



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Ενεργειακά και Περιβαλλοντικά Έργα

Διπλωματική Εργασία

«Offshore αιολικά πάρκα: Παρούσα κατάσταση και προοπτικές
ανάπτυξης στην Ελλάδα – Σύγκριση με ευρωπαϊκά πρότυπα»

Δημήτριος Κατσώρης «Cohort 10»

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Αιμιλία Κονδύλη

Αθήνα, Ιούλιος 2023

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αιμιλία Μ. Κονδύλη

Κοσμάς Καββαδίας

Δημήτριος Ζαφειράκης

Περίληψη

Τόσο η Ευρώπη όσο και η Ελλάδα επενδύουν στην αιολική ενέργεια, τόσο στη χερσαία όσο και στη υπεράκτια μορφή της. Η χερσαία αιολική ενέργεια έχει αναπτυχθεί σε πολλές περιοχές της Ευρώπης και της Ελλάδας, ενώ η υπεράκτια αιολική ενέργεια προσφέρει μεγάλο δυναμικό λόγω των ισχυρών ανέμων στη θάλασσα. Και οι δύο μορφές αιολικής ενέργειας συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην ενίσχυση της αειφορίας στον τομέα της ενέργειας. Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει και να παρουσιάσει τη σημασία και τις προοπτικές της χερσαίας και υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη και την Ελλάδα. Αναλύει την ανάπτυξη, τα οφέλη και τις προκλήσεις αυτών των μορφών αιολικής ενέργειας σε σχέση με την παραγωγή ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών αερίων, την εξάρτηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας και την αειφορία. Ο σκοπός είναι να παρέχει συνολική εικόνα και κατανόηση για τον ρόλο και τις προοπτικές αυτών των αιολικών τεχνολογιών στον τομέα της ενέργειας.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 ^ο .Εισαγωγή.....	7
1.1 Ορισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	7
1.1.1 Διάφοροι τύποι Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	9
1.1.2 Ιστορική αναδρομή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	11
1.2 Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί Στόχοι για την Ενέργεια και το Περιβάλλον	14
1.3 Σημασία και πλεονεκτήματα των ΑΠΕ.....	18
1.3.1 Οφέλη για τις τοπικές οικονομίες και κοινότητες.....	21
Κεφάλαιο 2 ^ο . Αιολική Ενέργεια	23
2.1 Πώς εξελίχθηκε η αιολική ενέργεια με την πάροδο του χρόνου.	23
2.2 Onshore και Offshore (χερσαία και υπεράκτια) αιολική ενέργεια	26
2.2.1 Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χερσαίας και υπεράκτιας αιολικής ενέργειας	28
2.2.2 Απαιτήσεις εγκατάστασης, σύνδεσης και συντήρησης για την χερσαία και την υπεράκτια αιολική ενέργεια.	29
2.2.3 Τεχνικές θεμελίωσης που χρησιμοποιούνται σε υπεράκτια αιολικά πάρκα. ...	30
Κεφάλαιο 3ο: Αιολική ενέργεια/επενδύσεις στην Ευρώπη	33
3.1 Τρέχουσα κατάσταση της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη	33
3.2 Ο ρόλος της Ευρώπης στη βιομηχανία και το δυναμικό της αιολικής ενέργειας ..	36
3.3 Στατιστικά στοιχεία για την αιολική ενέργεια στην Ευρώπη	38
3.4 Στόχοι, Στρατηγικές και Προβλέψεις της Ευρώπης όσον αφορά την αιολική ενέργεια.....	41
3.5 Τάσεις και Νομοθετικοί Κανονισμοί.....	42
3.6 Παραδείγματα χωρών με υπεράκτια αιολικά πάρκα	45
Κεφάλαιο 4 ^ο : Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.....	47
4.1 Ιστορική αναδρομή των επενδύσεων αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα και η σημερινή κατάσταση των επενδύσεων γης στον τομέα της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	47
4.2 Το επενδυτικό ενδιαφέρον για τα offshore αιολικά στην Ελλάδα	48
4.3 Στόχοι, στατιστικές, μελέτες και στρατηγικές που σχετίζονται με την αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.....	50
4.4 Ελλείψεις αιολικού δυναμικού και ανοικτής θάλασσας	56
4.4.1 Ελλείψεις στην ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	56
4.4.2 Τεχνολογία και επενδύσεις που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη υπεράκτιων έργων αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	57
4.5 Προβλήματα και Προοπτικές Ανάπτυξης Αιολικής Ενέργειας	58
4.5.1. Προβλήματα που συνδέονται με την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	58

4.5.2 Πώς η επένδυση σε υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ελλάδα θα βοηθήσει άλλους τομείς.....	59
4.5.3 Τάσεις, νομοθεσία και κανονισμοί επηρεάζουν την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα	60
4.6 Σύγκριση της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα με την υπόλοιπη Ευρώπη- Επενδυτική Υποστήριξη.....	60
4.6.1 Πιθανές στρατηγικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενθάρρυνση των επενδύσεων στην αιολική ενέργεια στην Ελλάδα	61
Συμπεράσματα	63
Βιβλιογραφία.....	65

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1:Ποσοστά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ΕΕ	14
Εικόνα 2: Onshore και Offshore αιολική ενέργεια.....	26
Εικόνα 3: Αναμενόμενο μέγεθος ανεμογεννητριών το 2035 για χερσαία και υπεράκτια αιολική ενέργεια, σε σύγκριση με τη διάμεση τιμή του 2019.....	29
Εικόνα 4: Διαφορετικοί τύποι θεμελίων υπεράκτιων ανεμογεννητριών: σταθερών και πλωτών	32
Εικόνα 5: Σημερινοί και μελλοντικοί τύποι υπεράκτιων ανεμογεννητριών.....	32
Εικόνα 6: Δεδομένα αιολικού πεδίου ECMFW μετά από διόρθωση για ορογραφία και τοπική τραχύτητα (80 m ξηρά, 120 m υπεράκτια)	40
Εικόνα 7: Υπεράκτιες τοποθεσίες με βάθος νερού μικρότερο από 50 m και ορεινές περιοχές (πάνω από 600 m) στην Ευρώπη	40
Εικόνα 8: Κατάλληλες περιοχές για εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα.....	53

Κατάλογος διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: 10 κορυφαίες χώρες για την εγκατεστημένη ισχύ αιολικής ενέργειας το 2018.....	25
Διάγραμμα 2: Προοπτικές παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος υπεράκτιας αιολικής ενέργειας κατά 2050	27
Διάγραμμα 3: Σύγκριση μεταξύ του δυναμικού της χερσαίας και υπεράκτιας αιολικής ενέργειας σε διαφορετικά βάθη υδάτων και της ευρωπαϊκής ζήτησης ενέργειας.....	38
Διάγραμμα 4: Νέες χερσαίες και υπεράκτιες αιολικές εγκαταστάσεις στην Ευρώπη το 2021.....	39
Διάγραμμα 5: Επένδυση σε νέα χερσαία αιολικά πάρκα ανά χώρα το 2021 (δισ ευρώ και GW)	42
Διάγραμμα 6: Εγκατεστημένη αιολική ισχύς (MW) ανά έτος μεταξύ 1987 και 2015.....	47

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	19
---	----

Κεφάλαιο 1^ο.Εισαγωγή

1.1 Ορισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προσφέρουν μια εναλλακτική στις πηγές ενέργειας που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA), οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιγράφονται ως «ενέργεια που παράγεται από φυσικές διεργασίες οι οποίες ανανεώνονται πιο γρήγορα από ό,τι καταναλώνονται» (Harjanne & Korhonen, 2019). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν ηλιακή, αιολική, γεωθερμία, υδροηλεκτρική και βιομάζα. Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναγνωρίζονται ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική και παλιρροϊκή ενέργεια, η γεωθερμική και τα βιοκαύσιμα (Harjanne & Korhonen, 2019). Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί μια απάντηση στην ανάγκη για ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, λόγω των πιθανών διακοπών και της πιθανότητας εξάντλησης ορισμένων πρωτογενών πηγών ενέργειας, όπως είναι τα ορυκτά καύσιμα.

Αμέτρητες καθημερινές δραστηριότητες στον σύγχρονο κόσμο εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από μια τεράστια προσφορά ενέργειας. Τα ορυκτά καύσιμα παρέχουν σήμερα περίπου το 80% της πρωτογενούς ενέργειας, αν και η καύση αυτών των ουσιών συμβάλλει στην ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας. Ενώ η συνέχιση της εκμετάλλευσης τέτοιων καυσίμων σε μεγάλη κλίμακα αποτελεί σοβαρή απειλή για τον πολιτισμό μας, η διατήρηση και η επέκτασή του εξακολουθεί να απαιτεί ένα ορισμένο επίπεδο ενεργειακού εφοδιασμού (IEA, 2018).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που υιοθετήθηκαν παγκοσμίως ως «εστιακό σημείο», είναι μια περιζήτητη λύση στο σημερινό μας δίλημμα. Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στην ιδέα της εκμετάλλευσης φυσικών, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αντί για τη χρήση εξαντλημένων αποθεμάτων ενέργειας που βρίσκονται κάτω από το έδαφος. Η κλιματική αλλαγή έχει καταστήσει ολοένα και πιο σημαντική την ιεράρχηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οδηγώντας τις κυβερνήσεις να την υιοθετήσουν στις ενεργειακές και κλιματικές πολιτικές τους παγκοσμίως (IEA, 2018). Η έννοια του Rosenberg (1976) για ένα ισχυρό και παγκόσμιο σημείο εστίασης είναι εφαρμόσιμη σε αυτό το πλαίσιο.

Στον τομέα της ενεργειακής πολιτικής, η ιδέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ήταν θέμα συζήτησης σε παλαιότερες έρευνες (Heard et al., 2017). Ωστόσο, αντί να εξετάζονται απλώς τα οφέλη, οι προκλήσεις και η οικονομική σκοπιμότητα της εφαρμογής συστημάτων πλήρως ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η εστίαση αυτού του προβληματισμού είναι στη συνολική έννοια των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αντί να αντιμετωπίζονται συγκεκριμένες πολιτικές ή μέθοδοι παραγωγής, το ζήτημα έγκειται στη διχοτόμηση μεταξύ ανανεώσιμων και μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή είναι περίπλοκα, απρόβλεπτα και επιτακτικά ζητήματα που απαιτούν δράση σε ευρεία κλίμακα, πέρα από μεμονωμένους οργανισμούς (Grodal & O'Mahony, 2017).

Η παγκόσμια παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται κυρίως σε μη ανανεώσιμες πηγές, όπως τον άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, καθώς και στα πυρηνικά υλικά που δεν μπορούν να αναπληρωθούν. Τα μη ανανεώσιμα καύσιμα είναι πηγές ενέργειας που δεν μπορούν να αναπληρωθούν φυσικά στον ίδιο ρυθμό κατανάλωσης. Η δημιουργία τέτοιων πηγών προϋποθέτει δεσεκατομμύρια χρόνια και δεν αποτελούν βιώσιμες λύσεις. Οι επιστήμονες στο παρελθόν έχουν κάνει επίμονη προσπάθεια να αυξήσουν την απόδοση της ενέργειας, χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια (Ming et al., 2018).

Η αντιμετώπιση της παγκόσμιας ενεργειακής ανισότητας είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη ενός βιώσιμου μέλλοντος. Είναι αναγκαίο να εξεταστεί η επίδραση της ενεργειακής κατανάλωσης, τόσο από ανανεώσιμες όσο και μη ανανεώσιμες πηγές, στην οικονομική πρόοδο. Έρευνα που εξετάζει τη σχέση μεταξύ της ενεργειακής χρήσης και της εμπορικής βελτίωσης σε 30 υποσαχάριες αφρικανικές χώρες αποκάλυψε ότι μία αύξηση κατά 10% στην κατανάλωση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συσχετίζεται με αύξηση 2,11% στην οικονομική ανάπτυξη (Samuel et al., 2018).

Οι ανανεώσιμες πηγές παράγουν ποικίλες ποσότητες πόρων οι οποίοι σταδιακά ανανεώνονται με την πάροδο του χρόνου. Επιλέγοντας να μην χρησιμοποιήσουν αυτούς τους πόρους, τα αποθέματά τους αυξάνονται σταθερά ή ακανόνιστα κάθε χρόνο. Αυτές οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ξεπερνούν τις μη ανανεώσιμες καθώς είναι πιο κοινές και φιλικές προς το περιβάλλον (Heras-Saizarbitoria et al., 2018). Κατασκευασμένα για καλύτερη απόδοση, τα υβριδικά συστήματα που συνδυάζουν δύο

ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επικεντρώνονται τώρα από τις χώρες προκειμένου να μειωθεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Bento & Moutinho, 2016; Guo et al., 2018;).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναπτύσσονται με εντυπωσιακούς ρυθμούς καθώς επιστήμονες και χειριστές αναζητούν λύσεις για την αυξανόμενη ζήτηση για συμβατικές πηγές ενέργειας. Η ταχεία επέκταση του κλάδου έχει πυροδοτήσει πολυάριθμες προόδους στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, παράλληλα με τις διάφορες πρακτικές εφαρμογές τους. Μια ευρέως αναγνωρισμένη απάντηση στις ενεργειακές απαιτήσεις στον οικιακό και στον αγροτοβιομηχανικό τομέα είναι η εφαρμογή αποκεντρωμένων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001 επιβάλλει την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών καθαρής ανανεώσιμης ενέργειας υπό το πρίσμα της εξάντλησης των φυσικών πηγών.

Γενικά, είναι αποδεκτό ότι η ανάπτυξη μιας κοινωνίας απαιτεί τη διαθεσιμότητα ασφαλών ενεργειακών πόρων. Αυτό, ωστόσο, δεν αρκεί για τη διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης. Το τελευταίο απαιτεί βιώσιμο εφοδιασμό ενεργειακών πόρων που είναι άμεσα διαθέσιμοι μακροπρόθεσμα, σε λογικές τιμές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όλες τις απαραίτητες εργασίες χωρίς κοινωνικές αντιδράσεις. Οι πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και το ουράνιο έχουν περιορισμένη διάρκεια, γεγονός που τους καθιστά εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους. Αντιθέτως, ενεργειακοί πόροι όπως το ηλιακό φως, ο άνεμος, το νερό και τα απόβλητα, καθώς και τα βιοκαύσιμα, αποτελούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που παραμένουν βιώσιμες με την πάροδο του χρόνου (Elavarasan, 2019).

1.1.1 Διάφοροι τύποι Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται συχνά βασικό συστατικό ενός βιώσιμου ενεργειακού μέλλοντος, λόγω των δυνατοτήτων τους να μειώνουν τις εκπομπές και να αυξάνουν την ενεργειακή ασφάλεια (Harjanne & Korhonen, 2019). Η ηλιακή και η αιολική ενέργεια είναι πιθανώς οι πιο ευρέως γνωστές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ η γεωθερμία, η υδροηλεκτρική ενέργεια και η βιομάζα είναι επίσης μορφές ανανεώσιμης ενέργειας. Επιπλέον, η παλιρροιακή, η κυματική και η ωκεάνια θερμική ενέργεια είναι λιγότερο γνωστές μορφές ανανεώσιμης ενέργειας (Karytsas & Theodoropoulou, 2014). Οι αντλίες ηλιακής θέρμανσης και θερμότητας έχουν τη

δυνατότητα να συμβάλλουν στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της μεταποιητικής βιομηχανίας (Taïbi et al., 2012).

Η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των δραστηριοτήτων που προκαλούν περιβαλλοντική υποβάθμιση αμφισβητείται λόγω των συλλογικών τους επιπτώσεων που τελικά καταλήγουν σε πολλά ζητήματα υγείας, οικολογίας και άλλα. Η περιβαλλοντική επίδραση μιας κοινωνίας πηγάζει κυρίως από τις πηγές ενέργειας της. Σε ένα ιδανικό σενάριο βιώσιμης ανάπτυξης, οι ενεργειακοί πόροι μιας κοινωνίας δεν θα βλάψουν το περιβάλλον με την απελευθέρωση επιβλαβών εκπομπών. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν μπορούν να αποφευχθούν κατά τη χρήση οποιουδήποτε ενεργειακού πόρου, γεγονός που έχει εγείρει ανησυχίες για τη βιώσιμη ανάπτυξη και πώς μπορεί να επηρεαστεί από τις εκπομπές και τις αρνητικές επιπτώσεις τους. Μια πιθανή λύση σε αυτό το ζήτημα είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (Ming et al., 2018).

Η χρήση εμπορικών πηγών ενέργειας, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, παραμένει διαδεδομένη επί του παρόντος. Ωστόσο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σταδιακά αναγνωρίζονται και αποτιμώνται (Ming et al., 2018). Η χρήση αυτών των ενεργειακών πηγών μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της αναγκαιότητας απόρριψης στερεών αποβλήτων, δραστηριότητα η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ρύπανση του εδάφους. Επιπρόσθετα, ενδέχεται να μειώνουν τις εκπομπές αερίων και υγρών αποβλήτων κατά τη χρήση, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση της ποιότητας των υδάτινων πόρων. Ως επακόλουθο, παρατηρείται σημαντική ανάπτυξη στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις τελευταίες δεκαετίες (Jiang et al., 2018).

Η αειφόρος ανάπτυξη υποστηρίζεται σημαντικά από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες προσφέρουν απεριόριστες περιόδους ενεργειακού εφοδιασμού και είναι πολύ λιγότερο ρυπογόνες από τα ορυκτά καύσιμα. Τα οφέλη αυτών των πηγών ενέργειας αναγνωρίζονται κοινά για την ικανότητά τους να διαφοροποιούν τις αγορές εφοδιασμού ενέργειας και να παρέχουν ασφαλείς βιώσιμες πηγές ενέργειας μακροπρόθεσμα. Επιπλέον, συμβάλλουν στη μείωση τόσο των τοπικών όσο και των παγκόσμιων ατμοσφαιρικών εκπομπών CO₂ και αυξάνουν τις ευκαιρίες για απασχόληση σε νέους τομείς. Η παγκόσμια κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το 2016 έφτασε το 19,3% και το 24,5%, αντίστοιχα, με βάση την έκθεση REN21 του 2017, όπως αναφέρεται από τους Pillot et al. (2019). Καθώς η ανανεώσιμη ενέργεια γίνεται πιο σημαντική, πολλές

χώρες όπως η Κίνα και οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν επινοήσει επιδοτήσεις, κίνητρα και ρυθμιστικές διατάξεις σχετικά με την ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Zhao et al., 2016).

1.1.2 Ιστορική αναδρομή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Στη σύγχρονη εποχή διαπιστώνεται μια αυξανόμενη προσαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο διεθνές ενεργειακό σκηνικό. Μια περίπτωση είναι η Ισπανία, όπου το 2011, το ποσοστό της πρωτογενούς ενέργειας που προήλθε από ανανεώσιμες πηγές εκτιμάται στο 11,6% (Jurasz et al., 2020). Ειδικότερα, η αιολική ενέργεια αναδείχθηκε ως η πιο βιώσιμη ανανεώσιμη ενέργεια στη χώρα, παρουσιάζοντας ικανοποιητικό ρυθμό ανάπτυξης τα τελευταία δύο δεκαετία. Παράλληλα, στις Ηνωμένες Πολιτείες, παρ' όλο που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αρχικά δεν συνέβαλαν σημαντικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, προβλέπεται ότι οι πέντε κύριες ανανεώσιμες πηγές - βιομάζα, υδροηλεκτρική ενέργεια, αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια και γεωθερμική ενέργεια - θα καταλάβουν ολοένα και περισσότερο εμφανή θέση στο ενεργειακό τοπίο μέχρι το 2050 (Jurasz et al., 2020).

Σε παγκόσμια κλίμακα, το 2020, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτέλεσαν μόλις το 8,9% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας, ενώ τα ορυκτά καύσιμα προσέφεραν το μεγαλύτερο μερίδιο (Jurasz et al., 2020).

Η ιστορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρονολογείται πολύ πριν από την πρόσφατη συνειδητοποίηση και προσπάθεια αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Αυτού του είδους η ενέργεια προέρχεται από φυσικούς πόρους που είναι ανανεώσιμοι και απεριόριστοι, όπως ο ήλιος, το νερό και ο άνεμος. Ωστόσο, σημαντικές παγκόσμιες κρίσεις, όπως το πετρελαϊκό εμπάργκο του 1973, η ιρανική επανάσταση του 1979 και ο πόλεμος του Περσικού Κόλπου, είχαν καθοριστική επίδραση.

Προς τα τέλη του 20ου αιώνα, στο πλαίσιο αυξανόμενης κοινωνικής ανησυχίας λόγω των πολιτικών γεγονότων, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποκτούν μεγαλύτερη σημασία. Οι κρίσεις της δεκαετίας του '70 είχαν οδηγήσει σε μια βαθιά κατανόηση των περιβαλλοντικών προκλήσεων μέχρι τη δεκαετία του '80. Στην παρούσα εποχή, ζητήματα όπως τα ραδιενεργά απόβλητα, η όξινη βροχή και η παγκόσμια υπερθέρμανση παραμένουν στο επίκεντρο, αποτελώντας κεντρικά θέματα στον τομέα

της ενεργειακής ασφάλειας. Σύμφωνα με τους York & Bell (2019), οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση αυτών των θεμάτων.

Η ιστορική αναδρομή υποδεικνύει ότι η ενσωμάτωση νέων ενεργειακών πόρων στο διεθνές ενεργειακό σύστημα δεν έχει ποτέ καταφέρει να μειώσει διαρκώς την εξάρτηση από τις ήδη καθιερωμένες ενεργειακές πηγές. Κατά συνέπεια, η ορολογία «ενεργειακή μετάβαση» σχετικά με την εισαγωγή ανανεώσιμων ενεργειών μπορεί να είναι παραπλανητική, ενδεχομένως να δημιουργεί μια παραποιημένη εντύπωση ότι οι εκπομπές CO₂ θα μειωθούν δραματικά και αμέσως, εμποδίζοντας την πραγματική πρόοδο στην αποδέσμευση από τα ορυκτά καύσιμα. Παρά την προηγούμενη αισιοδοξία για μείωση της κατανάλωσης και των εκπομπών CO₂ κατά την περίοδο 2014-2016, το 2017 παρατηρήθηκε μια επανεμφάνιση του κατεστημένου, με τις εκπομπές CO₂ να αυξάνονται κατά 1,6% και την κατανάλωση ενέργειας κατά 1% (Dudley, 2018).

Μια εκτεταμένη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το 1960 έως το 2009, περιελάμβανε ανάλυση δεδομένων από αρκετές χώρες παγκοσμίως (York & Bell, 2019). Τα αποτελέσματα της έρευνας, μετά από την προσαρμογή για οικονομικές και δημογραφικές μεταβλητές, κατέδειξαν ότι η αύξηση της χρήσης ενέργειας από μη ορυκτά καύσιμα είχε μόνο περιορισμένο αντίκτυπο στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Κάθε μονάδα ορυκτής ενέργειας απαιτούσε αντικατάσταση από τέσσερις έως δεκατρείς μονάδες ενέργειας μη ορυκτών καυσίμων, σύμφωνα με την έρευνα των York και Bell (2019).

Εν αντιθέσει, η μελέτη των Greiner et al. (2018) προσπάθησε να διερευνήσει αν η χρήση φυσικού αερίου μπορεί να περιορίσει την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, εξετάζοντας δεδομένα από το 1960 έως το 2013 από την πλειονότητα των χωρών σε όλο τον κόσμο. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αυξημένη κατανάλωση φυσικού αερίου δεν είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων.

Έχει σημειωθεί από ερευνητές ότι οι πηγές ενέργειας τείνουν να μην έχουν μεγάλο ανταγωνισμό για λόγους για τους οποίους δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι, αν και ένα δυναμικό σχετίζεται με τις οικονομίες της αγοράς. Αντί να έχουν ευαισθησία στη διατήρηση, αυτές οι οικονομίες οδηγούνται από την επιθυμία για κέρδος και ανάπτυξη. Από διάφορες μελέτες, μπορεί να παρατηρηθεί ότι οι νέες πηγές ενέργειας συχνά απλώς στοιβάζονται πάνω από προηγούμενες αντί να τις παρακάμπτουν. Κάποιοι

μπορεί να θεωρήσουν ενδιαφέρον ότι η εισαγωγή νέων πηγών ενέργειας θα μπορούσε ακόμη και να συμβάλει στην κατανάλωση πρόσθετων πόρων, ακόμη και εκτός του ενεργειακού τομέα (York & Bell, 2019).

