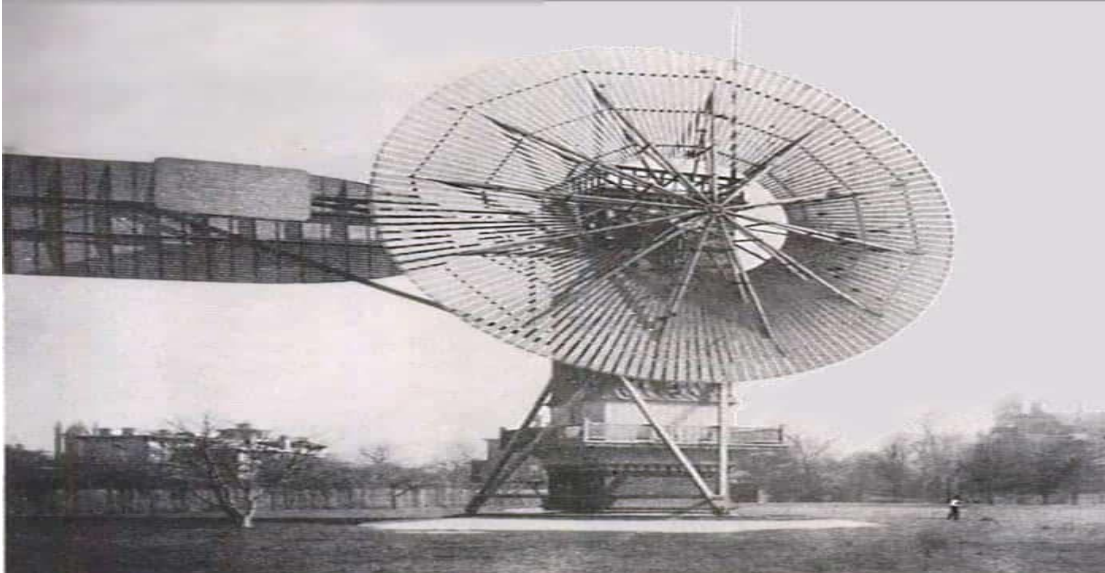


Πηγή: <https://theculturetrip.com/europe/the-netherlands/articles/the-most-iconic-windmills-in-the-netherlands/>

Οι Ευρωπαίοι μετανάστες μετέφεραν την τεχνολογία της αιολικής ενέργειας και στη Βόρεια Αμερική, όπου αρχικά οι Αμερικάνοι άποικοι χρησιμοποιούσαν τους ανεμόμυλους για να αλέθουν σιτηρά, να αντλούν νερό και να κόβουν ξύλα σε πριονιστήρια. Η πρώτη ανεμογεννήτρια που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάστηκε από τον καθηγητή James Blyth στη Σκωτία το 1887, ενώ το 1988 κατασκευάστηκε στο Κλίβελαντ του

Οχάιο η πρώτη ανεμογεννήτρια στην Αμερική από τον καθηγητή Charles Brush (The Guardian, 2008).

Εικόνα 2.2 Η πρώτη ανεμογεννήτρια που κατασκευάστηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1888



Πηγή: <https://www.trvst.world/renewable-energy/the-history-of-wind-energy/>

Στην Ευρώπη, η χώρα που αξιοποίησε περισσότερο από κάθε άλλη την αιολική ενέργεια εκείνη την εποχή, ήταν η Δανία. Ο Δανός επιστήμονας Poul la Cour, ανακάλυψε ότι οι ανεμογεννήτριες με λιγότερα πτερύγια επιτυγχάνουν πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής συγκριτικά με αυτές με πολλαπλά πτερύγια, συνεπώς είναι και πιο αποδοτικές (Renewable Energy World, 2014). Ο Poul la Cour, ίδρυσε το 1903 τη 'Society Wind of Electricians' σε μια προσπάθεια να τροφοδοτήσει με ηλεκτρική ενέργεια τις αγροτικές περιοχές, ενώ το 1904 διοργάνωσε το πρώτο μάθημα σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρισμού από την αιολική ενέργεια. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η Δανία αριθμούσε περισσότερους από 2.000 ανεμόμυλους με συνδυασμένη μέγιστη ισχύ 30 mW οι οποίοι χρησιμοποιούνταν για μηχανικούς σκοπούς όπως το άλεσμα των σιτηρών και η άντληση νερού, ενώ από το 1908, είχε ήδη οικοδομηθεί ένα αποκεντρωμένο σύστημα για τον εξηλεκτισμό της χώρας, με 72 ανεμογεννήτριες με ισχύ από 5 έως 25 kW (Renewable Energy World, 2014).

Την ίδια περίοδο, η αξιοποίηση των ανεμογεννητριών για την παραγωγή ενέργειας στην Αμερική προχωρούσε με γοργούς ρυθμούς και σχεδιάζονταν ακόμα μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες, ικανές για να παράγουν επαρκή ποσότητα ενέργειας για την τροφοδότηση του φωτισμού. Το

1927 ο Joe και ο Marcellus Jacobs, ανοίξανε το εργοστάσιο Jacobs Wind στη Μινεάπολη της Μινεσότα, για τη φόρτιση των μπαταριών και την τροφοδοσία του φωτισμού σε αγροκτήματα που δεν είχαν πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας (The Guardian, 2008). Τη δεκαετία του 1930 όμως ο αριθμός των ανεμογεννητριών μειώθηκε, καθώς τα προγράμματα αγροτικού εξηλεκτρισμού που εφαρμόστηκαν, τροφοδότησαν τις περισσότερες αγροτικές περιοχές της χώρας.

Η πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970, έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως. Οι χώρες αναζήτησαν εναλλακτικές πηγές ενέργειας και η αιολική ενέργεια γνώρισε μεγάλη ακμή, καθώς κατασκευάστηκαν μεγαλύτερες ανεμογεννήτριες καλύτερων αποδόσεων. Στις ΗΠΑ υπήρξε εκτεταμένη έρευνα και στις αρχές της δεκαετίας του 1980, εγκαταστάθηκαν χιλιάδες ανεμογεννήτριες στα δυτικά παράλια της χώρας, στην πολιτεία της Καλιφόρνια, ενώ κατασκευάστηκε και το πρώτο αιολικό πάρκο παγκοσμίως, στο New Hampshire στα βορειοανατολικά της χώρας. Το αιολικό πάρκο αυτό αποτελούνταν από 20 ανεμογεννήτριες ισχύος 30 kW η καθεμία (The Guardian, 2008).

Εικόνα 2.3 Απόσπασμα της Telegraph για το πρώτο αιολικό πάρκο παγκοσμίως, το οποίο δημοσιεύτηκε 24 Απριλίου 1981



Πηγή: <https://granitegeek.concordmonitor.com/2016/02/24/remembering-worlds-first-wind-farm-new-hampshire/>

Παράλληλα, η πετρελαϊκή κρίση ανάγκασε και την Ευρώπη να επενδύσει περαιτέρω στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας. Το 1991 κατασκευάζεται το πρώτο αιολικό πάρκο στο Ηνωμένο Βασίλειο, στο νοτιοδυτικότερο τμήμα του, στην περιοχή της Κορνουάλης (Renewable Energy World, 2014). Η Ευρωπαϊκή χώρα που πρωτοπορεί όμως – όπως και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα - είναι η Δανία, καθώς το 1991 κατασκευάζεται στο Vindeby, στο νότιο τμήμα της χώρας, το πρώτο υπεράκτιο αιολικό πάρκο παγκοσμίως με 11 ανεμογεννήτριες, ισχύος 450 kW η καθεμία (The Guardian, 2008).

Εικόνα 2.4 Το πρώτο υπεράκτιο αιολικό πάρκο στον κόσμο, στο Vindeby της Δανίας



Πηγή: <https://www.pmi.org/learning/library/top-50-projects-vindeby-offshore-wind-farm-11722>

Τα επόμενα χρόνια η απόδοση των ανεμογεννητριών βελτιώνεται ακόμα περισσότερο. Μεταξύ του 1995-2000, κατασκευάζονται ανεμογεννήτριες, των οποίων οι ρότορες φτάνουν έως και τα 50 μέτρα διάμετρο και έχουν ισχύ 750 kW, 10 φορές δηλαδή μεγαλύτερη από την ισχύ που είχαν πριν μια δεκαετία (Renewable Energy World, 2014). Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 διεισδύει δυναμικά και η Κίνα στην κατασκευή ανεμογεννητριών και στην παραγωγή αιολικής ενέργειας, ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες, υπάρχουν 97 αιολικά πάρκα με εγκατεστημένη ισχύς 2.554 mW, επαρκή για την τροφοδότηση 592.000 νοικοκυριών.

Στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, η εγκατάσταση αιολικών πάρκων συνεχίζεται με αμείωτους ρυθμούς. Το 2003 εγκαθίσταται το North Hoyle, το πρώτο υπεράκτιο αιολικό πάρκο στο Ηνωμένο Βασίλειο (The Guardian, 2008). Βρίσκεται 7-8 χιλιόμετρα ανοικτά των ακτών της βόρειας Ουαλίας και έχει 30 ανεμογεννήτριες 2 mW ισχύος η κάθε μια. Παράλληλα το 2007, ανακοινώνονται τα σχέδια για την εγκατάσταση χιλιάδων υπεράκτιων αιολικών πάρκων, ικανών να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια για κάθε σπίτι του Ηνωμένου Βασιλείου μέχρι το 2020.

Το 2009 αποτελεί μια χρονιά ορόσημο, καθώς κατασκευάζεται στα ανοικτά των Νορβηγικών ακτών η πρώτη πλωτή ανεμογεννήτρια μεγάλης ισχύος (2,3 mW), η Hywind. Αρχικά συναρμολογήθηκε στα πιο ήρεμα νερά του φιόρδ Åmøy και στη συνέχεια εγκαταστάθηκε περίπου 10 χιλιόμετρα (7 μίλια) δυτικά του νησιού Karmøy στη βόρεια θάλασσα (Phys.org, 2008). Το ύψος της φτάνει τα 65 μέτρα, ζυγίζει 5.300 τόνους και η πλωτή βάση στην οποία στηρίζεται, είναι αγκυροβολημένη στο βυθό με τρία καλώδια. Στο εσωτερικό της εξέδρας έχουν τοποθετηθεί νερό και πέτρες για την διατήρηση της ισορροπίας, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι παρέμεινε άθικτη από ανέμους που έπνεαν με ταχύτητα 40 m/s και από κύματα ύψους 19 μέτρων (Corewind, 2020).

Εικόνα 2.5 Η πρώτη πλωτή ανεμογεννήτρια μεγάλης ισχύος, στις ακτές της Νορβηγίας

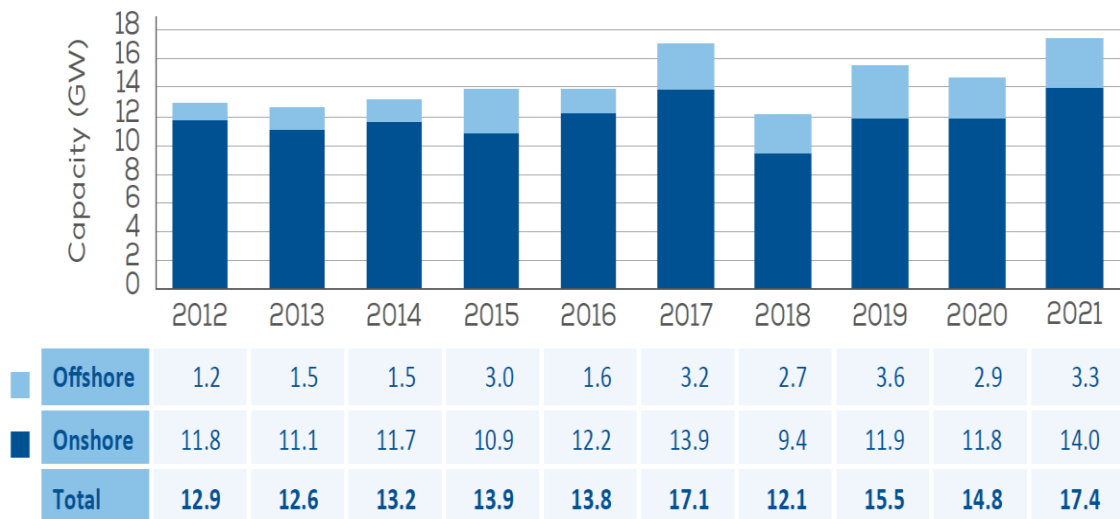


Πηγή: (https://en.wikipedia.org/wiki/Floating_wind_turbine#/media/File:Hywind.jpg)

Την δεκαετία του 2010, η Κίνα γίνεται η χώρα που παράγει την περισσότερη αιολική ενέργεια από οποιαδήποτε άλλη στον κόσμο ξεπερνώντας τις Ηνωμένες Πολιτείες (Renewable Energy World, 2014), ενώ και στην Ευρώπη παρατηρείται σταδιακή αύξηση της εγκατάστασης ανεμογεννητριών, όχι μόνο στη στεριά αλλά και υπεράκτια (Wind Europe, 2022a).

Διάγραμμα 2.1 Νέες εγκαταστάσεις παραγωγής αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη την τελευταία δεκαετία

Annual new wind installations in Europe, 2012-21



Source: WindEurope

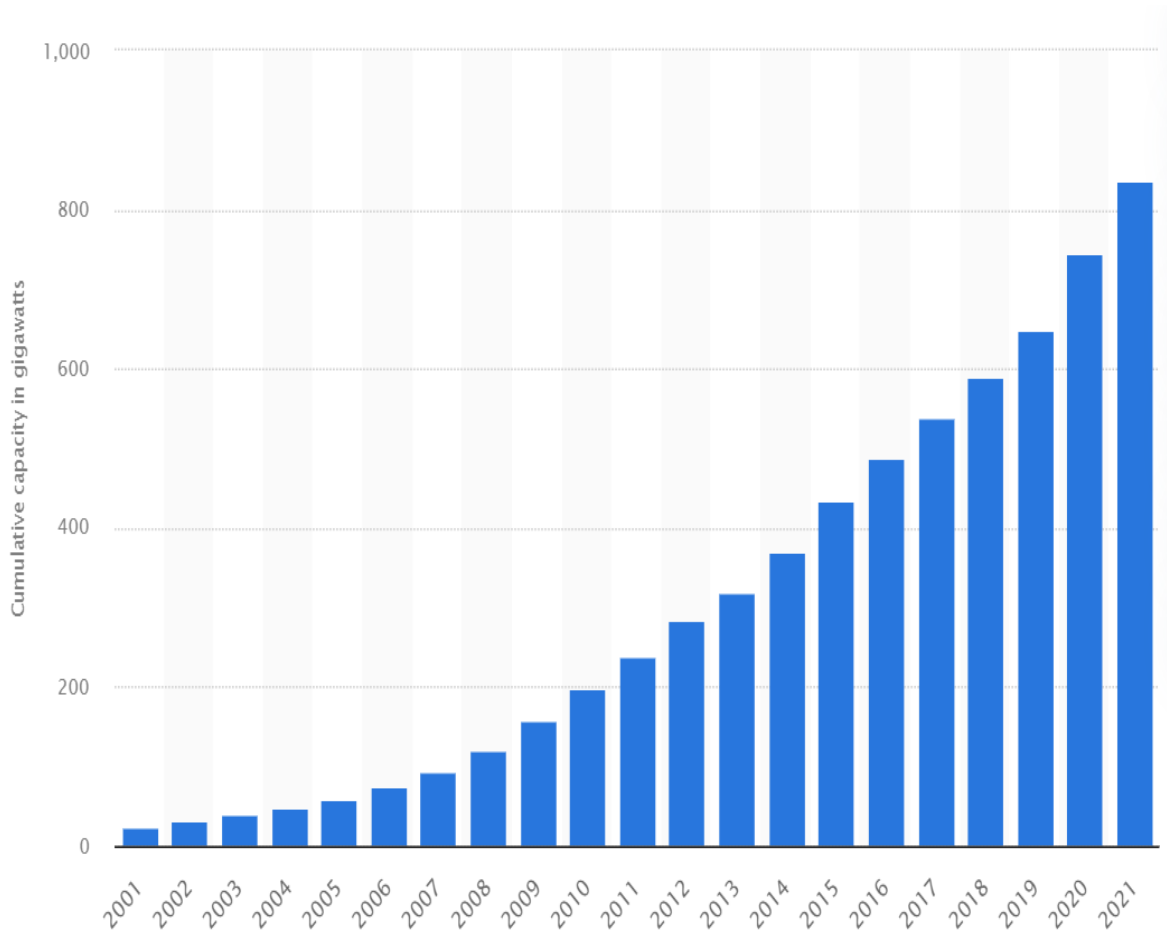
Πηγή: (<https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2021-statistics-and-the-outlook-for-2022-2026/>)

2.2 Υφιστάμενη κατάσταση στην παγκόσμια παραγωγή αιολικής ενέργειας

Για το 2021, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας παγκοσμίως ανήλθε στα 837 GW, 12,4% υψηλότερη από αυτήν του 2020, με τις νέες εγκαταστάσεις να έχουν ισχύ 94 GW (GWEC, 2022). Αυτή είναι η 2^η μεγαλύτερη ετήσια αύξηση στην ιστορία (-1,8% μικρότερη από αυτήν του 2020). Οι νέες χερσαίες εγκαταστάσεις στην Ευρώπη, τη Λατινική Αμερική, την Αφρική και στις χώρες της Μέσης Ανατολής για το 2021, ήταν περισσότερες από κάθε άλλο έτος, ενώ στις 2 μεγαλύτερες χώρες παραγωγούς, την Κίνα και τις Ηνωμένες Πολιτείες, παρουσιάστηκε μια μικρή μείωση σε σχέση με το 2020 (GWEC, 2022). Στο διάγραμμα 2.2 που ακολουθεί, δίνεται η

παγκόσμια αθροιστική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας από το 2001 έως το 2021 (Statista, 2022).

Διάγραμμα 2.2 Παγκόσμια αθροιστική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας 2001-2021 (σε GW)



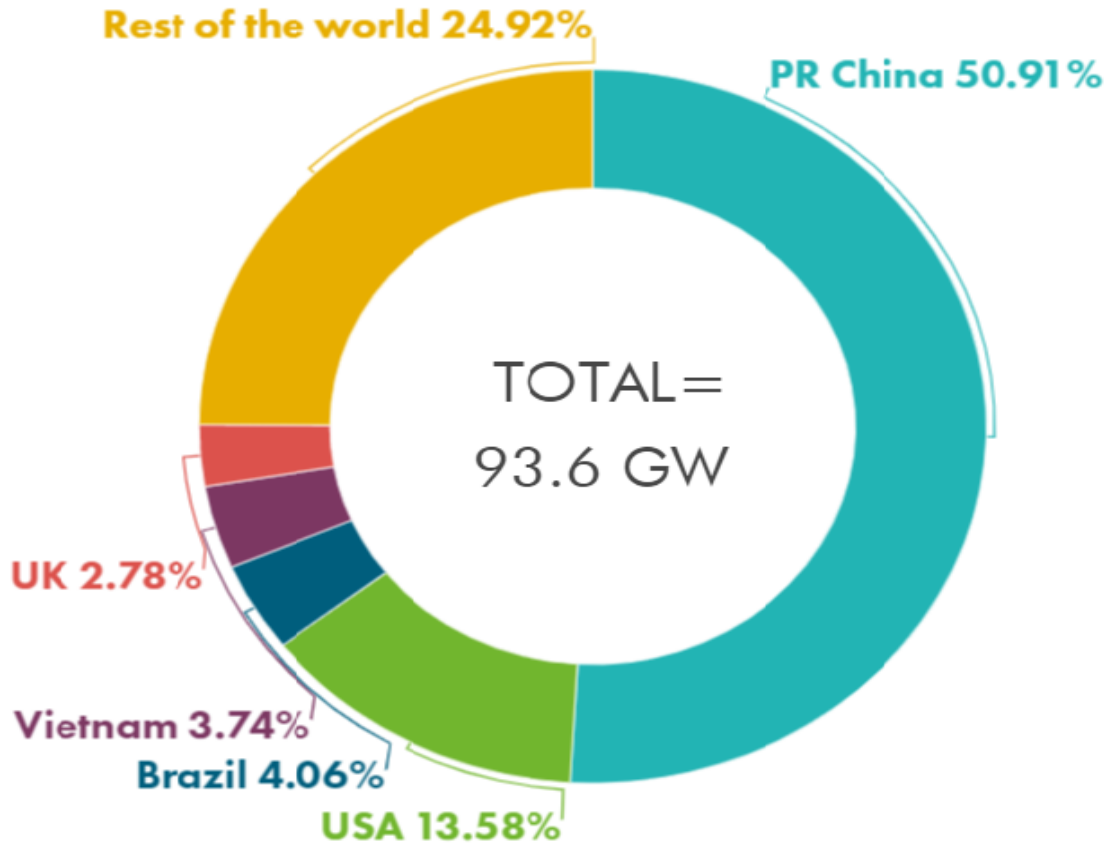
Πηγή: (<https://www.statista.com/statistics/268363/installed-wind-power-capacity-worldwide/>)

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 2.2 η ετήσια αύξηση τα τελευταία 20 χρόνια είναι σταδιακή. Η συνολική παραγωγή αιολικής ενέργειας ανήλθε στα 1.696,4 TWh, με την Κίνα να είναι η χώρα η οποία όχι μόνο παράγει περισσότερη αιολική ενέργεια από οποιαδήποτε άλλη στον πλανήτη μας, αλλά ήταν υπεύθυνη και για το 50% των νέων εγκαταστάσεων για το 2021 (GWEC, 2022).

Στο διάγραμμα 2.3 δίνονται οι νέες εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας παγκοσμίως για το 2021, ενώ στον πίνακα 2.1, δίνονται οι χώρες οι οποίες παρήγαγαν τα περισσότερα MW από αιολική ενέργεια παγκοσμίως για το 2021 (World Population Review, 2023).

Διάγραμμα 2.3 Νέες εγκαταστάσεις αιολικής ενέργεια για το 2021

Total global new wind power installations in 2021



Πηγή: (<https://gwec.net/global-wind-report-2022/>)

Πίνακας 2.1 Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή αιολικής ενέργειας για το 2021

Rank	Country	Actual Wind Energy Production (TWh)	Wind Energy Production per Capita (MWh)	Percentage of Wind Energy to Total Renewables (%)	Percentage of Wind Energy to Total Energy Power (%)
1	China	466,5	0,327	26,4	7,5
2	United States	341,4	1,004	43,3	9,1
3	Germany	132,1	1,586	47,4	19,9
4	United Kingdom	75,4	1,113	52,8	21,1

5	India	60,4	0,042	41,3	4,2
6	Brazil	57,1	0,264	13,5	11,3
7	Spain	56,4	1,187	49,7	23,2
8	France	39,7	0,613	11	7
9	Canada	35,6	0,918	8,2	5,6
10	Sweden	27,5	2,591	25,4	16
11	Turkey	24,8	0,289	23,3	10
12	Australia	22,6	0,855	27,7	9
13	Mexico	19,7	0,153	23,7	7
14	Italy	18,6	0,316	19,4	7
15	Denmark	16,3	2,758	71,3	47,8
16	Poland	15,8	0,385	43,7	9
17	Netherlands	15,3	0,868	44,8	14,8
18	Belgium	12,8	1,095	55,2	12,7
19	Portugal	12,3	1,200	45,8	27
20	Ireland	11,5	2,274	58,5	32,7
21	Norway	9,9	1,808	8,1	8
22	Argentina	9,4	0,205	27,3	9
23	Greece	9,3	0,899	68,3	19,8
24	Finland	8	1,443	27,1	11,4
25	Japan	7,8	0,063	3,9	0,87

Πηγή: (<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/wind-power-by-country>)

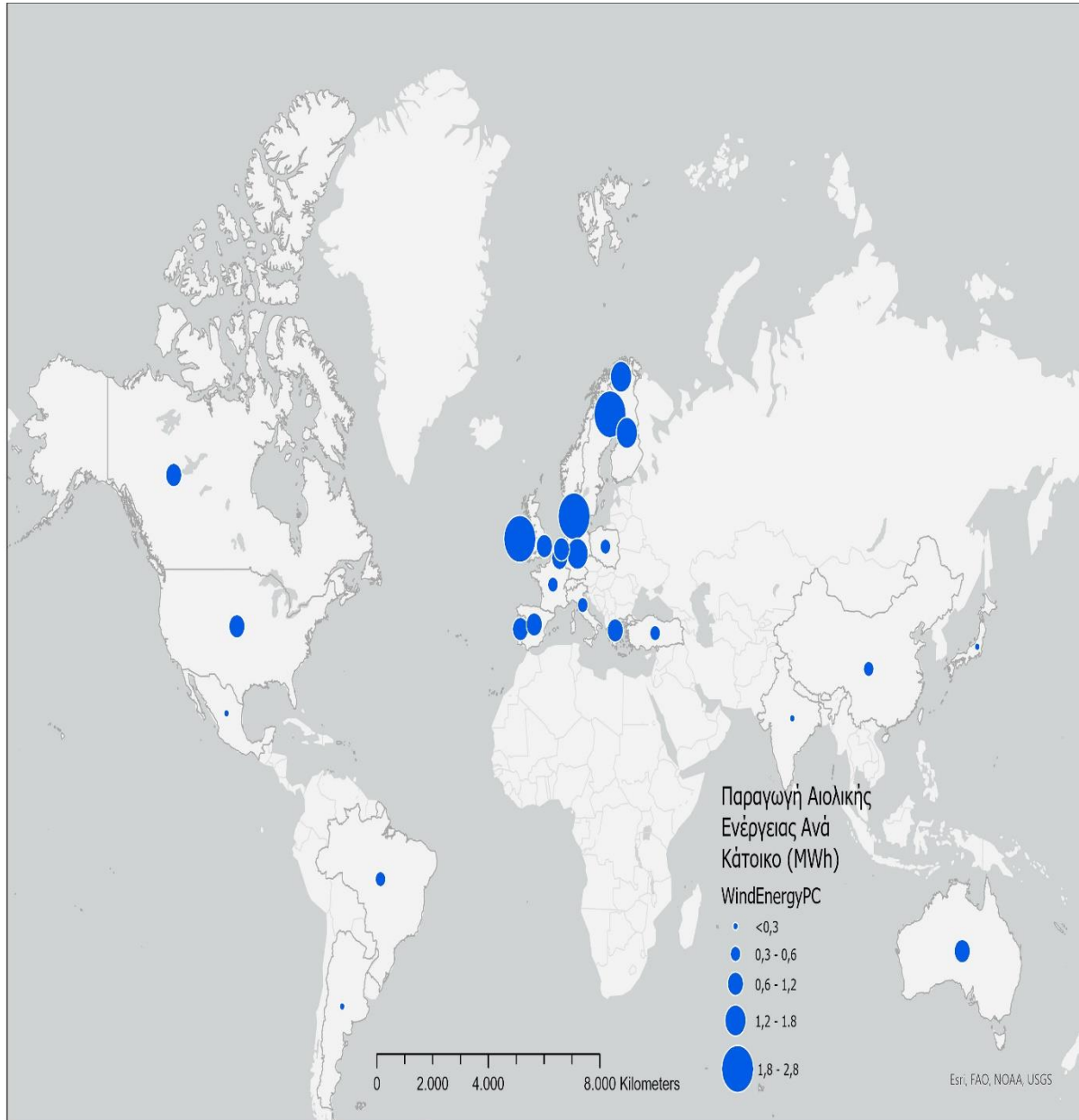
Όπως βλέπουμε από τον πίνακα 2.1, η Κίνα και οι Ηνωμένες Πολιτείες παράγουν περίπου το 50% της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως, με την Ελλάδα να καταλαμβάνει την 23^η θέση, αριθμός αρκετά ικανοποιητικός συγκριτικά με το μέγεθος της χώρας.

Χάρτης 2.1 Χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή αιολικής ενέργειας σε (TWh)



Όσον αφορά την κατά κεφαλήν παραγωγή αιολικής ενέργειας, η μεγαλύτερη αναλογία συναντάται στη Δανία, τη Σουηδία και την Ιρλανδία, ενώ η μικρότερη στην Ιαπωνία, την Ινδία και το Μεξικό.

Χάρτης 2.2 Χώρες με τη μεγαλύτερη κατά κεφαλήν παραγωγή ενέργειας (MWh)



Επιπρόσθετα, οι χώρες στις οποίες η αιολική ενέργεια καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται συνολικά, είναι η Δανία, η Ελλάδα και η Ιρλανδία, ενώ το μικρότερο μερίδιο παρατηρείται στην Ιαπωνία, τη Νορβηγία και τον Καναδά. Στην τελευταία στήλη, αναγράφεται το μερίδιο της αιολικής ενέργειας ως προς τη συνολική παραγόμενη ενέργεια, με τα υψηλότερα ποσοστά να καταγράφονται στην Δανία, την Ιρλανδία και την Ισπανία και τα μικρότερα στην Ιαπωνία, την Ινδία και τον Καναδά.

Χάρτης 2.3 Χώρες που η αιολική ενέργεια καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο ως προς τις ΑΠΕ



Στον πίνακα 2.1 όμως αναφέρονται οι 25 χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή αιολικής ενέργειας, συνεπώς χώρες στις οποίες η αιολική ενέργεια καταλαμβάνει μεγαλύτερο ποσοστό στο ενεργειακό μείγμα δεν αναγράφονται, καθώς έχουν μικρότερη συνολική παραγωγή. Ο πίνακας 2.2 που ακολουθεί είναι πιο αντιπροσωπευτικός, όσον αφορά το μερίδιο της αιολικής ως προς την συνολική παραγόμενη ενέργεια για το 2021 (Ember Climate, 2022).

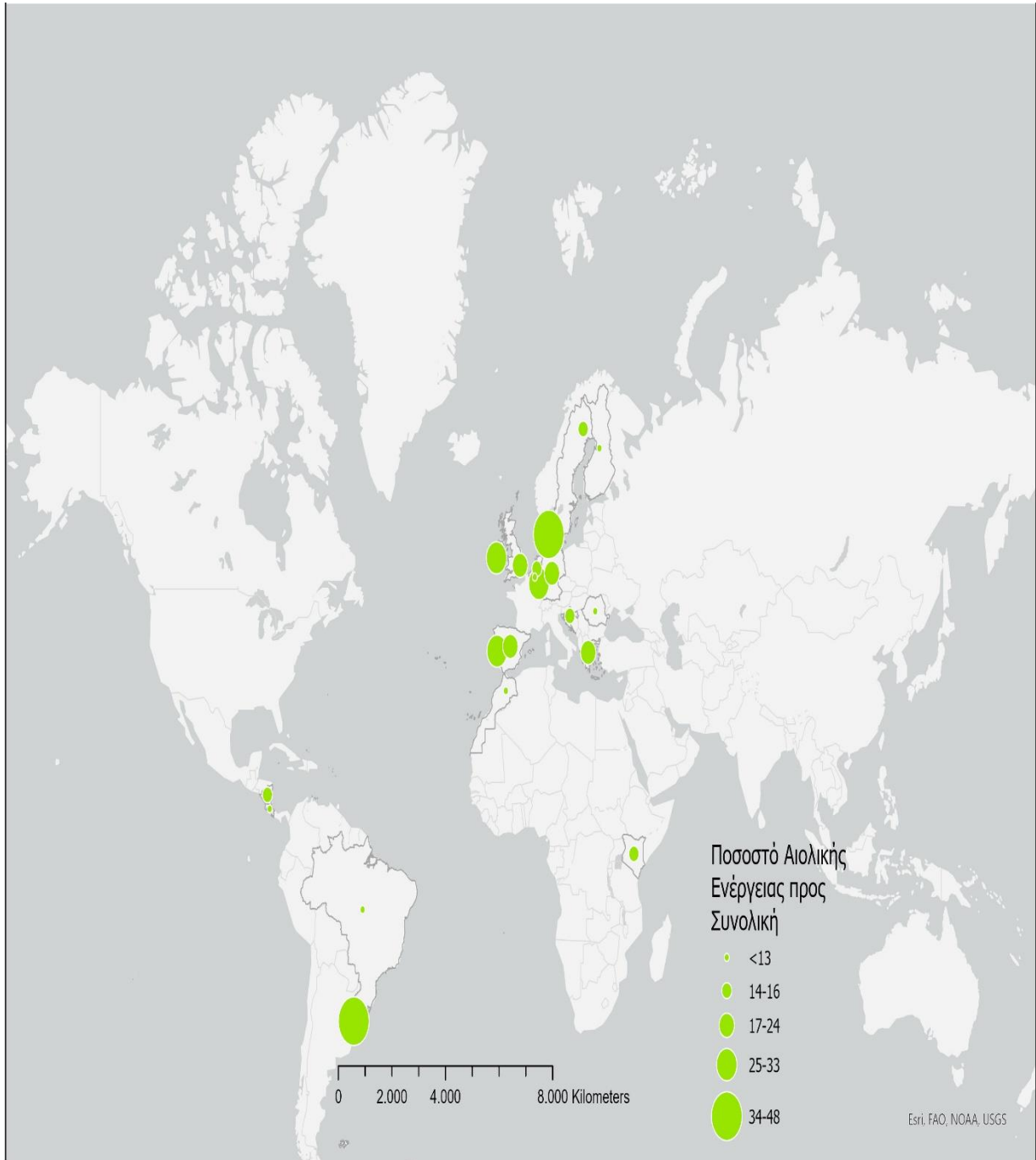
Πίνακας 2.2 Οι χώρες με το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής αιολικής ενέργειας

Rank	Country	Percentage of electricity generated by wind
1	Denmark	47,8%
2	Uruguay	43%
3	Ireland	32,7%
4	Portugal	27%
5	Luxembourg	25,4%
6	Spain	23,2%
7	United Kingdom	21,1%
8	Germany	19,9%
9	Greece	19,8%
10	Kenya	16%
11	Sweden	16%
12	Nicaragua	15,2%
13	Netherlands	14,8%
14	Croatia	13,9%
15	Belgium	12,7%
16	Costa Rica	12,4%
17	Morocco	12,4%
18	Finland	11,4%
19	Brazil	11,3%
20	Romania	11,1%

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 2.2 η Δανία, η Ουρουγουάη και η Ιρλανδία είναι οι χώρες στις οποίες η αιολική ενέργεια αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μερίδιο στη συνολική παραγωγή ενέργειας. Παρατηρείται επίσης, ότι οι χώρες όπως η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Ινδία, ενώ είναι πρωτοπόρες στην παραγωγή αιολικής ενέργειας, σε ποσοστό όμως ως προς τη συνολική ενέργεια που παράγουν, βρίσκονται αρκετά χαμηλά. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 9^η θέση

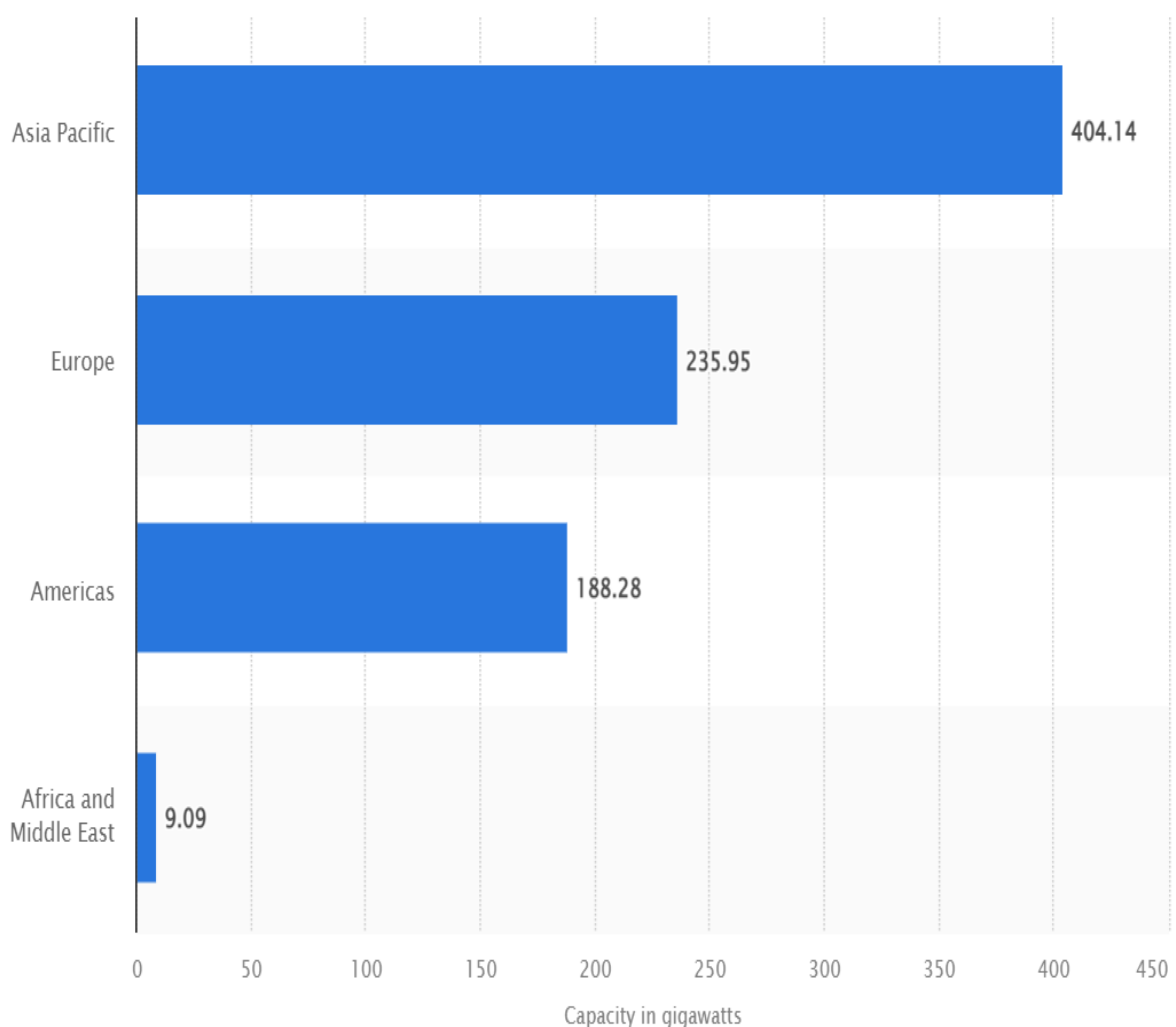
παγκοσμίως, με το ποσοστό της αιολικής ενέργειας που παράγεται να αποτελεί στο 19,8% της συνολικής κατανάλωσης, αλλά όπως θα δούμε και στη συνέχεια υπάρχουν πολλά περιθώρια για περαιτέρω αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της χώρας μας.

