



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διπλωματική εργασία

Θέμα: Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα



Υπεύθυνος Καθηγητής: Μολασιώτης Βασίλειος

Φοιτητής: Αλή Εφέντη Φεράϊ

ΑΜΕ: HN07331

Κοζάνη, Φεβρουάριος 2023

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διπλωματική εργασία

Θέμα: Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα

Υπεύθυνος Καθηγητής: Μολασιώτης Βασίλειος

Φοιτητής: Αλή Εφέντη Φεράϊ

ΑΜΕ: HN07331

Κοζάνη, Φεβρουάριος 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στον 21^ο αιώνα η ενεργειακή πολιτική διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη της οικονομίας, την ευημερία των κοινωνιών αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Βασικός πυλώνας της αειφόρου ανάπτυξης αποτελούν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η Ελλάδα, ως έχοντας ευνοϊκή γεωστρατηγική θέση έχει κάνει τεράστια άλματα στην υιοθέτηση και εφαρμογή ενεργειακών πολιτικών φιλικών προς το περιβάλλον, ακολουθώντας τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και θέτοντας τους δικούς της στόχους για το μέλλον. Η αιολική ενέργεια ως από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές συνιστά ζωτικής σημασίας πηγή για την Ελλάδα. Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η ανάλυση των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της εξέλιξης της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα κυρίως την τελευταία εικοσαετία. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, αρχικά γίνεται αναφορά και παρουσιάζονται ποσοτικά αποτελέσματα τόσο σε παγκόσμιο όσο και ευρωπαϊκό αλλά και εγχώριο επίπεδο κυρίως για τις Α.Π.Ε. στην συνέχεια αναλύεται όλο το ελληνικό πλαίσιο της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, καθώς και τα χαρακτηριστικά των αιολικών πάρκων και γεννητριών. Επίσης, συνοπτικά επικεντρώνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της ενέργειας του ανέμου και αναφέρονται οι μελλοντικές πρακτικές της στην χώρας μας. Τέλος, εξάγονται τα συμπεράσματα από όλη την ανάλυση.

Λέξεις κλειδιά: αιολική ενέργεια, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, ενεργειακή πολιτική Ελλάδας, αιολικά πάρκα στην Ελλάδα

ABSTRACT

In the 21st century, energy policy plays an important role for the development of the economy, the well-being of societies and the protection of the environment. Renewable energy sources are a key pillar of sustainable development. Greece, having a favorable geostrategic position, has made huge leaps in the adoption and implementation of friendly energy policies, following the goals of the European Union but also setting its own goals for the future. Wind energy, as one of the most important renewable sources, is a vital resource for Greece. The purpose of this thesis is the analysis of the quantitative and qualitative characteristics of the development of wind energy in Greece mainly in the last twenty years. For the implementation of this purpose, initially a report is made and quantitative results are presented both at the global and European level, but also at the domestic level mainly for the R.E.R. then the entire Greek context of wind energy is analyzed, as well as the characteristics of wind farms and generators. Also, the advantages and disadvantages of wind energy are briefly focused and its future practices in our country are mentioned. Finally, conclusions from the entire analysis are extracted.

Keywords: wind energy, Renewable Energy Sources, energy policy of Greece, wind farms in Greece

ΔΗΛΩΣΗ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο “ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ” καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Μολασιώτη Βασίλειο αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Ονοματεπώνυμο Φοιτητή & Επιβλέποντα/ες, Έτος, Πόλη

Copyright (C) Αλή Εφέντη Φεράϊ , κ. Μολασιώτης Βασίλειος , 2023, Κοζάνη

Υπογραφή Φοιτητή:

Αλή Εφέντη Φεράϊ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών για την σημαντική ευκαιρία που μου δόθηκε για την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας, κατά την διάρκεια της οποίας έγινε πιο σαφής ο ρόλος μου ως επιστήμονας καθώς και η εμβάθυνση των γνωστικών πεδίων που απέκτησα κατά την διάρκεια σπουδών μου στο τμήμα σε ερευνητικό επίπεδο.

Επίσης, θερμές ευχαριστίες στους καθηγητές και διδακτικό προσωπικό του τμήματος για την ειλικρινή τους προσπάθεια στην ενίσχυση των ακαδημαϊκών και πρακτικών μου γνώσεων στο συγκεκριμένο αντικείμενο σπουδών. Ειδικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Μολασιώτη Βασίλειο. για την συνεργασία και την συμβολή του στην ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
Κεφάλαιο 1 ^ο : Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Αποτελέσματα.....	9
1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	9
1.2 Παγκόσμια ενεργειακά αποτελέσματα	13
1.3 Ενεργειακά αποτελέσματα Ευρωπαϊκής Ένωσης	14
1.4 Ενεργειακή Πολιτική και Αποτελέσματα Ελλάδας.....	17
Κεφάλαιο 2 ^ο : Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα.....	21
2.1 Η εξέλιξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα	22
2.2 Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα σήμερα	23
Κεφάλαιο 3 ^ο : Ανεμογεννήτριες και Αιολικά Πάρκα	26
3.1 Βασικά Χαρακτηριστικά Ανεμογεννήτριας	27
3.1.1 Είδη ανεμογεννητριών	28
3.1.2 Ονομαστική Ισχύς της Ανεμογεννήτριας.....	31
3.1.4 Ανεμογεννήτριες σταθερής και μεταβλητής ταχύτητας.....	32
3.1.5 Ανεμογεννήτριες μικρής, μέσης και μεγάλης ισχύος.....	32
3.2 Αιολικά Πάρκα.....	34
3.3 Παράμετροι επιλογής αιολικών εγκαταστάσεων	36
3.4 Τιμολογιακή πολιτική	36
3.5 Οι μεγαλύτεροι επενδυτές και κατασκευαστές	38
Κεφάλαιο 4 ^ο : Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας	39
4.1 Πλεονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας	39
4.2 Μειονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας.....	40
Κεφάλαιο 5 ^ο : Μελλοντικές Προοπτικές ΑΠΕ και Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα	42
Συμπεράσματα.....	45
Βιβλιογραφία.....	47

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1: Παγκόσμια Παραγωγή ΑΠΕ 2000-2021.....	13
Γράφημα 2: Παγκόσμιο Μείγμα ΑΠΕ σε TWh.....	14
Γράφημα 3: Παραγωγή ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	15
Γράφημα 4: Παραγωγή ΑΠΕ Ελλάδα.....	17
Γράφημα 5: Ποσοστό ΑΠΕ στο σύνολο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα	18
Γράφημα 6: Μεριδίο ΑΠΕ στο σύνολο παραγωγής ενέργειας.....	19

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Αιολική Ενέργεια.....	10
Εικόνα 2: Ηλιακή Ενέργεια.....	10
Εικόνα 3: Υδροηλεκτρική Ενέργεια.....	11
Εικόνα 4: Βιομάζα.....	12
Εικόνα 5: Γεωθερμία.....	12
Εικόνα 6: Η Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	24
Εικόνα 7: Αιολικές Εγκαταστάσεις στην Ελλάδα.....	26
Εικόνα 8: Ανεμογεννήτρια Οριζόντιου Άξονα.....	29
Εικόνα 9: Ανεμογεννήτρια Κάθετου Άξονα.....	30
Εικόνα 10: Καμπύλη Ισχύος Α/Γ μεγάλης ισχύος.....	34
Εικόνα 11: Τιμολογιακή πολιτική.....	37

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ποσοτικά στοιχεία ΕΣΕΚ 2030.....	20
Πίνακας 2: Παραδείγματα Α/Γ μικρής ισχύος.....	33

Κεφάλαιο 1^ο: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Αποτελέσματα

1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η εξάρτηση σε παγκόσμια κλίμακα από ορυκτές πηγές και κυρίως από το πετρέλαιο από την βιομηχανική επανάσταση και μετά οδήγησε τις παγκόσμιες οικονομίες να πληρώνουν ακριβά την ηλεκτρική ενέργεια αλλά και να συνειδητοποιούν ότι οι περιορισμένοι φυσικοί πόροι έχουν μεγάλο αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Από τα τέλη του 20 αιώνα η ιδέα της αιεφόρου ανάπτυξης έχει αποτελέσει την βασική πολιτική για μελλοντική εξέλιξη των οικονομιών αλλά και ενεργειακής πολιτικής. Βασικός πυλώνας την πολιτικής αυτής αποτελεί η συμπερίληψη και η εκμετάλλευση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).

Οι ΑΠΕ προέρχονται από φυσικές από διάφορες φυσικές διαδικασίες οι οποίες είναι ανεξάντλητες καθώς τις παρέχει η φύση και ανανεώνονται συνεχώς. Η εκμετάλλευση του ανέμου, του ήλιου, του νερού και της γεωθερμίας προσφέρει απεριόριστη ενέργεια η οποία πλέον με την εξέλιξη της τεχνολογίας γίνεται ολοένα πιο προσιτή και οικονομική και στοχεύει στην αντικατάσταση της εκμετάλλευσης των περιορισμένων ορυκτών πλούτων. Θεωρούνται ήπιες μορφές ενέργειας και τον 21^ο αιώνα αποτελούν τον βασικό στόχο ενεργειακής πολιτικής των χωρών και των οργανισμών. Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά οι κυριότερες μορφές ΑΠΕ.

Αιολική ενέργεια: αποτελεί την ενέργεια που προέρχεται από την κινητική ενέργεια του ανέμου προερχόμενη από την ηλιακή ακτινοβολία πάνω στην Γη. Σήμερα είναι η μορφή αυτή ενέργεια είναι αρκετά διαδεδομένη και αφορά κυρίως την εκμετάλλευση του ανέμου μέσω ανεμογεννητριών, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται σε συγκεκριμένες περιοχές είτε με μεγάλο υψόμετρο είτε κοντά και μέσα στην θάλασσα και συνήθως έχουν ονομαστική ισχύ από 600KW έως 9 MW.¹

¹ Καπλάνης, Σ., 2003. Ήπιες μορφές ενέργειας- Περιβάλλον & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Εκδόσεις ΙΩΝ.

Εικόνα 1: Αιολική Ενέργεια



Πηγή: <https://www.kathimerini.gr/life/environment/1085965/alitheies-kai-mythoi-gia-tin-aioliki-energeia/>

Ηλιακή ενέργεια: αποτελεί την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας που εκπέμπεται στην Γη. Η ενέργεια που φτάνει τελικά στον πλανήτη μας υπολογίζεται περίπου στα $3,8 \times 10^{24}$ Joules και με βάση την τεχνολογική πρόοδο, αξιοποιείται κυρίως με τρεις τρόπους. Πρώτον, από τα παθητικά ενεργειακά συστήματα όπου συνήθως αποτελούν δομικά στοιχεία και χρησιμοποιούνται στην θερμότητα και τον φωτισμό των χώρων, Δεύτερο, τα θερμικά ηλιακά συστήματα τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμική, ηλιακοί θερμοσίφωνες. Τέλος, τα φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και πλέον είναι διαδεδομένα και σε οικιακή χρήση.

Εικόνα 2: Ηλιακή Ενέργεια



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΡΚΟ 500KW

Πηγή: https://sunwindenergy.gr/services_more.php?id=50171523186352

Υδροηλεκτρική ενέργεια. Αποτελεί την πιο διαδεδομένη με ευρεία χρήση μορφή ΑΠΕ. Το νερό επειδή είναι πυκνότερο από τον αέρα μπορεί να αποφέρει σημαντικά ποσά ενέργειας. Η δυναμική αυτή και μηχανική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω των υδροηλεκτρικών φραγμάτων και δεξαμενών. Επίσης, τα τεχνητά φράγματα συγκρατούν

την απαιτούμενη ποσότητα νερού και θέτει σε λειτουργία γεννήτριες που παράγουν το ηλεκτρικό ρεύμα, η ποσότητα του οποίου είναι ανάλογη της ποσότητας του νερού και της υψομετρικής διαφοράς. Στην Ελλάδα η υδροηλεκτρική ενέργεια καλύπτει σημαντικό ποσοστό ηλεκτρικής παραγωγής².

Εικόνα 3: Υδροηλεκτρική Ενέργεια



Πηγή: <https://blogs.e-me.edu.gr/hive-d2-protovathmia-ekpaidefsi-1759/%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1/>

Βιομάζα: αποτελεί την ενέργεια που προέρχεται από την εκμετάλλευση των αποβλήτων ξύλου, τροφίμων, φυτών, αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων με σκοπό την απορρόφηση της ενέργειας που εμπεριέχεται σε αυτά. Η βιομάζα μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί απευθείας μέσω καύσης για την παραγωγή θερμότητας είτε έμμεσα μετά τη μετατροπή της σε διάφορες μορφές βιοκαυσίμου που συνήθως είναι η βιοαιθανόλη και το βιοαέριο. Η μετατροπή της βιομάζας συνήθως γίνεται με χημικές, βιοχημικές και θερμικές μεθόδους. Η μορφή αυτή ΑΠΕ βρίσκεται ακόμα σε ανάπτυξη.