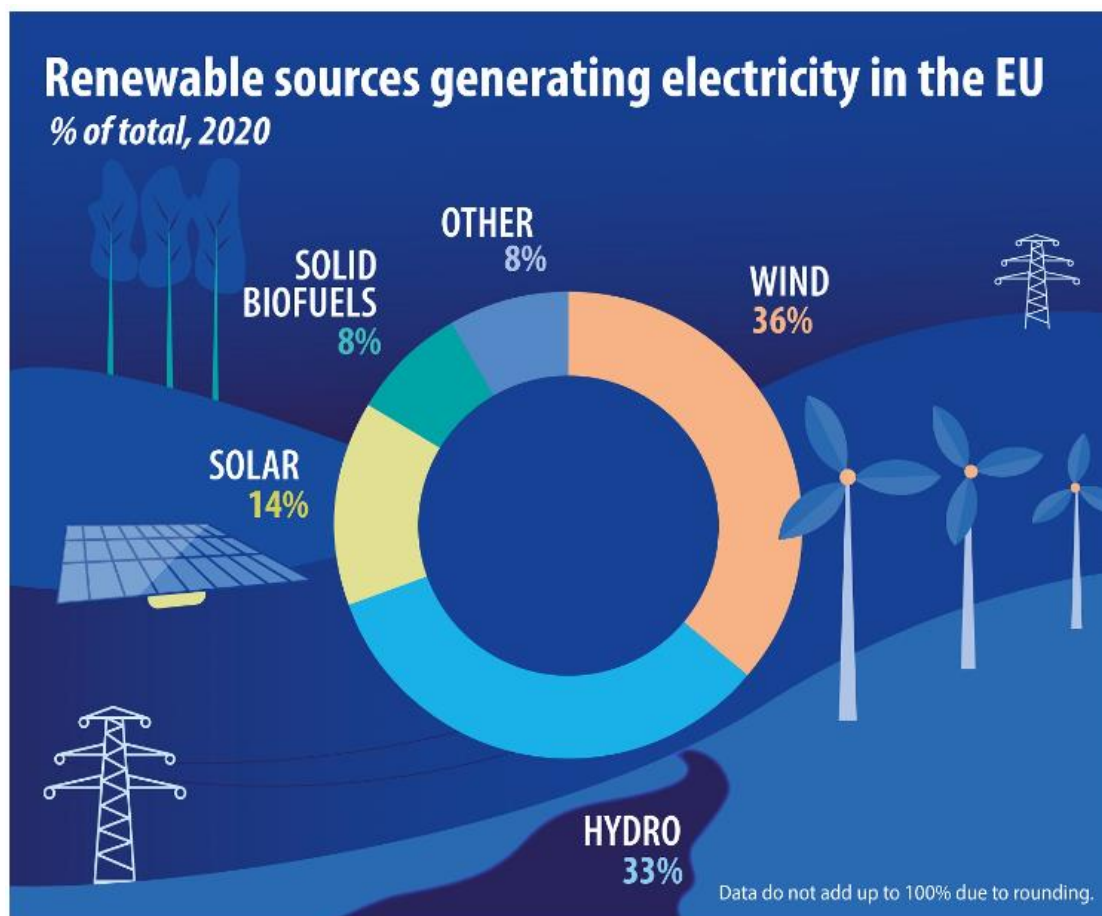
Με την άφιξη της παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, η χρήση της βιομάζας ως πηγή ενέργειας κλιμακώθηκε. Εν τω μεταξύ, η εφαρμογή της βιομάζας ως υλικού αυξήθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό λόγω της βοήθειας μηχανημάτων που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα. Οι προηγούμενες ενεργειακές «μεταβάσεις» υπήρξαν μάρτυρες όχι μόνο της προσθήκης φρέσκων πηγών καυσίμων αλλά και της συμβολής νέων πηγών στην επέκταση και πρόοδο των μη καυσίμων χρήσεων των παλαιών πόρων. Είναι ζωτικής σημασίας να καθοριστούν αυτά τα σημεία αναφοράς, καθώς οι χρήσεις χωρίς καύσιμα μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, το πετρέλαιο έχει μια σειρά από περιβαλλοντικά δυσμενείς εφαρμογές χωρίς καύσιμα, όπως η παραγωγή πλαστικών (Kern & Rogge, 2016).

Η επισήμανση μιας κρίσιμης πτυχής ενόψει της επικείμενης παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής θα ήταν να μην επικεντρωθούμε μόνο στην εντολή για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που μπορούν να παράγουν αυξημένη ενέργεια, αλλά και στην ανάγκη αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων για την πρόληψη μιας πιθανής καιρικής καταστροφής. Επί του παρόντος, τα πρώτα βήματα για τη μετάβαση από τα συμβατικά καύσιμα στην ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να είναι στα σπάργανα. Στο πλαίσιο της ιστορικής εξέλιξης, έχει αναδειχθεί ότι χώρες, βιομηχανίες και πληθυσμοί επικεντρώνονταν κυρίως στην εξασφάλιση της ενεργειακής προσφοράς, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τη μείωση της εξάρτησης από συγκεκριμένες ενεργειακές πηγές (York & Bell, 2019).

Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, ένα ευρύ τμήμα της παγκόσμιας κοινότητας έχει πλέον αναγνωρίσει την κλιματική αλλαγή ως μια σημαντική απειλή για την κοινωνική ευημερία. Αυτή η αναγνώριση έχει δημιουργήσει την ανάγκη για άμεση αντίδραση με στόχο τη μείωση της εξάρτησης από μη ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές. Αυτές οι συνθήκες παρουσίασαν μια μοναδική ευκαιρία για μετάβαση από τις μη ανανεώσιμες σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ως εκ τούτου, είναι δυνατόν να παραμείνουμε αισιόδοξοι ότι ένας ενεργειακός μετασχηματισμός βρίσκεται σε εξέλιξη, όπου οι ανανεώσιμες πηγές αναμφίβολα θα αντικαταστήσουν τα ορυκτά καύσιμα (Kern & Rogge, 2016).

Η συμβατική ιστορική τάση μπορεί να επαναλαμβάνεται, με αποτέλεσμα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να συμβάλλουν στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς να αντικαθιστούν άλλες πηγές ενέργειας, και αυτό προκαλεί ανησυχία. Παρόλο που οι εκπομπές άνθρακα μειώθηκαν και η μικρή μείωση της κατανάλωσης άνθρακα από το 2014 έως το 2016 ήταν πολλά υποσχόμενη, τα μακροπρόθεσμα ιστορικά πρότυπα είναι πιο ακριβείς δείκτες των μελλοντικών τάσεων από τα πρόσφατα στοιχεία. Ως αποτέλεσμα, ανάλογα με τη μείωση της κατανάλωσης άνθρακα (και άλλων ορυκτών καυσίμων) και η αύξηση της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να μην είναι σοφό, εκτός εάν οι οργανισμοί προσπαθήσουν να δημιουργήσουν μια ενεργειακή μετάβαση που θα απομακρύνεται από το παρελθόν, διασφαλίζοντας ότι οι νέες πηγές ενέργειας αντικαθιστούν καθιερωμένες αντί να τις συμπληρώνουν (York & Bell, 2019).

1.2 Ευρωπαϊκοί και Εθνικοί Στόχοι για την Ενέργεια και το Περιβάλλον



Εικόνα 1: Ποσοστά ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ΕΕ

(Πηγή: Renewable energy: 37% of EU's electricity. (2022). ESC. <https://www.oke.gr/en/renewable-energy-37-eus-electricity>)

Οι ευρωπαϊκές αρχές έχουν υιοθετήσει πρωτοβουλίες με στόχο την εγγύηση της ενεργειακής σταθερότητας και τον περιορισμό των περιβαλλοντικών συνεπειών της ενεργειακής παραγωγής. Στο επίκεντρο αυτών των προσπαθειών είναι η Ευρωπαϊκή Πολιτική για την Ενέργεια και την Κλιματική Αλλαγή, η οποία επιδιώκει τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 30% σε περίπτωση διεθνούς συμφωνίας ή 20% σε αντίθετη περίπτωση. Ο τελικός αυτής της πολιτικής στόχος είναι η επίτευξη εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που θα είναι τουλάχιστον 50% χαμηλότερες από τα επίπεδα του 1990 έως το 2050, όπως καταγράφεται στη μελέτη Musiał et al., (2021).

Για να επιτευχθεί αυτό, η Ευρωπαϊκή Στρατηγική Πράσινης Συμφωνίας και η Ατζέντα 2030 τέθηκαν ως ευρωπαϊκοί στόχοι για την ενέργεια και το περιβάλλον. Αυτές περιλαμβάνουν την Προσιτή και Καθαρή Ενέργεια (στόχος 7) και την Κλιματική Δράση (στόχος 13) (Tutak et al., 2021). Το ευρωπαϊκό όραμα για την ενέργεια και την κλιματική αλλαγή είναι η αναμόρφωση της κοινωνίας με πιο βιώσιμο, συνεργατικό και δίκαιο τρόπο. Αυτό περιλαμβάνει την εδραίωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα, οι στόχοι για τη μείωση των εκπομπών GHG και το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι δεσμευτικοί (Musiał et al., 2021).

Θα συζητηθούν επίσης ο οδικός χάρτης για μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα έως το 2050, το σχέδιο ενεργειακής απόδοσης του 2011 και οι προτεραιότητες της ΕΕ για τις υποδομές ενεργειακής απόδοσης για το 2020. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει σημαντικούς στόχους με σκοπό την επίτευξη ενεργειακής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Αυτοί συμπεριλαμβάνουν τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 20% από τα επίπεδα του 1990, την αύξηση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στο 20% της συνολικής παραγωγής και την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%, έως το 2020. Στην περίπτωση μιας διεθνούς συμφωνίας, ο στόχος για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου αυξάνεται στο 30% (Musiał et al., 2021).

Με βάση την Οδηγία 2009/28/EK της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει συγκεκριμένους στόχους για την ανάπτυξη της ανανεώσιμης ενέργειας,

τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Συγκεκριμένα, τονίζεται η ανάγκη για αύξηση του μεριδίου της ανανεώσιμης ενέργειας στο 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Ένωσης έως το 2020, καθώς και για μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και αύξηση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% επίσης έως το 2020 (Paiano & Lagioia, 2016). Αυτοί οι στόχοι θεωρούνται ουσιαστικοί για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, της ασφάλειας του εφοδιασμού και της προστασίας του περιβάλλοντος στην Ευρώπη (Kanellakis et al., 2013).

Προωθήθηκε επίσης στη Λευκή Βίβλο του 1995 και του 1997 (Kanellakis et al., 2013), και αναμένεται ότι η ποσότητα ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές που καταναλώνεται στην Ευρώπη θα πρέπει να αυξηθεί από το σημερινό επίπεδο 8,5%-20% έως το 2020. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ενστερνίζεται σε μια στρατηγική περιβαλλοντικής δράσης, προβλέποντας έναν στόχο μείωσης των αερίων θερμοκηπίου κατά 20% μέχρι το 2020 για τις ανεπτυγμένες χώρες. Αυτός ο στόχος μπορεί να επεκταθεί σε 30% στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης διεθνούς συμφωνίας (Musiał et al., 2021). Η εφαρμογή αυτού του εθνικού στόχου αποτελεί ουσιαστική συμβολή στην προσπάθεια της Ευρώπης για την προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και την εξασφάλιση αξιόπιστης ενεργειακής προμήθειας.

Οι στόχοι της βιώσιμης διαχείρισης ενέργειας έχουν τεράστιο αντίκτυπο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο στόχος της 100% μετάβασης στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές δεν θα επιτευχθεί. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη επεκτασιμότητας και στην ακριβή φύση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παρόλο που το ενεργειακό πλαίσιο παγκοσμίως καθορίζεται κυρίως από τα ορυκτά καύσιμα, η σημασία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης και την επίδωξη της ενεργειακής αειφορίας είναι αδιαμφισβήτητη. Οι δημόσιοι φορείς σε εθνικό και διεθνές επίπεδο συνειδητοποιούν ότι η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μίγμα είναι βασική για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων, περιλαμβανομένης της κλιματικής αλλαγής (Musiał et al., 2021).

Αυτή η ενεργειακή μετάβαση απαιτεί εντατικοποίηση των επενδύσεων στις ανανεώσιμες τεχνολογίες και ένα ισορροπημένο μοντέλο συνύπαρξης μεταξύ των

ορυκτών καυσίμων και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Προς αυτήν την κατεύθυνση, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επιδιώξει μια σειρά από πολιτικές πρωτοβουλίες, με σκοπό να καταστήσει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πιο ανταγωνιστικές στην αγορά και να προωθήσει την καινοτομία στον τομέα της καθαρής ενέργειας. Μέρος αυτής της στρατηγικής είναι η δέσμευση της ΕΕ για την παραγωγή τουλάχιστον του 20% της συνολικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές έως το 2020 (Simionescu et al., 2020), ενώ ορισμένα κράτη μέλη επιδιώκουν ακόμα πιο φιλόδοξους στόχους (Musiał et al., 2021). Επιπλέον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επηρεάζονται από τη σχέση μεταξύ ενεργειακών και περιβαλλοντικών φόρων, οι οποίοι καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό σε εθνικό επίπεδο (Simionescu et al., 2020).

Επιπλέον, υπονοείται η ανάγκη επένδυσης σε μια ενεργειακή υποδομή που παράγει ενέργεια από φιλικές προς το περιβάλλον πηγές. Αυτό απαιτεί μια στροφή από τους συμβατικούς πόρους προς τις πηγές ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα, κάτι που προσφέρει ελπίδα για έναν πράσινο μετασχηματισμό όσον αφορά την ενέργεια. Οι διαφορές στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μεταξύ των κρατών μελών της ΕΕ ήταν και εξακολουθούν να είναι πολύ μεγάλες (Musiał et al., 2021). Ως εκ τούτου, είναι αναπόφευκτη η αναγκαιότητα για την επανεξέταση και αναθεώρηση των στρατηγικών από τα κράτη μέλη με μετρίες επιδόσεις, προκειμένου να καταφέρουν να συμμορφωθούν με τους εθνικούς στόχους που έχουν θεσπίσει. Αναμένεται ότι το 2020 θα υπάρξει αύξηση της αναλογίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική κατανάλωση, σε σχέση με το 2017 (Simionescu et al., 2020).

Επιπρόσθετα, για την κατάκτηση της επιθυμητής προόδου στον τομέα της ανανεώσιμης ενέργειας, απαιτούνται περαιτέρω μέτρα (Simionescu et al., 2020). Οι πανευρωπαϊκοί στόχοι, οι οποίοι προάγουν την ανάπτυξη του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών στην πρωτογενή παραγωγή ενέργειας, στην παραγωγή ηλεκτρισμού και στα ανανεώσιμα καύσιμα (Musiał et al., 2021), εφαρμόζονται επιτυχώς από αρκετά κράτη μέλη πριν από το έτος 2020. Η αναλογία της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αντανάκλαται από το μερίδιο αυτών των πηγών στην συνολική εσωτερική κατανάλωση ενέργειας (Simionescu et al., 2020). Εν τέλει, η ενισχυμένη εξάρτηση από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εγγυάται την ενεργειακή ασφάλεια, διαφοροποιεί τον εφοδιασμό με ενέργεια και διατηρεί και ενισχύει το περιβαλλοντικό σύστημα και την ποιότητα ζωής των τοπικών κοινοτήτων (Musiał et al., 2021).

1.3 Σημασία και πλεονεκτήματα των ΑΠΕ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γίνονται ολοένα και πιο σημαντικές για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής καθώς δεν προκαλούν άμεση ρύπανση και στερούνται εκπομπών άνθρακα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σαφές στην περίπτωση της αιολικής ενέργειας, η οποία έχει τη δυνατότητα να συνεισφέρει στη μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών CO₂, εξαλείφοντας την εξάρτηση από τους ορυκτούς πόρους. Με την ενίσχυση των συντελεστών αποδοτικότητας της ανανεώσιμης ενέργειας, είναι εφικτή η περαιτέρω μείωση των εκπομπών CO₂. Για παράδειγμα, αν το ποσοστό της ανανεώσιμης ενέργειας αυξηθεί κατά 1%, το μέσο κόστος μείωσης των εκπομπών CO₂ μπορεί να μειωθεί κατά 5,56 RMB (Liang et al., 2019).

Αυτή η προοπτική ενισχύεται περαιτέρω από την πολιτική βούληση για αύξηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προκειμένου να αντιμετωπίσει την αυξανόμενη ανησυχία για την κλιματική αλλαγή που προκαλείται από τις εκπομπές CO₂ (Stram, 2016). Για παράδειγμα, η ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές μπορεί να μειώσει 35,8 δισεκατομμύρια τόνους CO₂ έως το 2050 (Liang et al., 2019). Οι τεχνολογίες συμπυκνωμένης ηλιακής ενέργειας (CSP), με αποτελεσματικά και οικονομικά αποδοτικά συστήματα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας (TES) που διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο, θεωρούνται ως ένας από τους πιο υποσχόμενους τρόπους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τις επόμενες δεκαετίες (Stram, 2016). Έτσι, η αυξημένη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την πάροδο του χρόνου μπορεί να συμβάλει στην εξασφάλιση βιώσιμου ενεργειακού εφοδιασμού για την ικανοποίηση μελλοντικών ενεργειακών αναγκών (Razmjoo et al., 2021) και να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών άνθρακα (Adams & Nsiah, 2019; Razmjoo et al., 2021).

Το ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας αυξάνεται σταδιακά, με τόσο κυβερνητικές όσο και επιχειρηματικές οντότητες να επιδιώκουν την υιοθέτησή τους, ως μέσο για την μείωση των ανθρωπογενών εκπομπών και την ενίσχυση της ατμοσφαιρικής ποιότητας. Οι τεχνολογίες που αντλούν ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, όπως οι ηλιακές και αιολικές εγκαταστάσεις, παρουσιάζουν τη δυνατότητα να αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές, βασισμένες στα ορυκτά καύσιμα, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλοντας στην ανακούφιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Peng et al., 2021). Αυτή η απομάκρυνση του άνθρακα από την παραγωγή

ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών και την ενίσχυση της ατμοσφαιρικής ποιότητας (Ellabban et al., 2014). Πέρα από αυτό, η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να εφαρμοστεί επίσης σε κτίρια και γεωργικά θερμοκήπια, μειώνοντας έτσι την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα (Peng et al., 2021).

Τύπος πηγής ενέργειας	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Υδροηλεκτρική	Υπάρχουν ελάχιστες προκλήσεις που εντοπίζονται σε σχέση με την συντήρηση και την λειτουργία των ενεργειακών εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής	<ul style="list-style-type: none"> • Εξάρτηση από τις βροχοπτώσεις • Ανάγκη μεγάλων εκτάσεων για δεξαμενές • Καταστροφή φυσικών οικοτόπων • Τοπικές κλιματικές αλλαγές
Βιομάζα	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγάλο δυναμικό σε ορισμένες περιοχές • Χρήση αποβλήτων και λυμάτων • Χρήση γης και καλλιέργεια 	<ul style="list-style-type: none"> • Ανάγκη καλλιέργειας φυτών • Υψηλό κόστος μεγάλη έκταση που απαιτείται • Καύση – παραγωγή επικίνδυνων ουσιών
Αιολική ενέργεια	Καθαρή ανανεώσιμη πηγή ενέργειας	<ul style="list-style-type: none"> • Υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης. • Οι ανεμογεννήτριες

		καταλαμβάνουν χώρο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη γεωργία
Γεωθερμική ενέργεια	Καθαρή πηγή ενέργειας	<ul style="list-style-type: none"> • Ακριβά συστήματα, δύσκολη συντήρηση του εξοπλισμού. • Οι απαιτούμενοι τύποι πετρωμάτων βρίσκονται σε λίγα μέρη σε όλο τον κόσμο
Ηλιακή ενέργεια	Τα ηλιακά πάνελ δεν απαιτούν συντήρηση και είναι αξιόπιστα	Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα κατασκευάζονται με τοξική ουσία

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

(Πηγή: Ireneusz Miciuła & Paweł Stepień, 2019 (επεξεργασμένο))

Στο κινεζικό πλαίσιο, το πλαίσιο της προώθησης των οχημάτων με εναλλακτικές μορφές ενέργειας (AEV), αναδεικνύεται ως ιδιαίτερα επωφελές όταν συνδυάζεται με μια στρατηγική για την αποκαρβόνωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η εκτενής επιδίωξη αυτών των δύο στόχων αποτελεί μέσο αποφυγής των επιπτώσεων που έχουν τα αέρια του θερμοκηπίου και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, που προκύπτουν τόσο από την καύση καυσίμων των οχημάτων, όσο και από τις εργασίες των εργοστασίων παραγωγής ενέργειας. Η στροφή προς την υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη διαφύλαξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων μας, μειώνοντας τις εκπομπές τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Η υιοθέτηση αυτή, επομένως, έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει τις περιβαλλοντικές συνθήκες, μειώνοντας την ατμοσφαιρική ρύπανση και τα αέρια θερμοκηπίου, καθώς προχωρά στην αντικατάσταση των παραδοσιακών καυσίμων με

ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Peng et al., 2021). Με αυτόν τον τρόπο, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να επιφέρει πολλαπλά οφέλη για την ποιότητα του αέρα.

1.3.1 Οφέλη για τις τοπικές οικονομίες και κοινότητες.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν πολλά να προσφέρουν στις τοπικές οικονομίες και κοινότητες. Τέτοιες πηγές μπορούν να προσφέρουν τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά οφέλη, όπως η μείωση των εκπομπών CO₂ και η βελτίωση της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, η μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να επιφέρει σημαντικές, τοπικές οικονομικές και περιβαλλοντικές αλλαγές (Aitken, 2010). Επιπλέον, μπορούν να συμβάλουν στην αγροτική ανάπτυξη μέσω συνεργειών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Clausen & Rudolph, 2020) και να προωθήσουν την τοπική ανάπτυξη (Delicado et al., 2016).

Επιπλέον, μπορούν να ωφελήσουν τις τοπικές οικονομίες και κοινότητες μέσω της δημιουργίας θέσεων εργασίας και της τόνωσης της οικονομικής ανάπτυξης (Aitken, 2010). Κατά συνέπεια, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένο εισόδημα και βελτιωμένη ποιότητα ζωής (Delicado et al., 2016). Οι οικονομικές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προγραμματισμό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε απομακρυσμένες κοινότητες (Aitken, 2010) και η εστίαση στις ανανεώσιμες πηγές μπορεί να αποφέρει μια σειρά από οικονομικά αποτελέσματα (Reddy et al., 2006).

Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας μπορεί επίσης να προσφέρει ευκαιρίες αγροτικής οικονομικής ανάπτυξης (Munday et al., 2011). Αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει τον αντίκτυπο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε μακροοικονομικές μεταβλητές, όπως η οικονομική ανάπτυξη, η απασχόληση και η τοπική βιωσιμότητα (Reddy et al., 2006). Ταυτόχρονα, είναι απαραίτητο να εξεταστούν οι τοπικές οικονομικές και περιβαλλοντικές ανταλλαγές που σχετίζονται με έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Munday et al., 2011). Οι αντιλήψεις της Κοινότητας διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην επιτυχία των έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Delicado et al., 2016). Επιπλέον, η επανεπένδυση εσόδων από την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για κοινωνικούς σκοπούς μπορεί να έχει σημαντικά κοινωνικοοικονομικά οφέλη, όπως η δημιουργία πρόσθετης απασχόλησης και αντίκτυπου στο εισόδημα σε σύγκριση με τον αντίκτυπο της παραγωγής αιολικής ενέργειας (Munday et al., 2011).

Η κοινοτική αιολική ενέργεια προσφέρει έναν τρόπο δημιουργίας πόρων για σκοπούς τοπικής ανάπτυξης, όπως κοινοτικές επιχειρήσεις, κοινωνικές υπηρεσίες και υποδομές και επικοινωνίες (Munday et al., 2011). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν μεγάλες δυνατότητες να συμβάλουν στη βιώσιμη ανάπτυξη συγκεκριμένων περιοχών και η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι κοινότητες που ζουν σε στενή γειτνίαση με δομές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αντιμετωπίζουν τα οφέλη και τα μειονεκτήματά τους, μπορεί να δημιουργήσει σχετικές εισροές για την προσαρμογή των διαδικασιών σχεδιασμού, την επινόηση σχεδίων κινήτρων, αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων και διασφάλιση περιβαλλοντικής και κοινωνικής δικαιοσύνης (Delicado et al., 2016).

