

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ, ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟΥ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ντούρος Απόστολος Γεώργιος

**Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ Ο ΑΝΙΚΤΥΠΟΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ
ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

Θεολόγου Κωνσταντίνος, Αν. Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ ΕΜΠ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Θεολόγου Κωνσταντίνος, Αν. Καθηγητής, ΣΕΜΦΕ ΕΜΠ

Τζαννίνη Ευγενία, Επ. Καθηγήτρια, ΣΕΜΦΕ ΕΜΠ

Σπυρίδων Στέλιος, ΕΔΙΠ, ΣΕΜΦΕ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2024

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συνεχή στήριξη που μου πρόσφερε καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου, και τον κύριο Θεολόγου, διδάσκοντα του μαθήματος *Περιβαλλοντική Πολιτική και Ηθική*, που με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την ευκαιρία να μπορέσω να ασχοληθώ με το παρόν θέμα. Το μάθημα του αποτέλεσε την πηγή έμπνευσης για την εργασία μου.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την εργασία στην μνήμη του παππού μου και της γιαγιάς μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας</u>	14
1.1 Μορφές ΑΠΕ	14
1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ	15
1.3 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ	17
1.4 Αιολική Ενέργεια	17
1.4.1 Εισαγωγή	17
1.4.2 Αρχή λειτουργίας	18
1.4.3 Ανεμογεννήτριες	19
1.4.4 Αιολικά πάρκα	22
1.4.5 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο	23
1.5 Ηλιακή Ενέργεια	23
1.5.1 Εισαγωγή	23
1.5.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα	24
1.5.3 Απόδοση φωτοβολταϊκών συστημάτων	26
1.5.4 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο	27
1.5.5 Ηλιακά θερμικά συστήματα	28
1.5.6 Αρχή λειτουργίας ενεργητικών ηλιακών συστημάτων	29
1.5.7 Εφαρμογές ενεργητικών ηλιακών θερμικών συστημάτων	31
1.5.8 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο	33
1.6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	34
1.6.1 Εισαγωγή	34
1.6.2 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί	34
1.6.3 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο	37
1.6.4 Παρόμοιες μορφές ενέργειας	38
1.7 Βιομάζα	41
1.7.1 Εισαγωγή	41
1.7.2 Μέθοδοι επεξεργασίας της Βιομάζας	42

1.7.3 Εφαρμογές της Βιομάζας	43
1.7.4 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο	44
1.8 Γεωθερμική ενέργεια	46
1.8.1 Εισαγωγή	46
1.8.2 Γεωθερμικά συστήματα	46
1.8.3 Αρχή λειτουργίας κανονικής (ή αβαθής) γεωθερμίας	48
1.8.4 Τύποι γεωθερμικών αντλιών θερμότητας	49
1.8.5 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ευρωπαϊκή πολιτική	52
2.1 Ευρωπαϊκή Ένωση	52
2.1.1 Περιβαλλοντική Πολιτική ΕΕ	52
2.1.2 Πράσινη Συμφωνία	53
2.1.3 ΑΠΕ	56
2.2 Απασχόληση και οικονομία των Α.Π.Ε	58
2.2.1 Διεθνής κατάσταση	59
2.2.2 Κατάσταση της απασχόλησης στην ΕΕ – Ελλάδα	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η περίπτωση της Ελλάδας	64
3.1 Ελλάδα – Το Σύστημα Διάθεσης Ενέργειας	64
3.1.1 Βασικοί φορείς του ενεργειακού τομέα	67
3.2 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα	69
3.2.1 Στόχοι του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα	70
3.2.2 Οικονομικό αντίκτυπο του ΕΣΕΚ	75
3.3 Αιολική Ενέργεια	77
3.3.1 Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα	79
3.3.2 Οικονομικά χαρακτηριστικά	80
3.4 Ηλιακή Ενέργεια	81
3.4.1 Φωτοβολταϊκά	82
3.4.2 Οικονομικά χαρακτηριστικά	83
3.4.3 Ηλιακά θερμικά συστήματα	85
3.4.4 Οικονομικά χαρακτηριστικά	85
3.5 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	87
3.5.1 Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα	88
3.5.2 Διαδικασία χορήγησης Άδειας λειτουργίας ΜΥΗΕ	90
3.5.3 Οικονομικά χαρακτηριστικά	91
3.6 Βιομάζα	93

3.7 Γεωθερμική Ενέργεια	97
3.7.1 Δυναμικό	97
3.7.2 Πρόσφατες εξελίξεις	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Επαγγέλματα στις ΑΠΕ	101
4.1 Αιολική Ενέργεια	101
4.1.1 Ειδικότητες	102
4.2 Ηλιακή Ενέργεια	104
4.2.1 Ειδικότητες	105
4.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια	107
4.3.1 Ειδικότητες	108
4.4 Βιομάζα	109
4.4.1 Ειδικότητες	110
4.5 Γεωθερμική Ενέργεια	112
4.5.1 Ειδικότητες	112
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Δεδομένα στην αγορά εργασίας	115
5.1 Διεθνής εικόνα	115
5.2 Η περίπτωση της Ελλάδας	116
5.2.1 Γενική εικόνα	116
5.2.2 Λεπτομέρειες στην αγορά εργασίας των ΑΠΕ	117
Συμπεράσματα	118
Βιβλιογραφία	123

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα διαθέσιμα αποθέματα ορυκτών καύσιμων στο υπέδαφος του πλανήτη, εξαντλούνται με πολύ γρήγορους ρυθμούς, ενώ η συνολική ζήτηση ενέργειας διαρκώς αυξάνεται. Παράλληλα οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι πλέον εμφανείς, και μάλιστα επηρεάζουν την καθημερινότητα ενός σημαντικού μέρους του παγκόσμιου πληθυσμού. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη αξιοποίησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Οι Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας αποτελούν τους φυσικούς διαθέσιμους πόρους, που βρίσκονται εν αφθονία στο περιβάλλον, και κατά συνέπεια χαρακτηρίζονται ως ανεξάντλητοι. Οι πέντε βασικές μορφές ΑΠΕ, είναι η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική, η υδροηλεκτρική ενέργεια, και η βιομάζα, άλλα υπάρχουν και άλλες μορφές όπως το ανανεώσιμο υδρογόνο, η παλιρροιακή και η κυματική ενέργεια. Στην παρούσα διπλωματική βιβλιογραφική εργασία πραγματοποιείται ανάλυση της τεχνολογίας των ΑΠΕ, των επιπτώσεων τους στο περιβάλλον, στην αγορά εργασίας, και της τωρινής κατάστασης τους στην Ελλάδα. Επιπλέον αναφέρονται οι ευρωπαϊκές περιβαλλοντικές πολιτικές για το άμεσο και το μακροπρόθεσμο μέλλον, και τα επαγγέλματα που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή και στην ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Λέξεις κλειδιά: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), απασχόληση, «πράσινα» επαγγέλματα, Ελλάδα, Ευρωπαϊκή Ένωση.

ABSTRACT

The available fossil fuel reserves in the planet's subsoil are rapidly depleting, while the overall demand for energy is constantly growing. At the same time, the effects of climate change are now evident, and therefore largely affect the daily lives of a significant proportion of the world's population. For this reason, the need to exploit Renewable Energy Sources (RES) for the purpose of energy production, is now imperative. Renewable Energy Sources are the natural resources available, which can be found in abundance in the environment, and are therefore characterized as inexhaustible. The five main forms of RES are solar, wind, geothermal, hydropower and biomass, but other forms also exist, such as renewable hydrogen, tidal and wave energy. This current thesis analyzes the technology of Renewable Energy Sources, their impact on the environment, on the labor market, and their current status-impact in Greece. In addition, ongoing European environmental policies, and the professions involved in the production and development of RES, are also mentioned.

Key words: Renewable Energy Sources (RES), Employment, Green jobs, Greece, European Union.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα. _____	19
Εικόνα 2: Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα. _____	20
Εικόνα 3: Τα εξαρτήματα μιας ανεμογεννήτριας. _____	21
Εικόνα 4: Πρώτη εικόνα: παράκτιο αιολικό πάρκο. Δεύτερη εικόνα: χερσαίο αιολικό πάρκο. Τρίτη εικόνα: υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Τέταρτη εικόνα: πλωτό αιολικό πάρκο _____	22
Εικόνα 5: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο _____	25
Εικόνα 6: Τα μέρη ενός φωτοβολταϊκού. _____	26
Εικόνα 7: Απόδοση φωτοβολταϊκών με βάση την κλίση. _____	26
Εικόνα 8: Ενεργητικό ηλιακό σύστημα. _____	28
Εικόνα 9: Παθητικό ηλιακό σύστημα. _____	29
Εικόνα 10: Διάταξη ενός συστήματος Combi. _____	32
Εικόνα 11: Διάταξη ηλιακού κλιματισμού. _____	32
Εικόνα 12: Μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο. _____	35
Εικόνα 13: Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο. _____	36
Εικόνα 14: Τεχνολογίες κυματικής ενέργειας. _____	38
Εικόνα 15: Τεχνολογίες αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας. _____	39
Εικόνα 16: Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας La Rance στις ακτές της Βρετανίας στην Γαλλία. _____	40
Εικόνα 17: Τουρμπίνες οριζόντιου άξονα (αριστερά), κάθετου άξονα (στην μέση), κλειστές (δεξιά). _____	40
Εικόνα 18: Επεξεργασία της βιομάζας. _____	43
Εικόνα 19: Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. _____	45
Εικόνα 20: Τα κύρια μέρη ενός γεωθερμικού συστήματος. _____	47
Εικόνα 21: Γεωθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος. _____	49
Εικόνα 22: Λειτουργία του Συστήματος Εμπορίας. _____	54
Εικόνα 23: Μέση τιμή ταχυτήτων ανέμου σε υψόμετρο 100 μέτρων στην Ευρώπη. _____	77
Εικόνα 24: Εγκατεστημένη αιολική ισχύς ανά γεωγραφικό διαμέρισμα. _____	78
Εικόνα 25: Το φράγμα του Θησαυρού, ένα από τα μεγαλύτερα στην Ευρώπη. _____	87
Εικόνα 26: Χάρτης 275 σημαντικών φραγμάτων στην Ελλάδα: μικρά φράγματα (πράσινο), μεγάλα φράγματα (κόκκινο). _____	88
Εικόνα 27: Μικρά υδροηλεκτρικά έργα με άδεια λειτουργίας. _____	89
Εικόνα 28: Διαδικασία αδειοδότησης λειτουργίας ΜΥΗΕ. _____	90
Εικόνα 29: Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό των γεωργικών υπολειμμάτων. _____	95
Εικόνα 30: Χάρτης με τα επιβεβαιωμένα γεωθερμικά πεδία στην Ελλάδα. _____	98

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Εκπομπές σε αέρια του θερμοκηπίου ανά πηγή ενέργειας. _____	15
Γράφημα 2: Κόστος ηλεκτροπαραγωγής ανά μορφή ενέργειας σε €/MWh, χωρίς το εμπόριο εκπομπών. _____	16
Γράφημα 3: Σχέση μεταξύ της ταχύτητας του ανέμου και την παραγωγή ενέργειας σε μία Α/Γ. _____	18
Γράφημα 4: Αριθμός λιγότερων εκπομπών που οφείλονται στην χρήση φωτοβολταϊκών. _____	27
Γράφημα 5: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ηλιακών θερμικών συστημάτων. ____	33
Γράφημα 6: Ποσοστό μεριδίου ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ανάμεσα στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. _____	58
Γράφημα 7: Παγκόσμια επένδυση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανά τα χρόνια σε δις \$._____	59
Γράφημα 8: Η λίστα των ΑΠΕ με τις περισσότερες θέσεις εργασίας παγκοσμίως. _	60
Γράφημα 9: Η εξέλιξη των πράσινων θέσεων εργασίας ανά τομέα 2012-2022. ____	60
Γράφημα 10: Δημιουργία θέσεων εργασίας από την κατασκευή κτηρίων με χαμηλές εκπομπές άνθρακα σε Ευρώπη και ΗΠΑ. _____	62
Γράφημα 11: Η Διαφορά στο ποσοστό ανεργίας ανάμεσα στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. _____	63
Γράφημα 12: Ενεργειακή εξάρτηση ανάμεσα σε επιλεγμένες ευρωπαϊκές χώρες. _	64
Γράφημα 13: Ελληνικό ενεργειακό μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 2022. 65	65
Γράφημα 14: Η πορεία του ελληνικού ενεργειακού μείγματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 2016-2021. _____	66
Γράφημα 15: Εκπομπές σε διοξείδιο του άνθρακα στην Ελλάδα 1970-2022. ____	67
Γράφημα 16: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε εκατ. τόνους διοξειδίου του άνθρακα (εκτός LULUCF). _____	71
Γράφημα 17: Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW) ανά έτος 1999-2023. _____	78
Γράφημα 18: Το μέσο κόστος εγκατάστασης χειρσαίων αιολικών παγκοσμίως 1984-2022. _____	80
Γράφημα 19: Ηλιακό δυναμικό ανάμεσα στις ευρωπαϊκές χώρες (σε kWh/kWp/day). _____	82
Γράφημα 20: Πορεία της συνδεδεμένης ισχύς φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα 2010-2022. _____	82
Γράφημα 21: Πορεία του κόστους εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων παγκοσμίως (USD/kW). _____	83
Γράφημα 22: Έτη απόσβεσης της επένδυσης συναρτήσει της επιφάνειας του συλλέκτη. _____	86
Γράφημα 23: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΜΥΗΕ (2005-2020). ____	89
Γράφημα 24: Πορεία του κόστους κατασκευής υδροηλεκτρικών έργων παγκοσμίως (USD/kW). _____	92
Γράφημα 25: Δυναμικό Ξύλινης βιομάζας στην Ελλάδα σε χιλιοτόνους. _____	95
Γράφημα 26: Εξέλιξη της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα-βιοαέριο. _____	96

Γράφημα 27: Κατανομή πεδίων τοπικού ενδιαφέροντος σε περιφέρειες. _____	99
Γράφημα 28: Πορεία αριθμού εργαζομένων ανά τομέα. _____	105
Γράφημα 29: Εκπαιδευτικό επίπεδο εργαζομένων στον τομέα των ΑΠΕ. _____	117

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, από διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας (σε kg/kWh). _____	50
Πίνακας 2: Σύνοψη των στόχων του ΕΣΕΚ. _____	70
Πίνακας 3: Υπολογισμοί για τους δείκτες ΑΠΕ. _____	72
Πίνακας 4: Συνοπτική απεικόνιση των στόχων του ΕΣΕΚ στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. _____	73
Πίνακας 5: Οι προβλέψεις του ΕΣΕΚ για το μελλοντικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. _____	75
Πίνακας 6: Πρόβλεψη για την πορεία του κόστους για τις ενεργειακές υπηρεσίες. _____	76
Πίνακας 7: Αναλυτική αποτύπωση του κόστους μίας τυπικής ευρωπαϊκής εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας. _____	81
Πίνακας 8: Διαδικασία χορήγησης άδειας λειτουργίας για ΜΥΗΕ ισχύος $P \leq 50$ kW και 50 kW < P < 15 MW. _____	91
Πίνακας 9: Η θερμική χρήση της γεωθερμίας στην Ελλάδα. _____	100
Πίνακας 10: Αριθμός ετήσιων θέσεων εργασίας ανά GWh στις ΑΠΕ. _____	115
Πίνακας 11: Αριθμός ετήσιων θέσεων εργασίας ανά GWh στις συμβατικές πηγές ενέργειας. _____	115
Πίνακας 12: Συνολικές θέσεις εργασίας σε κάθε μορφή ΑΠΕ στην Ελλάδα. _____	116
Πίνακας 13: Εκτιμώμενα εργατοέτη για τις ΑΠΕ, με βάσει τους στόχους του ΕΣΕΚ για το 2030. _____	116

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, ένα από τα βασικά ζητήματα τις παγκόσμιας οικονομίας αποτελεί η χρήση της ενέργειας. Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν μεγάλα ποσά ενέργειας στις μεταφορές, στην κάλυψη των αναγκών στα νοικοκυριά σε θέρμανση και ηλεκτρισμό, και στην λειτουργία βιομηχανικών μονάδων, ενώ παράλληλα δεδομένου του υπερπληθυσμού του πλανήτη, η ενεργειακή κατανάλωση θα αυξάνεται όλο και περισσότερο. Η πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί, με την πάροδο του χρόνου, ολοένα και πιο σημαντική προϋπόθεση για την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και της καθημερινότητας.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους. Ωστόσο σήμερα, το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής προέρχεται από τις λεγόμενες συμβατικές πηγές ενέργειας, δηλαδή από εργοστάσια που χρησιμοποιούν ορυκτούς πόρους, όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας, η πυρηνική ενέργεια και το φυσικό αέριο. Πρόκειται για συγκεντρώσεις ορυκτών τα οποία δημιουργήθηκαν από γεωλογικές διεργασίες στα υποστρώματα του πλανήτη, που όμως είναι παράλληλα μη-ανανεώσιμοι, δηλαδή εντός της ανθρώπινης χρονικής κλίμακας ενδέχεται να εξαντληθούν, ή αλλιώς η αναπλήρωσή τους καθίσταται πολύ αργή. Επιπλέον η εκτεταμένη χρήση τους έχει αποδειχθεί ότι επιφέρει καταστροφικές συνέπειες για τον άνθρωπο και την ομαλή λειτουργία του πλανήτη, καθώς η καύση τους απελευθερώνει σημαντικές ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Το αντίκτυπο τους στο περιβάλλον είναι μη αντιστρέψιμο, και κατά συνέπεια με αυτούς τους ρυθμούς, η μελλοντική επιβίωση του ανθρώπινου είδους θεωρείται επισφαλής. Για τον λόγο αυτό ο άνθρωπος οφείλει μελλοντικά να βασιστεί ολοκληρωτικά σε πιο καθαρές μορφές ενέργειας, προκειμένου να μπορέσει να αντισταθμίσει, το πλέον επιδεινωμένο, περιβαλλοντικό ζήτημα.

Η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), αποτελεί κατάλληλη λύση για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που έχουν προκύψει, καθώς δεν αποτελούν απειλή για το περιβάλλον και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Σύμφωνα με το άρθρο 2 της ΟΔΗΓΙΑΣ 2001/77/ΕΚ, ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ορίζονται οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: αιολική, ηλιακή, γεωθερμική ενέργεια, ενέργεια κυμάτων, παλιρροϊκή ενέργεια, υδραυλική ενέργεια, βιομάζα, αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια.

Η συνειδητοποίηση του περιβαλλοντικού προβλήματος και η στροφή προς τις ΑΠΕ, συνέβησαν στις αρχές της δεκαετίας του 70' και πιο συγκεκριμένα την χρονική περίοδο 1972-1973, όπου μετά από μια σειρά γεγονότων που έπληξαν το περιβάλλον σε συνδυασμό με την πετρελαϊκή κρίση, θεσπίστηκε το 1^ο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον στην Σύνοδο Κορυφής του Παρισιού. Στην αρχή η χρήση τους είχε πειραματικό χαρακτήρα και το κόστος εγκατάστασης τους ήταν σχετικά υψηλό. Ωστόσο με την πάροδο των ετών, η αξιοποίηση τους καθιερώθηκε κυρίως στα ανεπτυγμένα κράτη και μάλιστα στην σημερινή εποχή, ορισμένες μορφές ΑΠΕ (υδροηλεκτρική ενέργεια, αιολική) μπορούν να ανταγωνίζονται επάξια τις παραδοσιακές μορφές παραγωγής ενέργειας. Σήμερα στην ΕΕ, η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία στοχεύει στο να εδραιώσει πλήρως την χρήση των ΑΠΕ στην

Γηραιά ήπειρο, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας, στην οποία αναμένεται να εφαρμοστούν μια ποικιλία μεταρρυθμίσεων που θα διαμορφώσουν το οικονομικό, ενεργειακό τοπίο, την αγορά εργασίας αλλά και την καθημερινότητα των πολιτών γενικότερα.

ΚΕΦΆΛΑΙΟ 1: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

1.1 Μορφές ΑΠΕ

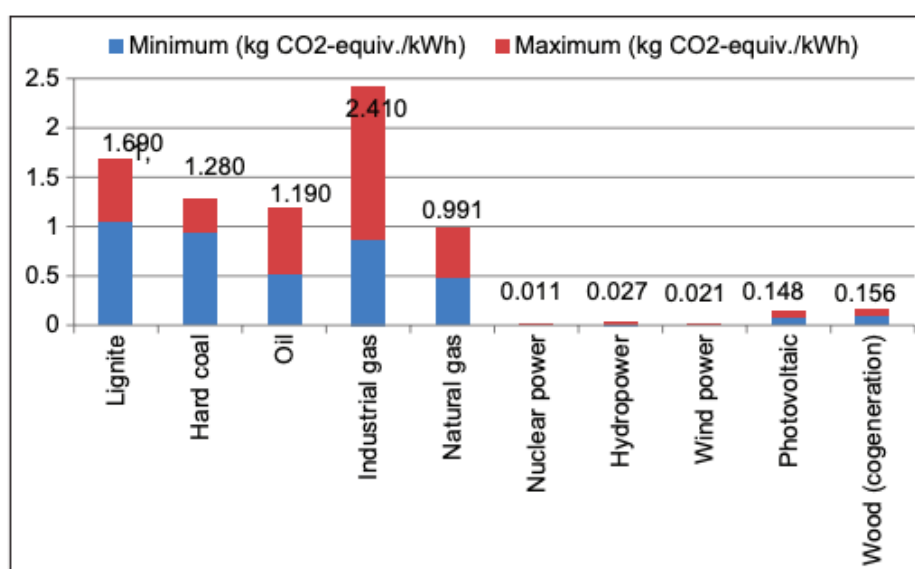
Ως ανανεώσιμη ενέργεια χαρακτηρίζουμε την εκμεταλλεύσιμη ενέργεια που προέρχεται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, οι οποίες δεν εξαντλούνται. Με τον όρο ΑΠΕ αναφερόμαστε κυρίως στα εξής:

- Την Αιολική ενέργεια, που παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου μέσω ανεμογεννητριών, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική.
- Την Ηλιακή ενέργεια, που παράγεται από την εκμετάλλευση των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο, μέσω κυρίως των φωτοβολταϊκών γεννητριών που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα. Επιπλέον, η αξιοποίηση της μπορεί να επιτευχθεί μέσω παθητικών ηλιακών συστημάτων, τα οποία αποθηκεύουν ηλιακή ακτινοβολία υπό μορφή θερμότητας και την διανέμουν τον χώρο, και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, τα οποία αποθηκεύουν ηλιακή ακτινοβολία και την διανέμουν υπό μορφή θερμότητας σε αέρα ή σε ρευστό (ΚΑΠΕ, χ.χ.).
- Την Υδροηλεκτρική ενέργεια, που παράγεται από την εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των υδάτινων ρευμάτων από υδροηλεκτρικούς σταθμούς (φράγματα).
- Την Βιομάζα, η οποία αφορά την ύλη που έχει βιολογική προέλευση, όπως δασικά υπολείμματα και ζωικά απόβλητα, και χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας μέσω κατάλληλων θερμοχημικών επεξεργασιών (ΥΠΕΝ, χ.χ.).
- Την Γεωθερμική ενέργεια, η οποία αποτελεί την θερμότητα που υπάρχει μεταξύ των εσωτερικών στρωμάτων της γης. Μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμη μέσω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών.
- Την ενέργεια από τους Ωκεανούς, και πιο συγκεκριμένα από τις παλίρροιες, από τα κύματα, και από τις θερμοκρασιακές διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού.

1.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Μπορούμε να συνοψίσουμε τα βασικά πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως εξής (Maradin Dario, 2021, σ. 3-7):

- Το κυριότερο πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η φιλικότητα τους προς το περιβάλλον. Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να διακρίνουμε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά την διάρκεια της λειτουργίας των σταθμών παραγωγής ενέργειας. Παρατηρούμε ότι και η πυρηνική ενέργεια βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, ωστόσο το γράφημα δεν λαμβάνει υπόψιν τα ραδιενεργά απόβλητα που τα εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας απελευθερώνουν, τα οποία είναι εξαιρετικά βλαβερά για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.