Χάρτης 2.4 Χώρες που η αιολική ενέργεια καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο ως προς τη συνολική παραγόμενη ενέργεια



Στο διάγραμμα 2.4 δίνεται η εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας ανά γεωγραφική περιοχή για το 2021 (Statista, 2023a).

Διάγραμμα 2.4 Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας για το 2021 ανά περιοχή σε GW



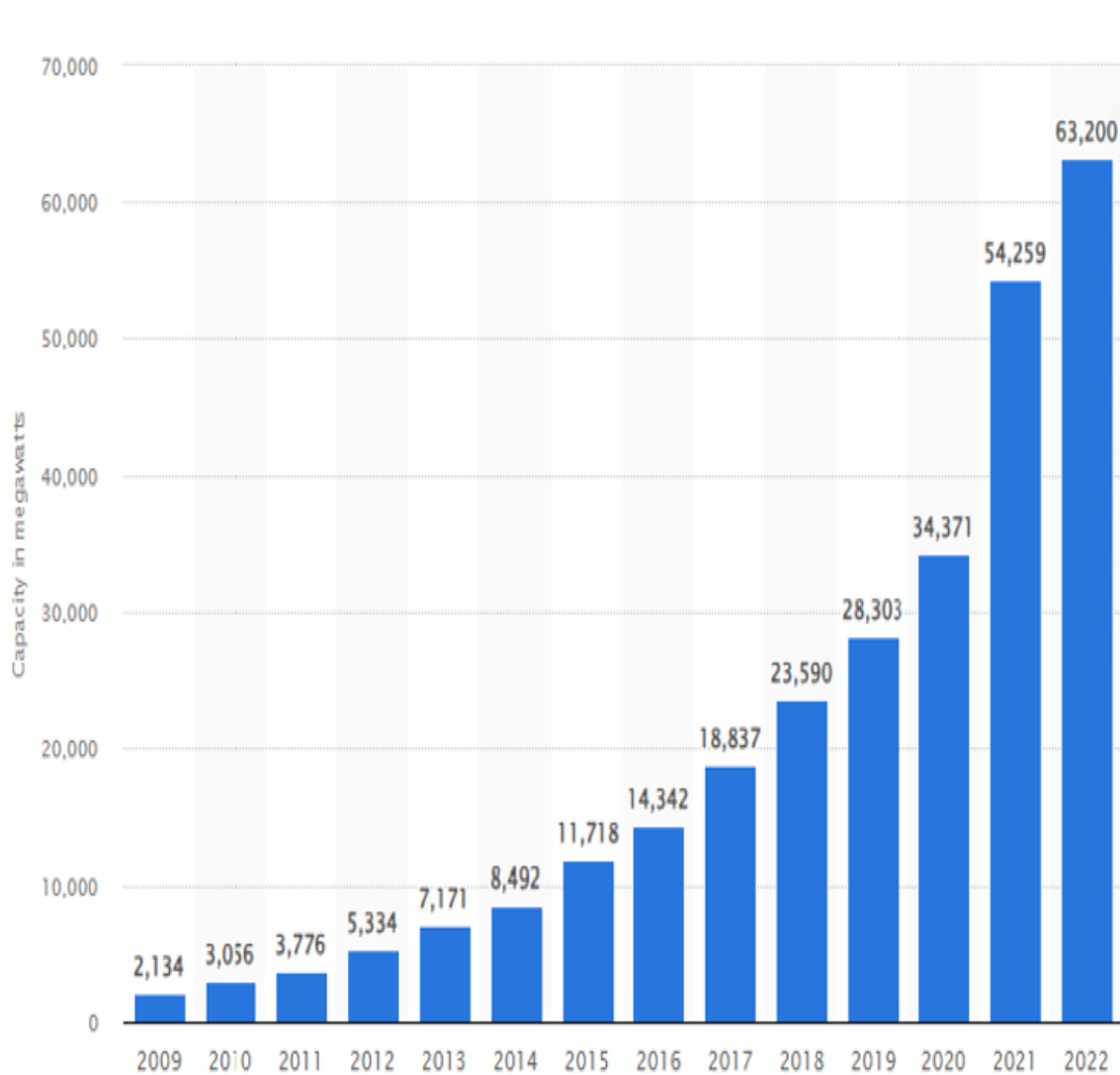
Πηγή: (<https://www.statista.com/statistics/272914/global-installed-wind-power-capacity-by-region/>)

Όπως βλέπουμε από το διάγραμμα 2.4, σχεδόν η μισή αιολική ενέργεια παγκοσμίως παράγεται στην Ασία (εξαιρούνται οι χώρες της Μέσης Ανατολής) και τα νησιά του Ειρηνικού, ενώ σχεδόν μόλις 1% της αιολικής ενέργειας παράγεται στην Αφρική και στις χώρες της Μέσης Ανατολής.

Όσον αφορά την υπεράκτια αιολική ενέργεια, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Στο διάγραμμα 2.5, δίνεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από

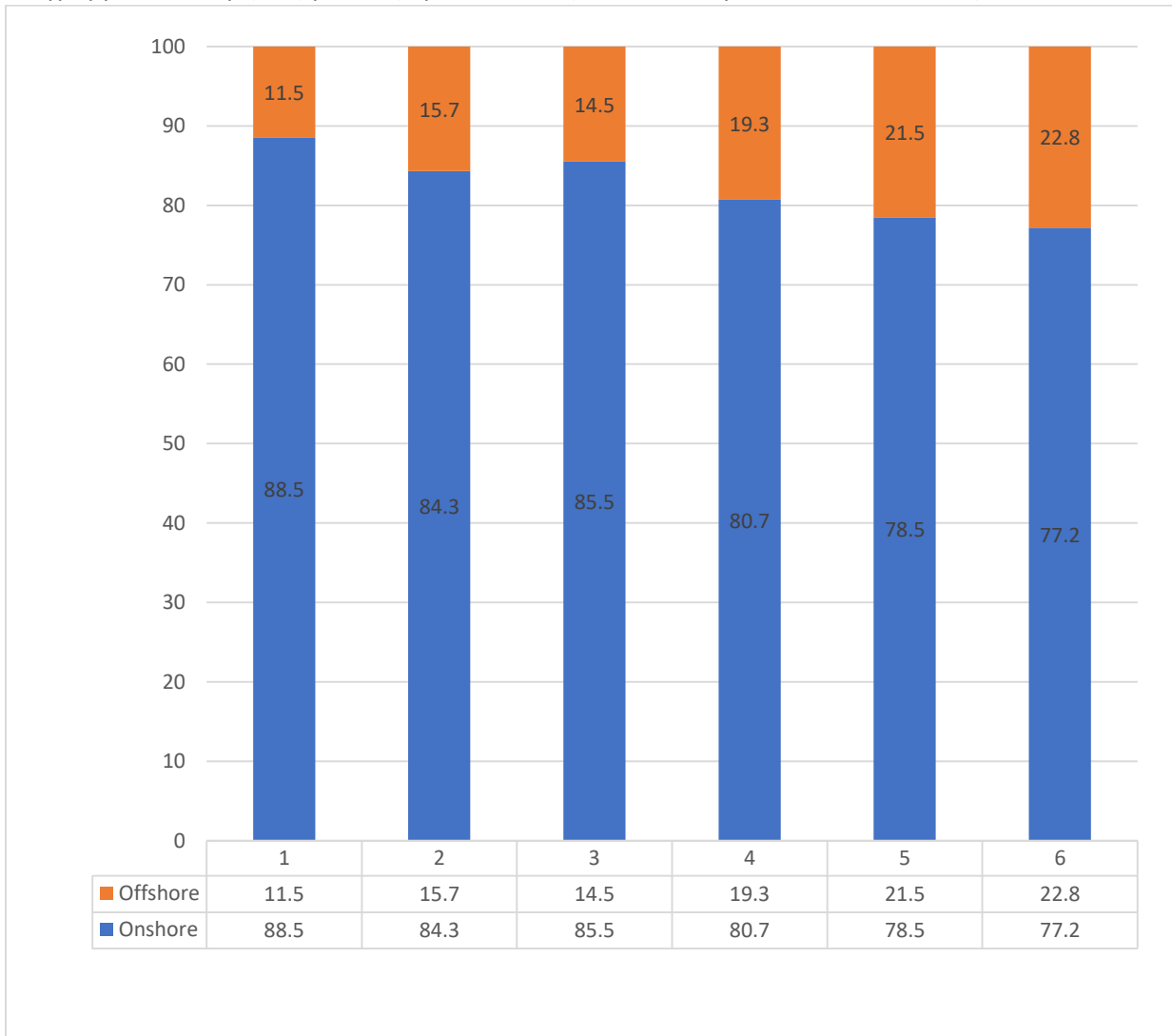
το 2009 έως το 2022 (Statista, 2023b), ενώ στο διάγραμμα 2.6, δίνονται οι εκτιμήσεις για τις νέες εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων (χερσαίων και υπεράκτιων), όπου παρατηρείται ότι τα υπεράκτια αιολικά πάρκα θα κατασκευάζονται με ταχύτερους ρυθμούς σε σχέση με τα χερσαία (Statista, 2023c).

Διάγραμμα 2.5 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς υπεράκτιας αιολικής ενέργειας από το 2009 ως το 2022, σε MW



Πηγή: (<https://www.statista.com/statistics/476327/global-capacity-of-offshore-wind-energy/>)

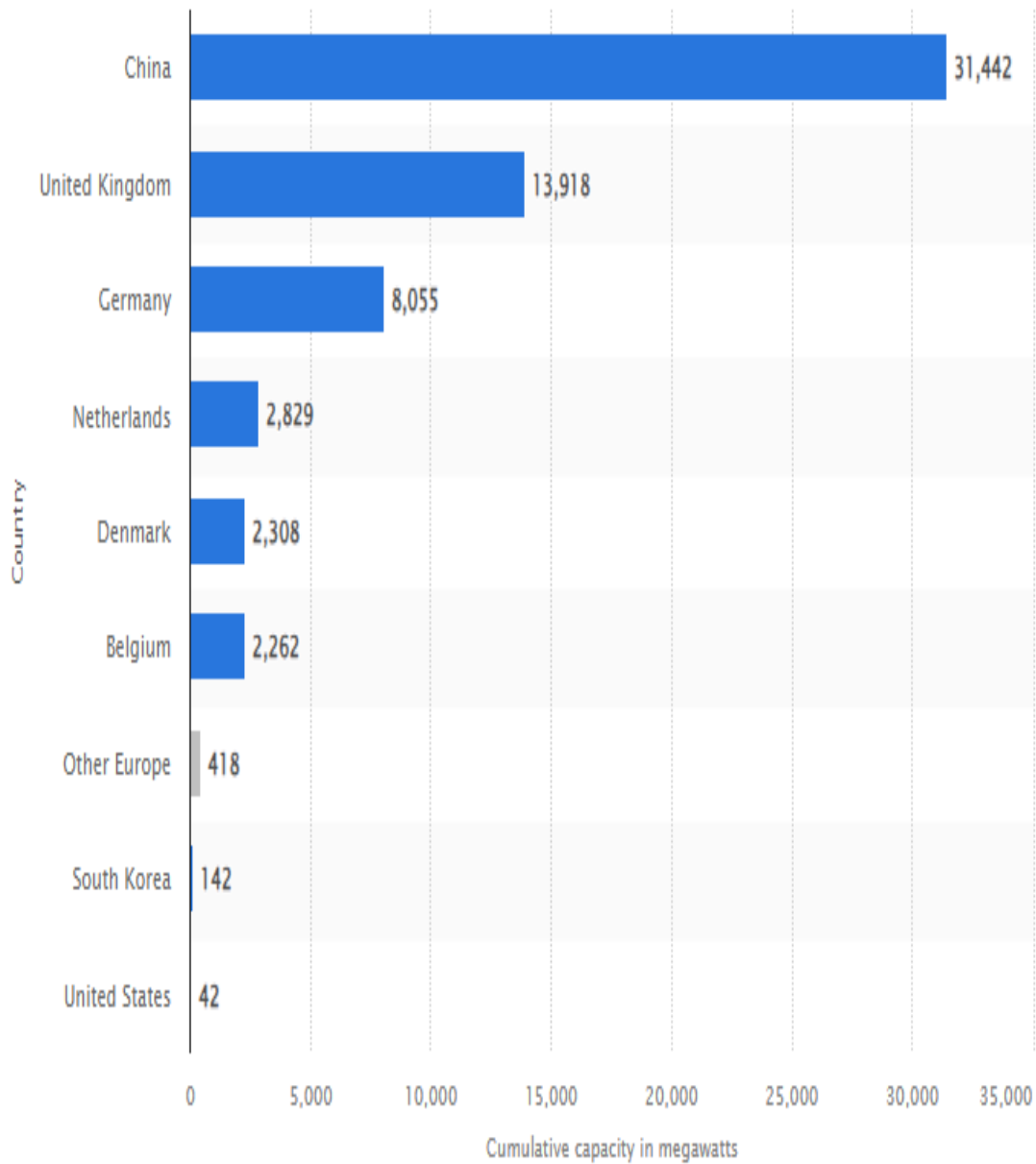
Διάγραμμα 2.6 Εκτιμήσεις για νέες εγκαταστάσεις αιολικών πάρκων από το 2022 έως το 2027



Πηγή: (<https://www.statista.com/statistics/1368205/global-wind-capacity-additions-forecast-by-type/>)

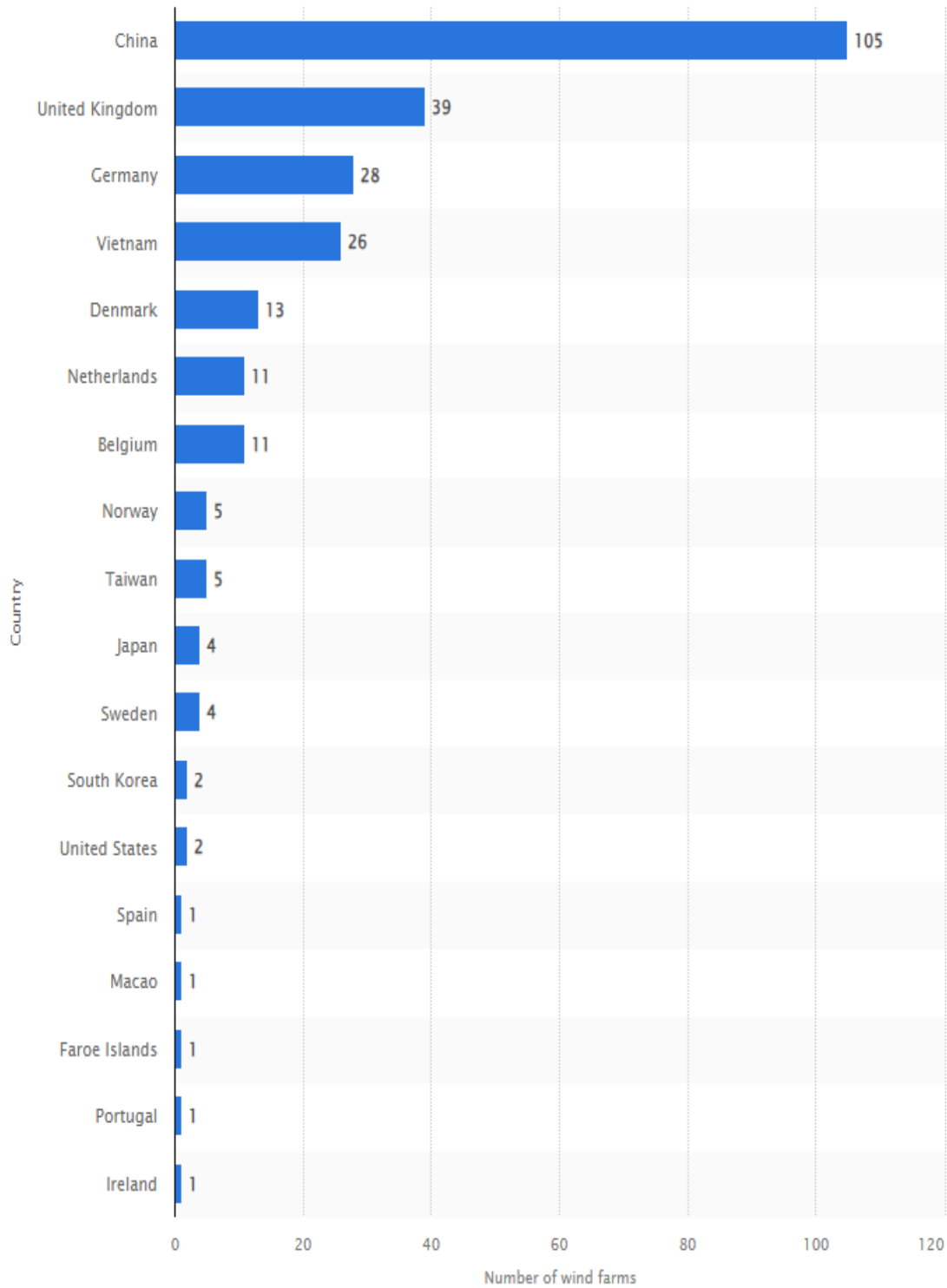
Η Κίνα αποτελεί – με μεγάλη διαφορά - τη χώρα κυρίαρχο στην εγκατεστημένη ισχύ υπεράκτιας αιολικής ενέργειας (Statista, 2023d) και τα περισσότερα υπεράκτια αιολικά πάρκα σε λειτουργία με το Ηνωμένο Βασίλειο και τη Γερμανία να ακολουθούν (Statista, 2023e), ενώ έχει και τα περισσότερα αιολικά πάρκα υπό κατασκευή, ακολουθούμενη από το Βιετνάμ, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ταιβάν, την Ιαπωνία και τη Γαλλία (Statista, 2023f).

Διάγραμμα 2.7 Χώρες με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, σε MW



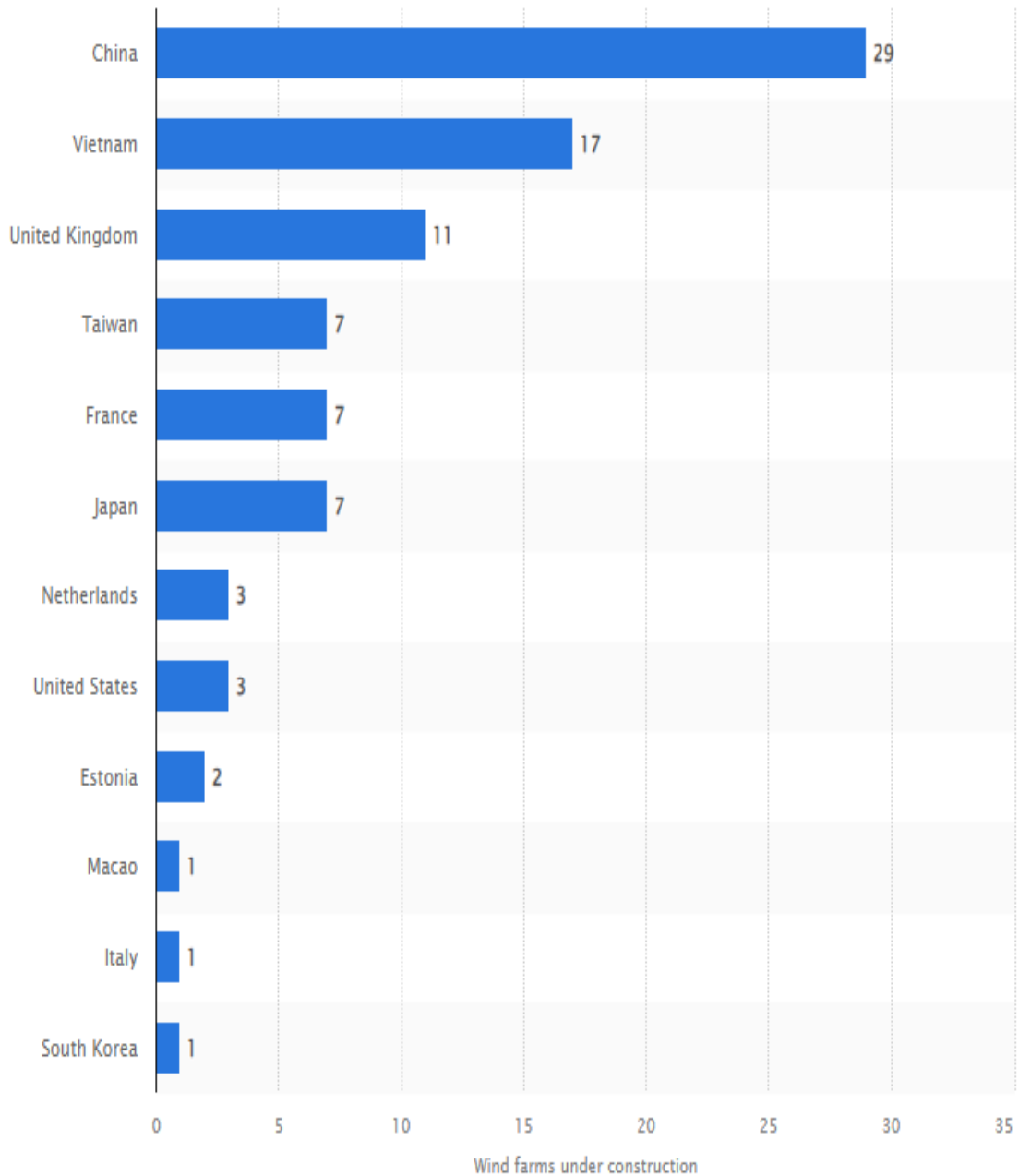
Πηγή: (<https://www.statista.com/statistics/258946/cumulative-offshore-wind-power-capacity-by-country/>)

Διάγραμμα 2.8 Χώρες με τα περισσότερα υπεράκτια αιολικά πάρκα σε λειτουργία, Ιανουάριος 2023



Πηγή: (<https://www.statista.com/statistics/264257/number-of-offshore-wind-farms-worldwide-by-country/>)

Διάγραμμα 2.9 Χώρες με τα περισσότερα υπεράκτια αιολικά πάρκα υπό κατασκευή, Ιανουάριος, 2023

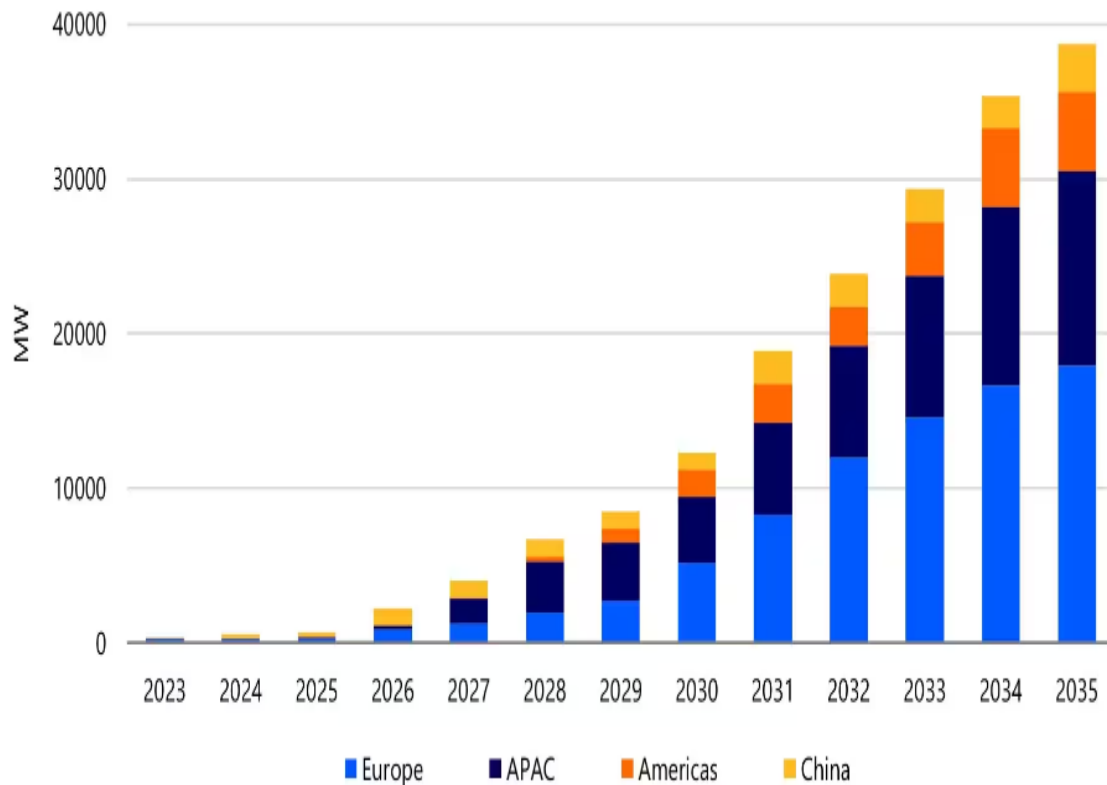


Πηγή: (<https://www.statista.com/statistics/264258/number-of-offshore-wind-farms-under-construction-by-country/>)

Αξίζει να σημειωθεί ότι τέσσερα από τα υπεράκτια αιολικά πάρκα που λειτουργούν σήμερα αποτελούνται από πλωτές ανεμογεννήτριες, τρία στη Βόρεια Θάλασσα (Hywind – Σκωτία,

Kincardine – Σκωτία, Hywind Tampen – Νορβηγία) και ένα στον Ατλαντικό (Wind Float Atlantic – Πορτογαλία) (United Nations, 2023). Μέχρι το 2035 η τεχνολογία των πλωτών υπεράκτιων αιολικών πάρκων θα γνωρίσει μεγάλη ακμή παγκοσμίως, με τις μεγαλύτερες επενδύσεις να γίνονται στην Ευρώπη (Rabobank, 2023)

Διάγραμμα 2.10 Πρόβλεψη για τα πλωτά αιολικά πάρκα που θα κατασκευαστούν μέχρι το 2035 ανά περιοχή, σε MW



Πηγή: (<https://www.rabobank.com/knowledge/d011383395-floating-offshore-wind-energy-reaching-beyond-the-reachable-by-fixed-bottom-offshore-wind-energy>)

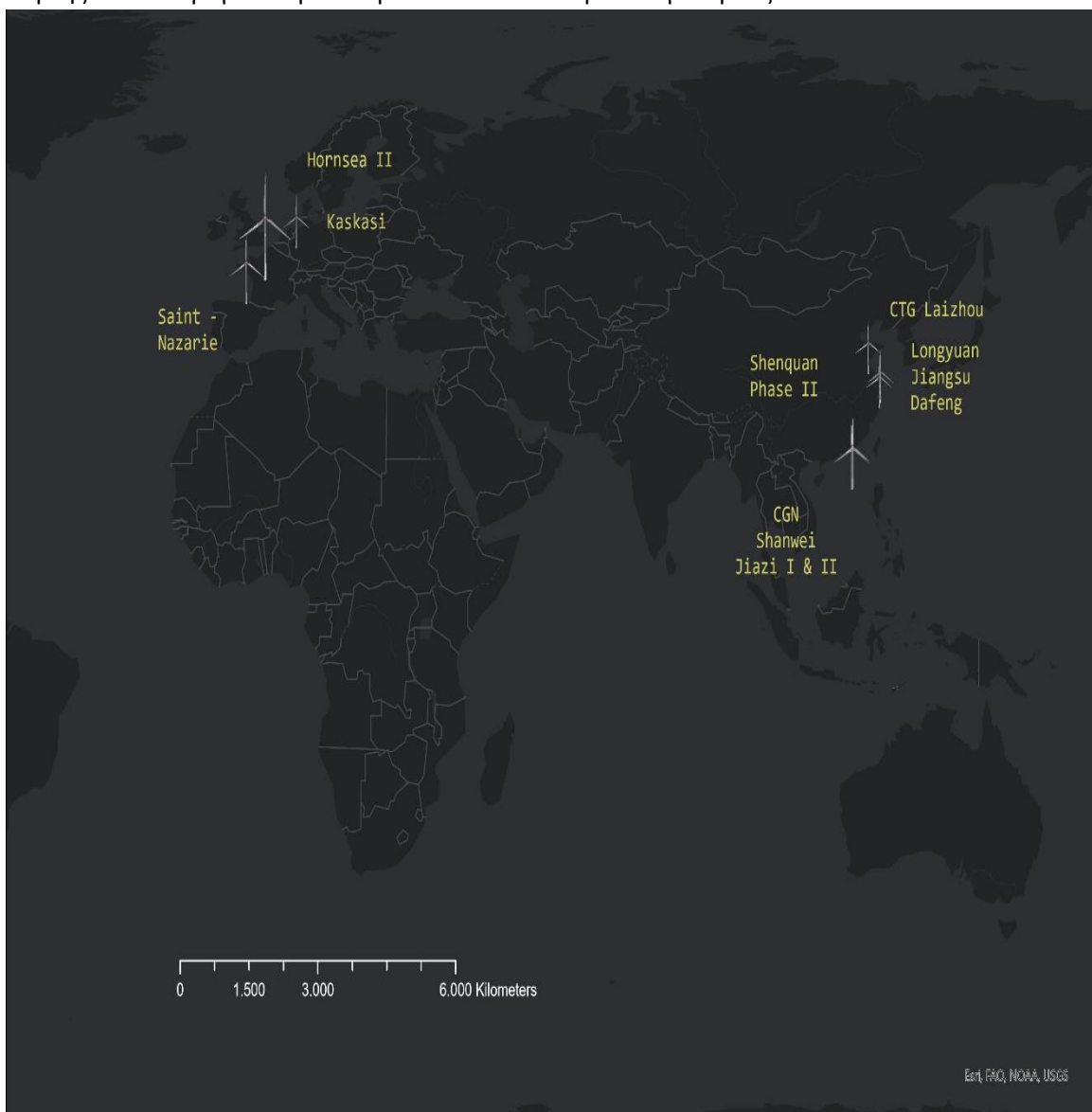
Στον πίνακα 2.3 που ακολουθεί, δίνονται τα 9 μεγαλύτερα αιολικά πάρκα που τέθηκαν σε λειτουργία παγκοσμίως για το 2022 ανά δυναμικότητα (Global Offshore Wind Report, 2022).

Πίνακας 2.3 Τα 9 μεγαλύτερα αιολικά πάρκα παγκοσμίως

Αιολικό Πάρκο	MW	Τοποθεσία
Hornsea 2	1320	Στη βόρεια θάλασσα, 90km από τις ανατολικές ακτές της Αγγλίας
CGN Shanwei Jiazi I	503	Στην επαρχία Guangdong, στις νοτιοανατολικές ακτές της Κίνας

Shenquan Phase 2	502	Στις νοτιοανατολικές ακτές της Κίνας
Saint-Nazaire	480	Στην πόλη-λιμάνι Saint-Nazaire στη δυτική Γαλλία, στον Ατλαντικό Ωκεανό
CGN Shanwei Jiazi II	403	Στην επαρχία Guangdong, στις νοτιοανατολικές ακτές της Κίνας
SPIC Rudong H7	400	Στην επαρχία Jiangsu, στις ανατολικές ακτές της Κίνας
Kaskasi	342	Στη βόρεια θάλασσα, 35km βόρεια του γερμανικού νησιού Heligoland
CTG Laizhou	304	Στην επαρχία Shandong, στις βορειοανατολικές ακτές της Κίνας
Longyuan Jiangsu Dafeng	302	Στην επαρχία Jiangsu, στις ανατολικές ακτές της Κίνας

Χάρτης 2.5 Τα 9 μεγαλύτερα υπεράκτια αιολικά πάρκα παγκοσμίως



2.3 Εφοδιαστική αλυσίδα

Η εφοδιαστική αλυσίδα της αιολικής ενέργειας θα μπορούσε να κατανεμηθεί ως εξής:

1) Πρώτες ύλες

- αλουμίνιο
- χάλυβας
- χυτοσίδηρος
- υαλοβάμβακας
- καουτσούκ
- σκυρόδεμα

2) Εξαρτήματα που κατασκευάζονται

- πύργος
- γεννήτρια
- λεπίδες
- nacelle

3) Ενέργειες που απαιτούνται για την ανάπτυξη και υλοποίηση του έργου

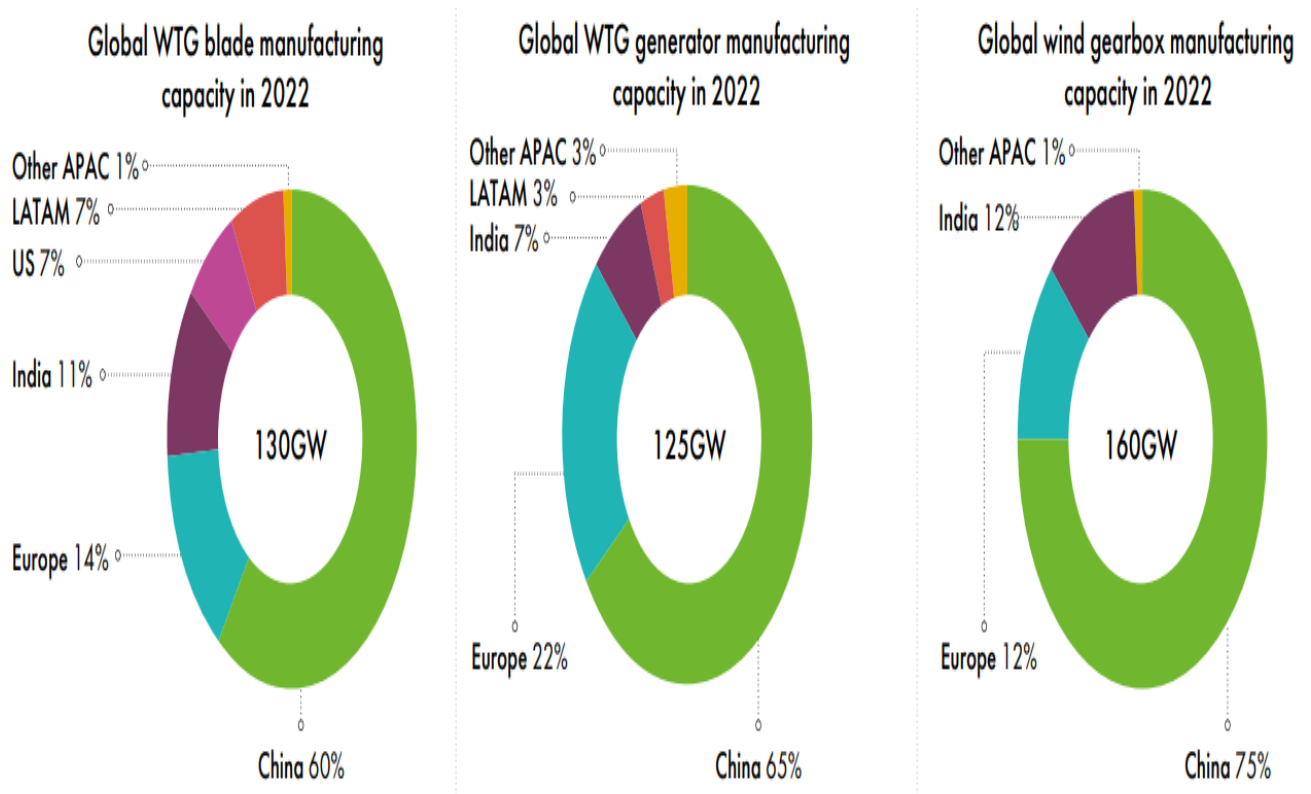
- επιστημονικές μελέτες
- εύρεση και μίσθωση γης
- μεταφορά των εξαρτημάτων
- τελική κατασκευή

4) Εργασίες λειτουργίας και συντήρησης

- τεχνικοί συντήρησης των ανεμογεννητριών
- εταιρείες αξιοποίησης και διανομής της παραγόμενης ενέργειας

Τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας της πανδημίας, του Ρώσο-Ουκρανικού πολέμου αλλά και της εμπορικής διαμάχης μεταξύ Ηνωμένων Πολιτειών και Κίνας το παγκόσμιο σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας έχει διαταραχθεί και οι τιμές των πρώτων υλών και των αιολικών εξαρτημάτων έχουν αυξηθεί. Σήμερα, η Κίνα αποτελεί τη χώρα - πρωτοπόρο στην παραγωγή των πρώτων υλών για την κατασκευή ανεμογεννητριών και είναι η κύρια εξαγωγέας γεννητριών, πτερυγίων και κιβωτίων ταχυτήτων. Η Ευρώπη είναι η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός γεννητριών και πτερυγίων παγκοσμίως, με τις Ηνωμένες Πολιτείες να ακολουθούν, ενώ σημαντική είναι και η συνεισφορά της Βραζιλίας στην παραγωγή και εξαγωγή λεπίδων (GWEC, 2022).