² Twidell J., Weir T. (2006), “Renewable Energy Resource”, Second Edition, Taylor and Francis publishers, New York

Εικόνα 4: Βιομάζα



Πηγή: <https://www.agrinioculture.gr/>

Γεωθερμική Ενέργεια. Αποτελεί την μορφή ενέργειας που προέρχεται από την θερμική ενέργεια από το εσωτερικό της Γης έως και από τον πυρήνα της. Η θερμότητα αυτή ανεβαίνει στην επιφάνεια της Γης με φυσικό τρόπο είτε μέσω πηγών ζεστού νερού είτε ως θερμοπίδακας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για θέρμανση ή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.³

Εικόνα 5: Γεωθερμία



Πηγή: <https://ppcr.gr/el/geothermal-general-info>

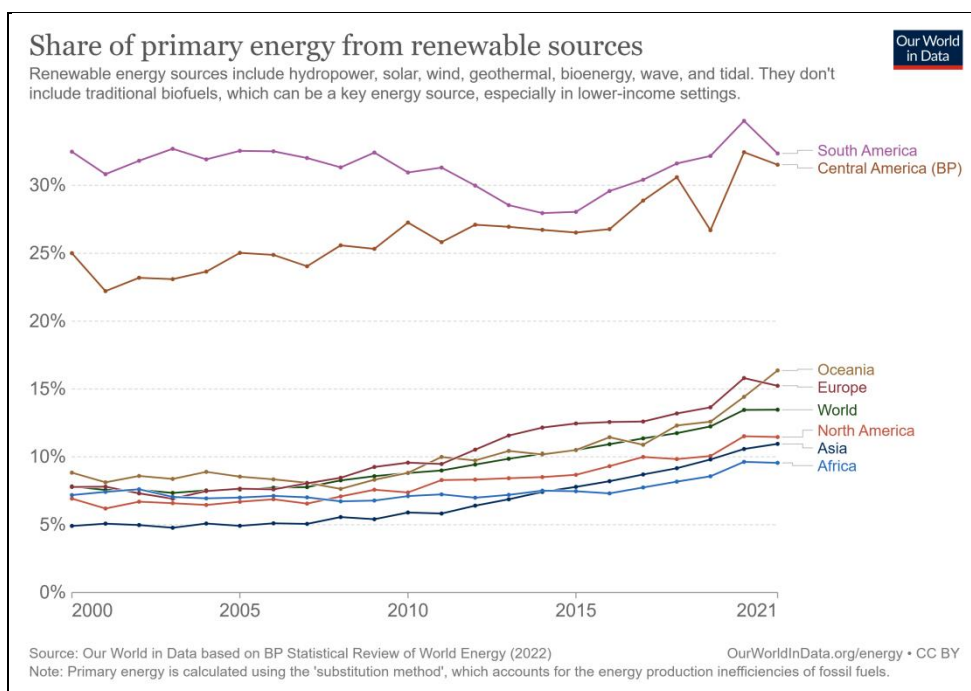
Ενέργεια Κυμάτων: αποτελεί την εκμετάλλευση της ενέργειας που προέρχεται από τα κύματα και τις παλίρροιες. Η διακύμανση της στάθμης του νερού παράγει κινητική ενέργεια καθώς περνά από τουρμπίνα και μετέπειτα αυτή μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Η μορφή αυτή ΑΠΕ δεν είναι ευρέως διαδεδομένη ακόμα.

³ Duffield A.N., Sass J.H. (2003), “Energy – clean power from the Earth’s heat”, US Geological Survey, Virginia

1.2 Παγκόσμια ενεργειακά αποτελέσματα

Περνώντας στα ενεργειακά αποτελέσματα χρήσης των ΑΠΕ πρώτα γίνεται μια αναφορά σε παγκόσμια κλίμακα. Σε παγκόσμια κλίμακα από το παρακάτω γράφημα παρατηρείται ότι υπάρχει μία σταθερή αύξηση της ενέργειας προερχόμενη από ΑΠΕ από το 2000 μέχρι το 2021. Την τελευταία χρονιά ο δείκτης δείχνει ότι το 12,5% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας προήλθε από ΑΠΕ ενώ στην Κεντρική και Νότια Αμερική τα ποσοστά αυτά ανέρχονται σε 30% και 31% αντίστοιχα.

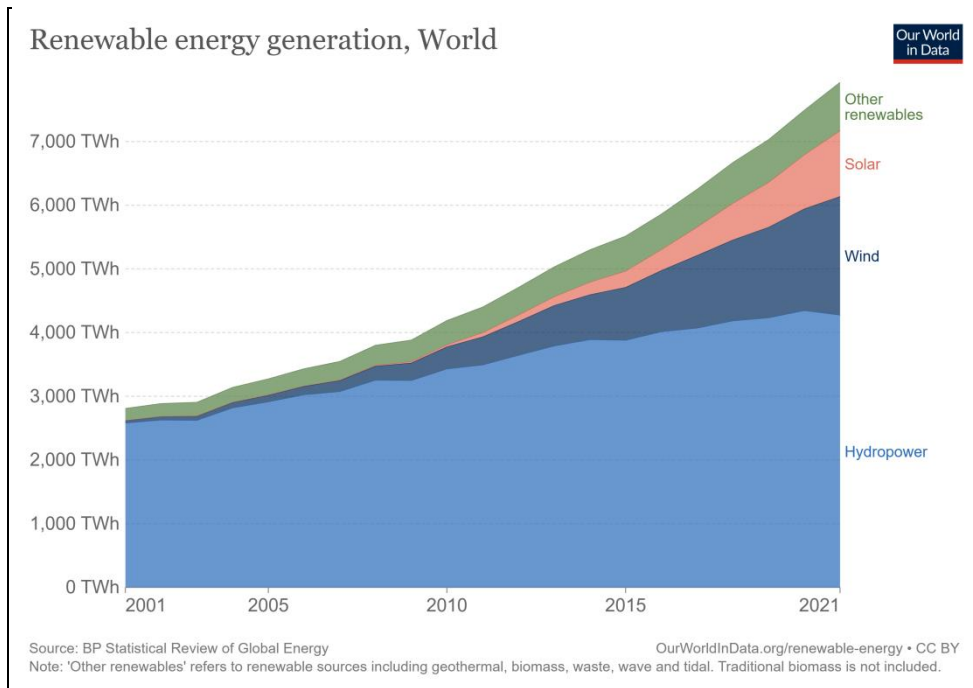
Γράφημα 1: Παγκόσμια Παραγωγή ΑΠΕ 2000-2021



Πηγή: [Renewable Energy - Our World in Data](#)

Όσον αφορά το ενεργειακό μείγμα παραγωγής σε παγκόσμια κλίμακα, όπως παρατηρείται από το Γράφημα 2, στο σύνολό τους οι ΑΠΕ το 2021 άγγιξαν τις 7.000 TWh. Το 60% αυτών προέρχεται από την εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας, το 20% από την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, το 12% από την ηλιακή ενέργεια και το υπόλοιπο 8% περίπου από τις υπόλοιπες ΑΠΕ μη συμπεριλαμβανομένου της παραδοσιακής βιομάζας. Στην εξέλιξη των ΑΠΕ στην εικοσαετία γίνεται εμφανές ότι η την τελευταία δεκαετία η αιολική ενέργεια όπως και η ηλιακή κάνουν μεγάλα άλματα ανάπτυξης.

Γράφημα 2: Παγκόσμιο Μείγμα ΑΠΕ σε TWh



Πηγή: [Renewable Energy - Our World in Data](https://ourworldindata.org/renewable-energy)

1.3 Ενεργειακά αποτελέσματα Ευρωπαϊκής Ένωσης

Όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση, η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται στα 27 κράτη μέλη της το 2020 το 42% προερχόταν από ίδια παραγωγή και το 58% από εισαγωγές από τρίτες χώρες. Το 2020, το ενεργειακό μείγμα στην ΕΕ, δηλαδή το φάσμα των διαθέσιμων πηγών ενέργειας, αποτελείται κυρίως από πέντε διαφορετικές πηγές: 35% από τα προϊόντα πετρελαίου, 24% από το φυσικό αέριο (24 %), 17% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, 13% από την πυρηνική ενέργεια και 12% από τα στερεά ορυκτά καύσιμα.

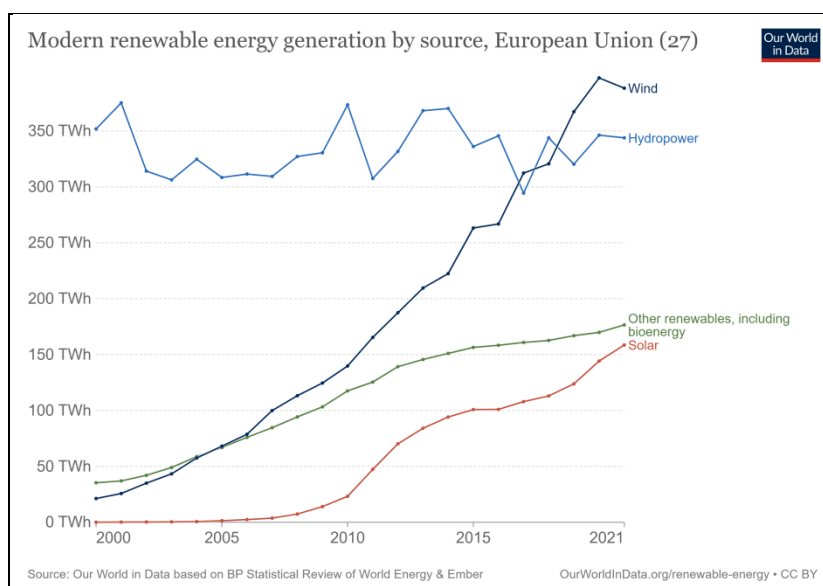
Το μείγμα πηγών ενέργειας στη συνολική διαθέσιμη ενέργεια ποικίλλουν σημαντικά μεταξύ των κρατών μελών. Τα προϊόντα πετρελαίου αντιπροσωπεύουν σημαντικό μερίδιο της συνολικής διαθέσιμης ενέργειας στην Κύπρο (87 %), τη Μάλτα (86 %) και το Λουξεμβούργο (60 %), ενώ το φυσικό αέριο αντιπροσωπεύει το 40 % στην Ιταλία και το 38 % στις Κάτω Χώρες . Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν το υψηλότερο μερίδιο στη Σουηδία (49 %) και τη Λετονία (40 %), ενώ η πυρηνική ενέργεια αποτελεί το 41 % της διαθέσιμης ενέργειας στη Γαλλία και το 25 % στη Σουηδία και τη Σλοβακία αντίστοιχα.⁴

⁴ <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-2a.html?lang=en>

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν το 41 % της συνολικής παραγωγής ενέργειας της ΕΕ η οποία ήταν η μεγαλύτερη πηγή που συνέβαλε στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας στην ΕΕ το 2020 με δεύτερη την πυρηνική ενέργεια κατά 31%, τα στερεά καύσιμα 18%, το φυσικό αέριο 7% και αργό πετρέλαιο 4%.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η αποκλειστική πηγή πρωτογενούς παραγωγής στη Μάλτα και αντιπροσωπεύει την κύρια πηγή σε ορισμένα κράτη μέλη, με μερίδια άνω του 95 % στη Λετονία, την Πορτογαλία και την Κύπρο. Η σημασία της πυρηνικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα υψηλή στη Γαλλία (75% της συνολικής εθνικής παραγωγής ενέργειας). Τα στερεά καύσιμα είναι η κύρια πηγή ενέργειας που παράγεται στην Πολωνία (71%). Το φυσικό αέριο έχει το μεγαλύτερο μερίδιο στην Ολλανδία (63%), ενώ το μερίδιο του αργού πετρελαίου είναι το μεγαλύτερο στη Δανία (38 %).

Γράφημα 3: Παραγωγή ΑΠΕ στην Ευρωπαϊκή Ένωση



Πηγή: [Renewable Energy - Our World in Data](https://ourworldindata.org/renewable-energy)

Σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας, υπάρχει επίσης μεγάλη διαφοροποίηση στα κράτη μέλη. Τα προϊόντα πετρελαίου αποτελούν περισσότερο από το 55% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Κύπρο και το Λουξεμβούργο. Η ηλεκτρική ενέργεια αντιπροσωπεύει πάνω από το 30% στη Μάλτα και τη Σουηδία, ενώ το φυσικό αέριο υπερβαίνει το 30 % στην Ολλανδία, την Ουγγαρία και την Ιταλία. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιπροσωπεύουν πάνω από το 25% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στη

Σουηδία, τη Φινλανδία και τη Λετονία.⁵ Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία της Eurostat, το 2021 η αιολική ενέργεια αποτελούσε το 37% της συνολικής παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ προερχόμενης από ΑΠΕ.

Η ΕΕ στην ενεργειακή πολιτική που εφαρμόζει έως το 2030 έχει θέσει ορισμένους στόχους για την απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα αλλά και την εξέλιξη των ΑΠΕ και την καλύτερα αποδοτικότητα της ενέργειας. Ορισμένοι από αυτούς τους στόχους είναι:

- Νέα εθνικά σχέδια REPowerEU στο πλαίσιο του τροποποιημένου Ταμείου Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας για τη στήριξη επενδύσεων και μεταρρυθμίσεων ύψους 300 δισεκατομμυρίων ευρώ.
- Ενίσχυση της βιομηχανικής απαλλαγής από τις ανθρακούχες εκπομπές με έργα 3 δισ. ευρώ στο πλαίσιο του Ταμείου Καινοτομίας.
- Νέα νομοθεσία και συστάσεις για ταχύτερη αδειοδότηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Επενδύσεις σε ένα ολοκληρωμένο και προσαρμοσμένο δίκτυο υποδομών αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας.
- Εξοικονόμηση ενέργειας με την αύξηση του στόχου σε επίπεδο ΕΕ για την απόδοση για το 2030 από 9% σε 13%.
- Αύξηση του ευρωπαϊκού στόχου για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για το 2030 από 40% σε 45%.
- Νέες προτάσεις της ΕΕ για να διασφαλιστεί η πρόσβαση της βιομηχανίας σε κρίσιμες πρώτες ύλες.
- Ρυθμιστικά μέτρα για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης στον τομέα των μεταφορών
- Ένας επιταχυντής υδρογόνου για την κατασκευή 17,5 GW έως το 2025 ηλεκτρόλυσης για να τροφοδοτήσει τη βιομηχανία της ΕΕ με εγχώρια παραγωγή 10 εκατομμυρίων τόνων ανανεώσιμου υδρογόνου.
- Τουλάχιστον 40% μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα(σε σχέση με το 1990).
- Τουλάχιστον 32% χρήση ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα.
- Τουλάχιστον 32,5% βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.⁶

⁵ https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/onshore-wind-energy_en#wind-power

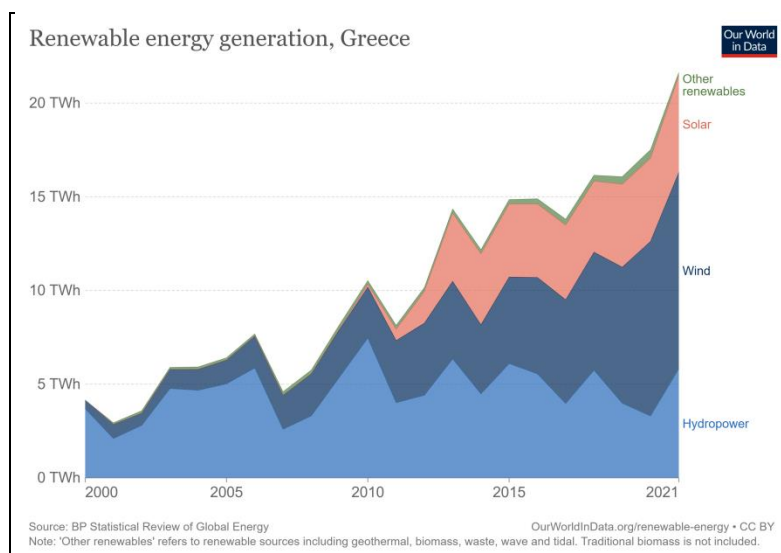
1.4 Ενεργειακή Πολιτική και Αποτελέσματα Ελλάδας

Η Ελλάδα ως κράτος-μέλος της ΕΕ συμμορφώνεται με τους κανονισμούς και τις ρυθμίσεις της ενεργειακής πολιτικής της ΕΕ και ταυτόχρονα χαράσσει την δική της πορεία ως προς το ενεργειακό μείγμα θέτοντας υψηλούς στόχους. Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης 2010-2020 είχαν τεθεί οι εξής στόχοι για την ενεργειακή πολιτική της χώρας μας.