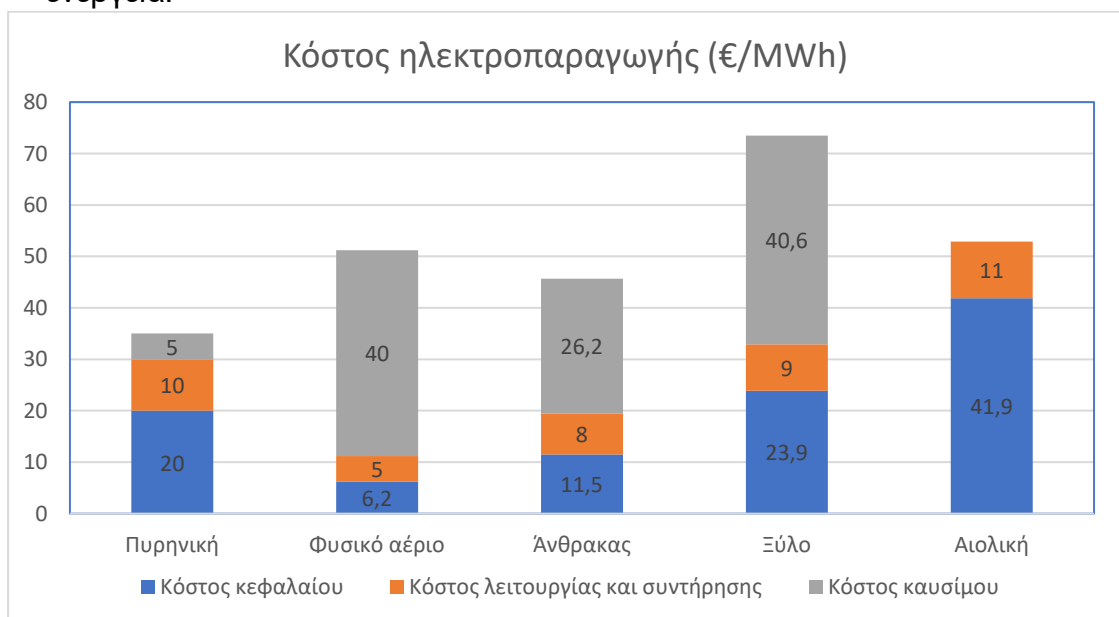
Γράφημα 1 Εκπομπές σε αέρια του θερμοκηπίου ανά πηγή ενέργειας (Maradin Dario, 2021).

- Αποτελούν ανεξάντλητες πηγές παραγωγής ενέργειας και βοηθούν τις χώρες να ανεξαρτητοποιηθούν από τους εξαντλήσιμους ορυκτούς πόρους. Παράλληλα ενισχύουν το εμπορικό ισοζύγιο των χωρών (Εισαγωγές-Εξαγωγές), και βοηθούν στην ενεργειακή ανεξαρτησία τους.
- Το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης τους μειώνεται σημαντικά με την πάροδο των χρόνων, και είναι εν μέρη ανεξάρτητο από τις διεθνείς οικονομικές εξελίξεις, ειδικότερα σε σχέση με τις τιμές των συμβατικών καυσίμων.
- Ενθάρρυνση της οικονομικής ανάπτυξης, ιδίως σε χώρες που είναι βιομηχανικά ικανές να παράγουν ενεργειακά μηχανήματα και εξοπλισμό με καινοτομία. Ειδικότερα, οι καινοτομίες που σχετίζονται με τεχνολογικές διαδικασίες στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οδηγούν στην βελτίωση των επιχειρηματικών διαδικασιών, αλλά και στην ζήτηση για εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό, ενισχύοντας έτσι άμεσα την απασχόληση.

- Η παρουσία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις αγροτικές και στις απομακρυσμένες περιοχές, ιδίως στις υποανάπτυκτες, μπορεί να συμβάλλει στην οικονομική τους ανάπτυξη, και στην ανάγκη τους για ηλεκτρική ενέργεια. Κυρίως λόγω του ότι η επέκταση του ηλεκτρικού δικτύου στις περιοχές αυτές δεν είναι οικονομικά βιώσιμη, εξαιτίας του υψηλού κόστους διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ωστόσο παρά τα πολυάριθμα πλεονεκτήματά τους, δεν παύουν και αυτά να έχουν, όπως κάθε μορφή τεχνολογίας, ορισμένα μειονεκτήματα:

- Η εξάρτηση από παράγοντες όπως η γεωγραφική τους τοποθεσία και οι καιρικές συνθήκες, προκαλεί αστάθεια και δυσκολία στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Έλλειψη αποδοτικότητας σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς ορυκτούς ενεργειακούς πόρους, γεγονός που θα μπορούσε να επιλυθεί με περαιτέρω επένδυση στην ανάπτυξη τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ακόμη, οι ΑΠΕ έχουν μικρότερη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος του σταθμού παραγωγής ενέργειας, ως προς την έκταση της τοποθεσίας, σε σχέση με τις μονάδες ορυκτών καυσίμων. Αυτό σημαίνει ότι οι σταθμοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, θα πρέπει να έχουν αρκετά μεγαλύτερη έκταση από τους θερμικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, για την παραγωγή ίδιας ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας.
- Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ είναι μεγαλύτερο από εκείνο των σταθμών ορυκτών καυσίμων. Στο παρακάτω γράφημα μπορούμε να διακρίνουμε αναλυτικά την διαφορά τους. Παρατηρούμε ότι η αιολική ενέργεια και το ξύλο (βιομάζα), έχουν μεγαλύτερα λειτουργικά κόστη σε σύγκριση με τον άνθρακα, το φυσικό αέριο και την πυρηνική ενέργεια.



Γράφημα 2 Κόστος ηλεκτροπαραγωγής ανά μορφή ενέργειας σε €/MWh, χωρίς το εμπόριο εκπομπών (Ίδια επεξεργασία, δεδομένα από Dario Maradin, 2021).

- Οι ανεμογεννήτριες προκαλούν ηχορύπανση με αποτέλεσμα την μείωση της βιοποικιλότητας, και παράλληλα αυξάνουν το ποσοστό θνησιμότητας των πουλιών και των νυχτερίδων.
- Ο πλημμυρισμός των δασών από τα υδροηλεκτρικά φράγματα, μπορεί να προκαλέσει έκλυση μεθανίου, λόγω της αποσύνθεσης των δέντρων της λίμνης, συντελώντας έτσι στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1.3 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν είναι κάτι πρωτόγνωρο για την ανθρωπότητα. Από την αρχαιότητα οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι, χρησιμοποιούσαν αιολικές αντλίες νερού για να ποτίζουν τις καλλιέργειές τους, ενώ οι Κινέζοι και οι Πέρσες χρησιμοποιούσαν τροχούς νερού για να αλέθουν τα σιτηρά. Στην σημερινή εποχή, η συνεισφορά των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, με την πάροδο των ετών έχει όλο και μεγαλύτερη σημασία, καθώς αποτελεί ένα από τα κυριότερα εφόδια εναντίον της κλιματικής αλλαγής.

Σύμφωνα με το Άρθρο 2 του Ν 2773/1999, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, είναι η ηλεκτρική ενέργεια προερχόμενη από:

1. Την εκμετάλλευση αιολικής ή ηλιακής ενέργειας ή βιομάζας ή βιοαερίου.
2. Την εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας, εφόσον το δικαίωμα εκμετάλλευσης του σχετικού γεωθερμικού δυναμικού έχει παραχωρηθεί στον ενδιαφερόμενο, σύμφωνα με τις ισχύουσες κάθε φορά διατάξεις.
3. Την εκμετάλλευση ενέργειας από την θάλασσα.
4. Την εκμετάλλευση υδάτινου δυναμικού με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς ισχύος μέχρι 10 MWe.
5. Συνδυασμό των ανωτέρω.
6. Τη συμπαραγωγή, με χρήση των πηγών ενέργειας, των (1), (2) και συνδυασμό τους.
7. Υβριδικούς σταθμούς, οι οποίοι χρησιμοποιούν κυρίως ΑΠΕ και δευτερευόντως συμβατικές πηγές ενέργειας ή τροφοδοτούνται από το Δίκτυο ή το Σύστημα κατά το μέρος που η ενέργεια αυτή παράγεται από ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την πλήρωση των συστημάτων αποθήκευσης του σταθμού, εφόσον αυτή παράγεται από ΑΠΕ και εξαιρούμενης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τα συστήματα αυτά.

1.4 Αιολική Ενέργεια

1.4.1 Εισαγωγή

Ο άνεμος είναι τεχνικά μια μορφή ηλιακής ενέργειας. Μάλιστα μεταξύ του 1-2% της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην γη μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει ανομοιόμορφα την επιφάνεια της γης, ο θερμός αέρας

ανεβαίνει και ο ψυχρός αέρας κινείται καθοδικά. Η διαφορά αυτή στην ατμοσφαιρική πίεση δημιουργεί τον άνεμο, μια κινητική μορφή ενέργειας (Elemental Green, χ.χ.).

Το δυναμικό της αιολικής ενέργειας είναι εντυπωσιακό. Μόνο το θεωρητικό δυναμικό σε περιοχές με μέση ταχύτητα ανέμου 5 m/s σε υψόμετρο 10 μέτρων, υπολογίζεται σε τουλάχιστον 500.000 TWh/y ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος. Εάν κάθε χρόνο αξιοποιούνταν στο μέγιστο το αιολικό δυναμικό του πλανήτη, εκτιμάται ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από άνεμο, θα ήταν υπερδιπλάσια τις ετήσιες ανάγκες του παγκόσμιου πληθυσμού για ηλεκτρικό ρεύμα. Γενικότερα, η παραγωγή αιολικής ενέργειας είναι αρκετά αποδοτική σε μακροχρόνια διαστήματα, όμως παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις σε μικρότερα χρονικά διαστήματα, καθώς εξαρτάται από παράγοντες όπως το κλίμα, το υψόμετρο, η εποχή κ.α. Ως εκ τούτου, αξιοποιείται σε συνδυασμό με άλλες μορφές ενέργειας, προκειμένου να σχηματιστεί μία επαρκής παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Ανδρονίκου Ε., 2012, σ. 13).

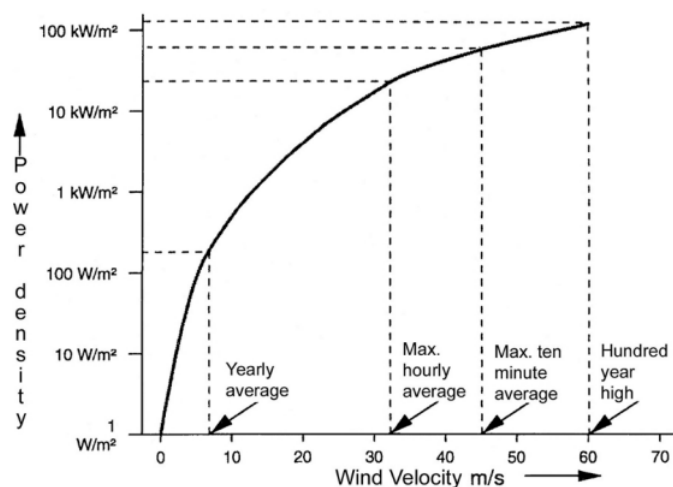
1.4.2 Αρχή λειτουργίας

Η ισχύς της αιολικής ενέργειας είναι:

$$P = \frac{1}{2} * A * \rho * u^3$$

- Όπου P η ισχύς σε Watt.
- A η επιφάνεια (της περιοχής του ρότορα μιας ανεμογεννήτριας).
- ρ η πυκνότητα του αέρα σε Kg/m^3 .
- u η ταχύτητα του ανέμου σε m/s .

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μπορεί είτε να χρησιμοποιηθεί άμεσα, είτε να αποθηκευτεί σε μπαταρίες διαφόρου είδους. Από το παρακάτω σχήμα, φαίνεται ότι η ισχύς ανά m^2 του ρότορα δεν είναι γραμμικά ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου. Αυτό σημαίνει ότι μια ανεμογεννήτρια είναι πιο αποδοτική να τοποθετηθεί σε μία τοποθεσία με περιστασιακά υψηλούς ανέμους, παρά σε μία τοποθεσία που υπάρχει σταθερή χαμηλή ταχύτητα ανέμου.



Γράφημα 3 Σχέση μεταξύ της ταχύτητας του ανέμου και την παραγωγή ενέργειας σε μία Α/Γ (Hermann-Josef Wagner, 2020).

Επιπλέον παρατηρούμε ότι η ισχύς του ανέμου είναι ανάλογη προς το εμβαδόν της επιφάνειας της περιοχής του ρότορα. Άρα είναι ανάλογη ως προς το τετράγωνο του μήκους των λεπίδων. Συνεπώς ένα αυξηθεί το μήκος της λεπίδας κατά 2 φορές, η ισχύς θα αυξηθεί κατά 4 φορές κ.α. (Wagner H.-J., 2020).

1.4.3 Ανεμογεννήτριες

Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες μπορούν να οργανωθούν σε δύο βασικές κατηγορίες:

- **Οριζόντιου άξονα:** των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους.



Εικόνα 1 Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα.

Λόγω του ότι οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα παράγουν ενέργεια μέσω της πλήρους περιστροφής των πτερυγίων τους, λόγω της κάθετης κίνησης τους είναι ο πιο αποδοτικός τύπος ανεμογεννήτριας. Ένα μειονέκτημα τους είναι ότι συνεχώς οι ρότορες τους οφείλουν να είναι στραμμένοι προς τον άνεμο, γεγονός που απαιτεί να αλλάζουν συνεχώς την κατεύθυνση τους για μέγιστη απόδοση. Κυρίως υπερέχουν σε περιοχές με χαμηλές αναταράξεις και σταθερό άνεμο, έτσι ώστε να μην χρειάζεται να αλλάζουν την κατεύθυνση τους τόσο συχνά (Winslow Andrew R., 2017).

- **Κατακόρυφου άξονα:** ο οποίος παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους.



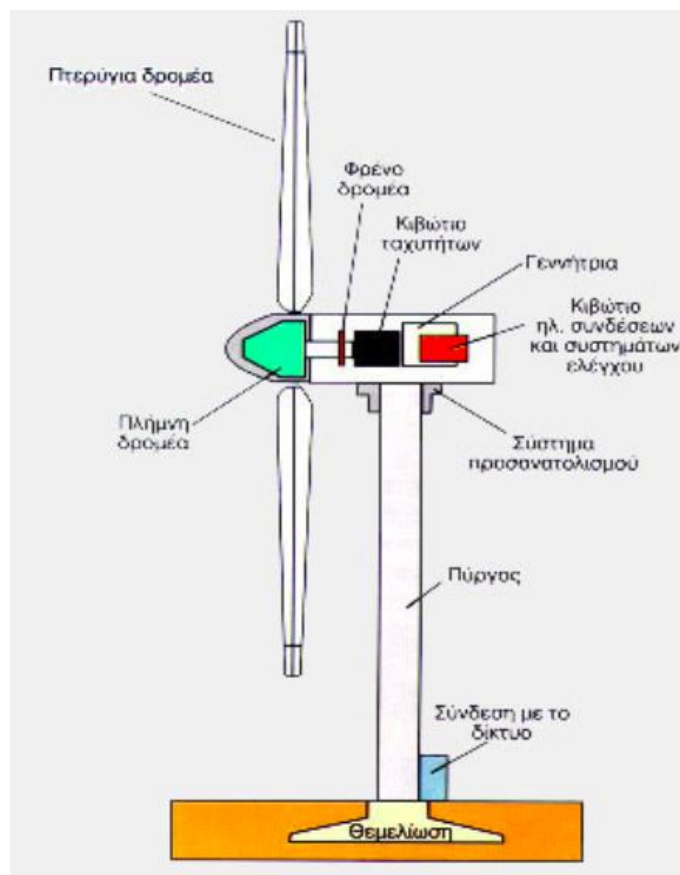
Εικόνα 2 Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα.

Σε αντίθεση με τις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα μπορούν να εκμεταλλευτούν τον άνεμο που προέρχεται από οποιαδήποτε κατεύθυνση. Επιπλέον το κιβώτιο ταχυτήτων και ο λοιπός εξοπλισμός τους, μπορούν να τοποθετηθούν πιο κοντά στο έδαφος λόγω του κάθετου προσανατολισμού της ανεμογεννήτριας, γεγονός που μειώνει το κόστος συντήρησής τους. Τέλος, μπορούν να παράγουν ενέργεια σε χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου, πράγμα είναι ιδανικό για αστικό περιβάλλον όπου ο άνεμος είναι αργός και τυρβώδης (Winslow Andrew R., 2017).

Στην αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα με δύο ή τρία πτερύγια. Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- **Πύργος:** Πρόκειται για είτε χαλύβδινο σωληνωτό πύργο με εσωτερική σκάλα που οδηγεί σε άτρακτο, είτε για χαλύβδινο πλέγμα που είναι παρόμοιο με πύργο ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτόν οφείλεται η στήριξη της ατράκτου και του κινούμενου μέρους της ανεμογεννήτριας. Ο πύργος πρέπει να είναι αρκετά υψηλός, για να εξασφαλίσει την μέγιστη απόδοση, ενώ παράλληλα πρέπει να είναι σχεδιασμένος να απορροφά τα μεγάλα στατικά φορτία που ασκούνται λόγω της μεταβαλλόμενης ισχύος του ανέμου.
- **Άτρακτος:** Είναι ένα συμπαγές κέλυφος που περιέχει τα βασικά λειτουργικά εξαρτήματα της ανεμογεννήτριας. Κατασκευάζεται συνήθως από υαλοβάμβακα και περιλαμβάνει τον κύριο άξονα κίνησης και το κιβώτιο ταχυτήτων. Το κιβώτιο ταχυτήτων χρησιμοποιείται για την μετατροπή των κινήσεων του ρότορα από 18-50 στροφές ανά λεπτό σε περίπου 150 στροφές ανά λεπτό, όπως απαιτείται από την γεννήτρια.

- **Δρομέας και τα πτερύγια του δρομέα:** που συνήθως είναι 2-3, και κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μία πλήμνη, είτε σταθερά είτε με την δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από τον διαμήκη άξονα τους, μεταβάλλοντας το βήμα της πτερύγωσης.
- **Ηλεκτρική γεννήτρια:** Σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας.
- **Ηλεκτρονικός πίνακας και πίνακας ελέγχου:** Βρίσκονται στην βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου οργανώνει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.
- **Σύστημα προσανατολισμού:** Αναγκάζει τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα στην διεύθυνση του ανέμου (ΚΑΠΕ, χ.χ.: Thabet Alrajeh, χ.χ.: Ανδρονίκου Ε., 2012, σ. 19).



Εικόνα 3 Τα εξαρτήματα μιας ανεμογεννήτριας (ΚΑΠΕ, χ.χ.).

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από παράγοντες όπως το αιολικό δυναμικό της περιοχής που εγκαθίστανται και από το μέγεθος της. Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες μέχρι μερικά εκατομμύρια Watt. Η μεγαλύτερη και ισχυρότερη ανεμογεννήτρια τέθηκε σε λειτουργία τον Ιούλιο του 2023, και συνδέθηκε με το δίκτυο της Κίνας. Πιο συγκεκριμένα έχει πτερύγια μήκους 123 μέτρων, ισοδυναμεί με μία επιφάνεια όσο 7 ποδοσφαιρικών γηπέδων και παράγει 16 MW ηλεκτρικής ενέργειας. Στέκεται σε ύψος 152 μέτρων πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και ζυγίζει 349 τόνους. Επιπλέον υπολογίζεται πως μπορεί να παράξει σε ένα έτος 66

GWh, αρκετό για να τροφοδοτήσει 36.000 σπίτια, ενώ το ποσό αυτό ισοδυναμεί με την καύση 22.000 τόνων λιγνίτη, γεγονός που ωφελεί το περιβάλλον καθώς μειώνει της εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 54.000 τόνους (Loz Blein, 2023).

1.4.4 Αιολικά πάρκα

Αιολικό πάρκο ονομάζεται η θαλάσσια ή η χερσαία έκταση γης στην οποία έχει εγκατασταθεί ένα συγκεκριμένο πλήθος ανεμογεννητριών με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο. Αφορούν βιομηχανικές εγκαταστάσεις που απαρτίζονται από ανεμογεννήτριες, καλώδια μεταφοράς ρεύματος, μετεωρολογικούς ιστούς, σταθμούς μετασχηματισμού κ.α. Οι πύργοι των ανεμογεννητριών έχουν ύψος 50-75 μέτρα, με πτερωτή διαμέτρου 40 μέτρων και συνολικό ύψος που ανέρχεται στα 70-95 μέτρα. Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί από μία έως τρεις μέρες.

Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες αιολικών πάρκων: τα χερσαία, τα υπεράκτια, τα πλωτά, και τα παράκτια. Τα χερσαία τοποθετούνται στην στεριά και αποτελούν το 98% των αιολικών πάρκων παγκοσμίως, τα υπεράκτια εγκαθίστανται στις θάλασσες όπως και τα πλωτά, και τα παράκτια κοντά στην στεριά.

Τα χερσαία αιολικά πάρκα είναι τα πιο δημοφιλή κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους παραγωγής και συντήρησης τους, σε σύγκριση με τα υπεράκτια. Επίσης είναι πιο εύκολη η πρόσβαση τους και η σύνδεση τους με το δίκτυο. Από την άλλη τα υπεράκτια αιολικά πάρκα, είναι πιο αποδοτικά καθώς οι άνεμοι τείνουν να είναι πιο σταθεροί στις τοποθεσίες που εγκαθίστανται σε σύγκριση με την ξηρά. Παράλληλα η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την ξηρά. Συγκεκριμένα, ακόμη και μία μικρή διαφορά της τάξης 24 χλμ/ω ενάντι 19 χλμ/ω, είναι καθοριστική καθώς μία τουρμπίνα παράγει σχεδόν διπλάσια ηλεκτρική ενέργεια στην πρώτη περίπτωση σε σχέση με την δεύτερη (National Grid, 2022).



Εικόνα 4 Πρώτη εικόνα: παράκτιο αιολικό πάρκο. Δεύτερη εικόνα: χερσαίο αιολικό πάρκο. Τρίτη εικόνα: υπεράκτιο αιολικό πάρκο. Τέταρτη εικόνα: πλωτό αιολικό πάρκο

1.4.5 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο

Η αιολική ενέργεια αποτελεί μία από τις πιο καθαρές μορφές ενέργειας και συμβάλλει σημαντικά στην μείωση των εκπομπών του άνθρακα. Πιο συγκεκριμένα ένα σύστημα 2,5 kW μπορεί να εξοικονομήσει 1-2 τόνους CO₂ και ένα σύστημα 6 kW μπορεί να εξοικονομήσει 2,5-5 τόνους CO₂. Γενικότερα δεν παράγει άμεσα διοξείδιο του άνθρακα, μόνο κατά την διάρκεια των φάσεων κατασκευής και συντήρησης, που και πάλι αυτή η ποσότητα είναι σημαντικά μικρότερη από αυτές που απελευθερώνουν οι συμβατικές πηγές ενέργειας, ενώ παράλληλα έχει μηδενικές εκπομπές σε άλλα αέρια του θερμοκηπίου όπως το διοξείδιο του θείου, ο υδράργυρος, το μεθάνιο, το όζον κ.α. (R. Saidur και συν., 2011, σ. 3).

Επιπλέον στην Ελλάδα η λειτουργία αιολικών πάρκων 50 MW, αποτρέπει την εκπομπή 2.300 τόνων διοξειδίου του θείου τον χρόνο, 180 τόνων οξειδίων του αζώτου, 120 τόνων αιωρούμενων σωματιδίων και τέλος 128.000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα.

Ωστόσο οι αιολικές εγκαταστάσεις παρουσιάζουν και αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Κάθε ίδρυση και δημιουργία αιολικού πάρκου πρέπει να συνοδεύεται από την κατάλληλη έρευνα και την αντίστοιχη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), έτσι ώστε να περιοριστεί στο έπακρο η επίπτωση τους στην βιοποικιλότητα. Οι ανεμογεννήτριες είναι ικανές, ειδικότερα όταν εγκαθίστανται κοντά σε δάση, να συμβάλλουν στην αύξηση της θνησιμότητας των πτηνών και των νυχτερίδων. Μάλιστα, σε μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το 2014, υπολογίστηκε ότι κάθε χρόνο ένας μέσος όρος 25.5 εκατομμυρίων πτηνών θανατώνονται από αιολικές εγκαταστάσεις (τουρμπίνες, ηλεκτροφόρα καλώδια κ.α.) (Loss S.R. και συν., 2014, σ. 1).

Επιπλέον η ηχορύπανση που προκαλούν οι ανεμογεννήτριες επίσης συμβάλλει στην διατάραξη της άγριας ζωής και της βιοποικιλότητας. Ωστόσο μπορεί να περιοριστεί με τοποθέτηση ηχητικής μόνωσης στο εσωτερικό του περιβλήματος της τουρμπίνας, ενώ ο αεροδυναμικός θόρυβος μπορεί να μειωθεί με προσεκτικό και κατάλληλο σχεδιασμό των λεπίδων από τους κατασκευαστές (R. Saidur και συν., 2011, σ. 6).