Διάγραμμα 2.11 Παγκόσμια παραγωγή βασικών εξαρτημάτων για την παραγωγή αιολικής ενέργειας

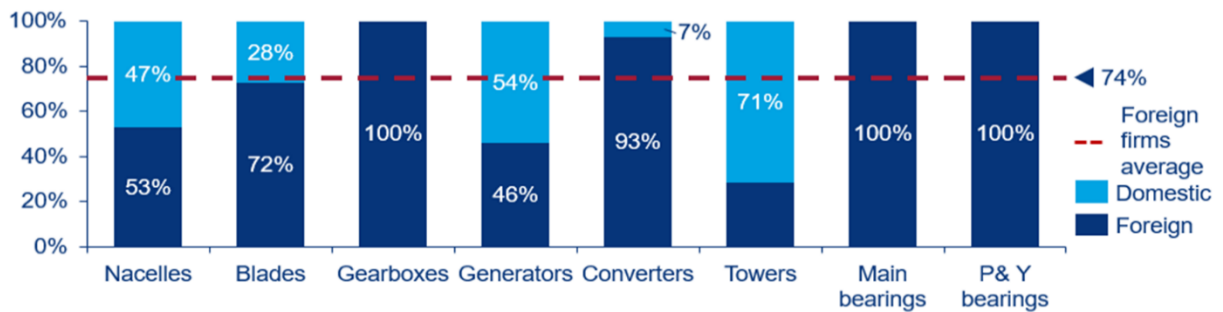


Πηγή: (https://gwec.net/wp-content/uploads/2023/04/GWEC-2023_interactive.pdf)

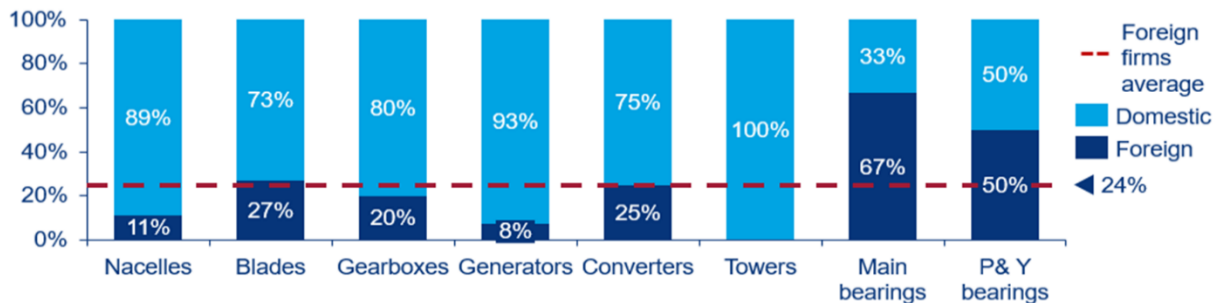
Παρατηρούμαι λοιπόν, ότι η Κίνα αποτελεί την χώρα κυρίαρχο στην παραγωγή λεπιδών, γεννητριών και κιβωτίων ταχυτήτων. Στο άμεσο μέλλον αναμένεται η Ινδία να πρωταγωνιστήσει και αυτή στην παραγωγή ανεμογεννητριών, καθώς τα φτηνά εργατικά χέρια, οι πολύ υψηλές επενδύσεις που έχουν γίνει στη χώρα στον τομέα αυτόν αλλά και η ανάγκη για απεξάρτηση από την Κίνα στις ΑΠΕ, έχουν χρήσει την Ινδία ως τον επόμενο παγκόσμιο κόμβο παραγωγής αιολικής ενέργειας (Wood Mackenzie, 2020). Όμως, η τεράστια κυριαρχία της Κίνας σήμερα στις ΑΠΕ – και πιο συγκεκριμένα στην αιολική ενέργεια που εξετάζουμε – αντανακλάται από το γεγονός ότι το 76% της παραγωγικής της ικανότητας για αιολική ενέργεια βασίζεται σε Κινέζικες εταιρείες, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για την Ινδία, για το 2019, ανήλθε στο 26%.

Διάγραμμα 2.12 Εγχώρια παραγωγική ικανότητα αιολικής ενέργειας για Κίνα και Ινδία το 2019

India's manufacturing capacity; domestic companies vs foreign firms, 2019e



China's manufacturing capacity; domestic companies vs foreign firms, 2019e



Πηγή: (<https://www.woodmac.com/our-expertise1/focus/Power--Renewables/global-wind-turbine-supply-chain-trends-2020/>)

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Έκθεση Αιολικής Ενέργειας για το 2022 (Global Wind Energy Report), οι 23 από τις 35 εταιρείες κατασκευής ανεμογεννητριών εδρεύουν στην περιοχή Ασίας – Ειρηνικού (κυρίως Κίνα και Ινδία), με τη μεγαλύτερη κατασκευαστική εταιρεία ανεμογεννητριών να είναι η Δανέζικη Vestas.

Πίνακας 2.4 Οι 10 μεγαλύτερες εταιρείες κατασκευής ανεμογεννητριών

N/A	Company	Region
1	Vestas Wind Systems S/A	Aarhus, Denmark
2	Siemens Gamesa	Zamudio, Spain
3	Beijing Goldwind Science & Creation Windpower Equipment Co., Ltd.	Beijing, China
4	Nordex SE	Hamburg, Germany
5	General Electric Renewable Energy	Boulogne-Billancourt, France
6	Envision Energy	Shanghai, China
7	Zhejiang Yunda Wind Power Co., Ltd	Hangzhou, China

8	VENSYS Energy AG	Neunkirchen, Germany
9	Mingyang Smart Energy Group Co., Ltd	Zhongshan City, China
10	HZ Windpower N.A. Inc.	Troy, USA

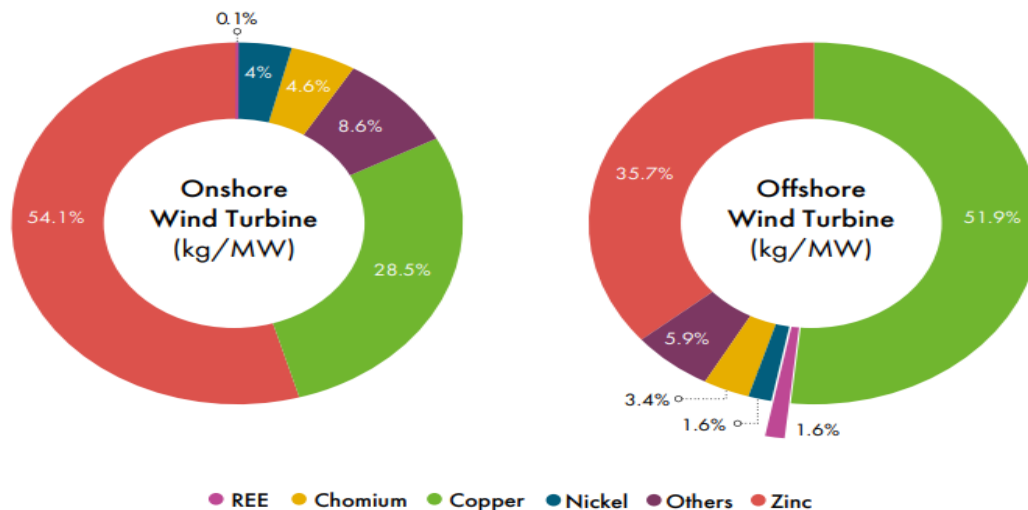
Πηγή: (<https://renewables.digital/product/wind-turbine-manufacturers/>)

Χάρτης 2.6 Οι 10 μεγαλύτερες εταιρείες κατασκευής ανεμογεννητριών



Για κάθε χερσαίο αιολικό πάρκο που κατασκευάζεται, ο χάλυβας και το σκυρόδεμα αντιπροσωπεύουν το 24% και το 72% των υλικών που χρησιμοποιούνται αντίστοιχα, ενώ στα υπεράκτια αιολικά πάρκα, ο χάλυβας αντιπροσωπεύει το 90% (GWEC, 2022). Παράλληλα, τα διάφορα ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά και μαγνητικά εξαρτήματα (ρότορες, κιβώτια ταχυτήτων, γεννήτριες, nacelle, καλώδια), απαιτούν κάποιες – όχι αμελητέες - ποσότητες κρίσιμων ορυκτών πόρων, όπως χαλκό, ψευδάργυρο, νικέλιο και σπάνιες γαίες (νεοδύμιο και δυσπρόσιο).

Διάγραμμα 2.13 Ορυκτές πρώτες ύλες ανά ποσοστά για την παραγωγή αιολικών πάρκων
Material breakdown of onshore and offshore wind turbines



Sources: IEA, Carrara et al. (2020); Elia et al (2020); GWEC Market Intelligence. Note: PMSG = Permanent Magnet Synchronous Generator.

* REE = Rare Earth Elements (σπάνιες γαίες)

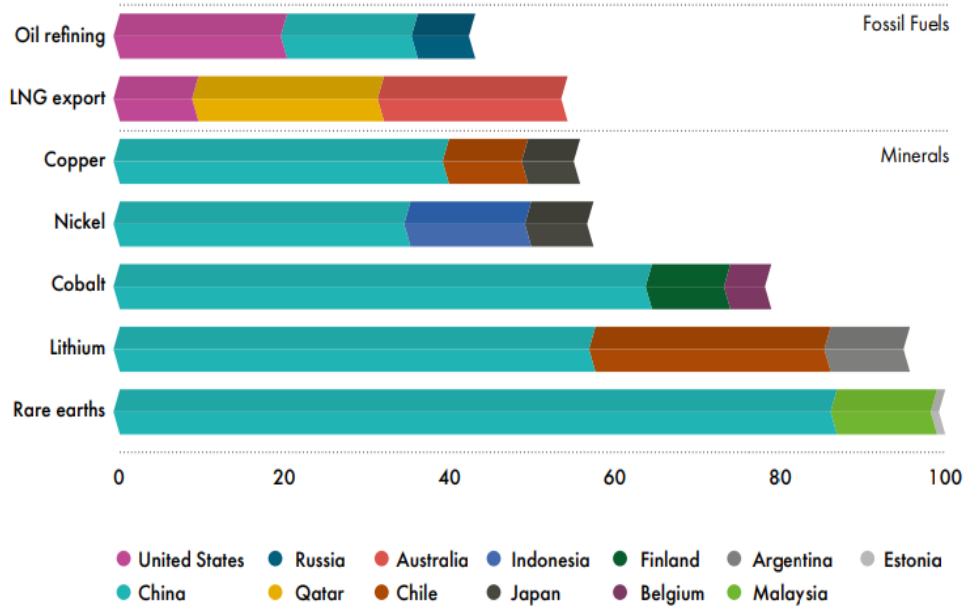
Πηγή: (https://gwec.net/wp-content/uploads/2022/04/Annual-Wind-Report-2022_screen_final_April.pdf)

Η Κίνα παράγει περισσότερο από το 50% του χάλυβα και του σκυροδέματος παγκοσμίως, ενώ η εξόρυξη και η επεξεργασία των κρίσιμων ορυκτών που προαναφέρθηκαν πραγματοποιείται σε περιορισμένες χώρες, θέτοντας την εφοδιαστική αλυσίδα της αιολικής ενέργειας σε κίνδυνο. Πιο συγκεκριμένα, για τις σπάνιες γαίες οι πρωτογενείς χώρες παραγωγής είναι η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Μιανμάρ, για το χαλκό η Κίνα, η Χιλή και το Περού, για το νικέλιο η Ινδονησία, οι Φιλιππίνες και η Κίνα, ενώ για το ψευδάργυρο η Κίνα, το Περού και η Αυστραλία.

Σύμφωνα με την Παγκόσμια Έκθεση Αιολικής Ενέργειας για το 2022, σχεδόν το 30% των ανεμογεννητριών που εγκαταστάθηκαν το 2020, είχαν άμεσες υβριδικές γεννήτριες, οι οποίες απαιτούν σπάνιες γαίες για την κατασκευή των μόνιμων μαγνητών τους. Το ποσοστό αυτό αναμένεται να φτάσει το 50% το 2025 και να διπλασιαστεί μέχρι το 2030, καθώς οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν γεννήτριες μόνιμων μαγνητών. Παράλληλα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Ενέργειας (International Wind Energy), προβλέπει ότι οι τεχνολογίες πράσινης ενέργειας θα εκτοξεύσουν τη ζήτηση για ορυκτές πρώτες ύλες και εκτιμάει ότι μέχρι το 2040, η

παγκόσμια ζήτηση χαλκού και σπάνιων γαιών θα αυξηθεί έως και 40%, του νικελίου και του κοβαλτίου κατά 60-70% και του λιθίου κατά 90% (GWEC, 2022).

Διάγραμμα 2.14 Οι 3 πρώτες χώρες στην παραγωγή ορισμένων ορυκτών πόρων και καυσίμων
Share of top three producing countries in total processing of selected minerals and fossil fuels, 2019 (%)



Πηγή: (<https://gwec.net/wp-content/uploads/2022/04/Annual-Wind-Report-2022-screen-final-April.pdf>)

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι η Κίνα κυριαρχεί όχι μόνο στην παραγωγή αιολικών πάρκων, αλλά και στην εξόρυξη και επεξεργασία όλων των ορυκτών πόρων οι οποίοι είναι απαραίτητοι για την κατασκευή τους, καθώς και του κοβάλτιο και το λιθίου που είναι απαραίτητα για την κατασκευή μπαταριών (Χαλκός 40%, Νικέλιο 35%, Κοβάλτιο 65% Λίθιο 60%, Σπάνιες Γαίες 85%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΕΡΑΚΤΙΑ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ – ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1 Ευρωπαϊκή Πολιτική

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα δύνανται να αναπτυχθούν σε θαλάσσιες περιοχές, εν προκειμένω γίνεται αναφορά σε περιοχές εντός της Ευρώπης, όπου υπάρχουν υδάτινου όγκοι και μπορούν να διατεθούν προς αυτή τη χρήση. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με στοιχεία της ευρωπαϊκής ένωσης εντοπίζονται έξι θαλάσσιες λεκάνες (European Commission, 2023a):

- Βαλτική Θάλασσα
- Βόρεια Θάλασσα
- Ατλαντικός Ωκεανός
- Ανατολική Μεσόγειος
- Δυτική Μεσόγειος
- Μαύρη Θάλασσα

Χάρτης 3.1 Θαλάσσιες Λεκάνες της Ευρώπης



Σύμφωνα με την επίσημη τοποθέτηση της European Commission για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πιο συγκεκριμένα για την υπεράκτια ανανεώσιμη ενέργεια, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) αναγνωρίζει το δυναμικό της υπεράκτιας αιολικής και ωκεάνιας ενέργειας στις πέντε θαλάσσιες λεκάνες της και στοχεύει να αξιοποιήσει αυτούς τους πόρους για τη μετάβαση στην καθαρή ενέργεια. Η ΕΕ έχει καθιερωθεί ως παγκόσμιος ηγέτης στην αιολική ενέργεια, με φιλόδοξες πολιτικές και επενδύσεις που οδηγούν την ανάπτυξη της βιομηχανίας. Η στρατηγική της ΕΕ για τις υπεράκτιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θέτει στόχους για εγκατεστημένη ισχύ τουλάχιστον 60 GW υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και 1 GW ωκεάνιας ενέργειας έως το 2030 και 300 GW και 40 GW, αντίστοιχα, έως το 2050 (European Commission, 2023b).

Η στρατηγική της ΕΕ περιλαμβάνει την αντιμετώπιση διαφόρων πτυχών όπως η πρόσβαση στο θαλάσσιο χώρο, η περιφερειακή και διεθνής συνεργασία, οι βιομηχανικές δυνατότητες, τα περιθώρια της απασχόλησης και η μεταφορά τεχνολογίας. Η ΕΕ έχει επικεντρωθεί στην υπεράκτια αιολική ενέργεια ως βασική συνιστώσα της υλοποίησης της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, με σχέδια για αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος κατά τουλάχιστον 25 φορές έως το 2030. Πλαίσια συνεργασίας, όπως η Ενεργειακή Συνεργασία της Βόρειας Θάλασσας και το σχέδιο διασύνδεσης της αγοράς ενέργειας της Βαλτικής, στοχεύουν να ενισχύσουν τη συνεργασία και να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες της Βόρειας και της Βαλτικής Θάλασσας (European Commission, 2023b).

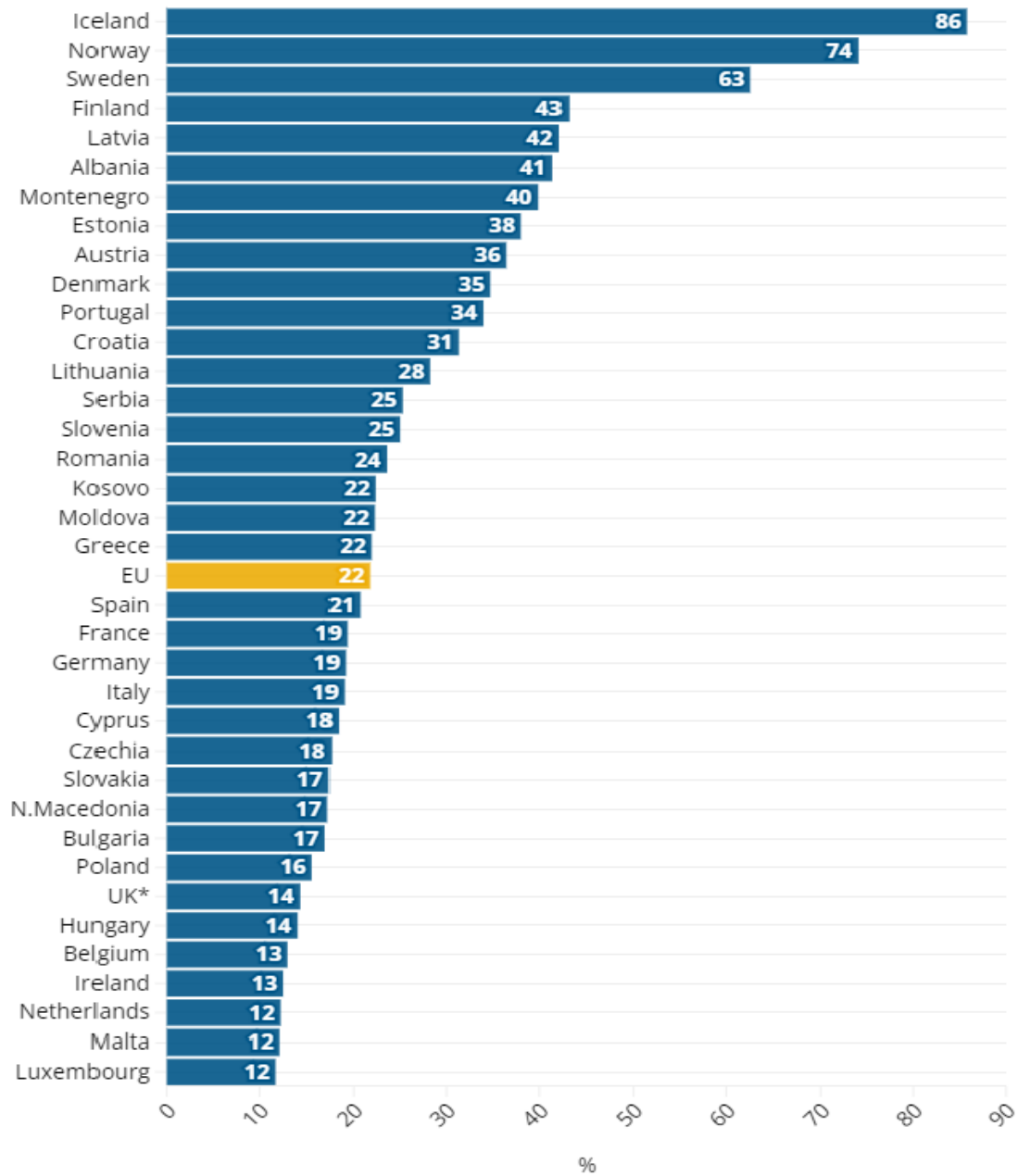
Οι επενδύσεις σε υπεράκτια αιολικά πάρκα προϋποθέτουν την ανάπτυξη ενεργειακής υποδομής, ρυθμιστικών πλαισίων, σχεδιασμού αγοράς, έρευνας και καινοτομίας. Ο αναθεωρημένος κανονισμός για τα διευρωπαϊκά δίκτυα ενέργειας υποστηρίζει τις φιλοδοξίες της υπεράκτιας στρατηγικής της ΕΕ, εισάγοντας νέες κατηγορίες υποδομών και επιτρέποντας διατάξεις για την επιτάχυνση των υπεράκτιων δικτύων. Η περιφερειακή συνεργασία και η θέσπιση μη δεσμευτικών στόχων για υπεράκτια αιολική ενέργεια εντός κάθε θαλάσσιας λεκάνης θα συμβάλει στην ανάπτυξη στρατηγικών ολοκληρωμένων σχεδίων ανάπτυξης υπεράκτιων δικτύων.

Συνολικά, η Ε.Ε. έχει δεσμευτεί να μεγιστοποιήσει το δυναμικό της υπεράκτιας αιολικής και ωκεάνιας ενέργειας για την επίτευξη των ενεργειακών και κλιματικών στόχων της, μειώνοντας παράλληλα την εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας, με τη μορφή υδρογονανθράκων. Η εστίαση στις υπεράκτιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ευθυγραμμίζεται με τους ευρύτερους στόχους της ΕΕ για τη δημιουργία ενός βιώσιμου και ανταγωνιστικού ενεργειακού τομέα.

Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, θέτει τον φιλόδοξο στόχο να γίνει η Ευρώπη η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος στον κόσμο έως το 2050. Αυτή η ολοκληρωμένη δέσμη μέτρων αποσκοπεί στη διευκόλυνση μιας βιώσιμης πράσινης μετάβασης για τους ευρωπαίους πολίτες και τις επιχειρήσεις, με ιδιαίτερη έμφαση στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προσφέρει πολλά πιθανά οφέλη. Πρώτον, συμβάλλει στη σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βοηθά στη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού, μειώνοντας την εξάρτηση από τις αγορές ορυκτών καυσίμων όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αυτή η διαφοροποίηση ενισχύει την ενεργειακή ασφάλεια και την ανθεκτικότητα της ΕΕ. Επιπρόσθετα, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει τη δυνατότητα να τονώσει τις ευκαιρίες απασχόλησης εντός της ΕΕ. Η ανάπτυξη και η εφαρμογή νέων «πράσινων» τεχνολογιών δημιουργεί προοπτικές απασχόλησης σε διάφορους τομείς, προάγοντας την οικονομική ανάπτυξη και τους στόχους βιωσιμότητας (European Commission, 2023b).

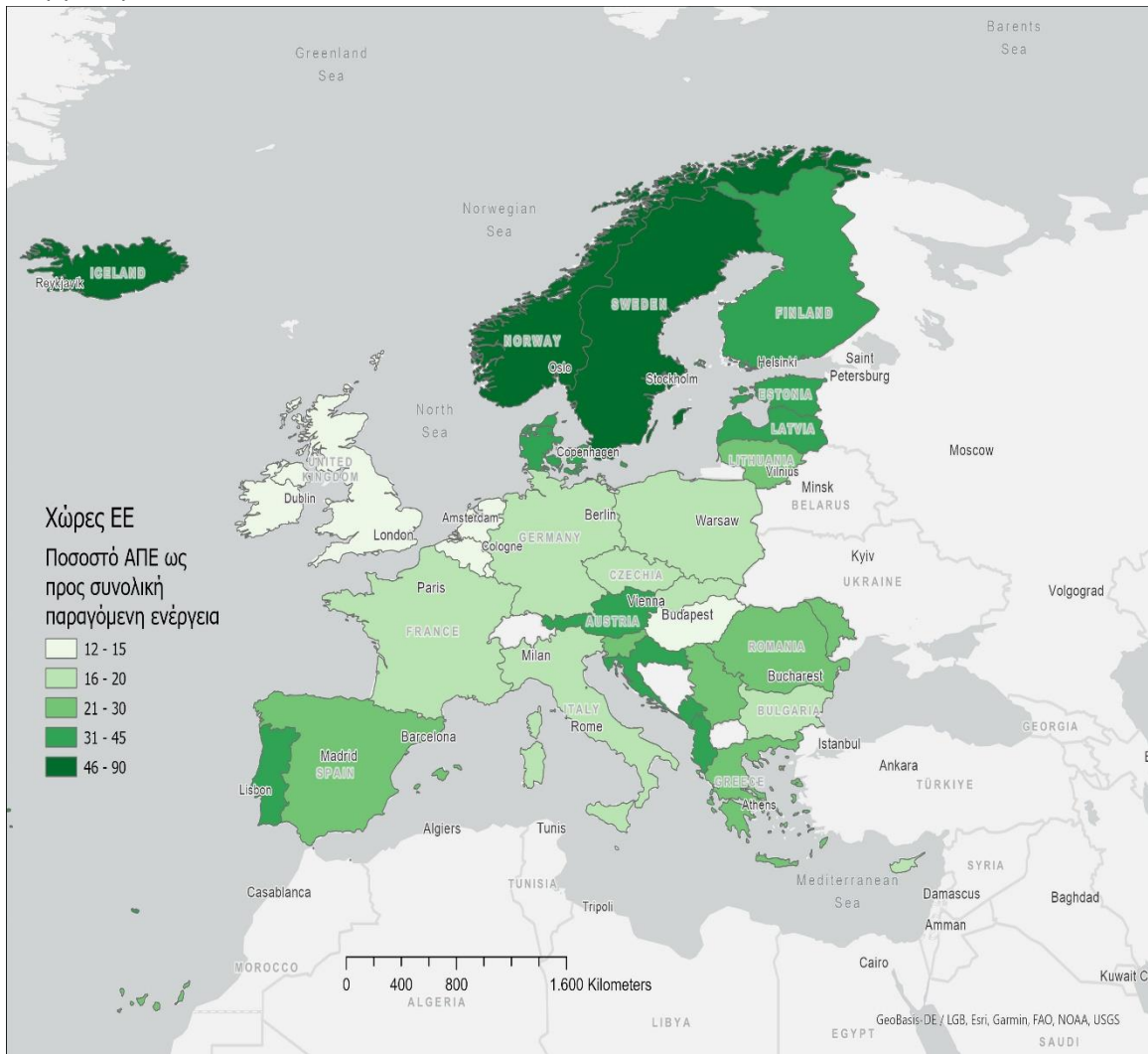
Τα κράτη – μέλη της ΕΕ συνεπώς, πρέπει να προσαρμόσουν τις πολιτικές τους με βάση την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία για την πλήρη απεξαρτοποίηση από ορυκτά καύσιμα μέχρι το 2050. Στο διάγραμμα 3.1 που ακολουθεί, δίνεται το ποσοστό που καταλαμβάνουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προς το συνολικό μερίδιο για τις χώρες της Ευρώπης, για το 2021. Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα 3.1 οι χώρες που οι ΑΠΕ καταλαμβάνουν τα μεγαλύτερα ποσοστά ως προς τη συνολική ενέργεια είναι οι χώρες της βόρειας Ευρώπης (Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία, Φινλανδία, Λετονία), ενώ η Ελλάδα βρίσκεται στο Ευρωπαϊκό μέσο όρο, με τις ΑΠΕ να παράγουν το 22% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας στη χώρα (Euronews, 2023). Στο τέλος της λίστας, παρατηρούμαι ότι οι χώρες που οι ΑΠΕ καταλαμβάνουν το μικρότερο μερίδιο στην παραγωγή ενέργειας είναι το Λουξεμβούργο, η Μάλτα, η Ολλανδία, η Ιρλανδία και το Βέλγιο.

Διάγραμμα 3.1 Κατάταξη Ευρωπαϊκών χωρών με βάση το ποσοστό των ΑΠΕ ως προς την συνολική παραγόμενη ενέργεια για το 2020



Πηγή: (<https://www.euronews.com/green/2023/01/20/which-european-countries-use-the-most-renewable-energy>)

Χάρτης 3.2 Κατάταξη χωρών ΕΕ με βάση το ποσοστό των ΑΠΕ ως προς τη συνολική παραγόμενη ενέργεια για το 2021



Σύμφωνα με το έγγραφο COM/2020/741 (European Commission, 2020), η υπεράκτια αιολική ενέργεια αποτελεί μια από τις πιο υποσχόμενες ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με δυνατότητες που ανταποκρίνονται στους στόχους της Ευρώπης, για την απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές και την αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας με οικονομικά βιώσιμο και προσιτό τρόπο. Οι ωκεανοί και οι θαλάσσιες λεκάνες της Ευρώπης, διαθέτουν ένα τεράστιο ανεκμετάλλευτο αιολικό δυναμικό, η αξιοποίηση του οποίου θα επιφέρει τις προσεχείς δεκαετίες θετικές βιομηχανικές, κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις όχι μόνο στην ΕΕ, αλλά και παγκοσμίως.

Η πρόκληση που αντιμετωπίζουν τα κράτη – μέλη της ΕΕ είναι η επαρκής και καλά στοχευμένη χρηματοδότηση για έρευνα και ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, η μείωση του

κόστους των επενδύσεων και η έγκαιρη εφαρμογή των νέων τεχνολογιών και πρακτικών στην αγορά. Η ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, θα συνεισφέρει στη βιώσιμη ενεργειακή μετάβαση και την κλιματική ουδετερότητα – που έχει συμφωνηθεί - έως το 2050. Για την επίτευξη των στόχων αυτών απαιτείται η συνεργασία όλων των συμμετεχόντων φορέων, όπως τα κράτη – μέλη, οι ευρωπαϊκές βιομηχανίες, οι πολίτες της ΕΕ καθώς και όλοι οι χρήστες της θάλασσας, από τις εταιρείες ανάπτυξης υπεράκτιων αιολικών πάρκων, μέχρι τους τομείς της αλιείας, της υδατοκαλλιέργειας και της ναυσιπλοΐας (European Commission, 2023b).

3.2 Θαλάσσιος Χωρικός Σχεδιασμός

3.2.1 Ανατολική Μεσόγειος

3.2.1.1 Γεωγραφικά στοιχεία λεκάνης Ανατολικής Μεσογείου

Η Ανατολική Μεσόγειος, όπως ορίζεται από την πλατφόρμα Marine Spatial Planning (MSP) της ΕΕ, αναφέρεται στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης της Μεσογείου και περιλαμβάνει τις ακόλουθες διακριτές περιοχές:

1. Η Αδριατική Θάλασσα, που βρίσκεται βορειοδυτικά του κύριου σώματος της ανατολικής Μεσογείου, λειτουργεί ως όριο μεταξύ της ιταλικής χερσονήσου και της βαλκανικής χερσονήσου. Εκτείνεται από το στενό του Οτράντο στα νότια, όπου συνδέεται με το Ιόνιο Πέλαγος και με τον Κόλπο της Βενετίας στα βόρεια.
2. Το Ιόνιο Πέλαγος βρίσκεται νότια της Ιταλίας και της Ελλάδας και είναι γνωστό ότι έχει το μεγαλύτερο βάθος στη Μεσόγειο, με καταγεγραμμένο ήχο περίπου στα 16.000 πόδια (4.900 μέτρα).
3. Το Αιγαίο Πέλαγος βρίσκεται μεταξύ της Ελληνικής και της Μικρασιατικής χερσονήσου, με τα νότια σύνορά του να ορίζονται από την Κρήτη. Το μέγιστο βάθος του είναι τα 3544 μέτρα, ανατολικά της Κρήτης.
4. Το Λεβαντίνο Πέλαγος (θάλασσα του Λεβάντε) χωρίζεται από το Ιόνιο Πέλαγος με μια υποθαλάσσια κορυφογραμμή μεταξύ του δυτικού άκρου της Κρήτης και της Κυρηναϊκής (Λιβύη). Εκτείνεται νότια της χερσονήσου της Μικράς Ασίας και συνορεύει με την Τουρκία στα βόρεια, τη Συρία, τον Λίβανο, το Ισραήλ και τη Λωρίδα της Γάζας στα ανατολικά, την Αίγυπτο και τη Λιβύη στα νότια και το Αιγαίο Πέλαγος στα βορειοδυτικά. Τα δυτικά τμήμα της συνορεύει με την ανοιχτή Μεσόγειο, γνωστή και ως Λιβυκό Πέλαγος, και οριοθετείται από μια γραμμή από το ακρωτήριο Ra's al-Hilal στη Λιβύη μέχρι τη Γαύδο, νότια της Κρήτης.

Χάρτης 3.3 Χάρτης Ανατολικής Μεσογείου



Η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου έχει παράκτιες περιοχές που ανήκουν τόσο σε χώρες της ΕΕ όσο και σε χώρες εκτός ΕΕ. Οι χώρες της ΕΕ με ακτογραμμές σε αυτήν την περιοχή περιλαμβάνουν την Ιταλία, τη Σλοβενία, την Κροατία, την Ελλάδα και την Κύπρο. Οι χώρες εκτός ΕΕ περιλαμβάνουν την Αλβανία, το Μαυροβούνιο, τη Βοσνία-Ερζεγοβίνη (με ακτές στην Αδριατική Θάλασσα), καθώς και την Τουρκία, τη Συρία, τον Λίβανο, το Ισραήλ, τη Λωρίδα της Γάζας, την Αίγυπτο και τη Λιβύη.

Χάρτης 3.4 ΑΟΖ Ανατολικής Μεσογείου



Πηγή: (<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sea-basins/east-mediterranean>)

Οι χώρες σε αυτόν τον τομέα αντιμετωπίζουν κοινές προκλήσεις και ζητήματα που σχετίζονται με τον Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχεδιασμό (ΘΧΣ). Αυτές περιλαμβάνουν τη δυνητική εκμετάλλευση των υποθαλάσσιων πόρων φυσικού αερίου και πετρελαίου, την αναγκαιότητα ενεργειών διατήρησης και διαχείρισης του περιβάλλοντος, λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία της ποιότητας του περιβάλλοντος για τον παράκτιο τουρισμό, που αποτελεί σημαντική οικονομική δραστηριότητα στην Ανατολική Μεσόγειο. Άλλες κοινές ανησυχίες αφορούν τη βιώσιμη διαχείριση της αλιείας και των ιχθυοαποθεμάτων, καθώς και την ανάγκη συνεργασίας για τη διασφάλιση της ασφάλειας στη θάλασσα, ιδίως λόγω της συνεχιζόμενης προσφυγικής και μεταναστευτικής κρίσης (European Commission, 2023a).

3.2.1.2 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός στην Ανατολική Μεσόγειο

Κροατία

Η Κροατία ενέκρινε τον Νόμο για τον Χωροταξικό Σχεδιασμό, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ τον Ιούλιο του 2017 και μετέφερε πλήρως την Οδηγία ΘΧΣ στην Κροατική Νομοθεσία. Το Υπουργείο

Κατασκευών και Χωροταξίας και το Κροατικό Ινστιτούτο Χωρικής Ανάπτυξης – το οποίο είναι το ίδρυμα εμπειρογνώμονας που αναπτύσσει ή συντονίζει την ανάπτυξη αυτών των σχεδίων – είναι και οι δύο αρμόδιες αρχές για την εφαρμογή του MSP στην Κροατία. Η Κροατία αναπτύσσει μια νέα γενιά χωρικών σχεδίων για τη βελτίωση της ακεραιότητας του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού, την εξέταση των αλληλεπιδράσεων, την αποτελεσματική παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων σχετικά με την κατάσταση της θαλάσσιας περιοχής. Η χώρα έχει επίσης συμμετάσχει σε πολλά ευρωπαϊκά έργα.

Κύπρος

Η Κύπρος έχει μεταφέρει την Οδηγία ΘΧΣ μέσω του Νόμου της για το ΘΧΣ, που εγκρίθηκε από τη Βουλή των Αντιπροσώπων τον Οκτώβριο του 2017. Αρμόδια αρχή για την εφαρμογή του ΘΧΣ είναι το Υπουργείο Μεταφορών, Επικοινωνιών και Έργων (Τμήμα Εμπορικής Ναυτιλίας).

Ελλάδα

Η Ελλάδα υιοθέτησε τον Νόμο 4546 του Ιουνίου 2018 για τη μεταφορά της Οδηγίας της ΕΕ για το ΘΧΣ στο ελληνικό νομικό σύστημα. Ορίζει τη Διεύθυνση Χωροταξικού Σχεδιασμού του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας ως αρμόδια αρχή για την εφαρμογή του ΘΧΣ. Έχει επίσης ιδρύσει το Εθνικό Συμβούλιο Χωροταξίας, ένα όργανο διαβούλευσης με ενδιαφερόμενα μέρη που παρέχουν συμβουλές για θέματα χωροταξικού σχεδιασμού.