- 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.
- 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας.
- 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας

Ειδικότερα για την Ελλάδα, ο στόχος ήταν να μειωθούν κατά 4% οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 2001. Η Ελλάδα αύξησε τον εθνικό στόχο συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20% από 18% σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία και πιο συγκεκριμένα ο στόχος αυτός συμπεριλαμβάνει 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, 20% στην κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης και 10% στις μεταφορές.⁷

Γράφημα 4: Παραγωγή ΑΠΕ Ελλάδα



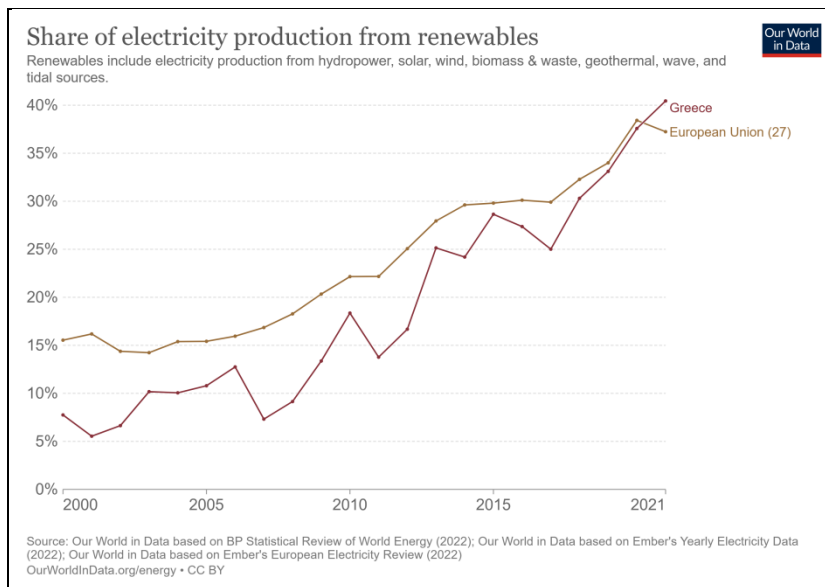
Πηγή: [Renewable Energy - Our World in Data](https://ourworldindata.org/renewable-energy)

⁶ [2030 climate & energy framework \(europa.eu\)](https://europa.eu)

⁷ Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας 2010-2020

Όσον αφορά τα αποτελέσματα της ενεργειακής πολιτικής της Ελλάδας και τις ΑΠΕ, από το γράφημα 4 φαίνεται ότι οι στόχοι του Σχεδίου Δράσης να υλοποιούνται. Το 2021, οι ΑΠΕ στο σύνολό τους παράγουν 22 TWh σε σχέση με το 2000 όπου η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έφτανε τις 4 TWh. Από αυτές, το 45% οφείλεται στην αιολική ενέργεια, το 27% στην υδροηλεκτρική, το 22% στην ηλιακή ενέργεια και το υπόλοιπο 6% από τις άλλες ΑΠΕ.

Γράφημα 5: Ποσοστό ΑΠΕ στο σύνολο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

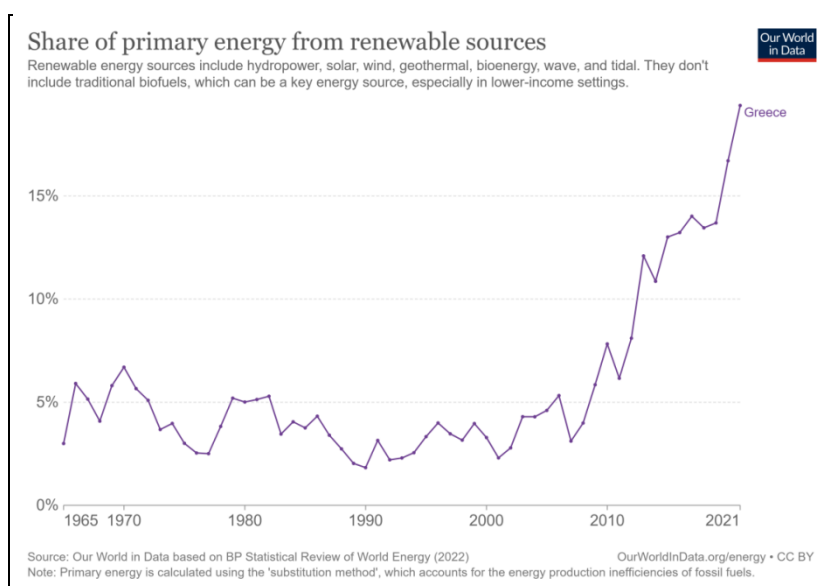


Πηγή: [Renewable Energy - Our World in Data](#)

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω γράφημα οι ΑΠΕ στο σύνολό τους από το 2000 και μετά αρχίζουν να ξεπερνούν τον ευρωπαϊκό μέσο όρο σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια στο ποσοστό συμμετοχής στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που είναι και ο μεγαλύτερος καταναλωτής ενέργειας από ΑΠΕ. Το 2021 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το σύνολο των ΑΠΕ ανήλθε στο 40,45% .

Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζεται το ποσοστό των ΑΠΕ στο σύνολο της παραγωγής ενέργειας στην Ελλάδα χωρίς να συμπεριλαμβάνει τα παραδοσιακά βιοκαύσιμα. Από το 2000 έως και το 2010 οι ΑΠΕ αποτελούσαν έως το 8% του συνόλου της παραγωγής ενέργειας της χώρας. Με την υιοθέτηση του νέου Σχεδίου δράσης από το 2010 και πέρα παρατηρείται μια ανοδική πορεία της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα που καταλήγει το 2021 να αγγίζει το 19,39% καταφέροντας συνεπώς τον καθορισμένο στόχο.

Γράφημα 6: Μερίδιο ΑΠΕ στο σύνολο παραγωγής ενέργειας



Πηγή: [Renewable Energy - Our World in Data](https://ourworldindata.org/renewable-energy)

Το 2019 η Ελλάδα ολοκληρώνοντας το Εθνικό Σχέδιο Δράσης και εφαρμόζοντας τις ευρωπαϊκές οδηγίες κατάρτισε το νέο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), το οποίο επικυρωποιήθηκε το 2020 και αποτελεί τον οδικό χάρτη της Ελλάδας για την Ενέργεια και την Κλιματική αλλαγή έως το 2030.⁸ Σύμφωνα με το νέο ΕΣΕΚ οι βασικοί πυλώνες της πολιτικής είναι τρεις:

- Α. Σχετικά με την Κλιματική αλλαγή και τις εκπομπές αερίων οι στόχοι είναι να για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου 42% συγκριτικά με το 1990 και 56% σε σχέση με το 2005.
- Β. Σχετικά με τις ΑΠΕ, τίθεται υψηλός στόχος για μερίδιο συμμετοχής στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση να φτάνει στο ελάχιστο τα 35% έως το 2030, ποσοστό που είναι κατά 3 μονάδες υψηλότερος από τον ευρωπαϊκό στόχο για τις ΑΠΕ.
- Γ. Σχετικά με την βελτίωση της απόδοσης της ενέργειας επίσης τέθηκε υψηλότερος στόχος σε σχέση με τον ευρωπαϊκό. Πιο συγκεκριμένα, στόχος είναι το 2030 η τελική κατανάλωση ενέργειας να είναι ποσοτικά χαμηλότερη με αυτό του 2017 και η ενεργειακή απόδοση στην τελική κατανάλωση να βελτιωθεί κατά 38%.

⁸ Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, 2020

Όσον αφορά τις ΑΠΕ οι ειδικότεροι στόχοι που έχει θέσει η ελληνική κυβέρνηση για το 2030 με το νέο σχέδιο δράσεις έχουν ως εξής:

- 35% μερίδιο ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας.
- 42,5% μερίδιο ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη.
- 61% μερίδιο ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- 19% μερίδιο ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση για μεταφορές.

Οι στόχοι αυτοί θα επιτευχθούν στο σύνολό τους σταδιακά και στο 100% έως το 2030.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ποσοτικοί στόχοι για την κάθε κατηγορία.⁹

Πίνακας 1: Ποσοτικά στοιχεία ΕΣΕΚ 2030

Τομέας μεταφορών (ktoe) 2030	ΑΠΕ για θέρμανση (ktoe) 2030
Βιοκαύσιμα 371	Βιοενέργεια 1.142
Ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ 94	Ηλιακά 411
Σύνολο 465	Θερμότητα Περιβάλλοντος, Γεωθερμία 906
	Σύνολο 2.460
Ηλεκτροπαραγωγή - Εγκατεστημένη Ισχύς [GW] 2030	Ηλεκτροπαραγωγή [TWh] 2030
Βιομάζα & Βιοαέριο 0,3	Βιομάζα & Βιοαέριο 1,6
Υ/Η (συμπ. μεικτών αντλητικών) 3,9	Υ/Η 6,6
Αιολικά 7,0	Αιολικά 17,2
Φ/Β 7,7	Φ/Β 11,8
Ηλιοθερμικοί σταθμοί 0,1	Ηλιοθερμικοί σταθμοί 0,3
Γεωθερμία 0,1	Γεωθερμία 0,6
Σύνολο 19,0	Σύνολο 38,1

Πηγή: ΕΣΕΚ, 2020

⁹ Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, 2020

Κεφάλαιο 2^ο: Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα

Ο ήλιος αποτελεί πηγή της ζωής στον πλανήτη μας καθώς η ενέργεια που διαθέτουν τα ορυκτά καύσιμα αλλά και οι ΑΠΕ προέρχονται από αυτόν. Σε απλά νούμερα ο ήλιος ακτινοβολεί 174.423.000.000.000 kWh ενέργειας στην Γη/ώρα. ή αλλιώς η Γη δέχεται 1, 74 x 10¹⁷ W ισχύος. Το 1-2% της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του ανέμου, δηλαδή σε αιολική ενέργεια. Αυτό είναι περίπου 50 έως 100 φορές μεγαλύτερο από την ενέργεια που μετατρέπεται σε βιομάζα από όλα τα φυτά της γης.¹⁰ Από το ποσοστό αυτό, το 35% διοχετεύεται από την επιφάνεια της Γής σε απόσταση ενός χιλιομέτρου.¹¹

Η αιολική ενέργεια είναι μία ανεξάντλητη και μη ρυπογόνα μορφή ενέργειας σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα και έχει αναπτυχθεί σε μικρό αλλά ικανοποιητικό βαθμό ανά τον κόσμο για την βοήθεια της απεξάρτησης από τα ρυπογόνα καύσιμα και της προστασίας του περιβάλλοντος. Για να μπορεί όμως η αιολική ενέργεια να αξιοποιηθεί απαιτεί την κατασκευή τεράστιων αιολικών εγκαταστάσεων που θα εκμεταλλευτούν την μεγαλύτερη δυνατόν ταχύτητα του ανέμου. Η ενέργεια του ανέμου συνεπώς δεν μπορεί να είναι σταθερή και για αυτόν τον λόγο δεν μπορεί να προβλεφθεί πάντα. Επίσης, με δεδομένη την τεχνολογία και την τεχνογνωσία δεν είναι δυνατή η απόλυτη αξιοποίηση του ανέμου καθώς αυτό εξαρτάται από τον χώρο και την φυσική γεωγραφία της κάθε περιοχής, όπου οι απώλειες είναι μη ελέγξιμες.

Την τελευταία εικοσαετία εμφανίζεται μια πιο εντατική προσπάθεια εκμετάλλευσης της κινητικής ενέργειας του ανέμου με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και κυρίως από τις πιο ανεπτυγμένες οικονομίες ανά τον πλανήτη. Ο περιορισμός των ορυκτών πόρων, η εξέλιξη της τεχνολογίας αλλά και η υιοθέτηση της αειφόρου ανάπτυξης και των πρακτικών της κυκλικής οικονομίας οδήγησαν σε μεγάλους ρυθμούς ανάπτυξης αιολικών εγκαταστάσεων και συστημάτων μετατροπής κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ηλεκτρική.

Χώρες όπως οι Η.Π.Α, Ιταλία, Κίνα, Σουηδία κ.α. έχουν ήδη μεγάλα ποσοστά παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχονται από την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

¹⁰ Wagner H., Mathur J (2009), "Introduction to Wind Energy Systems", Springer publishers, New York

¹¹ Καλδέλλης Ι.Κ. (2005), "Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας", Έκδοση 2^η.

2.1 Η εξέλιξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η αιολική ενέργεια έχει πάρει την ονομασία από τον θεό του Ανέμου, Αίοιο. Από τα αρχαία χρόνια η δύναμη του ανέμου χρησιμοποιούνταν για την κινητική ενέργεια των πλοίων αλλά και αργότερα των ανεμόμυλων. Στην Ελλάδα, η αιολική ενέργεια, όπως και οι υπόλοιπες ΑΠΕ, πρωτοεμφανίστηκε στα μέσα της δεκαετίας του '80 με την πρώτη νομοθετική ρύθμιση για τις πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Από το 1994 όπου η Ελλάδα προσθέτει στο ενεργειακό της μείγμα τις ΑΠΕ με νομοθετική ρύθμιση, αρχίζει και το μεγαλύτερο επενδυτικό ενδιαφέρον για την αιολική ενέργεια καθώς προσέφερε ευνοϊκούς όρους για την τιμολόγηση και εκμετάλλευση της.¹²

Η Ελλάδα, μετά την Αγγλία την Ιρλανδία και την Δανία, διαθέτει από τα πιο ισχυρά και ποιοτικά αιολικά δυναμικά της Ευρώπης καθώς είναι μια χώρα με τεράστια ακτογραμμή, πολύ μεγάλο αριθμό νησιών και έχει εύκρατο κλίμα. Τα στοιχεία αυτά του περιβάλλοντος ευνοούν κυρίως τα νησιά του Αιγαίου, την Κρήτη, την Πελοπόννησο, την Εύβοια και την Θράκη. Στις γεωγραφικές αυτές περιφέρειες παρατηρείται μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου που ξεπερνούν τα 7m/s και έχουν μεγάλη χρονική διάρκεια στο μεγαλύτερο μέρος του χρόνου. Το αιολικό δυναμικό υπολογίζεται ότι είναι 11.00- 14.000 MW και εκτιμάται ότι καλύπτει περίπου το 13,6% του συνόλου της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας.¹³ Λόγω των παραπάνω το κόστος λειτουργίας μια ανεμογεννήτριας είναι σχετικά χαμηλό και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την φθηνότερη και σταθερότερη τιμή.