1.5 Ηλιακή Ενέργεια

1.5.1 Εισαγωγή

Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι απαραίτητη για την διατήρηση της ζωής και της ομαλής λειτουργίας του πλανήτη καθώς συντελεί στην διατήρηση της θερμοκρασίας του, και παρέχει, μέσω της φωτοσύνθεσης, ζωή στα φυτά και κατά συνέπεια και στα ζώα. Η ηλιακή ακτινοβολία γίνεται αντιληπτή και ως θερμότητα.

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας δεν είναι καινούργια. Η ιστορία της επεκτείνεται από τον 7^ο αιώνα π.Χ. μέχρι και σήμερα. Οι αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν φλεγόμενους καθρέφτες για να ανάβουν πυρσούς για θρησκευτικούς λόγους. Πολλούς αιώνες μετέπειτα, το 1839 ο Γάλλος επιστήμονας

Edmond Becquerel ανακαλύπτει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή ότι μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα όταν συγκεκριμένες κατασκευές εκτεθούν στο φως. Ύστερα το 1876 ο William Grylls και Adams και ο Richard Evans Day, ανακαλύπτουν ότι το σελήνιο παράγει ηλεκτρισμό όταν εκτίθεται στο φως. Το 1905 ο Albert Einstein διατυπώνει την εξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Το 1954 η φωτοβολταϊκή τεχνολογία γεννιέται στις ΗΠΑ, όταν οι Daryl Chapin, Calvin Fuller, και Gerald Pearson αναπτύσσουν το φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυρίτιο με απόδοση 4%, και αργότερα πέτυχαν απόδοση 11%. Οι διαστημικές αποστολές στα τέλη της δεκαετίας του 50' και του 60', συνέβαλαν σημαντικά στην ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Η μαζική χρήση ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 70', κυρίως λόγω της πετρελαϊκής κρίσης του 1973-1974. Το 1977 η συνολική παραγωγή φωτοβολταϊκών υπερβαίνει τα 500 κιλοβάτ (U.S. Department of Energy, χ.χ.)

Στην σημερινή εποχή, τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν ουσιαστικό κομμάτι της ανθρώπινης δραστηριότητας και της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά αποτελεί περίπου το 5% της συνολικής παραγωγής παγκοσμίως. Η απόδοση ενός σύγχρονου φωτοβολταϊκού κυμαίνεται μεταξύ 15-22%.

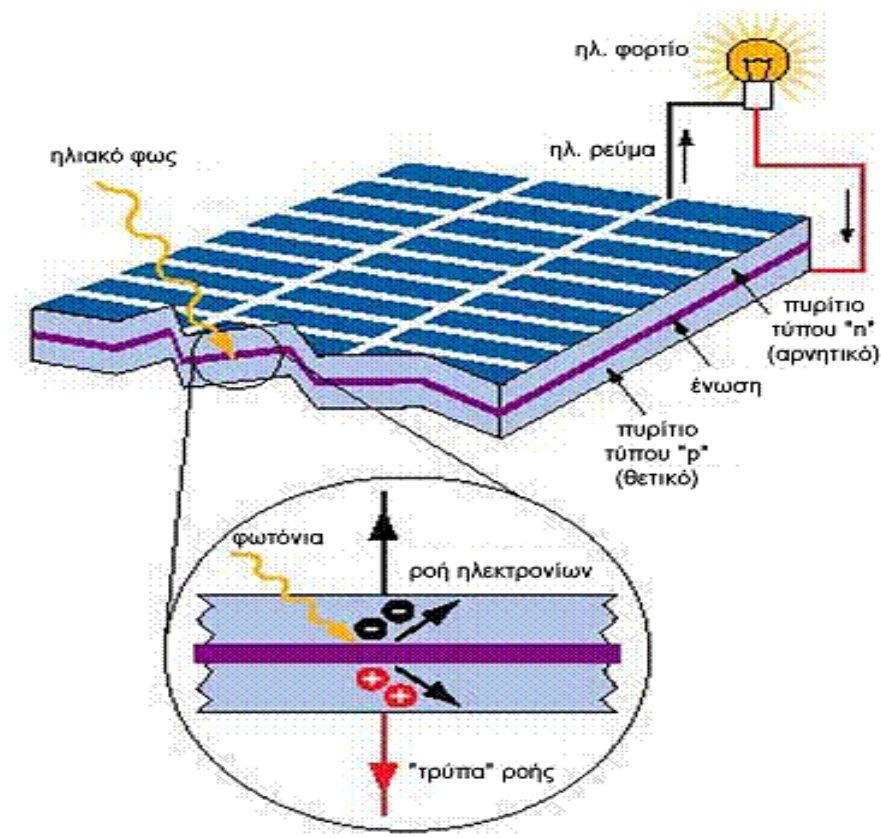
Το δυναμικό της ηλιακής ενέργειας είναι τεράστιο. Καθημερινά φτάνουν στην γη περίπου 340 M/W^2 ηλιακής ακτινοβολίας, και ετησίως η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στον πλανήτη είναι περίπου 7.500 φορές μεγαλύτερη της ετήσιας παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης.

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες εφαρμογών εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά.

1.5.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα ηλιακά πάνελ, είναι συνήθως κατασκευασμένα από πυρίτιο ή άλλο ημιαγωγικό υλικό, που εγκαθίστανται σε μεταλλικό πλαίσιο με γυάλινο περίβλημα. Όταν αυτό το υλικό εκτίθεται στα φωτόνια του ηλιακού φωτός, τα φωτόνια αυτά είτε ανακλώνται, είτε διαπερνούν, είτε απορροφώνται από το κύτταρο. Λόγω της απορρόφησης του φωτονίου, το ηλεκτρόνιο, που έχει αρνητικό φορτίο, απωθείται από ένα άτομο πυριτίου. Η ενέργεια που αποκτούν τα προκαλεί τα μεταπηδούν στην περιοχή αγωγιμότητας, αφήνοντας μία θετικά φορτισμένη οπή, με αποτέλεσμα να δημιουργείται διαφορά δυναμικού. Το ηλεκτρόνιο και το θετικό φορτίο παρουσιάζουν μία τάση να αλληλοεξουδετερωθούν. Όμως αξιοποιώντας μία δίοδο, επιτρέπεται η ροή ηλεκτρονίων από το θετικό προς το αρνητικό φορτίο και κατά συνέπεια αδυνατούν να εξουδετερωθούν παρά μόνο εάν απενεργοποιηθεί το κύκλωμα. Όταν οι ηλεκτρικές επαφές στο μπροστινό και στο οπίσθιο τμήμα του κυττάρου συνδέονται μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται προς το θετικά φορτισμένο πυρίτιο, και με αυτόν τον τρόπο παράγεται το ρεύμα (Ανδρονίκου Ε., 2012, σ. 28-29). Το ρεύμα που παράγεται είναι συνεχές (DC), το οποίο μετατρέπεται στην συνέχεια σε εναλλασσόμενο (AC) από έναν αντιστροφέα. Το

εναλλασσόμενο ρεύμα είναι ο τύπος ηλεκτρικού ρεύματος που χρησιμοποιείται όταν συνδέονται συσκευές σε κανονικές πρίζες.



Εικόνα 5 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Τα κυριότερα μέρη ενός φωτοβολταϊκού είναι τα εξής:

- Το φωτοβολταϊκό κύτταρο (PV cell): Είναι συνήθως μικρό, και παράγει περίπου 1-2 Watt ισχύος. Αυτά τα κύτταρα κατασκευάζονται από διάφορα ημιαγωγικά υλικά και συχνά είναι μικρότερα από το πάχος τεσσάρων ανθρώπινων τριχών. Όταν προσπίπτει σε αυτά ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργείται ηλεκτρική τάση, και με την σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, χ.χ.) .
- Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο (PV module): Προκειμένου να ενισχυθεί η ισχύς των φωτοβολταϊκών στοιχείων, αυτά συνδέονται μεταξύ τους σε αλυσίδες για να σχηματίσουν μεγαλύτερες μονάδες γνωστές και ως πλαίσια. Τα πλαίσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή να συνδεθούν και να σχηματίσουν τις συστοιχίες (arrays). Τα ηλιακά πάνελ έχουν ισχύ από 170 έως 350 Watt την ώρα.



Εικόνα 6 Τα μέρη ενός φωτοβολταϊκού (Zeeshan Hyder, 2023).

1.5.3 Απόδοση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Η απόδοση ενός Φ/Β συστήματος εξαρτάται από παράγοντες όπως:

- Τα κλιματικά-μετεωρολογικά στοιχεία μίας περιοχής. Όχι μόνο η ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και η θερμοκρασία έχει επίπτωση στην απόδοση.
- Ο προσανατολισμός-κλίση των ηλιακών πάνελ. Εδώ χρειάζεται να αναφερθούν και οι δύο διαφορετικοί τύποι βάσεων στήριξης φωτοβολταϊκών:
 1. Οι σταθερές: κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν την τοποθέτηση των πάνελ σε σταθερή κλίση, γύρω στις 30 μοίρες με νότιο προσανατολισμό.
 2. Οι κινούμενες, περιστρεφόμενες, ηλιοστάτες (trackers): κατασκευάζονται με σκοπό να επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της κίνησης των πάνελ κατά την διάρκεια της ημέρας με βάση την πορεία του ήλιου.

Προφανώς επειδή η εγκατάσταση κινούμενων βάσεων δεν είναι οικονομικά αποδοτική επιλέγεται μία βέλτιστη κλίση.

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	30°	0°	90°
Ανατολικός - Δυτικός	85%kWh _(max)	90%kWh _(max)	50%kWh _(max)
ΝοτιοΑνατολικός - ΝοτιοΔυτικός	95%kWh _(max)	90%kWh _(max)	60%kWh _(max)
Νότιος	kWh _(max)	90%kWh _(max)	60%kWh _(max)
ΒορειοΑνατολικός - ΒορειοΔυτικός	67%kWh _(max)	90%kWh _(max)	30%kWh _(max)
Βόρειος	60%kWh _(max)	90%kWh _(max)	20%kWh _(max)

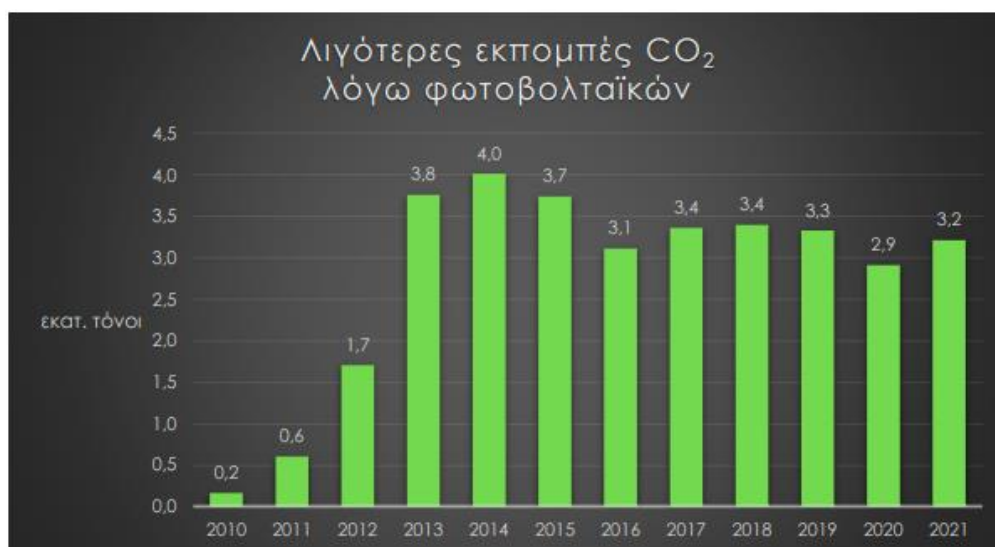
Εικόνα 7 Απόδοση φωτοβολταϊκών με βάση την κλίση (MP energy, χ.χ.).

- Η σκίαση αποτελεί εξίσου έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για την απόδοση του φωτοβολταϊκού. Όταν ένα πάνελ βρίσκεται υπό σκίαση, παράγει αρκετά χαμηλότερο ρεύμα και ενέργεια (MP energy, χ.χ.).
- Η ηλικία των πάνελ. Εκτιμάται ο χρόνος λειτουργίας τους είναι μεταξύ 25-30 έτη, με κάθε έτος να υπάρχει μία πτώση της αποδοτικότητας τους κατά 0.5%.

1.5.4 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο

Η φωτοβολταϊκή ενέργεια αποτελεί μία καθαρή μορφή ενέργειας, και ο αντίκτυπος της στην ποιότητα του αέρα και στην κλιματική αλλαγή είναι σημαντικά μικρότερος από οποιοδήποτε άλλο παραδοσιακό σύστημα παραγωγής ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν μηδενικές εκπομπές σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄), οξείδιο του θείου (SO_x), και οξείδιο του αζώτου (NO_x) κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους. Πιο συγκεκριμένα, 0.53 kg εκπομπών CO₂ μπορούν να μειωθούν για κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκά. Το μόνο ανθρακικό αποτύπωμα που παρουσιάζουν είναι κατά την διάρκεια της κατασκευής τους. Ειδικότερα αυτό κυμαίνεται μεταξύ 14-73 g CO₂ -eq/kWh (ανάλογα το υλικό της κατασκευής τους), ενώ παράλληλα το αποτύπωμα άνθρακα για τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας με καύση φυσικού αερίου, πετρελαίου και άνθρακα, είναι 607, 742, 975 g CO₂ -eq/kWh αντίστοιχα (Muhammad Tawalbeh. κ. συν., 2021, σ. 4-5)

Στην Ελλάδα η χρήση φωτοβολταϊκών, έχει αποφέρει στην μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 3.2 εκατομμυρίων τόνων μόνο για το έτος 2021 (Ψωμάς Σ., 2022, σ. 11).



Γράφημα 4 Αριθμός λιγότερων εκπομπών που οφείλονται στην χρήση φωτοβολταϊκών (Ψωμάς Σ., 2022).

Ωστόσο μία αρνητική επίπτωση τους στο περιβάλλον αποτελεί οι μεγάλες ποσότητες νερού που καταναλώνουν, κυρίως κατά την διάρκεια κατασκευής και ανακύκλωσης τους. Για παράδειγμα η κατανάλωση νερού για την παραγωγή πυριτίου, του υλικού που χρησιμοποιείται συνήθως στα Φ/Β πάνελ, υπολογίζεται περίπου στα 180 kg, ενώ η μετατροπή του σε πολυκρυσταλλικό είναι περίπου 470 kg. Για τον καθαρισμό

τους χρειάζονται κατά μέσο όρο 0.114 m^3 νερού ανά MWh, ποσό που σύμφωνα με την ΔΕΗ, είναι 30 φορές μικρότερο από έναν λιγνιτικό σταθμό.

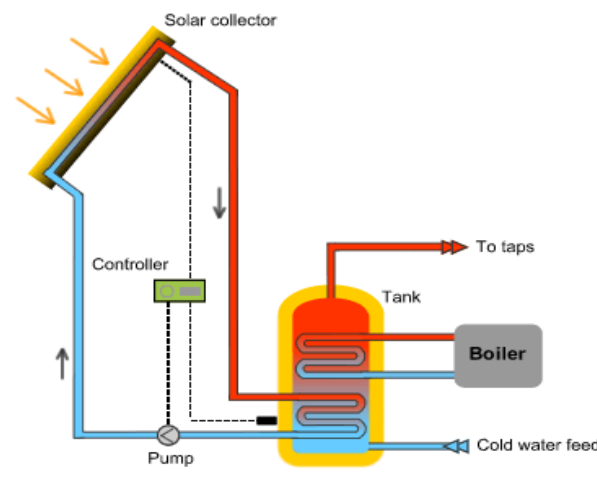
Η έκταση γης που καταλαμβάνουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελεί εξίσου ένα μείζων ζήτημα, καθώς έρχονται αντιμέτωπες με άλλες σημαντικές δραστηριότητες, όπως η γεωργία. Η προβολή στο οριζόντιο επίπεδο των Φ/Β πάνελ των 2.071 MWp, που υπήρχαν εγκατεστημένα στην Ελλάδα το 2017, δεσμεύουν συνολική έκταση περίπου 40.000 στρέμματα, όση είναι η συνολική έκταση του Δήμου Αθηναίων. Συγκριτικά ωστόσο με τους λιγνιτικούς σταθμούς, η έκταση γης που καταλαμβάνουν είναι 6.3 φορές μικρότερη καθώς καταλαμβάνουν 253.000 στρέμματα (Green Agenda, 2018).

Η ανακύκλωση των ηλιακών πάνελ αποτελεί επίσης ένα σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα, ιδιαίτερα για το σύντομο μέλλον. Τα περισσότερα φωτοβολταϊκά πάνελ έχουν διάρκεια ζωής 25-30 έτη. Έρευνες προβλέπουν ότι μέχρι το 2030, 8 εκατομμύρια τόνοι πάνελ θα έχουν φτάσει στο τέλος της λειτουργίας τους, ένας αριθμός που αναμένεται να αυξηθεί σε 80 εκατομμύρια μέχρι το έτος 2050. Αυτό αποτελεί πρόβλημα καθώς τα Φ/Β πάνελ περιέχουν διάφορα τοξικά υλικά, όπως μόλυβδο, που μπορούν να προκαλέσουν περιβαλλοντική μόλυνση. Ωστόσο τις πιο πολλές φορές καταλήγουν σε χωματερές, καθώς η ανακύκλωση τους σπανίως εφαρμόζεται και ταυτόχρονα αποτελεί τεχνολογία που βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο (Mark Peplow, 2022).

1.5.5 Ηλιακά θερμικά συστήματα

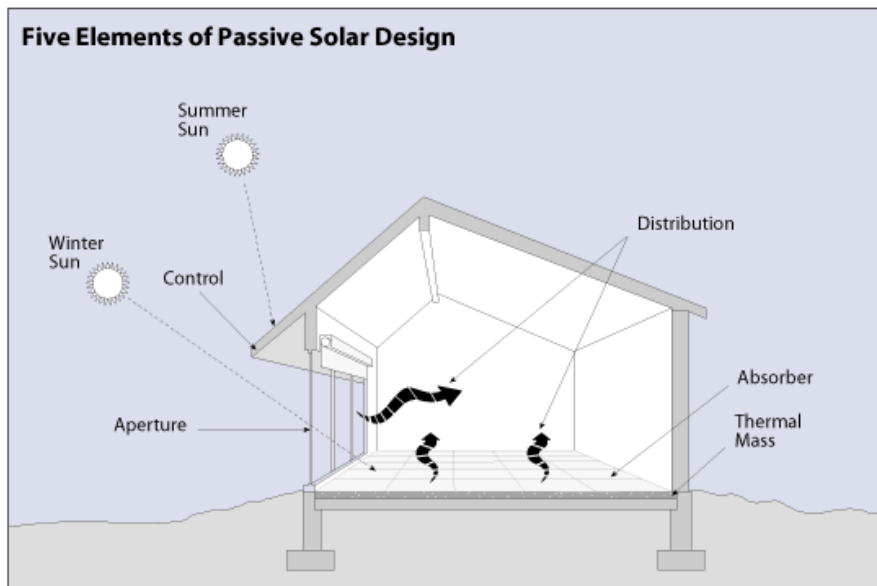
Αποτελούν συστήματα που μετατρέπουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε χρήσιμη θερμότητα. Οι κύριες τεχνολογίες τους είναι οι εξής:

- **Ενεργητικά ηλιακά συστήματα:** Αποτελούν συστήματα που για την συλλογή, αποθήκευση και την διανομή ενέργειας, χρησιμοποιούν ηλεκτρικές συσκευές για την μεταφορά, ή και την αποθήκευση, του θερμόμενου ρευστού. Η πιο διαδεδομένη χρήση τους είναι η παραγωγή ζεστού νερού, γνωστή κοινός και ως ηλιακός θερμοσίφωνας.



Εικόνα 8 Ενεργητικό ηλιακό σύστημα.

- Παθητικά ηλιακά συστήματα: Μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ωφέλιμη θερμότητα και προκαλούν κίνηση του αέρα για εξαερισμό, ώστε να θερμαίνονται και να ψύχονται οι χώροι διαβίωσης χωρίς ενεργές μηχανικές ή ηλεκτρικές συσκευές. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα, στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελούν μέρος του συστήματος που θα προσφερθεί η ενέργεια, όπως για παράδειγμα ένα παράθυρο ή τοίχος. Προκειμένου να επιτευχθεί η λειτουργία ενός παθητικού συστήματος πρέπει να τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις, όπως να υπάρχουν επαρκείς επιφάνειες παράθυρα με κατεύθυνση προς τον ήλιο, το κτίριο να είναι καλά θερμομονωμένο με τα δομικά υλικά να είναι ειδικά, και να είναι διαρρυθμισμένο έτσι ώστε να δέχεται την μεγαλύτερη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία. Κλασικό παράδειγμα παθητικού ηλιακού συστήματος αποτελεί το θερμοκήπιο, καθώς οι ακτίνες του ήλιου διαπερνούν τα παράθυρα και το εσωτερικό του κτηρίου απορροφά και συγκρατεί την θερμότητα (ΚΑΠΕ Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης, χ.χ.).



Εικόνα 9 Παθητικό ηλιακό σύστημα (Williams, χ.χ.).

- Υβριδικά ηλιακά συστήματα: Αποτελούν συνδυασμό των παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων. Για παράδειγμα ένα κτήριο που είναι κατασκευασμένο με παθητικά συστήματα, και παράλληλα του έχουν προστεθεί ηλιακοί συλλέκτες.

1.5.6 Αρχή λειτουργίας ενεργητικών ηλιακών συστημάτων

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα αποτελούνται από τρία κύρια μέρη, τον ηλιακό συλλέκτη, το σύστημα ελέγχου και το σύστημα κυκλοφορίας.

▪ Ηλιακός συλλέκτης

Αποτελεί την “καρδιά” του θερμικού συστήματος, καθώς μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα και την μεταφέρει σε κάποιο ρευστό. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών, και η επιλογή τους εξαρτάται από παράγοντες όπως το είδος της εφαρμογής τους και οι επιθυμητές θερμοκρασίες. Οι συλλέκτες διακρίνονται στους επίπεδους ηλιακούς και τους συγκεντρωτικούς. Ένας επίπεδος συλλέκτης είναι η πιο κοινή επιλογή για οικιακή χρήση και ζεστό νερό χρήσης. Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες ηλιακών συλλεκτών:

Συλλέκτες χωρίς κάλυμμα: Απαρτίζονται από μαύρους μεταλλικούς ή πλαστικούς σωλήνες, και κατασκευάζονται χωρίς μόνωση, μέσα στους οποίους ρέει ρευστό. Η μέγιστη θερμοκρασία που επικρατεί είναι 20°C πάνω από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Επίπεδοι συλλέκτες: Αποτελούνται από επίπεδο μονωμένο πλαίσιο, το οποίο καλύπτεται από την μία πλευρά με διαφανές κάλυμμα φτιαγμένο από τζάμι ή πλαστικό. Το πλαίσιο περιλαμβάνει μία μαύρη πλάκα για να επιτυγχάνεται η μέγιστη απορρόφηση ηλιακής ενέργειας. Το ρευστό μεταφοράς θερμότητας ρέει εσωτερικά ή πάνω από την πλάκα, μεταφέροντας την θερμότητα. Η μέγιστη θερμότητα που μπορεί να παραχθεί φτάνει έως τους 70 °C πάνω από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Συλλέκτες κενού: Απαρτίζονται από μία σειρά γυάλινων σωλήνων κενού. Πιο συγκεκριμένα, όλοι οι σωλήνες περιέχουν έναν απορροφητή, όπως μία μαύρη μεταλλική πλάκα, με σκοπό την απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας (VENMAN, χ.χ.).

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται με την σωστή κλίση “β” και προσανατολισμό, έτσι ώστε να αξιοποιούν στο μέγιστο την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, και στις περισσότερες περιπτώσεις παραμένουν σταθεροί. Η βέλτιστη κλίση τοποθέτησης των συλλεκτών για την Ελλάδα εξαρτάται από την εποχή:

- Για ετήσια χρήση $\beta = \text{γεωγραφικό πλάτος} \pm 5^\circ$,
- Για χειμερινή χρήση $\beta = \text{γεωγραφικό πλάτος} + 15^\circ$,
- Για θερινή χρήση $\beta = \text{γεωγραφικό πλάτος} - 20^\circ$.

Σε ετήσια βάση, η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών, που είναι το πηλίκο της αποδιδόμενης θερμότητας προς την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, κυμαίνεται μεταξύ 40-55% και καθορίζεται από παράγοντες όπως ο τύπος του συλλέκτη, η αποθήκη του ζεστού νερού, και το εφεδρικό σύστημα θέρμανσης (ΤΕΕ, 2011. σ. 8-9).