Ιταλία

Η Ιταλία, μέσω του Διυπουργικού Συντονιστικού Πίνακα Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού, εκπόνησε κατευθυντήριες γραμμές που περιέχουν ενδείξεις και κριτήρια για την προετοιμασία των σχεδίων θαλάσσιας χωρικής διαχείρισης. Οι κατευθυντήριες γραμμές περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό των θαλάσσιων περιοχών που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την προετοιμασία των θαλάσσιων σχεδίων και τον καθορισμό των περιοχών που σχετίζονται με τις αλληλεπιδράσεις ξηράς-θαλάσσης. Έχουν προσδιοριστεί τέσσερις θαλάσσιες περιοχές, σε συνοχή με τον ορισμό των θαλάσσιων υποπεριφερειών, σύμφωνα με την οδηγία πλαίσιο για τη θαλάσσια στρατηγική. Κάθε περιοχή αποτελείται από μονάδες σχεδιασμού με διαφορετικούς τύπους (γενική, με προτεραιότητα, περιορισμένη και αποκλειστική), ενώ περιλαμβάνει 42 στρατηγικούς στόχους. Τον Ιούνιο του 2021, η ιταλική κυβέρνηση υπέβαλε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή την πρότασή της για μελλοντικά σχέδια MSP για τις τέσσερις ιταλικές θαλάσσιες περιοχές.

Σλοβενία

Στη Σλοβενία η Οδηγία ΘΧΣ εφαρμόζεται στο πλαίσιο του νόμου περί χωροταξικού σχεδιασμού που εγκρίθηκε το 2017. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Χωροταξίας (Διεύθυνση Χωροταξίας, Κατασκευών και Στέγασης) είναι η αρμόδια αρχή για την εφαρμογή του ΘΧΣ. Η σύμβαση για την Περιβαλλοντική Έκθεση έχει υπογραφεί και πραγματοποιήθηκε δημόσια διαβούλευση και για τα δύο έγγραφα κατά την περίοδο 2020-2021. Το τελικό σχέδιο (θαλάσσιο χωροταξικό σχέδιο της Σλοβενίας) εγκρίθηκε από την κυβέρνηση τον Ιούλιο του 2021.

3.2.2 Δυτική Μεσόγειος

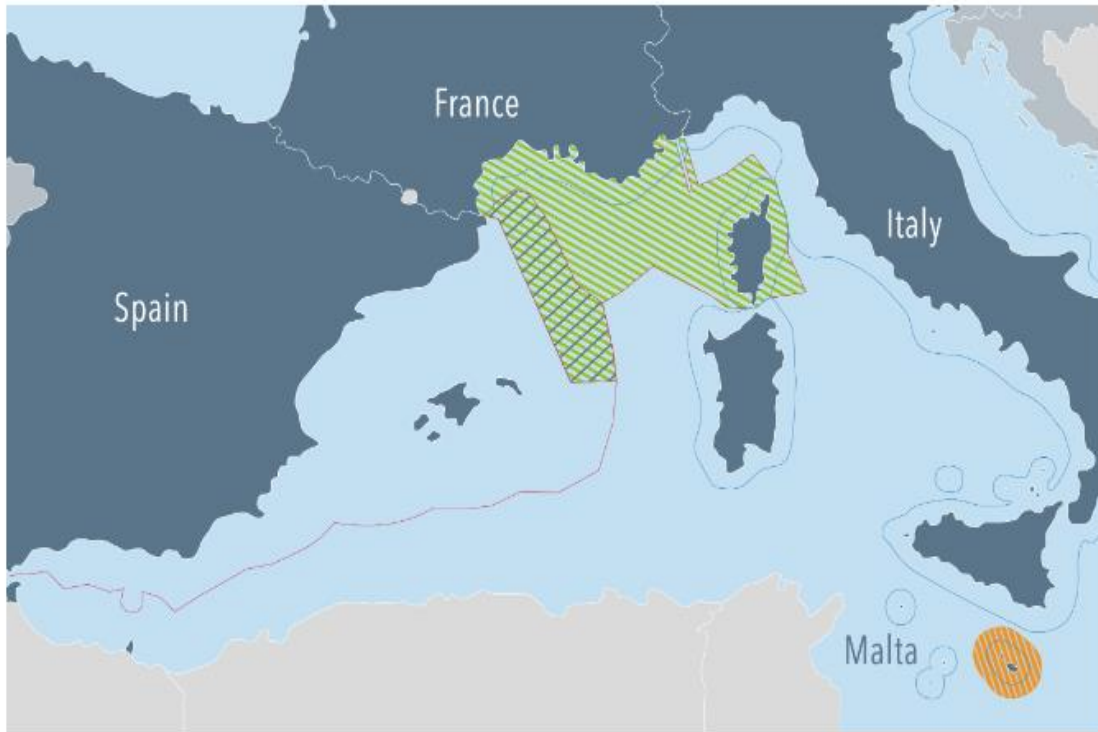
3.2.2.1 Γεωγραφικά στοιχεία λεκάνης Ανατολικής Μεσογείου

Η ευρωπαϊκή λεκάνη της Δυτικής Μεσογείου περιλαμβάνει τις ακτές της Ισπανίας, της Γαλλίας, της Μάλτας και ενός τμήματος της Ιταλίας. Χάρη στη στρατηγική της θέση, η λεκάνη της Δυτικής Μεσογείου επωφελείται από το γεγονός ότι βρίσκεται κατά μήκος ενός από τους κύριους θαλάσσιους διαδρόμους του κόσμου και λειτουργεί ως πύλη προς την Αφρική για τις ευρωπαϊκές χώρες. Ωστόσο, επί του παρόντος, υπάρχει έλλειψη συγκεκριμένου πολιτικού πλαισίου στη λεκάνη της Δυτικής Μεσογείου για την προώθηση του διασυνοριακού θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού. Τα κράτη μέλη της ΕΕ της Δυτικής Μεσογείου μοιράζονται τη θαλάσσια λεκάνη με το Μαρόκο και την Αλγερία (European Commission, 2023a).

Αν και η Δυτική Μεσόγειος είναι ένας καθιερωμένος τουριστικός προορισμός, το βόρειο άκρο είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο οικοδομικά, με την αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια να αποτελούν τη δεύτερη πιο σημαντική δραστηριότητα. Οι μεταφορές εμπορευμάτων (περίπου 700 εκατομμύρια τόνοι εμπορευμάτων και 14 εκατομμύρια TEU) αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 40% της μεσογειακής αγοράς (European Commission, 2023a).

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες στην περιοχή έχουν ως αποτέλεσμα μια σειρά περιβαλλοντικών πιέσεων, προκαλώντας υψηλές έως πολύ υψηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα θαλάσσια και παράκτια οικοσυστήματα. Τόσο οι θαλάσσιες όσο και οι χερσαίες δραστηριότητες (ειδικά ο βιομηχανικός τομέας σε μια σταδιακά πιο αστικοποιημένη ακτογραμμή) προκαλούν διάφορες περιβαλλοντικές πιέσεις, όπως η ρύπανση του αέρα και των υδάτων και η παραγωγή αποβλήτων, ενώ άλλα σημαντικά προβλήματα στη περιοχή αποτελούν η υπερεκμετάλλευση των αλιευτικών πόρων, η απώλεια άγριας ζωής και οικοτόπων και η μόλυνση.

Χάρτης 3.5 Χάρτης Δυτικής Μεσογείου



Πηγή: (<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sea-basins/west-mediterranean>)

Χάρτης 3.6 Χάρτης με τις θάλασσες της Μεσογείου



Πηγή: (<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.5182>)

3.2.2.2 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός Μεσογείου

Γαλλία

Το εθνικό όραμα, οι στόχοι υψηλού επιπέδου και οι βασικές δράσεις του θαλάσσιου δυναμικού της Γαλλίας έχουν σκιαγραφηθεί μέσω της Stratégie Nationale pour la Mer et le Littoral, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση εγγράφων στρατηγικής για τη θαλάσσια λεκάνη (Strategic Facade Documents-SFDs), ως νομική λύση για την κάλυψη των απαιτήσεων των MSFD (Marine Strategy Framework Directive) και MSP. Κάθε μία από τις τέσσερις στρατηγικές για τη θαλάσσια λεκάνη (Documents Stratégiques de Façade - DSF) αποτελείται από μια αρχική αξιολόγηση και στρατηγικούς στόχους, καθώς και έναν επαγγελματικό χάρτη MSP και ενημερωτικά δελτία, με μηχανισμό παρακολούθησης και σχέδιο δράσης που ολοκληρώθηκε τον Μάιο του 2022. Τα έγγραφα εγκρίθηκαν για κάθε θαλάσσια λεκάνη μετά από διαβούλευση με ενδιαφερόμενους φορείς, γειτονικές χώρες και περιβαλλοντική αξιολόγηση από τη Γαλλική Περιβαλλοντική Αρχή.

Ιταλία

Η Ιταλία έχει εκπονήσει Οδηγίες για την κατάρτιση σχεδίων θαλάσσιας χωρικής διαχείρισης μέσω του Διυπουργικού Συντονιστικού Πίνακα Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού, ο οποίος περιλαμβάνει τον προσδιορισμό τεσσάρων θαλάσσιων περιοχών για την κατάρτιση θαλάσσιων σχεδίων. Αυτές οι περιοχές αποτελούνται από μονάδες σχεδιασμού με διαφορετικούς τύπους «κλήσεων» και 42 στρατηγικούς στόχους. Η ιταλική κυβέρνηση υπέβαλε την πρότασή της για μελλοντικά σχέδια MSP για τις περιοχές αυτές στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία θα αποτελέσει αντικείμενο δημόσιας συζήτησης μετά την έγκριση από το κοινοβούλιο της Περιφέρειας.

Μάλτα

Το Στρατηγικό Σχέδιο της Μάλτας για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (SPED) εγκρίθηκε το 2015 και διαμορφώνει το στρατηγικό πλαίσιο χωρικής πολιτικής για το περιβάλλον και την ανάπτυξη έως το 2020, με ιδιαίτερη έμφαση στις παράκτιες ζώνες και τις θαλάσσιες περιοχές. Η Αρχή Σχεδιασμού είναι η ορισθείσα αρμόδια αρχή για τον ΘΧΣ και επί του παρόντος επανεξετάζει το SPED σύμφωνα με τις διαδικασίες που ορίζονται στη νομοθεσία.

Ισπανία

Η Ισπανία έχει δημιουργήσει ένα πλαίσιο για τον ΘΧΣ μέσω νομοθεσίας και της δημιουργίας της Διυπουργικής Επιτροπής για τις Θαλάσσιες Στρατηγικές. Το ισπανικό MSP, Planes de Ordenación

del Espacio Marítimo (POEM), εγκρίθηκε στις 28 Φεβρουαρίου 2023 και καταρτίζει σχέδια για καθεμία από τις πέντε ισπανικές θαλάσσιες υποδιαίρεσεις, με τον πρώτο κύκλο σχεδίων και μέτρων να υλοποιούνται μεταξύ 2023 και 2027.

3.2.3 Βόρεια Θάλασσα

3.2.3.1 Γεωγραφικά Στοιχεία Λεκάνης Βόρειας Θάλασσας

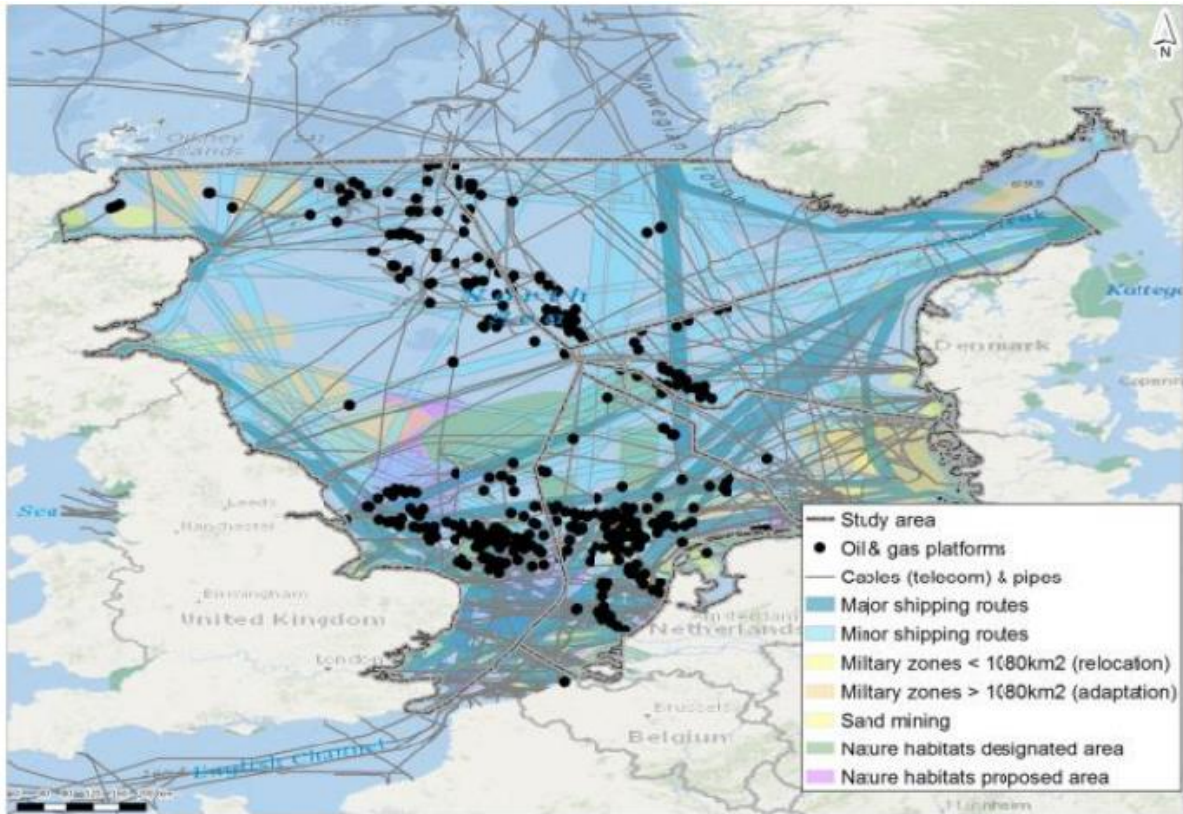
Η περιοχή της Βόρειας Θάλασσας είναι μια βαριά χρησιμοποιούμενη θάλασσα με εκτεταμένη ναυτιλία, αλιεία, στρατιωτικές αμυντικές ασκήσεις, εξόρυξη αδρανών υλικών και ορυκτού πλούτου, αλλά και αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού για την παραγωγή ενέργειας (βλ. εικόνα 3.6). Συνορεύει με ισχυρές οικονομίες όπως η Γαλλία, το Βέλγιο, η Ολλανδία, η Γερμανία, η Δανία, η Σουηδία, η Νορβηγία και το Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ εκεί βρίσκονται και 2 από τα μεγαλύτερα λιμάνια του κόσμου, αυτά του Αμβούργου και του Ρότερνταμ. Το δυναμικό της Γαλάζιας Ανάπτυξης της περιοχής της Βόρειας Θάλασσας αντιπροσωπεύει τουλάχιστον το 30% της συνολικής θαλάσσιας (μπλε) οικονομίας της ΕΕ, απασχολώντας τουλάχιστον 850.000 άτομα σε τομείς όπως η υπεράκτια αιολική ενέργεια, το υπεράκτιο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, η υδατοκαλλιέργεια, η ναυτιλία, η ναυπηγική βιομηχανία, ο τουρισμός κρουαζιέρας και η προστασία των ακτών.

Χάρτης 3.7 Χάρτης Βόρειας Θάλασσας



Πηγή: (<https://science.fandom.com/el/wiki/%CE%92%CF%8C%CF%81%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%98%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1?file=Maps-Seas-North-01-goog.jpg>)

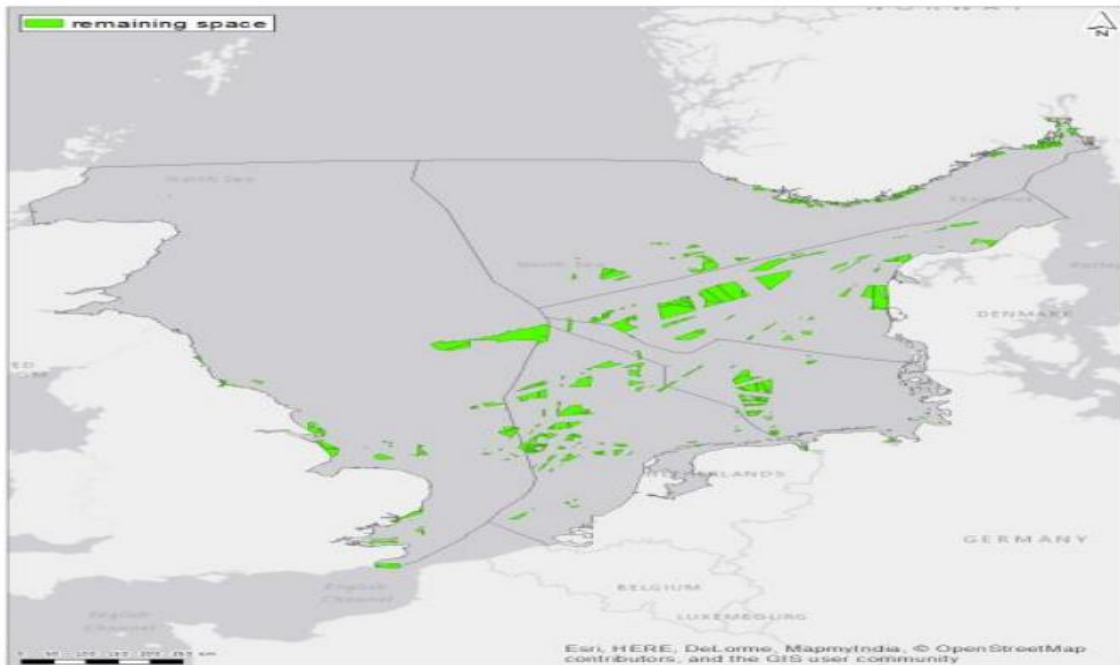
Χάρτης 3.8 Υπάρχουσες χρήσεις και δραστηριότητες στη Βόρεια Θάλασσα



Πηγή: (<https://northseawindpowerhub.eu/files/media/document/Cost-Evaluation-of-North-Sea-Offshore-Wind-1.pdf>)

Η Βόρεια Θάλασσα είναι μια σχετικά ρηχή θάλασσα με μέσο βάθος 90 μέτρα και μέγιστο βάθος 700 μέτρα. Ο βυθός της θάλασσας αποτελείται κυρίως από λάσπη, αμμώδη λάσπη, άμμο και χαλίκι με μια σημαντική ποικιλία θαλάσσιων τοπίων, όπως φιόρδ, εκβολές ποταμών, αμμουδιές, όρμους και παλίρροιες. Εξαιτίας του ρηχού της βάθους για πολλά συνεχόμενα χιλιόμετρα, αποτέλεσε την πρώτη περιοχή στην Ευρώπη όπου αναπτύχθηκαν υπεράκτια αιολικά πάρκα με πακτωμένες στον πυθμένα των θαλασσών ανεμογεννήτριες. Τα προσεχή έτη αναμένεται περαιτέρω ανάπτυξη των αιολικών πάρκων στο ανατολικό κομμάτι της Βόρειας Θάλασσας, όπως παρατηρείται στις εικόνες 3.7 και 3.8 που ακολουθούν (North Sea Wind Power Hub Consortium, 2019).

Χάρτης 3.9 Ελεύθερος χώρος με βάθος <55 μέτρων για εγκατάσταση αιολικών πάρκων στη Βόρεια Θάλασσα



Πηγή: (<https://northseawindpowerhub.eu/files/media/document/Cost-Evaluation-of-North-Sea-Offshore-Wind-1.pdf>)

Χάρτης 3.10 Χωρικός Σχεδιασμός αιολικών πάρκων στη Βόρεια Θάλασσα, πριν και μετά το 2030



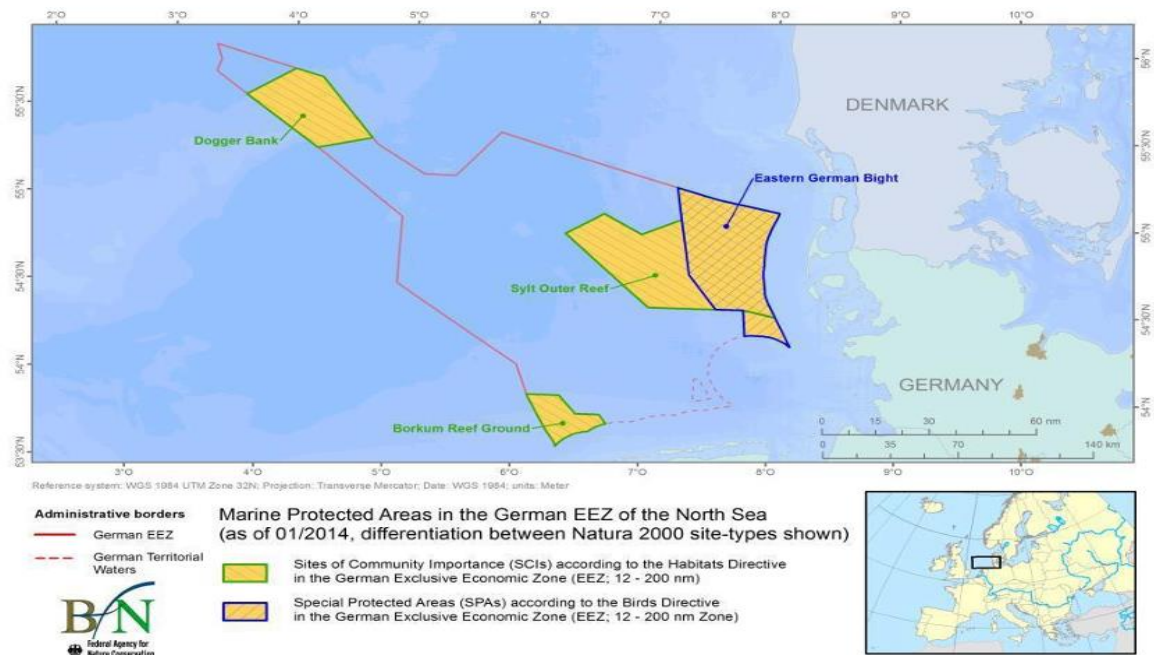
Πηγή: (<https://northseawindpowerhub.eu/files/media/document/Cost-Evaluation-of-North-Sea-Offshore-Wind-1.pdf>)

Το κλίμα της Βόρειας Θάλασσας επηρεάζεται έντονα από την εισροή ωκεάνιου νερού από τον Ατλαντικό Ωκεανό και τη μεγάλης κλίμακας δυτική κυκλοφορία αέρα που χαρακτηρίζεται από ακραίες καιρικές συνθήκες που έχουν άμεσο αντίκτυπο στην υδρογραφία.

Η περιοχή της Βόρειας Θάλασσας είναι πλούσια και πολύπλοκη με σημαντικές περιοχές σημασίας για τα πουλιά, τα ψάρια και τα θαλάσσια θηλαστικά. Φιλοξενεί περίπου 230 είδη ψαριών και 10 εκατομμύρια θαλασσοπούλια με εκτεταμένη μετανάστευση προστατευόμενων ειδών σε όλη την περιοχή και με θαλάσσια θηλαστικά να εμφανίζονται τακτικά σε μεγάλα μέρη της Βόρειας Θάλασσας.

Ορισμένες περιοχές είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και της φύσης, όπως η Dogger Bank η οποία είναι προστατευμένη περιοχή για τα πτηνά και τους οικότοπους, ενώ ολόκληρη η Βόρεια Θάλασσα έχει κηρυχθεί ειδική περιοχή βάσει του Παραρτήματος V της Σύμβασης MARPOL για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία, η οποία απαγορεύει τη διάθεση σκουπιδιών και άλλων οικιακών αποβλήτων από τα πλοία (European Commission, 2023a)

Χάρτης 3.11 Χαρακτηρισμένες ζώνες Natura 2000 στην ΑΟΖ της Γερμανίας στη Βόρεια Θάλασσα

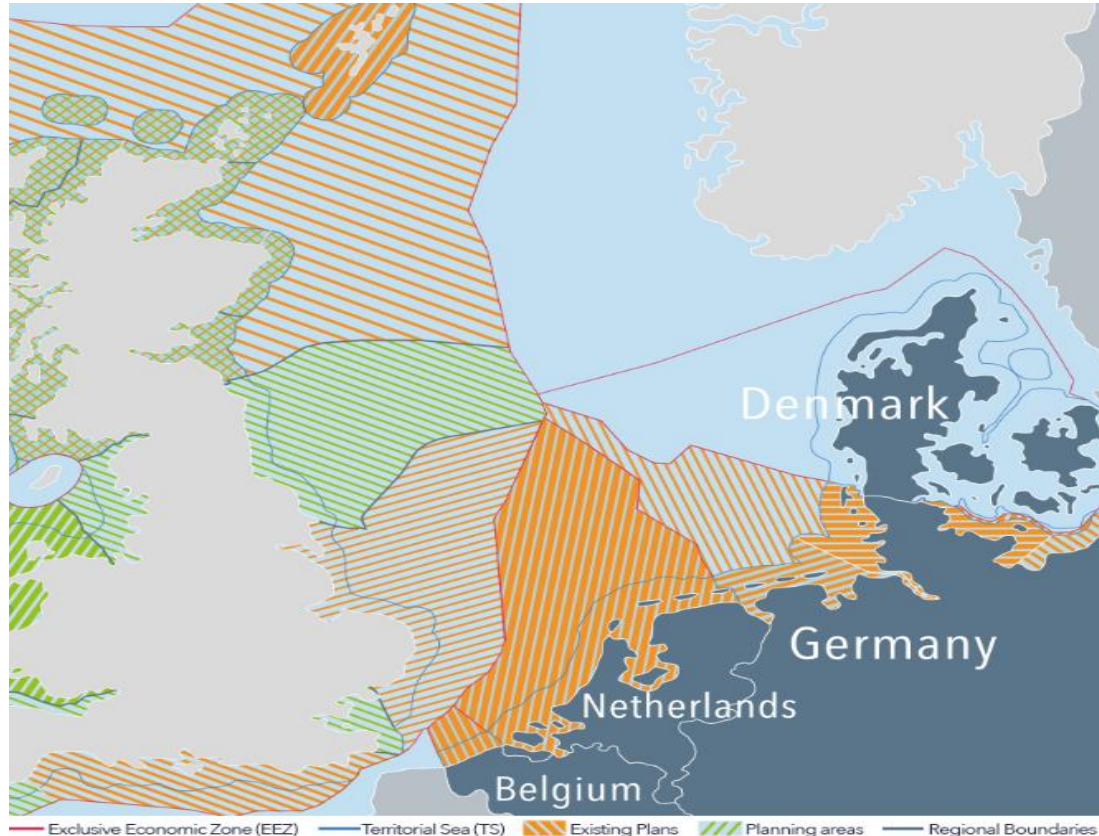


Πηγή: (https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/news/fisheries-and-nature-conservation-increased-protection-natura-2000-sites-north-sea-2022-12-08_en)

3.2.3.2 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός Βόρειας Θάλασσας

Τα έθνη που συνορεύουν με τη Βόρεια Θάλασσα, αναπτύσσουν MSP για να εκπληρώσουν τις απαιτήσεις τους σύμφωνα με την Οδηγία της ΕΕ, για την υλοποίηση Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού. Η ακόλουθη δραστηριότητα MSP βρίσκεται σε εξέλιξη στη Βόρεια Θάλασσα (European Commission, 2023a).

Χάρτης 3.12 Χάρτης Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδιασμού στη Βόρεια Θάλασσα



Πηγή: (<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sea-basins/north-sea-0>)

Βέλγιο

Το πρώτο MSP για το βελγικό τμήμα της Βόρειας Θάλασσας εγκρίθηκε το 2014 και το δεύτερο βελγικό MSP υπογράφηκε σε νόμο από τον Βασιλιά στις 22 Μαΐου 2019 και δημοσιεύτηκε στις 2 Ιουλίου 2019. Τέθηκε σε ισχύ στις 20 Μαρτίου 2020.

Γερμανία

Υπάρχουν θαλάσσια χωροταξικά σχέδια για τη γερμανική ΑΟΖ της Βόρειας Θάλασσας και της Βαλτικής Θάλασσας και για τις χωρικές θαλάσσιες περιοχές που υπάγονται στη δικαιοδοσία των

τριών παράκτιων ομοσπονδιακών κρατών. Η διαδικασία αναθεώρησης του ΘΧΣ ολοκληρώθηκε μετά από δύο γύρους εθνικών και διεθνών διαβουλεύσεων. Οι αλλαγές έγιναν με βάση τα σχόλια που ελήφθησαν και το αναθεωρημένο ΘΧΣ για τη γερμανική ΑΟΖ στη Βόρεια Θάλασσα και τη Βαλτική Θάλασσα τέθηκε σε ισχύ την 1η Σεπτεμβρίου 2021. Το παράκτιο ομοσπονδιακό κράτος Schleswig-Holstein δημοσίευσε ένα αναθεωρημένο συνολικό LEP (Κρατικό σχέδιο ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένων των μεριδίων της γερμανικής χωρικής θάλασσας στον Βορρά και στη Βαλτική Θάλασσα), το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Δεκεμβρίου 2021.

Ολλανδία

Η Ολλανδία βρίσκεται πλέον στον τρίτο κύκλο του ΘΧΣ, με τον προηγούμενο να λήγει το 2021. Ως μέρος του Προγράμματος Βόρειας Θάλασσας 2022-2027, ένα νέο τμήμα ΘΧΣ αυτή τη στιγμή προετοιμάζεται για την ίδια περίοδο. Μετά από πλήρη διαδικασία διαβούλευσης, το Εθνικό Πρόγραμμα Υδάτων θα υποβληθεί στο Υπουργικό Συμβούλιο. Το Εθνικό Πρόγραμμα Υδάτων και το Πρόγραμμα Βόρειας Θάλασσας θα ολοκληρωθούν έως το 2022. Το Πρόγραμμα Βόρειας Θάλασσας 2022 – 2027 δημοσιεύτηκε και τέθηκε σε ισχύ τον Μάρτιο του 2022.

Δανία

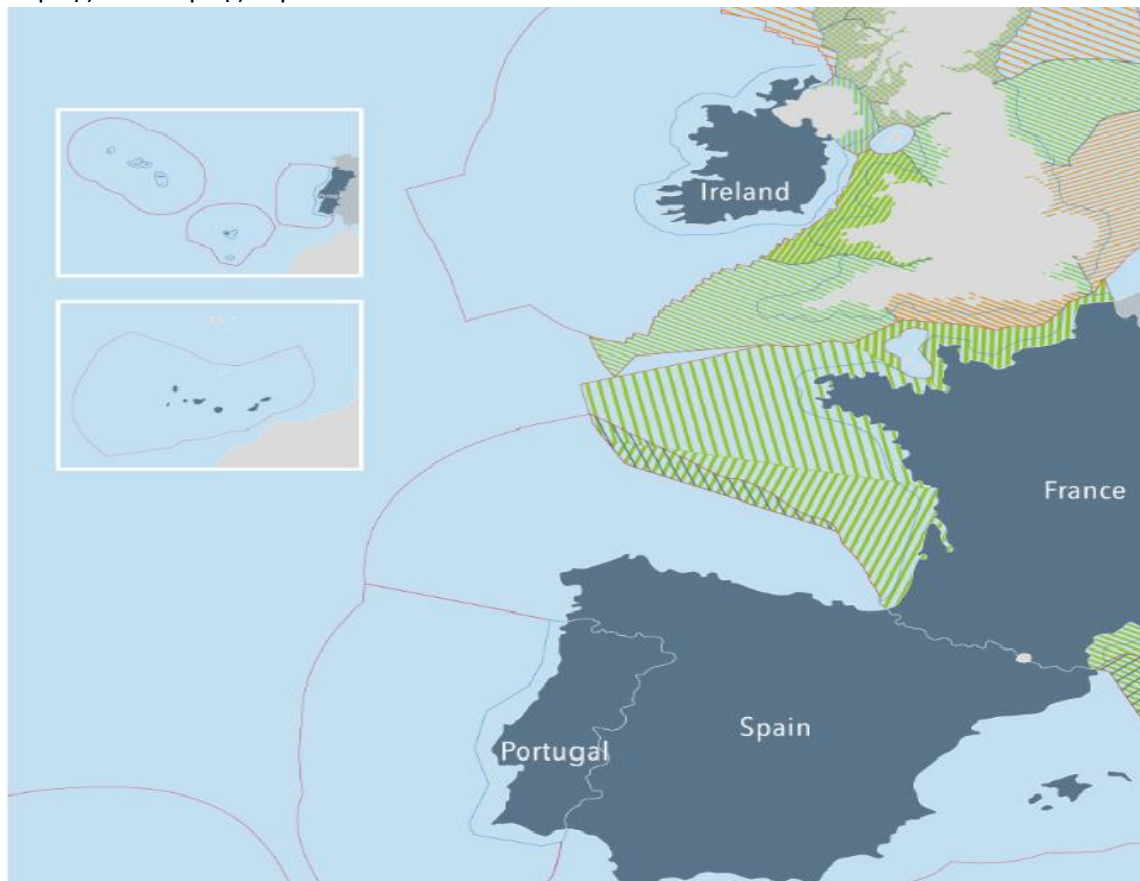
Η Δανία έχει μια σειρά τομεακών σχεδίων που θα παρέχουν βασικές εισροές στη διαδικασία σχεδιασμού του ΘΧΣ. Αυτά τα σχέδια έχουν συμβάλει σημαντικά στη διαδικασία σχεδιασμού του ΘΧΣ στη Δανία. Το θαλάσσιο χωρικό σχέδιο της Δανίας για τη θάλασσα οριστικοποιήθηκε και ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2021. Στις 31 Μαρτίου 2021 ξεκίνησε μια δημόσια διαβούλευση για το Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχέδιο και την Περιβαλλοντική Εκτίμηση για περίοδο έξι μηνών και ολοκληρώθηκε στις 30 Σεπτεμβρίου 2021. Οι εθνικές πρωτοβουλίες περιλαμβάνουν την ανάπτυξη διευθετήσεων για σχεδιασμό πέρα από τα όρια δικαιοδοσίας, ωστόσο επί του παρόντος δεν υπάρχει MSP σε κλίμακα Βόρειας Θάλασσας. Έχει επισημανθεί η ανάγκη για στρατηγική δράση, αλλά η έλλειψη γενικής εξουσίας με αρκετά ευρεία αρμοδιότητα για τη διευκόλυνση της απαιτούμενης πολιτικής συνεργασίας, αποτελεί βασική πρόκληση. Υπάρχει διεθνής συνεργασία σε περιφερειακή βάση και το φόρουμ της Wadden Sea παρέχει έναν μηχανισμό για την τριμερή συνεργασία Ολλανδίας-Γερμανίας-Δανίας, συμπεριλαμβανομένης της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης και αποτελεί τη βάση για τον συντονισμό τους, όσον αφορά τον ΘΧΣ.

3.2.4 Ατλαντικός

3.2.4.1 Γεωγραφικά Στοιχεία Λεκάνης Ατλαντικού

Η περιοχή του Βορειοανατολικού Ατλαντικού συνορεύει με τέσσερα κράτη μέλη, την Ιρλανδία, τη Γαλλία, την Ισπανία και την Πορτογαλία. Αυτή η περιοχή καλύπτει μια τεράστια έκταση και περιλαμβάνει μια ποικιλία οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των Κελτικών Θαλασσών, του Βισκαϊκού Κόλπου και της Ιβηρικής Ακτής. Αυτά τα οικοσυστήματα παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στις φυσικές και βιολογικές συνθήκες, με τις Κελτικές Θάλασσες να χαρακτηρίζονται από ρηγά νερά και ήπιες ηπειρωτικές υφαλοκρηπίδες, ενώ ο Βισκαϊκός Κόλπος και η Ιβηρική Χερσόνησος διαθέτουν απότομα νερά που στηρίζουν μια ποικιλία από κοράλλια, σφουγγάρια και πελαγικά είδη (European Commission, 2023a).

Χάρτης 3.13 Χάρτης Ευρωπαϊκού Ατλαντικού



Πηγή: (<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sea-basins/atlantic-ocean>)

Η αλιεία είναι ένας σημαντικός κλάδος στην περιοχή, ενώ σημαντικός είναι και ο παράκτιος τουρισμός και η ναυτιλία. Η περιοχή είναι έτοιμη για την ανάπτυξη υπεράκτιων ανανεώσιμων

πηγών ενέργειας, με ευνοϊκές συνθήκες για παραγωγή αιολικής, παλιρροιακής και κυματικής ενέργειας. Και τα πέντε κράτη μέλη του Ατλαντικού (συμπεριλαμβανομένου του Ηνωμένου Βασιλείου) έχουν ορίσει την ΑΟΖ τους στον Ατλαντικό, με τη Γαλλία, την Ιρλανδία, την Ισπανία και το Ηνωμένο Βασίλειο να υποβάλλουν συλλογικά πληροφορίες για τα όρια της υφαλοκρηπίδας τους πέραν των 200 ναυτικών μιλίων σε συμμόρφωση με τη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας. Η Πορτογαλία υπέβαλε αξίωση για επέκταση της δικαιοδοσίας της στη γειτονική της υφαλοκρηπίδα, η οποία βρίσκεται επί του παρόντος υπό εξέταση.

3.2.4.2 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός λεκάνης Ατλαντικού

Τα κράτη μέλη της ΕΕ αναπτύσσουν ΘΧΣ για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις της Οδηγίας της ΕΕ για τον θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό.

Γαλλία

Εφαρμόστηκαν έγγραφα στρατηγικής για τη θαλάσσια λεκάνη. Τα έγγραφα αποτελούνται από αρχικές αξιολογήσεις, στρατηγικούς στόχους, επαγγελματικούς χάρτες, ενημερωτικά δελτία, μηχανισμούς παρακολούθησης και σχέδια δράσης.