Οι καταναλωτές είναι επίσης πρόθυμοι να πληρώσουν επιπλέον για την πράσινη ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μπορεί να υποστηρίξει περαιτέρω την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να συμβάλει στις τοπικές οικονομίες και κοινότητες (Aitken, 2010). Εν ολίγοις, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να ωφελήσουν τις τοπικές οικονομίες και κοινότητες παρέχοντας κίνητρα και προσαρμόζοντας τις διαδικασίες σχεδιασμού για την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων (Delicado et al., 2016).

Κεφάλαιο 2°. Αιολική Ενέργεια

2.1 Πώς εξελίχθηκε η αιολική ενέργεια με την πάροδο του χρόνου.

Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται εδώ και χιλιάδες χρόνια, αλλά μόνο τα τελευταία τριάντα χρόνια η εκμετάλλευσή της έχει ληφθεί σοβαρά υπόψη. Η πρόοδος που σημειώθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο έχει θέσει ως στόχο να φτάσει τα 1000 GW αιολικής ενέργειας έως το 2030 (Kaldellis & Zafirakis, 2011). Αυτό οφείλεται στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού και σε περιβαλλοντικά ζητήματα και έχει υποστηριχθεί από τις αυξημένες επενδύσεις στην τεχνολογία αιολικής ενέργειας, καθώς και από βελτιώσεις στην απόδοση και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας του στροβίλου (Johansen, 2021). Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χρονολογείται πριν από πέντε χιλιάδες χρόνια (Kaldellis & Zafirakis, 2011), με τις πρώτες ανεμογεννήτριες που σχεδιάστηκαν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια να κατασκευάζονται στη Δανία στα τέλη του 1800 (Johansen, 2021).

Η Δανία ήταν η πρώτη χώρα που δημιούργησε ένα πρόγραμμα με την υποστήριξη της κυβέρνησης για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας και χρησιμοποιεί την αιολική ενέργεια για αιώνες για την άλεση σιτηρών (Johansen, 2021). Με τον τίτλο του μεγαλύτερου παγκόσμιου παραγωγού αιολικής ενέργειας, η Κίνα έχει αποδείξει μια εμφανή προσήλωση στην εξερεύνηση της ανανεώσιμης ενέργειας, ιδιαίτερα της αιολικής ενέργειας (Dai et al., 2018). Η τεχνολογία των παρελκομένων ανεμογεννητριών (VAWT) υπήρξε μέρος του τεχνολογικού σύμπαντος από τη δεκαετία του 1930, αλλά η πρόοδος στην εν λόγω τεχνολογία παρέμεινε ελάχιστη κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, λόγω της επικράτησης των ανεμογεννητριών με οριζόντιο άξονα (HAWT) στην αγορά της αιολικής ενέργειας. Παρά την κυριαρχία των HAWT, οι τελευταίες καινοτομίες στην τεχνολογία των πλωτών VAWT, καθώς και οι προσπάθειες για την εμπορικοποίησή τους, έχουν καταγραφεί (Hand & Cashman, 2020). Αυτές οι προσπάθειες ενδέχεται να παράσχουν σημαντικές πληροφορίες και διδάγματα για άλλες χώρες που επιδιώκουν ενεργειακές μεταβάσεις προς χαμηλότερες εκπομπές άνθρακα (Johansen, 2021).

Πρόκειται για μια διαδικασία στην οποία η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, αποτελώντας έτσι την αιολική ενέργεια έναν απαραίτητο

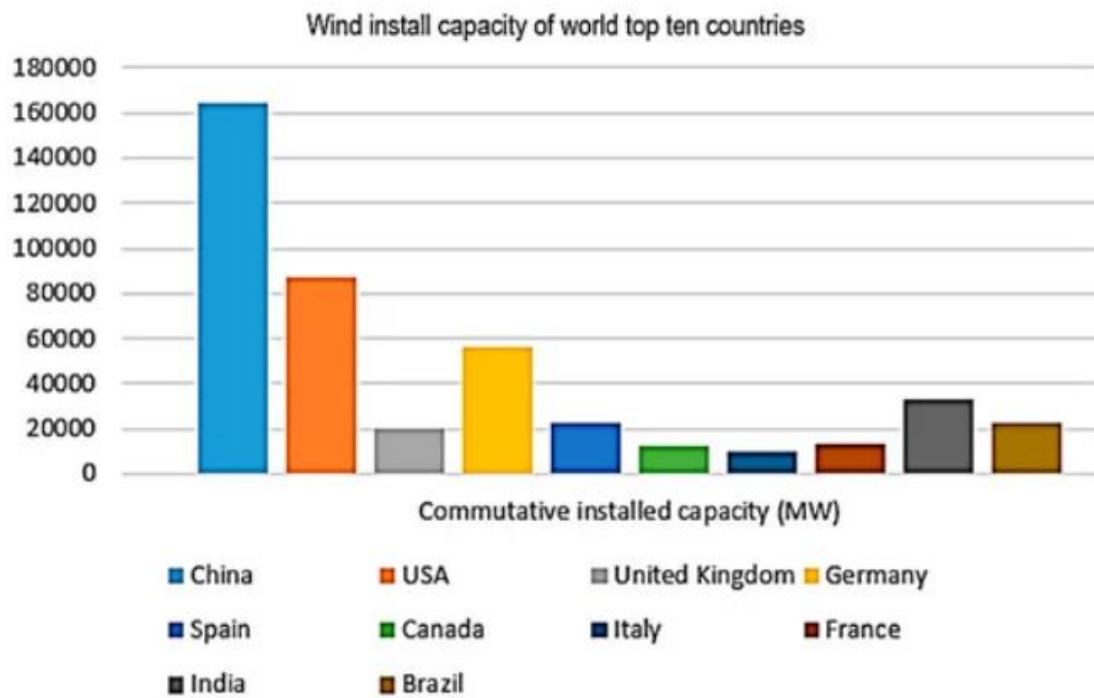
παράγοντα της ανανεώσιμης ενέργειας. Αυτή η ενέργεια, γνωστή ως κινητική ενέργεια ανέμου, παράγεται από το συστατικό ξηρού αέρα της ατμόσφαιρας που λειτουργεί ως θερμική μηχανή. Αυτή η διαδικασία απορρόφησης θερμότητας σε υψηλότερες θερμοκρασίες και απελευθέρωσης θερμότητας σε χαμηλότερες θερμοκρασίες έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αιολικής κινητικής ενέργειας, με το ρυθμό παραγωγής να είναι $2,46 \text{ W/m}^2$ (Huang & McElroy, 2015).

Αυτή η ενέργεια βοηθά στη διατήρηση της κυκλοφορίας του αέρα και μπορεί να συλληφθεί μέσω ανεμογεννητριών και να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία κατοικιών, επιχειρήσεων και άλλων εγκαταστάσεων. Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες, με την πρώτη καταγεγραμμένη χρήση της να χρονολογείται από τον 12ο αιώνα στην Περσία. Παρά τη μακρά ιστορία της, η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας ως κύριας πηγής ενέργειας ήταν σχετικά πρόσφατη, με τις πρώτες σύγχρονες ανεμογεννήτριες να αναπτύχθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Έκτοτε, η τεχνολογία έχει προχωρήσει σημαντικά, επιτρέποντας την παραγωγή μεγαλύτερων και πιο αποδοτικών ανεμογεννητριών. Αυτό οδήγησε σε αύξηση της χρήσης αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Δανία, η οποία έχει γίνει ένας από τους κορυφαίους παραγωγούς αιολικής ενέργειας στον κόσμο (Huang & McElroy, 2015).

Αυτή η ενέργεια έχει χρησιμοποιηθεί για χιλιάδες χρόνια για την άντληση νερού, την ώθηση πλοίων και τα ελαιοτριβεία. Επιπλέον, οι Πέρσες χρησιμοποίησαν ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα (VAWT) κατά το 700 π.Χ., και οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν ανεμόμυλους για άντληση νερού ήδη από το 5000 π.Χ. . Στις αρχές του 12ου αιώνα, οι ανεμόμυλοι χρησιμοποιούνταν στο δυτικό κόσμο. Τις τελευταίες 3-4 δεκαετίες, η χωρητικότητα των ανεμογεννητριών έχει αυξηθεί κατά 30-40 φορές, με τις σύγχρονες ανεμογεννήτριες να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή καθαρού ηλεκτρισμού για διάφορες χρήσεις (Sahin, 2004).

Στην Ευρώπη, η αιολική ενέργεια έχει επεκταθεί σε βιομηχανική χρήση την τελευταία δεκαετία, και με την επιτυχία της αιολικής ενέργειας στη Γερμανία, τη Δανία και την Ισπανία, άλλες χώρες ενθαρρύνθηκαν να κάνουν το ίδιο. Αυτό έχει επιτραπεί από τη σημαντική πρόοδο που σημειώθηκε στην τεχνολογία των ανεμογεννητριών, η οποία μπορεί να περιγραφεί ως μια συνεχής αλυσίδα σταδιακών προόδων. Με την

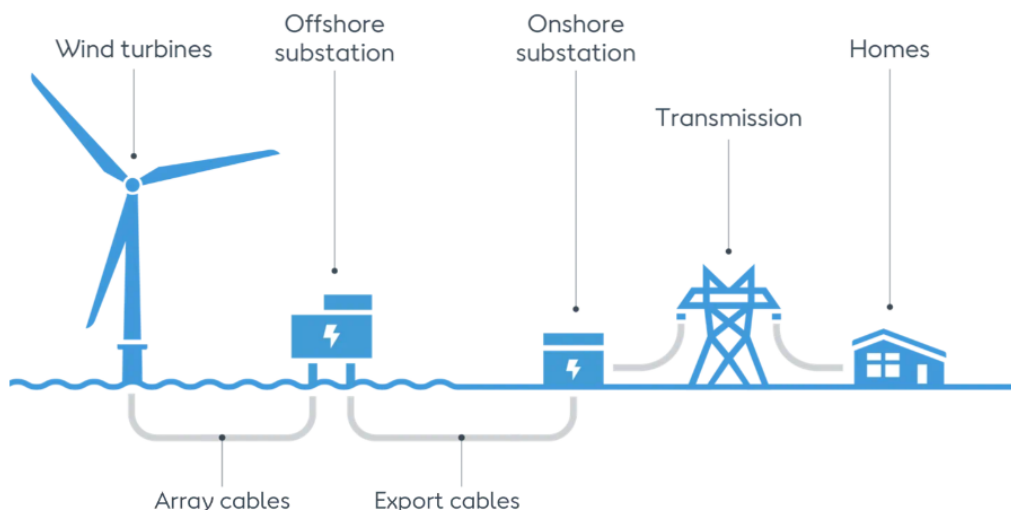
αυξανόμενη σημασία των περιβαλλοντικών προβλημάτων, η παραγωγή καθαρής ενέργειας καθίσταται απαραίτητη σε όλες τις πτυχές της κατανάλωσης ενέργειας και, ως εκ τούτου, υπάρχουν πολλές επιστημονικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί για την περαιτέρω διερεύνηση του θέματος. Ως εκ τούτου, η αιολική ενέργεια έχει αποδειχθεί επιτυχημένη και η χρήση της αυξάνεται συνεχώς (Sahin, 2004).



Διάγραμμα 1: 10 κορυφαίες χώρες για την εγκατεστημένη ισχύ αιολικής ενέργειας το 2018

(Πηγή: Nazir et al., 2020)

2.2 Onshore και Offshore (χερσαία και υπεράκτια) αιολική ενέργεια



Εικόνα 2: Onshore και Offshore αιολική ενέργεια

(Πηγή: How do offshore wind turbines work? (2021). Oceanwindone.com.

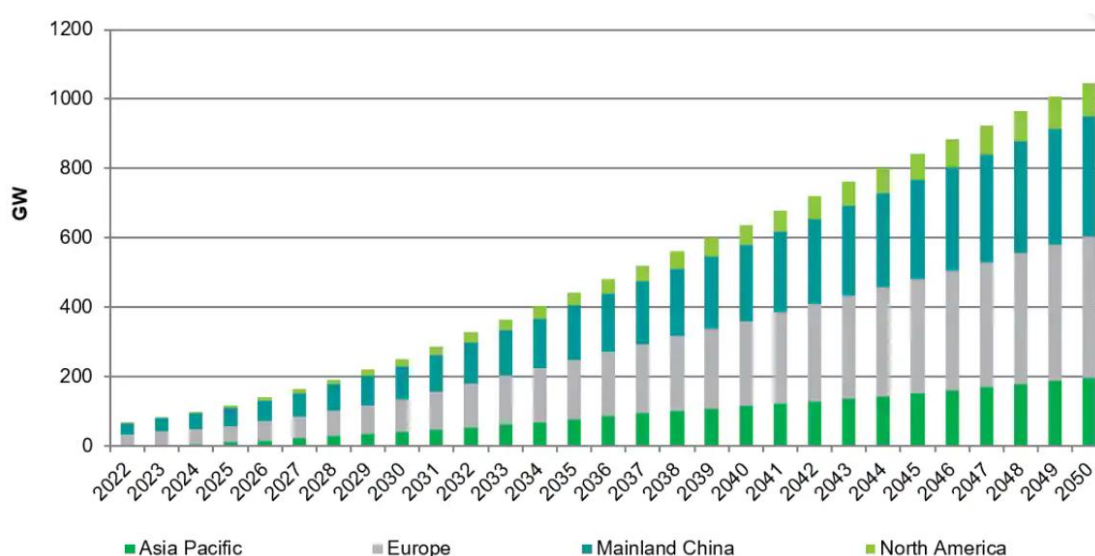
<https://oceanwindone.com/resources-and-faqs/what-is-offshore-wind-power/how-do-offshore-wind-turbines-work>)

Οι χερσαίες και οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες διαφέρουν ως προς τη θέση τους, την παραγωγή ενέργειας, το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης και την ένταση εκπομπών GHG του κύκλου ζωής τους. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι μεγαλύτερα από τα χερσαία αιολικά πάρκα και επομένως είναι σε θέση να παράγουν περισσότερη ενέργεια ανά εγκατεστημένο MW. Από την άλλη πλευρά, οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες έχουν υψηλότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης σε σύγκριση με τις χερσαίες ανεμογεννήτριες. Επιπλέον, οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες έχουν υψηλότερες ταχύτητες ανέμου και επομένως παράγουν περισσότερη ενέργεια από τις ανεμογεννήτριες στην ξηρά (Wang et al., 2019).

Η υπεράκτια αιολική παραγωγή θεωρείται λιγότερο ανεπτυγμένη και πιο πρόσφατη από την παραγωγή αιολικής ενέργειας στην ξηρά. Η επίδραση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στις τιμές των ακινήτων δεν έχει μελετηθεί ποτέ στο παρελθόν και ο

εντοπισμός της επίδρασης από υπεράκτιες τουρμπίνες μπορεί να είναι δύσκολος. Οι χερσαίες και υπεράκτιες ανεμογεννήτριες παράγουν πυκνότητες ισχύος μέσω διαφορετικών μεθόδων. Η χερσαία αιολική βιομηχανία έχει σημειώσει σημαντική ανάπτυξη από την αλλαγή του 21ου αιώνα λόγω της πτώσης του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τον άνεμο. Επιπλέον, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα εκμεταλλεύονται τους ισχυρότερους και πιο σταθερούς ανέμους και τη σχετική έλλειψη συγκρούσεων ιδιοκτητών γης (Wang et al., 2019).

Τα πρότυπα ανάπτυξης στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ είναι αρκετά διαφορετικά, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει τη βιωσιμότητα του κλάδου στις ΗΠΑ (Wang et al., 2019). Επιπλέον, οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες έχουν μεγαλύτερες εκπομπές GHG κατά τον κύκλο ζωής τους από τις χερσαίες ανεμογεννήτριες λόγω της πλωτής πλατφόρμας που είναι στερεωμένη στη θάλασσα. Παρόλα αυτά, τόσο οι χερσαίες όσο και οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες έχουν πολύ μικρότερη ένταση εκπομπών GHG κατά τον κύκλο ζωής τους από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με άνθρακα (Jensen et al., 2018).



Διάγραμμα 2: Προοπτικές παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος υπεράκτιας αιολικής ενέργειας κατά 2050

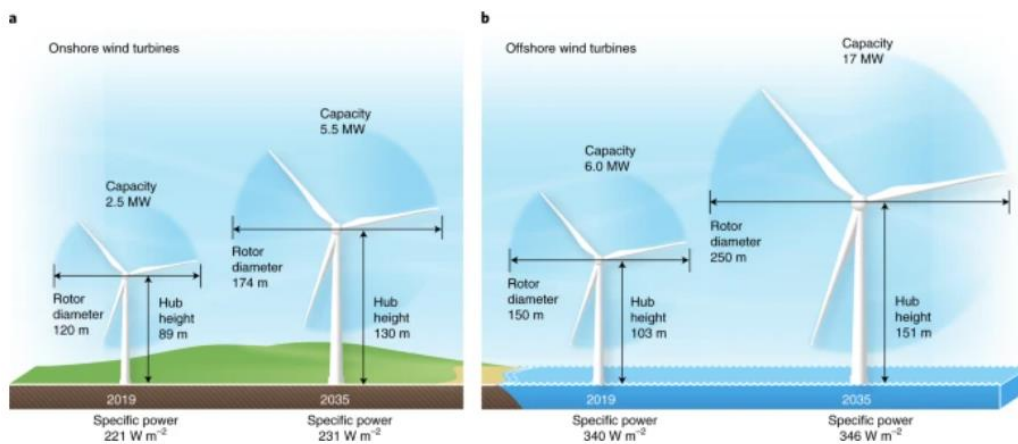
(Πηγή: Shliomenzon, Y. (2022). *Mapping policy and legal framework for the offshore wind energy development*. S&P Global; IHS Markit. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/policy-and-legal-framework-for-the-offshore-wind-energy.html>)

2.2.1 Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χερσαίας και υπεράκτιας αιολικής ενέργειας

Οι χερσαίες και υπεράκτιες τεχνολογίες αιολικής ενέργειας έχουν αναπτυχθεί για να μειώσουν την εξάρτηση του ανθρώπου από τα ορυκτά καύσιμα, με την υπεράκτια αιολική ενέργεια να έχει τη δυνατότητα να παράγει περισσότερη ενέργεια από τους χερσαίους στρόβιλους. Ωστόσο, η εγκατάσταση υπεράκτιων ανεμογεννητριών έχει μεγαλύτερο οπτικό αντίκτυπο από τις χερσαίες ανεμογεννήτριες και είναι επίσης πιο δαπανηρή η εγκατάσταση και η συντήρηση. Από την άλλη πλευρά, οι υπεράκτιες τουρμπίνες είναι λιγότερο θορυβώδεις από τις χερσαίες ανεμογεννήτριες γεγονός που τις καθιστά πιο επιθυμητή επιλογή για τους κοντινούς κατοίκους (Bilgili et al., 2011).

Παρά τα πιθανά οφέλη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, όπως οι τοπικές επενδύσεις, η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, η δημιουργία θέσεων εργασίας, η ποιότητα του αέρα και η φθηνότερη ηλεκτρική ενέργεια, οι δημόσιες απαντήσεις στη μελέτη υπεράκτιων αιολικών πάρκων Cape Cod έδειξαν ότι λιγότεροι ερωτηθέντες πίστευαν ότι θα υπήρχαν πλεονεκτήματα παρά μειονεκτήματα. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι υπήρξαν πολλές συγκρούσεις και καθυστερήσεις στην εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Αγγλία, την Ουαλία, τη Σκωτία και τη Βόρεια Ιρλανδία (Haggett, 2011).

Η χρήση της μετάδοσης HVDC για ενσωμάτωση με χερσαία δίκτυα είναι ελκυστική σε σύγκριση με τα συστήματα μετάδοσης HVAC, ωστόσο, δεν υπάρχει άμεση σύγκριση ή συζήτηση για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα μεταξύ χερσαίας και υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Τα ερευνητικά στοιχεία από την εφαρμογή του χερσαίου ανέμου είναι καλά τεκμηριωμένα, αλλά το ίδιο ισχύει και για τον υπεράκτιο άνεμο. Η δημόσια αποδοχή της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την απόφαση για την ανάπτυξη αιολικής ενέργειας στην ξηρά ή στην υπεράκτια, και η κατανόηση των αιτιών της φωνητικής αντίθεσης προς την υπεράκτια αιολική ενέργεια είναι σημαντική για πρακτικούς και ηθικούς λόγους. Ως εκ τούτου, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι επαγγελματίες της αιολικής ενέργειας πρέπει να λάβουν υπόψη τις δημόσιες αντιδράσεις έναντι της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας (Haggett, 2011).



Εικόνα 3: Αναμενόμενο μέγεθος ανεμογεννητριών το 2035 για χερσαία και υπεράκτια αιολική ενέργεια, σε σύγκριση με τη διάμεση τιμή του 2019.

(Πηγή: Wisser et al., 2021)

2.2.2 Απαιτήσεις εγκατάστασης, σύνδεσης και συντήρησης για την χερσαία και την υπεράκτια αιολική ενέργεια.

Η χερσαία αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες και είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μορφή αιολικής ενέργειας σήμερα. Η εγκατάσταση και η συντήρηση είναι σχετικά φθηνή και έχει υποβληθεί σε κυβερνητικά κίνητρα για την υιοθέτησή του σε πολλές χώρες. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια, ωστόσο, είναι μια πιο πρόσφατη εξέλιξη και έχει δει μια ταχεία απορρόφηση τα τελευταία χρόνια. Αν και πιο ακριβή στην εγκατάσταση, η υπεράκτια αιολική ενέργεια έχει το πλεονέκτημα των υψηλότερων και σταθερότερων ταχυτήτων ανέμου σε σύγκριση με την ξηρά (Kaldellis & Kapsali, 2013), με αποτέλεσμα μεγαλύτερο δυναμικό πόρων και υψηλότερη ενεργειακή απόδοση.

Παρά τα πλεονεκτήματά του, το κόστος εγκατάστασης, σύνδεσης και συντήρησης των υπεράκτιων ανεμογεννητριών είναι σημαντικά υψηλότερο από αυτό των χερσαίων, γεγονός που αντισταθμίζει την υψηλότερη ειδική υπεράκτια παραγωγή ενέργειας και καθιστά τις οικονομικές προοπτικές χρήσης υπεράκτιας αιολικής ενέργειας όχι απαραίτητα καλύτερες από τις χερσαίες. Ως αποτέλεσμα, οι απαιτήσεις εγκατάστασης,

σύνδεσης και συντήρησης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας είναι σημαντικός παράγοντας κατά τον προσδιορισμό της σκοπιμότητας ενός έργου.

2.2.3 Τεχνικές θεμελίωσης που χρησιμοποιούνται σε υπεράκτια αιολικά πάρκα.

Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι το επόμενο βήμα στην ανάπτυξη της τεχνολογίας αιολικής ενέργειας. Αυτά τα αιολικά πάρκα βρίσκονται στη θάλασσα και χρησιμοποιούν διάφορες τεχνολογίες για την κατασκευή και λειτουργία τους (Díaz & Guedes Soares, 2020). Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση υπεράκτιων ανεμογεννητριών (Guo et al., 2022). Η πλωτή υπεράκτια αιολική ενέργεια είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία στην υπεράκτια αιολική βιομηχανία (Sun et al., 2012). Χρησιμοποιήθηκε μια μέθοδος αξιολόγησης κύκλου ζωής (LCA) για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός πλωτού αιολικού πάρκου με 100 ανεμογεννήτριες ισχύος 6,7 MW χρησιμοποιώντας την κινεζική βάση δεδομένων του βασικού κύκλου ζωής. Η χαλυβουργία είναι ένας κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις του αιολικού πάρκου (Sun et al., 2012).

Η μετάδοση συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης (HVDC) χρησιμοποιείται για την ενοποίηση μεγάλης κλίμακας υπεράκτιων αιολικών πάρκων με χερσαίο δίκτυο. Το άρθρο δεν αναφέρει καμία άλλη συγκεκριμένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε υπεράκτια αιολικά πάρκα. Απαιτείται ισχυρή υπεράκτια τεχνολογία για τη διασφάλιση της ασφάλειας, της αξιοπιστίας και της επιβίωσης των υπεράκτιων σταθμών αιολικής ενέργειας. Οι υπεράκτιες αιολικές τεχνολογίες βασίζονται στην τεχνολογία χερσαίων ανέμων (Sun et al., 2012).