- Σύστημα κυκλοφορίας

Είναι υπεύθυνο για την μεταφορά της θερμότητας από τον ηλιακό συλλέκτη στο σημείο που θα χρησιμοποιηθεί ή θα αποθηκευτεί. Στην περίπτωση ενός οικιακού θερμοσίφωνα, το ρευστό μεταφοράς θερμότητας ρέει από τον συλλέκτη στον εναλλάκτη θερμότητας εσωτερικά στο δοχείο νερού. Τις περισσότερες φορές το ρευστό μεταφοράς θερμότητας είναι νερό ή έχει βάση το νερό, στο οποίο προστίθεται αντιψυκτικό με σκοπό να μην παγώσει των χειμώνα. Στην πλειοψηφία των συστημάτων, η κυκλοφορία του ρευστού πραγματοποιείται με φυσική (θερμοσιφωνική) ροή, ενώ σε ορισμένα συστήματα το ρευστό κυκλοφορεί μεταξύ του συλλέκτη και του δοχείου νερού μέσω αντλίας.

- Σύστημα ελέγχου

Σε κάθε σύστημα θέρμανσης, χρειάζεται ένα συμβατικό σύστημα ελέγχου που φροντίζει στην αποδοτική λειτουργία, και στην διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας στην χρήση.

1.5.7 Εφαρμογές ενεργητικών ηλιακών θερμικών συστημάτων

Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή τους σήμερα αποτελεί η οικιακή τους χρήση. Ωστόσο πέρα από αυτήν, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να εφαρμοστούν οπουδήποτε χρειάζεται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Πιο συγκεκριμένα, κάποιες από τις εφαρμογές τους είναι οι εξής:

Ζεστό νερό χρήσης

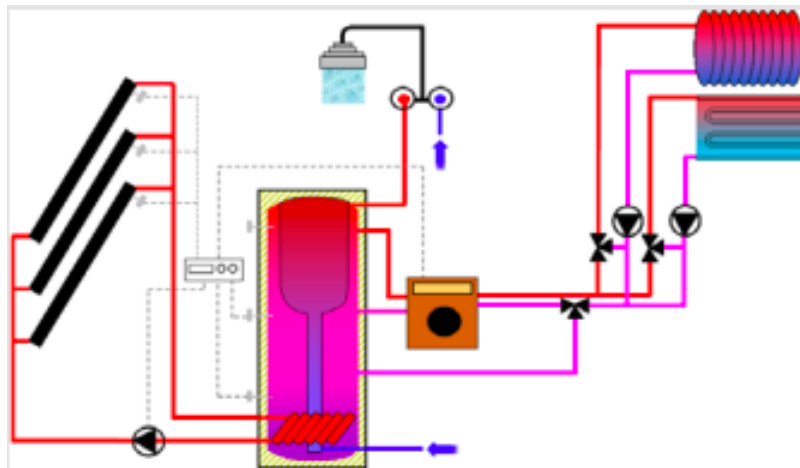
Γνωστό και ως ηλιακός θερμοσίφωνας, απαρτίζεται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, που εγκαθίστανται στο πάνω μέρος του κτηρίου, μία δεξαμενή αποθήκευσης για ζεστό νερό, και το σύστημα ελέγχου. Υπάρχουν δύο είδη ηλιακού θερμοσίφωνα: του ανοιχτού κυκλώματος με απευθείας θέρμανση του νερού χρήσης, και του κλειστού κυκλώματος με έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης.

Οι θερμοσίφωνες ανοιχτού κυκλώματος επιτρέπουν την ταχεία θέρμανση, όμως σε περιοχές με σκληρά νερά βουλώνουν συχνά. Είναι απλούστεροι και φθηνότεροι, αλλά παρουσιάζουν πρόβλημα σε χαμηλές θερμοκρασίες, λόγω του ότι δεν μπορεί να τους προστεθεί αντιψυκτικό μείγμα, σε αντίθεση με του κλειστού κυκλώματος που λειτουργούν με αντιψυκτικό, το οποίο προστατεύει τον συλλέκτη.

Ζεστό νερό χρήσης και θέρμανση χώρων (συστήματα Combi)

Μία συνηθισμένη εγκατάσταση ηλιακού συστήματος Combi, αποτελείται από ηλιακούς συλλέκτες, στους οποίους θερμαίνεται το νερό θέρμανσης χώρων, μία δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού και ένα εφεδρικό σύστημα θέρμανσης, όπως ο λέβητας, κυρίως λόγω του ότι η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει διακυμάνσεις κατά την διάρκεια του έτους. Ένα σύστημα Combi χρειάζεται μεγαλύτερη επιφάνεια ηλιακών συλλεκτών σε σύγκριση με ένα σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, για να καλύψει τα απαιτούμενα φορτία. Τα συστήματα παρουσιάζουν μέγιστη απόδοση όταν λειτουργούν σε θερμοκρασίες 40-50°C. Στην Ελλάδα οι περισσότερες εγκαταστάσεις ηλιακών συλλεκτών είναι αυτόνομοι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες για

την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ηλιακός θερμοσίφωνας). Στο εξωτερικό χρησιμοποιούνται κεντρικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης σε συνδυασμό με την θέρμανση χώρων (συστήματα Combi).

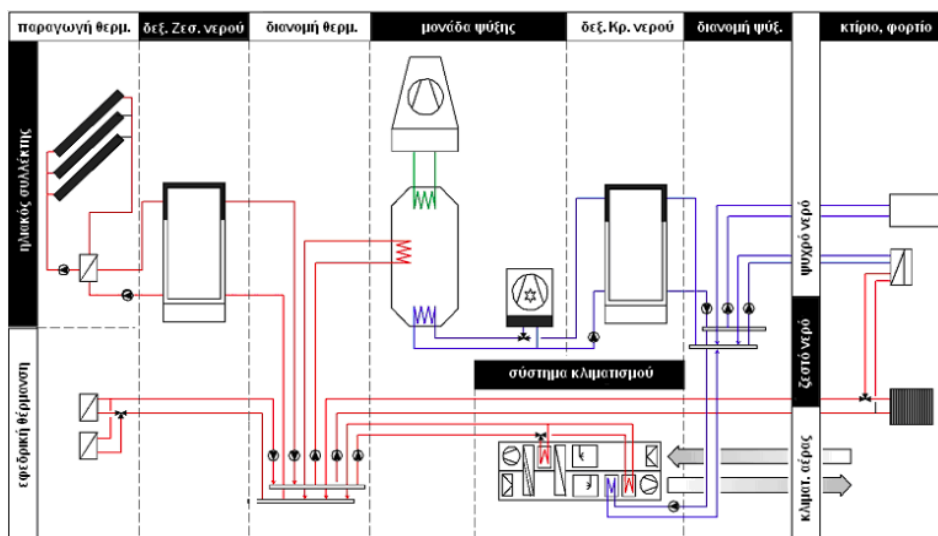


Εικόνα 10 Διάταξη ενός συστήματος Combi (ΤΕΕ, 2013).

Ηλιακή ψύξη και συστήματα Combi-plus

Την καλοκαιρινή περίοδο, τα μέγιστα ψυκτικά φορτία συμπίπτουν με την υψηλή διαθεσιμότητα ηλιακής ενέργειας, και άρα μπορεί να πραγματοποιηθεί συνδυασμός χρήσης ηλιακών θερμικών συστημάτων με θερμικούς ψύκτες. Άρα η αξιοποίηση των ηλιακών θερμικών συστημάτων μπορεί να καλύψει τις ανάγκες και για ψύξη χώρων. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται solar Combi-plus (ΤΕΕ, 2011, σ. 20-23). Μία συνηθισμένη εγκατάσταση ηλιακού κλιματισμού αποτελείται από:

1. Ηλιακούς συλλέκτες, που διαθέτουν την αναγκαία θερμότητα για την λειτουργία του ψύκτη,
2. Μία δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού,
3. Την μονάδα ψύξης,
4. Το σύστημα κλιματισμού,
5. Το εφεδρικό σύστημα θέρμανσης-ψύξης.

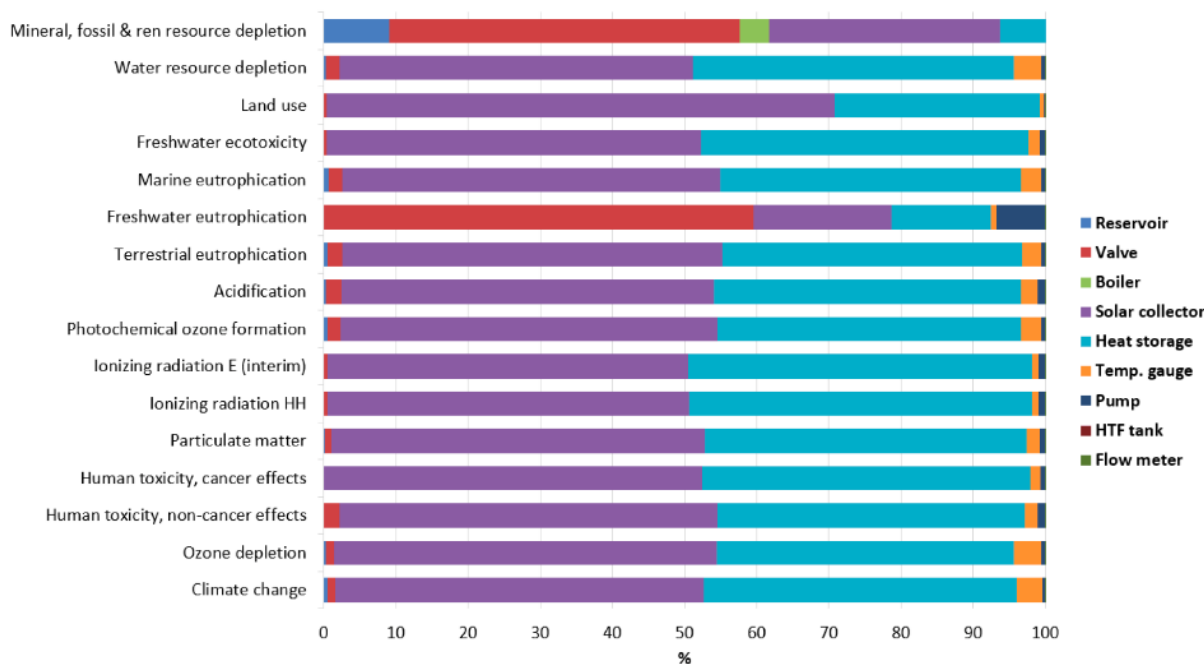


Εικόνα 11 Διάταξη ηλιακού κλιματισμού (ΤΕΕ, 2013).

1.5.8 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο

Η χρήση ηλιακών θερμικών συστημάτων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς αντικαθιστά τα ορυκτά καύσιμα σε καθημερινή βάση. Πιο συγκεκριμένα, μέσω της χρήσης τους επιτυγχάνεται εξοικονόμηση καυσίμων ίση με 50-75 kg πετρελαίου/m² συλλέκτη τον χρόνο, και παράλληλο περιορισμό των εκπομπών κατά 750 kg CO₂/m² συλλέκτη τον χρόνο σε περίπτωση υποκατάστασης ηλεκτρικού ρεύματος και 250 kg CO₂/m² συλλέκτη σε περίπτωση υποκατάστασης πετρελαίου (ΕΓΚΠ Ηλιακά Θερμικά Συστήματα – Εφαρμογές στον οικιακό τομέα, 2010, σ. 11) .

Ωστόσο τα εξαρτήματα ενός ενεργειακού ηλιακού θερμικού συστήματος, παρουσιάζουν και ορισμένες αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Ειδικότερα, ο ηλιακός συλλέκτης και η δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού, λόγω των βλαβερών υλικών που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή, λειτουργία, και ανακύκλωση τους, έχουν την μεγαλύτερη αρνητική αντίδραση στο περιβάλλον και στον άνθρωπο, όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα (Mahmud. κ. συν., 2018).



Γράφημα 5 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ηλιακών θερμικών συστημάτων (Mahmud και συν., 2018).

1.6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

1.6.1 Εισαγωγή

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μία από τις πιο παλιές και αποδοτικότερες μορφές ΑΠΕ. Λειτουργεί εκμεταλλεύοντας την δυναμική ενέργεια του νερού των λιμνών, και την κινητική ενέργεια του νερού των ποταμών και στην συνέχεια μετατρέποντας την σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή διαχέεται στην φύση από βροχή ή από λιωμένο χιόνι, που συνήθως προέρχονται από λόφους ή βουνά, και δημιουργούν ρυάκια και ποτάμια που καταλήγουν τελικά στον ωκεανό. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη ενέργεια περιέχει. Ο πιο δημοφιλής τρόπος αξιοποίησης της είναι μέσω φραγμάτων και υδατοπτώσεων. Στο ελληνικό ενεργειακό μείγμα, η υδροηλεκτρική ενέργεια καταλαμβάνει ποσοστό 8.56%.

Η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας αξιοποιείται εδώ και αιώνες. Οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν τροχούς νερού για να αλέθουν το σιτάρι σε αλεύρι. Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, η υδροηλεκτρική ενέργεια καθιερώθηκε ως πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός κατασκευάστηκε τους καταρράκτες του Νιαγάρα το 1879. Το 1881 οι λαμπτήρες δρόμου στην πόλη του Νιαγάρα, τροφοδοτούνταν αποκλειστικά από υδροηλεκτρική ενέργεια, ενώ το 1882 ξεκίνησε να λειτουργεί το πρώτο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στον πλανήτη, και βρισκόταν στο Appleton-Wisconsin των Ηνωμένων Πολιτειών (Askari Mohammad Bagher. κ. συν., 2015, σ. 1-2).

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι ο φθηνότερος τρόπος παραγωγής ενέργειας σήμερα, καθώς μόλις κατασκευαστεί ένα φράγμα και εγκατασταθεί ο εξοπλισμός, η πηγή ενέργειας, το νερό που ρέει, είναι δωρεάν. Είναι μία πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, και ανανεώνεται ετησίως από το χιόνι και τις βροχοπτώσεις. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι επίσης άμεσα διαθέσιμη, αφού οι μηχανικοί μπορούν να ελέγχουν την ροή του νερού μέσω των στροβίλων για να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια κατά ζήτηση. Επιπλέον, η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί την πιο αποδοτική μορφή ανανεώσιμης ενέργειας, καθώς παράγει περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από όλες τις ΑΠΕ μαζί. Ενδεικτικά περίπου το 50% της ετήσιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, προέρχεται από την υδροηλεκτρική ενέργεια.

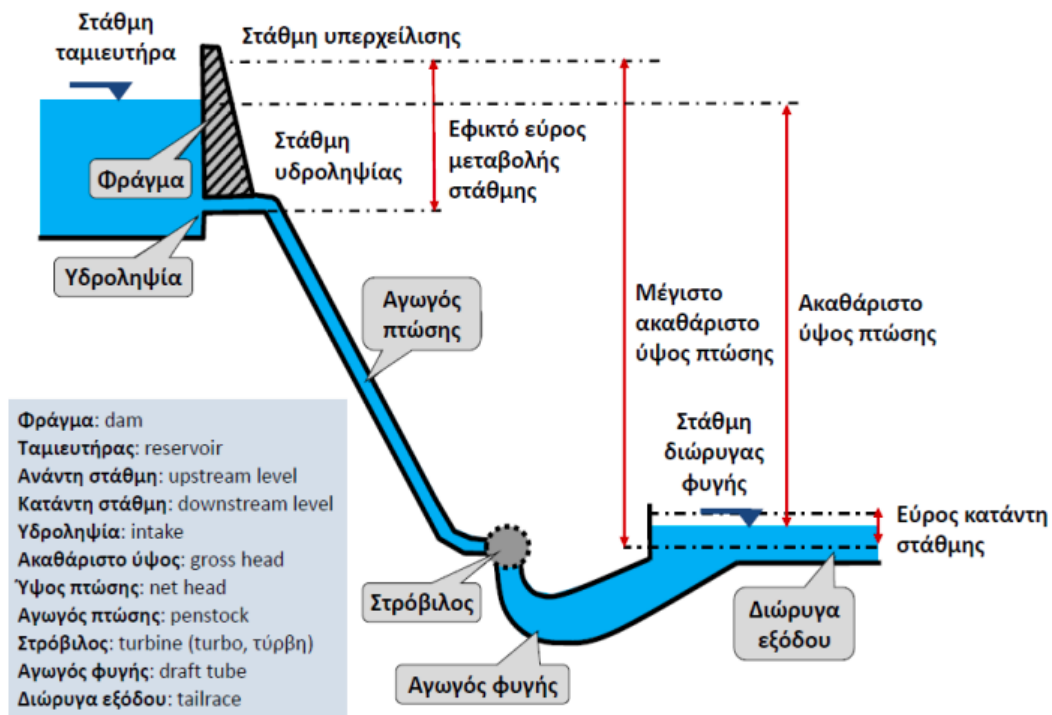
1.6.2 Υδροηλεκτρικοί σταθμοί

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το νερό πρέπει να βρίσκεται σε κίνηση. Πρόκειται για κινητική ενέργεια. Όταν το κινούμενο νερό περιστρέφει τα πτερύγια σε μία τουρμπίνα, η ενέργεια της μετατρέπεται σε μηχανική. Ο στρόβιλος περιστρέφει τον ρότορα της γεννήτριας, η οποία στην συνέχεια μετατρέπει αυτήν την ενέργεια σε ηλεκτρική. Μία τουρμπίνα ενός μεγάλου υδροηλεκτρικού σταθμού ζυγίζει μέχρι και 172 τόνους, και περιστρέφεται με 90 rpm.

Το ποσό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από δύο παράγοντες: την υψομετρική διαφορά της στάθμης του νερού ανάμεσα του φράγματος και του

ποταμού όπου καταλήγει το νερό, και την ποσότητα ροής του νερού. Συνεπώς μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση μπορεί να εγκατασταθεί ένα υδροηλεκτρικό έργο (Αποστόλου Ι., 2018, σ. 53).

Ορισμένες εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας βρίσκονται σε ποτάμια, ρυάκια και κανάλια, όμως σε μία αξιόπιστη παροχή νερού απαιτούνται τα φράγματα. Τα φράγματα αποθηκεύουν νερό για το απελευθερώσουν αργότερα για σκοπούς όπως η άρδευση, η οικιακή και βιομηχανική χρήση, και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ταμιευτήρας λειτουργεί σαν μπαταρία, αποθηκεύοντας νερό που απελευθερώνεται όταν χρειάζεται για την παραγωγή ενέργειας. Το φράγμα δημιουργεί ένα ύψος από το οποίο ρέει νερό. Ένας σωλήνας μεταφέρει το νερό από τον ταμιευτήρα στον στρόβιλο, όπου η δύναμη του νερού στα πτερύγια της τουρμπίνας περιστρέφει τον ρότορα. Όταν τα πηνία σύρματος του ρότορα περνούν από το σταθερό πηνίο της γεννήτριας, παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Όταν το νερό ολοκληρώσει το έργο του, ρέει αναλλοίωτο για να εξυπηρετήσει άλλες ανάγκες (U.S. Department of the interior, 2008, σ. 4).



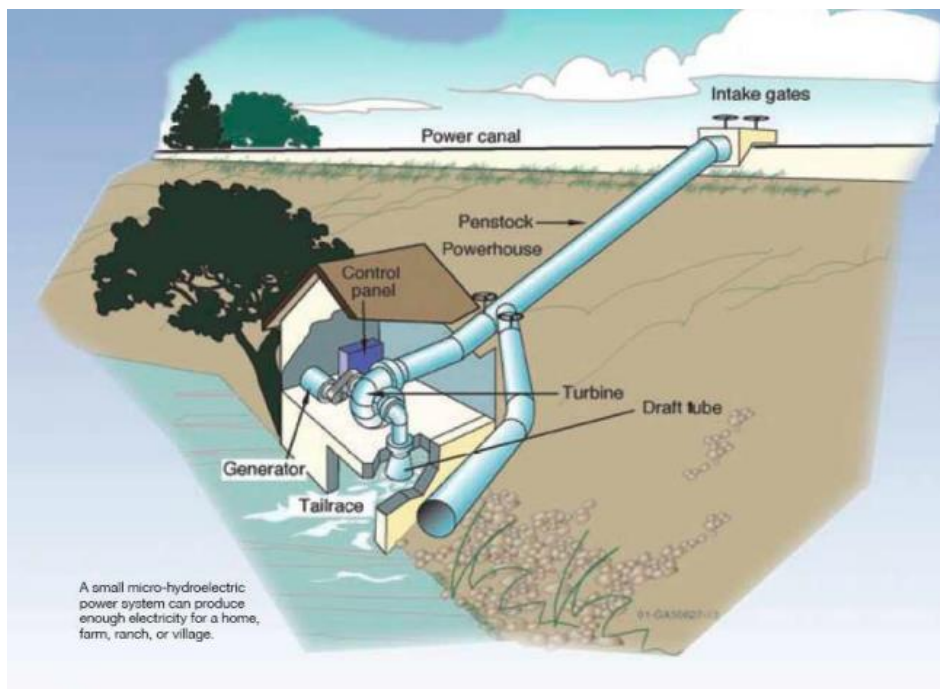
Εικόνα 12 Μεγάλο υδροηλεκτρικό έργο.

Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια χρειάζονται ένα υψόμετρο τουλάχιστον 6 μέτρων. Με την λέξη υψόμετρο ορίζουμε την απόσταση ανάμεσα της στάθμης του νερού και του σημείου που βρίσκεται ο υδροστρόβιλος. Τα χαμηλού υψόμετρου φράγματα είναι αυτά που έχουν ύψος έως και 30 μέτρα, ενώ τα υψηλού υψόμετρου φράγματα έχουν ύψος από 30 έως 300 μέτρα (Πράσινη ενέργεια, 2011).

Οι εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικής ενέργειας χωρίζονται σε σταθμούς μικρής και μεγάλης κλίμακας. Οι σταθμοί μεγάλης κλίμακας απαιτούν την κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών και επηρεάζουν σημαντικά το περιβάλλον και το τοπικό οικοσύστημα. Ενώ οι σταθμοί μικρής κλίμακας δεν επηρεάζουν σημαντικά

το περιβάλλον, καθώς είναι κυρίως “συνεχούς ροής”, δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή και αποταμίευση ύδατος, και συνήθως τοποθετούνται κοντά σε ποτάμια και κανάλια. Γενικά οι υδροηλεκτρικές μονάδες με ισχύ έως και 30 MW, για την Ελλάδα ισχύει < 15 MW για τα Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα (ΜΥΗΕ), θεωρούνται μικρής κλίμακας και χαρακτηρίζονται ως ανανεώσιμες πηγές. Ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός συνιστά ένα έργο απόλυτα συμβατό με το περιβάλλον, αφού το σύνολο των επιμέρους παρεμβάσεων στην περιοχή εγκατάστασης του έργου μπορεί να ενταχθεί αισθητικά και λειτουργικά στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος.

Τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα παρουσιάζουν ποικίλα πλεονεκτήματα, εκτός του ότι είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Κάποια από αυτά είναι: η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης στο δίκτυο, η αυτόνομη λειτουργία τους, η μακρά διάρκεια ζωής τους, το χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης τους, η αξιοπιστία τους κ.α. Στην Ευρώπη, η λειτουργία τους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην απανθρακοποίηση, καθώς η μέση ετήσια παραγωγή από κάθε έργο είναι 3.24 GWh/έτος, και υπολογίζεται ότι τροφοδοτεί περίπου 13 εκατομμύρια σπίτια (Αποστόλου Ι., 2018, σ. 55). Ωστόσο παγκοσμίως, το εκμεταλλεύσιμο δυναμικό τους είναι μεγαλύτερο από αυτό που χρησιμοποιείται. Ενδεικτικά, μόνο το 34% του συνολικού τους δυναμικού αξιοποιείται (δεδομένα 2019) (UNIDO, 2019).



Εικόνα 13 Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο.

1.6.3 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο

Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μορφή πράσινης ενέργειας, και κατά συνέπεια δεν ρυπαίνει το περιβάλλον. Η μόνη ρύπανση συμβαίνει στην διαδικασία κατασκευής των μεγάλων φραγμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η αξιοποίηση της αποτρέπει την καύση 22 δισεκατομμυρίων γαλονιών πετρελαίου και 120 εκατομμυρίων τόνων άνθρακα τον χρόνο. Επιπλέον, κάθε εγκατεστημένο kW μικρού υδροηλεκτρικού έργου, οδηγεί στην αποφυγή 5.5 τόνων διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρύπων τον χρόνο. Στην Ελλάδα, ένα τυπικό μικρό υδροηλεκτρικό του 1 MW, παράγει περίπου 3-4 εκατομμύρια κιλοβατώρες τον χρόνο, και αποτρέπει την έκλυση 3-4 χιλιάδων τόνων διοξειδίου του άνθρακα (Αποστόλου Ι., 2018, σ. 55).