Ιρλανδία

Μεταφορά της οδηγίας MSP στο Ιρλανδικό δίκαιο. Η Βασική Έκθεση του Εθνικού Πλαισίου Θαλάσσιου Σχεδιασμού, δημοσιεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 2018. Τα προσχέδια υποβλήθηκαν σε δημόσια διαβούλευση και το τελικό σχέδιο εγκρίθηκε τον Ιούλιο του 2021.

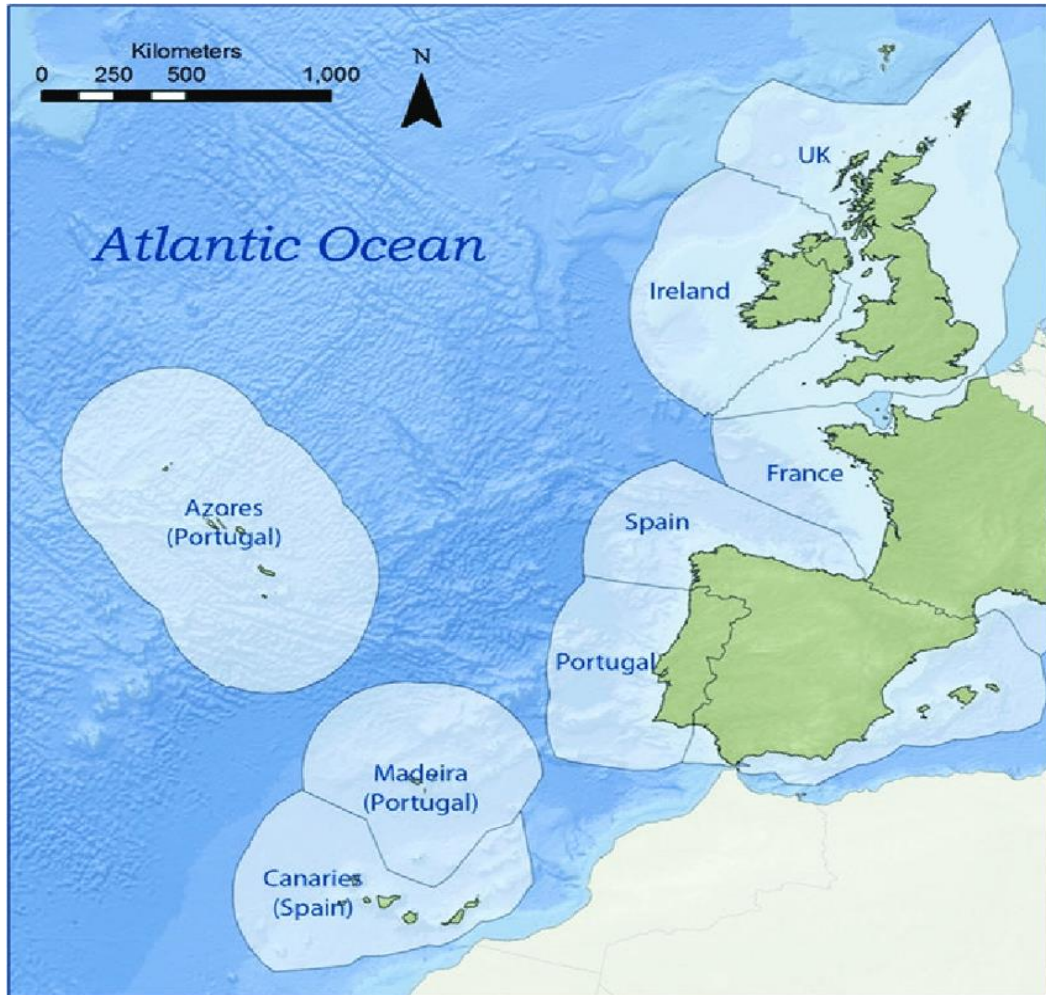
Πορτογαλία

Εγκεκριμένη νομοθεσία MSP το 2014 και το 2015. Τα Σχέδια Κατάστασης για την ηπειρωτική χώρα, τη Μαδέρα και την εκτεταμένη υφαλοκρηπίδα εγκρίθηκαν τον Δεκέμβριο του 2019.

Ισπανία

Θεσπίστηκε πλαίσιο ΘΧΣ και Διυπουργική Επιτροπή για τις Θαλάσσιες Στρατηγικές. Υιοθέτησε το Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM) στις 28 Φεβρουαρίου 2023, με σχέδια για πέντε θαλάσσιες υποδιαίρεσεις. Ο πρώτος κύκλος σχεδίων θα εφαρμοστεί μεταξύ 2023 και 2027.

Χάρτης 3.14 Θαλάσσιες Ζώνες Ατλαντικού



Πηγή:(<https://www.researchgate.net/publication/328512349> Stakeholder Processes in Marine Spatial Planning Ambitions and Realities from the European Atlantic Experience)

3.2.5 Βαλτική

3.2.5.1 Γεωγραφικά Στοιχεία Λεκάνης της Βαλτικής

Η Βαλτική Θάλασσα, είναι μια ημίκλειστη, ρηχή θάλασσα με μέσο βάθος τα 54 μέτρα. Συνορεύει με 8 ευρωπαϊκά κράτη μέλη (Δανία, Γερμανία, Πολωνία, Λιθουανία, Λετονία, Εσθονία, Φινλανδία, Σουηδία) και τη Ρωσία και θα μπορούσε να υποδιαιρεθεί στις ακόλουθες υποπεριοχές: Τον Κόλπο της Φινλανδίας, τον Κόλπο της Βότνιας, τον κόλπο της Ρίγας, την Κύρια Βαλτική (Baltic Proper) που περιλαμβάνει τον κόλπο του Γκντανσκ, τα Στενά της Δανίας και το Kattegat (European Commission, 2023a).

Χάρτης 3.15 Χάρτης Βαλτικής Θάλασσας



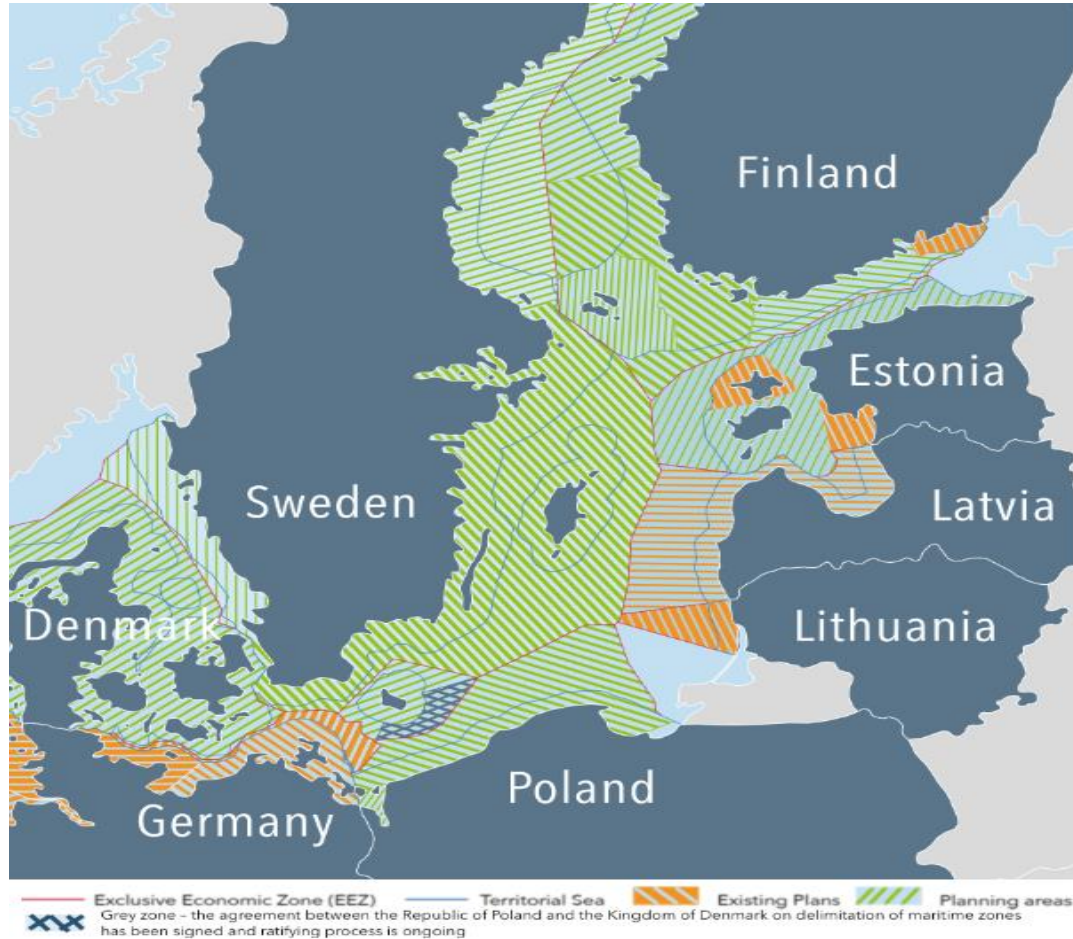
Πηγή: (<https://www.nationsonline.org/oneworld/map/Baltic-Sea-map.htm>)

Η Βαλτική Θάλασσα, χαρακτηρίζεται από το οικοσύστημα υφάλμυρου νερού, γνωστό για την υψηλή βιολογική του παραγωγικότητα. Λόγω του ποικίλου φάσματος λειτουργιών που εξυπηρετεί, όπως η ναυτιλία, η αλιεία, τα αιολικά πάρκα και η εξόρυξη υδρογονανθράκων, υπάρχει αυξανόμενος ανταγωνισμός για περιορισμένο χώρο στη Βαλτική Θάλασσα. Επιπλέον, η ευαίσθητη φύση του οικοσυστήματος της Βαλτικής και οι προκλήσεις που θέτει η κλιματική αλλαγή υπογραμμίζουν την ανάγκη για μια ισορροπημένη και πολυτομεακή προσέγγιση για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας (European Commission, 2023a).

3.2.5.2 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός της Βαλτικής

Τα έθνη που συνορεύουν με τη Βαλτική Θάλασσα, αναπτύσσουν δραστηριότητες MSP για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της Οδηγίας της ΕΕ για MSP και να επιτύχουν Θαλάσσιο Χωροταξικό Σχεδιασμό.

Χάρτης 3.16 ΑΟΖ και χρήσεις Βαλτικής Θάλασσας



Πηγή: (<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sea-basins/baltic-sea-0>)

Δανία

Ιστορικά, η Δανία δεν είχε ένα ολοκληρωμένο χωροταξικό σχέδιο για τη θάλασσα, βασιζόμενη σε τομεακά σχέδια. Ωστόσο, ένα νέο ΘΧΣ για ολόκληρη τη θαλάσσια περιοχή της Δανίας, που περιλαμβάνει τα εσωτερικά ύδατα, τη χωρική θάλασσα και την ΑΟΖ, οριστικοποιήθηκε και ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2021. Από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2021 πραγματοποιήθηκε δημόσια διαβούλευση για το σχέδιο και την περιβαλλοντική αξιολόγηση.

Εσθονία

Αν και η Εσθονία δεν έχει ακόμη υιοθετήσει εθνικό ΘΧΣ, βρίσκεται στα τελευταία στάδια της ανάπτυξής του. Δύο περιφερειακοί ΘΧΣ είναι ήδη σε ισχύ για τις κομητείες Hiiumaa και Pärnu.

Φινλανδία

Τον Δεκέμβριο του 2020, η Φινλανδία ενέκρινε το πρώτο της ΘΧΣ χωρισμένο σε τρία μέρη που καλύπτει τα χωρικά ύδατα και την ΑΟΖ. Συντάχθηκαν χωριστά σχέδια για το Βόρειο Βοθνιακό Πέλαγος, το Κουάρκ, τον Βοθνιακό Κόλπο, τη Θάλασσα του Αρχιπελάγους, το Νότιο Βοθνιακό Πέλαγος και τον Φινλανδικό Κόλπο. Ένα ξεχωριστό σχέδιο MSP αναπτύσσεται για τα νησιά Åland σύμφωνα με τη δική τους νομοθεσία περί ΘΧΣ.

Γερμανία

Υπάρχουν ΘΧΣ για τη γερμανική ΑΟΖ της Βόρειας Θάλασσας και της Βαλτικής Θάλασσας, καθώς και για τις χωρικές θαλάσσιες περιοχές που υπάγονται στη δικαιοδοσία της Κάτω Σαξονίας, του Schleswig-Holstein και του Mecklenburg-Vorpommern. Μια αναθεωρημένη έκδοση του ΘΧΣ για τις γερμανικές ΑΟΖ τέθηκε σε ισχύ την 1η Σεπτεμβρίου 2021, μετά από εθνικές και διεθνείς διαβουλεύσεις.

Λετονία

Το ΘΧΣ για τα εσωτερικά ύδατα, τα χωρικά ύδατα και την ΑΟΖ της Λετονίας (MSP 2030) εγκρίθηκε από τη Λετονική κυβέρνηση τον Μάιο του 2019. Εκτελούνται συνεχείς εργασίες για την αναθεώρηση του σχεδίου.

Λιθουανία

Η Λιθουανία έχει ένα Ολοκληρωμένο Σχέδιο που περιλαμβάνει μια ενότητα για τα "Θαλάσσια εδάφη", που εγκρίθηκε από το Κοινοβούλιο το 2015. Ένα νέο Ολοκληρωμένο Σχέδιο, το οποίο ενσωματώνει το ΘΧΣ, εγκρίθηκε στις 29 Σεπτεμβρίου 2021. Το σχέδιο αυτή τη στιγμή βρίσκεται υπό μετάφραση.

Πολωνία

Η διαδικασία ΘΧΣ στην Πολωνία αποτελείται από πολλά σχέδια, συμπεριλαμβανομένου ενός ΘΧΣ για Πολωνικές θαλάσσιες περιοχές και σχέδια για συγκεκριμένες λιμνοθάλασσες, ύδατα της περιοχής λιμένων και επιλεγμένες περιοχές. Κανονισμός για το πολωνικό σχέδιο χωρικής

ανάπτυξης για τα εσωτερικά θαλάσσια ύδατα, τα χωρικά ύδατα και την ΑΟΖ εγκρίθηκε από την πολωνική κυβέρνηση στις 14 Απριλίου 2021.

Σουηδία

Τρία εθνικά σχέδια ετοιμάζονται για τη χωρική θάλασσα και την ΑΟΖ της Σουηδίας, που καλύπτουν το Skagerrak/Kattegat, τη Βαλτική Θάλασσα και τον Βοθνικό Κόλπο. Η Σουηδική Υπηρεσία για τη Θάλασσα και τη Διαχείριση των Υδάτων οριστικοποίησε τις προτάσεις ΘΧΣ της χώρας τον Δεκέμβριο του 2019, οι οποίες στη συνέχεια υποβλήθηκαν στην κυβέρνηση. Το σχέδιο MSP εγκρίθηκε από την κυβέρνηση στις 10 Φεβρουαρίου 2022 και τα εθνικά δεδομένα MSP είναι προσβάσιμα στον ιστότοπο της Σουηδικής Υπηρεσίας για τη Θάλασσα και τη Διαχείριση των Υδάτων (www.havochvatten.se).

3.2.6 Μαύρη Θάλασσα

3.2.6.1 Γεωγραφικά Στοιχεία Λεκάνης Μαύρης Θάλασσας

Η περιοχή της Μαύρης Θάλασσας αναγνωρίζεται ευρέως ως «στρατηγική γέφυρα», που χρησιμεύει ως κρίσιμος οικονομικός, γεωπολιτικός και εμπορικός διάδρομος. Συνδέει τη Μεσόγειο Θάλασσα μέσω του Μαρμαρά και του Αιγαίου και συνδέει την Ευρώπη με την Ασία, την Κασπία Θάλασσα, την Κεντρική Ασία, τη Μέση Ανατολή, καθώς και τη Νοτιοανατολική Ασία με την Κίνα. Αυτή η δυναμική, η πολύ-πολιτισμική και ποικιλόμορφη περιοχή περιλαμβάνει χώρες με στενούς δεσμούς, σημαντικές οικονομικές δυνατότητες και ποικίλα συμφέροντα. Η ευρύτερη περιοχή της Μαύρης Θάλασσας περιλαμβάνει τρία κράτη μέλη της ΕΕ (Βουλγαρία, Ελλάδα και Ρουμανία), τρεις υποψήφιες για ένταξη στην ΕΕ χώρες (Αλβανία, Σερβία, Τουρκία), πέντε ανατολικές χώρες εταίρους (Αρμενία, Αζερμπαϊτζάν, Γεωργία, Μολδαβία και Ουκρανία) και τη Ρωσική Ομοσπονδία. Η Αζοφική Θάλασσα εκβάλλει στη Μαύρη Θάλασσα μέσω του στενού Κερτς, ενώ τα στενά των Δαρδανελίων τη συνδέουν με τη Θάλασσα του Μαρμαρά (European Commission, 2023a).

Η Μαύρη Θάλασσα δέχεται νερό από δύο από τους μεγαλύτερους ποταμούς της Ευρώπης, τον Δούναβη και τον Δνείπερο, συμβάλλοντας στα σχετικά χαμηλά επίπεδα αλατότητας που εμφανίζει η Μαύρη Θάλασσα. Λόγω της περιορισμένης σύνδεσής της με τον Παγκόσμιο Ωκεανό μέσω του στενού του Βοσπόρου, η Μαύρη Θάλασσα θεωρείται σχεδόν κλειστή, με μικρή ανάμειξη μεταξύ των βαθύτερων και ανώτερων στρωμάτων της στήλης του νερού. Τα ανώτερα

στρώματα λαμβάνουν οξυγόνο από την ατμόσφαιρα, ενώ τα βαθύτερα στρώματα είναι κυρίως ανοξικά.

Χάρτης 3.17 Χάρτης Μαύρης Θάλασσας



Πηγή: (<https://www.britannica.com/place/Black-Sea>)

Ως κρίσιμο σταυροδρόμι, η περιοχή της Μαύρης Θάλασσας διευκολύνει τη διαμετακόμιση διαφόρων αγαθών και διαθέτει σημαντικές οικονομικές δυνατότητες για γαλάζια ανάπτυξη. Αντιπροσωπεύει πάνω από το 34% των εισαγωγών φυσικού αερίου και πετρελαίου στην ΕΕ. Η ημιπερικλειστή φύση της Μαύρης Θάλασσας παρέχει ένα ευνοϊκό περιβάλλον για θαλάσσιες δραστηριότητες και ο τουρισμός διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στα παράκτια κράτη, συμβάλλοντας σημαντικά στο ΑΕΠ τους. Η αλιεία και η υδατοκαλλιέργεια είναι επίσης σημαντικές από οικονομική άποψη δραστηριότητες στην περιοχή, με διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφόρων πολιτειών. Δεδομένου του συνδυασμού διαφορετικών ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε αυτήν την ημιπερικλειστή περιοχή, ο αποτελεσματικός σχεδιασμός και η εκτεταμένη συνεργασία μεταξύ των χωρών είναι καθοριστικής σημασίας.

Για να προωθήσουν την ανάπτυξη της Γαλάζιας Οικονομίας στην περιοχή, οι χώρες που βρέχονται από τη Μαύρη Θάλασσα, μαζί με τη Μολδαβία, έχουν εγκρίνει την Ατζέντα

Στρατηγικής Έρευνας και Καινοτομίας του Ευξείνου Πόντου (SRIA) και την Κοινή Ναυτιλιακή Ατζέντα για τη Μαύρη Θάλασσα (CMA), από τον Μάιο του 2019. Η CMA αποτελεί συνέχεια της δέσμευσης που αναλήφθηκε στην υπουργική δήλωση του Μπουργγκάς του 2018 "Towards a Common Maritime Agenda for the Black Sea" και είναι αποτέλεσμα μιας διαδικασίας που ξεκίνησε και υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την εφαρμογή της 'Black Sea Synergy'.

3.2.6.2 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός Μαύρης Θάλασσας

Ο Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός δεν είναι πλήρως ενσωματωμένος στη χάραξη θαλάσσιας πολιτικής στην περιοχή της Μαύρης Θάλασσας. Αρχικά εφαρμόστηκε θαλάσσιος χωροταξικός σχεδιασμός ως μέρος της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης (ICZM) για αειφόρο ανάπτυξη και ολοκληρωμένη διαχείριση. Η συνεργασία στο πλαίσιο της Επιτροπής του Ευξείνου Πόντου και της Συμβουλευτικής Ομάδας της για την Ανάπτυξη Κοινών Μεθοδολογιών για την ΟΔΠΖ συνέβαλε στην ενσωμάτωση του ΘΧΣ σε περιφερειακά έγγραφα ΟΔΠΖ. Η Ρουμανία ήταν η μόνη χώρα στην περιοχή με Νόμο για την ΟΔΠΖ και Εθνική Επιτροπή Παράκτιας Ζώνης. Κατά συνέπεια, η ανάπτυξη MSP της Ρουμανίας βασίστηκε σε προηγούμενες εμπειρίες ICZM (European Commission, 2023a).

Χάρτης 3.18 Θαλάσσιος Χωροταξικός Σχεδιασμός στη Μαύρη Θάλασσα



Πηγή: (<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sea-basins/black-sea-0>)

Ρουμανία

Η Ρουμανία ενέκρινε τη νομοθεσία ΘΧΣ για τον θαλάσσιο χώρο της το 2016 και το 2017. Το Υπουργείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και Δημοσίων Έργων και Διοίκησης είναι υπεύθυνο για την προετοιμασία της εθνικής νομοθεσίας και των κανόνων ΘΧΣ, τον διορισμό αρχών ΘΧΣ και την εφαρμογή της Οδηγίας ΘΧΣ. Επί του παρόντος, η Ρουμανία δεν έχει σχέδιο MSP, αλλά η χώρα συμμετέχει ενεργά σε διάφορα ευρωπαϊκά και διασυνοριακά έργα.

Βουλγαρία

Η Βουλγαρία μετέφερε την οδηγία της ΕΕ για τους ΘΧΣ στη νομοθεσία της το 2018 μέσω τροποποίησης του νόμου περί θαλάσσιων χώρων, εσωτερικών πλωτών οδών και λιμένων της Δημοκρατίας της Βουλγαρίας. Το Γνωμοδοτικό Συμβούλιο για τον Θαλάσσιο Χωρικό Σχεδιασμό εργάζεται για την ανάπτυξη του Θαλάσσιου Χωροταξικού Σχεδίου. Ενώ η Βουλγαρία δεν έχει ακόμη επίσημα θαλάσσια χωροταξικά σχέδια, το τελικό προσχέδιο του σχεδίου, σύμφωνα με την Οδηγία της ΕΕ, υποβλήθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Μάρτιο του 2021. Η Βουλγαρία συμμετέχει επίσης σε πολλά ευρωπαϊκά και διασυνοριακά έργα.

3.3 Νομοθεσία στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) διαθέτει πολλά νομοθετικά μέσα και πλαίσια που διέπουν την ανάπτυξη υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Η βασική νομοθεσία για την υπεράκτια αιολική ενέργεια στην ΕΕ περιλαμβάνει:

1. Οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (2009/28/ΕΚ) και οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας II (2018/2001): Αυτές οι οδηγίες θέτουν δεσμευτικούς στόχους για τα κράτη μέλη της ΕΕ να αυξήσουν το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό τους μείγμα. Παρέχουν ένα πλαίσιο για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και περιγράφουν μηχανισμούς για προγράμματα υποστήριξης, σύνδεση στο δίκτυο και διοικητικές διαδικασίες.
2. Οδηγία θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού (2014/89/ΕΕ): Αυτή η οδηγία θεσπίζει ένα πλαίσιο για τον συνεκτικό και βιώσιμο σχεδιασμό των θαλάσσιων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Απαιτεί από τα κράτη μέλη της ΕΕ να αναπτύξουν θαλάσσια χωροταξικά σχέδια που να ενσωματώνουν διάφορες χρήσεις του θαλάσσιου χώρου, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

3. Οδηγία για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (2011/92/ΕΕ): Αυτή η οδηγία απαιτεί από τα κράτη μέλη να αξιολογούν τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υπεράκτιων αιολικών έργων πριν από την έγκρισή τους. Διασφαλίζει ότι τα έργα υποβάλλονται σε ενδελεχή περιβαλλοντική αξιολόγηση και λαμβάνουν υπόψη τις πιθανές επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα, ενδιαιτήματα και είδη.

4. Οδηγία για την υπεράκτια ασφάλεια (2013/30/ΕΕ): Αυτή η οδηγία θεσπίζει πρότυπα ασφάλειας για υπεράκτιες λειτουργίες πετρελαίου και φυσικού αερίου, αλλά μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε υπεράκτια αιολικά πάρκα σε ορισμένες περιπτώσεις. Στοχεύει στην πρόληψη ατυχημάτων, στην προστασία της ασφάλειας των εργαζομένων και στον μετριασμό των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των υπεράκτιων δραστηριοτήτων.

5. Οδηγίες σύνδεσης στο δίκτυο για υπεράκτια αιολικά πάρκα (Κανονισμός της Επιτροπής (ΕΕ) 2016/1388): Αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές παρέχουν λεπτομερείς τεχνικές απαιτήσεις και διαδικασίες για τη σύνδεση υπεράκτιων αιολικών πάρκων με το χερσαίο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Εξασφαλίζουν την αποτελεσματική και αξιόπιστη ενσωμάτωση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στο συνολικό ενεργειακό σύστημα.

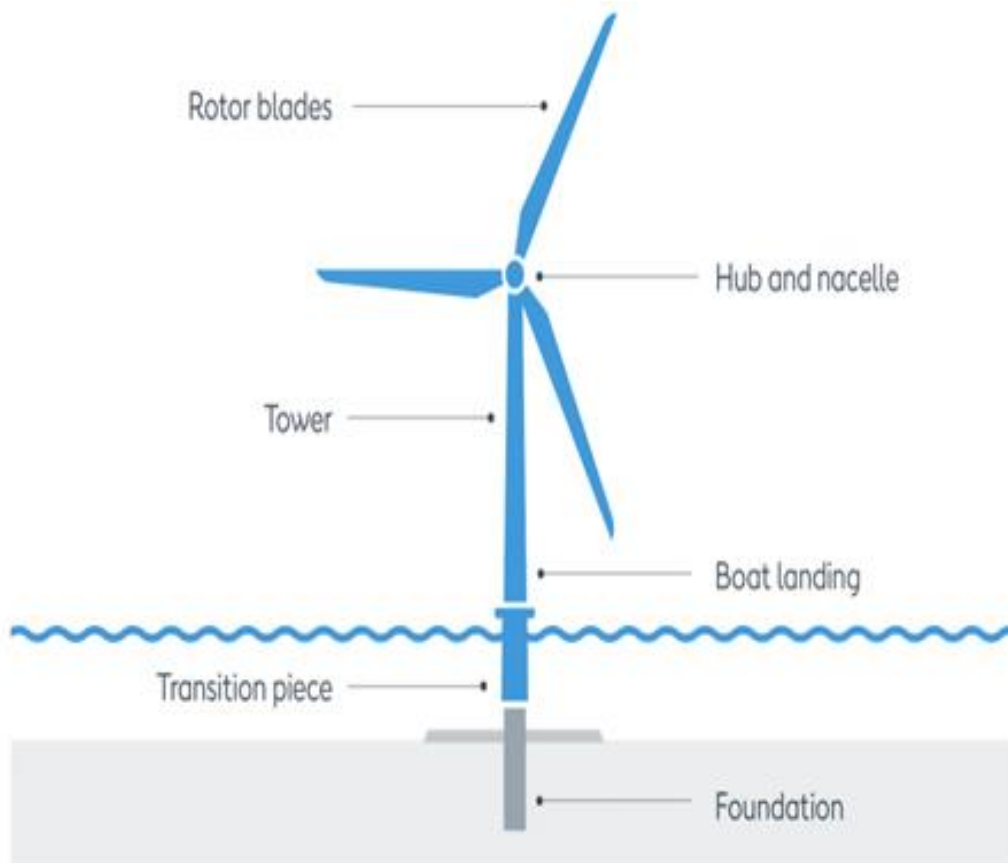
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

4.1 Δομή Υπεράκτιας Ανεμογεννήτριας

Ένα αιολικό πάρκο αποτελείται από πολλαπλές είτε από πακτωμένες ανεμογεννήτριες που βρίσκονται σε ρηχά νερά κοντά στην ακτή όπου η μέση ταχύτητα ανέμου είναι ευνοϊκή, είτε από πλωτές. Κάθε ανεμογεννήτρια έχει τρία κύρια στοιχεία ορατά εξωτερικά:

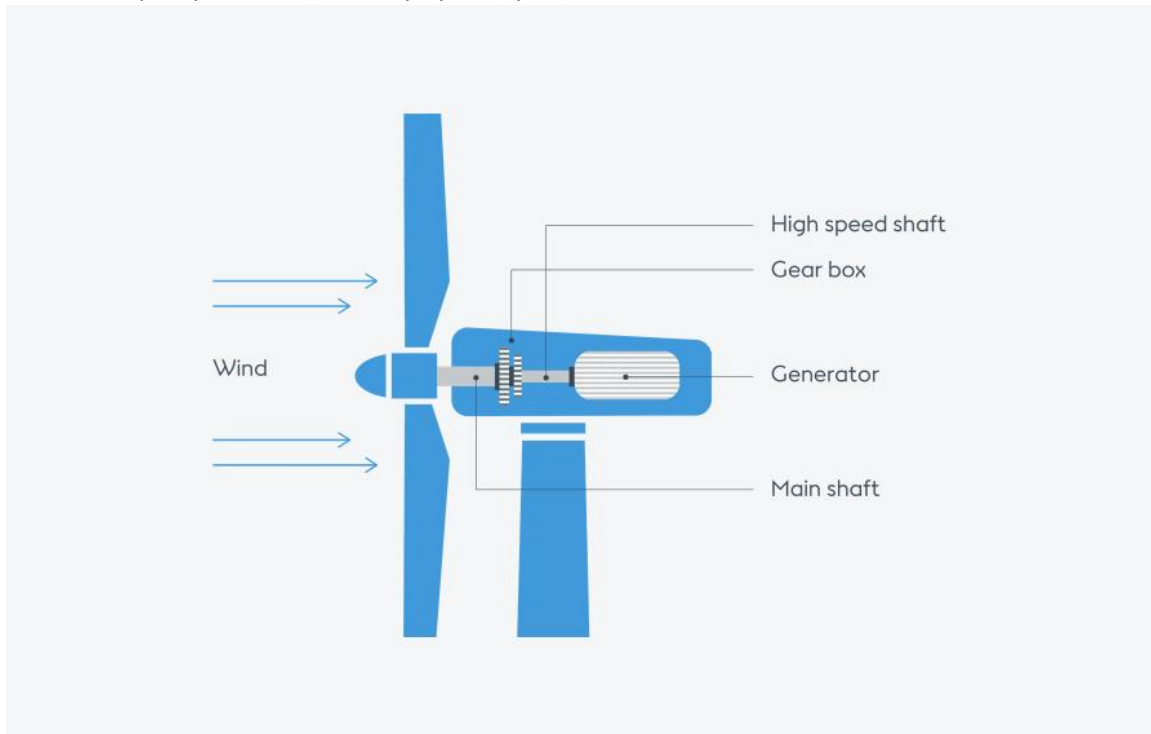
- Τον πύργο, ο οποίος αποτελείται από χαλύβδινους σωλήνες.
- Την άτρακτο όπου βρίσκεται η γεννήτρια, τοποθετημένη στην κορυφή του πύργου.
- Και τον ρότορα, που αποτελείται από τρία πτερύγια συνδεδεμένα με μια κεντρική πλήμνη στην άτρακτο.

Εικόνα 4.1α Δομικά στοιχεία ανεμογεννήτριας



Πηγή: (<https://us.orsted.com/renewable-energy-solutions/offshore-wind/what-is-offshore-wind-power/how-do-offshore-wind-turbines-work>)

Εικόνα 4.1.β Δομικά στοιχεία ανεμογεννήτριας



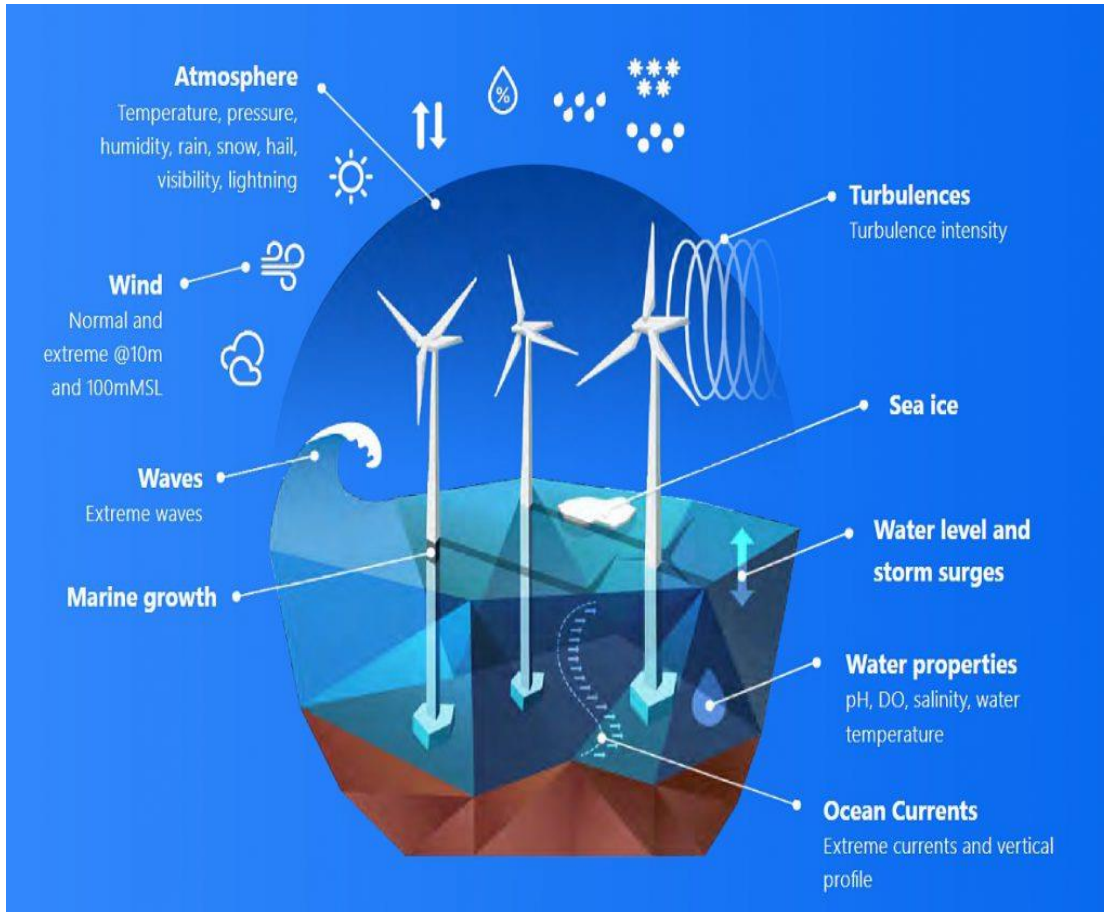
Πηγή: (<https://us.orsted.com/renewable-energy-solutions/offshore-wind/what-is-offshore-wind-power/how-do-offshore-wind-turbines-work>)

Η στήριξη της ανεμογεννήτριας απαιτεί θεμέλια, τα οποία φαίνονται ελαφρώς να προεξέχουν από το νερό. Κατά την τοποθέτηση μιας ανεμογεννήτριας στην ανοικτή θάλασσα, υπάρχουν τέσσερις πρόσθετοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό του θεμελίου. Αυτοί οι παράγοντες είναι οι εξής:

1. Βάθος νερού: Το βάθος αποτελεί τη σημαντικότερη ωκεανογραφική παράμετρο, ενώ παλιρροϊκό εύρος πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψιν. Το θεμέλιο απαιτεί μια πρόσθετη ανεξάρτητη στήλη για να υπολογίζει το βάθος του νερού.
2. Κυματικό φορτίο: Τα κύματα επιβάλλουν μεγαλύτερα φορτία και ροπές κάμψης στο θεμέλιο σε σύγκριση με τον ίδιο τον στρόβιλο.
3. Συνθήκες εδάφους: Το θεμέλιο μπορεί να μην στερεωθεί αμέσως στον πυθμένα λόγω της σύνθεσης του βυθού, απαιτώντας επιπλέον βάθος για να επιτευχθεί επαρκής φέρουσα ικανότητα. Είναι πιθανό σε ρηχές ακτές εξαιτίας μαλακών επιφανειακών σχηματισμών και για οικολογικούς λόγους να μην μπορούν να ανεγερθούν ανεμογεννήτριες.