Παρά το ποιοτικό αιολικό δυναμικό της Ελλάδας, οι επενδύσεις στην αιολική ενέργεια άρχισαν να αυξάνονται μετά το 1994. Από τότε οι ιδιώτες επενδυτές έδειξαν ιδιαίτερο ζήλο για την αναπτυξιακή πορεία των ΑΠΕ και ως αποτέλεσμα το 2000 στο σύνολό τους οι ΑΠΕ είχαν απαιτήσεις ύψους 300MW. Έως το 2015 η εγκατεστημένη ισχύς της αιολικής ενέργειας ανερχόταν στα 171,8MW, ενώ στο τέλος της ίδιας χρονιάς 43 νέα αιολικά πάρκα προστέθηκαν στο αιολικό δυναμικό με συνολική ισχύ 210,7 MW. Το 2019, η εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ στην χώρα μας ανήλθε στα 6,6GW, κάνοντας ένα τεράστιο άλμα. Ωστόσο, η καθυστερήσεις στην αδειοδότηση, στην γραφειοκρατία αλλά και η αντίδραση των τοπικών κοινωνιών, έχουν κωλυσίεργήσει επενδυτικά έργα.

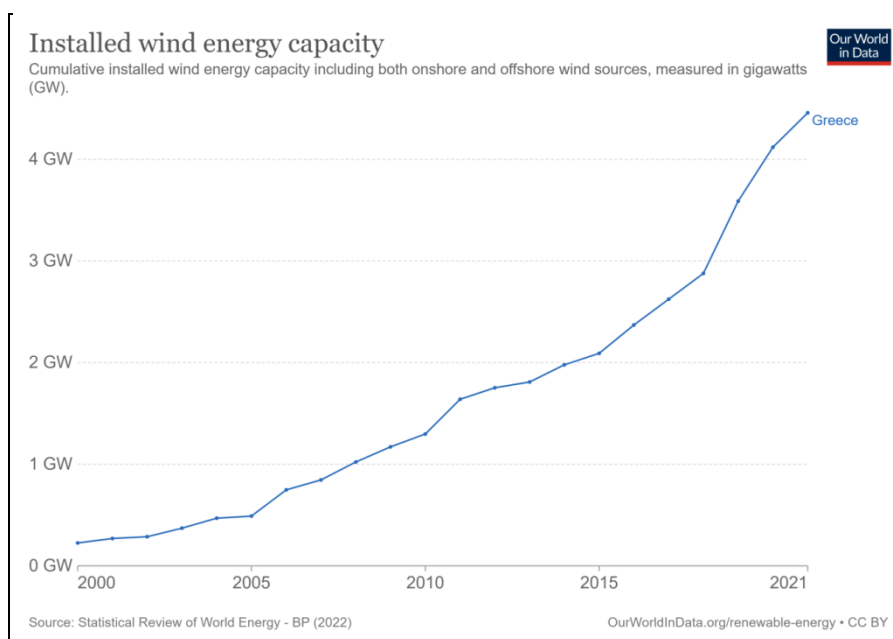
¹² Δαγκαλίδης Α. (2011), Κλαδική Μελέτη 13, "Αιολικά Πάρκα", Τράπεζα Πειραιώς, Μονάδα οικονομικής ανάλυσης και αγορών.

¹³ Καλδέλλης Ι.Κ. (2005), "Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας", Έκδοση 2^η.

2.2 Αιολική Ενέργεια στην Ελλάδα σήμερα

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας, το 2022 η συνολική ισχύς της ενέργειας του ανέμου άγγιξε τις 4.681,4MW και θετικός ρυθμός ανάπτυξης είναι στα 5,2% αλλά ελαφρώς μειούμενος σε σχέση με το 2021. Οι επενδύσεις στην αιολική ενέργεια ανήλθαν στα 230 εκ. ευρώ και στο τέλος του έτους βρισκόταν υπό κατασκευή 840MW αιολικών πάρκων. Εκτός αυτών στα επόμενα τρία χρόνια αναμένεται να προστεθούν ακόμα 450MW καθώς επενδύσεις βρίσκονται στο στάδιο της κατασκευής. Τέλος, το ελληνικό αιολικό σύστημα είχε μέγιστη ωριαία διείσδυση αιολικής ισχύος 83,4%, όπου η συνολική διείσδυση ισχύος για 2138 ώρες του 2022 ήταν πάνω από 30%.¹⁴

Γράφημα 7: Εγκατεστημένη Αιολική Ενέργεια



Πηγή: [Renewable Energy – Our World in Data](https://ourworldindata.org/renewable-energy)

Σύμφωνα με το παραπάνω γράφημα τα τελευταία 22 χρόνια η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας έχει εκτοξευθεί σημαντικά. Το 2000 η συνολική ισχύς ανερχόταν στις 0,23GW ενώ το 2010 σκαρφάλωσε στα 1,3 GW και κατέληξε το 2021 να είναι 4,46 GW. Ο ρυθμός είναι συνεχώς θετικός και αναμένεται να φτάσει ακόμα ψηλότερα με βάση τους εθνικούς και ευρωπαϊκούς στόχους.

¹⁴ ΕΛΕΤΑΕΝ, Δελτίο Τύπου, Τα στατιστικά της Αιολικής Ενέργειας το 2022

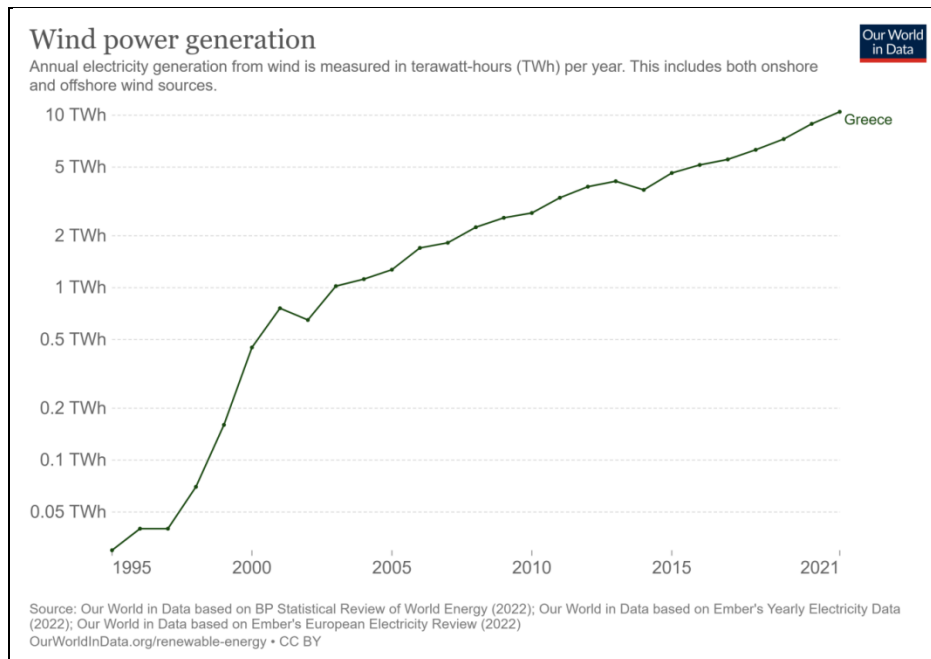
Εικόνα 6: Η Εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα



Πηγή: Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή της ελληνικής αιολικής ισχύος. Η πρώτη περιφέρεια σε ισχύ είναι η Στερεά Ελλάδα που παραμένει στην κορυφή των αιολικών εγκαταστάσεων, αφού φιλοξενεί 1.872 MW, στη δεύτερη θέση είναι η Πελοπόννησος με 639 MW και στην τρίτη η Ανατολική Μακεδονία – Θράκη, όπου βρίσκονται 534 MW. Ακολουθούν η Δυτική Ελλάδα με 413 MW, η Κρήτη με 203 MW, η κεντρική Μακεδονία με 158 MW, η Τροιζηνία και τα νησιά του Αργοσαρωνικού με 148 MW, τα Ιόνια Νησιά με 120 MW, η Ήπειρος με 110 MW, το νότιο Αιγαίο με 112 MW, το βόρειο Αιγαίο με 40 MW, η Αττική με 35 MW και η Θεσσαλία με 19 MW.

Γράφημα 8: Συνολική Παραγωγή Ηλεκτρισμού από Αιολική Ενέργεια



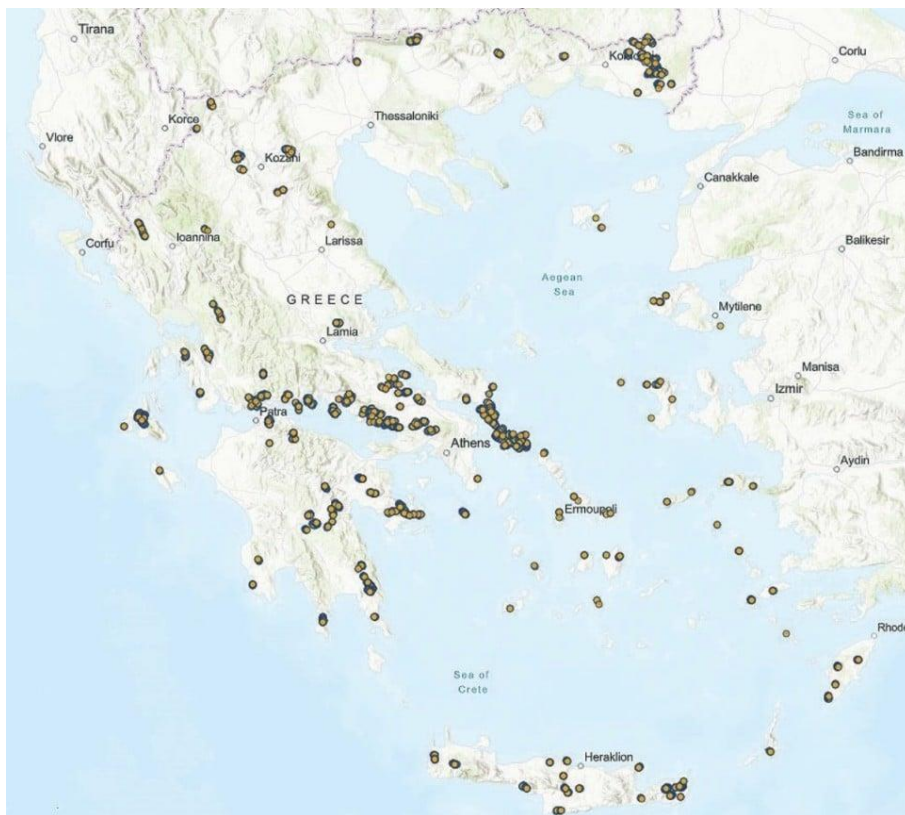
Πηγή: [Renewable Energy - Our World in Data](#)

Σύμφωνα με τα στοιχεία του παραπάνω γραφήματος η πορεία της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα από το 1994 έως και σήμερα έχει επιδείξει μεγάλη αύξηση. Το 1994 η συνολική παραγωγή ανερχόταν στις 0,04 TWh ενώ σε μια δεκαετία το 2004 η παραγωγή υπερδιπλασιάστηκε και έφτασε τις 1,12 TWh. Το 2014 δε η ηλεκτρική παραγωγή από αιολική ενέργεια έφτασε τις 3,69 TWh και στα τέλη του 2021 ο ρυθμός αυτός σκαρφάλωσε τις 10,47 TWh.

Κεφάλαιο 3^ο: Ανεμογεννήτριες και Αιολικά Πάρκα

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα βασικότερα στοιχεία που χαρακτηρίζουν το αιολικό δυναμικό της χώρας μας. Αρχικά αναφέρονται οι κατηγορίες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανεμογεννητριών, στην συνέχεια περιγράφονται οι κατηγορίες αιολικών πάρκων και παρουσιάζονται διάφορα ποσοτικά στοιχεία για τα αποτελέσματα της αιολικής ενέργειας το 2022.

Εικόνα 7: Αιολικές Εγκαταστάσεις στην Ελλάδα



Πηγή: <https://www.newsbreak.gr/oikonomia/377085/aiolika-parka-ellada/>

Σε μία περίοδο που η Ευρώπη επιχειρεί να αναδιαμορφώσει την ενεργειακή στρατηγική της για να αντιμετωπίσει τις συνέπειες από τον πόλεμο στην Ουκρανία, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η πορεία της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας. Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία, αυτή τη στιγμή λειτουργούν στην Ελλάδα 2.779 ανεμογεννήτριες, με τις περισσότερες εξ αυτών να βρίσκονται στην Εύβοια, στη Βοιωτία, στην Πελοπόννησο, στη Θράκη, στη Φθιώτιδα και την Κρήτη.

Σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Αιολικής Ενέργειας (ΕΛΕΤΑΕΝ), η συνολική αιολική ισχύς στην Ελλάδα έως και το τέλος Ιουνίου ήταν 4.534 MW. Με βάση τη στατιστική έρευνα, κατά το πρώτο εξάμηνο του τρέχοντος έτους συνδέθηκαν στο δίκτυο 28 νέες ανεμογεννήτριες συνολικής αποδιδόμενης ισχύος 83,1 MW.

Συγκεκριμένα, κατά την περίοδο 2018-2021 έχουν επιλεγεί μέσω των διαγωνισμών της ΡΑΕ αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 1.426 MW. Όμως, εξαιτίας κυρίως των καθυστερήσεων που προκαλούν τα γραφειοκρατικά εμπόδια, μόλις τα 312 MW, δηλαδή το 22%, είχαν κατορθώσει να λειτουργούν κατά το τέλος του Ιουνίου. Η μεσοσταθμική τιμή των αιολικών που έχουν επιλεγεί σε διαγωνισμούς και δεν έχουν υλοποιηθεί ακόμη είναι μικρότερη από 58ευρώ/MWh και η συνολική τους ισχύ 1.115 MW.