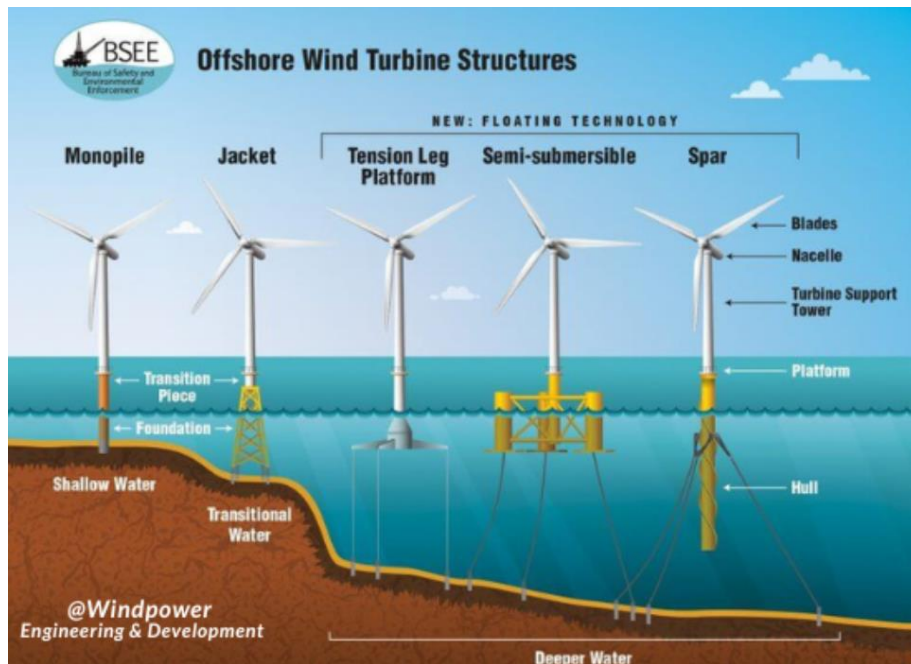
Προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφαλής και αποτελεσματική λειτουργία και συντήρηση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, πρέπει να διεξάγονται διαδικασίες μεταφοράς, συντήρησης και ελέγχου. Το προσωπικό συντήρησης πρέπει να ταξιδεύει μεταξύ του υπεράκτιου αιολικού πεδίου και της ξηράς για αποτελεσματικές λειτουργίες και συντήρηση. Καθώς το προσωπικό επιβιβάζεται στην πλατφόρμα της ανεμογεννήτριας στη θάλασσα, κίνδυνοι για την ασφάλεια όπως ηλεκτροπληξία, πτώση από ψηλά σημεία, πτώση προσωπικού στο νερό και ζημιά στον εξοπλισμό είναι αναπόφευκτοι (Wang et al., 2022). Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων, οι

ερευνητές έχουν προτείνει ένα σχήμα ταξινόμησης τριών κλιμακίων στρατηγικής, τακτικής και επιχειρησιακής λήψης αποφάσεων (Shafiee, 2015).

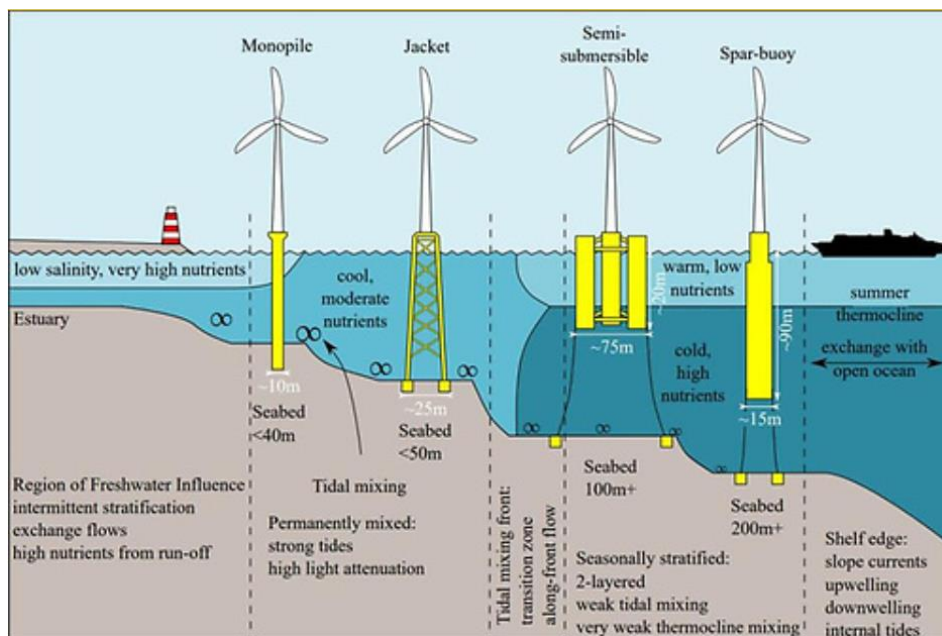
Οι στρατηγικές αποφάσεις περιλαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με το σχεδιασμό αιολικών πάρκων, την επιλογή στρατηγικής συντήρησης και την εξωτερική ανάθεση υπηρεσιών επισκευής, ενώ οι τακτικές αποφάσεις περιλαμβάνουν τη διαχείριση αποθεμάτων ανταλλακτικών, την οργάνωση υποστήριξης συντήρησης και όλες τις αποφάσεις σχετικά με την αγορά ή τη μίσθωση πόρων συντήρησης. Το επιχειρησιακό κλιμάκιο περιλαμβάνει τον προγραμματισμό των εργασιών συντήρησης, τη δρομολόγηση των πλοίων και τη μέτρηση της απόδοσης συντήρησης (Shafiee, 2015).

Τα ευρήματα δείχνουν ότι οι στρατηγικές αποφάσεις της εφοδιαστικής συντήρησης έχουν λάβει τη μεγαλύτερη προσοχή στη βιβλιογραφία, ακολουθούμενες από τις τακτικές και επιχειρησιακές αποφάσεις (Shafiee, 2015). Τα πλοία συντήρησης αποτελούν σημαντικό μέσο μεταφοράς για υπεράκτια αιολικά πάρκα. Αυτά τα πλοία μπορούν να χωριστούν σε συνηθισμένα πλοία, επαγγελματικά πλοία, μητρικά πλοία και πλοία jack-up. Ο σχεδιασμός της διαδρομής λειτουργίας και συντήρησης περιλαμβάνει την επιλογή της ασφαλέστερης και βέλτιστης από πλευράς κόστους διαδρομής μεταφοράς με βάση διάφορους παράγοντες (Wang et al., 2022).

Οι τρόποι προ-λειτουργίας και συντήρησης υιοθετούνται για την εξάλειψη των μη προβλέψιμων προβλημάτων και τη μείωση του κόστους λειτουργίας και συντήρησης. Η πλατφόρμα λειτουργίας και συντήρησης αιολικής ενέργειας μετακινείται μεταξύ πολλών παρακείμενων αιολικών πεδίων και είναι εξοπλισμένη με αντίστοιχο εξοπλισμό για την εγκατάσταση εξαρτημάτων όπως πύργους υποστήριξης, καμπίνες και πτερύγια ανεμογεννητριών. Η πλατφόρμα απαιτεί εργαλεία μεταφοράς για τη μεταφορά μεγάλων εξαρτημάτων όπως οι ανεμογεννήτριες στο αιολικό πεδίο στη θάλασσα. Τα πλοία λειτουργίας και συντήρησης είναι το κύριο εργαλείο μετακίνησης για υπεράκτιες αιολική ενέργεια (Wang et al., 2022).



Εικόνα 4: Διαφορετικοί τύποι θεμελίων υπεράκτιων ανεμογεννητριών: σταθερών και πλωτών
 (Πηγή: Hesam. (2022). *Introducing Different Types of Offshore Wind Turbine Foundations: Fixed and Floating*. Wind Edition. <https://www.windedition.com/introducing-different-types-of-offshore-wind-turbine-foundations-fixed-and-floating/>)



Εικόνα 5: Σημερινοί και μελλοντικοί τύποι υπεράκτιων ανεμογεννητριών
 (Πηγή: Siggins, L. (2022). *Scientists Call for Research Into Marine Impacts of Floating Wind*. Afloat.ie; Afloat. <https://afloat.ie/marine-environment/power-from-the-sea/item/56191-scientists-call-for-research-into-marine-impacts-of-floating-wind>)

Κεφάλαιο 3ο: Αιολική ενέργεια/επενδύσεις στην Ευρώπη

3.1 Τρέχουσα κατάσταση της αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη

Η Ευρώπη είναι παγκόσμιος ηγέτης στην παραγωγή αιολικής ενέργειας, με χερσαίες και υπεράκτιες εγκαταστάσεις που παρέχουν ενέργεια στην ήπειρο. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια έχει σημειώσει μεγάλη ανάπτυξη και επενδύσεις στην Ευρώπη. Η Βορειοδυτική Ευρώπη έχει αναδειχθεί ως περιοχή προτίμησης για τις υπεράκτιες αιολικές εγκαταστάσεις, κυρίως λόγω των καλύτερων συνθηκών για την ανάπτυξη υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ευρώπη αναπτύχθηκε σε γρήγορο ρυθμό, καθώς οι χώρες της ΕΕ ήταν ενεργά δεσμευμένες στην επίτευξη των στόχων του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή. Οι επενδύσεις στην υπεράκτια αιολική ενέργεια αυξάνονταν, καθώς η τεχνολογία έγινε πιο οικονομικά ανταγωνιστική και οι χώρες αναζητούσαν τρόπους για να διαφοροποιήσουν την ενεργειακή τους παραγωγή, μειώνοντας ταυτόχρονα τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (European Commission, 2020a).

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια αντιπροσωπεύει μικρό ποσοστό της συνολικής εγκατεστημένης αιολικής ισχύος στην Ευρώπη, αλλά η ανάπτυξή της είναι ταχύτερη από αυτήν της αιολικής ενέργειας στην ξηρά. Σημαντικά υπεράκτια αιολικά πάρκα βρίσκονται στη Δανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ιρλανδία, τη Σουηδία και την Ολλανδία. Η Δανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τη Γερμανία ήταν μεταξύ των πρωτοπόρων στην ευρωπαϊκή υπεράκτια αιολική βιομηχανία. Το 2019, το Ηνωμένο Βασίλειο είχε την περισσότερη εγκατεστημένη υπεράκτια αιολική ισχύ, ενώ η Δανία είχε το μεγαλύτερο ποσοστό αιολικής ενέργειας στο ενεργειακό της μείγμα (WindEurope, 2020).

Η ανάλυση 46 λειτουργικών υπεράκτιων αιολικών πάρκων που τέθηκαν σε λειτουργία μετά το 2000 δείχνει ότι το χαμηλό κόστος ενέργειας (LCoE) έχει αυξηθεί από 120 €/MWh το 2000 σε 190 €/MWh το 2014, το οποίο είναι σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα της αύξησης των κεφαλαιουχικών δαπανών (CAPEX). Άλλοι παράγοντες, όπως ο περιορισμένος ανταγωνισμός στην αγορά στροβίλων έχουν επίσης συμβάλει στο υψηλότερο CAPEX (Breton & Moe, 2009). Η αύξηση του CAPEX συνδέεται με την απόσταση από την ακτή και το βάθος, καθώς και με τις τιμές των εμπορευμάτων (Breton & Moe, 2009). Οι χώρες έχουν διαφορετικές τιμές LCoE, με τη Δανία και τη

Σουηδία να έχουν χαμηλότερες τιμές περίπου 100 Euro/MWh και άλλες χώρες να έχουν υψηλότερες τιμές που κυμαίνονται από 150-220 Euro/MWh (Breton & Moe, 2009), γεγονός που υποδηλώνει την επίδραση των εθνικών πλαισίων πολιτικής στο LCoE υπεράκτια αιολική ενέργεια. Η αιολική ενέργεια που παράγεται σε υπεράκτιες εγκαταστάσεις διαθέτει ευρύτερο φάσμα πόρων και, συνεπώς, μπορεί να προσφέρει αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα σε σχέση με την αντίστοιχη παραγωγή ενέργειας σε επίπεδο εδάφους. Ωστόσο, οι οικονομικές προοπτικές της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας δεν είναι αναγκαστικά πιο ευνοϊκές, καθώς συνδέονται με αυξημένα κόστη κεφαλαίου, εγκατάστασης και συντήρησης (Kaldellis & Kapsali, 2013). Αυτό το είδος τεχνολογίας αιολικής ενέργειας αποτελεί μια σχετικά πρόσφατη προκλητική κατεύθυνση για την παγκόσμια αιολική βιομηχανία. Συγκεκριμένα, το 2011, η συνολική αιολική ισχύς παγκοσμίως ανέρχονταν σε 240 GW, με το μόλις 2% αυτής να προέρχεται από υπεράκτιες εγκαταστάσεις. Παρ' όλο τον προσδιορισμό για την ανάπτυξη, η πλειονότητα της παραγόμενης αιολικής ενέργειας εξακολουθεί να παράγεται σε εγκαταστάσεις επίπεδου εδάφους (Kaldellis & Kapsali, 2013).

Όσον αφορά την υπεράκτια αιολική ενέργεια σταθερού πυθμένα, οι αυξημένοι συντελεστές δυναμικότητας δεν έχουν τόση σημασία, ενώ το CapEx και άλλοι παράγοντες είναι πιο σημαντικοί. Για την πλωτή υπεράκτια αιολική ενέργεια, η σύνοψη των αποτελεσμάτων είναι περίπλοκη λόγω της σύγκρισης των προοπτικών μεταξύ των γραμμών βάσης σταθερού πυθμένα από το 2035 έως το 2019. Ωστόσο, λόγω των υψηλότερων ταχυτήτων ανέμου που προβλέπονται για τα πλωτά έργα σε σχέση με τα έργα σταθερού πυθμένα, δεν είναι έκπληξη ότι οι συντελεστές δυναμικότητας κυριαρχούν στις εκτιμήσεις του LCOE για την πλωτή υπεράκτια αιολική ενέργεια του 2035 σε σύγκριση με τις γραμμές βάσης σταθερού πυθμένα του 2019. Αναμένεται ότι το μεταβλητό CapEx το 2035 θα είναι υψηλότερο από το CapEx του 2019 για τα έργα σταθερού πυθμένα (Wiser et al., 2021).

Οι προοπτικές για το μέλλον είναι αισιόδοξες, με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή να προσδοκά ότι η υπεράκτια αιολική ενέργεια έχει τη δυνατότητα να καλύψει το 30% της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται από τα κράτη μέλη της ΕΕ μέχρι το 2050 (European Commission, 2020b). Παρ' όλη την επεκτατική πορεία, η υπεράκτια αιολική ενέργεια αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Αν και το κόστος της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας συνεχίζει να μειώνεται, αυτό παραμένει προς το παρόν σημαντικά

υψηλότερο από την αιολική ενέργεια που παράγεται στην ξηρά, κυρίως λόγω του επιπλέον κόστους εγκατάστασης και συντήρησης. Η εθνική πολιτική και οι οικονομικές παράμετροι των διαφόρων χωρών διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στον καθορισμό του κόστους της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, με την τιμολόγηση να διαφέρει ευρέως ανάμεσα στις διάφορες χώρες.

Παρά τις προκλήσεις, το δυναμικό και η ενεργειακή αποδοτικότητα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας είναι σημαντικά. Ο σταθερός ρυθμός έρευνας και ανάπτυξης σε αυτόν τον τομέα αποσκοπεί στην αύξηση της οικονομικής, τεχνικής και περιβαλλοντικής αποδοτικότητας των υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ευρώπη παραμένει σε εξέλιξη, επιδιώκοντας την ενίσχυση της αειφορίας και την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Οι τεχνολογικές προόδους και οι καινοτομίες στον τομέα των υπεράκτιων αιολικών εγκαταστάσεων συμβάλλουν στη μείωση του κόστους παραγωγής και στην αύξηση της απόδοσης. Οι νέες γενιές αιολικών ανεμογεννητριών είναι πιο αποδοτικές, μεγαλύτερη χωρητικότητα και ικανότητα προσαρμογής στις διακυμάνσεις των ανέμων. Επιπλέον, οι προηγμένες τεχνολογίες και οι μεγαλύτερες αιολικές φάρμες μπορούν να εκμεταλλεύονται τις υψηλότερες ταχύτητες ανέμου στην υπεράκτια περιοχή, προσφέροντας ακόμα μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας.

Παράλληλα, η έρευνα επικεντρώνεται στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών όπως οι πλωτές υπεράκτιες αιολικές εγκαταστάσεις. Οι αναπτυσσόμενες πλωτές ανεμογεννήτριες παρέχουν τη δυνατότητα εγκατάστασης αιολικών πάρκων σε περιοχές με βαθύτερα νερά, όπου οι άνεμοι είναι πιο ισχυροί και σταθεροί σε σύγκριση με τις σταθεράς βάσης εγκαταστάσεις. Η πλωτή τεχνολογία αιολικής ενέργειας αντιμετωπίζει με επιτυχία τις προκλήσεις που σχετίζονται με το βάθος των υδάτων, επιτρέποντας την αξιοποίηση των πλούσιων ανεμοδυναμικών πόρων σε αυτές τις περιοχές. Η ανάπτυξη της πλωτής αιολικής τεχνολογίας ανοίγει νέες προοπτικές για τη βιώσιμη παραγωγή αιολικής ενέργειας σε πιο απαιτητικές γεωγραφικές περιοχές, συμβάλλοντας στην ενίσχυση της ανανεώσιμης ενέργειας στον ενεργειακό μίγμα. Αυτή η τεχνολογία αναμένεται να αυξήσει σημαντικά τη δυνατότητα παραγωγής αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη και να επιτρέψει την ανάπτυξη αιολικών πάρκων σε περιοχές που παλαιότερα ήταν δυσπρόσιτες.

Οι προοπτικές για την υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ευρώπη είναι ενθαρρυντικές. Η ανάπτυξη αυτής της βιώσιμης πηγής ενέργειας συνεχίζεται με ραγδαίους ρυθμούς και αναμένεται να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη διαφοροποίηση του ενεργειακού μίγματος και στη δημιουργία θέσεων εργασίας. Η Ευρώπη συνεχίζει να παραμένει ένας παγκόσμιος ηγέτης στην υπεράκτια αιολική ενέργεια, προωθώντας την αειφόρο ανάπτυξη και τη μετάβαση σε μια καθαρή ενεργειακή μελλοντική πραγματικότητα (WindEurope, 2020; Wisser et al., 2021).

3.2 Ο ρόλος της Ευρώπης στη βιομηχανία και το δυναμικό της αιολικής ενέργειας

Η Ευρώπη βρίσκεται σε καλή θέση για να πρωτοστατήσει στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, καθώς ορισμένες χώρες, συμπεριλαμβανομένου του Ηνωμένου Βασιλείου, είναι πρωτοπόροι στην ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας (Kaldellis & Kapsali, 2013). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει ένα έργο που ονομάζεται «Μελέτη για την κοινωνική και οικονομική αξία της αιολικής ενέργειας» το οποίο παρέχει υποστήριξη στη βιομηχανία αιολικής ενέργειας (Vázquez Hernández et al., 2019). Το Κοινό Κέντρο Ερευνών (ΚΚΕρ) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής προσέφερε σημαντική υποστήριξη στη βιομηχανία αιολικής ενέργειας, σύμφωνα με τη μελέτη των Vázquez Hernández et al. (2019).

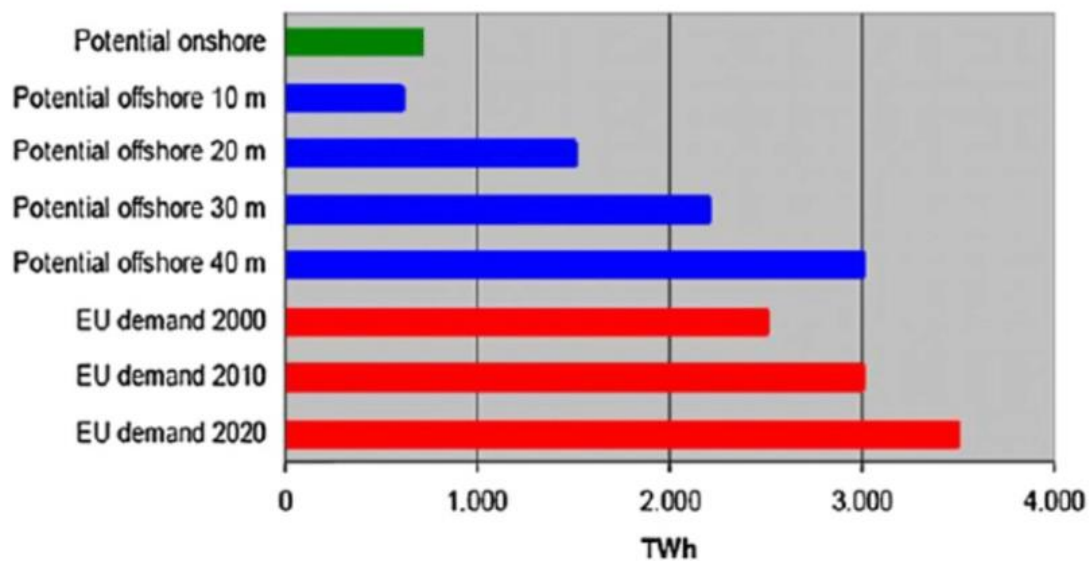
Η μελέτη που διεξήγαγε η Satir et al. (2018) εξέτασε την τρέχουσα κατάσταση της υπεράκτιας αγοράς αιολικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς και τις παρούσες συνθήκες και τους μηχανισμούς υποστήριξης στην αγορά αιολικής ενέργειας στην Τουρκία. Η έρευνα αυτή συνέβαλε στην κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη και την υποστήριξη των υπεράκτιων αιολικών έργων, καθώς και στην προώθηση της ανάπτυξης της βιώσιμης ενέργειας στην περιοχή. Αυτή η μελέτη προτείνει μια τοποθεσία στο Αιγαίο Πέλαγος για ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο στην Τουρκία με βάση τις εκτιμήσεις της ταχύτητας του ανέμου και άλλους παράγοντες (Satir et al., 2018).

Οι υπεράκτιοι αιολικοί πόροι έχουν αναδειχθεί ως πιθανή λύση στα ζητήματα που αντιμετωπίζουν οι χερσαίες εγκαταστάσεις αιολικής εγκατάστασης και η Ευρώπη έχει μια αρχόμενη υπεράκτια αγορά αιολικής ενέργειας (Kaldellis & Kapsali, 2013). Όσον αφορά τις δυνατότητες της Ευρώπης στον κλάδο της αιολικής ενέργειας, το κείμενο

δεν παρέχει πληροφορίες. Ωστόσο, είναι προφανές ότι η Ευρώπη είναι μία από τις περιοχές που παράγει αιολική ενέργεια και οι τεχνολογίες υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα όπως ο άνθρακας και ο λιγνίτης εξακολουθούν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό μείγμα των κρατών μελών της ΕΕ (EUMS) (Vázquez Hernández et al., 2019), αυξάνοντας έτσι το συνολικό Οι εκπομπές CO₂ μειώθηκαν με την προσέγγιση DHC-DEF.

Από την άλλη πλευρά, τα EUMS με υψηλή ακαθάριστη παραγωγή αιολικής ενέργειας έχουν τη δυνατότητα να αποφύγουν τις εκπομπές CO₂. Ωστόσο, η μείωση των συνολικών εκπομπών CO₂ παρουσιάζει υψηλή αβεβαιότητα όταν το εύρος τιμών μεταξύ των προσεγγίσεων DAM-DEF και DHC-DEF είναι πιο διευρυμένο. Επιπλέον, ένα υψηλό μερίδιο της ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πυρηνικά σε αυτά τα EUMS, μειώνοντας τις συνολικές εκπομπές CO₂ που μειώνονται βάσει της προσέγγισης DAM-DEF (Vázquez Hernández et al., 2019).