4. Συχνότητες που προκαλούνται από τον στρόβιλο: Η αλληλεπίδραση του στροβίλου με τα φορτία κυμάτων εισάγει νέα και δυνητικά υψηλότερα φορτία στη βάση, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Εικόνα 4.2 Φυσικές διεργασίες που επηρεάζουν τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες

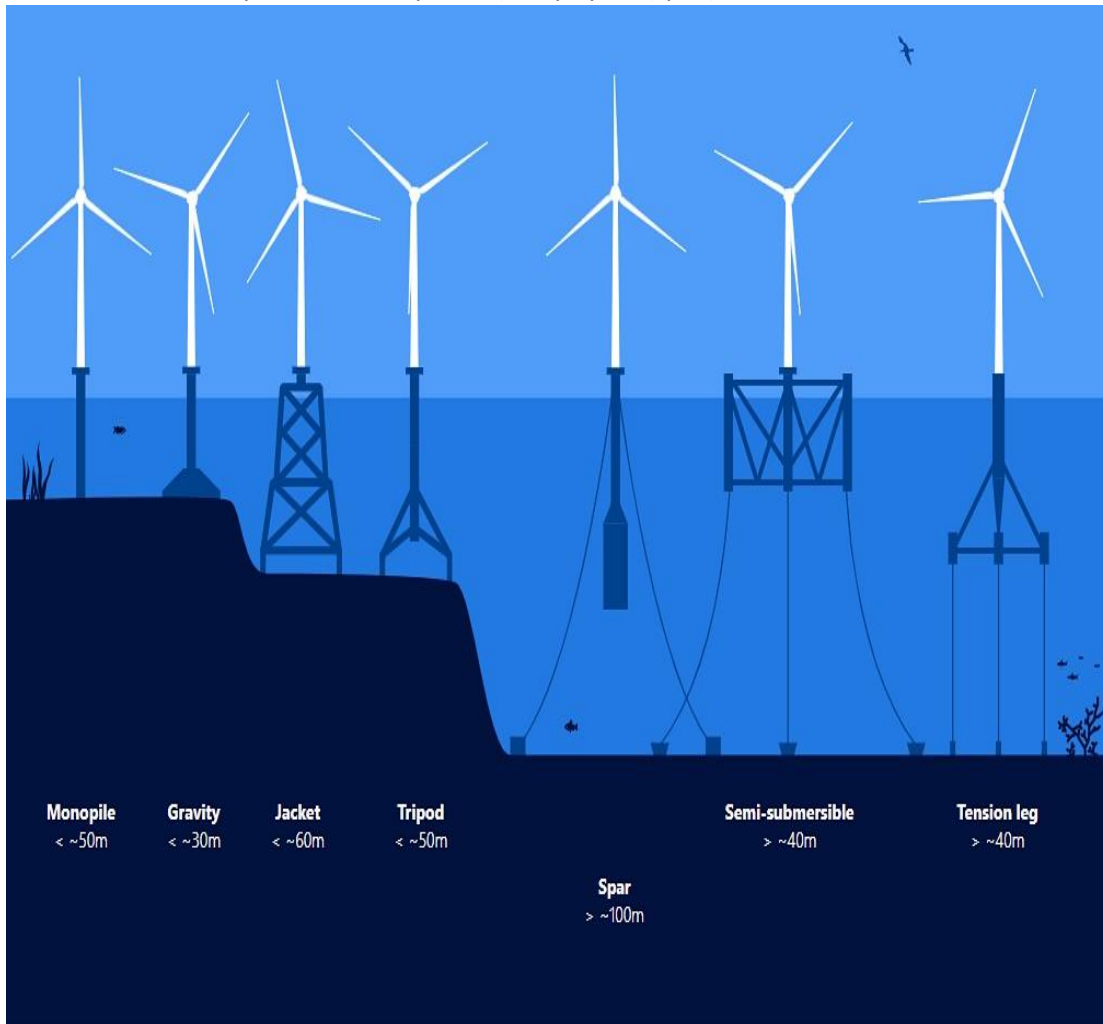


Πηγή: (<https://blog.dhigroup.com/2021/10/19/decode-offshore-wind-engineering-challenges-at-every-stage/>)

4.2 Στοιχεία Θεμελίωσης Υπεράκτιας Ανεμογεννήτριας

Για τη θεμελίωση των υπεράκτιων ανεμογεννητριών, υπάρχουν διάφοροι τύποι θεμελίων οι οποίοι διαχωρίζονται σε 2 κύριους τύπους. Σε αυτούς που χρησιμοποιούνται σε χαμηλά βάθη – όπου οι ανεμογεννήτριες πακτώνονται στο βυθό της θάλασσας – και στους τύπους θεμελίων που χρησιμοποιούνται στις πλωτές ανεμογεννήτριες, όπου τα μεγάλα βάθη των θαλασσών (όπως στη Μεσόγειο για παράδειγμα) δεν επιτρέπουν την πάκτωση των ανεμογεννητριών στο βυθό.

Εικόνα 4.3 Τύποι θεμελίων σε υπεράκτιες ανεμογεννήτριες



Πηγή:(<https://blog.dhigroup.com/2021/10/19/decode-offshore-wind-engineering-challenges-at-every-stage/>)

Πυλώνας (Monopile)

Ο πυλώνας (Monopile) είναι ένας μεγάλος χαλύβδινος σωλήνας με διάμετρο 4-8 μέτρα που εισάγεται στον βυθό της θάλασσας χρησιμοποιώντας ένα ισχυρό υδραυλικό σφυρί. Παραμένει όρθιο λόγω της τριβής μεταξύ του βυθού και των πλευρών του, χωρίς να δέχεται κάθετη πίεση από το έδαφος. Συνήθως χρησιμοποιείται σε συνθήκες βυθού που χαρακτηρίζεται σκληρός έως ημίσκληρος και είναι κατάλληλος για βάθη νερού περίπου 25 μέτρων ή λιγότερο (Thomsen, 2014).

Εικόνα 4.4 Πυλώνας (Monopile)



Πηγή: (<https://www.rechargenews.com/wind/monopiles-in-at-taiwan-s-first-commercial-offshore-wind-farm/2-1-657086>)

Βάση (θεμέλιο) Βαρύτητας (Gravity)

Ένα θεμέλιο (βάση) που βασίζεται στη βαρύτητα είναι συνήθως μια πολύ βαριά δομή μετατόπισης από σκυρόδεμα. Η βάση βαρύτητας, η οποία εφαρμόζει κάθετη δύναμη, στέκεται στον βυθό της θάλασσας. Η βάση είναι συνήθως διαμέτρου 15-25 m, και όλες οι δυνάμεις και οι ροπές κάμψης μεταφέρονται στη βάση του θεμελίου. Συνήθως, μια βάση βαρύτητας χρησιμοποιείται σε ομοιόμορφες συνθήκες βυθού και σε μικρότερα βάθη νερού, αν και σε ορισμένα έργα (π.χ. Thorntonbank Wind Farm - Βέλγιο) έχουν εγκατασταθεί σε πολύ βαθύτερα νερά.

Το μέγεθος και το βάρος των θεμελίων (από 1500 έως 4500 τόνους) κάνουν τη μεταφορά και την εγκατάσταση δύσκολη και αξίζει να σημειωθεί ότι ο βυθός πρέπει να προετοιμαστεί με βυθοκόρηση και επίχωση υλικού για την εγκατάσταση της θεμελίωσης. Έτσι, παρόλο που το σκυρόδεμα είναι ένα φθινό δομικό υλικό, είναι εξαιρετικά ακριβή και χρονοβόρα η τοποθέτηση μιας βάσης από σκυρόδεμα. Επομένως, το θεμέλιο που βασίζεται στη βαρύτητα δεν είναι η προτιμώμενη λύση (Thomsen, 2014).

Εικόνα 4.5 Βάση (θεμέλιο) βαρύτητας σκυροδέματος



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

Τρίποδο (Tripod)

Μια δομή τρίποδου αποτελείται από έναν χαλύβδινο σωλήνα. Κάτω από το νερό, υπάρχει ένα τρίποδο θεμέλιο. Οι σωροί αγκύρωσης οδηγούνται στον πυθμένα της θάλασσας μέσω αυτών των μανικιών για να ασφαλίσουν το θεμέλιο στη θέση του. Το βασικό πλεονέκτημα του σχεδιασμού του τρίποδου είναι η σταθερότητά του. Ενώ το τμήμα που εκτίθεται στη ζώνη κύματος είναι παρόμοιο σε μέγεθος με έναν πυλώνα (monopile) λόγω του ενιαίου σωλήνα του, το τρίποδο απλώνεται στον πυθμένα της θάλασσας σαν τρίποδο κάμερας.

Αυτή η διαμόρφωση παρέχει σημαντική σταθερότητα έναντι των ροπών κάμψης. Οι πάσσαλοι αγκύρωσης, που βρίσκονται σε απόσταση από το κέντρο της θεμελίωσης, αντέχουν αποτελεσματικά σε σημαντικές κατακόρυφες δυνάμεις και ροπές κάμψης που προκαλούνται από τα κύματα. Ο σχεδιασμός του τρίποδου χρησιμοποιείται συχνά από την υπεράκτια βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, ιδιαίτερα σε μεγαλύτερα βάθη νερού που κυμαίνονται από 25 έως 50 μέτρα και έχει επιδείξει αξιοσημείωτη αξιοπιστία. Ωστόσο, το μειονέκτημα της δομής του τρίποδου έγκειται στο κόστος της. Η κατασκευή μιας μεγάλης υπεράκτιας ανεμογεννήτριας είναι ήδη μια δαπανηρή προσπάθεια και ο σχεδιασμός του

τρίποδου προσθέτει περαιτέρω ιδιαίτερα υψηλά έξοδα. Επιπλέον, ο χειρισμός ενός μεγάλου αριθμού κατασκευών τρίποδων και η τοποθέτησή τους είναι πιο απαιτητικός και χρονοβόρος σε σύγκριση με μια συμβατική προσέγγιση με πυλώνα (Thomsen, 2014).

Εικόνα 4.6 Τρίποδο



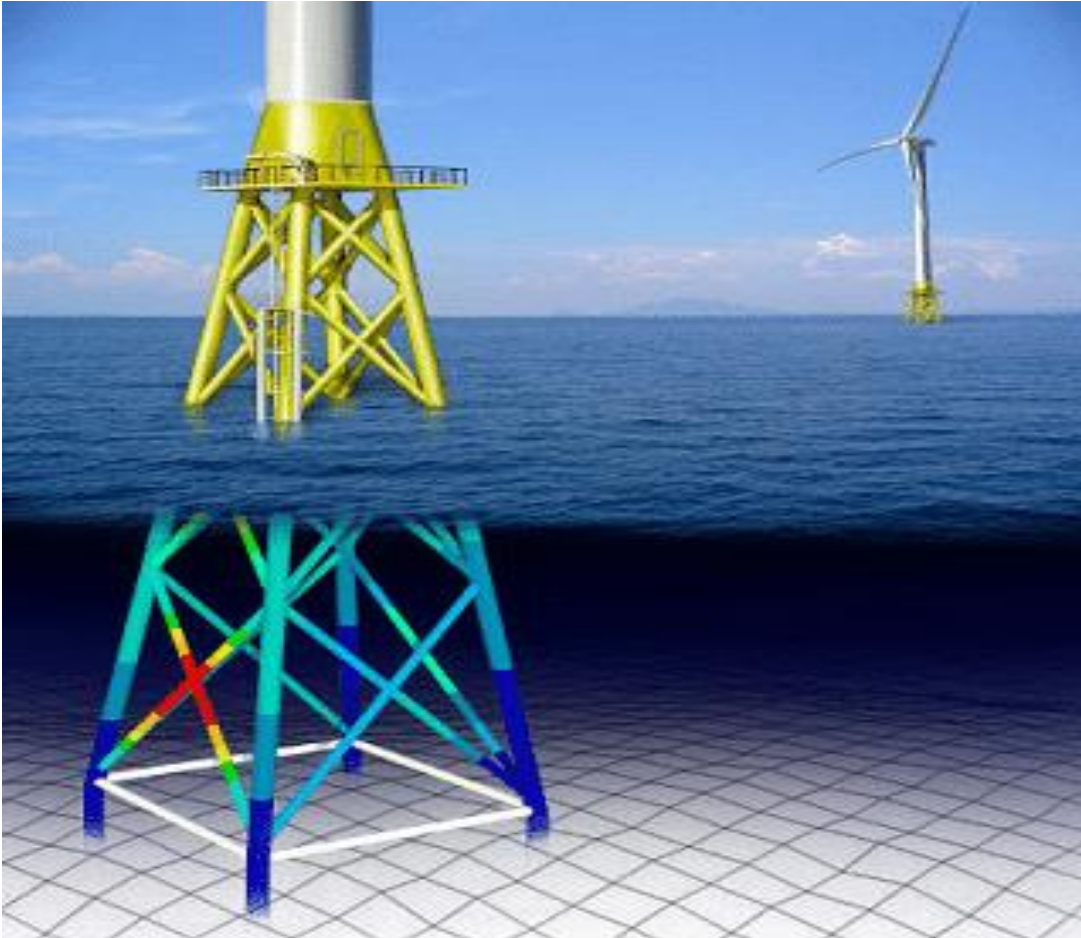
Πηγή: (<https://www.rechargenews.com/hardcopy/germany-enters-rough-waters/1-1-856821>)

Μεταλλικό Θεμέλιο (Jacket)

Το θεμέλιο αυτό είναι μια δομή από χάλυβα σε δικτύωμα, συνήθως τετράγωνη και κατασκευασμένη από λεπτούς σωλήνες. Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι το χαμηλό του βάρος. Αποτελείται από 4 πόδια διαμέτρου μεγαλύτερης του 1 μέτρου που συνδέονται μεταξύ τους με σιδεράκια και χρησιμοποιούνταν κυρίως στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου σε μεγάλα βάθη (>100m). Ο κατασκευαστής μπορεί να δημιουργήσει τεράστια αντίσταση στη δύναμη και την κάμψη απλά αυξάνοντας την επιφάνεια του θεμελίου χωρίς να αυξήσει σημαντικά τις διαστάσεις. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για μεγάλα βάθη νερού, όπου είναι η προτιμώμενη λύση. Όπως το τρίποδο, έτσι και το μεταλλικό θεμέλιο (Jacket) είναι εξοπλισμένο με γωνιακά μανίκια πασσάλων όπου περνούν οι πάσσαλοι αγκύρωσης.

Τα μειονεκτήματα αυτού του τύπου θεμελίου είναι το κόστος κατασκευής του (είναι εξίσου δαπανηρό με το τρίποδο), καθώς οι πολλοί κόμβοι στη δομή είναι υψηλοί και η κατασκευή πρέπει να γίνει χειροκίνητα (Thomsen, 2014).

Εικόνα 4.7 Μεταλλικό θεμέλιο



Πηγή: (https://www.researchgate.net/figure/Offshore-wind-turbine-jacket-courtesy-of-STX-Europe_fig6_263714205)

Δοκός – Πλωτήρας (Spar Buoy)

Η δοκός - πλωτήρας (Spar Buoy) είναι ένας κατακόρυφος κύλινδρος μεγάλης διαμέτρου που επιπλέει κάθετα στο νερό με έρμα (στο κάτω άκρο) και βαθύ βύθισμα, το οποίο καθιστά τη δομή λιγότερο ευαίσθητη στον άνεμο, τα κύματα και τα ρεύματα. Το πρώτο πλωτό αιολικό πάρκο το Hywind στη Σκωτία, χρησιμοποιεί θεμέλια δοκού.

Συγκριτικά με τους άλλους τύπους βάσεων που χρησιμοποιούνται στις πλωτές ανεμογεννήτριες, είναι πιο σταθερό από το ημι-βυθιζόμενο (semi-submersible) εξαιτίας του βαθύ βυθίσματος και το κόστος του συστήματος αγκύρωσης είναι πιο οικονομικό από το TLP (Tension Leg Platform). Ωστόσο, λόγω της υψηλής του δομής μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε βάθη μεγαλύτερα των 100 μέτρων και είναι δύσκολο να παραμείνει όρθιο κατά τη μεταφορά σε ζώνες ρηχών υδάτων (Du, 2021).

Εικόνα 4.8 Δοκός – Πλωτήρας (Spar Buoy)



Πηγή: (<https://www.nbcnews.com/id/wbna24775419>)

Ημι-βυθιζόμενο (Semi - Submersible)

Τα ημι-βυθιζόμενα αποτελούνται συνήθως από πολλαπλές στήλες – για να παρέχουν σταθερότητα – και πολλαπλούς πλωτήρες, για να παρέχουν πρόσθετη πλευστότητα. Η πλωτή αυτή κατασκευή, διατηρείται στη θέση της με ένα σύστημα πρόσδεσης, το οποίο αποτελείται από σχοινιά και άγκυρες έλξης και αναρρόφησης.

Παρά το γεγονός ότι αυτός ο τύπος θεμελίωσης πλωτών ανεμογεννητριών έχει τη μικρότερη σταθερότητα, εξακολουθεί να αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο στην αιολική βιομηχανία. Οι κύριοι λόγοι είναι ότι η μεταφορά και η εγκατάσταση του είναι απλούστερη από τις άλλες 2 μεθόδους, μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα βάθους νερού (συνήθως από 40 μέτρα και πάνω), το κόστος του συστήματος αγκύρωσης είναι μικρότερο από αυτό του TLP ενώ η τουρμπίνα μπορεί να εγκατασταθεί στην αποβάθρα και μετέπειτα να ρυμουλκηθεί, αποφεύγοντας τη δαπανηρή υπεράκτια εγκατάσταση (Du, 2021).

Εικόνα 4.9 Ημι-βυθιζόμενο (Semi – Submersible)



Πηγή: (<https://www.empireengineering.co.uk/semi-submersible-spar-and-tlp-floating-wind-foundations/>)

Πλατφόρμα Προεντεταμένων Σκελών (Tension Leg Platform – TLP)

Η πλατφόρμα TLP – όπως και η ημι – βυθιζόμενη – αποτελείται συνήθως από στήλες και πλωτήρες. Το μοναδικό χαρακτηριστικό του TLP είναι το σύστημα πρόσδεσής του, όπου είναι

κατακόρυφα συγκρατημένο, μην επιτρέποντας τις περιστροφικές και κατακόρυφες κινήσεις, προσδίδοντας όμως ελυγυσία στις οριζόντιες κινήσεις που προκύπτουν από τα κύματα και τις ταλαντώσεις.

Το μέγεθος της δομής της πλατφόρμας TLP είναι πολύ μικρότερο από αυτό του ημι – βυθιζόμενου και συνεπώς πολύ πιο σταθερό. Επιπρόσθετα – όπως και στην ημι – βυθιζόμενη – η TLP μπορεί να κατασκευαστεί σε ένα ευρύ φάσμα βάθος νερού από 40 μέτρα και άνω, ενώ και η εγκατάσταση της ανεμογεννήτριας μπορεί να γίνει στην αποβάθρα και να ρημουλκηθεί έπειτα στην περιοχή. Ωστόσο τα μειονεκτήματα της πλατφόρμας αυτής είναι η ευαισθησία σε δυναμικά φορτία υψηλής συχνότητας εξαιτίας της δυσκαμψίας της κατασκευής και το πολύ ακριβό σύστημα αγκύρωσης (Du, 2021).

4.3 Λειτουργία και Συντήρηση

4.3.1 Γενικά Στοιχεία

Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος λειτουργίας και συντήρησης (O&M) για ένα αιολικό πάρκο, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αρκετοί κρίσιμοι παράγοντες. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν τον άνεμο, τα κύματα και τα ρεύματα.

Οι σχεδιαστές πρέπει να αξιολογήσουν διεξοδικά το έργο για να εντοπίσουν πιθανά σημεία φόρτισης, περιορισμούς μεταφοράς και δυσμενείς καιρικές συνθήκες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την πρόσβαση στους στρόβιλους. Είναι σημαντικό να αξιολογηθεί ο πιθανός αντίκτυπος του χρόνου διακοπής λειτουργίας εάν το πλήρωμα δεν μπορεί να φτάσει στους στρόβιλους. Συνεπώς, η επιλογή ενός συστήματος μεταφοράς που να ευθυγραμμίζεται με το σημείο εγκατάστασης του αιολικού πάρκου είναι υψίστης σημασίας.

Η λύση πρέπει να είναι ικανή να λειτουργεί στις πιο δύσκολες καιρικές συνθήκες που συνήθως ορίζονται από ένα σημαντικό ύψος κύματος (H_s) περίπου 2 μέτρων. Η εργασία σε τόσο σκληρά περιβάλλοντα απαιτεί τη συνεκτίμηση του μεγέθους του σκάφους, καθώς επηρεάζει άμεσα την ικανότητα του να λειτουργεί αποτελεσματικά. Όσο μεγαλύτερο είναι το σκάφος, τόσο υψηλότερο είναι και το κόστος, το οποίο μπορεί να αποτελέσει πρόκληση για τη διατήρηση του συνολικού κόστους λειτουργίας και συντήρησης του αιολικού πάρκου όσο το δυνατόν χαμηλότερο για να εξασφαλιστεί η οικονομική βιωσιμότητα του έργου (Thomsen, 2014).

4.3.2 Διαφορές μεταξύ παράκτιων και υπεράκτιων αιολικών πάρκων

Συγκριτικά με τα παράκτια αιολικά πάρκα τα οποία είναι τα πιο διαδεδομένα και κυριαρχούν στην παραγωγή αιολικής ενέργειας, τα υπεράκτια εμφανίζουν σημαντικές διαφορές από την κατασκευή και την εγκατάσταση μέχρι τις λειτουργίες αξιοποίησης συντήρησης του έργου.

Μέγεθος παράκτιου πάρκου

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα τείνουν να φέρνουν υψηλότερα και πιο συνεπή προφίλ ανέμου που επηρεάζουν τη φάση της λειτουργίας και την ενέργεια που μπορεί να παραχθεί.

Πρόσβαση

Στα υπεράκτια πάρκα υπάρχει σαφώς το εμπόδιο της πρόσβασης λόγω της μεγάλης θαλάσσιας απόστασης και, σε κάποιο βαθμό, η δυσκολία επέμβασης ή παρακολούθησης της ομαλής λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Η προσέγγιση πραγματοποιείται είτε από την θάλασσα μέσω κατάλληλων σκαφών είτε μέσω ελικοφόρου στην κορυφή του πυλώνα.

Εικόνα 4.10 Προσέγγιση σε υπεράκτια ανεμογεννήτρια με ελικόπτερο



Πηγή: [\(https://www.offshorewind.biz/2015/12/21/dnv-gl-to-improve-risk-assessment-of-offshore-helideck-turbulence/\)](https://www.offshorewind.biz/2015/12/21/dnv-gl-to-improve-risk-assessment-of-offshore-helideck-turbulence/)

Εικόνα 4.11 Προσέγγιση σε υπεράκτια ανεμογεννήτρια με σκάφος



Πηγή: (<https://www.maersksupplyservice.com/2022/09/08/stiesdal-offshore-floating-wind-partnership/>)

Κυματικό Φορτίο

Η πιο εμφανής διαφορά μεταξύ παράκτιων και υπεράκτιων αιολικών πάρκων είναι η επίδραση των κυμάτων στις λειτουργίες, τις δομές και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται. Η κυματική δράση σχετίζεται με την φόρτιση κατά την εγκατάσταση και λειτουργία του πυλώνα από τα κύματα. Ακόμη, σημαντική είναι η δράση των κυμάτων ως προς το υδροδυναμικό προφίλ που δημιουργείται πέριξ του πυλώνα, το οποίο οδηγεί σταδιακά σε διάβρωση των θεμελίων και του εδάφους όπου εδράζεται η ανεμογεννήτρια. Για αυτούς τους λόγους είναι απαραίτητο να έχει μελετηθεί το θαλάσσιο κυματικό κλίμα και η εγκατάσταση του αιολικού πάρκου, συμπεριλαμβανομένης της θεμελίωσης, ώστε να ελέγχεται επαρκώς η ασφαλής λειτουργία στη διάρκεια ζωής του έργου.

Ο όρος "σημαντικό ύψος κύματος" (H_s) χρησιμοποιείται για να παρέχει ένα τυποποιημένο μέτρο για το χαρακτηριστικό ύψος των τυχαίων κυμάτων σε μια θαλάσσια κατάσταση. Στόχος του είναι να ευθυγραμμιστεί με αυτό που οι ναυτικοί εκτιμούν ως το μέσο ύψος κύματος. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ένα σημαντικό ύψος κύματος 2 m αντιπροσωπεύει κατά προσέγγιση ένα σταθμισμένο μέσο όρο, όπου μόνο τα υψηλότερα κύματα λαμβάνονται υπόψιν και μπορεί

περιστασιακά να εμφανιστούν κύματα που φτάνουν σχεδόν το διπλάσιο αυτού του ύψους. Δεδομένης της κρισιμότητας αυτής της μέτρησης για την αξιολόγηση της απόδοσης του εξοπλισμού (όπως τα πλοία) και των σχετικών εγγυήσεων, οι συσκευές μέτρησης κυμάτων συχνά αναπτύσσονται σε αιολικά πάρκα. Αυτές οι συσκευές περιλαμβάνουν τυπικά σηματοδότες αναβάτη κυμάτων ή σταθερά συστήματα ραντάρ. Η χρήση σηματοδότης προσφέρει το πλεονέκτημα της τοποθέτησης σε ανοιχτό νερό, μακριά από κατασκευές.

Η μεταφορά από και προς τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες απαιτεί κατάλληλα σκάφη που μπορούν να πλοηγηθούν σε δύσκολες καιρικές συνθήκες. Ενώ ο ήρεμος καιρός θα απαιτούσε μόνο ένα σκάφος χωρητικότητας 12-16 μελών πληρώματος, η παρουσία ανέμων και παλιρροϊκών ρευμάτων δημιουργεί κύματα και φουσκώματα, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου μεταφοράς. Το σκάφος αναπόφευκτα θα συναντήσει κύματα και ρεύματα κατά τη διέλευση και, πιο κρίσιμα, κατά τη μεταφορά του πληρώματος. Τα κύματα ασκούν σημαντική δύναμη στο σκάφος, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του σταθμού κοντά στο θεμέλιο του στροβίλου.

Η μεταφορά προσωπικού από και προς τις υπεράκτιες ανεμογεννήτριες παρουσιάζει πρακτικές προκλήσεις. Τα κύματα, ειδικά σε υπεράκτιες τοποθεσίες, είναι ένα επαναλαμβανόμενο ζήτημα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό των θεμελίων του στροβίλου και του σχεδιασμού πρόσβασης. Τα κύματα σε αυτές τις περιοχές μπορεί να είναι εξαιρετικά μεγάλα, φτάνοντας σε ύψος έως και 10 μέτρα. Είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι ακραίες δυνάμεις που ασκούνται από αυτά τα κύματα κατά τη διαδικασία σχεδιασμού. Τα ανεμογεννή κύματα τείνουν να κινούνται προς διάφορες κατευθύνσεις σε σχέση με την τάση του ανέμου, καθιστώντας τα απρόβλεπτα και δημιουργώντας δυσκολίες για τα μικρότερα σκάφη. Η χρήση μεγαλύτερων σκαφών μπορεί να αντιμετωπίσει εν μέρει αυτό το πρόβλημα, αλλά αυξάνει σημαντικά το αρχικό κεφάλαιο και το λειτουργικό κόστος.

Μεγαλύτερα κύματα σε μήκος επηρεάζουν σημαντικά τις κινήσεις του σκάφους σε σχέση με το θεμέλιο, καθώς η ενέργεια που απελευθερώνεται από τα κύματα που διέρχονται μπορεί να μετατοπίσει το σκάφος σε μεγάλη απόσταση. Επομένως, η μέθοδος μεταφοράς, είτε πρόκειται για ράμπα, διάδρομο ή άλλο σύστημα, πρέπει να έχει μεγάλο μήκος διαδρομής και να διαθέτει ένα γρήγορο σύστημα ρύθμισης για να διατηρεί την επιθυμητή θέση σε σχέση με το θεμέλιο.

Τυπικά, οι ιδιοκτήτες αιολικών πάρκων εγκαθιστούν έναν ιστό στην υπεράκτια τοποθεσία, ο οποίος παρέχει μετρήσεις για την αξιολόγηση των συνθηκών ανέμου και κυμάτων. Ο ιστός συναρμολόγησης μπορεί να περιλαμβάνει έναν σημαντήρα κυμάτων που καταγράφει δεδομένα κυμάτων σε όλη τη διάρκεια ζωής του αιολικού πάρκου. Οι σχεδιαστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτά τα δεδομένα κυμάτων για να καθορίσουν περιόδους κατά τις οποίες τα κύματα είναι γενικά κάτω από 2 μέτρα Hs, κάτι που είναι πλεονεκτικό για τη διεξαγωγή ετήσιων ελέγχων υπηρεσίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Συνοπτικά, η υπεράκτια μεταφορά αιολικών πάρκων πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον αντίκτυπο του ανέμου, των κυμάτων και των ρευμάτων. Τα κύματα θέτουν προκλήσεις για τη σταθερότητα του σκάφους και τις μεταφορές πληρώματος. Κύματα μεγάλου μήκους, ειδικότερα, απαιτούν κατάλληλα συστήματα τοποθέτησης για τη διατήρηση της σταθερότητας του σκάφους σε σχέση με τη βάση του στρόβιλου. Η επιλογή των συστημάτων μεταφοράς και των σκαφών θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ικανότητα του σκάφους να εξουδετερώνει πολλαπλούς τύπους κινήσεων. Ολοκληρωμένα δεδομένα από ιστούς και σημαντήρες κυμάτων βοηθούν στην κατανόηση του κλίματος των κυμάτων και στον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων συντήρησης.

Θαλάσσια Ρεύματα

Η πρόσκρουση των θαλάσσιων ρευμάτων δεν πρέπει να υποτιμάται, καθώς έχουν παρόμοιες επιπτώσεις με τα κύματα λειτουργίες αλλά και στις δομές του υπεράκτιου αιολικού πάρκου.

Τα ρεύματα παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στη μεταφορά καθώς το σκάφος πρέπει να παραμένει ακίνητο κατά τη μεταφορά των μελών του πληρώματος. Αυτό σημαίνει ότι το σκάφος πρέπει να είναι ικανό να εξουδετερώνει τις επιπτώσεις των ρευμάτων ενώ λειτουργεί γύρω από τον στρόβιλο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτά τα ρεύματα μπορούν να φτάσουν σε υψηλές ταχύτητες, με ρεύματα έως και 5 κόμβους κατά τη διάρκεια των παλιρροϊκών διακυμάνσεων να είναι συνηθισμένα.

Είναι απαραίτητο να εξοπλιστεί το σκάφος με μια αρκετά ισχυρή ικανότητα ώθησης ώστε να διατηρεί τη θέση του ακόμη και στα ισχυρότερα ρεύματα στην τοποθεσία. Αυτή η σκέψη είναι ζωτικής σημασίας για τον προσδιορισμό του τύπου του σκάφους που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς τα καταμαράν και τα σκάφη με διπλό κύτος επιφάνειας μικρού υδροπλάνου (SWATH) αντιμετωπίζουν συχνά προκλήσεις όσον αφορά την ικανοποίηση της απαραίτητης

χωρητικότητας πρωραίου προωθητή. Αυτά τα σκάφη μπορούν μερικές φορές να αντιμετωπίσουν αυτό το ζήτημα χρησιμοποιώντας αντίθετες περιστρεφόμενες έλικες στις τορπίλες, οι οποίες επιτρέπουν στο πλοίο να περιστρέφεται γύρω από έναν κεντρικό άξονα. Η πιο αποτελεσματική προσέγγιση για τη διατήρηση της θέσης του σκάφους περιλαμβάνει τη χρήση δυναμικής τοποθέτησης, η οποία συνδυάζει πλήρη, πρύμνη και κύρια ωστήρια. Ωστόσο, η εφαρμογή δυναμικής τοποθέτησης απαιτεί σημαντική εγκατεστημένη ισχύ, η οποία μπορεί να μην είναι οικονομικά εφικτή για αυτόν τον τύπο λειτουργίας.

Στη Βόρεια Θάλασσα, τα ρεύματα κυμαίνονται από 0,5 m/s έως περίπου 2,5 m/s και αυτή η μεταβλητότητα επηρεάζει την προσέγγιση στους στρόβιλους και την επιλογή των σκαφών. Η συγκεκριμένη θέση του αιολικού πάρκου εντός της Βόρειας Θάλασσας (ή οποιασδήποτε άλλης περιοχής) επηρεάζει σημαντικά αυτές τις εκτιμήσεις. Ως αποτέλεσμα, δίνεται λιγότερη έμφαση στις δυνατότητες διατήρησης σταθμών του σκάφους λόγω της επίδρασης των ρευμάτων στο ανατολικό τμήμα της Βόρειας Θάλασσας, όπου τα ρεύματα είναι χαμηλά αλλά η διόγκωση είναι υψηλότερη, σε σύγκριση με τη δυτική πλευρά κατά μήκος της ακτής του Ηνωμένου Βασιλείου, όπου τα ρεύματα είναι ισχυρότερα αλλά οι διογκώσεις είναι γενικά μικρότερες. Είναι πάντα απαραίτητο να αξιολογείται η ασφάλεια της προσέγγισης των θεμελίων του στροβίλου, λαμβάνοντας υπόψη τις συνδυασμένες επιπτώσεις ανέμου, κυμάτων και ρευμάτων που μπορούν να δημιουργήσουν δυσμενείς συνθήκες και να αυξήσουν τους κινδύνους κατά την προσέγγιση.

Άνεμος

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα τείνουν να φέρνουν υψηλότερα και πιο συνεπή προφίλ ανέμου από τα παράκτια. Κατά τη λειτουργία των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, η σημασία του ανέμου γίνεται γρήγορα εμφανής, καθώς διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στον καθορισμό της σκοπιμότητας των δραστηριοτήτων μεταφοράς προσωπικού και συντήρησης στροβίλων. Οι ανεμογεννήτριες είναι στρατηγικά τοποθετημένες σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από σταθερές και σχετικά υψηλές μέσες ταχύτητες ανέμου. Επομένως, η απόφαση να πραγματοποιηθούν επισκευές ή μετασκευές εκτός των στροβίλων επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα του ανέμου.

Ωστόσο, ο άνεμος οδηγεί επίσης σε δημιουργία κυμάτων. Συνήθως, υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση περίπου 1 ώρας μεταξύ της αύξησης της ταχύτητας του ανέμου και της αύξησης του ύψους του κύματος. Κατά συνέπεια, τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την

εγκατάσταση, την επισκευή και τις εργασίες Ο&Μ πρέπει να διαθέτουν την ικανότητα να αντέχουν τις δυνάμεις ανέμου και κυμάτων διατηρώντας παράλληλα την απαραίτητη ευελιξία.

Σε περιπτώσεις επιδείνωσης των καιρικών συνθηκών καθίσταται αναγκαία η ασφαλή επιστροφή των πληρωμάτων στα πλοία μεταφοράς. Καθώς ο άνεμος εντείνεται, το πλήρωμα πρέπει να προβλέψει με ακρίβεια τον χρόνο που απομένει για ανάκαμψη και να προβλέψει το αναμενόμενο ύψος κύματος για να σχεδιάσει και να εκτελέσει αποτελεσματικά την ασφαλή μεταφορά προσωπικού και εξοπλισμού. Ο άνεμος χρησιμεύει ως καθοριστικός παράγοντας, όχι μόνο επηρεάζοντας την χρήση των επισκευαστικών σκαφών αλλά και επηρεάζοντας τη συχνότητα των κυμάτων που δημιουργούνται από τον άνεμο, ειδικά σε ανοιχτά ωκεάνια περιβάλλοντα. Κύματα μεγαλύτερης περιόδου και μήκους δημιουργούνται συνήθως από καταιγίδες που συμβαίνουν χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Για παράδειγμα, κύματα με περίοδο μεγαλύτερη των 8 δευτερολέπτων που συναντώνται στη Βόρεια Θάλασσα προέρχονται συχνά από καταιγίδες στον Ατλαντικό Ωκεανό και ούτω καθεξής.

Σκοπός

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα φέρνουν στο προσκήνιο την πρέπει να υπάρχει μια στρατηγική Ο&Μ που εξετάζει το πλήρες εύρος του περιουσιακού στοιχείου, συμπεριλαμβανομένων των θεμελίων, των καλωδίων, των υποσταθμών, τις εγκαταστάσεις στην αποβάθρα, τους ιστούς συνεδριάσεων και τα ελικοδρόμια.

Εγκαταστάσεις

Με τη μετάβαση σε υπεράκτια αιολικά πάρκα, έρχεται η ανάγκη να μελετηθούν μια σειρά από νέες εγκαταστάσεις και εξοπλισμούς. Αυτές περιλαμβάνουν την προκυμαία, τα πλοία, τις φορτηγίδες και τα ελικόπτερα.

4.4 Περιβαλλοντικοί Παράγοντες

4.4.1 Προστασία του περιβάλλοντος

Οι εταιρείες στον κλάδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δίνουν προτεραιότητα στη διατήρηση του περιβάλλοντος κατά την κατασκευή και εγκατάσταση των προϊόντων τους. Η φήμη του κλάδου βασίζεται στη δέσμευση για ελαχιστοποίηση της βλάβης στο περιβάλλον, αξιοποιώντας παράλληλα ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή.

Για τη λήψη οικοδομικών αδειών, η διαχείριση του έργου πρέπει να αποδείξει ότι η εγκατάσταση, η λειτουργία και η αποσυναρμολόγηση του αιολικού πάρκου δεν θα προκαλέσει καμία περιβαλλοντική ζημιά. Αυτή η διαδικασία αδειοδότησης είναι αυστηρή και παρουσιάζει πολλές προκλήσεις που απαιτούν προσοχή. Η διαχείριση των απορριμμάτων είναι μια κρίσιμη πτυχή που πρέπει να αντιμετωπιστεί λεπτομερώς. Είναι απαραίτητο να αποφευχθεί η ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος τόσο κατά τη διάρκεια κατασκευής όσο και μετά την εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Επιπλέον, είναι απαραίτητο ένα ολοκληρωμένο σχέδιο για τον παροπλισμό του αιολικού πάρκου για να διασφαλιστεί η σωστή διαχείριση καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του έργου αλλά και μετά το πέρας αυτού. Αυτή η απαίτηση είναι μοναδική για την υπεράκτια αιολική βιομηχανία.