Εάν όλα τα αιολικά πάρκα που έχουν επιλεγεί από διαγωνισμούς της ΡΑΕ την τελευταία τετραετία είχαν ολοκληρωθεί, η αιολική ισχύς θα ήταν σήμερα μεγαλύτερη κατά 25%, γεγονός που θα μείωνε την εξάρτηση της οικονομίας μας από τις εισαγωγές καυσίμων και θα παρείχε περισσότερη φθηνή ενέργεια. Σημειώνεται, πάντως, ότι βρίσκονται υπό κατασκευή πάνω από 650 MW νέων αιολικών πάρκων, η πλειοψηφία των οποίων αναμένεται να συνδεθεί στο δίκτυο μέχρι τον Ιούνιο του 2023.

Σε επίπεδο νομών, στην πρώτη θέση είναι η Εύβοια, όπου έχει τοποθετηθεί σχεδόν το 1/3 των ανεμογεννητριών της χώρας. Οι περισσότερες από αυτές λειτουργούν στους Δήμους Καρύστου και Κύμης – Αλιβερίου. Πυκνό είναι επίσης το δίκτυο αιολικών εγκαταστάσεων στους νομούς Βοιωτίας, Φωκίδας, Φθιώτιδας, Ροδόπης, Έβρου, Κεφαλληνίας, Αργολίδος, Αρκαδίας, Λακωνίας, Ηρακλείου και Λασιθίου.¹⁵

3.1 Βασικά Χαρακτηριστικά Ανεμογεννήτριας

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας γίνεται με ειδικές μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι μηχανές αυτές ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Οι ανεμογεννήτριες (Α/Γ) κατατάσσονται σε δυο βασικές κατηγορίες, με κριτήριο τη θέση του άξονα περιστροφής. Α. Ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα, των

¹⁵ <https://eletaen.gr/deltio-typou-statistiki-aiolikis-energeias-2022/>

οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Β. Ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την οριζόντια επιφάνεια του εδάφους. Τα πιο διαδεδομένα συστήματα ανεμογεννητριών είναι εκείνα στα οποία ο άξονας περιστρέφεται οριζόντια και καταλαμβάνουν ποσοστό περίπου 95% των διαθέσιμων συστημάτων αιολικής ενέργειας.¹⁶

3.1.1 Είδη ανεμογεννητριών

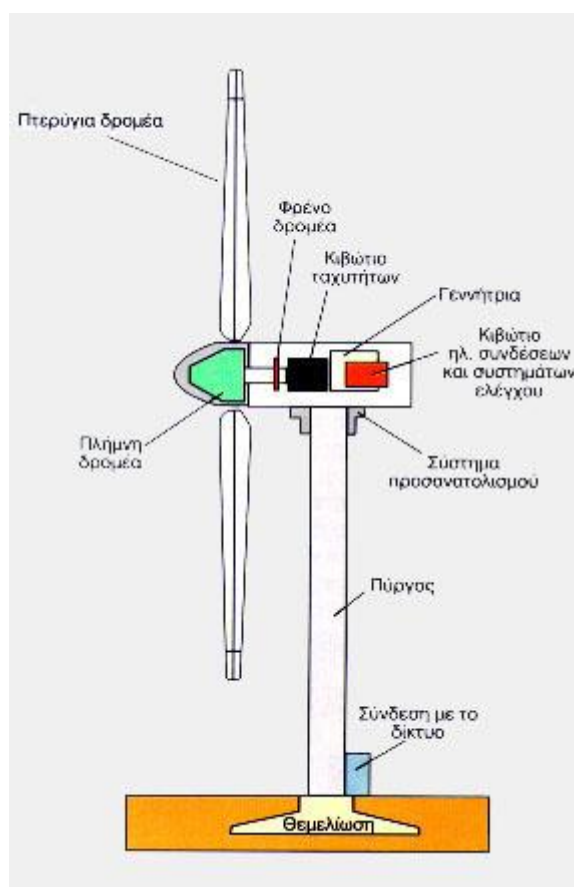
Οι ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, όπως φαίνεται και από την εικόνα 8, αποτελούνται από:

1. Τον δρομέα. Αποτελεί το στρεφόμενο μέρος της μηχανής, το άκρο του οποίου είναι τύπου έλικας και μπορεί να φέρει ένα, δύο ή τρία πτερύγια. Η περιστροφή των πτερυγίων του δρομέα οριζοντίου άξονα γίνεται λόγω της άνωσης και της πίεσης που ασκείται, όταν οι μάζες του αέρα προσπίπτουν σε αυτά. Η μέγιστη αξιοποίηση αυτής της δύναμης απαιτεί κατάλληλους σχεδιασμούς στη μορφή των πτερυγίων, στη στρέψη τους ως προς τον άξονα στήριξης τους και στην ελικοειδή διάταξη τους . Τα πτερύγια αυτά συνήθως κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα.
2. Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Αποτελείται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής (ταχύτητα με συγκεκριμένο αριθμό στροφών) της ανεμογεννήτριας, Με το σύστημα αυτό της μετάδοσης μεταφέρεται η κίνηση από το δρομέα στην ηλεκτρογεννήτρια .
3. Ηλεκτρική γεννήτρια. Είναι ένας σύγχρονος εναλλακτήρας με 2 έως 10 ζεύγη πόλων. Συνδέεται με τον άξονα του κιβωτίου πολλαπλασιασμού των

μέσω ελαστικού ή υβριδικού συνδέσμου που μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

¹⁶Μπιτζιώνης Β., Μπιτζιώνης Δ. (2015), σελ 408.

Εικόνα 8: Ανεμογεννήτρια Οριζόντιου Άξονα



Πηγή:http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm

4. Το σύστημα πέδησης. Τοποθετείται στον κύριο άξονα και αποτελεί το συνηθισμένο δισκόφρενο.
5. Το σύστημα προσανατολισμού. Είναι το σύστημα που αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου και βρίσκεται τοποθετημένο μεταξύ της ατράκτου και του πύργου στήριξης.
6. Τον πύργο στήριξης. Πάνω σε αυτόν στερεώνεται όλη η ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση και συνήθως μεταλλικός, σωληνωτός ή δικτυωτός και σπάνια από οπλισμένο σκυρόδεμα.
7. Τον ηλεκτρικό ηλεκτρονικό πίνακα. Είναι τοποθετημένος στη βάση του πύργου και ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.¹⁷

¹⁷ Μπιτζιώνης Β., Μπιτζιώνης Δ. (2015), σελ 408-410

Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα είναι πιο γρήγορες όταν έχουν λιγότερα πτερύγια και παρουσιάζουν υψηλή συχνότητα και χρησιμοποιούνται για παραγωγή ισχύος. Όταν οι μηχανές έχουν πολλά πτερύγια είναι πιο αργές λόγω της μεγάλης αδράνειας και έχουν χαμηλή συχνότητα και χρησιμοποιούνται για φόρτιση μπαταριών. Από την άλλη αυτές οι Α/Γ χρειάζονται σύστημα ευθυγράμμισης με τον αέρα.

Εικόνα 9: Ανεμογεννήτρια Κάθετου Άξονα



Πηγή: <https://www.4green.gr/news/data/diafora/87205.asp>

Οι ανεμογεννήτριες Κατακόρυφου Άξονα έχουν πτερύγια που στηρίζονται και στρέφονται σε κατακόρυφο σταθερό άξονα. Στα θετικά του είναι ότι δεν χρειάζεται μηχανισμό ή κάποιο σύστημα για να στραφεί προς άνεμο και έχει απλούστερη μηχανική κατασκευή. Τα μειονεκτήματα αυτού του τύπου είναι ότι δεν μπορεί να περιστρέφεται μόνος του σε αντίθεση με του οριζόντιο τύπου άξονα και συνεπώς για να περιστραφεί πρέπει να υποστηρίζεται από κατάλληλο ηλεκτρικό κινητήρα. Οι Α/Γ κάθετου άξονα δεν χρειάζονται το σύστημα περιστροφής και συνδέονται απευθείας με την γεννήτρια. Στα αρνητικά τους μπορεί να ειπωθεί ότι έχουν αρκετές ταλαντώσεις που συνεπώς επιδρούν στη μηχανή και παρουσιάζουν ασταθή ισχύ εξόδου εξαιτίας της μεταβλητής ροπής.

Επίσης, έχουν μικρότερη απόδοση συγκριτικά με το κόστος τους.¹⁸ Αυτού του είδους οι Α/Γ είναι σπανιότεροι και χρησιμοποιείται κυρίως για ερευνητικές μελέτες παρά για εμπορική χρήση.

3.1.2 Ονομαστική Ισχύς της Ανεμογεννήτριας

Για να μπορεί να υπολογιστεί η ισχύς μιας ανεμογεννήτριας θα πρέπει αρχικά να υπολογιστεί η ισχύς του ανέμου. Η παρακάτω σχέση μετρά την ισχύ του ανέμου ορισμένης ταχύτητας:

$$P_{αν} = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot A \cdot V^3$$

όπου $P_{αν}$ είναι η ισχύς του ανέμου σε KW, ρ_a η πυκνότητα του αέρα σε KG/m³, A το εμβαδόν του κύκλου της κίνησης των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας και V η ταχύτητα του ανέμου σε m/sec¹⁹. Στην πραγματικότητα όμως η ανεμογεννήτρια δεν μπορεί να απορροφήσει ολόκληρη την ισχύ του ανέμου που προκύπτει από την παραπάνω σχέση και ιδανικά θα μειώσει την ταχύτητα του αέρα για να μπορέσει να την μετατρέψει σε κινητική και έπειτα σε ηλεκτρική.

Για τον καθορισμό της ονομαστικής ισχύος μια ανεμογεννήτριας υπολογίζεται η παρακάτω σχέση:

$$P_n = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot A \cdot C_p \cdot V_n^3 \cdot \eta_m$$

Όπου P_n είναι της ανεμογεννήτριας σε W, ρ_a η πυκνότητα του αέρα σε KG/m³, A το εμβαδόν του κύκλου της κίνησης των πτερυγίων της ανεμογεννήτριας, C_p ένας σταθερός αριθμός που αφορά συντελεστή ισχύος της ανεμογεννήτριας, V_n^3 η ταχύτητα του ανέμου σε m/sec και η_m ο μηχανικός βαθμός απόδοσης της ανεμογεννήτριας. Στα παραπάνω πάντα σημαντικό ρόλο παίζουν η ταχύτητα και η πυκνότητα του ανέμου αλλά και οι σημαντικές απώλειες που έχει η ανεμογεννήτρια.

¹⁸ Erich Hau, «Wind Turbines», Springer, 2013

¹⁹ Μπιτζιώνης Β., Μπιτζιώνης Δ. (2015), Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη. σελ 413-415

3.1.4 Ανεμογεννήτριες σταθερής και μεταβλητής ταχύτητας

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται ο τρόπος λειτουργίας της ανεμογεννήτριας ως συνόλου μηχανών που λειτουργεί είτε με σταθερή ταχύτητα είτε με μεταβλητή ταχύτητα. Στην πρώτη κατηγορία, η ανεμογεννήτριες μπορεί να είναι σύγχρονες και ασύγχρονες και το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι ο δρομέας τους κινείται με σταθερή ταχύτητα ανεξάρτητα με την ταχύτητα του ανέμου. Επίσης, η μηχανή της ανεμογεννήτριας συνδέεται απευθείας με το δίκτυο και υπάρχει ένας μετασχηματιστής τάσης που συνδέει την γεννήτρια με το ηλεκτρικό σύστημα. Το πλεονέκτημα σε αυτού του είδους τις γεννήτριες είναι ότι υπάρχει χαμηλό κόστος συντήρησης και είναι απλές και αξιόπιστες. Το μεγάλο μειονέκτημα όμως είναι ότι λόγω της σταθερής ταχύτητας του δρομέα οι διάφορες αυξομειώσεις του ανέμου θα έχουν ως αποτέλεσμα την διακύμανση της ροπής και συνεπώς της τάσης του δικτύου²⁰.

Από την άλλη πλευρά στις ανεμογεννήτριες μεταβλητής ταχύτητας είναι συνήθως σύγχρονες και η ταχύτητα του δρομέα αλλάζει ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ροπή της γεννήτριας να παραμένει σταθερή παρά την διακύμανση της ταχύτητας του ανέμου, καθώς οι διακυμάνσεις απορροφώνται από τις μεταβολές της ταχύτητας του δρομέα. Το βασικό πλεονέκτημα των ανεμογεννητριών μεταβλητής ταχύτητας είναι ο έλεγχος της μεταβλητότητας του ανέμου και η επίδρασή του στα μηχανικά μέρη της γεννήτριας και συνολικά η βελτιστοποίηση της απόδοσης της ενέργειας της ανεμογεννήτριας. Ως βασικό μειονέκτημά τους είναι η μεγαλύτερη πολυπλοκότητα των μηχανικών μερών, το μεγαλύτερο κόστος αλλά και οι απώλειες από τους μετασχηματιστές της ισχύος

3.1.5 Ανεμογεννήτριες μικρής, μέσης και μεγάλης ισχύος

Ανάλογα με την ισχύ της έχουμε τρεις κατηγορίες ανεμογεννήτριας. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος με εύρος από 100W έως 30KW. Οι ανεμογεννήτριες αυτές συνήθως είναι τρίπτερες και χρησιμοποιούνται σε αυτόνομα συστήματα για την ηλεκτρική παραγωγή. Τοποθετούνται σε κήπους και εντός οικισμών σε οροφές για την εκμετάλλευση του ανέμου χαμηλής ταχύτητας. Αυτού του είδους της

²⁰ Καραλής, Ε., 2008. Λειτουργία και Έλεγχος Συστήματος Ανεμογεννήτριας με Μηχανή Επαγωγής σε Διάταξη Διπλής Τροφοδότησης, Αθήνα.

ανεμογεννήτριες αποτελούνται από τον δρομέα, την ηλεκτρογεννήτρια, το δισκόφρενο, το σύστημα προσανεμισμού, τον πυλόν και το σύστημα λειτουργίας και ελέγχου.