Ωστόσο η λειτουργία των φραγμάτων πολλές φορές ενδέχεται να παρουσιάσει καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλον. Ειδικότερα προκαλούν πλημμύρες σε τεράστιες εκτάσεις γης, γεγονός που συντελεί στο φαινόμενα του θερμοκηπίου, καθώς απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες μεθανίου λόγω της αποσύνθεσης των δέντρων. Επιπλέον η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων μπορεί να προκαλέσει σοβαρές γεωλογικές ζημιές. Για παράδειγμα η κατασκευή του φράγματος Χούβερ στις Ηνωμένες Πολιτείες προκάλεσε πολλούς σεισμούς και έχει συμπιέσει την επιφάνεια της γης στην θέση του.

Εξίσου πρέπει να αναφερθεί η σημαντική επίδραση των φραγμάτων στην βιοποικιλότητα. Η χλωρίδα και η πανίδα των ποταμών όπου δραστηριοποιούνται τα υδροηλεκτρικά έργα, επηρεάζονται λόγω της μεταβολής ποικίλων παραγόντων, όπως: οι πλημμύρες, οι συνθήκες ξηρασίας, οι πιέσεις από ταχείες μεταβολές της στάθμης του νερού και οι αλλαγές στην ποιότητα του νερού.

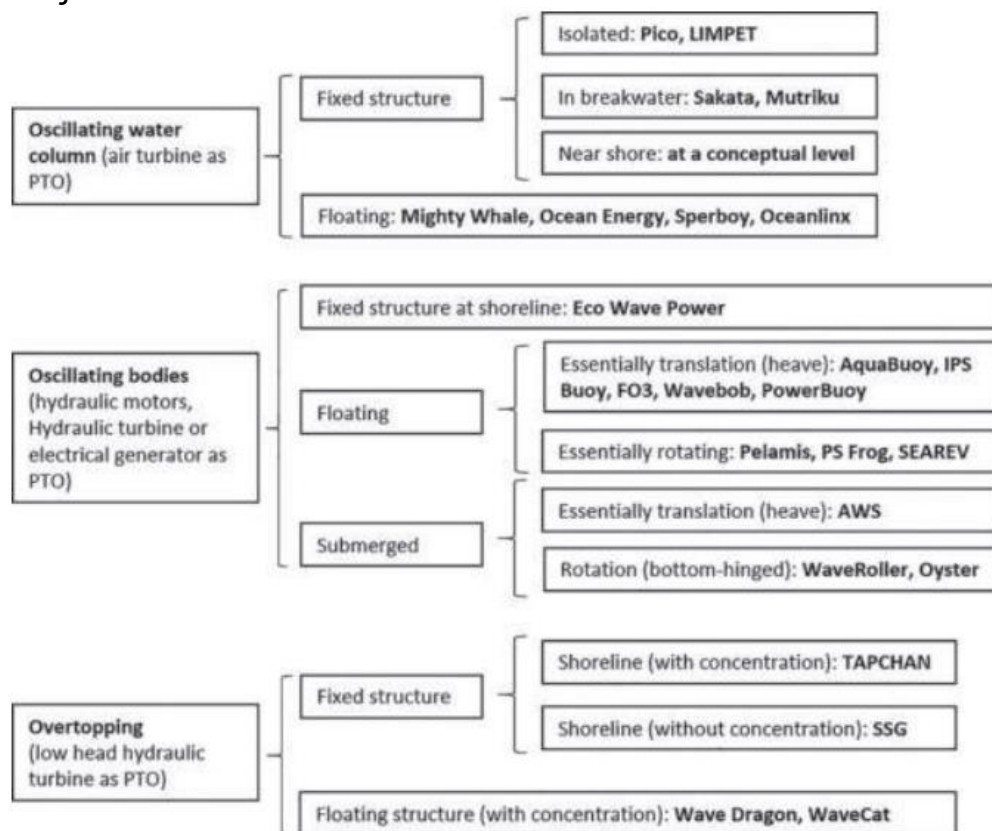
Το φράγμα αποτελεί ένα σημαντικό εμπόδιο για τα υδρόβια όντα που κολυμπούν από το ένα άκρο του ποταμού στο άλλο. Η ύπαρξη του φράγματος οδηγεί στην θανάτωση των ψαριών, που διαβιούν σε κάποιες περιόδους τις ζωής τους σε πηγές ή στο πλημμυρισμένο νερό, και άλλες περιόδους στο δέλτα του ποταμού που συνδέεται με την θάλασσα. Επίσης υπάρχουν είδη ψαριών στο γλυκό νερό, που κολυμπούν ανοδικά μέχρι την πηγή με σκοπό να γεννήσουν τα αυγά τους, και στην συνέχεια επιστρέφουν στην θάλασσα με τα νεογέννητα ψάρια. Η λειτουργία του φράγματος διακόπτει τον κύκλο ζωής αυτών των ζώων, με αποτέλεσμα μεγάλη αύξηση του αριθμού θνησιμότητας, ακόμα και εξαφάνιση αυτών των όντων (Φιλίντας Αγ.Θ. και Πολύζος Σερ.Θ., χ.χ., σ. 9).

Είναι προφανές ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια διαδραματίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και κατά συνέπεια στην αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων, καθώς είναι με διαφορά η πιο αποδοτική μορφή πράσινης ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο η επίδραση των ταμιευτήρων και των φραγμάτων, στο περιβάλλον και τον άνθρωπο, είναι μεγαλύτερη από κάθε άλλη μορφή ΑΠΕ. Για αυτό οι αποφάσεις για σχεδιασμό και κατασκευή μεγάλων φραγμάτων, πρέπει να λαμβάνονται ύστερα από βαθιά εκτίμηση και αξιολόγηση των αρνητικών επιπτώσεων και ωφελειών. Η αρχιτεκτονική και το μέγεθος του φράγματος, χρειάζεται να εξασφαλίζουν τις ελάχιστες δυνατές αρνητικές επιπτώσεις και συνάμα τις μέγιστες θετικές.

1.6.4 Παρόμοιες μορφές ενέργειας

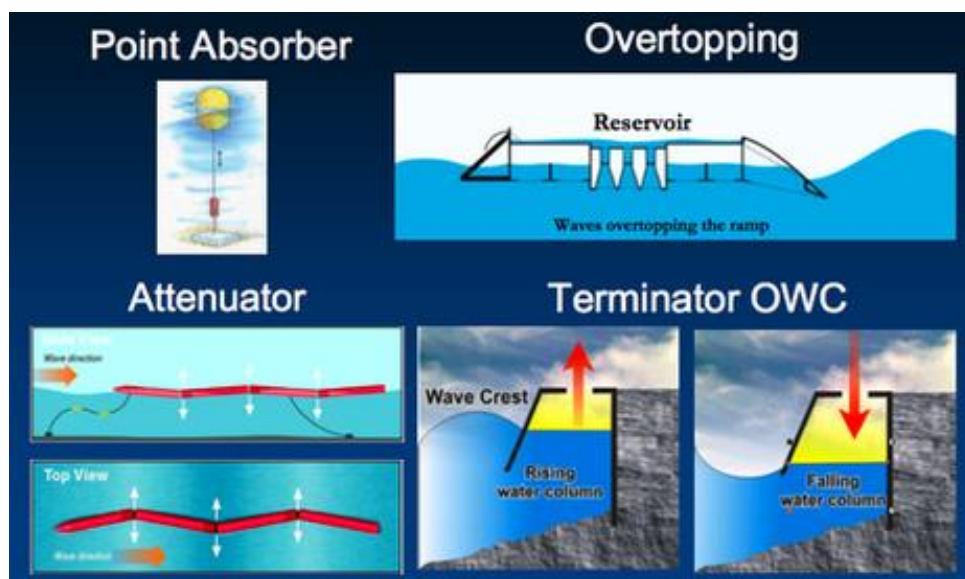
Εκτός από τις υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, υπάρχουν και άλλες μορφές ενέργειας που σχετίζονται με το νερό. Οι κυριότερες από αυτές είναι η παλιρροϊκή ισχύς, και η ισχύς από τα κύματα.

- Κυματική ενέργεια:** Η τεχνολογία αξιοποίησης της βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο. Όμως λόγω του ότι αποτελεί ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, και λόγω του τεράστιου δυναμικού της, τις τελευταίες δεκαετίες καταβάλλονται σημαντικές προσπάθειες αναβάθμισης της τεχνολογίας της. Ενδεικτικά, αν μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε έστω και το 1% της ενέργειας που προκύπτει από τους ωκεανούς, θα καλύπταμε τετραπλάσιες φορές την ανάγκη του παγκόσμιου πληθυσμού για ηλεκτρική ενέργεια. Το ποσό ενέργειας που τελικά παράγεται καθορίζεται από την ταχύτητα, το ύψος, την συχνότητα και την πυκνότητα των κυμάτων. Για την αξιοποίηση αυτής της ενέργειας χρειάζονται συσκευές που μετατρέπουν την κυματική ενέργεια σε ηλεκτρική, γνωστές και ως WECs (Wave Energy Converters). Υπάρχουν τριών ειδών συσκευές: οι OWC (Oscillating water columns), που χρησιμοποιούν παγιδευμένους θύλακες αέρα σε μία στήλη νερού για να κινήσουν μία τουρμπίνα, οι OBC (Oscillating Body Converters) που είναι πλωτές ή βυθισμένες συσκευές, που χρησιμοποιούν την κίνηση των κυμάτων (πάνω/κάτω, εμπρός/πίσω, από πλευρά σε πλευρά) για να παράξουν ηλεκτρική ενέργεια, και οι Overtopping Converters που χρησιμοποιούν δεξαμενές για να δημιουργήσουν ύψος και στην συνέχεια να κινήσουν τις τουρμπίνες.



Εικόνα 14 Τεχνολογίες κυματικής ενέργειας (Pérez and Iglesias, 2012).

Οι πρώιμες τεχνολογίες αφορούσαν κυρίως πλωτές συσκευές, και συνήθως κατηγοριοποιούσαν μια συγκεκριμένη συσκευή ως σημειακός απορροφητής (Point Absorber), εξολοθρευτής (Terminator), ή εξασθενητής (Attenuator). Οι σημειακοί απορροφητές είναι μικρές συσκευές, σε σχέση με το μέγεθος των προσπίπτοντων κυμάτων, και αξιοποιούν την κυματική ενέργεια με διάφορους τρόπους. Γενικά εξάγουν ενέργεια μετατρέποντας την κίνηση τους μέσω μηχανικών συστημάτων σε γραμμική ή περιστροφική κίνηση για την κίνηση ηλεκτρογεννητριών. Οι εξασθενητές, τοποθετούνται με την κατεύθυνση του προσπίπτοντος κύματος με το πλάτος τους να είναι μικρότερο από το μήκος τους, και μετατρέπουν το "βήμα" του κύματος για να κινήσουν έναν ρότορα. Οι εξολοθρευτές, τοποθετούνται με κατεύθυνση κάθετη προς τα προσπίπτοντα κύματα με πλάτος μεγαλύτερο από το μήκος τους (IRENA, 2016, σ. 1, 9).



Εικόνα 15 Τεχνολογίες αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας.

- Παλιρροιακή Ενέργεια:** Οι βαρυτικές δυνάμεις μεταξύ της σελήνης του ήλιου και της γης, προκαλούν ρυθμική άνοδο και καθίζηση των ωκεάνιων υδάτων σε όλο τον πλανήτη, προκαλώντας έτσι τις παλίρροιες. Το δυναμικό της παλιρροιακής ενέργειας παγκοσμίως ανέρχεται στα 1.200 TWh τον χρόνο. Οι παλίρροιες κατά μήκος της ακτής έχουν πλάτος που εύρος 4-12 μέτρα, έχουν δυναμικό παραγωγής ενέργειας 1-10 MW/km. Υπάρχουν δύο κατηγορίες τεχνολογιών εκμετάλλευσης της παλιρροιακής ενέργειας.

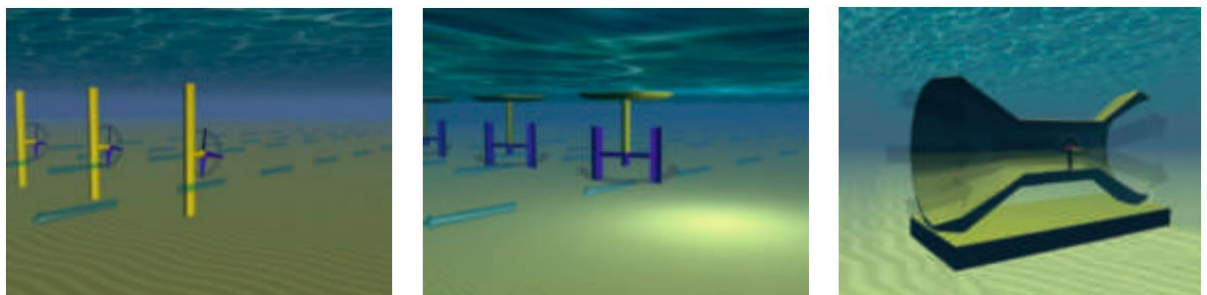
- Παλιρροιακά φράγματα:** Η πρώτη κατηγορία αφορά την χρήση φραγμάτων, τα οποία παράγουν ενέργεια από την υψομετρική διαφορά μεταξύ της πλημμυρίδας και της άμπωτης. Η ισχύς παράγεται μέσω παλιρροιακών τουρμπινών που βρίσκονται στο φράγμα. Τέτοιες εγκαταστάσεις υπάρχουν σε τοποθεσίες, όπου λόγω γεωλογικών ή οικολογικών συνθηκών, μεγάλες ποσότητες νερού ρέουν σε σύνθετες περιοχές, ή κόλπους και εκβολές ποταμών. Η παραγωγή ενέργειας είναι προβλέψιμη, καθώς δεν εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, αλλά από

κυκλικούς αστερισμούς και την βαρύτητα μεταξύ της σελήνης του ήλιου και της γης, παρέχοντας έτσι έναν προβλέψιμο μηνιαίο, εξαμηνιαίο και ετήσιο κύκλο (IRENA, 2014, σ. 6).



Εικόνα 16 Μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας La Rance στις ακτές της Βρετάνης στην Γαλλία (IRENA, 2014).

2. Παλιρροιακό ρεύμα: Οι τεχνολογίες παλιρροιακών ρευμάτων μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε αξιοποιήσιμη ενέργεια. Η αρχή λειτουργίας τους είναι παρόμοια με εκείνη των ανεμογεννητριών, ωστόσο λόγω της υψηλότερης πυκνότητας του νερού τα πτερύγια είναι μικρότερα και περιστρέφονται πιο αργά από τις ανεμογεννήτριες. Στην ουσία πρόκειται για τουρμπίνες που τοποθετούνται στο βάθος του νερού σε ένα παλιρροιακό ρεύμα, σε σημείο τέτοιο ώστε να μην παρεμποδίζουν ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η ναυσιπλοΐα. Αυτές είναι ειδικά σχεδιασμένες ώστε να αξιοποιούν την διπλή κατεύθυνση της ροής του παλιρροιακού ρεύματος, ενώ έχει αποδειχθεί ότι είναι πιο αποδοτικές όταν τοποθετούνται σε ρηχά νερά. Οι τουρμπίνες χωρίζονται σε κλειστές, οριζόντιου άξονα, που είναι και οι πιο διαδεδομένες στην αγορά, και σε κάθετου άξονα. Το 2014, το 76% όλων των τουρμπινών ήταν οριζόντιου άξονα, και το 12% κάθετου άξονα (IRENA, 2014, σ. 11-12).



Εικόνα 17 Τουρμπίνες οριζόντιου άξονα (αριστερά), κάθετου άξονα (στην μέση), κλειστές (δεξιά) (IRENA, 2014).

1.7 Βιομάζα

1.7.1 Εισαγωγή

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και η πιο διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Αποτελεί μία βασική πηγή ενέργειας και προέρχεται από την αξιοποίηση φυτικών ζωικών, και δασικών προϊόντων, και υπολειμμάτων, αστικών λυμάτων και απορριμμάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα σε αυτήν περιλαμβάνονται:

- Φυτικές ύλες που πηγάζουν είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως για παράδειγμα τα αυτοφυή φυτά ή δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (οι οποίες αποτελούν καλλιέργειες που δημιουργήθηκαν με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών, όπως για παράδειγμα το σόργο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.α.,
- Τα υποπροϊόντα και τα κατάλοιπα της φυτικής ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως για παράδειγμα τα άχυρα, τα στελέχη αραβόσιτου, τα στελέχη βαμβακιάς, τα κλαδοδέματα, τα κλαδιά δένδρων, τα φύκια, τα κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.α.,
- Τα υποπροϊόντα που προκύπτουν από την μεταποίηση ή την επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως για παράδειγμα τα ελαιοπυρηνόξυλα, τα υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.α.,
- Και τα βιολογικής προέλευσης μέρη των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Η βασική πηγή ενέργειας από την οποία προέρχεται η βιομάζα, είναι η ηλιακή ενέργεια. Η βιομάζα προκύπτει από την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας με πρώτες ύλες το νερό και τον άνθρακα. Πιο συγκεκριμένα, αποτελεί αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών, χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Οι φυτικοί οργανισμοί, μετασχηματίζουν την ενέργεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με μια σειρά σύνθετων διεργασιών. Από την στιγμή που η βιομάζα έχει σχηματιστεί με την διεργασία που περιεγράφηκε, αποτελεί μία αξιοποιήσιμη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατή να αντικαταστήσει την χρήση ορυκτών καυσίμων. Η χρήση της βιομάζας ως πηγή ενέργειας δεν είναι νέα, εξάλλου σε αυτήν περιλαμβάνονται τα καυσόξυλα και οι ξυλάνθρακες, όπου έως και το τέλος του περασμένου αιώνα κάλυπταν το 97% των ενεργειακών αναγκών της χώρας (ΚΑΠΕ, χ.χ., σ. 1).

Αποτελεί την μεγαλύτερη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας, καθώς καταλαμβάνει το 55% του συνόλου των ΑΠΕ παγκοσμίως, και το 6% της συνολικής παγκόσμιας ενεργειακής παραγωγής. Το σενάριο των μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2050, φανερώνει μία ταχεία αύξηση της χρήσης της, καθώς κατά μέσο όρο παρουσιάζει μία αύξηση 3% ετησίως ανάμεσα στα έτη 2010-2022. Στην Ευρώπη, η βιοενέργεια συνείσφερε σε 116 Mtoe (Million tones of oil equivalent, δεδομένα 2016)

κατανάλωσης ενέργειας, ποσό που καταλαμβάνει το 59% όλων των ΑΠΕ και 10% όλων των πηγών ενέργειας. Ο κύριος τομέας εφαρμογής της αφορά την θέρμανση και τον κλιματισμό, περίπου το 75% της συνολικής χρήσης της, ενώ ο βιοηλεκτρισμός και οι μεταφορές αφορούν το 13% και 12% αντίστοιχα (European Commission, 2019, σ. 2).

1.7.2 Μέθοδοι επεξεργασίας της Βιομάζας

Οι μέθοδοι ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας διακρίνονται σε θερμοχημικές (ξηρές), σε βιοχημικές (υγρές), ή σε χημικές (μετεστεροποίηση). Η επιλογή της μεθόδου μετατροπής λαμβάνεται κατά κανόνα από την αναλογία άνθρακα και αζώτου στην διαθέσιμη πρώτη ύλη, και από την περιεχόμενη υγρασία κατά την στιγμή της συλλογής.

Οι βιοχημικές διεργασίες, ονομάζονται έτσι λόγω του ότι είναι αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης, αξιοποιούνται για προϊόντα και υπολείμματα, όπως λαχανικά, κοπριά κ.α., με αναλογία άνθρακα και αζώτου μικρότερη από 30% και υγρασία μεγαλύτερη από 50%. Οι βιοχημικές διεργασίες αναφέρονται στις εξής: Αερόβια ζύμωση (παρουσία οξυγόνου), αναερόβια ζύμωση (απουσία οξυγόνου), αλκοολική ζύμωση.

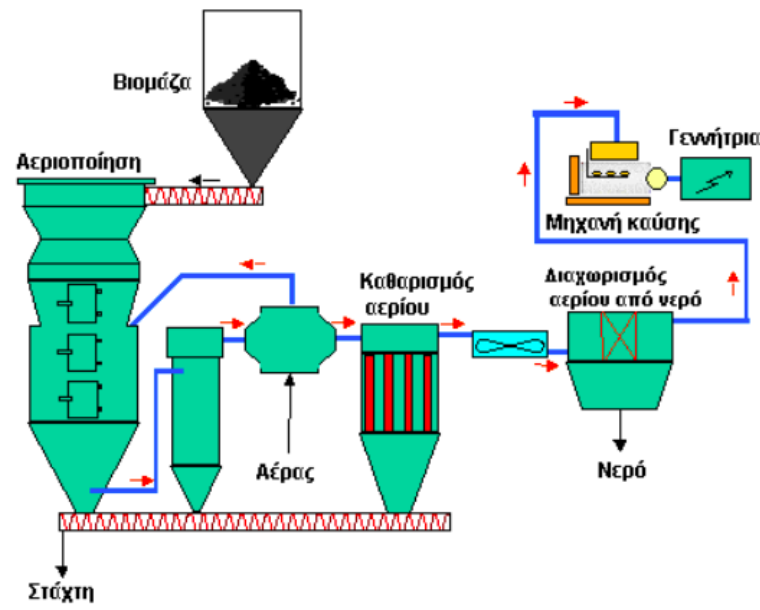
Οι θερμοχημικές διεργασίες εμπεριέχουν οξειδωτικές αντιδράσεις, που καθορίζονται από την θερμοκρασία για διαφορετικές συνθήκες οξείδωσης. Οι διεργασίες αυτές αξιοποιούνται για τα είδη της βιομάζας που διαθέτουν αναλογία άνθρακα και αζώτου μεγαλύτερη από 30% και υγρασία μικρότερη από 50%. Στις διεργασίες αυτές περιλαμβάνονται: Η πυρόλυση (θέρμανση απουσία αέρα), η απευθείας καύση, η αεριοποίηση και η υδρογονοδιάσπαση.

Πιο συγκεκριμένα, η καύση αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τρόπο παραγωγής βιοενέργειας, κυρίως λόγω της απλότητας της διεργασίας, ενώ παράλληλα είναι και οικονομικά ανταγωνιστική απέναντι στα ορυκτά καύσιμα. Ως προϊόν της καύσης ορίζεται η αξιοποιήσιμη θερμότητα, και η ηλεκτρική ενέργεια (σε συνδυασμό με ατμό και άλλες τεχνολογίες).

Η πυρόλυση αποτελεί μία θερμική διαδικασία απουσία οξυγόνου (ανάμεσα στους 450 με 600 βαθμούς Κελσίου), και χρησιμοποιείται για παραγωγή αέριων υγρών και στερεών προϊόντων. Στα αέρια προϊόντα της πυρόλυσης, υπάγονται το μονοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την θέρμανση του πυρολύτη ή την ηλεκτροπαραγωγή. Στα υγρά προϊόντα περιλαμβάνονται το νερό και το βιοέλαιο, το οποίο εκτός της χρήσης του σε θέρμανση και ηλεκτροπαραγωγή, μπορεί να αξιοποιηθεί και ως καύσιμο μεταφοράς.

Επιπλέον στην διαδικασία της αεριοποίησης της βιομάζας, γίνεται θερμική αποικοδόμηση στους 750 με 850 βαθμούς Κελσίου, με απουσία οξυγόνου. Τα προϊόντα της είναι το βιοαέριο, η πίσσα και ο ξυλάνθρακας. Τα υγρά βιοκαύσιμα που προκύπτουν από την επεξεργασία της βιομάζας, είναι το βιοντίζελ και η βιοιθανόλη. Το βιοντίζελ προέρχεται από φυτικά έλαια με μετεστεροποίηση, ενώ η βιοιθανόλη

προέρχεται από την ζύμωση των αμυλούχων και σακχαρούχων συστατικών (αλκοολική ζύμωση) (Αποστόλου Ι., 2018, σ. 62-63).



Εικόνα 18 Επεξεργασία της βιομάζας (ΚΑΠΕ, χ.χ.).

1.7.3 Εφαρμογές της Βιομάζας

Στην σημερινή εποχή, η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για θέρμανση θερμοκηπίων, κτηρίων σε ατομικούς/κεντρικούς λέβητες, για παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες, σε βιομηχανίες ξύλου, σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), για τηλεθέρμανση, για την παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο και για παραγωγή βιοκαυσίμων.