Η αιολική ενέργεια έχει σημαντικό δυναμικό για μείωση του CO₂ στην ΕΕ και το συνολικό δυναμικό μείωσης του CO₂ της αιολικής ενέργειας θα μπορούσε να κυμαίνεται από περίπου 13100 Mt CO₂ έως περίπου 6600 Mt CO₂ την περίοδο 2015-2050. Η αιολική ενέργεια μπορεί να αντικαταστήσει την υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα καθώς και άλλες τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα στην ΕΕ και το μερίδιο της αιολικής ενέργειας στη συνολική ακαθάριστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρώπης αναμένεται να αυξηθεί από 8% το 2015 σε 24% το 2050. Ως εκ τούτου, η Ευρώπη έχει τη δυνατότητα για μεγάλης κλίμακας παγκόσμια ανάπτυξη υπεράκτιας αιολικής ενέργειας (Kaldellis & Kapsali, 2013) και η Ευρώπη έχει μια επικυρωμένη μέθοδο για το ενεργειακό μείγμα την περίοδο 2015-2050 (Vázquez Hernández et al., 2019).



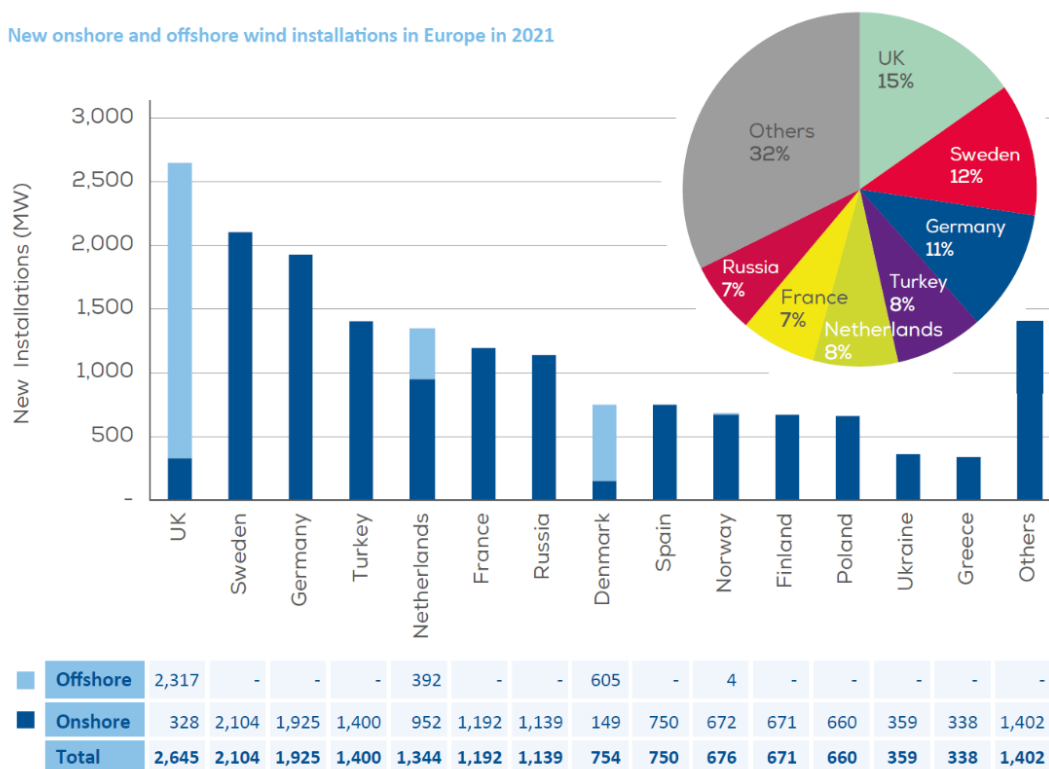
Διάγραμμα 3: Σύγκριση μεταξύ του δυναμικού της χερσαίας και υπεράκτιας αιολικής ενέργειας σε διαφορετικά βάθη υδάτων και της ευρωπαϊκής ζήτησης ενέργειας

(Πηγή: Navid Majdi Nasab et al., 2020)

3.3 Στατιστικά στοιχεία για την αιολική ενέργεια στην Ευρώπη

Η αιολική ενέργεια αναπτύσσεται με ιδιαίτερα γρήγορους ρυθμούς ως μία από τις κορυφαίες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ευρώπη, όπως καταδεικνύεται από τη μελέτη των Bórawski et al. (2020). Το 2019, η αιολική ενέργεια κάλυψε το 15% της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει φιλόδοξο στόχο να αυξήσει αυτό το ποσοστό στο 50% της συνολικής ηλεκτρικής παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές έως το 2030, προσδοκώντας να ενισχύσει την αειφορία και να μειώσει την εξάρτηση από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας (Bórawski et al., 2020). Αυτός ο φιλόδοξος στόχος αντιπροσωπεύει μια καθοριστική προσπάθεια για την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την αντιμετώπιση των προκλήσεων της κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη.

New onshore and offshore wind installations in Europe in 2021



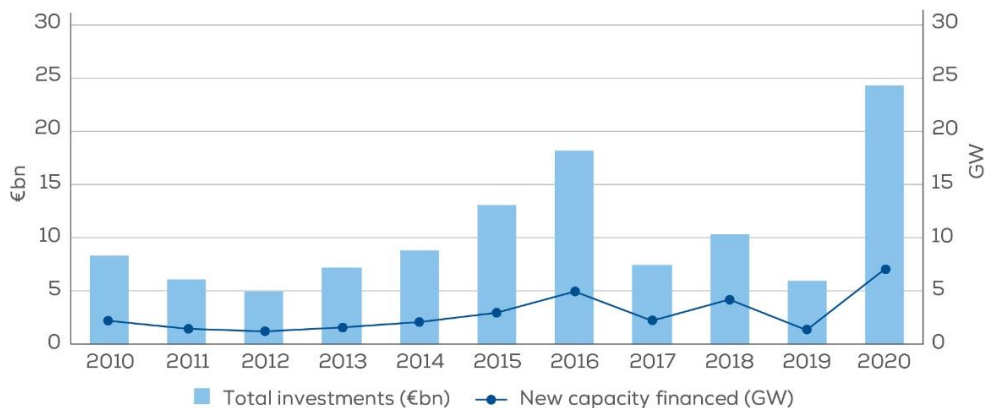
Διάγραμμα 4: Νέες γερσαίες και υπεράκτιες αιολικές εγκαταστάσεις στην Ευρώπη το 2021

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

Σύμφωνα με τη WindEurope (2020), η συνολική εγκατεστημένη υπεράκτια αιολική ισχύς στην Ευρώπη ανήλθε σε περίπου 25 γιγαβάτ (GW). Σε αυτό το πεδίο, το Ηνωμένο Βασίλειο κατείχε το μεγαλύτερο μερίδιο, ακολουθούμενο από τη Γερμανία, τη Δανία και την Ολλανδία.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για την υπεράκτια αιολική ενέργεια. Μέσω του “Πράσινου Συμφώνου”, η ΕΕ έχει δηλώσει την πρόθεσή της να αυξήσει την υπεράκτια αιολική ισχύ σε 300 GW έως το 2050. Αυτός ο στόχος αντιπροσωπεύει περίπου το 30% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι επενδύσεις στην υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ευρώπη έχουν επίσης αυξηθεί σημαντικά. Το 2019, οι επενδύσεις σε αυτόν τον τομέα άγγιξαν τα 26 δισεκατομμύρια ευρώ, σύμφωνα με την WindEurope (2020). Αυτό αποδεικνύει τη σημαντική οικονομική αξία και την αυξανόμενη ελκυστικότητα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας ως βιώσιμη πηγή ενέργειας για την Ευρώπη.

New offshore wind investments and capacity financed: 2010 – 2020 (€bn)

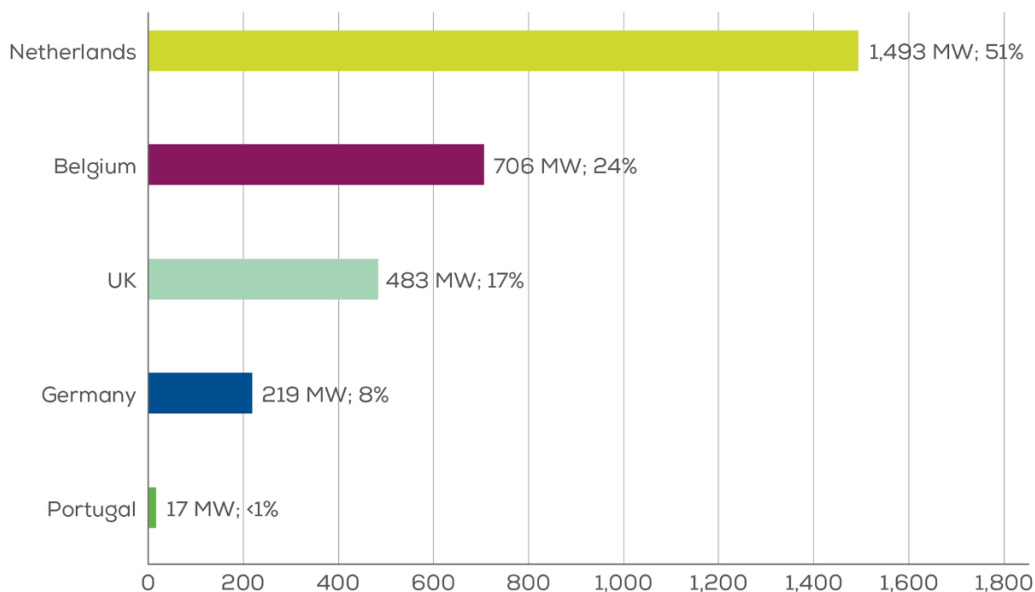


	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total investments (€bn)	8.4	6.1	5	7.2	8.8	13.1	18.2	7.5	10.3	6	24.2
New capacity financed (GW)	2.2	1.5	1.3	1.6	2.1	3	5	2.3	4.2	1.4	7.1

Εικόνα 6: Ρεκόρ επενδύσεων σε νέα περιουσιακά στοιχεία- Χρηματοδότηση 7,1 GW πρόσθετης δυναμικότητας

(Πηγή: WindEurope, 2020)

Annual gross offshore wind capacity installations per country in 2020 (MW)



Εικόνα 7: Το 2020 η Ευρώπη πρόσθεσε 2.918 MW νέας δυναμικότητας. Η Ολλανδία (1.493 MW), το Βέλγιο (706 MW), το Ηνωμένο Βασίλειο (483 MW), η Γερμανία (219 MW) και η Πορτογαλία (17 MW) παρείχαν αυτή τη νέα δυναμικότητα στο δίκτυο.

3.4 Στόχοι, Στρατηγικές και Προβλέψεις της Ευρώπης όσον αφορά την αιολική ενέργεια

Η Ευρώπη έχει αναλάβει τη δέσμευση να μειώσει το 40% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) έως το 2030, καθορίζοντας στρατηγικές που περιλαμβάνουν την ανάπτυξη ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως η αιολική ενέργεια (Simionescu et al., 2020). Η προσέγγιση αυτή αποτελεί μέρος της προσπάθειας για την επίτευξη βιώσιμων κλιματικών στόχων και της μετάβασης προς πιο φιλικές προς το περιβάλλον ενεργειακές πηγές (Tolón-Becerra et al., 2011).

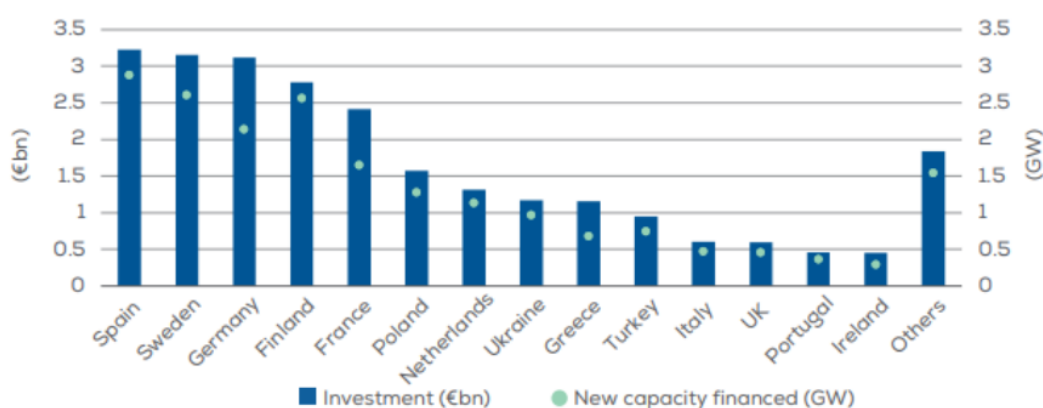
Ένα από τα έργα που πραγματοποιούνται υπό τη χρηματοδότηση της ΕΕ είναι το έργο «Safewind», το οποίο ασχολείται με την πρόβλεψη της αιολικής ενέργειας σε ακραίες καιρικές συνθήκες για υπεράκτια αιολικά πάρκα. Το έργο στοχεύει στη βελτίωση της ακρίβειας και αξιοπιστίας των προβλέψεων αιολικής ενέργειας σε διάφορες χρονικές και χωρικές κλίμακες (Foley et al., 2012).

Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την υπεράκτια αιολική ενέργεια εστιάζεται στην αύξηση της ικανότητας παραγωγής και την περαιτέρω βελτίωση της υποδομής (European Commission, 2020). Ο στόχος είναι η ανάπτυξη του κλάδου της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας ως βασικού παράγοντα της πράσινης ενεργειακής μετάβασης. Η ΕΕ σχεδιάζει να αυξήσει την ικανότητα παραγωγής από υπεράκτια αιολικά πάρκα στα 60 GW έως το 2030 και στα 300 GW έως το 2050 (European Commission, 2020). Επιπλέον, προτίθεται να εντείνει τις επενδύσεις σε έρευνα και ανάπτυξη για την εξέλιξη νέων τεχνολογιών που σχετίζονται με την υπεράκτια αιολική ενέργεια, προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη αποδοτικότητα και βιωσιμότητα (European Commission, 2020).

Παρά τους φιλόδοξους στόχους, υπάρχουν ακόμα προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν, όπως η ανάγκη για βελτιστοποίηση των αλγορίθμων πρόβλεψης και διαχείρισης της ενέργειας (Liu et al., 2020). Ωστόσο, με τη σωστή πολιτική υποστήριξη και την επένδυση στην έρευνα, η Ευρώπη έχει τη δυνατότητα να γίνει παγκόσμιος ηγέτης στην υπεράκτια αιολική ενέργεια.

3.5 Τάσεις και Νομοθετικοί Κανονισμοί

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μία από τις πιο βιώσιμες και αποδοτικές πηγές ανανεώσιμης ενέργειας στην Ευρώπη, χαρακτηρίζεται ως καθαρή, οικονομικά εφικτή και ανανεώσιμη. Αυτό έχει οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη, που ανέρχεται σε περίπου 40% τα τελευταία 6 χρόνια. Επιπλέον, τα έργα αιολικής ενέργειας σε όλη την Ευρώπη παράγουν αρκετή ηλεκτρική ενέργεια για να καλύψουν τις εγχώριες ανάγκες 5 εκατομμυρίων ανθρώπων. Αυτό έχει ενθαρρύνει πολλές χώρες να θέσουν φιλόδοξους στόχους για τη βιομηχανία αιολικής ενέργειας, στοχεύοντας στα 40.000 MW (megawatts) εγκατεστημένης ισχύος (Roga et al., 2022).



Διάγραμμα 5: Επένδυση σε νέα χερσαία αιολικά πάρκα ανά χώρα το 2021 (δix ευρώ και GW)

(Πηγή: Aposporis, H. (2022). 880 MW of new wind projects financed in Southeastern Europe in 2021.

Balkan Green Energy News. <https://balkangreenenergynews.com/windeurope-880-mw-of-wind-projects-financed-in-southeastern-europe-last-year/>)

Οι έρευνες από την Ευρώπη δείχνουν ότι οι περισσότεροι άνθρωποι υποστηρίζουν τις χρήσεις αιολικής ενέργειας και αυτό έχει ενθαρρύνει άλλες χώρες να επεκτείνουν τη χρήση της αιολικής ενέργειας στα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Roga et al., 2022). Για παράδειγμα, ο Ενεργειακός Χάρτης πορείας της ΕΕ για το 2050 προτείνει προβλεπόμενα μερίδια αιολικής ενέργειας για την Αυστρία, τη Φινλανδία και τη Σλοβενία, και τα στοιχεία δείχνουν ότι οι χώρες σημειώνουν πρόοδο προς την επίτευξη των στόχων. Τα στοιχεία δείχνουν επίσης τόσο απόλυτους όρους (TWh) όσο

και ως μερίδιο των προβλεπόμενων επιπέδων έως το 2050 (%), για κάθε σημείο (Shivakumar et al., 2019).

Ωστόσο, η επέκταση της αιολικής ενέργειας στην Αυστρία έχει παρεμποδιστεί από πολιτικές συνθήκες, όπως το πρόγραμμα περιφερειακού σχεδιασμού στην Κάτω Αυστρία, και ο EWEA έχει αναθεωρήσει τα προβλεπόμενα μεγέθη του υπό το φως των οικονομικών και κανονιστικών εξελίξεων. Παρόλο που η αιολική ενέργεια αποτελεί ήδη μία σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας στην Ευρώπη, η τρέχουσα τάση προσανατολίζεται προς την αύξηση της συνεισφοράς της στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο EWEA (Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας) προτείνει ένα ενημερωμένο όραμα για την ευρωπαϊκή βιομηχανία αιολικής ενέργειας, το οποίο υπογραμμίζει πώς η αιολική ενέργεια μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στην επίτευξη των φιλοδοξιών της ΕΕ για το κλίμα και την ενέργεια για το 2030 (Shivakumar et al., 2019). Αυτό υπονοεί ότι η αιολική ενέργεια αναμένεται να παράσχει σημαντική συνεισφορά στην ενεργειακή μετάβαση και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη, επιδιώκοντας τη βιωσιμότητα και την προώθηση των περιβαλλοντικά φιλικών στόχων της ΕΕ.

Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη νομοθεσίας και κανονισμών που σχετίζονται με την κατασκευή αιολικών πάρκων. Για την υποστήριξη της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας, η ανάλυση των κανονισμών είναι σημαντική (deCastro et al., 2019). Η Ευρώπη έχει πραγματοποιήσει πολλές πρωτοβουλίες για την προώθηση και ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται ο καθορισμός φιλόδοξων στόχων για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που σχετίζονται με το κλίμα και την ενεργειακή πολιτική (deCastro et al., 2019; Dusonchet et al., 2019).

Μέσω των προαναφερόμενων ερευνών και στρατηγικών προσπαθειών, η Ευρώπη επιδιώκει την προώθηση και ενίσχυση της ανανεώσιμης αιολικής ενέργειας, καθώς αναγνωρίζεται η σημασία της στην επίτευξη βιώσιμων και περιβαλλοντικά φιλικών στόχων της ηπείρου. Οι συνεχείς έρευνες και πολιτικές προσπάθειες ανταποκρίνονται στην ανάγκη να ενισχυθεί η υπεράκτια αιολική ενέργεια ως μία από τις κύριες πηγές αιεφόρου και ανανεώσιμης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η ΕΕ έχει επίσης εφαρμόσει υποστήριξη για την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω πολλών μέσων πολιτικής, με αποτέλεσμα σημαντική ανάπτυξη στον ευρωπαϊκό τομέα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Dusonchet et al., 2019).

Επιπλέον, ορισμένες χώρες έχουν νομοθεσία και κανονισμούς για την υποστήριξη της αιολικής ενέργειας. Για παράδειγμα, στο Βέλγιο, οι παραγωγοί αιολικής ενέργειας μπορούν να λάβουν πράσινα πιστοποιητικά. Αυτά τα πιστοποιητικά εγγυώνται ορισμένα έσοδα για όσους είναι επιλέξιμοι και το μέγιστο όφελος για τους μεγάλους αυτοκαταναλωτές της αιολικής ενέργειας είναι 8% κέρδος (Inês et al., 2020). Όλοι αυτοί οι κανονισμοί και η νομοθεσία συμβάλλουν στην κουλτούρα μηδενικών επιδοτήσεων που αναδύεται στον τομέα της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη. Η νομοθεσία και οι κανονισμοί αποτελούν ζωτικούς παράγοντες για την προώθηση της αιολικής ενέργειας, όπως αναφέρεται και στη μελέτη του deCastro et al. (2019).

Για την ενθάρρυνση των επενδύσεων στην αιολική ενέργεια, υπάρχουν κίνητρα όπως οι πολιτικές τιμολογίων τροφοδοσίας. Συγκεκριμένα, τα feed-in-tariffs έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά κίνητρα για την εγκατάσταση αιολικών πάρκων σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, όπως Δανία, Σουηδία, Γερμανία και Ισπανία. Αυτές οι πολιτικές προσφέρουν ελκυστικές τιμές για την πώληση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας στο δίκτυο, κάτι που ενθαρρύνει τους επενδυτές και επιταχύνει την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην περιοχή. Τα τιμολόγια τροφοδοσίας έχουν άμεσο αντίκτυπο στην εγκατεστημένη ισχύ της χερσαίας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη, καθώς η διάρκεια της σύμβασης και η τιμή του τιμολογίου είναι τα κύρια στοιχεία σχεδιασμού πολιτικής που επηρεάζουν τη χερσαία αιολική δυναμικότητα. Επιπλέον, η Ευρώπη έχει εφαρμόσει άλλα κίνητρα, όπως επιχορηγήσεις επενδύσεων, φορολογικές απαλλαγές και επιδοτήσεις, τα οποία ήταν αποτελεσματικά στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας (Karlan, 2015).

Τα κίνητρα προήλθαν σε μεγάλο βαθμό από την ισχυρή στάση της Ευρώπης για τη μείωση του άνθρακα και την υιοθέτηση του πρωτοκόλλου του Κιότο. Επιπλέον, η υποχρέωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο, καθώς και παρόμοιες ποσοτώσεις στην Αυστρία, το Βέλγιο και την Ιταλία μοιάζουν πολύ με το πρότυπο χαρτοφυλακίου ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (RPS) στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ωστόσο, οι πολιτικές RPS χρειάζονται ένα πιο ασφαλές πλαίσιο για την αύξηση της εμπιστοσύνης των επενδυτών (deCastro et al., 2019).

3.6 Παραδείγματα χωρών με υπεράκτια αιολικά πάρκα

Σύμφωνα με τη μελέτη των Breton & Moe (2009), η Ευρώπη αναδεικνύεται ως μία από τις πρωτοπόρες περιοχές στον τομέα της υπεράκτιας παραγωγής αιολικής ενέργειας. Η περιοχή αυτή έχει επιτύχει σημαντικά επιπεδα παραγωγής αιολικής ενέργειας στο χώρο της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, αναδεικνύοντας την ως ηγετική δύναμη στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η προηγμένη τεχνολογία, οι φιλόδοξοι στόχοι για το κλίμα και η υποδομή υψηλού επιπέδου συμβάλλουν στην επιτυχημένη ανάπτυξη και εκμετάλλευση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ευρώπη. Πολλές χώρες στην Ευρώπη έχουν επενδύσει σε υπεράκτιες εφαρμογές αιολικής ενέργειας και η στροφή προς τα υπεράκτια αιολικά έργα οφείλεται στις ευρωπαϊκές ενεργειακές πολιτικές (Kaldellis & Kapsali, 2013). Ειδικότερα, οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες διαδραματίζουν ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην περιοχή. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας, η Ευρωπαϊκή Ένωση αναμένει να έχει συνολική υπεράκτια αιολική ισχύ 43 GW έως το 2020 (Morthorst & Kitzing, 2016).

Υπάρχουν υπεράκτια αιολικά πάρκα στο βορειοδυτικό τμήμα της Ευρώπης, με προσδοκίες 19-27 GW να εγκατασταθούν έως το 2020 (Morthorst & Kitzing, 2016). Μια μελέτη αξιολόγησε 71 αιολικά πάρκα σε πέντε χώρες της βορειοδυτικής Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένων της Γερμανίας, του Ηνωμένου Βασιλείου, της Ολλανδίας, του Βελγίου και της Δανίας (Akbari et al., 2020). Αυτές οι χώρες αντιπροσώπευαν το 3,3% της παραγωγής αιολικής ενέργειας (Breton & Moe, 2009). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η σχετική μέση απόδοση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων σε διάφορες χώρες δεν ήταν σημαντικά διαφορετική (Akbari et al., 2020). Το κείμενο δεν παρέχει συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με το ποιες χώρες στην Ευρώπη διαθέτουν υπεράκτια αιολικά πάρκα. Ωστόσο, είναι γνωστό ότι αυτές οι χώρες περιλαμβάνουν τη Δανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ιρλανδία, τη Σουηδία και την Ολλανδία (Breton & Moe, 2009).