Πίνακας 2: Παραδείγματα Α/Γ μικρής ισχύος

Μοντέλο	Διάμετρος πτερυγίων	Μέγιστη ισχύς	Ταχύτητα ανέμου εκκίνησης	Ισχύς σε ταχύτητα 6m/sec (3-4 BF)	Ρυθμιστής φόρτισης	Τιμή
X-300 12V	90 πόντοι	300W (18m/sec-8BF)	1,8m/sec (1 με 2BF)	40 Watt	Ναι	571€ + ΦΠΑ
X-400 24V	133 πόντοι	500W (14m/sec-7BF)	2,5m/sec (2BF)	100 Watt	Ναι	643€ + ΦΠΑ
X-400 12V	133 πόντοι	500W (14m/sec-7BF)	2,5m/sec (2BF)	100 Watt	Ναι	682€ + ΦΠΑ
V-400 12V για σκάφη	133 πόντοι	500W (14m/sec-7BF)	2,5m/sec (2BF)	100 Watt	Ναι	706€ + ΦΠΑ
X-600 24V	185 πόντοι	700W (14m/sec-7BF)	2m/sec (2BF)	120 Watt	Ναι	1125€ + ΦΠΑ
X-600 48V	185 πόντοι	700W (14m/sec-7BF)	2m/sec (2BF)	120 Watt	Ναι	1182€ + ΦΠΑ
X-2000 48V	190 πόντοι	2000W (20m/sec-9BF)	1,8m/sec (1 με 2BF)	200 Watt	Ναι	2076€ + ΦΠΑ

Πηγή: <https://www.oleng.eu/anemogenitria-times-leitourgia/>

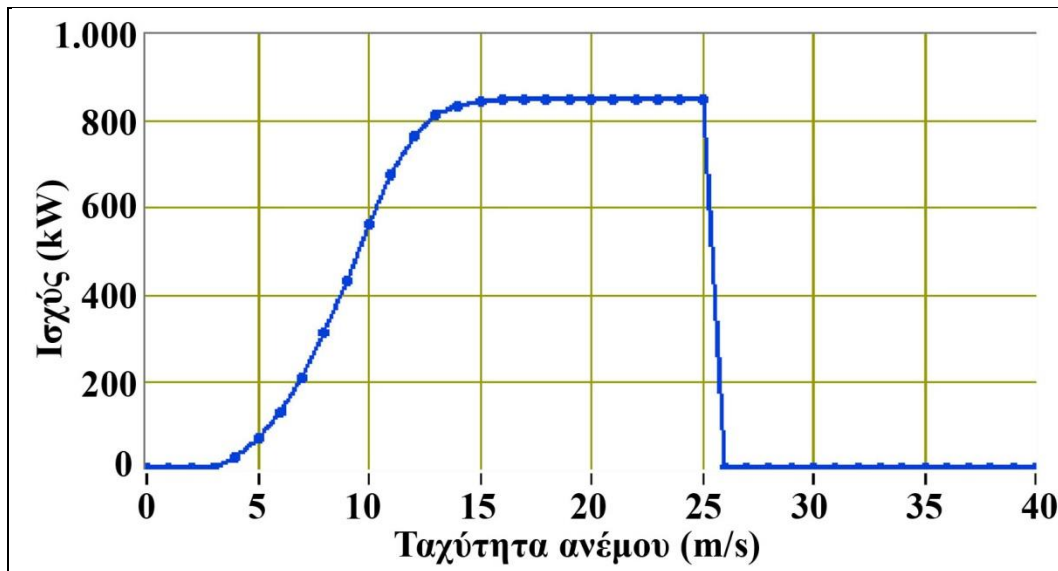
Ανάλογα με το εύρος της ισχύος, οι ανεμογεννήτριες μικρής ισχύος μπορούν να καταταγούν σε: αυτές με ισχύ από 0,1- 1KW, όπου η παραγόμενη τάση είναι συνεχής και συνδέονται με συσσωρευτές αποθήκευσης ενέργειας. Σε αυτές με ισχύ από 1- 5KW, όπου παράγεται μονοφασική τάση και δίνουν ηλεκτρική ενέργεια για άμεση κατανάλωση και σε δίκτυο και σε αυτές με ισχύ από 5- 30KW, όπου η παραγόμενη τάση είναι τριφασική και συνδέονται συνήθως με ένα κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας²¹.

Οι ανεμογεννήτριες μέσης ισχύος έχουν κατασκευαστική ισχύ από 30- 200KW και μεγάλης ισχύος όταν το εύρος ισχύος τους είναι μεγαλύτερο από τα 200KW. Αυτές οι ανεμογεννήτριες έχουν συνήθως οριζόντιο τύπου άξονα και μπορεί να είναι μονόπτερες, δίπτερες και τρίπτερες. Οι ανεμογεννήτριες μεγάλης ισχύος συνήθως είναι αυτές που

²¹ Μπιτζιώνης Β., Μπιτζιώνης Δ. (2015), Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη. σελ 443-460

παράγουν και μεγαλύτερη ηλεκτρική ενέργεια για αυτό και συνήθως τις βρίσκουμε σε αιολικά πάρκα και τοποθετούνται σε μεγάλο υψόμετρο από το έδαφος για την εκμετάλλευση μεγαλύτερης ταχύτητας του ανέμου.

Εικόνα 10: Καμπύλη Ισχύος Α/Γ μεγάλης ισχύος



Πηγή: <http://www.aiolikigi.gr/el/e-learning/wind-parks-annual-electricity-production/>

3.2 Αιολικά Πάρκα

Ως αιολικό πάρκο εννοούμε την ομάδα ανεμογεννητριών που έχουν εγκατασταθεί στην ίδια τοποθεσία. Κάθε ανεμογεννήτρια είναι συνδεδεμένη σε ένα εσωτερικό δίκτυο χαμηλής ή μέσης τάσης, το οποίο συνδέεται με το διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός μετασχηματιστή ανύψωσης της τάσης. Υπάρχουν τρία βασικά είδη αιολικών πάρκων τα χερσαία (on shore), τα πάρκα που βρίσκονται κοντά στην ακτή (near shore) και τα παράκτια (off shore).

A. Χερσαία Αιολικά Πάρκα (on shore)

Ως χερσαία αιολικά πάρκα νοούνται αυτά που δημιουργούνται στις κορυφογραμμές περιοχών με μεγάλο σχετικά υψόμετρο (τουλάχιστον τριών χιλιομέτρων) προς το εσωτερικό από την πλησιέστερη ακτογραμμή. Αυτό συμβαίνει για την αξιοποίηση της λεγόμενης τοπογραφικής επιτάχυνσης του αέρα καθώς διασχίζει μια κορυφογραμμή. Η

επιτάχυνση του ανέμου προωθεί την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας. Τα χερσαία αιολικά πάρκα αποτελούν την πλειοψηφία των αιολικών πάρκων.

Το κόστος παραγωγής των χερσαίων αιολικών πάρκων υπολογίζεται χαμηλότερο από αυτό των παράκτιων. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η πρόσβαση στις εγκαταστάσεις είναι ιδιαίτερα εύκολη προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες συντήρησης. Είναι αναγκαίο να έχει προηγηθεί ορθή μελέτη των τοπικών ανέμων για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, προκειμένου η τοποθέτηση των ανεμογεννητριών να γίνει με πλήρη ακρίβεια. Κάποιες ανησυχίες αφορούν την αστάθεια που παρουσιάζει πολλές φορές ο άνεμος αλλά και τον περιορισμό στο ύψος για ανεμογεννήτριες σε λόφους. Πολλοί εκφράζουν δυσαρέσκεια για τον παραγόμενο θόρυβο και την οπτική ρύπανση. Ωστόσο, ακόμα και μετά την εγκατάσταση και τη λειτουργία του αιολικού πάρκου δεν επηρεάζεται ο τομέας της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Η αλλοίωση είναι μόνο οπτική και δεν δημιουργεί περαιτέρω προβλήματα.

B. Αιολικά Πάρκα κοντά στην ακτή

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

Γ. Παράκτια Αιολικά Πάρκα (off shore)

Είναι εγκατεστημένα σε θαλάσσιες περιοχές πέραν των δέκα χιλιομέτρων από την ακτή. Η επιφάνεια του νερού είναι πιο ομαλή από αυτή του εδάφους. Η ταχύτητα του ανέμου είναι σταθερή και υψηλότερη από την ξηρά και έτσι ο συντελεστής Χρησιμοποίησης ή συντελεστής Εκμετάλλευσης (capacity factor) είναι υψηλότερος των άλλων δυο τύπων αιολικών πάρκων. Αξίζει να αναφερθεί ότι η εγκατάσταση και η συντήρηση είναι αρκετά πιο δαπανηρή και οι πύργοι είναι αρκετά υψηλότεροι από αυτούς των χερσαίων. Στα πλεονεκτήματα να σημειωθεί ότι η οπτική ενόχληση είναι αισθητά μικρότερη και δεν παρατηρούνται περιορισμοί στο ύψος. Το κόστος παραγωγής παράκτιων αιολικών πάρκων σημειώνεται ως ψηλότερο καθώς εξαρτάται από το βάθος.²²

²² Κατσέλη, Χ., 2019. Χωροθέτηση θαλάσσιων αιολικών πάρκων στον ελληνικό χώρο: Μια προσέγγιση με βάση την τεχνολογία των GIS. <https://energypress.gr/print/124571>.

3.3 Παράμετροι επιλογής αιολικών εγκαταστάσεων

Η αξιολόγηση του αιολικού δυναμικού μιας περιοχής αποτελεί το βασικότερο κριτήριο για την ορθή επιλογή της θέσης εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Για την επιλογή της κατάλληλης θέσης εγκατάστασης των ανεμογεννητριών θα πρέπει να πληρούνται ορισμένα κριτήρια. Πρωτίστως να ληφθεί υπόψη η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου. Θα πρέπει να υπάρχουν υψηλές ταχύτητες ανέμου για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του έτους. Επιπλέον, θα πρέπει να είναι εύκολη η πρόσβαση στην περιοχή εγκατάστασης των ανεμογεννητριών και να υπάρχει η απαιτούμενη έκταση για την εγκατάσταση. Είναι αναγκαίο να υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης με το κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και να μην υπάρχει μεγάλο υψόμετρο για την αποφυγή περιορισμών που αφορούν την λειτουργία των ανεμογεννητριών, πιθανώς λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών.^{23 24}

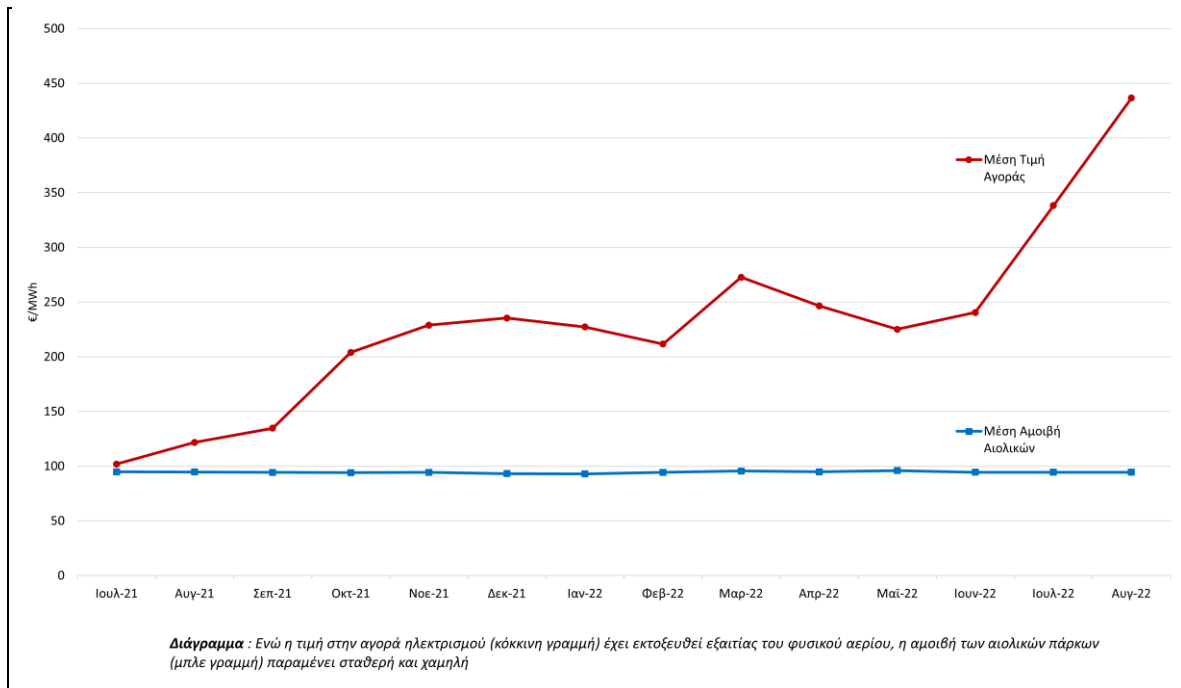
3.4 Τιμολογιακή πολιτική

Στην υποενότητα αυτή γίνεται αναφορά στην τιμολόγηση της αιολικής ενέργειας καθώς υπάρχει λανθασμένα η εντύπωση ότι η οι αμοιβές των αιολικών πάρκων ακολουθούν την πορεία της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως είναι εμφανές και από το παρακάτω σχήμα παρά την μεγάλη διακύμανση και ανοδική πορεία της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος, η αμοιβές των αιολικών πάρκων παραμένει σταθερή καθόλη την διάρκεια του εξεταζόμενου έτους.

²³Μπιτζιώνης Β., Μπιτζιώνης Δ., 2015, 415.