Τα βιοκαύσιμα συνήθως αναφέρονται σε υγρά καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των μεταφορών, ήδη χρησιμοποιούνται στις μεταφορές σε πολλές χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής (Βραζιλία, ΗΠΑ). Τα πιο κοινά βιοκαύσιμα στο εμπόριο είναι το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη. Το βιοντίζελ είναι μία καύσιμη ύλη η οποία μπορεί να καίγεται αυτούσια ή και σε μίγματα σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα οχήματα τα οποία είναι ντιζελοκίνητα, όπως σε αυτοκίνητα, φορτηγά, λεωφορεία αλλά και αγροτικά μηχανήματα. Παρουσιάζει παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες με το συμβατικό ντίζελ, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χαρακτηριστεί και ως καλύτερο από αυτό, καθώς έχει μεγαλύτερο σημείο ανάφλεξης, γεγονός που το καθιστά ασφαλέστερο στην χρήση, και πολύ μικρότερη ποσότητα θείου (Greenbuilding, 2021). Το 2020, το βιοντίζελ ήταν το δεύτερο πιο διαδεδομένο βιοκαύσιμο στις Ηνωμένες Πολιτείες, πίσω από την βιοαιθανόλη, καταλαμβάνοντας το 11% της συνολικής παραγωγής βιοκαυσίμων στην χώρα, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση η κατανάλωση βιοντίζελ στον τομέα μεταφορών, ξεπέρασε τα 13 Mtoe (Million tones of oil equivalent).

Από την άλλη, η βιοαιθανόλη αποτελεί το πιο διαδεδομένο βιοκαύσιμο παγκοσμίως, καταλαμβάνοντας το 85% της συνολικής παραγωγής βιοκαυσίμων στις Ηνωμένες πολιτείες. Μπορεί εξίσου να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο της βενζίνης σε

μηχανές εσωτερικής καύσης, ενώ μπορεί να αναμιχθεί με την βενζίνη σε οποιοδήποτε ποσοστό. Η βιοαιθανόλη έχει χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από την βενζίνη, γεγονός που σημαίνει ότι περισσότερη αιθανόλη, από άποψη όγκου και μάζας, πρέπει να καεί για να παραχθεί ίδια ποσότητα ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα περίπου 1.5 γαλόνια αιθανόλης περιέχουν την ίδια ποσότητα ενέργειας με 1 γαλόνι βενζίνης. Ωστόσο η βιοαιθανόλη έχει υψηλότερο αριθμό οκτανίων από την βενζίνη, γεγονός που σημαίνει ότι οι κινητήρες που κινούνται με βιοαιθανόλη μπορούν να σχεδιαστούν με υψηλότερη θερμική απόδοση. Δηλαδή ένα όχημα που κινείται με βιοαιθανόλη παρουσιάζει καλύτερες επιδόσεις και σπαταλά λιγότερη ενέργεια σε σχέση με ένα βενζινοκίνητο (Energy Education, 2016) . Επίσης αποτελεί καθαρότερο καύσιμο από την βενζίνη, καθώς παρουσιάζει χαμηλότερες εκπομπές σε CO₂, SO₂, CO και σε πτητικούς υδρογονάνθρακες. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε πόλεις με μεγάλη ρύπανση, όπως το Los Angeles, στον τομέα των μεταφορών (Ανδρονίκου Ε., 2012, σ. 49).

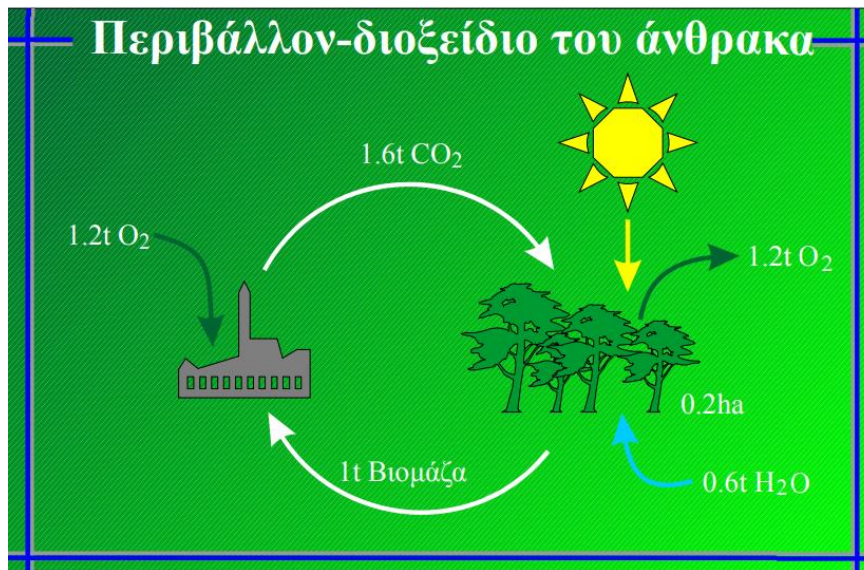
Το βιοαέριο, ως καύσιμο σε μηχανές εσωτερικής καύσης, μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Το βιοαέριο απαρτίζεται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, και παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων (λύματα χοιροστασιών, πτηνοτροφείων, και βιομηχανικών-αστικών οργανικών απορριμμάτων). Τυπικά αποτελείται από 65% μεθάνιο και 35% διοξείδιο του άνθρακα. Ένα κυβικό μέτρο βιοαερίου υποκαθιστά 0.66l ντίζελ ή 0.75l πετρελαίου ή 0.85l κάρβουνου. Το βιοαέριο είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, ειδικότερα το ισοζύγιο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπεται κατά την καύση του, είναι ισοδύναμο με αυτό που απορροφάται κατά την παραγωγή του, και κατά συνέπεια δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Ανδρονίκου Ε., 2012, σ. 50-51).

Η βιομάζα μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί για την θέρμανση κτηρίων με τζάκι, σόμπα ή με ενεργειακά τζάκια τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλή ενεργειακή απόδοση (>50%) και είναι τεχνολογία που εφαρμόζεται κυρίως στα νέα κτήρια. Πέραν των εστιών καύσης, σε περιορισμένο αριθμό και κυρίως σε αγροτικές περιοχές, πραγματοποιείται χρήση βιομάζας με λέβητες στερεών βιοκαυσίμων. Οι λέβητες τροφοδοτούνται με τυποποιημένη βιομάζα, όπως επεξεργασμένα υποπροϊόντα ξύλου ή βιοκαυσίμων, όπως είναι τα συσσωματώματα ξύλου (wood pellets) και τα θρύμματα ξύλου (wood chips). Σε αναπτυσσόμενες χώρες, η παραδοσιακή βιομάζα που χρησιμοποιείται σε ανοιχτά τζάκια για μαγείρεμα και για θέρμανση, συνεχίζει ακόμα και σήμερα να είναι άκρως σημαντική, καθώς εκλείπουν εναλλακτικές λύσεις (ΤΕΕ, 2011, σ. 55-56).

1.7.4 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο

Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ως αποτέλεσμα η αξιοποίηση της συνεισφέρει στον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η βιομάζα μπορεί κατά την καύση της να απελευθερώσει CO₂, όμως μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του ρύπου. Επιπλέον συμβάλει στον περιορισμό του

διοξειδίου του θείου (SO_2), το οποίο παράγεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων και συντελεί στο φαινόμενο της “όξινης βροχής” (ΚΑΠΕ, χ.χ., σ. 4).



Εικόνα 19 Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (ΚΑΠΕ, χ.χ.).

Επίσης η εγκατάσταση τεχνολογιών βιοαερίου παρέχει σημαντικά οφέλη, καθώς προσφέρει πράσινη ενέργεια και παράλληλα επιλύει το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται ότι 1.000.000 τόνοι απορριμμάτων παρέχουν αρκετό βιοαέριο για την παραγωγή 1 MW ηλεκτρικού ρεύματος ετησίως για δέκα περίπου χρόνια. Το οικονομικό όφελος μιας μονάδας βιοαερίου, έγκειται στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη διαθέτει μηδενική αξία, ενώ τα προϊόντα της από την άλλη διαθέτουν αδιαμφησβήτητη εμπορική αξία (Ανδρονίκου Ε., 2012, σ. 51).

Ωστόσο η υλοποίηση ενός σημαντικού προγράμματος παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, απαιτεί σημαντικές ποσότητες υδάτινων πόρων και γης. Πιο συγκεκριμένα η καλλιέργεια κηπευτικών αποτελεί μία δραστηριότητα που απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, πολύ περισσότερες μάλιστα απ' ό,τι απαιτείται για τις βιομηχανικές και οικιακές ανάγκες. Επιπροσθέτως συμβάλλει σημαντικά στην ρύπανση των υδάτων, μέσω των φυτοφάρμακων και των λιπασμάτων, που είναι απαραίτητα για την διατήρηση κάθε εντατικής καλλιέργειας. Επίσης υπάρχουν πολλές ενεργειακές εταιρείες που χρησιμοποιούν ξύλο δέντρων, με αποτέλεσμα να κόβουν μεγάλες ποσότητες ώριμων δέντρων, τα οποία βοηθούν στην απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Επιπλέον η μετατροπή φυσικών οικοσυστημάτων σε φυτείες ενεργειακών καλλιεργειών επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα, καθώς οδηγεί σε καταστροφή των βιοτόπων και σε αλλαγές των πηγών τροφής της άγριας πανίδας. Ακόμη αξίζει να αναφερθεί ότι οι εκπομπές από την καύση της βιομάζας σε μικρές εφαρμογές, είναι ικανές να επιδράσουν αρνητικά στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα μιας κατοικίας, κάτι που οφείλει να είναι αντικείμενο συνεχούς προσοχής (Tasneem Abbasi και S.A. Abbasi, 2010, σ. 932).

1.8 Γεωθερμική ενέργεια

1.8.1 Εισαγωγή

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μία ηπία και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, που προέρχεται από την εκμετάλλευση του υπόγειου γεωθερμικού δυναμικού, σε μορφή νερών, ατμών, αερίων, μειγμάτων αερίων και θερμών πετρωμάτων. Έχει ελάχιστο έως και μηδενικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, και είναι ικανή σύμφωνα με τις σύγχρονες τεχνολογικές δυνατότητες να παράγει θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της γεωθερμίας έναντι των υπόλοιπων ΑΠΕ, είναι η σταθερή παραγωγή ενέργειας καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, χωρίς διακυμάνσεις και με μικρό λειτουργικό κόστος, καθώς η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης είναι θεωρητικά ανεξάντλητη, και δεν επηρεάζεται από παράγοντες όπως ο καιρός και η εποχή.

Η μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύς γεωθερμίας παγκοσμίως βρίσκεται στις Ηνωμένες Πολιτείες με ετήσια παραγωγή 3.7 GW, με την Ινδονησία να βρίσκεται δεύτερη με 2.3 GW. Στην Ευρώπη η Τουρκία καταλαμβάνει την πρώτη θέση με 1.7 GW, με την Ιταλία να βρίσκεται δεύτερη με 0.9 GW. Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μόλις το 0.5% της εγκατεστημένης ισχύς όλων των ΑΠΕ παγκοσμίως, γεγονός που κυρίως οφείλεται στο ότι μπορούν να εγκατασταθούν μόνο σε δεξαμενές που η θερμοκρασία βρίσκεται άνω των 100°C (δεδομένα Statista).

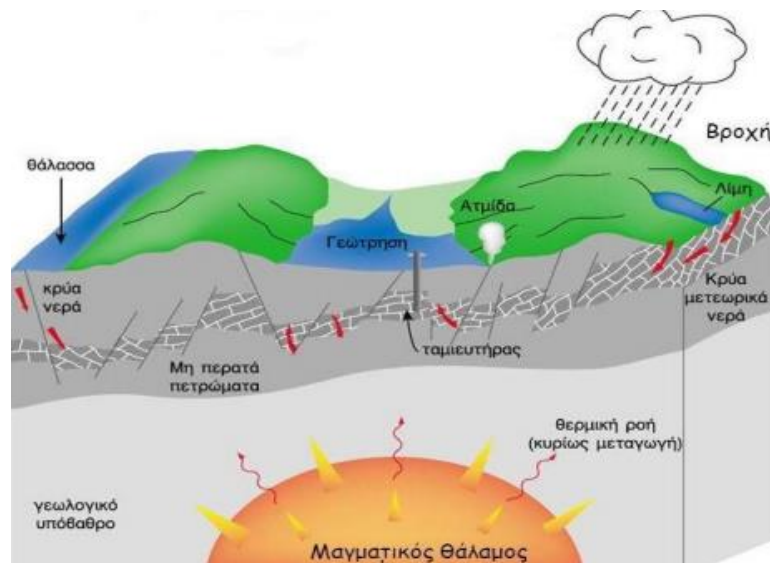
Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί σε έναν σημαντικό όγκο δραστηριοτήτων και εφαρμογών, αναλόγως την θερμοκρασία και την ποιότητα των ρευστών, οι οποίες χωρίζονται σε ηλεκτρικές και άμεσες χρήσεις. Στις άμεσες χρήσεις όπου γίνεται αξιοποίηση της θερμότητας των ρευστών, χωρίς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, περιλαμβάνονται η θέρμανση χώρων, οι αγροτικές χρήσεις (θέρμανση θερμοκηπίων, ξήρανση αγροτικών προϊόντων, υπεδάφια θέρμανση), οι υδατοκαλλιέργειες, οι βιομηχανικές χρήσεις (αφαλάτωση νερού, επεξεργασία γάλακτος, ανάκτηση πετρελαίου, ξήρανση ξυλείας) και η λουτροθεραπεία (ιαματικά λουτρά, πισίνες) (ΕΓΚΠ, 2010, σ. 1).

1.8.2 Γεωθερμικά συστήματα

Τα κύρια μέρη ενός Γεωθερμικού συστήματος είναι τα εξής:

1. Η εστία θερμότητας: αποτελεί μαγματικό υλικό που βρίσκεται σε βάθος 5-15 χιλιομέτρων. Έχει υψηλή θερμοκρασία της τάξης 600-900°C.
2. Ο ταμιευτήρας: πρόκειται για γεωλογικό σχηματισμό με μεγάλη διαπερατότητα σε βάθος 3 χιλιομέτρων. Ο ταμιευτήρας αποτελεί το πιο σημαντικό μέρος του συστήματος, από την άποψη της ενεργειακής της ενεργειακής αξιοποίησης των ρευστών.
3. Το διαπερατό κάλυμμα: πρόκειται για γεωλογικό σχηματισμό που απαρτίζεται από πετρώματα χαμηλής διαπερατότητας, τα οποία διατηρούν το ρευστό μέσα στον ταμιευτήρα.

4. Η παροχή νερού για την λειτουργία του γεωθερμικού συστήματος: πρόκειται για το γεωθερμικό ρευστό, όπου είναι υπεύθυνο για την μεταφορά θερμότητας από την εστία θερμότητας προς την επιφάνεια της γης.



Εικόνα 20 Τα κύρια μέρη ενός γεωθερμικού συστήματος.

Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να χωριστούν με κριτήρια όπως το είδος των γεωθερμικών πόρων, το είδος και η θερμοκρασία των ρευστών, το είδος της εστίας της ατμόσφαιρας, το αν περιέχονται ρευστά στον ταμιευτήρα κ.ά.

Ως προς τους γεωθερμικούς πόρους που χρησιμοποιούν, τα γεωθερμικά συστήματα χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες:

- **Υδροθερμικά συστήματα:** αποτελούν φυσικά υπόγεια θερμά ρευστά, τα οποία βρίσκονται σε έναν ή περισσότερους ταμιευτήρες. Θερμαίνονται από μία εστία θερμότητας και εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης με την μορφή θερμών εκδηλώσεων.
- **Αβαθής Γεωθερμία:** αποτελεί την εκμετάλλευση της σταθερής θερμοκρασίας του υπεδάφους ($\approx 15^{\circ}\text{C}$) και πραγματοποιείται με ανάκτηση θερμικής ενέργειας από μικρά βάθη της τάξης του 1 – 100 μέτρων, μέσω κλειστών ή ανοικτών συστημάτων εναλλαγής θερμότητας (γεωθερμικές αντλίες θερμότητας), με κύρια χρήση την θέρμανση και ψύξη χώρων.
- **Προχωρημένα γεωθερμικά συστήματα:** πρόκειται για την ενεργειακή αξιοποίηση θερμών πετρωμάτων σε βάθος 2 - 10 χιλιομέτρα, μέσω διοχέτευσης νερού από την επιφάνεια, με κατάλληλες γεωτρήσεις, που στην συνέχεια ανακτάται αρκετά θερμότερο σε μορφή νερού ή ατμού με την χρήση περαιτέρω γεωτρήσεων.
- **Γεωπεπιεσμένα συστήματα:** αποτελούνται από ρευστά εγκλεισμένα σε μεγάλο βάθος και βρίσκονται περιορισμένα από μη περατά πετρώματα. Στα συγκεκριμένα συστήματα συχνά εντοπίζονται υδρογονάνθρακες.
- **Μαγματικά συστήματα:** σχετίζονται με την ανάκτηση θερμότητας (με θερμοκρασία $> 500^{\circ}\text{C}$) με κατάλληλες γεωτρήσεις σε μαγματικές διεισδύεις, που βρίσκονται σε χαμηλό βάθος (Μπακάλτος Κ., 2022, σ. 12-13)

1.8.3 Αρχή λειτουργίας κανονικής (ή αβαθής) γεωθερμίας

Οι γεωθερμικές εφαρμογές κανονικής γεωθερμίας για θέρμανση/ψύξη κτηρίων αποτελούνται από τρία κυρίως μέρη:

1. Την αντλία θερμότητας (ΑΘ)
2. Την σύνδεση με την γη (διατάξεις με εναλλάκτες θερμότητας)
3. Το σύστημα διανομής κλιματισμού (θέρμανσης/ψύξης και ζεστού νερού χρήσης) στο εσωτερικού του κτηρίου.

Η λειτουργία των συστημάτων κανονικής γεωθερμίας, είναι παρόμοια με αυτή των συστημάτων κλιματισμού με πηγή τον αέρα ή με ενδιάμεσο μέσο το νερό, με την διαφορά ότι στην περίπτωση της γης το σύστημα κλιματισμού υπόκειται σε διάφορους περιορισμούς (ΤΕΕ, 2011, σ. 61). Τα συστήματα κανονικής γεωθερμίας αναγνωρίζονται παγκοσμίως ως τα αποδοτικότερα και περιβαλλοντικά φιλικότερα συστήματα θέρμανσης – ψύξης που διατίθενται σήμερα.

Τον χειμώνα το ρευστό που ρέει εντός του κυκλώματος του εναλλάκτη, συλλέγει την αποθηκευμένη θερμότητα του εδάφους και την μεταφέρει στην μονάδα εντός του κτηρίου, η οποία αντλεί την θερμότητα αυτή σε μια υψηλότερη θερμοκρασία και την διοχετεύει στο κτήριο. Αντίθετα το καλοκαίρι το σύστημα απορροφά την θερμότητα από το κτήριο, την μεταφέρει στο κύκλωμα του εναλλάκτη και την αφήνει στην πιο δροσερή γη (ΕΓΚΠ, 2010, σ. 3).

Απαραίτητος κανόνας για τον αποδοτικό σχεδιασμό των συστημάτων κανονικής γεωθερμίας, είναι ότι το υπέδαφος ενός τόπου διατηρεί θερμοκρασία ίση με την μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα σε όλο το έτος, εκτός από τις περιπτώσεις όπου υπάρχουν γεωθερμικές εκτροπές, όπως σε περιοχές γεωθερμικών πεδίων. Στην Ελλάδα οι περιοχές γεωθερμικών πεδίων είναι πολλές, με αποτέλεσμα να διεξάγονται απαραίτητοι ειδικοί έλεγχοι για την διευκρίνηση των συνθηκών σε κάθε περιοχή.

Η σταθερότητα της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας στο υπέδαφος και η διατήρηση της στην μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας του αέρα, συμβάλλει στην υψηλή απόδοση των αντλιών θερμότητας. Η λειτουργία και η απόδοση των συστημάτων κανονικής γεωθερμίας, καθορίζεται κυρίως από τον σχεδιασμό τους και από τον τρόπο με τον οποίο συσχετίζονται με τις καταναλώσεις των κτηρίων (ΤΕΕ, 2011, σ. 61).

Τα συστήματα κανονικής γεωθερμίας, σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα, δεν χρησιμοποιούν καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή θερμότητας. Ένα ορθώς εγκατεστημένο σύστημα κανονικής γεωθερμίας, παρουσιάζει έως και 30% υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από εκείνη του καλύτερου συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα. Επιπλέον η χρήση τους για θέρμανση - κλιματισμό πλεονεκτεί οικονομικά από την χρήση συμβατικών καυσίμων, καθώς παρουσιάζει 30% μικρότερο κόστος λειτουργίας από το καλύτερο αεροψυκτικό σύστημα, κόστος συντήρησης που ισοδυναμεί με το 1/3 αυτού ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης – κλιματισμού, και μακρύτερη διάρκεια ζωής (25-30 έτη) (ΕΓΚΠ, 2010, σ. 3).

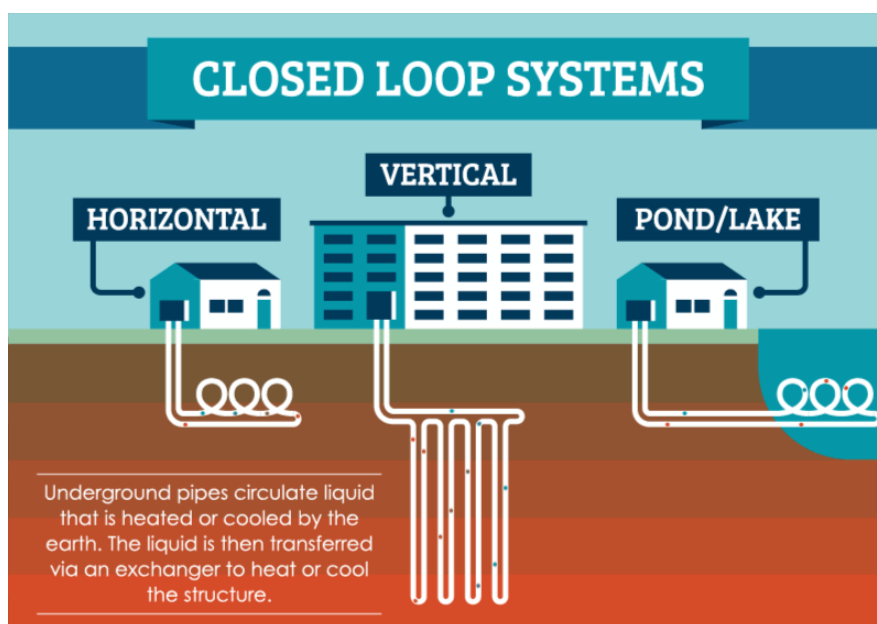
1.8.4 Τύποι γεωθερμικών αντλιών θερμότητας

Τα γεωθερμικά συστήματα που εκμεταλλεύονται την κανονική γεωθερμία ανήκουν σε δύο κατηγορίες:

- Τα κλειστά συστήματα: πρόκειται για γεωθερμικούς εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος, που στοχεύουν στην συναλλαγή θερμότητας με το έδαφος. Αποτελούνται από δίκτυα σωληνώσεων εντός του εδάφους όπου κυκλοφορεί διάλυμα νερού - γλυκόλης.
- Τα ανοιχτά συστήματα: τα οποία βασίζονται στην άντληση των υπεδαφικών ή επιφανειακών υδάτων, και στην αξιοποίηση της υπάρχουσας σε αυτά θερμικής ενέργειας.

Στα κλειστά συστήματα υπάρχουν τρία βασικά είδη κυκλώματος:

1. Τα κάθετου τύπου (vertical),
2. Τα οριζόντιου τύπου (horizontal),
3. Και τα βυθισμένα σε λιμνάζοντα νερά (pond/lake).



Εικόνα 21 Γεωθερμικά συστήματα κλειστού κυκλώματος.

Στην Ελλάδα εφαρμόζονται και εγκαθίστανται κυρίως τα οριζόντιου και κάθετου τύπου.

- **Κάθετο κύκλωμα εναλλάκτη:** χρησιμοποιείται κυρίως όταν οι συνθήκες δεν επιτρέπουν την εφαρμογή οριζόντιου συστήματος. Η ανάπτυξη του εναλλάκτη πραγματοποιείται με σωλήνες κατακόρυφα εντός γεωτρήσεων διαμέτρου 6''- 8'' (ίντσες), και βάθους έως 120 μέτρων. Οι κατακόρυφοι εναλλάκτες εγκαθίστανται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο ανεξαρτήτως της σύστασης του υπεδάφους.
- **Οριζόντιο κύκλωμα εναλλάκτη:** Στην συγκεκριμένη εγκατάσταση πραγματοποιείται συναλλαγή θερμότητας με το υπέδαφος, τοποθετώντας σωλήνες κατάλληλης διαμέτρου σε οριζόντια διάταξη. Η τεχνική τοποθέτησης

μπορεί να είναι είτε σε ενιαία οριζόντια εκσκαφή είτε σε τάφρους. Η τοποθέτηση πραγματοποιείται σε βάθος 1 – 5 μέτρα, με πυκνότητα 0.5 – 1 μέτρο ή σε σπείρες. Ο οριζόντιος εναλλάκτης εγκαθίστανται κυρίως σε κατασκευές με επάρκεια περιβαλλοντικού χώρου, και σε μη βραχύδης περιοχές. Πλεονεκτεί έναντι του κάθετου κυκλώματος στην ευκολία και στο κόστος κατασκευής του.