Η ύπαρξη ενός σχεδίου για το μέλλον του αιολικού πάρκου μετά τον παροπλισμό του είναι απαραίτητη. Ως εκ τούτου, οι αρχές που επιβλέπουν τις εγκρίσεις αιολικών πάρκων ζητούν από τους προγραμματιστές να καθορίσουν σχέδια διαχείρισης απορριμμάτων και απόρριψης του εξοπλισμού κατά τον παροπλισμό του για ολόκληρο το αιολικό πάρκο.

Το σχέδιο παροπλισμού περιλαμβάνει την αντιστροφή της διαδικασίας εγκατάστασης, ωστόσο, οι εμπλεκόμενοι φορείς ενδέχεται να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου. Καθώς τα πρώτα υπεράκτια αιολικά πάρκα αναμένεται να τεθούν εκτός λειτουργίας σε λίγα χρόνια, η διαδικασία παροπλισμού θα προσφέρει πρακτικές πληροφορίες.

Σε αντίθεση με τη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου, η οποία αντιμετωπίζει προκλήσεις με τις εγκαταστάσεις παροπλισμού, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα έχουν σαφέστερες λύσεις λόγω συγκεκριμένων παραγόντων:

- Οι κατασκευές έχουν διάρκεια ζωής 20-25 ετών.
- Οι μισθώσεις για τοποθεσίες υπεράκτιων αιολικών πάρκων διαρκούν συνήθως 20 χρόνια.
- Η αναβάθμιση των υφιστάμενων πύργων και θεμελίων με μεγαλύτερα εξαρτήματα περιορίζεται από την αντοχή του υλικού και τη διάρκεια ζωής τους. Έτσι, τα αιολικά πάρκα αναμένεται να καταργηθούν μετά από 20 χρόνια, αν και μπορούν να αντικατασταθούν.

Αυτή η κατάσταση παρουσιάζει μια θετική ευκαιρία για τη δημιουργία θέσεων εργασίας και την ανάπτυξη της βιομηχανίας, καθώς η διαδικασία παροπλισμού θα περιλαμβάνει ένα νέο κύμα πλοίων, εργολάβων και ενδιαφερόμενων μερών.

4.4.2 Πρότυπα υγείας, ασφάλειας και περιβάλλοντος

Η υπεράκτια αιολική βιομηχανία στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής βλάβης και την απόρριψη επιβλαβών συστατικών στο περιβάλλον κατά τη διαδικασία της εγκατάστασης. Λαμβάνονται μέτρα για την πρόληψη πετρελαιοκηλίδων και την τήρηση περιβαλλοντικών συμβάσεων όπως η MARPOL, ωστόσο, υπάρχει μια ασυμφωνία όσον αφορά την κατασκευή σκαφών εγκατάστασης, καθώς το κόστος συχνά έχει προτεραιότητα έναντι των περιβαλλοντικών προτύπων. Αν και η κατασκευή μπορεί να είναι ικανοποιητική, τα πρότυπα υγείας, ασφάλειας και περιβάλλοντος (HSE) σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες δεν είναι υποδειγματικά.

Συχνά αμφισβητείται πώς μπορούν να τηρηθούν οι κανονισμοί για την υγεία και την ασφάλεια σε μια αναπτυσσόμενη χώρα, ενώ άνθρωποι διακινδυνεύουν τη ζωή τους για να ναυπηγήσουν τα πλοία που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Η μείωση του κόστους με αυτόν τον τρόπο δεν είναι αποδεκτή εάν ο κλάδος θέλει να δώσει προτεραιότητα στις πρακτικές HSE. Η έλλειψη τήρησης των κανονισμών μπορεί επίσης να επηρεάσει την ποιότητα, με αποτέλεσμα προϊόντα κατώτερης ποιότητας και αυξημένους κινδύνους.

Για να διατηρηθεί η ακεραιότητα, είναι ζωτικής σημασίας να εφαρμόζονται οι ίδιοι κανόνες και κανονισμοί σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Η σωστή αξιολόγηση των υπεργολάβων και η ανάληψη ευθύνης με υψηλά πρότυπα είναι απαραίτητη, η απαίτηση των ίδιων υποχρεώσεων από κατασκευαστές με χαμηλά πρότυπα HSE, κρίνεται επιβεβλημένη για την πρόοδο της βιομηχανίας. Αυτή είναι μια λογική προσέγγιση για την πρόληψη της ρύπανσης, της προστασίας περιβάλλοντος και της ασφάλειας, διασφαλίζοντας ένα βιώσιμο και ασφαλέστερο μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΘΕΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η μεταφορά ενέργειας από υπεράκτιες ανεμογεννήτριες περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία και διαδικασίες. Αυτά μπορούν να συνοψισθούν ως ακολούθως:

1. Παραγωγή Ενέργειας: Οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες είναι εξοπλισμένες με μεγάλα πτερύγια ρότορα που συλλαμβάνουν την κινητική ενέργεια του ανέμου. Όταν φυσάει ο άνεμος, προκαλεί την περιστροφή των πτερυγίων του ρότορα.

2. Μετατροπή Ενέργειας: Η περιστροφή των πτερυγίων του ρότορα συνδέεται με μια γεννήτρια εντός του στρόβιλου, που συνήθως βρίσκεται στην κορυφή του πύργου. Η γεννήτρια μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια από τα περιστρεφόμενα πτερύγια σε ηλεκτρική.

3. Συλλογή ισχύος: Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από κάθε μεμονωμένο στρόβιλο συλλέγεται και συνδυάζεται μέσω μιας σειράς ηλεκτρικών καλωδίων, γνωστών και ως καλώδια μεταξύ συστοιχιών. Αυτά τα καλώδια μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια από πολλαπλούς στρόβιλους σε ένα κεντρικό σημείο συλλογής ή σε υπεράκτιο υποσταθμό.

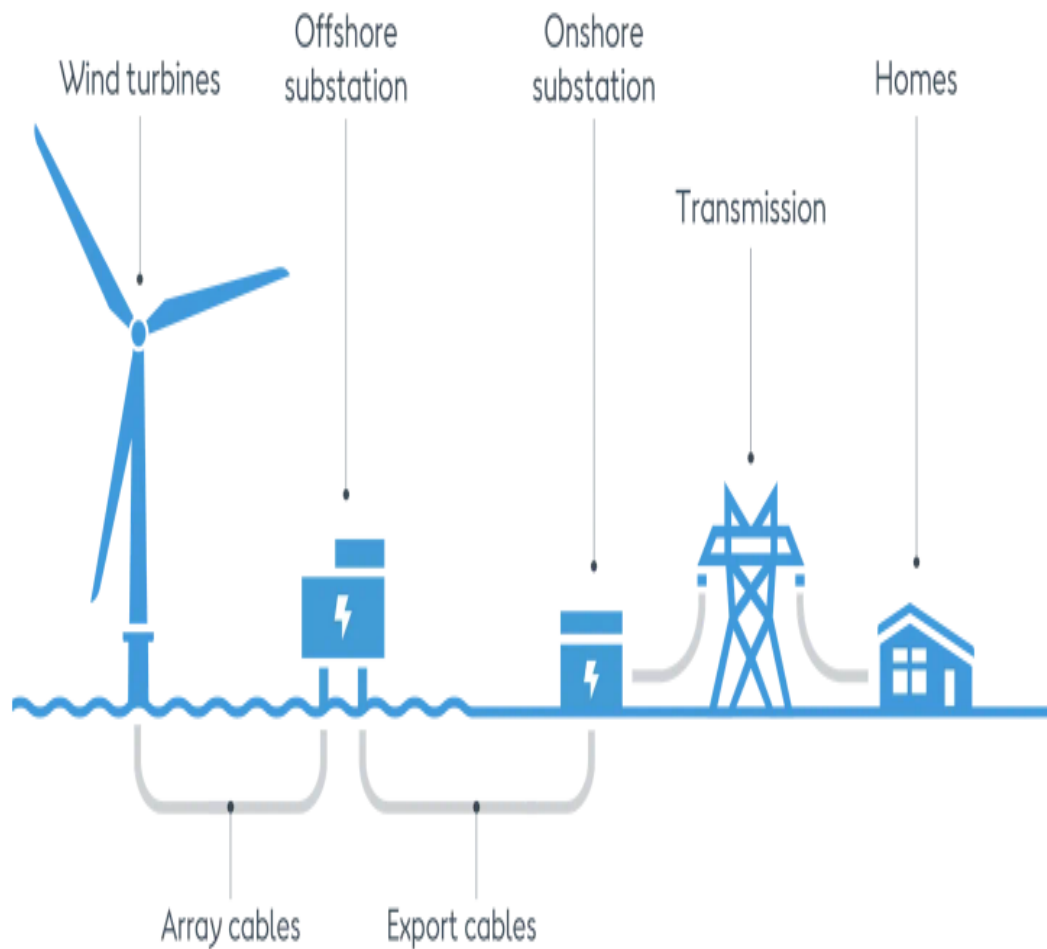
4. Υποσταθμός: Ο υπεράκτιος υποσταθμός λειτουργεί ως κόμβος όπου η ηλεκτρική ενέργεια από πολλαπλούς στρόβιλους συγκεντρώνεται και προετοιμάζεται για μεταφορά στο χερσαίο δίκτυο. Μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια από μέση τάση σε υψηλή τάση για αποτελεσματική μετάδοση.

5. Καλώδια εξαγωγής: Τα καλώδια εξαγωγής υψηλής τάσης μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια από τον υπεράκτιο υποσταθμό στο σημείο σύνδεσης του χερσαίου δικτύου. Αυτά τα καλώδια είναι θαμμένα κάτω από το βυθό για να τα προστατεύσουν από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

6. Σύνδεση χερσαίου δικτύου: Στο σημείο σύνδεσης του χερσαίου δικτύου, η ηλεκτρική ενέργεια από το υπεράκτιο αιολικό πάρκο είναι ενσωματωμένη στο υπάρχον δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η σύνδεση στο δίκτυο διασφαλίζει ότι η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διανεμηθεί στους καταναλωτές και να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία κατοικιών, επιχειρήσεων και βιομηχανιών.

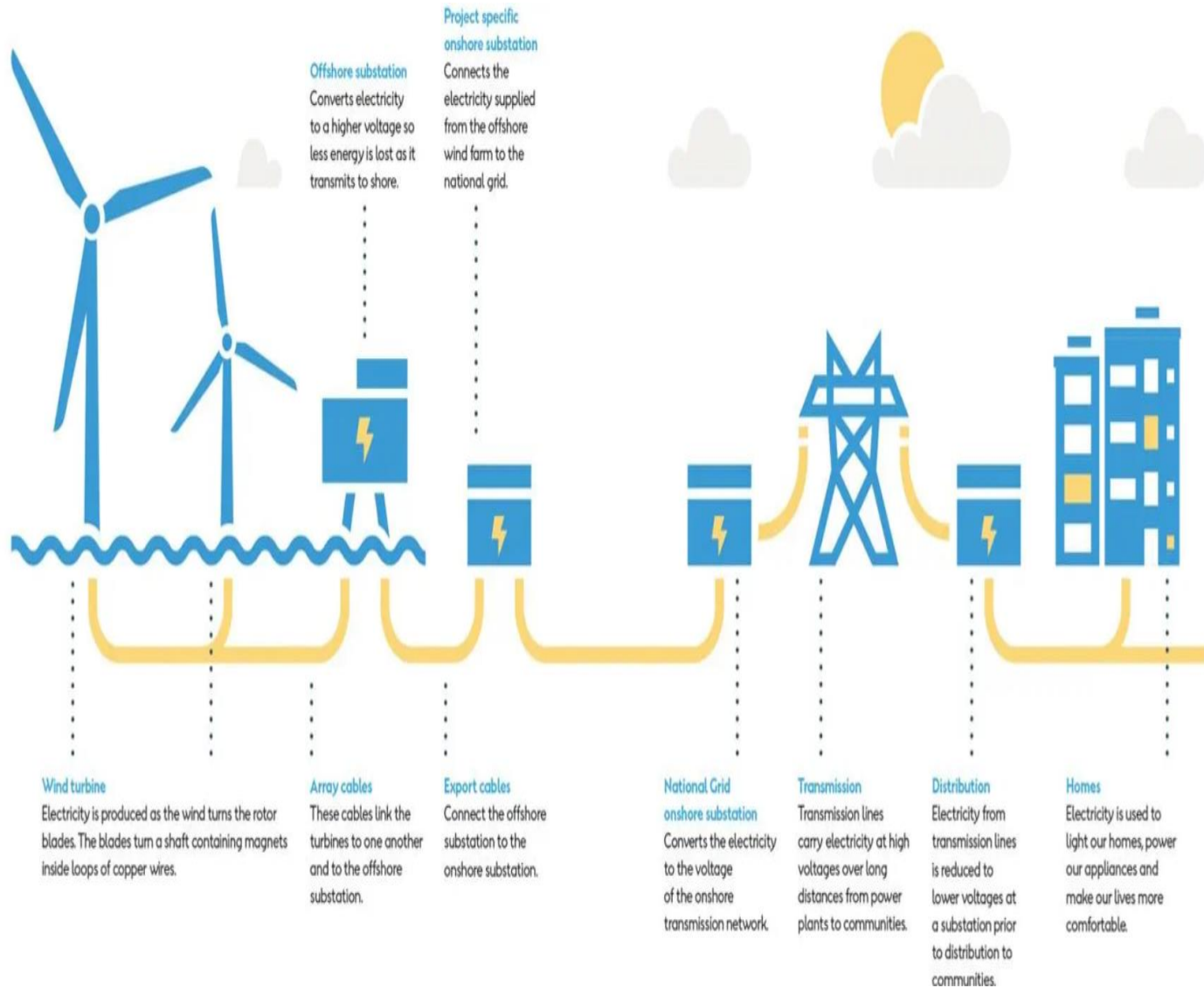
7. Διανομή και κατανάλωση: Μόλις συνδεθεί στο χερσαίο δίκτυο, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από υπεράκτιες ανεμογεννήτριες μπορεί να διανεμηθεί σε διάφορες τοποθεσίες και να καταναλωθεί από τους τελικούς χρήστες, συμβάλλοντας στη συνολική παροχή ενέργειας.

Εικόνα 5.1 Δίκτυο μεταφοράς ενέργειας υπεράκτιων ανεμογεννητριών



Πηγή: (<https://us.orsted.com/renewable-energy-solutions/offshore-wind/what-is-offshore-wind-power/how-do-offshore-wind-turbines-work>)

Εικόνα 5.2 Δίκτυο μεταφοράς ενέργειας υπεράκτιων αιολικών πάρκων



Πηγή: (<https://orsted.co.uk/energy-solutions/offshore-wind/how-we-work-onshore>)

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο συγκεκριμένος σχεδιασμός και η διαμόρφωση των συστημάτων μεταφοράς ενέργειας μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το έργο και την τοποθεσία. Επιπλέον, οι εξελίξεις στην τεχνολογία και τις υποδομές συνεχίζουν να βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα και την αξιοπιστία της μεταφοράς ενέργειας από υπεράκτιες ανεμογεννήτριες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

6.1 Γενικές πληροφορίες

Η Ελλάδα έχει σημαντικές δυνατότητες για παραγωγή υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, λόγω της γεωγραφικής της θέσης και των ευνοϊκών συνθηκών ανέμου. Η χώρα περιβάλλεται από το Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος, που προσφέρουν τεράστιες θαλάσσιες εκτάσεις με ισχυρούς και συνεπείς ανέμους. Η δυνατότητα για υπεράκτια ανάπτυξη αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα εκτιμάται ότι είναι σημαντική, με μελέτες να δείχνουν ότι είναι επαρκέστερο για την κάλυψη ενός σημαντικού μέρους των ενεργειακών αναγκών της χώρας, καθώς το δυναμικό αυτό χαρακτηρίζεται και από καλές ιδιότητες, όπως τεχνική διαθεσιμότητα και μεταβλητότητα (Soukissian et al., 2021)

Η Ελληνική Κυβέρνηση έχει αναγνωρίσει τις δυνατότητες της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και εργάζεται ενεργά για την προώθηση της ανάπτυξής της. Το 2022, η Ελλάδα εισήγαγε ένα νέο νομικό πλαίσιο για έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των υπεράκτιων αιολικών, για να εξορθολογήσει τη διαδικασία αδειοδότησης και να προσελκύσει επενδύσεις στον κλάδο που θα συμβάλλουν στην επιτάχυνση της εγκατάστασης υπεράκτιων αιολικών πάρκων στα ελληνικά ύδατα. Η κυβέρνηση έχει θέσει επίσης φιλόδοξους στόχους για την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με στόχο να μειώσει τις εκπομπές CO₂ κατά 55% μέχρι το 2030 και να γίνει κλιματικά ουδέτερη το 2050 (IEA, 2023).

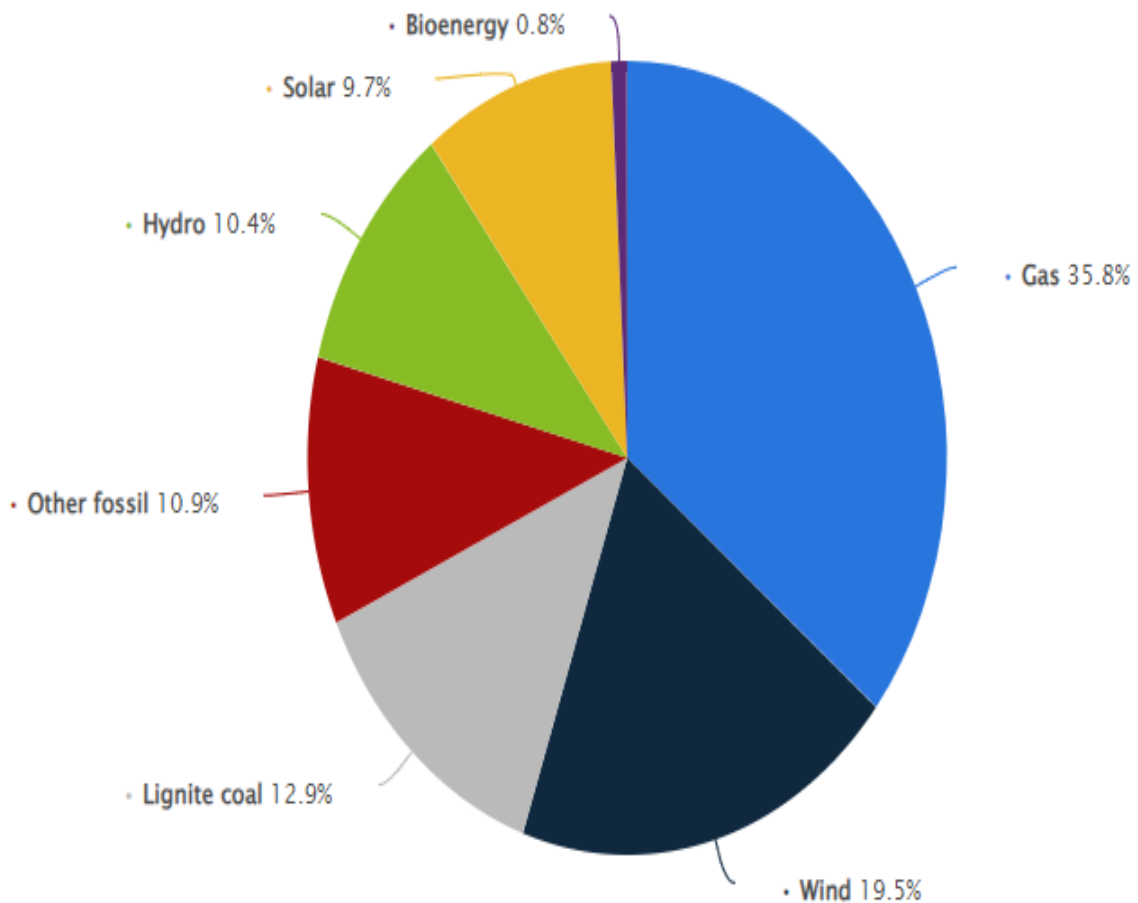
Η ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα ευθυγραμμίζεται με τους ευρύτερους στόχους της χώρας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η Ελλάδα στοχεύει να επιτύχει μερίδιο 35% της κατανάλωσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έως το 2030, όπως περιγράφεται στο Εθνικό της σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια αναμένεται να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην επίτευξη αυτού του φιλόδοξου στόχου και στη διαφοροποίηση του ενεργειακού μείγματος της χώρας (Global Climate Scope, 2022).

Η Ελληνική Κυβέρνηση θα εκδώσει διατάγματα που θα καθορίζουν τις μελλοντικές υπεράκτιες αιολικές ζώνες και τα κριτήρια δημοπρασίας. Στόχος είναι η κατασκευή τουλάχιστον 2 GW υπεράκτιας αιολικής ισχύος έως το 2030, με επίκεντρο τα πλωτά υπεράκτια αιολικά πάρκα λόγω των ευνοϊκών χαρακτηριστικών των ελληνικών υδάτων (Wind Europe, 2022b).

Επί του παρόντος, η Ελλάδα έχει εγκαταστήσει 4,5 GW χερσαίας αιολικής ενέργειας, καλύπτοντας πάνω από το 19% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (Statista, 2023g). Ωστόσο, οι δυνατότητες για αιολική ενέργεια, ειδικά από υπεράκτια, είναι πολύ μεγαλύτερες στην Ελλάδα.

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (NECP) στοχεύει σε συνολικά 7 GW αιολικής ενέργειας έως το 2030, και αυτός ο στόχος αναμένεται να αυξηθεί στην αναθεώρηση του NECP το 2023. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια έχει τη δυνατότητα να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην παροχή πράσινης και αξιόπιστης ενέργειας στις υπεράκτιες αιολικές ζώνες των πολυάριθμων ελληνικών νησιών.

Εικόνα 6.1 Παραγωγή ενέργειας ανά πηγή για το 2021 στην Ελλάδα



Πηγή: (<https://www.statista.com/statistics/1235419/greece-distribution-of-electricity-production-by-source/#:~:text=Natural%20gas%20is%20the%20main,electricity%20production%20was%20renewables%2Dbased>)

Αρκετά υπεράκτια αιολικά έργα βρίσκονται ήδη σε στάδιο σχεδιασμού και ανάπτυξης στην Ελλάδα. Αυτά τα έργα στοχεύουν να αξιοποιήσουν τους υπεράκτιους αιολικούς πόρους της χώρας και να συμβάλουν στη μετάβαση προς ένα μέλλον πράσινης, καθαρής ενέργειας. Επιπλέον, η συμμετοχή της Ελλάδας σε ευρωπαϊκές συνεργασίες όπως η Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Τεχνολογίας και Καινοτομίας για την Αιολική Ενέργεια (ETIPWind) καταδεικνύει περαιτέρω τη δέσμευσή της στην υπεράκτια αιολική ανάπτυξη.

Συνολικά, η Ελλάδα διαθέτει σημαντικές δυνατότητες για υπεράκτια αιολική ενέργεια και με την εφαρμογή υποστηρικτικών πολιτικών και επενδύσεων, έχει την ευκαιρία να γίνει βασικός παίκτης στον ευρωπαϊκό υπεράκτιο αιολικό τομέα. Το Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος που περιβάλλουν την Ελλάδα παρέχουν ιδανικές συνθήκες για υπεράκτια αιολικά πάρκα. Ειδικότερα, το Αιγαίο προσφέρει σταθερά υψηλές ταχύτητες ανέμου, με μέση ετήσια ταχύτητα περίπου 7-9 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s) σε πολλές περιοχές, καθιστώντας το κατάλληλο για αποδοτική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες (Soukissian et al., 2017a).

Ο εγκεκριμένος νόμος για την υπεράκτια αιολική ενέργεια ορίζει την κρατική εταιρεία Έλληνική Διαχειριστική Εταιρεία Υδρογονανθράκων και Ενεργειακών Πόρων (Hellenic Hydrocarbon Resources & Energy Resources Management) ως επικεφαλής της έρευνας, της κατανομής και της ανάπτυξης παραχωρήσεων. Ο εθνικός διαχειριστής συστήματος μεταφοράς, ο ΑΔΜΗΕ, θα είναι υπεύθυνος για τις χερσαίες και υπεράκτιες υποδομές δικτύου.

Τους επόμενους μήνες, το ελληνικό Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας θα εκδώσει διατάγματα που καθορίζουν ευρύτερες περιοχές υπεράκτιας ανάπτυξης αιολικής ενέργειας μέσω Στρατηγικών Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. Αυτά τα διατάγματα θα καθορίσουν επίσης συγκεκριμένες ζώνες εγκατάστασης εντός των καθορισμένων περιοχών, λαμβάνοντας υπόψη διάφορα κοινωνικά συμφέροντα όπως ο στρατός, η αλιεία και ο τουρισμός (Tsohou & Korinthios, 2023).

Οι προγραμματιστές θα μπορούν να υποβάλλουν αίτηση για μη αποκλειστικές άδειες έρευνας για τις υπεράκτιες περιοχές ανάπτυξης αιολικής ενέργειας, επιτρέποντάς τους να διεξάγουν μελέτες αξιολόγησης πόρων και έρευνες. Ο πρώτος κύκλος αιτήσεων αναμένεται να πραγματοποιηθεί εντός των επόμενων 1-2 ετών. Το χρονοδιάγραμμα για την έναρξη λειτουργίας της πρώτης υπεράκτιας ανεμογεννήτριας στην Ελλάδα εξαρτάται από την έκδοση διαταγμάτων, την ορατότητα των επενδυτών και τον καθορισμό ευρειών ζωνών υπεράκτιας αιολικής

εγκατάστασης που προάγουν την επεκτασιμότητα και την ελκυστικότητα (Tsohou & Korinthios, 2023).

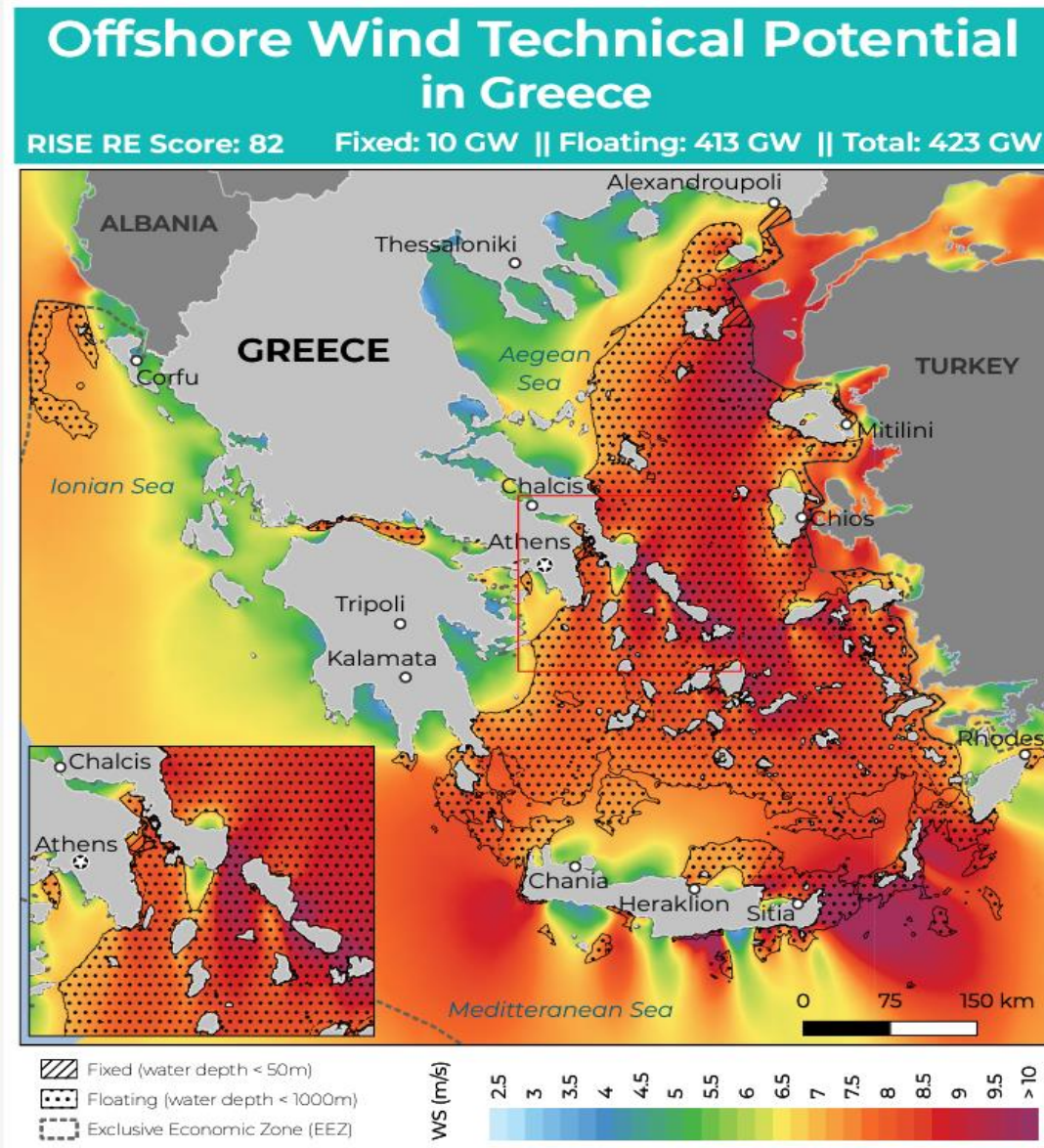
Οι προσεχείς δημοπρασίες υπεράκτιων αιολικών θα είναι ανοιχτές σε προγραμματιστές με ερευνητικές άδειες και αναμένεται να πραγματοποιηθούν ήδη από το 2025-2026. Η κυβέρνηση σχεδιάζει να υποστηρίξει την υπεράκτια αιολική ανάπτυξη μέσω ενός συρόμενου συστήματος Feed-in-Premium, παρόμοιο με τις δημοπρασίες Contract-for-Difference (CfD) που χρησιμοποιούνται σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Δεδομένου του βάθους των υδάτων που υπερβαίνουν τα 50 μέτρα κατά μήκος της ελληνικής ακτογραμμής, σημαντικό μέρος του στόχου των 2 GW έως το 2030 θα προέρχεται από πλωτά υπεράκτια αιολικά έργα. Αυτή η έμφαση στα πλωτά αιολικά πάρκα, υποστηρίζει περαιτέρω την ανάπτυξη της πλωτής υπεράκτιας αιολικής βιομηχανίας της Ευρώπης. Επί του παρόντος, η Ευρώπη έχει πάνω από 100 MW πλωτής αιολικής ισχύος και προβλέπεται να φτάσει τα 10 GW έως το 2030 (Tsohou & Korinthios, 2023).

Οι προγραμματιστές που ενδιαφέρονται να συμμετάσχουν στον τομέα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας της Ελλάδας θα πρέπει να επιδείξουν οικονομικές και τεχνικές ικανότητες ως απαιτήσεις προεπιλογής. Οι εγχώριες εταιρείες που δραστηριοποιούνται ήδη στον τομέα της χερσαίας αιολικής ενέργειας έχουν δείξει ενδιαφέρον, ενώ υπάρχει επίσης σημαντικό διεθνές ενδιαφέρον από υπεράκτιους αιολικούς κατασκευαστές.

6.2 Χάρτης Δυναμικού στην Ελλάδα

Σύμφωνα με πληροφορίες της ESMAP - Energy Sector Management Assistance Program και τον χάρτη που έχει δημοσιεύσει με στοιχεία του 2021 απεικονίζεται η εκτιμώμενη δυναμική των αιολικών πάρκων στη θάλασσα στην Ελλάδα, ως προς την εγκατεστημένη ισχύ σε GW εντός 200 χιλιομέτρων από τη γραμμή της ακτής. Όπως παρατηρείται από την εικόνα 6.2 που ακολουθεί, τα περισσότερα πλωτά αιολικά πάρκα θα εγκατασταθούν στη θάλασσα του Αιγαίου, αλλά και του Κρητικού Πελάγους και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αναμένεται να φτάσει τα 423 GW. Τα σύνολα δεδομένων και η μεθοδολογία για τις σταθερές και αποκλειστικές βάσεις αναπτύχθηκαν από το Πρόγραμμα Βοήθειας Διαχείρισης του Ενεργειακού Τομέα (ESMAP), ένα ταμείο εμπιστοσύνης που διαχειρίζεται από την Ομάδα της Παγκόσμιας Τράπεζας. Τα δεδομένα πόρων αέρα προέρχονται από τον Παγκόσμιο Αιολικό Άτλαντα και απεικονίζουν τον αέρα στο ύψος 100μ σε ανάλυση 250μ (ESMAP,2023).