²⁴ Καλδέλλης Ι.Κ. Καββαδίας Κ. Παλιάτσος, Αθ. 2004, 'Προβλήματα Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων Ηλεκτροπαραγωγής <<Η Περίπτωση των Αιολικών Πάρκων>>, 7ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Μυτιλήνη, Οκτώβριος 2004

Εικόνα 11: Τιμολογιακή πολιτική



Πηγή: ΕΛΕΤΑΕΝ, 2022

Σύμφωνα με την ΕΛΕΤΑΕΝ, τα αιολικά πάρκα έχουν «κλειδώσει» σταθερές και χαμηλές τιμές αμοιβής, με μακροχρόνια συμβόλαια που έχουν συνάψει με τη δημόσια επιχείρηση ΔΑΠΕΕΠ. Για τα παλαιότερα αιολικά αυτές οι τιμές έχουν καθορισθεί διοικητικά με βάση το κόστος των επενδύσεων κατά το χρόνο που υλοποιήθηκαν ενώ για τα νεότερα πάρκα οι τιμές προκύπτουν μέσω διαγωνισμών που διενεργεί η ΡΑΕ. Για το λόγο αυτό, τα αιολικά πάρκα δεν επωφελούνται από τις υψηλές τιμές στην αγορά και δεν έχουν υπερκέρδη. Ειδικότερα, η μέση τιμή αμοιβής της ενέργειας που παράγεται από τα αιολικά πάρκα στο εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα της Ελλάδας είναι περί τα 94 €/MWh, δηλαδή μόλις το 22% της μέσης τιμής ηλεκτρισμού στην αγορά τον Αύγουστο 2022. Στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται η αύξηση της τιμής στην αγορά κατά το τελευταίο δωδεκάμηνο (κόκκινη γραμμή) και η αμοιβή που λαμβάνουν τα αιολικά πάρκα που παραμένει σταθερή και χαμηλή (μπλε γραμμή). Για τους παραπάνω λόγους, ο μηχανισμός που έχει εισάγει η Κυβέρνηση για την φορολόγηση και επιστροφή στους καταναλωτές του 90% των υπερεσόδων των ηλεκτροπαραγωγών, δεν αφορά επί της ουσίας τα αιολικά πάρκα, διότι αυτά επέστρεφαν (και πριν τη θέσπιση του μηχανισμού) και συνεχίζουν να επιστρέφουν αμέσως, το οποίο έσοδο πάνω από την «κλειδωμένη» τιμή του συμβολαίου τους με τον ΔΑΠΕΕΠ. Με τον τρόπο αυτό, τα αιολικά πάρκα έχουν ήδη επιδοτήσει τους καταναλωτές

επιστρέφοντάς τους από την αρχή της κρίσης πολύ πάνω από 1 δις ευρώ μέσω του Ταμείου Ενεργειακής Μετάβασης. Συγκεκριμένα, από τον Ιούλιο 2021 έως και τον Μάιο 2022 (για τον οποίο έχουν ανακοινωθεί επίσημα στοιχεία από τον ΔΑΠΕΕΠ), το συνολικό οικονομικό πλεόνασμα που δημιούργησαν τα αιολικά πάρκα λόγω των χαμηλότερων αμοιβών τους σε σχέση με την χονδρική αγορά είναι 985,6 εκατ. ευρώ. Όσο θα εγκαθίστανται περισσότερα αιολικά πάρκα, αυτό το όφελος θα αυξάνεται με γρηγορότερο ρυθμό, διότι τα νέα αιολικά πάρκα είναι οικονομικά πιο ανταγωνιστικά και έχουν κλειδώσει ακόμα πιο χαμηλές τιμές αμοιβής. Για παράδειγμα, η μέση τιμή των αιολικών πάρκων που επιλέχθηκαν για κατασκευή κατά τον τελευταίο διαγωνισμό της ΡΑΕ που έγινε την 5/9/2022, είναι 57,66 €/MWh. Δεν υπάρχουν λοιπόν υπερκέρδη στα αιολικά πάρκα.

3.5 Οι μεγαλύτεροι επενδυτές και κατασκευαστές

Πάνω από 30 επιχειρηματικοί όμιλοι δραστηριοποιούνται σήμερα στο αιολικό δυναμικό της Ελλάδας λειτουργώντας αιολικά πάρκα σε διάφορες περιφέρειες. Οι πιο σημαντικοί από αυτούς είναι:

- η ΤΕΡΝΑ Ενεργειακή με 713 MW
- η MORE με 706.1 MW
- η Iberdrola Rokas με 375.3 MW
- η ENEL Green Power με 367.5MW,
- Total Eren με 250.2 MW.
- EDF, με 238,2 MW

Όσον αφορά τους κατασκευαστές των ανεμογεννητριών η Vestas έχει προμηθεύσει το 44,8% της συνολικής αποδιδόμενης αιολικής ισχύος στην Ελλάδα. Ακολουθούν η Enercon με 25,4%, η Siemens Gamesa με 18,2%, η Nordex με 6,9% και η GE Renewable Energy με 3,4%.

Κεφάλαιο 4^ο: Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας

4.1 Πλεονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας

Η Αιολική ενέργεια είναι μία από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συνιστά βιώσιμη ενεργειακή πηγή. Επιπλέον αποτελεί μια τεχνολογικά ώριμη, οικονομικά ανταγωνιστική και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή, καθώς παράγει ενέργεια χωρίς να μολύνει το έδαφος και τα ύδατα.²⁵ Δεν επιβαρύνει το τοπικό περιβάλλον με επικίνδυνους αέριους ρύπους, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, καρκινογόνα μικροσωματίδια κ.α., όπως γίνεται με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Προστατεύει τη Γη καθώς κάθε μία κιλοβατώρα που παράγεται από τον άνεμο αντικαθιστά μία κιλοβατώρα που παράγεται από συμβατικούς σταθμούς και ρυπαίνει την ατμόσφαιρα με αέρια του θερμοκηπίου. Η συμβολή της, λοιπόν, είναι μείζονος σημασίας για τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος και τον απογαλακτισμό του πλανητικού χωριού από την εξάρτηση του από ορυκτά καύσιμα. Ο άνεμος, άλλωστε, είναι μια αστείρευτη πηγή ενέργειας, η οποία μάλιστα παρέχεται δωρεάν.

Στα γενικότερα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της συγκαταλέγεται και η ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και ασφάλειας. Συμβάλλει αισθητά στην περιφερειακή ανάπτυξη, στην ενεργειακή επάρκεια και στην ασφάλεια εφοδιασμού, οδηγώντας στην απεξάρτηση από εισαγωγές άλλων μορφών ακριβών καυσίμων.²⁶ Προτέρημα των σταθμών αιολικής ενέργειας συνιστά και το γεγονός ότι δεν είναι αναγκαία η μεγάλη έκταση για την τοποθέτηση των βάσεων των εγκαταστάσεων των ανεμογεννητριών. Η δημιουργία αιολικών πάρκων θα συμβάλλει στην καταπολέμηση και τον μετριασμό της ανεργίας, καθώς θα προκύψουν νέες θέσεις εργασίας προκειμένου να κατασκευαστούν οι βάσεις σωστά, αλλά και να λειτουργήσουν.²⁷ Η δημιουργία των εγκαταστάσεων θα συμβάλλει επιτυχώς στην οικονομική ανάπτυξη της τοπικής κοινωνίας και στην αύξηση των εσόδων του εκάστοτε δήμου. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η κατασκευή ενός

²⁵ Ε. Μπινόπουλος, Π. Χαβιαρόπουλος Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)

²⁶ The Future for Renewable Energy, Prospects and Directions, EUREC Agency, James & James, London, 1996, σελ. 3

²⁷ Bent Sorensen, Renewable Energy, its physics, engineering, use, environmental impacts, economy & planning aspects, third edition, Elsevier Academic Press, 2004, σελ. 756-759

αιολικού πάρκου συνηγορεί υπέρ της αύξησης της ευαισθητοποίησης για την περιοχή στην οποία βρίσκεται. Από οικονομικής πλευράς συντελεί στην άνοδο της προσέλκυσης της τουριστικής κίνησης και στην ανάπτυξη των τουριστικών δραστηριοτήτων. Οι μικρές κοινωνίες μπορούν να γίνουν αυτόνομες ενεργειακά χωρίς να προσφεύγουν σε μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Το κόστος λειτουργίας των αιολικών πάρκων εκτιμάται χαμηλό. Όταν, μάλιστα, ένα αιολικό πάρκο παύει να είναι λειτουργικό και ωφέλιμο, μπορεί να είναι εφικτό να τεθεί ξανά σε λειτουργία εγκαθιστώντας ολοκαίνουργιες ανεμογεννήτριες στη θέση των παλαιότερων.

4.2 Μειονεκτήματα Αιολικής Ενέργειας

Παρόλα τα πολλά προαναφερθέντα πλεονεκτήματα, η αιολική ενέργεια έχει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα που είναι ως ένα σημαντικό βαθμό αποτρεπτικά για την εξάπλωσή τους. Αρχικά, η λειτουργία αιολικών πάρκων πιθανώς να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο κλίμα.²⁸ Η συντριπτική πλειονότητα των θυμάτων είναι πτηνά, τα οποία είτε έρχονται σε σύγκρουση με τις ανεμογεννήτριες είτε σκοτώνονται όταν έρχονται σε επαφή με καλώδια ρεύματος υψηλής τάσης. Συνεπώς για την κατασκευή ενός αιολικού πάρκου είναι αναγκαία η απομάκρυνση της φυσικής βλάστησης της γύρω περιοχής. Ωστόσο, οι έρευνες που διεκπεραιώθηκαν σε διεθνές επίπεδο δεν πιστοποιούν τους κινδύνους αυτούς. Σε κάθε περίπτωση, βέβαια, πριν τη δημιουργία ενός αιολικού πάρκου ή και οποιασδήποτε εγκατάστασης ΑΠΕ θα πρέπει να έχει προηγηθεί Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.).

Ένα μειονέκτημα στο οποίο συχνά γίνεται αναφορά σχετικά με τις ανεμογεννήτριες είναι η τεράστια ποσότητα θορύβου που παράγεται.²⁹ Εντούτοις, οι νέου τύπου ανεμογεννήτριες είναι ως επί το πλείστον αθόρυβες. Ο αισθητά μειωμένος θόρυβος έγκειται στη βελτίωση του σχεδιασμού των πτερυγίων τους.³⁰ Πολλοί ακόμη υποστηρίζουν ότι οι ανεμογεννήτριες προκαλούν επιβλαβείς συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία, χωρίς όμως να αποτελεί μια άποψη που επιβεβαιώνεται από τη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία. Εκτός

²⁸Renewable Energy in Europe, Building Markets and Capacity, European Renewable Energy Council, European Commission, ALTENER Programme, James & James, London, 2004, σελ. 167

²⁹Breukers S.C., Changing institutional landscapes for implementing wind power: A geographical comparison of institutional capacity building: The Netherlands, England and North Rhine- Westphalia, Amsterdam University Press, 2006, σελ. 40.

³⁰Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi, Wind Energy Handbook, John Wiley & Sons, 2001, σελ. 528

από τις επιπτώσεις που ερευνώνται και αφορούν την ηχορύπανση, την θνησιμότητα των πουλιών, των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, αισθητικής και στις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες, δίνεται σημασία και στα ατυχήματα που έχουν καταγραφεί. Σύμφωνα με άρθρο στην Marine Science and Engineering, μόνο το 2019 σημειώθηκαν 865 ατυχήματα σε Αιολικά πάρκα, ενώ το 2018 707.³¹

Η αισθητική επίδραση που έχουν τα αιολικά πάρκα ως αποτέλεσμα των ανεμογεννητριών τους θεωρείται συνήθως ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα που συνδέονται με αυτά. Αναφορικά με τις χειρσαίες επιχειρήσεις, η επίδραση που έχουν οι ανεμογεννήτριες στην ορατότητα είναι ένας καταλυτικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη προκειμένου να αποφασιστεί εάν θα δοθεί ή όχι άδεια για την κατασκευή του αιολικού πάρκου. Η εγκατάσταση μιας τεράστιας ανεμογεννήτριας σε μια όχι και τόσο ανοιχτή περιοχή δημιουργεί άσχημη οπτική εντύπωση. Ένα από τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση της οπτικής επίδρασης που έχουν οι ανεμογεννήτριες στο τοπίο είναι η ποιότητα και η ομορφιά του περιβάλλοντος και υλοποιείται για τους σκοπούς της λήψης αποφάσεων σχεδιασμού. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα αιολικά συστήματα έχουν υψηλό κόστος έρευνας και εγκατάστασης. Επίσης, πρόκειται για μια χρονοβόρα διαδικασία. Απαιτούν πολύ χρόνο για την έρευνα και τη χαρτογράφηση του αιολικού δυναμικού των μεγάλων περιοχών, ώστε να εντοπιστούν τα ευνοϊκά σημεία. Τέλος, παρουσιάζουν αρκετές διακυμάνσεις ως προς την απόδοση ισχύος, διακύμανση που έγκειται στη διαρκώς μεταβαλλόμενη ένταση του αέρα. Επιπλέον δεν μπορούν όλοι οι άνεμοι να τιθασευτούν ώστε να καλυφτούν, τη στιγμή που προκύπτουν, οι ανάγκες του ηλεκτρισμού.

³¹https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1

Κεφάλαιο 5^ο : Μελλοντικές Προοπτικές ΑΠΕ και Αιολικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Στην παραπάνω ανάλυση δόθηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά της ενεργειακής πολιτικής της Ελλάδας ως προς τις ΑΠΕ αλλά και τους στόχους της δεκαετίας έως το 2030. Το ζητούμενο φυσικά είναι αν οι στόχοι της ΕΣΕΚ θα μπορούν να υλοποιηθούν και να συμβαδίσουν με την πολιτική της πράσινης ανάπτυξης και τους κλιματικούς στόχους. Η ελληνική πολιτική φιλοδοξεί να ξεπεράσει τον στόχο του 35% της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ και να φτάσει το 45%. Κάτι τέτοιο όμως προϋποθέτει ότι θα μπορέσει να ξεπεραστεί το πρόβλημα της αβεβαιότητας στην ενεργειακή επάρκεια από τον πόλεμο Ρωσίας – Ουκρανίας και την στροφή προς τις ΑΠΕ σε νωρίτερο χρόνο.

Οι στόχοι στους άλλους τομείς όσο αφορά το μείγμα ΑΠΕ στην θέρμανση – ψύξη στο 42% και στις μεταφορές στο 19% επίσης υπάρχει η φιλοδοξία ότι θα προσεγγίσουν το 50% και το 30% αντίστοιχα. Η ενεργειακή εξοικονόμηση από την βελτίωση της αποδοτικότητας κατά 38,5% αποτελεί ένα μεγάλο άλμα που θα ωφελήσει την ελληνική οικονομία. Τέλος, εξαιτίας του Ρωσοουκρανικού πολέμου η εξάρτηση από το φυσικό αέριο αναμένεται να είναι ισχυρή για λόγους ασφάλειας. Έτσι, από τα 5,2 GW εγκατεστημένης ισχύος σήμερα εκτιμάται ότι θα προστεθούν σταδιακά, οι μονάδες που ήδη έχουν κατασκευαστεί ή δρομολογηθεί όπως η νέα μονάδα φυσικού αερίου της «Μυτιληναίος» στη Βοιωτία των 826 MW (μεγαβάτ), των ΤΕΡΝΑ – Μότορ Οйл, ισχύος 876,6 MW στη ΒΙΠΕ Κομοτηνής, των ΔΕΗ, ΔΕΠΑ, Κοπελούζου, ισχύος 840 MW, στην Αλεξανδρούπολη για να ακολουθήσει από το 2031 η «Πτολεμαΐδα V» της ΔΕΗ με 1.000 MW. Συνεπώς μένει να αποδειχτεί αν ο στόχος RePowerEu για μείωση της χρήσης φυσικού αερίου στην ΕΕ κατά 64% το 2030, σε σχέση με τα επίπεδα του 2020 μπορεί να είναι στην ουσία εφικτός.³²

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων των ΑΠΕ αν και αρκετά φιλόδοξος δεν παύει να είναι ρεαλιστικός καθώς η βασική πολιτική είναι η μεγάλη αύξηση της ηλεκτροπαραγωγή εκμεταλλεύοντας την τεχνολογία και τεχνογνωσία που ήδη υπάρχει. Η αύξηση του επενδυτικού ενδιαφέροντος σε ΑΠΕ προϋποθέτει ότι η ίδια η αγορά ενέργειας αλλά οι κρατικοί και ρυθμιστικοί φορείς να μπορέσουν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητά

³² <https://www.ot.gr/2023/01/14/green/ape/ape-ependyseis-50-dis-eyro-kai-ape-28-gw-eos-to-2030/>

τους στις αντίστοιχες προκλήσεις κάθε φορά και με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ως προς την κατεύθυνση αυτή.