Στα δίκτυα ανοικτού κυκλώματος πραγματοποιείται άντληση των υπόγειων υδάτων, καθώς και θερμική εκμετάλλευση τους με την απόρριψη ή απορρόφηση θερμότητας. Το νερό που αντλείται προέρχεται από τον υδροφόρο ορίζοντα του υπεδάφους, μπορεί όμως να είναι και θαλασσινό, ή νερό παρακείμενης λίμνης, ή ποταμού. Αφού χρησιμοποιηθεί, το νερό επιστρέφει στην πηγή. Χρησιμοποιείται κυρίως σε περιοχές με πλούσια υδροφορία, και σε περιπτώσεις όπου η κατώτερη στάθμη άντλησης από γεώτρηση δεν υπερβαίνει τα 50 μέτρα (ΤΕΕ, 2011, σ. 66-68).

1.8.5 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο

Η χρήση γεωθερμικής ενέργειας αποτελεί μία μέθοδο παραγωγής ενέργειας άκρως φιλική για το περιβάλλον, και δεν υστερεί σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ΑΠΕ σε περιβαλλοντικά οφέλη. Πιο συγκεκριμένα στον παρακάτω πίνακα διακρίνονται αναλυτικά οι εκπομπές διαφόρων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), οξειδία του αζώτου (NO_x), και σε οξειδία του θείου (SO_x):

Μορφή ενέργειας	CO ₂	NO _x	SO _x
Άνθρακας	1042	4,4	11,8
Πετρέλαιο	839	12,4	1,6
Φυσικό αέριο	453	1,4	0,0
Γεωθερμική ενέργεια	95*	0,3	0,1
Φωτοβολταϊκά**	10	0,3	0,4
Βιομάζα	20	1,8	0,5

Πίνακας 1 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, από διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας (σε kg/kWh).

Όπου: *μέση τιμή.

**εμπεριέχει εκπομπές από τον κύκλο ζωής της τεχνολογίας.

Επιπλέον για την παραγωγή 10 kWh θέρμανσης μέσω Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας, εκπέμπονται 1.9 kg CO₂, ενώ μέσω πετρελαίου εκπέμπονται 2.9 kg CO₂ (ΕΓΚΠ, 2010, σ. 9).

Ωστόσο από την άλλη πλευρά κατά την εξαγωγή ρευστών, η πίεση κάτω από τον φλοιό μειώνεται, με αποτέλεσμα τα πετρώματα να συμπιέζονται στα χαμηλότερα επίπεδα του φλοιού και να κινείται ομαλά προς τα κάτω. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται καθίζηση της γης, και αποτελεί παράγοντα αύξησης της σεισμικής

δραστηριότητας της περιοχής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού αποτελεί το πεδίο Wairakei, το οποίο έχει καθίζηση του κατά 15 μέτρα, λόγω της συνεχής εξόρυξης γεωθερμικού ρευστού επί 50 χρόνια.

Επιπλέον είναι αρκετά κοινό, οι γεωθερμικοί πόροι να βρίσκονται σε προστατευόμενες περιοχές, όπου η ανάπτυξη και η εκμετάλλευση τους να έχει σημαντικές οικολογικές επιπτώσεις κυρίως στην άγρια πανίδα, στους υδρόβιους βιότοπους και στην βλάστηση. Οι δραστηριότητες του σταθμού παραγωγής ενέργειας σε συνδυασμό με τον έντονο θόρυβο που παράγεται, διαταράσσουν την άγρια ζωή, ενώ ταυτόχρονα η μείωση της ποιότητας του εδάφους και η ρύπανση του νερού, βλάπτουν σημαντικά την βιολογική βλάστηση και τα υδάτινα οικοσυστήματα (Soltani M. κ. συν.,2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ευρωπαϊκή πολιτική

2.1 Ευρωπαϊκή Ένωση

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί για πολλές δεκαετίες το κρισιμότερο διεθνές ζήτημα, καθώς επηρεάζει όλα τα έθνη του πλανήτη, ανεξαρτήτως γεωγραφικής τοποθεσίας. Για αυτό τον λόγο τα τελευταία χρόνια πολλές χώρες παγκοσμίως, έχουν οδηγηθεί στην λήψη μέτρων για την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ηγείται του αγώνα εναντίων της κλιματικής αλλαγής, με την θέσπιση καθοριστικών πολιτικών και στόχων τον 20ο και 21ο αιώνα, που αποσκοπούν στην διατήρηση της υγείας και ευημερίας των πολιτών, και στην προστασία των φυσικών πόρων. Ένας βασικός στόχος της περιβαλλοντικής πολιτικής της ΕΕ, είναι η καθιέρωση της οικονομίας των κρατών - μελών της ως πιο φιλική προς το περιβάλλον, κάτι το οποίο όμως απαιτεί την εξεύρεση λύσεων σε μείζονες προκλήσεις όπως η κλιματική αλλαγή, η έλλειψη φυσικών πόρων, η εκπομπή ρυπογόνων αερίων και η μη βιώσιμη κατανάλωση και παραγωγή.

2.1.1 Περιβαλλοντική Πολιτική ΕΕ

Η ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική στηρίζεται στις αρχές της προφύλαξης, της πρόληψης και της επανόρθωσης των καταστροφών του περιβάλλοντος στην πηγή, καθώς και στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Τα περιβαλλοντικά προγράμματα δράσης (8 στην σειρά από το 1973 έως το 2030), ορίζουν το πλαίσιο των μελλοντικών ενεργειών σε όλους τους τομείς της περιβαλλοντικής πολιτικής. Ενσωματώνονται στις στρατηγικές και λαμβάνονται υπόψη στις διεθνείς περιβαλλοντικές διαπραγματεύσεις.

Η ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική χρονολογείται από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο που έλαβε χώρα στο Παρίσι το 1972, στο οποίο οι αρχηγοί κρατών και κυβερνήσεων διακήρυξαν την ανάγκη για μια κοινοτική περιβαλλοντική πολιτική που θα πλαισιώνει την οικονομική ανάπτυξη, και αιτήθηκαν ένα πρόγραμμα δράσης. Η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη του 1987 εισήγαγε έναν νέο “Περιβαλλοντικό Κεφάλαιο”, το οποίο αποτέλεσε την πρώτη νομική βάση για μια κοινή περιβαλλοντική πολιτική με στόχους την διατήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος, την προάσπιση της ανθρώπινης υγείας, και την ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων. Οι επικείμενες αναθεωρήσεις της Συνθήκης, ενίσχυσαν την δέσμευση της κοινότητας για την προστασία του περιβάλλοντος. Η συνθήκη του Μάαστριχτ το 1993 κατέστησε το περιβάλλον επίσημο τομέα πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η συνθήκη του Άμστερνταμ το 1999 θέσπισε την απαίτηση της ενσωμάτωσης της προάσπισης του περιβάλλοντος σε όλες τις πολιτικές της ΕΕ, με στόχο την ανάδειξη της βιώσιμης ανάπτυξης. Ο αγώνας εναντίων της κλιματικής αλλαγής, απέκτησε ουσιαστική σημασία με την Συνθήκη της Λισαβόνας το 2009, όπως και η βιώσιμη ανάπτυξη στις σχέσεις με άλλες χώρες (Christian Kurrer και Nicoleta Lipcaneanu., 2023, σ. 1-2).

2.1.2 Πράσινη Συμφωνία

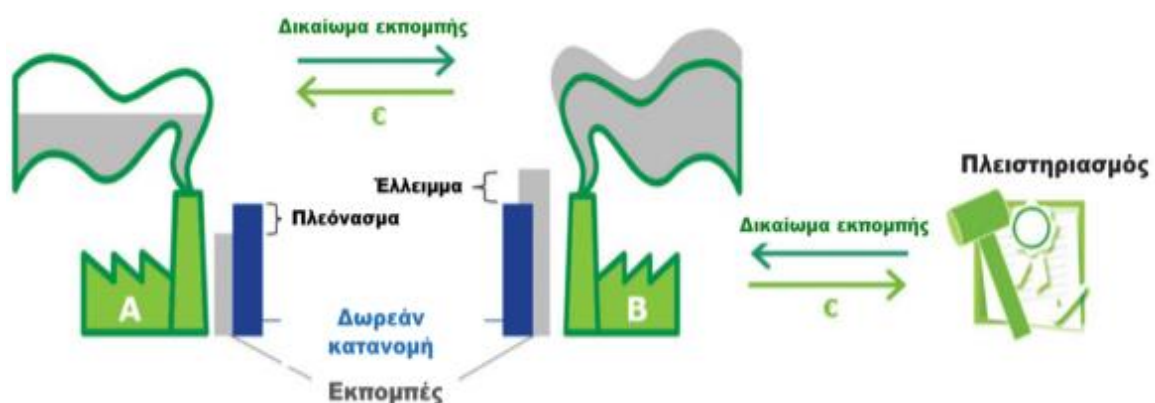
Η έναρξη της ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας στις 11 Δεκεμβρίου του 2019, έδωσε μια νέα διάσταση στην πολιτική, και στην δράση για την κλιματική αλλαγή σε επίπεδο ΕΕ. Η Ένωση έχει δεσμευτεί να δυναμώσει τις προσπάθειες για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την υλοποίηση της συμφωνίας του Παρισιού (12 Δεκεμβρίου του 2015), η οποία θέτει ως μακροπρόθεσμο βασικό στόχο την σταθεροποίηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω από τους 2°C. Πιο συγκεκριμένα η Πράσινη Συμφωνία αποτελεί μία νέα αναπτυξιακή στρατηγική που αποσκοπεί σε μία δίκαιη και ευημερούσα κοινωνία, που βασίζεται σε μία αποδοτική, ανταγωνιστική και αποσυνδεδεμένη από τους ορυκτούς πόρους οικονομία, και στοχεύει στο να καταστήσει την ευρωπαϊκή ήπειρο την πρώτη κλιματικά ουδέτερη ζώνη, έως και το 2050. Για τον σκοπό αυτό ορίζει ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να μειωθούν κατά τουλάχιστον 55% από τα επίπεδα του 1990 έως το 2030 (Cifuentes-Faura J., 2022, σ. 3-4).

Το σχέδιο αυτό προφανώς απαιτεί μία ποικιλία μεταβάσεων και δομικών αλλαγών σε όλους του τομείς της ευρωπαϊκής οικονομίας και κοινωνίας. Ο στόχος της για το 2030, ενδέχεται να φέρει παράλληλα μία πληθώρα νέων ευκαιριών για επενδύσεις, καινοτομία, ανταγωνιστικότητα και απασχόληση, οι οποίες αποτελούν κεντρικούς στόχους της ατζέντας της Λισαβόνας. Η Συμφωνία προϋποθέτει την άρτια και ολοκληρωμένη συνεργασία μεταξύ όλων των κρατών – μελών, αλλά και της κοινωνίας με την βιομηχανία και τους κρατικούς μηχανισμούς, προκειμένου να πετύχει με ασφαλέστερο τρόπο την μετάβαση στο “πράσινο” μοντέλο.

Η κυκλική οικονομία αποτελεί μία οικονομική έννοια που είναι αλληλένδετη με την βιωσιμότητα, και έχει ως στόχο η αξία των προϊόντων και των υλικών να διατηρείται στην οικονομία για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η παραγωγή αποβλήτων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση τον Δεκέμβριο του 2015 υιοθέτησε το πρώτο σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία, ενώ τον Μάρτιο του 2020 υιοθέτησε ένα νέο σχέδιο δράσης. Το σχέδιο δράσης στοχεύει στο να καταστήσει τα βιώσιμα προϊόντα κανόνα στην ΕΕ, και στο να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα που διατίθενται στην αγορά διαρκούν περισσότερο, είναι ευκολότερο να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν. Παράλληλα ενδυναμώνει πληροφοριακά τον καταναλωτή, και επικεντρώνεται σε τομείς με μεγαλύτερη ένταση πόρων και υψηλό δυναμικό κυκλικότητας. Η Επιτροπή δρομολογεί συγκεκριμένες δράσεις σχετικά με τα ηλεκτρονικά, τις μπαταρίες και τα οχήματα, τις συσκευασίες, τα πλαστικά, τα κλωστοϋφαντουργικά, τα κατασκευαστικά έργα και τις οικοδομές, και τα τρόφιμα. Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας συνδέεται άμεσα με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, καθώς το μοντέλο επικεντρώνεται στην αποκλιμάκωση της πίεσης στους φυσικούς πόρους. Ακόμη το μοντέλο αναμένεται να επιφέρει θετικά οφέλη στην ΕΕ, καθώς προβλέπεται επιπλέον αύξηση του ΑΕΠ της ΕΕ κατά 0.5% και δημιουργία 700.000 νέων θέσεων εργασίας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020).

Στα πλαίσια των στόχων της Πράσινης Συμφωνίας η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε τον Ιούλιο του 2021, μία δέσμη νέων κανόνων και νομοθετικών προτάσεων εν ονόματι “Fit for 55”. Στην συγκεκριμένη δέσμη περιλαμβάνονται (Ευρωπαϊκό συμβούλιο, 2023):

- Το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ΣΕΔΕ), το οποίο αποτελεί ένα «cap and trade» σύστημα, εγκρίθηκε το 2003 και εφαρμόστηκε στα περισσότερα κράτη – μέλη τον Ιανουάριο του 2005. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο παρέχει χρηματοοικονομικό κίνητρο, τόσο στον ιδιωτικό όσο και στον δημόσιο τομέα, με σκοπό τον περιορισμό των εκπομπών. Το σύστημα λειτουργεί μέσω των αγοροπωλησιών και την μεταφορά αδειών, Δικαιώματα Εκπομπών της ΕΕ ή EUAs, που δίνουν την δυνατότητα στον πωλητή να ανταμείβεται για την μείωση των εκπομπών, μέσω μιας δαπάνης που πληρώνει ο αγοραστής για της εκπομπές του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι επιχειρήσεις που καταφέρνουν να μειώσουν τα επίπεδα εκπομπών τους, από αυτά που αναγράφονται στις άδειες τους, να έχουν την δυνατότητα να εμπορεύονται το πλεόνασμα όγκου ρύπων, και ταυτόχρονα οι επιχειρήσεις που υπερβαίνουν τα όρια εκπομπών, να αναγκάζονται να αγοράσουν επιπλέον δικαιώματα. Αποτελείται από τέσσερις φάσεις (2005-2007, 2008-2012, 2013-2020, από 2021), και συνιστά το κύριο εργαλείο της ΕΕ στον αγώνα εναντίων της κλιματικής αλλαγής, καθώς από την καθιέρωση του το 2005 οι εκπομπές εντός της ΕΕ έχουν μειωθεί κατά 41%. Οι νέες διατάξεις του “Fit for 55” περιλαμβάνουν:
 1. Εφαρμογή του συστήματος και στις εκπομπές από θαλάσσιες μεταφορές.
 2. Περιορισμός των δικαιωμάτων εκπομπών στο σύστημα, και παύση των δωρεάν δικαιωμάτων για ορισμένους τομείς.
 3. Έναρξη του παγκόσμιου συστήματος αντιστάθμισης και περιορισμού των εκπομπών σε CO₂ για τις διεθνείς αεροπορικές μεταφορές (CORSIA), μέσω του ΣΕΔΕ.
 4. Ενίσχυση της χρηματοδότησης από το Ταμείο Εκσυγχρονισμού και το Ταμείο Καινοτομίας.
 5. Αναθεώρηση του αποθεματικού για την σταθερότητα της αγοράς (MSR: Market Stability Reserve).



Εικόνα 22 Λειτουργία του Συστήματος Εμπορίας.

- Το Κοινωνικό Ταμείο για το Κλίμα, το οποίο στοχεύει στην καταπολέμηση των κοινωνικών και διανεμητικών συνεπειών, του νέου συστήματος εμπορίας εκπομπών για τα κτήρια και τις οδικές μεταφορές. Το Ταμείο σκοπεύει να επενδύσει και να στηρίξει τους «ευάλωτους», δηλαδή τα νοικοκυριά, τις μικρές επιχειρήσεις και τους χρήστες μεταφορών. Ειδικότερα το κοινωνικό ταμείο για το κλίμα, θα προσφέρει 65 δις. ευρώ από τον προϋπολογισμό της ΕΕ και 86 δις. ευρώ συνολικά.
- Τον Μηχανισμό συνοριακής προσαρμογής άνθρακα (CBAM), που έχει ως στόχο την αποφυγή του «Carbon leakage» (διαρροή άνθρακα), δηλαδή μία κατάσταση που μπορεί να συμβεί, εάν για λόγους κόστους που σχετίζονται με περιβαλλοντικές πολιτικές, ορισμένες βιομηχανίες εισάγουν προϊόντα άνθρακα, ή μεταφέρουν την παραγωγή τους σε χώρες με χαλαρότερα περιβαλλοντικά μέτρα. Ο μηχανισμός αποσκοπεί στην ενεργειακή ανεξαρτησία της Ευρώπης, αλλά και στην κινητοποίηση τρίτων χωρών να θεσπίσουν πολιτικές για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Τα προϊόντα που θα καλύπτονται σε πρώτη φάση από τον ΜΣΠΑ είναι το τσιμέντο, τα λιπάσματα, το αλουμίνιο, το υδρογόνο, η ηλεκτρική ενέργεια, ο σίδηρος και ο χάλυβας.
- Στόχοι μείωσης εκπομπών για τα κράτη – μέλη, σε τομείς που δεν περιλαμβάνονται στο ΣΕΔΕ, όπως οι οδικές και εσωτερικές θαλάσσιες μεταφορές, τα κτήρια, η γεωργία, τα απόβλητα και οι μικροβιομηχανίες. Η δέσμη θα ενισχύσει τον στόχο περιορισμού των εκπομπών για το 2030 από 29% σε 40% σε σύγκριση με το 2005, στους παραπάνω τομείς.
- Μείωση εκπομπών και απορροφήσεις λόγω δραστηριοτήτων χρήσης γης, αλλαγής χρήσης γης και δασοπονίας. Η δέσμη θεσπίζει φιλόδοξο στόχο για καθαρές απορροφήσεις αερίων του θερμοκηπίου, τουλάχιστον 310 εκατομμυρίων τόνων ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το 2030.
- Πρότυπα εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για τα αυτοκίνητα και τα ημιφορτηγά, από τα οποία προέρχεται περίπου το 15% των συνολικών εκπομπών CO₂ στην Ευρωπαϊκή Ένωση (12% αυτοκίνητα, 2,5% ημιφορτηγά). Η δέσμη εισάγει στόχους περιορισμού των εκπομπών για τα αυτοκίνητα κατά 55% και τα ημιφορτηγά κατά 50% μέχρι το 2030.
- Περιορισμό των εκπομπών μεθανίου στον τομέα της ενέργειας, το οποίο αποτελεί το δεύτερο σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου μετά το CO₂. Η ΕΕ σε συνεργασία με τις Ηνωμένες Πολιτείες, στην διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το κλίμα το 2021, συμφώνησαν στον περιορισμό των εκπομπών μεθανίου κατά 30% μέχρι το 2030, σε σχέση με τα επίπεδα του 2020.
- Βιώσιμα αεροπορικά καύσιμα, όπως βιοκαύσιμα και ηλεκτροκαύσιμα, που αυτήν την στιγμή παραμένουν αναξιοποίητα.
- Καύσιμα χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών για την ναυτιλία.
- Υποδομές εναλλακτικών καυσίμων. Στόχος του κανονισμού, είναι να διασφαλιστεί η πρόσβαση πολιτών και επιχειρήσεων σε επαρκές δίκτυο

υποδομών, για την επαναφόρτιση ή τον ανεφοδιασμό οδικών οχημάτων και πλοίων με εναλλακτικά καύσιμα.

- Ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Ο ενεργειακός τομέας καταλαμβάνει το 75% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ. Η δέσμη προτρέπει να ενισχυθεί ο στόχος για το ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο συνολικό ενεργειακό μείγμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, από 32% σε 40% μέχρι και το 2030.
- Ενεργειακή απόδοση. Η δέσμη περιλαμβάνει μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κατά 11.7% για το 2030, σε σχέση με τις προβλέψεις του 2020.
- Ενεργειακή απόδοση των κτηρίων, τα οποία είναι υπεύθυνα για το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη. Οι στόχοι της δέσμης είναι όλες οι εγκαταστάσεις να έχουν μηδενικές εκπομπές μέχρι το 2030, και όλες οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις, να γίνουν κτήρια μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2050.
- Μέτρα για την αγορά υδρογόνου και απανθρακοποιημένου αερίου. Η δέσμη στοχεύει στην μετάβαση από το φυσικό αέριο στα ανανεώσιμα αέρια, και τα αέρια με χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα, εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης μέχρι το 2030 και μετά.
- Φορολογία της ενέργειας. Στόχος της δέσμης είναι: η φορολογία των ενεργειακών προϊόντων να είναι σύμφωνη με τις περιβαλλοντικές πολιτικές της ΕΕ, να ενισχυθεί η αγορά της ΕΕ με νέα ενεργειακά προϊόντα, και να διατηρηθεί η δυνατότητα δημιουργίας εσόδων για τους προϋπολογισμούς των κρατών – μελών.

2.1.3 ΑΠΕ

Τον Δεκέμβριο του 2008 η Ευρωπαϊκή Ένωση ενέκρινε την δέσμη προτάσεων της Επιτροπής, εν ονόματι «ενέργεια – κλίμα» ή πακέτο 3 × 20%, το οποίο καθορίζει τις δράσεις που πρέπει να ληφθούν έως και το 2020. Οι δράσεις αυτές καταγράφονται στα ακόλουθα έγγραφα: Απόφαση 2009/406/ΕΚ, οδηγία 2003/87/ΕΚ, οδηγία 2009/29/ΕΚ και κανονισμός 443/2009. Αφορούν τον περιορισμό κατά 20% των αερίων του θερμοκηπίου, και μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 20% το 2020 σε σχέση με το 1990. Στην συνέχεια στις 23 Απριλίου του 2009, υιοθετήθηκε ο στόχος της αύξησης του μεριδίου της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην συνολική κατανάλωση ενέργειας σε 20% (η κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης είχε θέσει έναν ξεχωριστό στόχο π.χ. Η Γερμανία 18%, η Πολωνία 15%), και της αύξησης του μεριδίου των υγρών βιοκαυσίμων σε 10% στην κατανάλωση καυσίμων στις μεταφορές (Renewable Energy Directive I). Σύμφωνα με τα δεδομένα της Eurostat τον Ιανουάριο του 2022 η ΕΕ υπερέκλυσε τον στόχο της για το 2020, με ποσοστό 22% αύξησης του μεριδίου της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

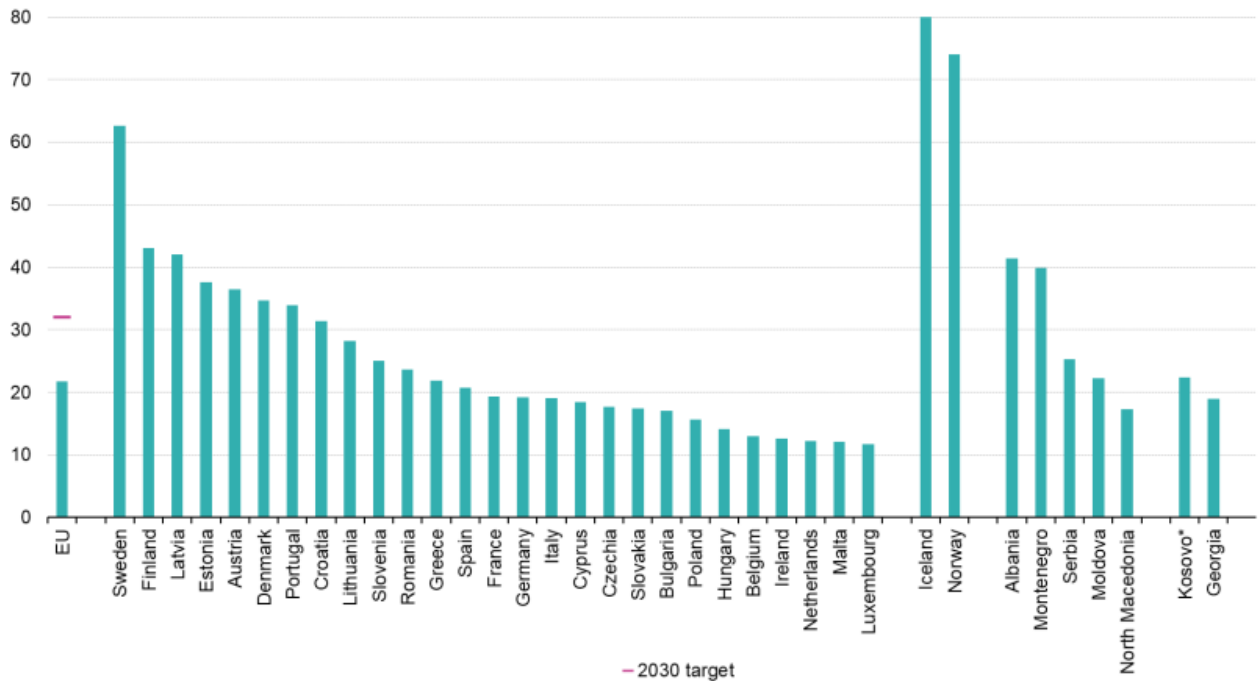
Τον Δεκέμβριο του 2018 η νέα οδηγία 2018/2001, επεξεργάστηκε τον στόχο της παροχής καθαρής ενέργειας για τους Ευρωπαίους πολίτες. Η ΕΕ σκοπεύει να ηγηθεί στην παροχή καθαρής ενέργειας. Σύμφωνα με την οδηγία, η ΕΕ θα πρέπει να αποκτά τουλάχιστον το 32% της συνολικής ενέργειας της από ανανεώσιμες πηγές έως το 2030, ενώ παράλληλα οι ανανεώσιμες πηγές θα πρέπει να παρέχουν το 14% της ενέργειας στις μεταφορές (Renewable Energy Directive II). Η οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ολοκληρώθηκε με ένα νομικό πλαίσιο ως μέρος της αναδιατύπωσης της οδηγίας από την ΕΕ τον Δεκέμβριο του 2018 (Bórawski, και συν., 2022, σ. 5).