Στις ευρωπαϊκές χώρες, υπάρχουν έξι διαφορετικοί τύποι υπεράκτιων αιολικών πάρκων όπως αναφέρονται στο σύνολο δεδομένων EMODnet. Τα Horns Rev 2 και 3 βρίσκονται στη Δανία, το Amrumbank West στη Γερμανία, το Nordsee Ost στη Γερμανία και την Ολλανδία, το Meerwind Ost στη Γερμανία, το Wikinger στη Γερμανία και το Arkona στη Γερμανία και τη Δανία. Η κατάσταση καθενός από αυτά

τα υπεράκτια αιολικά πάρκα αντιπροσωπεύεται από σημεία ή πολύγωνα διαφορετικών χρωμάτων στο σύνολο δεδομένων. Τα συμπαγή πράσινα σημεία δείχνουν ότι τα δεδομένα της ανεμογεννήτριας είναι διαθέσιμα για το συγκεκριμένο τμήμα (Zhang et al., 2021).

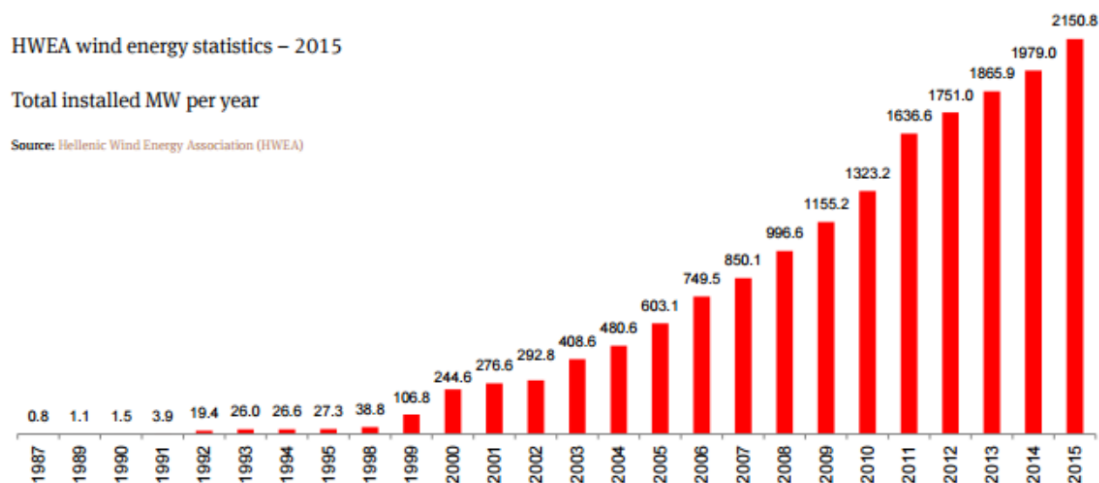
Αν και το κόστος για την υπεράκτια αιολική ενέργεια μπορεί να είναι μεγαλύτερο από ό,τι για την αιολική ενέργεια στην ξηρά, λόγω του υψηλότερου κόστους κεφαλαίου και εγκατάστασης, οι προοπτικές χρήσης υπεράκτιας αιολικής ενέργειας βελτιώνονται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το συνεχές κόστος της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας μειώνεται, καθιστώντας την πιο ανταγωνιστική με την αιολική ενέργεια στην ξηρά (Zhang et al., 2021). Η τάση μείωσης του κόστους της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας είναι πιθανό να συνεχιστεί και τα επόμενα χρόνια.

Ένα από τα πιο επιτυχημένα παραδείγματα υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ευρώπη βρίσκεται στη Δανία, η οποία κατέχει ηγετική θέση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για δεκαετίες. Η Δανία ήταν μεταξύ των πρώτων χωρών που ανέπτυξε και υλοποίησε μεγάλα υπεράκτια αιολικά πάρκα και η χώρα έχει δει θετικά αποτελέσματα από τις ενεργειακές της πολιτικές. Άλλες χώρες, όπως η Γερμανία και η Γαλλία, επενδύουν επίσης σε μεγάλο βαθμό στην αιολική ενέργεια, με το Σενάριο Αναφοράς της ΕΕ να εκτιμά ότι η παραγωγή ανέμου θα φτάσει τις 196 TWh και 171 TWh στη Γερμανία και τη Γαλλία αντίστοιχα έως το 2050. Αυτό καταδεικνύει τη δυνατότητα για υπεράκτιες τα αιολικά πάρκα να συμβάλουν σημαντικά στις ενεργειακές ανάγκες της περιοχής. Επιπλέον, η αυξανόμενη ζήτηση για πηγές ενέργειας με χαμηλότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο αυξάνει την ελκυστικότητα των υπεράκτιων αιολικών πάρκων ως βιώσιμης εναλλακτικής λύσης (Hevia-Koch & Klinge Jacobsen, 2019).

Κεφάλαιο 4^ο: Αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

4.1 Ιστορική αναδρομή των επενδύσεων αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα και η σημερινή κατάσταση των επενδύσεων γης στον τομέα της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η κοινή γνώμη είναι σημαντικός παράγοντας για επενδύσεις αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα. Ενώ τα περισσότερα ελληνικά νησιά έχουν θετική στάση απέναντι στις υφιστάμενες και νέες ανεμογεννήτριες, η ηπειρωτική Ελλάδα είναι γενικά διχασμένη ή και εναντίον τέτοιων εγκαταστάσεων (Kontogianni et al., 2019). Οι πιο κερδοφόρες περιοχές για επενδύσεις αιολικής ενέργειας είναι τα νησιά του Αιγαίου, η νότια-κεντρική ηπειρωτική ακτογραμμή, η ανατολική Πελοπόννησος και η νότια Αττική (Οικονομου et al., 2009), όπου το αιολικό δυναμικό και το επενδυτικό ενδιαφέρον είναι και τα δύο μεγάλα. Ωστόσο, οι περισσότερες άλλες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας είναι είτε οριακά κερδοφόρες είτε δημιουργούν καθαρή ζημία για τέτοιες επενδύσεις (Οικονομου et al., 2009). Το Ελληνικό Υπουργείο Ανάπτυξης έχει δώσει προτεραιότητα στις επενδύσεις σε αιολικά πάρκα στην Ελλάδα με βάση το δυναμικό της αιολικής ενέργειας της χώρας και την οικονομική αποδοτικότητα της τεχνολογίας αιολικής ενέργειας, με στόχο να παράγει πάνω από το 10% της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και πάνω από το 50% της Πράσινης Βίβλου της ΕΕ που αφορούν τους υποχρεωτικούς στόχους για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από αιολική ενέργεια έως το 2010 (Dimitropoulos & Kontoleon, 2009).



Διάγραμμα 6: Εγκατεστημένη αιολική ισχύς (MW) ανά έτος μεταξύ 1987 και 2015

(Πηγή: *Investing in the Greek wind power sector / Ten things to know / Global law firm / Norton Rose Fulbright*. (2016). Nortonrosefulbright.com. <https://www.nortonrosefulbright.com/en-gr/knowledge/publications/b2db1ced/investing-in-the-greek-wind-power-sector>)

Μια μελέτη σκοπιμότητας έχει διεξαχθεί σε μεσαίου μεγέθους χερσαία αιολικά πάρκα στην Ελλάδα, η οποία αποκάλυψε ότι το αιολικό δυναμικό είναι ο κυρίαρχος παράγοντας που επηρεάζει την οικονομική βιωσιμότητα των αιολικών πάρκων. Οι χερσαίες εγκαταστάσεις είναι οικονομικά βιώσιμες στην Ελλάδα και παρατηρήθηκαν σχετικά ισχυρές ετήσιες ταχύτητες ανέμου (Οικονομου et al., 2009). Η αντίσταση μιας συγκεκριμένης μειοψηφίας έναντι των εφαρμογών αιολικής ενέργειας, ανεξαρτήτως οικονομικών οφελών, αναδεικνύεται ως ένα σημαντικό εμπόδιο στην προώθηση της έρευνας στον τομέα αυτόν. Στην Ελλάδα, υπάρχουν προτάσεις για νέα αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος άνω των 11.000 MW, ενώ η εγκατεστημένη αιολική ισχύς έχει ήδη υπερβεί τα 270 MW (Kontogianni et al., 2019).

Οι προτεινόμενα αιολικά πάρκα συγκεντρώνονται κυρίως σε περιορισμένες γεωγραφικές περιοχές, λαμβάνοντας υπόψη τις υφιστάμενες δυνατότητες του ηλεκτρικού δικτύου και την αποδεκτή υποδομή (Kontogianni et al., 2019). Η πλειονότητα των προτεινόμενων μηχανημάτων για αιολικά πάρκα στην Ελλάδα ανήκει στην κλίμακα ισχύος 500 kW έως 1 MW, με συνολική επιδότηση κόστους που κυμαίνεται από 30% έως 50% (Kontogianni et al., 2019).

Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω δημόσια πληροφόρηση προκειμένου να διασφαλιστεί η περιβαλλοντική βιωσιμότητα και η προστασία των τοπικών δικαιωμάτων έναντι των πολυεθνικών εταιρικών συμφερόντων (Argenti & Knight, 2015; Kontogianni et al., 2019). Αυτό επιβεβαιώνει την ανάγκη για περαιτέρω διαλόγους και συνεργασίας μεταξύ των ενδιαφερομένων φορέων, προκειμένου να επιτευχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

4.2 Το επενδυτικό ενδιαφέρον για τα offshore αιολικά στην Ελλάδα

Παρά τη στάση του κοινού, είναι σαφές ότι το επενδυτικό ενδιαφέρον για τον τομέα της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα εξακολουθεί να υφίσταται (Sakka et al., 2020). Η

Ελληνική Ένωση Αιολικής Ενέργειας καλωσορίζει τις διεθνείς επενδύσεις στον κλάδο στην Ελλάδα, καθώς αυτή είναι η καλύτερη μορφή διαφήμισης για τον κλάδο (Vagiona & Karapanagiotidou, 2019). Οι επιτυχημένες ιστορίες ξένων επενδύσεων είναι επωφελείς για τον κλάδο στην Ελλάδα και οι δυνατότητες για επενδύσεις στον κλάδο είναι μεγάλες. Οι εγχώριες εταιρείες εξακολουθούν να αντιπροσωπεύουν την πλειονότητα των υπολειπόμενων επενδύσεων στον τομέα, αλλά οι ξένοι παίκτες αντιπροσωπεύουν το 43% των επενδύσεων (Vagiona & Karapanagiotidou, 2019).

Υπάρχουν επί του παρόντος σημαντικοί παράγοντες που αναπτύσσουν μεγάλα έργα αιολικής ενέργειας στην Κρήτη και ένα υβριδικό έργο που περιλαμβάνει άντληση/αποθήκευση νερού και αιολική ενέργεια (Sakka et al., 2020). Επιπλέον, η υπεράκτια αιολική δυναμικότητα της Ελλάδας δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί και έχει τη δυνατότητα να συμβάλει σημαντικά στους στόχους της Ελλάδας για την αιολική ενέργεια πέρα από την τρέχουσα δεκαετία, καθιστώντας την περιοχή που θα μπορούσε να προσελκύσει επενδύσεις. Επιπλέον, η τοπική προστιθέμενη αξία των έργων αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι υψηλή, περίπου στο 80% των λειτουργικών δαπανών κατά τη φάση λειτουργίας τους και στο 35% της συνολικής επένδυσης κατά τη φάση εκκίνησης (Vagiona & Karapanagiotidou, 2019).

Οι ιδιώτες επενδυτές και οι χρηματοδότες ενδιαφέρονται για έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, ωστόσο, υπάρχει ο κίνδυνος να αλλάξει η νομοθεσία, καθιστώντας τα τιμολόγια τροφοδοσίας επιρρεπή σε νομοθετική παρέμβαση (Sakka et al., 2020). Ευτυχώς, υπάρχει μια βασική διάταξη για την παροχή επαρκών προθεσμιών για τα έργα που θα τεθούν σε λειτουργία και για να εξακολουθήσουν να δικαιούνται τα τρέχοντα τιμολόγια τροφοδοσίας (Sakka et al., 2020). Συνολικά, ο τομέας της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα έχει αναπτύξει πλούτο τεχνογνωσίας και σημαντική βιομηχανία και έχει μεγάλες δυνατότητες για επενδύσεις.

Η Ελλάδα, με τον πλούσιο αιολικό της πόρο, έχει μεγάλο δυναμικό για την ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Ωστόσο, μέχρι τώρα, η χώρα έχει επενδύσει κυρίως στην επίγεια αιολική ενέργεια, λόγω των περιβαλλοντικών προκλήσεων και των υψηλότερων κόστους ανάπτυξης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν ενδείξεις ότι η κατάσταση αρχίζει να αλλάζει. Το 2020, η ελληνική εταιρεία ενέργειας PPA Renewables ανακοίνωσε σχέδια για την ανάπτυξη του πρώτου ελληνικού υπεράκτιου αιολικού πάρκου στο Αιγαίο Πέλαγος, με δυναμικότητα 498

MW (Zervas et al., 2021). Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει την αρχή μιας νέας εποχής για την υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.

Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη εμπόδια που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Ένα από αυτά είναι η ανάγκη για σαφή και σταθερή νομοθεσία και ρυθμιστικό πλαίσιο για την υπεράκτια αιολική ενέργεια. Επίσης, πρέπει να εξεταστεί η ανάγκη για την προστασία της θαλάσσιας βιοποικιλότητας και την ελαχιστοποίηση της επίδρασης στην τοπική κοινότητα και την τουριστική βιομηχανία.

Εκτός από τα περιβαλλοντικά ζητήματα, υπάρχουν και άλλες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει η Ελλάδα για την επίτευξη των φιλόδοξων στόχων της για την υπεράκτια αιολική ενέργεια. Ένα από αυτά είναι η ανάπτυξη της απαραίτητης υποδομής, όπως των λιμένων και των συστημάτων μεταφοράς ενέργειας. Παρά τα εμπόδια, η κυβέρνηση της Ελλάδας έχει δείξει δέσμευση για την προώθηση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Στο πλαίσιο της Εθνικής Ενεργειακής και Κλιματικής Στρατηγικής, η Ελλάδα έχει στόχο να αυξήσει την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας και να μειώσει τις εκπομπές άνθρακα. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια είναι ένας σημαντικός τρόπος για την επίτευξη αυτών των στόχων (Zervas et al., 2021).

Στο μεταξύ, οι εταιρείες ενέργειας στην Ελλάδα εξερευνούν τη δυνατότητα επενδύσεων σε υπεράκτια αιολικά πάρκα. Για παράδειγμα, η εταιρεία ενέργειας ΕΛΠΕ (RWE, 2022) έχει εκφράσει ενδιαφέρον για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Ενώ το μέλλον της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι ακόμη αβέβαιο, είναι σαφές ότι υπάρχει μεγάλη δυνατότητα για την ανάπτυξη αυτού του τομέα. Με την κατάλληλη υποστήριξη και πολιτική, η Ελλάδα μπορεί να εκμεταλλευτεί τον εξαιρετικό αιολικό της πόρο και να καταστεί πρωτοπόρος στην περιοχή για την υπεράκτια αιολική ενέργεια.

4.3 Στόχοι, στατιστικές, μελέτες και στρατηγικές που σχετίζονται με την αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

Η Ελλάδα εμφανίζει ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον όσον αφορά τις δυνατότητες παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ιδιαίτερα αιολικής ενέργειας, λόγω των

γεωγραφικών χαρακτηριστικών και των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή. Αυτό έχει οδηγήσει στην έμφαση και προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως ακρογωνιαίο λίθο της ελληνικής ενεργειακής πολιτικής (Mirasgedis et al., 2014).

Η ελληνική ενεργειακή πολιτική έχει θέσει φιλόδοξους στόχους, με σημαντικό μέρος των επενδύσεων για την περίοδο 2010-2020 να διατίθεται για την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συγκεκριμένα το 74,32% του συνόλου (Mirasgedis et al., 2014). Αυτό υπογραμμίζει την προτεραιότητα που δίνεται στην ενθάρρυνση και υποστήριξη των ανανεώσιμων πηγών ως σημαντικού μέσου για τη μείωση της εξάρτησης από τις συμβατικές πηγές ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον, το σχέδιο έχει θέσει ως στόχο την επίτευξη 20% στην αναλογία παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προς την ακαθάριστη τελική κατανάλωση (Zografidou et al., 2016).

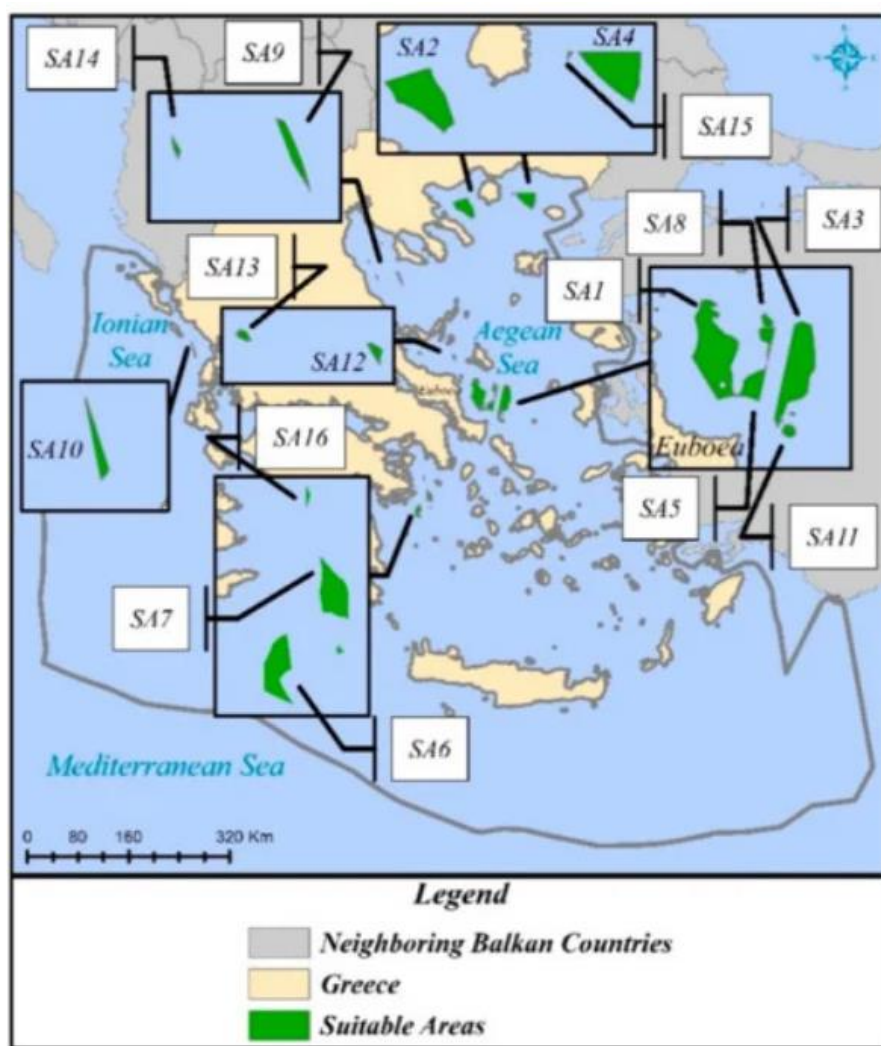
Οι στόχοι του σχεδίου περιλαμβάνουν επενδύσεις σε σταθμούς ΑΠΕ μεγάλης κλίμακας όπως αιολικά πάρκα, υδροηλεκτρικές μονάδες και σταθμούς συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας (CSP), σε συνδυασμό με σταθμούς ΑΠΕ μεσαίας και μικρής κλίμακας (Zografidou et al., 2016). Είναι προφανές ότι η πλειονότητα των έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα ελληνικά νησιά υλοποιείται στην Κρήτη, η οποία φιλοξενεί επίσης το ένα πέμπτο όλων των τουριστών που επισκέπτονται την Ελλάδα (Ntanos et al., 2018).

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια αντιπροσωπεύει μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που ερευνάται εκτενώς στην Ελλάδα, λόγω των μεγάλων θαλάσσιων εκτάσεων της χώρας και του υψηλού δυναμικού για αιολική παραγωγή (Eurostat, 2021). Η στρατηγική εξέταση της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα αναδεικνύει τις ευνοϊκές θαλάσσιες επιφάνειες που διαθέτει η χώρα, που διευκολύνουν την ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Η εκμετάλλευση αυτών των περιοχών θεωρείται ως μία αποτελεσματική προσέγγιση για την αναβάθμιση του ανανεώσιμου δυναμικού της χώρας, με ιδιαίτερη έμφαση στην παραγωγή αιολικής ενέργειας. Αυτό αποτελεί μέρος της συνεισφοράς της Ελλάδας στην προσπάθεια για μετάβαση προς πιο βιώσιμες πηγές ενέργειας και την επίτευξη των ενεργειακών και κλιματικών στόχων της.

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας έχει θέσει στρατηγικούς στόχους για την ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, με στόχο την περαιτέρω επέκταση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα (National Energy and Climate Plan, 2021). Ως εκ τούτου, προβλέπεται ότι η υπεράκτια αιολική ενέργεια θα αποτελέσει μεγάλο μέρος της ενεργειακής μετάβασης της Ελλάδας προς την αειφορία.

Η πρώτη άδεια για την κατασκευή υπεράκτιου αιολικού πάρκου στην Ελλάδα αναμένεται να εκδοθεί σύντομα, μετά την υποβολή της αίτησης το 2021 από την εταιρεία «Copenhagen Offshore Partners» (Energypress, 2021). Το σχέδιο αυτό είναι μια ένδειξη της δυναμικής που εμφανίζει η υπεράκτια αιολική ενέργεια στην Ελλάδα.

Τέλος, ένα ευρύτερο θέμα στρατηγικής αφορά την ανάγκη ενσωμάτωσης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στο ευρύτερο σύστημα ενέργειας της Ελλάδας, περιλαμβανομένης της διασύνδεσης με την υπάρχουσα ενεργειακή υποδομή και της επίλυσης των προκλήσεων σχετικά με την αποθήκευση και την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας (International Renewable Energy Agency, 2021).



Εικόνα 8: Κατάλληλες περιοχές για εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα

(Πηγή: Spyridonidou et al., 2020)

Στη μελέτη των Spyridonidou et al. (2020) η υπεράκτια αιολική ενέργεια αναδύεται ως σημαντική πηγή ενέργειας στην Ελλάδα, και η ανάπτυξή της απαιτεί στρατηγικό σχεδιασμό και συστηματική προσέγγιση. Με βάση την εμπειρία και την επιστημονική γνώση που υπάρχει σε διεθνές επίπεδο, αλλά και λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες της ελληνικής επικράτειας, προτάθηκε μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία στρατηγικού σχεδιασμού για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ελλάδα.

Ο στόχος αυτού του σχεδιασμού είναι να εξασφαλιστεί η ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας για τα επόμενα 25 έτη, με οικονομικά, κοινωνικοπολιτικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Προς τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ένα σύνολο είκοσι κριτηρίων (κριτήρια αποκλεισμού και αξιολόγησης) που καλύπτουν σχεδόν όλες τις οικονομικές,

κοινωνικοπολιτικές, τεχνικές και περιβαλλοντικές πτυχές που συνδέονται με αυτού του είδους τις εγκαταστάσεις και εφαρμογές. Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, πραγματοποιήθηκε μια προσεκτική ανάλυση για την αξιολόγηση της εγκατάστασης υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, χρησιμοποιώντας νέα και επινοητικά κριτήρια. Τα προτεινόμενα κριτήρια συμπεριλαμβάνουν σημαντικά γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά, όπως οι «ζώνες σεισμικού κινδύνου» και η «ηλεκτρική ζήτηση ενέργειας». Επιπλέον, έγινε χρήση του κριτηρίου «προστασίας του τοπίου/οπτικών και ακουστικών παρεμβολών», το οποίο συνδύασε άλλα δύο κριτήρια για την τοποθέτηση.

Για την αξιολόγηση των προτεινόμενων κριτηρίων, χρησιμοποιήθηκε μια αναλυτική μέθοδος που ενσωματώνει πληροφορίες από εμπειρογνώμονες σεναρίων. Με βάση τα σενάρια διαχείρισης που συνδέονται με οικονομικούς περιορισμούς, προσδιορίστηκαν οι κατάλληλες τοποθεσίες για την εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια και τα περιοριστικά στοιχεία.