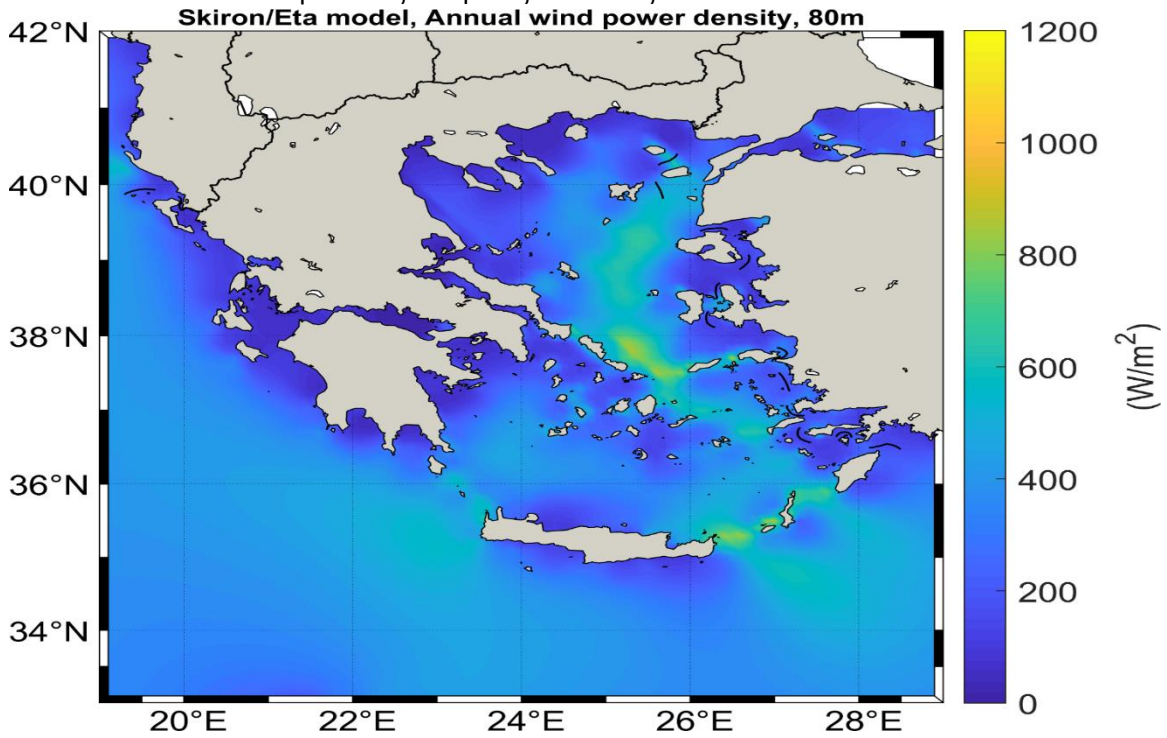
Εικόνα 6.2 Δυνατότητες εγκατάστασης υπεράκτιας αιολικής ισχύος στην Ελλάδα, σε GW



Πηγή: (<https://www.esmap.org/node/70853>)

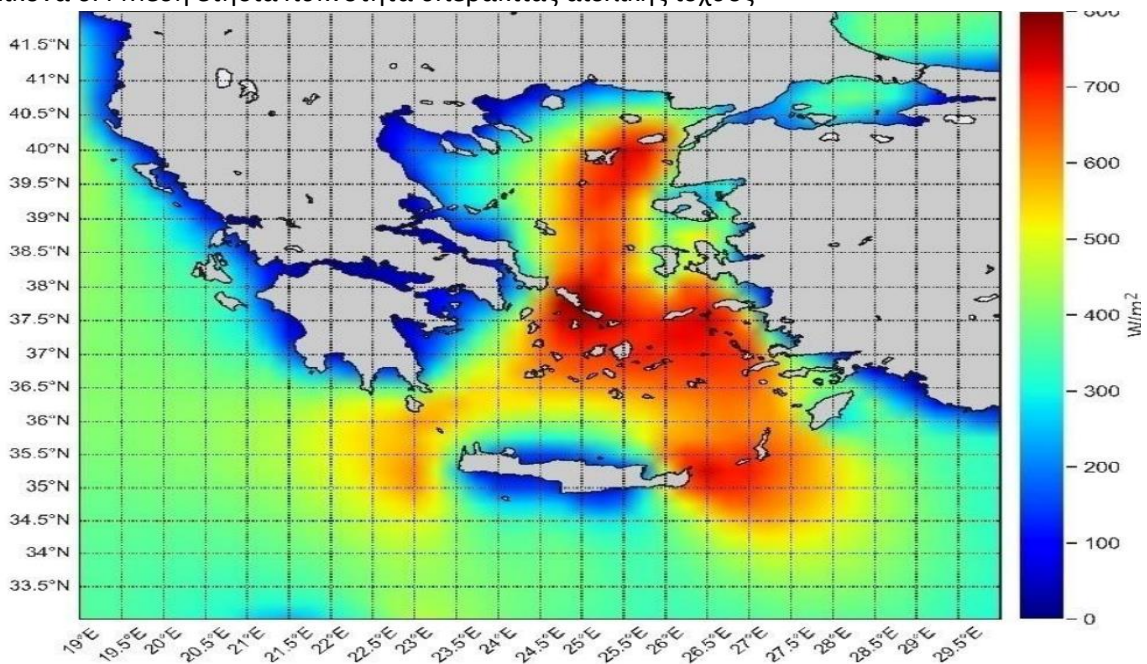
Όπως παρατηρείται από τις εικόνες 6.3 και 6.4 που ακολουθούν, το Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο, μεταξύ της Ανατολικής Κρήτης και των Δωδεκανήσων, καθώς και δυτικά της Κρήτης είναι οι θάλασσες με το υψηλότερο αιολικό δυναμικό και αναμένεται να πρωταγωνιστήσουν στην παραγωγή υπεράκτιας αιολικής ενέργειας για την κάλυψη ενός σημαντικού μέρους των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

Εικόνα 6.3 Αιολικό δυναμικό στις Ελληνικές θάλασσες



Πηγή: (https://link.springer.com/chapter/10.1007/698_2020_680)

Εικόνα 6.4 Μέση ετήσια πυκνότητα υπεράκτιας αιολικής ισχύος

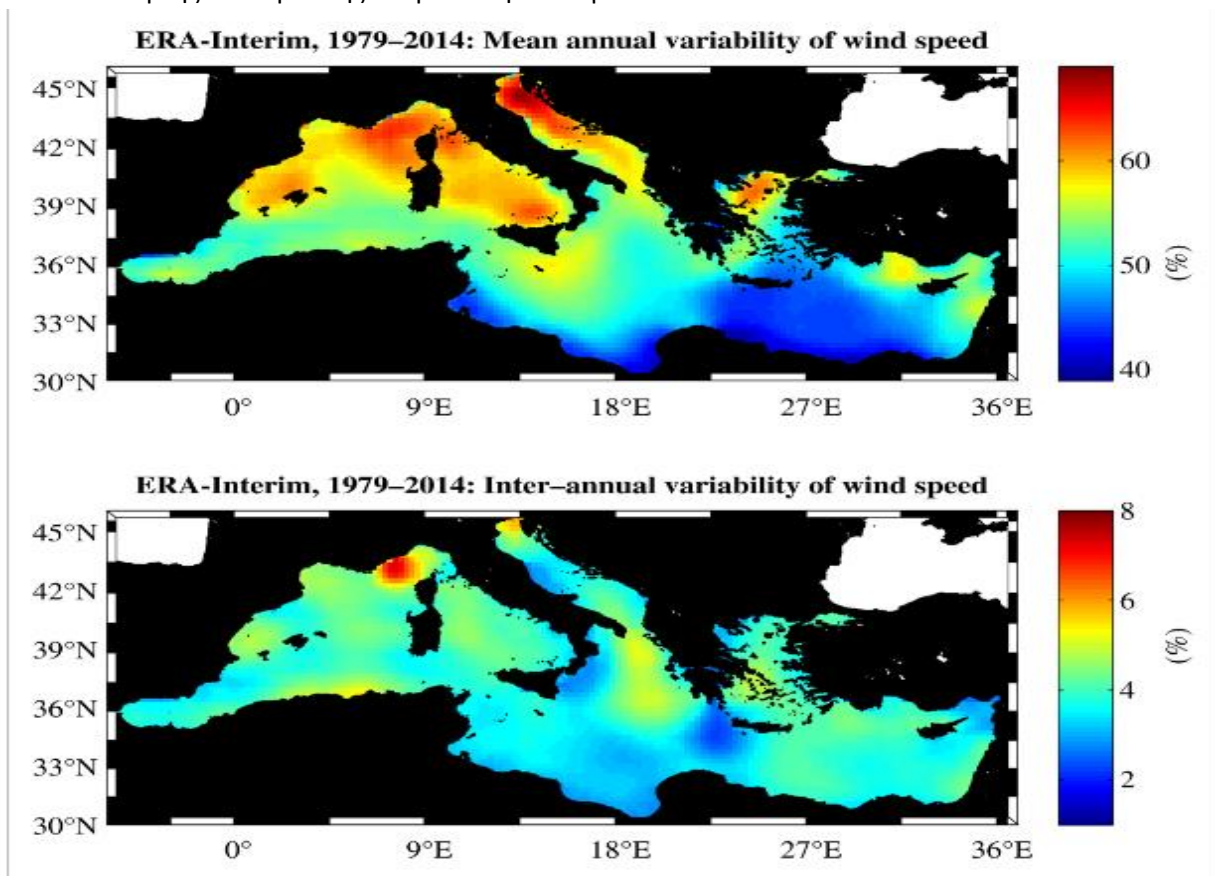


Πηγή: (<https://www.mdpi.com/2073-4433/12/10/1360>)

Όσον αφορά το κλίμα ανέμου της Μεσογείου γενικότερα, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα σχετικά με τη μεταβλητότητα της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου, καθώς και την εποχική κλίμακα (Soukissian et al., 2017b):

- Όσον αφορά τη μεταβλητότητα της ταχύτητας του ανέμου, οι περιοχές που παρουσιάζουν υψηλές τιμές μέσης ετήσιας και διετής μεταβλητότητας είναι η Βόρεια Αδριατική, η Τυρρηνική, η Λιγυρία, οι Βαlearίδες, το Ιόνιο και το Αιγαίο.
- Όσον αφορά τη μεταβλητότητα της διεύθυνσης του ανέμου, η Δυτική Μεσόγειος χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές διακύμανσης σε αντίθεση με το υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης.
- Όσον αφορά την εποχιακή κλίμακα, ο Απρίλιος, ο Μάιος, ο Οκτώβριος και ο Νοέμβριος είναι μήνες υψηλής διακύμανσης, ενώ η διεύθυνση του ανέμου φαίνεται να είναι λιγότερο μεταβλητή κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Εικόνα 6.5 Χάρτης διακύμανσης ανέμου στη Μεσόγειο Θάλασσα



Πηγή: (<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.5182>)

6.3 Περιοχές Natura 2000

Το Natura 2000 αποτελείται από Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ) και Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) που ορίζονται σύμφωνα με την Οδηγία για τους Οικότοπους και την Οδηγία για τα Πτηνά. Οι δύο προαναφερθείσες ζώνες αποτελούν το δίκτυο προστατευόμενων περιοχών Natura 2000.

Οι τοποθεσίες Natura 2000 μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ως προς τον χαρακτήρα. Ο εκάστοτε φορέας διαχείρισης είναι υπεύθυνος και καθορίζει τους κανονισμούς που διέπουν την κάθε περιοχή. Πολλές τοποθεσίες χρησιμοποιούνται ως δασικές, επιτρέπουν εκτροφή ζώων και μερικές ακόμη υπάρχουν σε αστικές περιοχές. Στην Ελλάδα, υπάρχουν 443 ζώνες που αποτελούν το ελληνικό τμήμα του Natura 2000 και καλύπτουν, περίπου, το 19% της Ελλάδας. Η εγγραφή τους ολοκληρώθηκε το 2010-2011 και βρίσκονται αναλυτικά στο site [Natura 2000-Greece \(geogreece.gr\)](http://Natura_2000-Greece.geogreece.gr).

Εικόνα 6.6 Χάρτης περιοχών Natura 2000 στην Ελλάδα



Πηγή: ([Natura 2000 Viewer \(europa.eu\)](http://Natura_2000_Viewer.europa.eu))

6.4 Μελέτες για Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τις επίσημες πληροφορίες του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών ΕΛΚΕΘΕ, το υπεράκτιο αιολικό δυναμικό στην Ελλάδα επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Τεχνικοί περιορισμοί όπως το βάθος του βυθού και η απόσταση από την ακτή, καθώς και οι ανησυχίες σχετικά με την οπτική όχληση, θέτουν προκλήσεις για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Επιπλέον, η έλλειψη υπεράκτιων θαλάσσιων μετρήσεων και υποθαλάσσιων συνδέσεων δυσχεραίνει την υλοποίηση των έργων. Η παρουσία μιας καλά ανεπτυγμένης τουριστικής βιομηχανίας και οι έντονες χρήσεις του θαλάσσιου χώρου, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, προσθέτουν περαιτέρω πολυπλοκότητα, ενώ ένα άλλο μειονέκτημα των Ελληνικών θαλασσών συγκριτικά με τη Βόρεια Θάλασσα, είναι η στενή υφαλοκρηπίδα (Soukissian et al., 2020).

Οι διαφορετικές στάσεις και συμπεριφορές των ενδιαφερομένων, σε συνδυασμό με την έλλειψη γνώσης και πληροφόρησης, συμβάλλουν σε κοινωνικές αντιδράσεις που μπορεί να εμποδίσουν την πρόοδο στην ανάπτυξη υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Οι χρονοβόρες γραφειοκρατικές διαδικασίες στην Ελλάδα θέτουν επίσης εμπόδια, ενώ τα γεωπολιτικά ζητήματα που σχετίζονται με τα χωρικά ύδατα περιπλέκουν περαιτέρω την κατάσταση (Soukissian et al., 2020).

Παρά αυτές τις προκλήσεις, τα υπεράκτια έργα αιολικής ενέργειας θεωρούνται ως η πιο αξιόπιστη λύση και επένδυση δεδομένης της τρέχουσας τεχνολογικής ωριμότητας. Ωστόσο, απαιτούνται ζωτικής σημασίας διεξοδικές μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την αξιολόγηση και τον μετριασμό τυχόν αρνητικών επιπτώσεων.

Για την αντιμετώπιση της αντίστασης από τις τοπικές κοινότητες, συνιστάται η ενσωμάτωση και η συνέργεια της θαλάσσιας ανανεώσιμης ενέργειας (MRE) με άλλες χρήσεις του θαλάσσιου χώρου. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των στάσεων "Not in My Backyard" (NIMBY). Επιπλέον, η εφαρμογή του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού σε εθνικό και τοπικό επίπεδο μπορεί να διευκολύνει τη συντονισμένη ανάπτυξη διαφόρων θαλάσσιων δραστηριοτήτων.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές επενδύσεις στη θάλασσα εξακολουθούν να ενέχουν υψηλό επίπεδο κινδύνου, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για προσεκτικό σχεδιασμό, αξιολόγηση και εμπλοκή των ενδιαφερομένων στον τομέα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Μια πρόσφατη μελέτη επικεντρώθηκε στην εξέταση του υπεράκτιου αιολικού δυναμικού στο Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος με στόχο τον εντοπισμό υποσχόμενων τοποθεσιών για μελλοντική ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα (Soukissian et al., 2017c).

Λόγω των περιορισμένων επιτόπιων μετρήσεων, η ανάλυση βασίζεται σε μια 15ετή ανασκόπηση δεδομένων ανέμου από το 1995 έως το 2009. Τα αποτελέσματα του μοντέλου επικυρώνονται έναντι μετρήσεων ωκεανογραφικών σηματοδούρων, επιδεικνύοντας καλή απόδοση όσον αφορά την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου. Η ανάλυση αποκαλύπτει ότι τα θερινά μελέμια, που είναι εμφανή κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, προσφέρουν δυνατότητες για υπεράκτια παραγωγή αιολικής ενέργειας, που συμπίπτει με την αυξημένη ζήτηση ενέργειας λόγω του τουρισμού. Παρέχονται μέτρα μεταβλητότητας και δυναμικό αιολικής ενέργειας αναφορικά με την ταχύτητα του ανέμου, που υποδεικνύουν εκμεταλλεύσιμους αιολικούς πόρους στο Αιγαίο και στο Ιόνιο Πέλαγος, ιδιαίτερα σε τοποθεσίες βαθέων υδάτων. Ωστόσο, οι τοποθεσίες με ρηχά νερά ενδέχεται να μην πληρούν τα απαιτούμενα πρότυπα για αποτελεσματική εκμετάλλευση. Η επέκταση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας σε περιοχές βαθέων υδάτων εξαρτάται από τις εξελίξεις στις πλωτές ανεμογεννήτριες και τη μείωση του κόστους (Soukissian et al., 2017c).

Τα αποτελέσματα της μελέτης χρησιμεύουν ως πολύτιμη πηγή για την αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού και της μεταβλητότητας της αιολικής ενέργειας στην περιοχή, βοηθώντας σε προκαταρκτικές εκτιμήσεις. Η τελική απόφαση σχετικά με την καταλληλότητα συγκεκριμένων περιοχών για ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων απαιτεί ολοκληρωμένες αξιολογήσεις, λαμβάνοντας υπόψη τεχνικές, κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές πτυχές. Μένει να φανεί ο αντίκτυπος του νέου νόμου 4414/2016 για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) στην ανάπτυξη της υπεράκτιας βιομηχανίας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

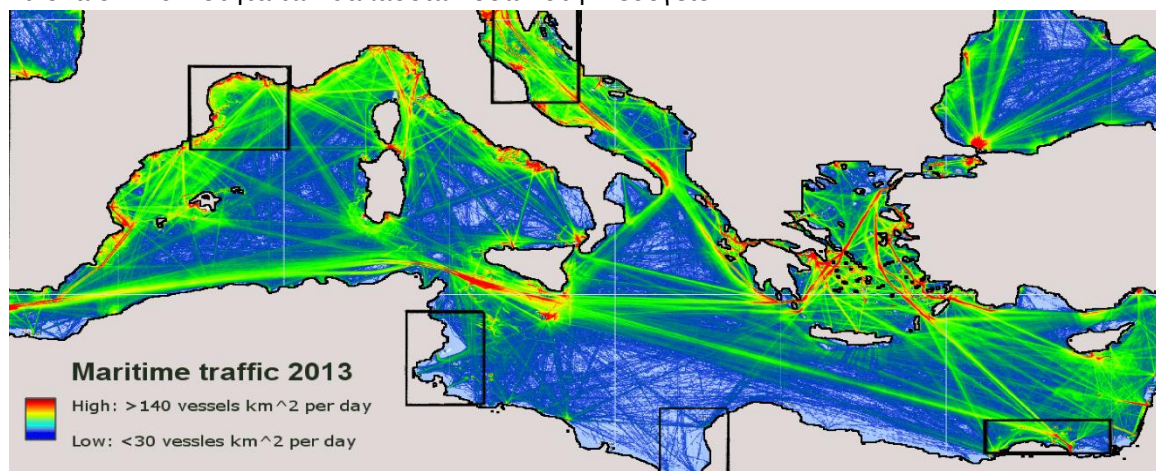
Η διαδικασία εντοπισμού πιθανών ζωνών για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων απαιτεί αξιόπιστα και ολοκληρωμένα δεδομένα για τα βιοτικά και αβιοτικά στοιχεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι απαραίτητη μια ολοκληρωμένη και διεπιστημονική προσέγγιση, η οποία ενσωματώνει τεχνικά και περιβαλλοντικά κριτήρια και δεδομένα που σχετίζονται με την υπεράκτια εκμετάλλευση αιολικής ενέργειας. Αυτή η ενοποίηση διευκολύνεται από ένα ισχυρό εργαλείο που ονομάζεται Smart Wind Chart, το οποίο στοχεύει να υποστηρίξει τη βιώσιμη γαλάζια ανάπτυξη στη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα καθοδηγώντας έργα υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και προσπάθειες διατήρησης των θαλάσσιων οικοτόπων (Soukissian et al., 2016).

Η εφαρμογή του έξυπνου χάρτη ανέμου στο βόρειο Ιόνιο εντόπισε μια εξαιρετικά κατάλληλη περιοχή για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν ορισμένα κενά στη γνώση και στην πληροφόρηση κατά την εφαρμογή του Διαγράμματος Smart Wind και εξετάστηκαν πρόσθετες σκέψεις για την αποφυγή παρερμηνειών των αποτελεσμάτων, ιδίως όσον αφορά τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με τα δεδομένα ανέμου και τη χωρική κλίμακα της ανάλυσης. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ενώ το Smart Wind Chart παρέχει πολύτιμες πληροφορίες, δεν μπορεί να αντικαταστήσει μια ενδελεχή μελέτη εκτίμησης περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων, η οποία θα πρέπει να περιλαμβάνει λεπτομερή χαρτογράφηση, παρακολούθηση και ανάλυση με χρήση δεδομένων υψηλής ανάλυσης (Soukissian et al., 2016).

Καθώς οι εγκαταστάσεις υπεράκτιων αιολικών πάρκων εισάγονται στη Μεσόγειο Θάλασσα, είναι σημαντικό να αξιολογούνται προσεκτικά και να μετριάζονται οι πιθανές επιπτώσεις λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές και οικολογικές διεργασίες. Για την αποτελεσματική διαχείριση είναι απαραίτητα τυποποιημένα πρωτόκολλα παρακολούθησης και σαφείς οδηγίες για την παρακολούθηση των παραδοχών και των απαιτήσεων του προγράμματος, σύμφωνα με τις επιστημονικές αρχές.

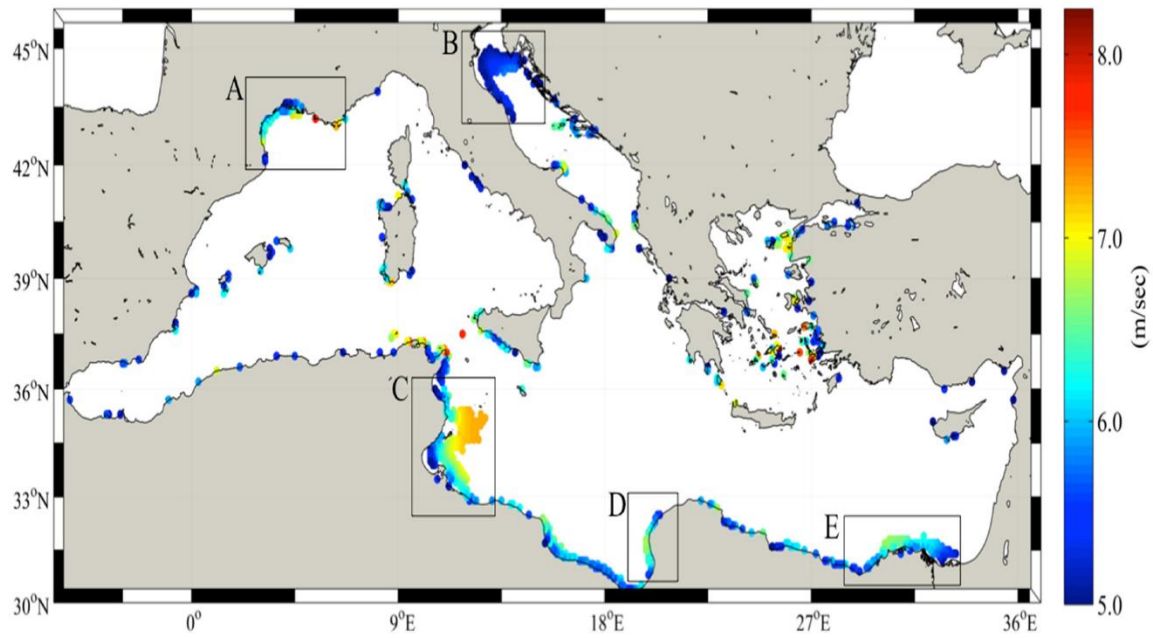
Σε μια άλλη μελέτη, εξετάστηκαν χαρακτηριστικά της Μεσογείου όπως η πυκνότητα των θαλασσιών οδών, οι περιοχές με βάθη 20 έως 50 μέτρα με ανέμους που έχουν ένταση μεγαλύτερη από 5 m/s καθώς και η πυκνότητα ειδών όλων των μόνιμων θαλάσσιων θηλαστικών (Bray et al., 2016).

Εικόνα 6.7 Πυκνότητα των θαλασσιών οδών στη Μεσόγειο



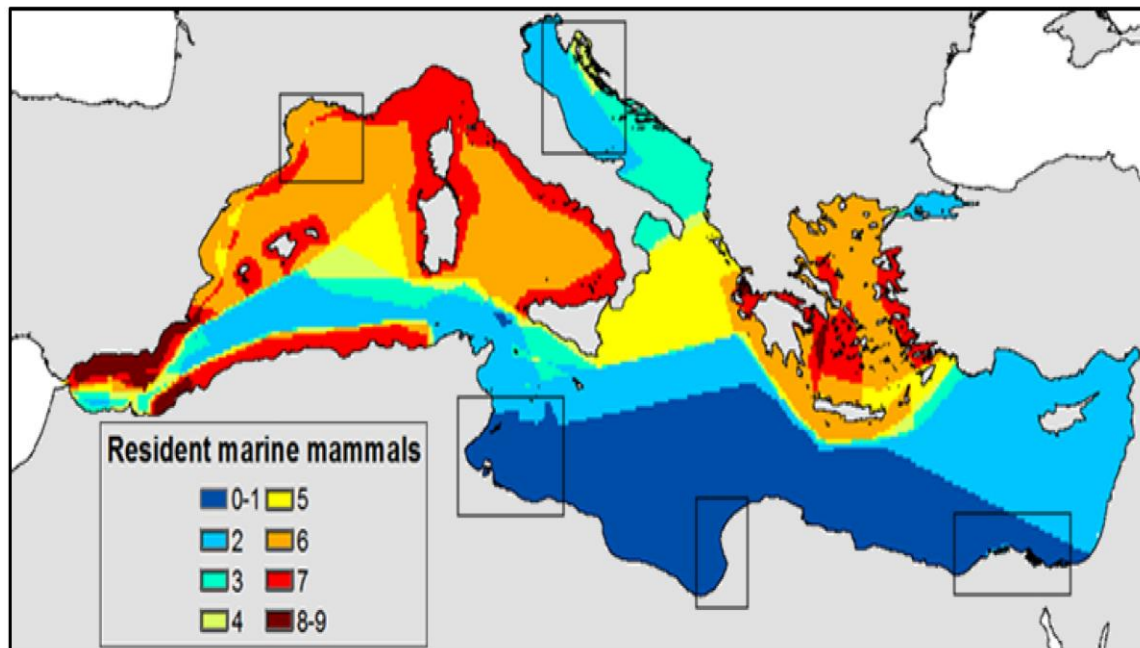
Πηγή: (<https://www.mdpi.com/2077-1312/4/1/18>)

Εικόνα 6.8 Περιοχές στη Μεσόγειο Θάλασσα, με άνεμο έντασης μεγαλύτερο από 5 m/s σε βάθη από 20 έως 50 μέτρα



Πηγή: (<https://www.mdpi.com/2077-1312/4/1/18>)

Εικόνα 6.9 Πυκνότητα ειδών όλων των μόνιμων θαλάσσιων θηλαστικών στη Μεσόγειο



Πηγή: (<https://www.mdpi.com/2077-1312/4/1/18>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο πλανήτης μας βρίσκεται σε οριακή κατάσταση και είναι απαραίτητο οι χώρες να απεξαρτοποιηθούν από τα ορυκτά καύσιμα το γρηγορότερο δυνατόν. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην πράσινη μετάβαση και την απεξάρτηση αυτή.

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια σε παγκόσμια κλίμακα, τις τελευταίες δεκαετίες, γνωρίζει αξιοσημείωτη ανάπτυξη, με αρκετές χώρες να αναπτύσσουν ενεργά υπεράκτια αιολικά έργα για να διαφοροποιήσουν το ενεργειακό τους μείγμα και να μειώσουν τις εκπομπές άνθρακα. Οι τεχνολογικές εξελίξεις και το μειωμένο κόστος συνέβαλαν στην επέκταση των υπεράκτιων αιολικών εγκαταστάσεων, καθιστώντας τα μια ανταγωνιστική επιλογή ανανεώσιμης ενέργειας. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα έχουν τη δυνατότητα να παράγουν σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, αξιοποιώντας τους ισχυρούς και σταθερούς αιολικούς πόρους που διατίθενται σε παράκτιες περιοχές και υπεράκτιες περιοχές.

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια έχει ήδη αναδειχθεί ως σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας στη Βόρεια Θάλασσα στην Ευρώπη, αλλά κυρίως στις ακτές της Κίνας, ενώ υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον γύρω από τις προοπτικές που αναπτύσσονται παγκοσμίως.

Η Ευρώπη είναι παγκόσμιος ηγέτης στην υπεράκτια αιολική ενέργεια, με σημαντικό αριθμό εγκατεστημένης ισχύος και φιλόδοξους στόχους για μελλοντική ανάπτυξη. Χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία, η Δανία, η Ολλανδία και το Βέλγιο έχουν πραγματοποιήσει σημαντικές επενδύσεις σε υπεράκτια αιολικά πάρκα και υποδομές, καθιερώνοντας τον εαυτό τους ως πρωτοπόρους στον κλάδο. Η Ευρώπη επωφελείται από ευνοϊκές αιολικές συνθήκες, υποστηρικτικά ρυθμιστικά πλαίσια και καθιερωμένες αλυσίδες εφοδιασμού, που επιτρέπουν τη συνεχή επέκταση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας.

Σε ότι αφορά την υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ελλάδα, η Ελλάδα διαθέτει σημαντικό υπεράκτιο αιολικό δυναμικό, ιδιαίτερα στο Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος, όπου επικρατούν ισχυροί και σταθεροί άνεμοι. Το Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο, καθώς και οι περιοχές ανατολικά και δυτικά της Κρήτης παρουσιάζουν το υψηλότερο αιολικό δυναμικό. Ωστόσο, η ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών έργων στην Ελλάδα αντιμετωπίζει διάφορες προκλήσεις και προβληματισμούς. Συγκεκριμένα, οι τεχνικοί περιορισμοί, συμπεριλαμβανομένου του βάθους και της απόστασης από την ακτή, καθώς και ανησυχίες που σχετίζονται με οπτικές οχλήσεις, πρέπει να αντιμετωπίζονται προσεκτικά. Η έλλειψη υπεράκτιων θαλάσσιων μετρήσεων και

υποθαλάσσιων συνδέσεων απαιτούν περαιτέρω συλλογή δεδομένων και ανάπτυξη υποδομών. Η καλά ανεπτυγμένη τουριστική βιομηχανία και η έντονη χρήση του θαλάσσιου χώρου, όπως η αλιεία και η υδατοκαλλιέργεια, απαιτούν ενδελεχή σχεδιασμό και εξέταση πιθανών συγκρούσεων συμφερόντων. Ακόμη πρέπει να ληφθούν υπόψη η οικονομική σταθερότητα και οι γραφειοκρατικές διαδικασίες που συμβάλλουν σε αβεβαιότητες και καθυστερήσεις στην υλοποίηση του έργου. Τέλος, γεωπολιτικά ζητήματα, όπως τα χωρικά ύδατα, μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Για να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, είναι ζωτικής σημασίας η διεξαγωγή λεπτομερών μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα βιοτικά όσο και τα αβιοτικά στοιχεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η ενσωμάτωση υπεράκτιων αιολικών έργων με άλλες θαλάσσιες δραστηριότητες και η εφαρμογή θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού μπορεί να βοηθήσει στον μετριασμό των συγκρούσεων και στη βελτιστοποίηση της χρήσης του θαλάσσιου χώρου. Η συμμετοχή των ενδιαφερομένων (stakeholder involvement), η ευαισθητοποίηση του κοινού και η διάδοση της γνώσης είναι μείζονος σημασίας για την αντιμετώπιση των κοινωνικών αντιδράσεων και την ενίσχυση της αποδοχής της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Η συνεχής υποστήριξη από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, οι εξορθολογισμένες γραφειοκρατικές διαδικασίες και τα σαφή ρυθμιστικά πλαίσια μπορούν να ενισχύσουν τις επενδύσεις και να μειώσουν τους κινδύνους που συνδέονται με έργα υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Κρίσιμη είναι ακόμη η συνεργασία με έμπειρους Ευρωπαίους εταίρους και η αξιοποίηση της τεχνογνωσίας τους που μπορεί να διευκολύνει την ανάπτυξη υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Συμπερασματικά, η υπεράκτια αιολική ενέργεια αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη ευκαιρία για βιώσιμη παραγωγή ενέργειας παγκοσμίως. Ενώ η Ευρώπη πρωτοστατεί στην υπεράκτια ανάπτυξη αιολικής ενέργειας, η Ελλάδα έχει σημαντικές δυνατότητες που μπορούν να συμβάλλουν στην πράσινη μετάβαση και την επίτευξη των στόχων που έχει θέσει η Ελληνική Κυβέρνηση για μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 55% μέχρι το 2030. Η αντιμετώπιση τεχνικών, περιβαλλοντικών, κοινωνικών και ρυθμιστικών προκλήσεων θα είναι ζωτικής σημασίας, ώστε να ανοίξει ο δρόμος για την εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων που θα συνεισφέρουν δυναμικά για ένα καθαρότερο και πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Corewind (2020), 'Cost Reduction of Floating Wind Technology – Pathway to cost reduction in floating wind technology', Corewind Webinar 21st April.
<https://corewind.eu/wp-content/uploads/files/presentations/Pathway-to-cost-reduction-in-floating-wind-technology.pdf>
- Du A. (2021), 'Empire Engineering: Semi Submersible, Spar and TLP – How to select floating wind foundation types?',
<https://www.empireengineering.co.uk/semi-submersible-spar-and-tlp-floating-wind-foundations/>
- Ember Climate (2022), 'Global Electricity Review 2022',
<https://ember-climate.org/insights/research/global-electricity-review-2022/#data-wind>
- Energy Information Administration (2022), 'Wind explained – History of wind power',
<https://www.eia.gov/energyexplained/wind/history-of-wind-power.php>
- ESMAP (2023), 'Energy Sector Management Assistance Program: Offshore Wind Potential - Analysis and Maps',
https://www.esmap.org/esmap_offshorewind_techpotential_analysis_maps
- Euronews (2023), 'Which European countries use the most renewable energy?',
<https://www.euronews.com/green/2023/01/20/which-european-countries-use-the-most-renewable-energy>
- European Commission (2020), 'An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future',
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:741:FIN&qid=1605792629666>
- European Commission (2023a), 'Maritime Spatial Planning',
<https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/msp-practice/seabasins>
- European Commission (2023b), 'Offshore Renewable Energy',
https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/offshore-renewable-energy_en#the-eu-a-global-leader-on-wind
- Global Climate Scope (2022), 'Global Climate Scope – Greece',
<https://www.global-climatescope.org/markets/gr/>
- Global Offshore Wind Report (2022), 'World Forum Offshore Wind,

- https://wfo-global.org/wp-content/uploads/2023/03/WFO_Global-Offshore-Wind-Report-2022.pdf
- GWEC (2021), 'Africa is only tapping into 0.01 % of its wind power potential', <https://gwec.net/africa-is-only-tapping-into-0-01-of-its-wind-power-potential/>
 - GWEC (2022), 'Global Wind Energy Council - Global Wind Report 2022', https://gwec.net/wp-content/uploads/2022/04/Annual-Wind-Report-2022_screen_final_April.pdf
 - Huang J., Huang X., Song N., Ma Y. and Wei D. (2022), 'Evaluation of the Spatial Suitability of Offshore Wind Farm – A Case Study of the Sea Area of Liaoning Province', <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/1/449>
 - IEA (2022), 'International Energy Agency – Wind Electricity', <https://www.iea.org/reports/wind-electricity>
 - IEA (2023), 'International Energy Agency – Greece must build on its success in reducing fossil fuel dependence', <https://www.iea.org/news/greece-must-build-on-its-successes-in-reducing-fossil-fuel-dependence-iea-report-says>
 - North Sea Wind Power Hub Consortium (2019), 'Cost Evaluation of North Sea Offshore Wind Post 2030', <https://northseawindpowerhub.eu/files/media/document/Cost-Evaluation-of-North-Sea-Offshore-Wind-1.pdf>
 - Phys.org (2009), 'World's first floating wind turbine opens in Norway', <https://phys.org/news/2009-09-world-turbine-norway.html>
 - Power Technology (2019), 'Top 10 biggest wind farms', <https://www.power-technology.com/features/feature-biggest-wind-farms-in-the-world-texas/>
 - Rabobank (2023), 'Floating Offshore Wind Energy: Reaching Beyond the Reachable by Fixed-Bottom Offshore Wind Energy', <https://www.rabobank.com/knowledge/d011383395-floating-offshore-wind-energy-reaching-beyond-the-reachable-by-fixed-bottom-offshore-wind-energy>
 - Renewable Energy World (2014), 'History of wind Turbines', <https://www.renewableenergyworld.com/storage/history-of-wind-turbines/#gref>

- Soukissian T.H, Reizopoulou S., Drakopoulou P., Axaopoulos P., Karathanasi F., Frascchetti S., Bray L., Foglini F., Papadopoulos A., De Leo F., Kyriakidou C., Voukouvalas E., Papathanasiou E. and Boero F. (2016), 'Greening offshore wind with the Smart Wind Chart evaluation tool',
<https://we.copernicus.org/articles/16/73/2016/>
- Soukissian T.H., Denaxa D., Karathanasi F., Prospathopoulos A., Sarantakos K., Iona A., Georgantas K. and Mavrakos S. (2017a), 'Marine Renewable Energy in the Mediterranean Sea: Status and Perspectives',
https://www.researchgate.net/publication/320108161_Marine_Renewable_Energy_in_the_Mediterranean_Sea_Status_and_Perspectives
- Soukissian T.H., Karathanasi F., Axaopoulos P., Voukouvalas E. and Kotroni V. (2017b), 'Offshore wind climate analysis and variability in the Mediterranean Sea',
<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.5182>
- Soukissian T.H., Papadopoulos A., Skrimizeas P., Karathanasi F., Axaopoulos P., Avgoustoglou E., Kyriakidou H., Tsalis C., Voudouri A., Gofa F. and Katsafados P. (2017c), 'Assessment of offshore wind power potential in the Aegean and Ionian Seas based on high-resolution hindcast model results',
<https://www.aimspress.com/article/id/1331>
- Soukissian T.H., Karathanasi F., Belibassakis K.A. and Kontoyiannis H. (2020), 'Marine Renewable Energy in the Greek Seas',
https://www.researchgate.net/publication/345241840_Marine_Renewable_Energy_in_the_Greek_Seas
- Soukissian T.H., Kardakaris K. and Boufidi I. (2021), 'Offshore Wind and Wave Energy Complementarity in the Greek Seas Bases on ERA5 Data',
https://www.researchgate.net/publication/355369917_Offshore_Wind_and_Wave_Energy_Complementarity_in_the_Greek_Seas_Based_on_ERA5_Data
- Statista (2022), 'Global cumulative installed wind power capacity from 2001 to 2021',
<https://www.statista.com/statistics/268363/installed-wind-power-capacity-worldwide/>
- Statista (2023a), 'Global installed wind power capacity in 2021, by region',
<https://www.statista.com/statistics/272914/global-installed-wind-power-capacity-by-region/>
- Statista (2023b), 'Offshore wind energy capacity worldwide from 2009 to 2022',

- <https://www.statista.com/statistics/476327/global-capacity-of-offshore-wind-energy/>
- Statista (2023c), ‘New onshore and offshore wind capacity installed worldwide in 2022, with a forecast until 2027’,
<https://www.statista.com/statistics/1368205/global-wind-capacity-additions-forecast-by-type/>
- Statista (2023d), ‘Cumulative offshore wind power capacity worldwide in 2022, by country’,
<https://www.statista.com/statistics/258946/cumulative-offshore-wind-power-capacity-by-country/>
- Statista (2023e), ‘Number of offshore wind farms operating worldwide as of January 2023, by country’,
<https://www.statista.com/statistics/264257/number-of-offshore-wind-farms-worldwide-by-country/>
- Statista (2023f), ‘Number of offshore wind farm projects under construction worldwide as of January 2023, by country’,
<https://www.statista.com/statistics/264258/number-of-offshore-wind-farms-under-construction-by-country/>
- Statista (2023g), ‘Distribution of electricity generation in Greece in 2021, by source’,
<https://www.statista.com/statistics/1235419/greece-distribution-of-electricity-production-by-source/#:~:text=Natural%20gas%20is%20the%20main,electricity%20production%20was%20renewables%2Dbased>
- The Guardian (2008), ‘The history of wind power’,
<https://www.theguardian.com/environment/2008/oct/17/wind-power-renewable-energy>
- The Telegraph (1996), Britain abandons onshore wind just as new technology makes it cheap’,
<https://www.telegraph.co.uk/finance/economics/12090394/Britain-abandons-onshore-wind-just-as-new-technology-makes-it-cheap.html>
- Thomsen K. (2014), ‘Offshore Wind: A Comprehensive Guide to Successful Offshore Wind Farm Installation’,
<https://www.sciencedirect.com/book/9780123859365/offshore-wind>

- Tsohou E. and Korinthios C. (2023), 'Offshore Wind Power in Greece: Opportunities and challenges of the new regulatory environment',
<https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/5a6ac0eb/offshore-wind-power-in-greece>
 - United Nations (2023), 'Floating wind turbines: a new player in cleantech',
<https://unric.org/en/floating-wind-turbines-a-new-player-in-cleantech/>
 - Wind Europe (2022a), 'Wind Energy in Europe: 2021 Statistics and the Outlook for 2022-2026',
<https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2021-statistics-and-the-outlook-for-2022-2026/>
 - Wind Europe (2022b), 'First Greek Offshore Wind Law 2 GW by 2020',
<https://windeurope.org/newsroom/news/first-greek-offshore-wind-law-seeks-2-gw-by-2030/>
 - Wood Mackenzie (2020), 'Global wind turbine supply chain trends 2020',
<https://www.woodmac.com/our-expertise1/focus/Power--Renewables/global-wind-turbine-supply-chain-trends-2020/>
 - World Population Review (2023), 'Wind Power by Country 2023',
<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/wind-power-by-country>
-