Όσον αφορά το μέλλον της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, αυτό σύμφωνα με τους στόχους που έχουν τεθεί, αναμένεται να υπάρξει περεταίρω αύξηση της ενεργειακής παραγωγής σε αιολικό δυναμικό αλλά και αποδοτικότητα. Σύμφωνα με την ΕΛΕΤΑΕΝ (Ελληνική Ένωση Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας) και την ΕΣΗΠΑΕ (Ελληνικός Σύνδεσμος Ηλεκτροπαραγωγών από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) είναι αναγκαίο να υπάρξει ένα σχέδιο δράσης τύπου RePowerGr για την χώρα μας που θα καθορίζει τους άξονες πολιτικής των ΑΠΕ και θα επικαιροποιήσει το ΕΣΕΚ για να περιλαμβάνει τις πρόσφατες εξελίξεις σε ότι αφορά τις πολιτικές ΑΠΕ της ΕΕ για το 2025 και το 2030 και θα προϋποθέτει ότι όλες οι μελέτες σχέδια και ρυθμίσεις θα συμβαδίζουν με του κλιματικού και ενεργειακού στόχους.

Πιο συγκεκριμένα, είναι επιτακτική ανάγκη για απλοποίηση της διαδικασίας τροποποίησης των υφιστάμενων περιβαλλοντικών αδειών, η οποία είχε επιβαρυνθεί σημαντικά, η προκήρυξη του επόμενου διαγωνισμού για νέα έργα ΑΠΕ και η προώθηση επενδύσεων στην αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Ταυτόχρονα, θα πρέπει οι διαχειριστές να χορηγούν νέες οριστικές προσφορές σύνδεσης λαμβάνοντας υπόψη την τεχνολογία ανανεώσιμης ενέργειας του κάθε σταθμού, με σκοπό οι χορηγούμενες και οι εν ισχύ οριστικές προσφορές σύνδεσης ανά τεχνολογία να συνάδουν με το μείγμα τεχνολογιών που προβλέπει το νέο ΕΣΕΚ.³³

Τέλος, το μεγάλο στοίχημα για την αιολική ενέργεια αποτελεί η δημιουργία και η ανάπτυξη των θαλάσσιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα. Παρά τις προσπάθειες ετών για ρυθμιστικό πλαίσιο και απόπειρες αδειοδότησης, αυτό σήμερα είναι ατελές και χρειάζεται άμεσης επίλυσης. Καθώς το αιολικό θαλάσσιο δυναμικό της χώρας μας είναι πλούσιο και υποσχόμενο μεγάλες ενεργειακές αποδόσεις και εφόσον ο στόχος της ΕΕ είναι η άμεση απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, ο στόχος θα πρέπει να περιλαμβάνει την προώθηση όλου του πλαισίου που θα προσελκύσει επενδυτές για την ανάπτυξη της θαλάσσιας αιολικής δυναμικής. Αυτό θα πρέπει να περιλαμβάνει όλο τον χωροταξικό σχεδιασμό, που να διασφαλίζει τη βέλτιστη αξιοποίηση των θαλασσιών αιολικών πάρκων, λαμβάνοντας υπόψη και άλλες θαλάσσιες δραστηριότητες, όπως είναι η ναυσιπλοΐα, η αλιεία, ο

³³ <https://www.newsbreak.gr/oikonomia/377085/aiolika-parka-ellada/>

τουρισμός και η θαλάσσια περιήγηση, την αναγκαία αδειοδότηση και τις διαδικασίες για την ολοκλήρωσή της, τον τεχνικό σχεδιασμό για τη μελέτη εγκατάστασης και ανάπτυξης των θαλασσίων αιολικών πάρκων και φυσικά την διασύνδεση των θαλασσίων αιολικών πάρκων με το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ).^{34,35}

³⁴ <https://www.naftemporiki.gr/afieromata/1334163/magnitis-i-ellada-gia-thalassia-aiolika-parka/>

³⁵ <https://www.prevezanews.gr/stiles/arthra/50719-aioliki-energeia-stin-ellada-tin-eyropi-kai-pagkosmia/>

Συμπεράσματα

Η αιολική ενέργεια ως μία ήπια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας έχει πραγματοποιήσει από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα μεγάλα άλματα προόδου ως προς την ένταξή της στις φιλικές προς το περιβάλλον μορφές ενέργειας και τις πιο άμεσες μορφές αξιοποίησης ενέργειας. Σε παγκόσμια κλίμακα, η αιολική ενέργεια καλύπτει ενεργειακές ανάγκες της τάξης του 4%, που παρά την μικρή του απόδοση αποτελεί πολλά υποσχόμενη μελλοντική πηγή ενέργειας.

Η Ελλάδα, με ένα τεράστιο φυσικό πλούτο και με την θαλάσσια υποδομή της που προσφέρει ατελείωτες δυνατότητες για την αξιοποίηση του ανέμου, έχει αρχίσει να παρουσιάζει αξιόλογα ενεργειακά αποτελέσματα έως και σήμερα αφού το 2022 η εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας αγγίζει τα 4,6 GW και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανήλθε στις 10,1 MWh. Σε αυτό συντελεί η ο ευρωπαϊκός αλλά και ο ελληνικός σχεδιασμός για τις ΑΠΕ για την δεκαετία έως το 2030 αλλά και η ανάγκη για απεξάρτηση το συντομότερο από τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η προσέλκυση επενδυτών και κατασκευαστών έκανα δυνατή την ανάπτυξη των παράκτιων και χερσαίων αιολικών πάρκων που συνεχώς αναπτύσσονται παρά τις πρώτες αντιδράσεις.

Το σίγουρα απαιτητικό στοίχημα των επομένων ετών αποτελεί το νομοθετικό και ρυθμιστικό πλαίσιο λειτουργίας των θαλάσσιων αιολικών πάρκων, καθώς υπάρχουν ακόμα θέματα που πρέπει να επιλυθούν, όπως η χωροθέτηση, η διαδικασία αδειοδότησης και η αποζημίωση των επενδυτών. Το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας έχει ξεκινήσει τις σχετικές διαδικασίες και πρωτοβουλίες και στο άμεσο μέλλον αναμένεται να ξεκολλήσουν σημαντικά έργα που συμβάλλουν στην επίτευξη των στόχων του 2030 και του 2050.

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που θα πρέπει να επιλυθεί είναι αυτό των καθυστερήσεων και των παρακωλήσεων των αιολικών επενδύσεων. Κατά την περίοδο 2018-2021 είχαν επιλεγεί μέσω των διαγωνισμών της ΡΑΕ αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 1.426MW. Όμως εξαιτίας κυρίως των καθυστερήσεων της γραφειοκρατίας, μόνο τα 426,4 MW ή το 30%, κατάφεραν να λειτουργούν στο τέλος του 2022. Οι καθυστερήσεις αυτές δεν είναι ασήμαντες και μη υπολογίσιμες καθώς η τιμή αποζημίωσης των αιολικών πάρκων που έχουν επιλεγεί σε διαγωνισμούς και δεν έχουν υλοποιηθεί ακόμα είναι πολύ μικρότερη από το κόστος παραγωγής από φυσικό αέριο ή λιγνίτη. Εάν αυτά τα αιολικά έργα, με συνολική ισχύ 1 GW είχαν ολοκληρωθεί έγκαιρα, θα πρόσφεραν περισσότερη φθηνή

ενέργεια και μόνιμη ανακούφιση στους Έλληνες καταναλωτές και την εθνική οικονομία από το μεγάλο κόστος ενέργειας που παρατηρείται τον τελευταίο χρόνο.

Από την παρούσα μελέτη λοιπόν, αβίαστα μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η αιολική ενέργεια , ειδικά στην Ελλάδα με ένα εκτιμώμενο δυναμικό 1000MWt, μπορεί κάλλιστα να θεωρηθεί μία ενεργειακή πηγή που προσφέρει οικονομικότερη ενέργεια αφού μπορεί να γίνει άμεση η χρήση της και σε σχετικά σταθερές τιμές, περιβαλλοντικά φιλικότερη-εφόσον οι επιπτώσεις της στο περιβάλλον είναι πολύ μικρές έως ελάχιστες . Επίσης, είναι ανανεώσιμη καθώς η δύναμη του ανέμου συνεχώς ανανεώνεται με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και δεν εξαντλείται. Τέλος, η αιολική ενέργεια αν και είναι ενεργειακά μικρής απόδοσης, με την σωστική τεχνολογία και πολιτική αναμένεται να διπλασιάσει την τελική της απόδοση τα επόμενα χρόνια.

Συνεπώς, το άμεσο μέλλον της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι ευοίωνο. Με σωστή ενεργειακή πολιτική, με πιο ευέλικτο νομοθετικό και ρυθμιστικό πλαίσιο και αδειοδότηση, τον κατάλληλο χωροταξικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό σχεδιασμό αλλά και την αξιοποίηση της τεχνογνωσίας άλλων χωρών και το κατάλληλο επιστημονικό δυναμικό η Ελλάδα θα μπορούσε να αυξήσει την παραγωγή και εφαρμογή της αιολικής ενέργειας κατά πολύ και να πετύχει τους φιλόδοξους στόχους το ΕΣΕΚ. Αυτό που απομένει είναι στο ενεργειακό μέλλον των ΑΠΕ της χώρας μας να υπάρχει τουλάχιστον σημαντική, ευρύτερη ανάπτυξη και εκμετάλλευση των θαλάσσιων αιολικών πάρκων και με την περαιτέρω αξιοποίηση του χερσαίου αιολικού δυναμικού, Η Ελλάδα θα πρωταγωνιστεί στην παραγωγή και χρήση ενέργειας προερχόμενη από τον άνεμο.

Βιβλιογραφία

A. Ξενόγλωσση

- Erich Hau, «Wind Turbines», Springer, 2013
- James & James, 1996. The Future for Renewable Energy. Prospects and Directions, EUREC Agency, London, σελ. 3
- Bent Sorensen, Renewable Energy, its physics, engineering, use, environmental impacts, economy & planning aspects, third edition, Elsevier Academic Press, 2004, σελ. 756-759.
- Breukers S.C., 2006, Changing institutional landscapes for implementing wind power: A geographical comparison of institutional capacity building: The Netherlands, England and North Rhine- Westphalia, Amsterdam University Press, σελ. 40
- Renewable Energy in Europe, 2004, Building Markets and Capacity, European Renewable Energy Council, European Commission, ALTENER Programme, James & James, London, σελ. 167.
- Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi, 2001, Wind Energy Handbook, John Wiley & Sons, σελ. 528.

B. Ελληνόγλωσση

- Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας 2010-2020. http://pntrin.eu/assets/media/PDF/EU_POLICIES/National%20Legislation/Greece/national_policy/159.pdf
- Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, 2020. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-01/el_final_necp_main_el_0.pdf
- Δαγκαλίδης Α. 2010. Κλαδική Μελέτη 13, “Αιολικά Πάρκα “, Τράπεζα Πειραιώς, Μονάδα οικονομικής ανάλυσης και αγορών, Ιούνιος 2011
- ΕΛΕΤΑΕΝ,2022, Δελτίο Τύπου, Τα στατιστικά της Αιολικής Ενέργειας το 2022 <https://eletaen.gr/deltio-tyrou-statistiki-aiolikis-energeias-2022/>
- Καλδέλλης Ι.Κ., Καββαδίας Κ., Παλιάτσος, Α. 2004, ‘Προβλήματα Χωροθέτησης Εγκαταστάσεων Ηλεκτροπαραγωγής <<Η Περίπτωση των Αιολικών Πάρκων>>,7ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Μυτιλήνη, Οκτώβριος 2004

- Καπλάνης, Σ., 2003. Ήπιες μορφές ενέργειας- Περιβάλλον & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Εκδόσεις ΙΩΝ.
- Καλδέλλης Ι.Κ. 2005. “Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας”, Έκδοση 2^η
- Καραλής, Ε., 2008. Λειτουργία και Έλεγχος Συστήματος Ανεμογεννήτριας με Μηχανή Επαγωγής σε Διάταξη Διπλής Τροφοδότησης, Αθήνα.
- Κατσέλη, Χ., 2019. Χωροθέτηση θαλάσσιων αιολικών πάρκων στον ελληνικό χώρο: Μια προσέγγιση με βάση την τεχνολογία των GIS. <https://energypress.gr/print/124571>.
- Μπινόπουλος, Ε, Χαβιαρόπουλος, Π, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)
- Μπιτζιώνης Β., Μπιτζιώνης Δ. (2015), Εναλλακτικές Μορφές Ενέργειας, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη. σελ 408-470
- "ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ". Rae.gr. 2021. <http://www.rae.gr/site/portal.csp>.

Γ. Ηλεκτρονικές Πηγές

- <https://library.wwindea.org/tech-reports/>
- <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ada7af90-e280-46c4-a577-df2e4fb44254/Renewables2022.pdf>
- http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/MIS_sept15/MIS%20375406_CRES_KR_OSSIS.pdf
- https://rae.gr/wp-content/uploads/2021/03/%CE%9F%CE%B9_%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%BD%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CF%82_%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B5%CF%82_%CE%B5%CF%81%CE%B3%CF%89%CE%BD_%CE%91%CE%A0%CE%95_%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD_%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%B4%CE%B1_v27.pdf
- <https://eletaen.gr/wp-content/uploads/2023/02/2023-02-05-KYR-DHMOKRATIA.pdf>
- <https://www.agrinioculture.gr/2014/01/22/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1-%CE%B7-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9>

[%CE%BC%CE%B7-%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AE-%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CF%80/](#)

- https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1
- <https://www.newsbreak.gr/oikonomia/377085/aiolika-parka-ellada/>
- <https://www.ot.gr/2023/01/14/green/ape/ape-ependyseis-50-dis-eyro-kai-ape-28-gw-eos-to-2030/>
- <https://www.newsbreak.gr/oikonomia/377085/aiolika-parka-ellada/>
- <https://www.naftemporiki.gr/afieromata/1334163/magnitis-i-ellada-gia-thalassia-aiolika-parka/>