Με τη βοήθεια προηγμένων τεχνολογιών ανεμογεννητριών, όπως αυτές με χωρητικότητα 5 MW, και κατάλληλων υποστηρικτικών δομών, όπως το TLB και το Hywind, πραγματοποιήθηκε η επιλογή των βέλτιστων λύσεων για κάθε τοποθεσία. Τέλος, για κάθε υπεράκτιο αιολικό πάρκο υπολογίστηκε το συνολικό κόστος επένδυσης, λαμβάνοντας υπόψη τα απαιτούμενα κεφάλαια για την κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση του πάρκου. Οι αξιολογήσεις αυτές αποτελούν το στρατηγικό πλάνο για την προώθηση και την ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, προσφέροντας πολύτιμες κατευθυντήριες γραμμές για τη μελλοντική ενεργειακή πολιτική της χώρας. Μετά την εφαρμογή των οικονομικών περιορισμών στα τρία σενάρια, επιλέγονται αντίστοιχα 11, 12 και 14 έργα υπεράκτιων αιολικών πάρκων για υλοποίηση.

Σε όλα τα σενάρια, το υπεράκτιο αιολικό πάρκο 3 παρουσιάζει τη μεγαλύτερη στρατηγική αξία ανάμεσα στα επιλεγμένα έργα, ενώ το υπεράκτιο αιολικό πάρκο 14 έχει τη χαμηλότερη αξία. Σε όλα τα σενάρια, τα έργα που επιλέγονται κοινά είναι τα υπεράκτια αιολικά πάρκα 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15 και 16. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, σε όλες τις περιπτώσεις, επιτυγχάνεται η ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας. Η υλοποίηση του δεύτερου σεναρίου συνιστάται, καθώς απαιτεί λιγότερο από 60% του συνολικού κεφαλαίου επένδυσης και παράλληλα ικανοποιεί πλήρως το όραμα και την

αποστολή του παρόντος στρατηγικού σχεδίου, εξασφαλίζοντας την ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας.

Η προτεινόμενη στρατηγική σχεδίαση για τα υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ελλάδα λειτουργεί ως οδηγός για την ανάπτυξη αυτών των πάρκων, βασιζόμενη σε πολλαπλά κριτήρια. Αυτά τα κριτήρια περιλαμβάνουν τα ειδικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης και τα ατομικά χαρακτηριστικά κάθε κατάλληλου χώρου, τις σχετικές διατάξεις του Εθνικού Σχεδίου Ενεργειακών Πόρων Ανανεώσιμης Ενέργειας, την παγκόσμια εμπειρία που έχει συσσωρευτεί στον τομέα, τη γνώμη εμπειρογνομόνων και μια εκτενή διεθνή βιβλιογραφική ανασκόπηση που εξειδικεύεται σε τέτοια θέματα.

Σε συνδυασμό με την εμπειρογνωμοσύνη και την αναλυτική προσέγγιση των κριτηρίων, προέκυψαν τα σενάρια διαχείρισης που συνδέονται με οικονομικούς περιορισμούς. Βασισμένοι σε αυτά, προτάθηκε το δεύτερο σενάριο, καθώς αποτελεί την πιο οικονομικά αποδοτική επιλογή και συμβάλλει ουσιαστικά στο επίτευγμα των στρατηγικών στόχων του πλάνου.

Συνοψίζοντας, η παραπάνω προσέγγιση προσφέρει μια στρατηγική κατεύθυνση για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα, προσανατολιζόμενη προς την ενεργειακή ανεξαρτησία και την αειφορία του ενεργειακού τομέα. Η μελετηθείσα προσέγγιση βασίζεται σε επιστημονικά δεδομένα και αναλύσεις, προσφέροντας ένα πλαίσιο για την κατάρτιση συνεκτικών ενεργειακών πολιτικών στην περιοχή της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας (Spyridonidou et al., 2020).

Για αυτό το λόγο, το παρόν άρθρο (Spyridonidou et al., 2020) δεν απλώς προτείνει συγκεκριμένες τοποθεσίες για την εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων, αλλά περιλαμβάνει μια ποικιλία παραμέτρων που έχουν εξεταστεί μέσα από ένα ευρύτερο πλαίσιο μελέτης, βασισμένο σε έναν οδηγό με σαφή στρατηγικούς στόχους. Έτσι, το παρόν στρατηγικό πλαίσιο σχεδιασμού προσφέρει τη δυνατότητα να γεφυρώσει σημαντικά κενά μεταξύ της έρευνας, της ανάπτυξης και της υλοποίησης στον τομέα της σύνθετης τοποθέτησης και αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Η μεθοδολογία που περιλαμβάνεται στο πλαίσιο περιλαμβάνει διάφορα στάδια και μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες περιοχές μελέτης και σε διάφορα επίπεδα χωροταξικού σχεδιασμού. Μέσω αυτής της προσέγγισης, επιτυγχάνεται μια συντονισμένη προσπάθεια που προωθεί την ολοκληρωμένη αξιοποίηση των ΑΠΕ και την αειφόρο ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα. Ταυτόχρονα, δίνεται έμφαση στη

διεξαγωγή κατάλληλων αναλύσεων και μελετών που στηρίζονται σε επιστημονικά κριτήρια, προσφέροντας έτσι μια πλήρη και βιώσιμη προσέγγιση για την επιτυχή υλοποίηση έργων ανανεώσιμης ενέργειας.

4.4 Ελλείψεις αιολικού δυναμικού και ανοικτής θάλασσας

Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες με ισχυρό αιολικό δυναμικό. Οι περισσότερες περιοχές της χώρας διαθέτουν ικανοποιητική ταχύτητα ανέμου καθιστώντας έτσι την αιολική ενέργεια βιώσιμη επιλογή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αιολικά πάρκα αποτελούν το 3,2% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της χώρας και βρίσκονται κυρίως στο Νότιο Αιγαίο, όπου έχουν εγκατεστημένη ισχύ 20,1 MW (Vagiona & Kamilakis, 2018). Επιπλέον, το αιολικό δυναμικό ανοικτής θάλασσας από τη Ρόδο αξιολογείται με μετεωρολογικό ιστό (Katsaprakakis & Christakis, 2014).

Παρόλα αυτά, η αιολική ενέργεια αξιοποιείται σε περιορισμένο βαθμό στην περιοχή (Vagiona & Kamilakis, 2018). Αυτό οφείλεται κυρίως στη σύνθετη και κατακερματισμένη διαδικασία αδειοδότησης της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, καθώς και στο γεγονός ότι η ανάπτυξη εγκατεστημένης ισχύος από αιολικά πάρκα σχετίζεται άμεσα με την εξέλιξη της νομοθεσίας και των κανονισμών (Katorpodis et al., 2019). Επιπλέον, η υποστήριξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) όσον αφορά τα τιμολόγια τροφοδοσίας και τις επιδοτήσεις ήταν πάντα επαρκής (Katorpodis et al., 2019) και το έργο παράγει ενέργεια χρησιμοποιώντας αιολική ενέργεια στην Ελλάδα, με ετήσια έσοδα από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας σύμφωνα με Ελληνική νομοθεσία (Katsaprakakis & Christakis, 2014).

4.4.1 Ελλείψεις στην ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα δεν έχει σημειώσει καμία πρόοδο στην ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Η έλλειψη ενός ολοκληρωμένου και εναρμονισμένου στρατηγικού σχεδίου αποτελεί το κυριότερο εμπόδιο για την αποτελεσματική και βιώσιμη αξιοποίηση του δυναμικού της αιολικής ενέργειας. Η απουσία αυτού του ολοκληρωμένου πλαισίου προσφέρει ποικίλες προκλήσεις, καθώς δεν υπάρχει συντονισμένη καθοδήγηση και πλάνο για την ανάπτυξη της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Συνεπώς, απαιτείται η ανάπτυξη μιας σφαιρικής και ολοκληρωμένης προσέγγισης, που θα βασίζεται σε επιστημονικά δεδομένα και κριτήρια, για να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά το δυναμικό της αιολικής ενέργειας. Επιπλέον, η Ελλάδα δεν μπόρεσε να προσελκύσει ιδιωτικές

επενδύσεις, είτε από ντόπιους είτε από ξένους επενδυτές, λόγω της έλλειψης σαφούς και ολοκληρωμένου πλαισίου πολιτικής που θα παρείχε εύλογο ποσοστό απόδοσης των επενδύσεων (Spyridonidou et al., 2020).

Επιπλέον, η στάση του κοινού στις νέες αιολικές εγκαταστάσεις είναι αρκετά μειωμένη στην Ελλάδα. Ως αποτέλεσμα αυτού, η αποδοχή της αιολικής ενέργειας είναι χαμηλή, περιορίζοντας έτσι την ευκαιρία για περαιτέρω επενδύσεις. Επιπλέον, η ύπαρξη μιας συγκεκριμένης μειοψηφίας που είναι σθεναρά κατά των εφαρμογών αιολικής ενέργειας, αδιαφορώντας για τυχόν οικονομικά οφέλη, είναι το πιο ενοχλητικό αποτέλεσμα. Αυτό έχει προκαλέσει καθυστέρηση στην υλοποίηση έργων υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, οδηγώντας σε αναποτελεσματική χρήση του αιολικού δυναμικού στην Ελλάδα (Spyridonidou et al., 2020).

4.4.2 Τεχνολογία και επενδύσεις που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη υπεράκτιων έργων αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Για την αξιοποίηση των δυνατοτήτων του τομέα υπεράκτιων αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, έχει προταθεί μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών έργων (Spyridonidou & Vagiona, 2020; Spyridonidou et al., 2020). Αυτή η μεθοδολογία αποτελείται από πέντε στάδια (Spyridonidou et al., 2020), τα οποία περιλαμβάνουν τον καθορισμό ενός οράματος/αποστολής, τον προσδιορισμό κατάλληλων περιοχών για χωροθέτηση, τον προσδιορισμό της διάταξης των υπεράκτιων αιολικών πάρκων (OWF), τον υπολογισμό του συνολικού κόστους επένδυσης και την ανάλυση χαρτοφυλακίου (Spyridonidou & Vagiona, 2020).

Με την ενσωμάτωση τεχνολογιών τηλεπισκόπησης, GIS και λογισμικού Ινστιτούτου Στατιστικής Σχεδιασμού, η μεθοδολογία επιδιώκει να εντοπίσει περιοχές με το υψηλότερο δυναμικό αιολικής ενέργειας. Επιπλέον, η χρήση τεχνολογιών βαθιάς ανοικτής θάλασσας όπως οι πλωτοί στρόβιλοι θα μπορούσε να βοηθήσει στην εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας σε περιοχές με κρίσιμες βαθυμετρικές συνθήκες (Satir et al., 2018).

Κατά συνέπεια, η μέθοδος θα μπορούσε να βοηθήσει την Ελλάδα να επιτύχει τους εθνικούς της ενεργειακούς στόχους, καθώς και να παράσχει στην κυβέρνηση έναν δείκτη καταλληλότητας θαλάσσιων τοποθεσιών και μια αξιολόγηση των επιπτώσεων

των προσανατολισμών πολιτικής στον δείκτη (Spyridonidou & Vagiona, 2020). Επιπλέον, η μελέτη εντόπισε μια υποπεριοχή με μέγιστη κλίση ταχύτητας παράκτιου ανέμου στην Περιφέρεια Ενδιαφέροντος (ROI) στο Ιόνιο Πέλαγος, επιτρέποντας την εκμετάλλευση του δυναμικού αιολικής ενέργειας στη Μεσόγειο, το οποίο είχε περιοριστεί λόγω της κρίσιμης βαθυμετρίας. Τέλος, το προτεινόμενο στρατηγικό σχέδιο για υπεράκτια αιολικά έργα πρότεινε συνολικό επενδυτικό κόστος 2,6 δισ. ευρώ και υπολογίστηκε ότι μέσω της υλοποίησης μόνο του 60% του συνολικού επενδυτικού κεφαλαίου, υψηλά οικονομικά, κοινωνικοπολιτικά και περιβαλλοντικά οφέλη θα μπορούσε να επιτευχθεί (Spyridonidou et al., 2020).

4.5 Προβλήματα και Προοπτικές Ανάπτυξης Αιολικής Ενέργειας

4.5.1. Προβλήματα που συνδέονται με την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ελκυστική επιλογή για την Ελλάδα, ωστόσο υπάρχουν ορισμένα προβλήματα που σχετίζονται με την ανάπτυξή της. Αυτά τα ζητήματα περιλαμβάνουν διαλείμματα, έλλειψη λύσεων αποθήκευσης ενέργειας, έλλειψη σταθερών και μακροπρόθεσμων πολιτικών, γραφειοκρατικά εμπόδια, καθυστερήσεις, αντίθεση από τις τοπικές κοινωνίες, περιβαλλοντικές ανησυχίες και χρηματοδότηση (Mondol & Koumpetsos, 2013; Infield & Freris, 2020).

Οι περισσότερες από τις αιτήσεις για νέα αιολικά πάρκα βρίσκονται σε τρεις συγκεκριμένες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας, ωστόσο η αιολική ενσωμάτωση σε αυτές τις περιοχές θα είναι εξαιρετικά δύσκολη λόγω της γεωγραφικής κατανομής και του μεγέθους τους (Kabouris & Hatziaargyriou, 2006; Infield & Freris, 2020). Επιπλέον, οι αδύναμοι διάδρομοι μεταφοράς που συνδέουν τις περιοχές με το σύστημα μεταφοράς χύδην απαιτούν σχέδια για την ενίσχυση του δικτύου (Kabouris & Hatziaargyriou, 2006).

Η έλλειψη σαφούς ρυθμιστικού πλαισίου έχει προκαλέσει καθυστερήσεις στα έργα αιολικής ενέργειας, ενώ η αντίθεση του κοινού παρεμπόδισε την πρόοδο (Mondol & Koumpetsos, 2013). Αν και υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τις προκλήσεις και τις πιθανές λύσεις που σχετίζονται με την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη,

δεν είναι σαφές εάν κάποια από αυτές αφορά την Ελλάδα (Infield & Freris, 2020). Η εργασία εξετάζει τις εξελίξεις της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα και τα σχετικά προβλήματα και πιθανές λύσεις (Krystalidis, 2022).

4.5.2 Πώς η επένδυση σε υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ελλάδα θα βοηθήσει άλλους τομείς

Η επένδυση σε υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ελλάδα μπορεί να βοηθήσει άλλους τομείς με πολλούς τρόπους. Πρώτον, μπορεί να δώσει ώθηση στον τομέα της αιολικής ενέργειας (Dimitropoulos & Kontoleon, 2009). Δεύτερον, μπορεί να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για τις τοπικές αρχές και τους σχεδιαστές για τον καθορισμό περιοχών για πιθανές νέες επενδύσεις αιολικών πάρκων (Latinopoulos & Kechagia, 2015). Επιπλέον, οι χώρες που επενδύουν στην αιολική ενέργεια μπορούν να επωφεληθούν από μια σταθερή, κερδοφόρα και χαμηλού κινδύνου επένδυση (Mostafaeiour, 2010a). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μπορούν να δημιουργηθούν αισθητικές διαταραχές και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα με άλλους τομείς (Taoufik & Fekri, 2021).

Ως εκ τούτου, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα πρέπει να επενδύσουν και να δώσουν μεγαλύτερη προσοχή σε παράγοντες που προκαλούν προβλήματα στις υπεράκτιες αιολικές επενδύσεις, καθώς θα μπορούσαν ενδεχομένως να αυξήσουν το κόστος του αιολικού πάρκου (Mostafaeiour, 2010b). Αυτό καθιστά απαραίτητη την επένδυση σε ένα αιολικό πάρκο πριν από την επένδυση, για την παροχή της βέλτιστης λύσης στο πρόβλημα (Ioannou et al., 2019). Για να γίνει αυτό, χρειάζεται να αναλυθεί η εξέλιξη της διαδικασίας χορήγησης επενδύσεων και οι τεχνολογικές προκλήσεις, όπως η διάταξη του αιολικού πάρκου και άλλες δομές υποστήριξης (Díaz & Guedes Soares, 2020; Katorpodis et al., 2019). Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να αυξηθεί η ελκυστικότητα της υπεράκτιας αιολικής βιομηχανίας για μελλοντικούς επενδυτές (Díaz & Guedes Soares, 2020).

Επί του παρόντος, πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο έχουν επενδύσει στον τομέα της αιολικής ενέργειας λόγω των δυνατοτήτων παραγωγής ενέργειας (Kaldellis & Kapsali, 2013). Επιπλέον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να βελτιώσουν τη στάση του κοινού απέναντι στις νέες αιολικές εγκαταστάσεις (Mostafaeiour, 2010a). Σε μια μελέτη χερσαίου χωροταξικού σχεδιασμού αιολικών πάρκων για την Κοζάνη, Ελλάδα,

(Mahdy & Bahaj, 2018), είναι δυνατό να εντοπιστούν τα προβλήματα και τα διαφορετικά κριτήρια για τους ανθρώπους και τους δημόσιους τομείς να επενδύσουν σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

4.5.3 Τάσεις, νομοθεσία και κανονισμοί επηρεάζουν την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα υπόκειται σε τάσεις, νομοθεσία και κανονισμούς. Η περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης στην Ελλάδα έχει προσδιοριστεί ως κατάλληλη τοποθεσία για εγκατάσταση αιολικών πάρκων (Ioannou et al., 2019). Επιπλέον, η εφαρμογή της μεθοδολογίας του Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων, ειδικά των AHP και TOPSIS, μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή θέσεων εγκατάστασης αιολικών πάρκων. Ωστόσο, λόγω των περιορισμών της τοπικής νομοθεσίας, τα αιολικά πάρκα δεν μπορούν να εγκατασταθούν σε ορισμένες περιοχές. Για παράδειγμα, το Καταστατικό 49828/2008 όπως εκδόθηκε στο ΦΕΚ Β 2464 είναι μια σχετική ρύθμιση που επηρεάζει την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα (Ioannou et al., 2019).

Για το σκοπό αυτό, η προτεινόμενη μεθοδολογία θα εφαρμοστεί σε νομό της βόρειας Ελλάδας για τον καθορισμό των βέλτιστων θέσεων εγκατάστασης αιολικών πάρκων. Αυτή η μεθοδολογία συνδυάζει όλα τα κριτήρια που επηρεάζουν τη θέση ενός αιολικού πάρκου με την εθνική νομοθεσία. Πράγματι, η νομοθεσία επηρεάζει τη θέση των αιολικών πάρκων στην Ελλάδα και η αρχική επιλογή των περιοχών για εγκατάσταση αιολικών πάρκων προβλέπεται από την εφαρμογή της νομοθεσίας (Ioannou et al., 2019). Είναι προφανές ότι η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα υπόκειται σε τάσεις, νομοθεσία και κανονισμούς.

4.6 Σύγκριση της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα με την υπόλοιπη Ευρώπη- Επενδυτική Υποστήριξη

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια έχει γίνει πλέον ένα από τα πιο γρήγορα αναπτυσσόμενα τμήματα της ενεργειακής βιομηχανίας στην Ευρώπη, με πολλές χώρες να επενδύουν μεγάλα κεφάλαια στην κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων (WindEurope, 2022). Σε σύγκριση, η Ελλάδα είναι ακόμη στα πρώτα στάδια ανάπτυξης αυτής της

τεχνολογίας, με την πρώτη υπεράκτια αιολική εγκατάσταση να προγραμματίζεται για επέκταση στην Αιγαίο θάλασσα (EnergyPress, 2023).

Η Ευρώπη έχει παράδειγμα για την επένδυση στην υπεράκτια αιολική ενέργεια με χώρες όπως η Δανία, η Ολλανδία και το Ηνωμένο Βασίλειο να ηγούνται της ανάπτυξης. Αυτές οι χώρες έχουν δημιουργήσει ένα θετικό περιβάλλον για επενδύσεις, συμπεριλαμβανομένων ευνοϊκών νομοθετικών πλαισίων, δημόσιας υποστήριξης και υποδομών σύνδεσης στο δίκτυο (WindEurope, 2022).

Αν και η Ελλάδα βρίσκεται ακόμη στα αρχικά στάδια της υπεράκτιας αιολικής ανάπτυξης, υπάρχουν θετικές ενδείξεις για το μέλλον. Η κυβέρνηση έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για την ανανεώσιμη ενέργεια στο Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας και Κλίματος (Zervas et al., 2021), και η πρόσφατη σύναψη συμφωνίας με την Κοπεγχάγη Offshore Partners για την κατασκευή του πρώτου υπεράκτιου αιολικού πάρκου της χώρας αποτελεί ένα θετικό βήμα προόδου (EnergyPress, 2022). Τέλος, η ΕΕ έχει επίσης διαθέσιμα χρηματοδοτικά μέσα, όπως το Ευρωπαϊκό Ταμείο για Στρατηγικές Επενδύσεις (EFSD, 2020), που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την επιτάχυνση της ανάπτυξης της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.

4.6.1 Πιθανές στρατηγικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενθάρρυνση των επενδύσεων στην αιολική ενέργεια στην Ελλάδα

Προκειμένου να ενθαρρυνθούν οι επενδύσεις στον τομέα της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, θα πρέπει να εφαρμοστούν στρατηγικές για τη διασφάλιση της ποιοτικής κατανομής του αιολικού δυναμικού σε ολόκληρη τη χώρα. Μια τέτοια στρατηγική είναι η επέκταση του δικτύου, η οποία μπορεί να συνδυαστεί με χωροταξικό σχεδιασμό για την περαιτέρω υποστήριξη της παραγωγής αιολικής ενέργειας. Επιπλέον, η μεγάλης κλίμακας υποδομή αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση αιολικής ενέργειας όταν είναι υπερβολική και για την τροφοδοσία του δικτύου όταν εμφανίζονται ενεργειακά ελλείμματα (Zafirakis et al., 2013).

Επιπρόσθετα, οι στρατηγικές χωροταξικού σχεδιασμού θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη σημασία της διάσπαρτης παραγωγής αιολικής ενέργειας. Αυτές οι στρατηγικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό των καταλληλότερων περιοχών για επενδύσεις αιολικής ενέργειας (Zafirakis et al., 2013).

Συμπεράσματα

Η χερσαία αιολική ενέργεια αποτελεί σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα. Σε ό,τι αφορά την Ευρώπη, υπάρχει σημαντική εγκατεστημένη ισχύς αιολικών πάρκων σε διάφορες χώρες, όπως Γερμανία, Ισπανία, Ηνωμένο Βασίλειο και Γαλλία. Αυτές οι χώρες έχουν επενδύσει σημαντικά στην ανάπτυξη της χερσαίας αιολικής ενέργειας και έχουν επωφεληθεί από τις θετικές επιπτώσεις της.

Στην Ελλάδα, η χερσαία αιολική ενέργεια έχει επίσης αναπτυχθεί σημαντικά. Υπάρχουν αιολικά πάρκα σε διάφορες περιοχές της χώρας, όπως στα νησιά του Αιγαίου, την Κρήτη και την Πελοπόννησο. Η Ελλάδα έχει εκμεταλλευτεί το μεγάλο δυναμικό των ανέμων της και έχει προωθήσει την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας ως μέρος του ενεργειακού της μείγματος.

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια αναπτύσσεται επίσης σημαντικά στην Ευρώπη. Χώρες όπως η Γερμανία, η Ηνωμένο Βασίλειο, η Δανία, η Ολλανδία και η Βέλγιο έχουν εγκαταστήσει μεγάλες ανεμογεννήτριες στη θάλασσα, εκμεταλλευόμενες το δυναμικό των ανέμων στην υπεράκτια περιοχή. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια προσφέρει το πλεονέκτημα της πιο σταθερής και ισχυρής ανεμοδυναμικής, καθιστώντας την πιο αποδοτική σε σχέση με τη χερσαία αιολική ενέργεια.

Στην Ελλάδα, η υπεράκτια αιολική ενέργεια είναι ακόμη σε πιο αναπτυξιακό στάδιο. Η χώρα διαθέτει σημαντικό ανεκμετάλλευτο δυναμικό στη θάλασσα, το οποίο αποτελεί ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Συγκεκριμένα, υπάρχουν σχέδια για την εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων στο Ιόνιο και το Αιγαίο Πέλαγος, τα οποία αναμένεται να συμβάλουν στην αύξηση της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας στη χώρα. Η εκμετάλλευση των υπεράκτιων περιοχών ανοίγει νέες προοπτικές για τη βιώσιμη ανάπτυξη του τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την επίτευξη των ενεργειακών στόχων της χώρας. Πρόκειται για μια στρατηγική επιλογή που συνάδει με τις διεθνείς τάσεις και αποτελεί σημαντικό βήμα προς την ανάπτυξη μιας βιώσιμης και περιβαλλοντικά φιλικής ενεργειακής πολιτικής..

Η υπεράκτια αιολική ενέργεια έχει τεράστιο δυναμικό για την Ευρώπη και την Ελλάδα. Οι υψηλότερες ταχύτητες ανέμου στη θάλασσα προσφέρουν ισχυρότερη και πιο σταθερή παραγωγή ενέργειας σε σύγκριση με τη χερσαία αιολική ενέργεια. Επιπλέον,

η υπεράκτια αιολική ενέργεια μπορεί να τοποθετηθεί σε μεγάλες αποστάσεις από τις ακτές, εκμεταλλευόμενη τους ισχυρούς ανέμους στο βαθύ νερό.

Τόσο η Ευρώπη όσο και η Ελλάδα έχουν αναγνωρίσει τη σημασία της υπεράκτιας αιολικής ενέργειας και έχουν θέσει στόχους για την αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος. Πολλές χώρες στην Ευρώπη έχουν ήδη εγκαταστήσει μεγάλα υπεράκτια αιολικά πάρκα και συνεχίζουν να αναπτύσσουν νέα έργα. Στην Ελλάδα, η κυβέρνηση έχει δεσμευθεί να επενδύσει στην υπεράκτια αιολική ενέργεια και έχει ξεκινήσει την εκπόνηση σχεδίων και την προώθηση διαγωνισμών για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια παρέχει μια βιώσιμη και αποδοτική λύση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την εξάρτηση από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Βιβλιογραφία

- Adams, S., & Nsiah, C. (2019). Reducing carbon dioxide emissions; Does renewable energy matter? *Science of the Total Environment*, 693, 133288.
- Aitken, M. (2010). Wind power and community benefits: Challenges and opportunities. *Energy policy*, 38(10), 6066-6075.
- Akbari, N., Jones, D., & Treloar, R. (2020). A cross-European efficiency assessment of offshore wind farms: A DEA approach. *Renewable Energy*, 151, 1186–1195.
- Argenti, N., & Knight, D. M. (2015). Sun, wind, and the rebirth of extractive economies: renewable energy investment and metanarratives of crisis in Greece. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 21(4), 781–802.
- Ascione, F., Bianco, N., De Stasio, C., Mauro, G. M., & Vanoli, G. P. (2016). Simulation-based model predictive control by the multi-objective optimization of building energy performance and thermal comfort. *Energy and Buildings*, 111, 131–144.
- Aslani, A., & Wong, K.-F. V. (2014). Analysis of renewable energy development to power generation in the United States. *Renewable Energy*, 63, 153–161.
- Bento, J. P. C. & Moutinho, V. (2016). CO2 emissions, non-renewable and renewable electricity production, economic growth, and international trade in Italy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 142-155.
- Bilgili, M., Yasar, A., & Simsek, E. (2011). Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 905–915.
- Bilgili, M., Yasar, A., & Simsek, E. (2011). Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 905–915.
- Bórawski, P., Bełdycka-Bórawska, A., Jankowski, K. J., Dubis, B., & Dunn, J. W. (2020). Development of wind energy market in the European Union. *Renewable Energy*, 161, 691–700.

- Breton, S.-P., & Moe, G. (2009). Status, plans and technologies for offshore wind turbines in Europe and North America. *Renewable Energy*, 34(3), 646–654.
- Breton, S.-P., & Moe, G. (2009). Status, plans and technologies for offshore wind turbines in Europe and North America. *Renewable Energy*, 34(3), 646–654.
- Clausen, L. T., & Rudolph, D. (2020). Renewable energy for sustainable rural development: Synergies and mismatches. *Energy Policy*, 138, 111289.
- Dai, J., Yang, X., & Wen, L. (2018). Development of wind power industry in China: A comprehensive assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 97, 156–164.
- DeCastro, M., Salvador, S., Gómez-Gesteira, M., Costoya, X., Carvalho, D., Sanz-Larruga, F. J., & Gimeno, L. (2019). Europe, China and the United States: Three different approaches to the development of offshore wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109, 55–70.
- Del Río, P., & Burguillo, M. (2009). An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1314–1325.
- Delicado, A., Figueiredo, E., & Silva, L. (2016). Community perceptions of renewable energies in Portugal: Impacts on environment, landscape and local development. *Energy Research & Social Science*, 13, 84–93.
- Díaz, H., & Guedes Soares, C. (2020). Review of the current status, technology and future trends of offshore wind farms. *Ocean Engineering*, 209, 107381.
- Díaz, H., & Guedes Soares, C. (2020). Review of the current status, technology and future trends of offshore wind farms. *Ocean Engineering*, 209, 107381.
- Dimitropoulos, A., & Kontoleon, A. (2009). Assessing the determinants of local acceptability of wind-farm investment: A choice experiment in the Greek Aegean Islands. *Energy Policy*, 37(5), 1842–1854.
- Dogan, E., Hodžić, S., & Šikić, T. F. (2023). Do energy and environmental taxes stimulate or inhibit renewable energy deployment in the European Union? *Renewable Energy*, 202, 1138–1145.

Dudley, B. (2018). BP statistical review of world energy. *BP Statistical Review, London, UK, accessed Aug, 6(2018), 00116.*

Dusonchet, L., Favuzza, S., Massaro, F., Telaretti, E., & Zizzo, G. (2019). Technological and legislative status point of stationary energy storages in the EU. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 101, 158–167.*

EFSI (2020). European fund for strategic investments. <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/investment-plan/strategic-investments-fund/>

Elavarasan, R. M. (2019). The Motivation for Renewable Energy and its Comparison with Other Energy Sources: A Review. *European Journal of Sustainable Development Research, 3(1), em0076.*

Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39, 748–764.*

Energypress (2022). Copenhagen Offshore Partners. <https://energypress.eu/tag/copenhagen-offshore-partners/>

Enevoldsen, P., & Jacobson, M. Z. (2021). Data investigation of installed and output power densities of onshore and offshore wind turbines worldwide. *Energy for Sustainable Development, 60, 40–51.*

Enevoldsen, P., & Valentine, S. V. (2016). Do onshore and offshore wind farm development patterns differ? *Energy for Sustainable Development, 35, 41–51.*

European Commission (2020b). The European Green Deal. Brussels, Belgium: European Commission.

European Commission (2020b). The European Green Deal. Brussels, Belgium: European Commission.

European Commission. (2020a). Offshore renewable energy. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/offshore-renewable-energy_en

European Commission. (2020a). Offshore renewable energy. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/offshore-renewable-energy_en

Foley, A. M., Leahy, P. G., Marvuglia, A., & McKeogh, E. J. (2012). Current methods and advances in forecasting of wind power generation. *Renewable Energy*, 37(1), 1–8.

Greiner, P. T., York, R., & McGee, J. A. (2018). Snakes in The Greenhouse: Does increased natural gas use reduce carbon dioxide emissions from coal consumption?. *Energy Research & Social Science*, 38, 53-57.

Grodal, S., & O'Mahony, S. (2017). How does a grand challenge become displaced? Explaining the duality of field mobilization. *Academy of Management Journal*, 60(5), 1801-1827.

Guo, S., Liu, Q., Sun, J., & Jin, H. (2018). A review on the utilization of hybrid renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 1121-1147.

Guo, Y., Wang, H., & Lian, J. (2022). Review of integrated installation technologies for offshore wind turbines: Current progress and future development trends. *Energy Conversion and Management*, 255, 115319.

Haggett, C. (2011). Understanding public responses to offshore wind power. *Energy Policy*, 39(2), 503–510.

Hand, B., & Cashman, A. (2020). A review on the historical development of the lift-type vertical axis wind turbine: From onshore to offshore floating application. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 38, 100646.

Harjanne, A., & Korhonen, J. M. (2019). Abandoning the concept of renewable energy. *Energy Policy*, 127, 330–340.

Heard, B. P., Brook, B. W., Wigley, T. M. L., & Bradshaw, C. J. A. (2017). Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1122–1133.

Hellenic Petroleum (2021). «*Hellenic Petroleum shows interest in offshore wind energy*». Athens, Greece: Hellenic Petroleum.

Heras-Saizarbitoria, I., Sáez, L., Allur, E., & Morandeira, J. (2018). The emergence of renewable energy cooperatives in Spain: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 1036-1043.

Hevia-Koch, P., & Klinge Jacobsen, H. (2019). Comparing offshore and onshore wind development considering acceptance costs. *Energy Policy*, 125, 9–19.

Huang, J., & McElroy, M. B. (2015). A 32-year perspective on the origin of wind energy in a warming climate. *Renewable Energy*, 77, 482–492.

IEA. (2018). Available at: <https://www.iea.org/weo2017/>

Inês, C., Guilherme, P. L., Esther, M.-G., Swantje, G., Stephen, H., & Lars, H. (2020). Regulatory challenges and opportunities for collective renewable energy prosumers in the EU. *Energy Policy*, 138, 111212.

Infield, D., & Freris, L. (2020). Renewable energy in power systems. John Wiley & Sons. <https://elcom-hu.com/Subjects/Electrical/4-5year/conversion/renewable-reference-book-3.pdf>

Ioannou, K., Tsantopoulos, G., & Arabatzis G. (2019). A Decision Support System methodology for selecting wind farm installation locations using AHP and TOPSIS: Case study in Eastern Macedonia and Thrace region, Greece. *Energy Policy*, 132, 232–246.

Islam, M. R., Mekhilef, S., & Saidur, R. (2013). Progress and recent trends of wind energy technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 456–468.

Jensen, C. U., Panduro, T. E., Lundhede, T. H., Nielsen, A. S. E., Dalsgaard, M., & Thorsen, B. J. (2018). The impact of on-shore and off-shore wind turbine farms on property prices. *Energy Policy*, 116, 50–59.

Jiang, Y., Xu, J., Sun, Y., Wei, C., Wang, J., Liao, S., ... & Peng, X. (2018). Coordinated operation of gas-electricity integrated distribution system with multi-CCHP and distributed renewable energy sources. *Applied energy*, 211, 237-248.

Johansen, K. (2021). Blowing in the wind: A brief history of wind energy and wind power technologies in Denmark. *Energy Policy*, 152, 112139.

Jurasz, J., Canales, F. A., Kies, A., Guezgouz, M., & Beluco, A. (2020). A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions. *Solar Energy*, 195, 703–724.

- Kabouris, J., & Hatziargyriou, N. (2006). Wind power in Greece - current situation future developments and prospects. *2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting*.
- Kaldellis, J. K., & Kapsali, M. (2013). Shifting towards offshore wind energy—Recent activity and future development. *Energy Policy*, 53, 136–148.
- Kaldellis, J. K., & Kapsali, M. (2013). Shifting towards offshore wind energy—Recent activity and future development. *Energy Policy*, 53, 136–148.
- Kaldellis, J. K., & Kapsali, M. (2013). Shifting towards offshore wind energy—Recent activity and future development. *Energy Policy*, 53, 136–148.
- Kaldellis, J. K., & Zafirakis, D. (2011). The wind energy (r)evolution: A short review of a long history. *Renewable Energy*, 36(7), 1887–1901.
- Kanellakis, M., Martinopoulos, G., & Zachariadis, T. (2013). European energy policy—A review. *Energy Policy*, 62, 1020-1030.
- Kaplan, Y. A. (2015). Overview of wind energy in the world and assessment of current wind energy policies in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 562–568.
- Karytsas, S., & Theodoropoulou, H. (2014). Socioeconomic and demographic factors that influence publics' awareness on the different forms of renewable energy sources. *Renewable Energy*, 71, 480–485.
- Katopodis, T., Vlachogiannis, D., Politi, N., Gounaris, N., Karozis, S., & Sfetsos, A. (2019). Assessment of climate change impacts on wind resource characteristics and wind energy potential in Greece. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 11(6), 066502.
- Katsaprakakis, D. Al., & Christakis, D. G. (2014). Seawater pumped storage systems and offshore wind parks in islands with low onshore wind potential. A fundamental case study. *Energy*, 66, 470–486.
- Kern, F. & Rogge, K. S. (2016). The pace of governed energy transitions: Agency, international dynamics and the global Paris agreement accelerating decarbonisation processes?. *Energy Research & Social Science*, 22, 13-17.

- Kontogianni, A., Tourkolias, C., Skourtos, M., & Damigos, D. (2014). Planning globally, protesting locally: Patterns in community perceptions towards the installation of wind farms. *Renewable Energy*, 66, 170-177.
- Krystalidis, D. (2022). Wind Energy in Greece: Economic Analysis.
- Latinopoulos, D., & Kechagia, K. (2015). A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece. *Renewable Energy*, 78, 550–560.
- Li, R., & Jin, Y. (2018). A wind speed interval prediction system based on multi-objective optimization for machine learning method. *Applied Energy*, 228, 2207–2220.
- Liang, Y., Yu, B., & Wang, L. (2019). Costs and benefits of renewable energy development in China's power industry. *Renewable Energy*, 131, 700–712.
- Liu, H., Li, Y., Duan, Z., & Chen, C. (2020a). A review on multi-objective optimization framework in wind energy forecasting techniques and applications. *Energy Conversion and Management*, 224, 113324.
- Liu, P., et al. (2020b). Optimization of offshore wind power operational strategy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124.
- Mahdy, M., & Bahaj, A. S. (2018). Multi criteria decision analysis for offshore wind energy potential in Egypt. *Renewable Energy*, 118, 278–289.
- Ming, Z., Dan, D., Wuyang, Z. & Lisheng, F. (2018). Nonrenewable energy efficiency optimization in energy harvesting relay assisted systems. *Physical Communication*, 1-25.
- Mirasgedis, S., Tourkolias, C., Tzovla, E., & Diakoulaki, D. (2014). Valuing the visual impact of wind farms: An application in South Evia, Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 296-311.
- Mondol, J. D., & Koumpetsos, N. (2013). Overview of challenges, prospects, environmental impacts and policies for renewable energy and sustainable development in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 431–442.

- Montoya, F. G., Aguilera, M. J., & Manzano-Agugliaro, F. (2014). Renewable energy production in Spain: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 509–531.
- Morthorst, P. E., & Kitzing, L. (2016). Economics of building and operating offshore wind farms. *Offshore Wind Farms*, 9–27.
- Mostafaeipour, A. (2010a). Productivity and development issues of global wind turbine industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(3), 1048–1058.
- Mostafaeipour, A. (2010b). Feasibility study of offshore wind turbine installation in Iran compared with the world. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 1722–1743.
- Munday, M., Bristow, G., & Cowell, R. (2011). Wind farms in rural areas: How far do community benefits from wind farms represent a local economic development opportunity? *Journal of Rural Studies*, 27(1), 1–12.
- Musiał, W., Zioło, M., Luty, L., & Musiał, K. (2021). Energy Policy of European Union Member States in the Context of Renewable Energy Sources Development. *Energies*, 14(10), 2864.
- Nazir, M. S., Bilal, M., Sohail, H. M., Liu, B., Chen, W., & Iqbal, H. M. N. (2020). Impacts of renewable energy atlas: Reaping the benefits of renewables and biodiversity threats. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(41), 22113–22124.
- Ntanos, S., Kyriakopoulos, G., Chalikias, M., Arabatzis, G., & Skordoulis, M. (2018). Public perceptions and willingness to pay for renewable energy: A case study from Greece. *Sustainability*, 10(3), 687.
- Oikonomou, E. K., Kiliyas, V., Goumas, A., Rigopoulos, A., Karakatsani, E., Damasiotis, M., ... & Marini, N. (2009). Renewable energy sources (RES) projects and their barriers on a regional scale: The case study of wind parks in the Dodecanese islands, Greece. *Energy Policy*, 37(11), 4874–4883.
- Paiano, A., & Lagioia, G. (2016). Energy potential from residual biomass towards meeting the EU renewable energy and climate targets. The Italian case. *Energy Policy*, 91, 161–173.

- Papadelis, S., Stavrakas, V., & Flamos, A. (2016). What Do Capacity Deployment Rates Tell Us about the Efficiency of Electricity Generation from Renewable Energy Sources Support Measures in Greece? *Energies*, 9(1), 38.
- Peng, L., Liu, F., Zhou, M., Li, M., Zhang, Q., & Mauzerall, D. L. (2021). Alternative-energy-vehicles deployment delivers climate, air quality, and health co-benefits when coupled with decarbonizing power generation in China. *One Earth*, 4(8), 1127–1140.
- Perveen, R., Kishor, N., & Mohanty, S. R. (2014). Off-shore wind farm development: Present status and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 780–792.
- Pillot, B., Muselli, M., Poggi, P., & Dias, J. B. (2019). Historical trends in global energy policy and renewable power system issues in Sub-Saharan Africa: The case of solar PV. *Energy policy*, 127, 113-124.
- Razmjoo, A., Gakenia Kaigutha, L., Vaziri Rad, M. A., Marzband, M., Davarpanah, A., & Denai, M. (2021). A Technical analysis investigating energy sustainability utilizing reliable renewable energy sources to reduce CO2 emissions in a high potential area. *Renewable Energy*, 164, 46–57.
- Reddy, V. R., Uitto, J. I., Frans, D. R., & Matin, N. (2006). Achieving global environmental benefits through local development of clean energy? The case of small hilly hydel in India. *Energy Policy*, 34(18), 4069–4080.
- Roga, S., Bardhan, S., Kumar, Y., & Dubey, S. K. (2022). Recent technology and challenges of wind energy generation: A review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102239.
- RWE. (2022). *RWE and Hellenic Petroleum join forces to develop offshore wind in Greece*. Rwe.com. <https://www.rwe.com/en/press/rwe-renewables/2022-07-04-offshore-greece/>
- Sahin, A. (2004). Progress and recent trends in wind energy. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(5), 501–543.
- Sakka, E. G., Bilionis, D. V., Vamvatsikos, D., & Gantes, C. J. (2020). Onshore wind farm siting prioritization based on investment profitability for Greece. *Renewable Energy*, 146, 2827-2839.

- Samuel, A., Eden, K. and Alfred, A. (2018). Renewable energy regime type and economic growth. *Renewable Energy*, 125, 755-767.
- Satir, M., Murphy, F., & McDonnell, K. (2018). Feasibility study of an offshore wind farm in the Aegean Sea, Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2552–2562.
- Satir, M., Murphy, F., & McDonnell, K. (2018). Feasibility study of an offshore wind farm in the Aegean Sea, Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2552–2562.
- Shafiee, M. (2015). Maintenance logistics organization for offshore wind energy: Current progress and future perspectives. *Renewable Energy*, 77, 182–193.
- Shivakumar, A., Dobbins, A., Fahl, U., & Singh, A. (2019). Drivers of renewable energy deployment in the EU: An analysis of past trends and projections. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100402.
- Simionescu, M., Păuna, C. B., & Diaconescu, T. (2020). Renewable Energy and Economic Performance in the Context of the European Green Deal. *Energies*, 13(23), 6440.
- Simionescu, M., Strielkowski, W., & Tvaronavičienė, M. (2020). Renewable Energy in Final Energy Consumption and Income in the EU-28 Countries. *Energies*, 13(9), 2280.
- Soares-Ramos, E. P. P., de Oliveira-Assis, L., Sarrias-Mena, R., & Fernández-Ramírez, L. M. (2020). Current status and future trends of offshore wind power in Europe. *Energy*, 202, 117787.
- Spyridonidou, S., & Vagiona, D. G. (2020). Spatial energy planning of offshore wind farms in Greece using GIS and a hybrid MCDM methodological approach. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 5(2).
- Spyridonidou, S., Vagiona, D. G., & Loukogeorgaki, E. (2020). Strategic Planning of Offshore Wind Farms in Greece. *Sustainability*, 12(3), 905.
- Spyridonidou, S., Vagiona, D. G., & Loukogeorgaki, E. (2020). Strategic planning of offshore wind farms in Greece. *Sustainability*, 12(3), 905.

- Stram, B. N. (2016). Key challenges to expanding renewable energy. *Energy Policy*, 96, 728–734.
- Sun, X., Huang, D., & Wu, G. (2012). The current state of offshore wind energy technology development. *Energy*, 41(1), 298–312.
- Sun, X., Huang, D., & Wu, G. (2012). The current state of offshore wind energy technology development. *Energy*, 41(1), 298–312.
- Taibi, E., Gielen, D., & Bazilian, M. (2012). The potential for renewable energy in industrial applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 735–744.
- Taoufik, M., & Fekri, A. (2021). GIS-based multi-criteria analysis of offshore wind farm development in Morocco. *Energy Conversion and Management: X*, 11, 100103.
- Tolón-Becerra, A., Lastra-Bravo, X., & Bienvenido-Bárcena, F. (2011). Proposal for territorial distribution of the EU 2020 political renewable energy goal. *Renewable Energy*, 36(8), 2067–2077.
- Tutak, M., Brodny, J., & Bindzár, P. (2021). Assessing the Level of Energy and Climate Sustainability in the European Union Countries in the Context of the European Green Deal Strategy and Agenda 2030. *Energies*, 14(6), 1767.
- Vagiona, D. G., & Karapanagiotidou, X. (2019). Strategic environmental impact assessment for onshore windfarm siting in Greece. *Environments*, 6(8), 94.
- Vagiona, D., & Kamilakis, M. (2018). Sustainable Site Selection for Offshore Wind Farms in the South Aegean—Greece. *Sustainability*, 10(3), 749.
- Vázquez Hernández, C., Serrano González, J., & Fernández-Blanco, R. (2019). New method to assess the long-term role of wind energy generation in reduction of CO2 emissions – Case study of the European Union. *Journal of Cleaner Production*, 207, 1099–1111.
- Verbruggen, A., Fishedick, M., Moomaw, W., Weir, T., Nadaï, A., Nilsson, L. J., Nyboer, J., & Sathaye, J. (2010). Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. *Energy Policy*, 38(2), 850–861.
- Wang, S., Wang, S., & Liu, J. (2019). Life-cycle green-house gas emissions of onshore and offshore wind turbines. *Journal of Cleaner Production*, 210, 804–810.

- Wang, Z., Guo, Y., & Wang, H. (2022). Review on Monitoring and Operation-Maintenance Technology of Far-Reaching Sea Smart Wind Farms. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(6), 820.
- Williams, E., Hittinger, E., Carvalho, R., & Williams, R. (2017). Wind power costs expected to decrease due to technological progress. *Energy Policy*, 106, 427-435.
- WindEurope (2022). *Offshore wind in Europe - key trends and statistics 2020*. <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/offshore-wind-in-europe-key-trends-and-statistics-2020/>
- Xu, X., Wei, Z., Ji, Q., Wang, C., & Gao, G. (2019). Global renewable energy development: Influencing factors, trend predictions and countermeasures. *Resources Policy*, 63, 101470.
- York, R. & Bell, S. E. (2019). Energy transitions or additions? *Energy Research & Social Science*, 51, 40–43.
- Zaaijer, M. B. (2006). Foundation modelling to assess dynamic behaviour of offshore wind turbines. *Applied Ocean Research*, 28(1), 45–57.
- Zafirakis, D., Chalvatzis, K. J., Baiocchi, G., & Daskalakis, G. (2013). Modeling of financial incentives for investments in energy storage systems that promote the large-scale integration of wind energy. *Applied Energy*, 105, 138–154.
- Zervas, E., Vatikiotis, L., Gareiou, Z., Manika, S., & Herrero-Martin, R. (2021). Assessment of the Greek national plan of energy and climate change—Critical remarks. *Sustainability*, 13(23), 13143.
- Zhang, H., & Yan, J. (2022). Co-benefits of renewable energy development: A brighter sky brings greater renewable power. *Joule*, 6(6), 1142–1144.
- Zhang, T., Tian, B., Sengupta, D., Zhang, L., & Si, Y. (2021). Global offshore wind turbine dataset. *Scientific Data*, 8(1).
- Zhao, Z. Y., Chen, Y. L., & Chang, R. D. (2016). How to stimulate renewable energy power generation effectively?—China's incentive approaches and lessons. *Renewable energy*, 92, 147-156.

Zhixin, W., Chuanwen, J., Qian, A., & Chengmin, W. (2009). The key technology of offshore wind farm and its new development in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(1), 216–222.

Zografidou, E., Petridis, K., Arabatzis, G., & Dey, P. K. (2016). Optimal design of the renewable energy map of Greece using weighted goal-programming and data envelopment analysis. *Computers & Operations Research*, 66, 313–326.

Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 11ης Δεκεμβρίου 2018, για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Ανακτήθηκε 14 Μαρτίου 2023 από: <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>