Τον Ιούλιο του 2021, αναφερόμενη στην δέσμη “Fit for 55”, η Επιτροπή πρότεινε μετατροπή της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για να μπορέσει να πετύχει τον φιλόδοξο στόχο της. Πιο συγκεκριμένα, προτάθηκε να ενισχυθεί ο στόχος του μεριδίου των ΑΠΕ στο συνολικό ενεργειακό μείγμα από το 32% στο 40% για το έτος 2030. Τον Μάιο του 2022, στο πλαίσιο του σχεδίου REPowerEU ύστερα από την Ρωσική εισβολή στην Ουκρανία, η Επιτροπή πρότεινε μία πρώτη τροποποίηση (Renewable Energy Directive III) προκειμένου να επιταχυνθεί η μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές, δεδομένου την απεξάρτηση της Ευρώπης από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα. Προτάθηκε η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας, η ενίσχυση της ηλιακής φωτοβολταϊκής δυναμικότητας, και η αξιοποίηση του ανανεώσιμου υδρογόνου και βιομεθανίου με σκοπό την ενίσχυση του στόχου για τις ΑΠΕ από 40% σε 45% μέχρι το 2030.

Τον Μάρτιο του 2023, το Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο κατέληξαν ανεπίσημα στο να ενισχυθεί ο στόχος του 2030 για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο 42.5%, με τα κράτη – μέλη να επιδιώκουν να φτάσουν μέχρι και το 45%, και θεσπίστηκαν δεσμευτικοί στόχοι όπως η αξιοποίηση του ανανεώσιμου υδρογόνου στην συνολική κατανάλωση υδρογόνου με ποσοστό 42% μέχρι το 2030, και ενδεικτικοί στόχοι όπως ετήσια αύξηση της αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά 1.6% (Matteo Ciucci, 2023, σ. 2-3).

Το έτος 2022, η εγκατεστημένη ισχύς ηλιακής και αιολικής ενέργειας ξεπερνάει τα 400 GW στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αποτελεί μία αύξηση της τάξης του 25% σε σύγκριση με το έτος 2020. Επιπλέον για το έτος 2019, υπάρχουν συνολικά 4.5 εκατομμύρια θέσεις εργασίας στον τομέα της πράσινης ενέργειας εντός της ΕΕ, εμφανής αύξηση από τις 3.2 εκατομμύρια του έτους 2000. Επιπλέον η στρατηγική της ΕΕ για την αξιοποίηση του δυναμικού των υπεράκτιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενθαρρύνει την επένδυση σχεδόν 800 δις. ευρώ μέχρι το 2050 σε υπεράκτιες υποδομές και έρευνα. Αυτό αναμένεται να αυξήσει την εγκατεστημένη υπεράκτια αιολική ισχύ της ΕΕ, από το τωρινό επίπεδο των 12 GW στα 300 GW έως το 2050 και την ωκεάνια ισχύ από τα 13 MW στα 40 GW (Norton Rose Fulbright, 2021).

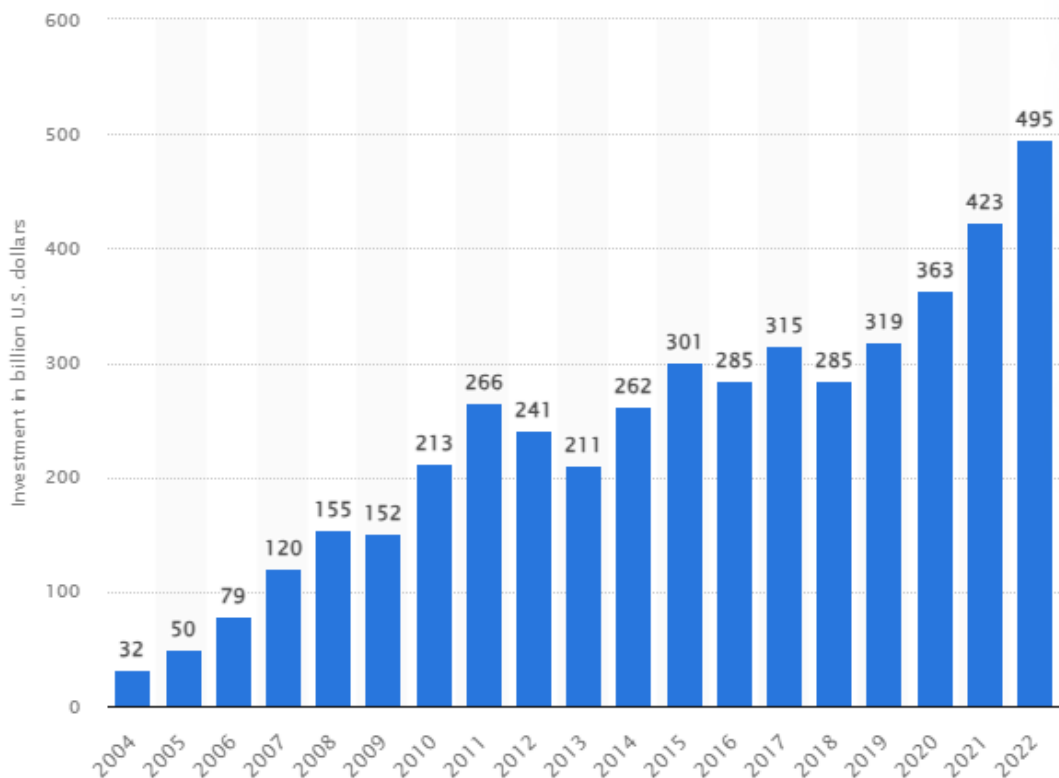
Share of energy from renewable sources, 2021 (% of gross final energy consumption)



Γράφημα 6 Ποσοστό μεριδίου ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ανάμεσα στα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Eurostat, 2021).

2.2 Απασχόληση και οικονομία των Α.Π.Ε

Οι υπάρχουσες κρίσεις στα περιβαλλοντικά και οικονομικά ζητήματα, έχουν ωθήσει πολλές χώρες στον πλανήτη να διαμορφώσουν προγράμματα με στόχο την οικονομική ανάπτυξη σε συνδυασμό με την προάσπιση του περιβάλλοντος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να δίνεται όλο και περισσότερη έμφαση στην ανάπτυξη του μοντέλου της πράσινης οικονομίας, η οποία αντιπροσωπεύει την μετάβαση στις πιο αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες και στην βιώσιμη ανάπτυξη. Ενδεικτικό στατιστικό αποτελεί ότι ακολουθώντας την παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008-9, το πρώτο τρίμηνο του 2009 οι Ηνωμένες Πολιτείες διέθεσαν 112.3 δις \$, η Ν. Κορέα 30.7 δις \$, η Γερμανία 13.8 δις \$, η Γαλλία 7.1 δις \$, και η Βρετανία 2.1 δις \$, στην ανάπτυξη καθαρών ενεργειακών τεχνολογιών (Ανδρονίκου Ε., 2012, σ. 66). Η υιοθέτηση του πράσινου οικονομικού μοντέλου και η μαζική επένδυση σε τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οδηγεί στην δημιουργία περισσότερων θέσεων εργασίας, αρκετά περισσότερες μάλιστα από αυτές που θα δημιουργούνταν μέσω επένδυσης σε παραδοσιακούς τομείς της οικονομίας. Το 2022 το 60% των συνολικών επενδύσεων διεθνώς, αφορούσαν έργα καθαρής μορφής ενέργειας. (IENE, 2023, σ. 206)



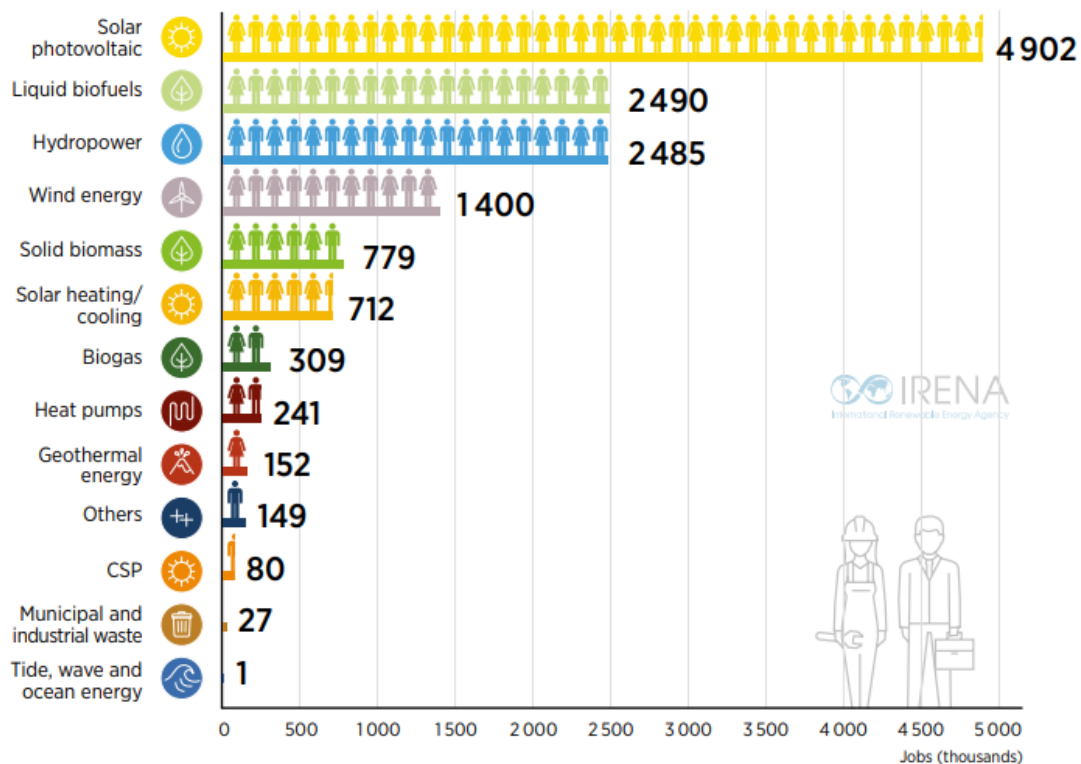
Γράφημα 7 Παγκόσμια επένδυση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανά τα χρόνια σε δις \$ (δεδομένα Statista).

2.2.1 Διεθνής κατάσταση

Οι περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες στον πλανήτη εξαρτώνται άμεσα από την εισαγωγή ορυκτών καυσίμων, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά το εμπορικό τους ισοζύγιο. Η επένδυση στις ανανεώσιμες πηγές αποτελεί μία ευκαιρία για αποκεντρωμένη προμήθεια ενέργειας, κάτι που συμβάλλει στην δημιουργία θέσεων εργασίας τοπικά και είναι λιγότερο επιρρεπής στην διαφθορά και στις κρίσεις.

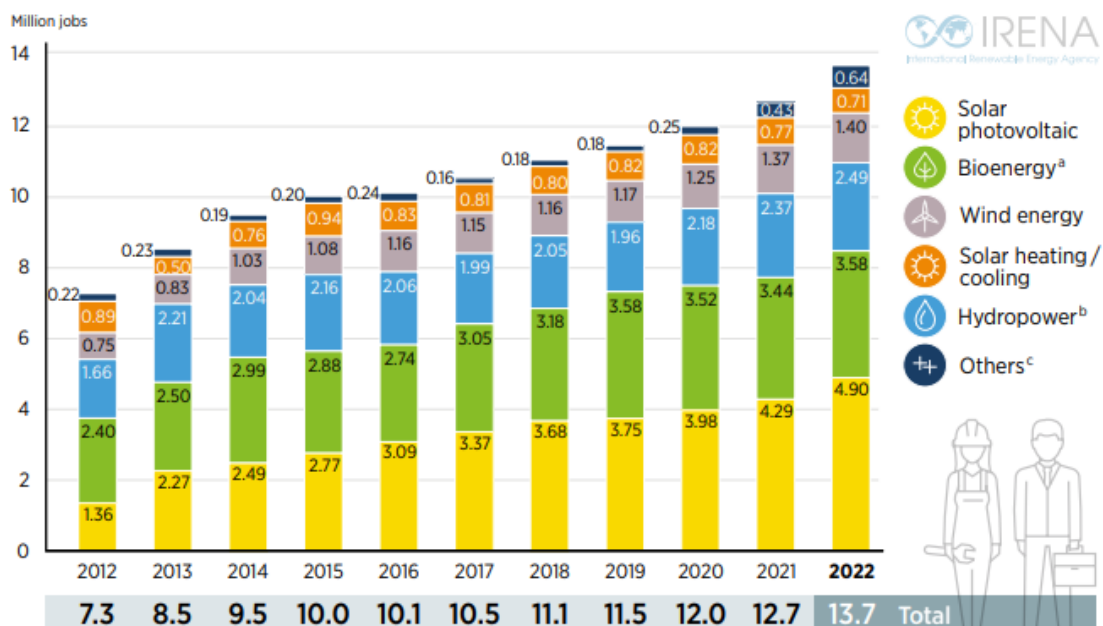
Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι θέσεις εργασίας στον τομέα της ηλιακής ενέργειας μέχρι το 2050, αναμένεται να αυξηθούν κατά 4 εκατομμύρια. Στις Ηνωμένες Πολιτείες οι «πράσινες» θέσεις εργασίας προβλέπεται ότι θα φτάσουν τις 24 εκατομμύρια μέχρι το 2030, ποσοστό που συνιστά το 14% της συνολικής αγοράς εργασίας της χώρας. Από τον Αύγουστο του 2022 που ο πρωθυπουργός των ΗΠΑ υπέγραψε το Inflation Reduction Act, περισσότερες από 100.000 «πράσινες» θέσεις εργασίας έχουν δημιουργηθεί στην χώρα (David Alexandru Timis, 2023).

Το 2022 υπήρχαν συνολικά 13.7 εκατομμύρια «πράσινες» θέσεις εργασίας παγκοσμίως, με την Κίνα να καταλαμβάνει την πρώτη θέση με συνολικά 5.548.000 θέσεις εργασίας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση καταλαμβάνει την δεύτερη θέση με 1.640.000 θέσεις εργασίας, ενώ οι Ηνωμένες Πολιτείες κατείχαν 994.000 θέσεις εργασίας. Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί την ΑΠΕ με τον μεγαλύτερο αριθμό εργαζόμενων παγκοσμίως (IRENA και ILO, 2022, σ. 38).



Γράφημα 8 Η λίστα των ΑΠΕ με τις περισσότερες θέσεις εργασίας παγκοσμίως (IRENA, 2023).

Το ποσό των εργαζομένων στον τομέα της πράσινης ενέργειας παρουσιάζει ραγδαία αύξηση την τελευταία δεκαετία. Ειδικότερα το ποσό των εργαζομένων το έτος 2012 ανερχόταν στα 7.3 εκατομμύρια, ποσό που διπλασιάστηκε μέχρι το 2022 (13.7), κυρίως λόγω των φωτοβολταϊκών, της βιοενέργειας, την υδροηλεκτρικής και της αιολικής ενέργειας.



Γράφημα 9 Η εξέλιξη των πράσινων θέσεων εργασίας ανά τομέα 2012-2022 (IRENA, 2023).

Στην ΕΕ η συνολική εγκαταστημένη ισχύς αιολική ενέργειας έφτασε τα 204.1 GW. Ωστόσο για τους κατασκευαστές ανεμογεννητριών η εικόνα δεν είναι ενθαρρυντική. Πιο συγκεκριμένα οι παραγγελίες ανεμογεννητριών μειώθηκαν κατά 47%, αντανακλώντας τον αυξανόμενο ανταγωνισμό από μη ευρωπαϊούς προμηθευτές. Παρόλο που οι ευρωπαίοι κατασκευαστές παραμένουν ηγέτες του κλάδου, οι λειτουργικές απώλειες οδήγησαν σε περικοπές θέσεων εργασίας. Για παράδειγμα το φθινόπωρο του 2022, η εταιρεία Siemens Gamesa, ανακοίνωσε την περικοπή 2.900 θέσεων εργασίας, συμπεριλαμβανομένων 800 στην Δανία, 475 στην Ισπανία, και 300 στην Γερμανία. Η εταιρεία απασχολεί περίπου 27.000 εργαζόμενους παγκοσμίως.

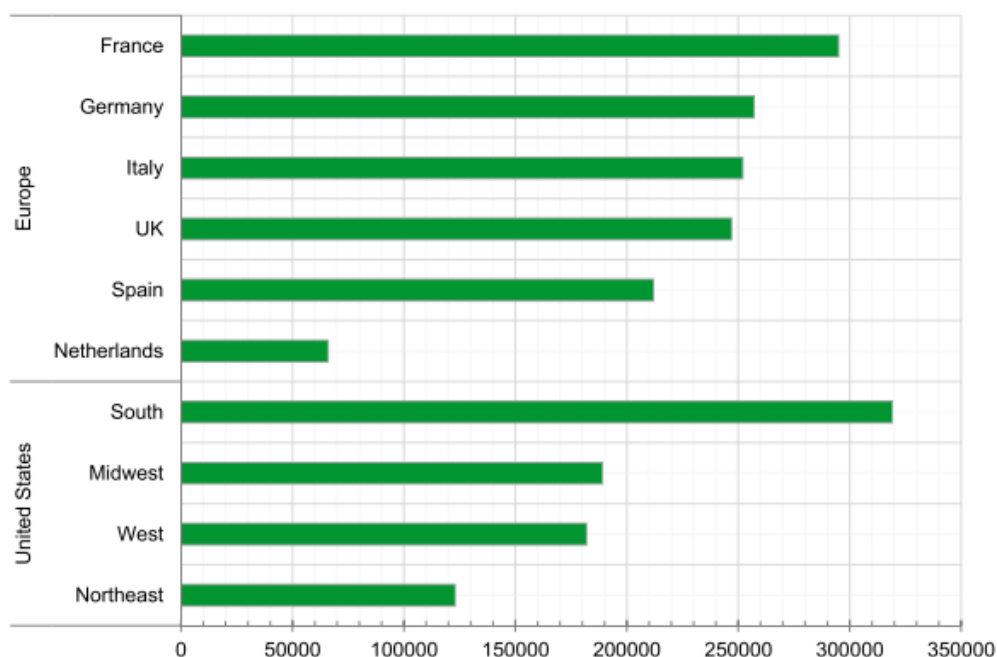
Στον τομέα των φωτοβολταϊκών στην ΕΕ, οι συνολικές θέσεις εργασίας ανέρχονται στις 465.000 (δεδομένα 2021). Αυτές περιλαμβάνουν περίπου 205.000 άμεσες δουλειές και 261.000 έμμεσες δουλειές, στον τομέα επεξεργασίας υλικών και logistics. Ακόμη, όπως συμβαίνει και σε άλλα μέρη του πλανήτη, η κατασκευή ή ανακατασκευή μιας βιομηχανίας παραγωγής οικιακών φωτοβολταϊκών, ιδίως πλινθωμάτων και ημιαγωγών, αποτελεί μία σημαντική πρόκληση για την Ευρώπη. Ως παγκόσμιοι ηγέτες, οι κινεζικές εταιρείες αντλούν ισχυρό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα από τις πολύ μεγαλύτερες κλίμακες παραγωγής τους.

Ο ευρωπαϊκός τομέας της βιοενέργειας κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο εργαζομένων, με σύνολο 549.000. Η στερεή βιομάζα (για θέρμανση και ηλεκτρισμό) είχε το 2021 εργατικό δυναμικό της τάξης των 353.800, ενώ ο τομέας των βιοκαυσίμων και του βιοαερίου είχε 148.300 και 47.1000 αντίστοιχα (IRENA και ILO, 2023, σ. 49-50).

Ενδιαφέρον έχει εξίσου το πόσο θα επηρεάσει η δέσμη Fit for 55, την αυτοκινητοβιομηχανία της ΕΕ, καθώς στοχεύει στην προώθηση εναλλακτικών καυσίμων, όπως ηλεκτρική ενέργεια, το υδρογόνο και τα βιοκαύσιμα. Αυτή την στιγμή η αυτοκινητοβιομηχανία της ΕΕ αντιστοιχεί σε ποσό άνω του 7% του ΑΕΠ της ΕΕ, παρέχει 12.7 εκατομμύρια θέσεις εργασίας (το 6.6% της συνολικής αγοράς εργασίας της ΕΕ), αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο παγκόσμιο παραγωγό μηχανοκίνητων οχημάτων, και είναι ο μεγαλύτερος τομέας έρευνας και ανάπτυξης στην ΕΕ. Η σχετικά ταχεία μετάβαση σε εναλλακτικά καύσιμα έχει επηρεάσει ευρωπαϊκούς κολοσσούς όπως η βιομηχανία Volkswagen και η BMW, καθώς νέες εταιρείες, όπως η Tesla, ξεπερνούν κάθε ρεκόρ πωλήσεων. Ενδεικτικό στατιστικό αποτελεί, ότι το 2022 ο αριθμός των ηλεκτροκίνητων οχημάτων ξεπέρασε τα 4.4 εκατομμύρια, 16 φορές περισσότερα απ' ό,τι το 2015. Επιπλέον κινεζικές εταιρείες όπως η BYD και η SAIC Motor, εξίσου γνωρίζουν αύξηση στις πωλήσεις τους και συγκεκριμένα στην ΕΕ όπου αποτελούν το 6% των ηλεκτροκίνητων πωλήσεων το 2022, ποσό που αναμένεται να φτάσει το 20% μέχρι το 2030. Αυτή την στιγμή υπάρχουν ποικίλα αποτελέσματα ερευνών που φανερώνουν το πόσο θα επηρεαστεί η ευρωπαϊκή αυτοκινητοβιομηχανία. Ωστόσο σύμφωνα με την European Association of Automotive Suppliers, εφόσον ο αριθμός πωλήσεων παραμείνει σταθερός, υπολογίζεται ότι θα χαθούν συνολικά 275.000 – 410.000 θέσεις εργασίας έως το 2040 (Bela Galgóczi, 2023, σ. 1-2).

Επιπλέον το σχέδιο για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων στην ΕΕ που συμπεριλαμβάνεται στην δέσμη fit for 55, αναμένεται σύμφωνα με έρευνες να

δημιουργήσει πολλές θέσεις εργασίας. Πιο συγκεκριμένα τα στοιχεία της έρευνας αναφέρονται σε εγκαταστάσεις, όπως κέντρα εκπαίδευσης, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, γραφεία, εμπορικά κτήρια, και 80% όλων των κατοικήσιμων κτηρίων, τα οποία τροφοδοτούνται από φωτοβολταϊκά (με χρήση μπαταριών για αποθήκευση της ενέργειας), και αντλίες θερμότητας. Τα δεδομένα προέρχονται από την Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες, και φανερώνουν ότι η κατασκευή κτηρίων με μειωμένες εκπομπές θα δημιουργήσει πάνω από 3.5 εκατομμύρια θέσεις εργασίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είναι πιθανή η ακριβής αποτίμηση που θα έχει ένα τέτοιο έργο στην αγορά εργασίας, καθώς η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών εξαρτάται από παράγοντες όπως ο τύπος του κτηρίου, και το μέγεθος της οροφής (Benjamin K. Sovacool και συν., 2023, σ. 8-9).



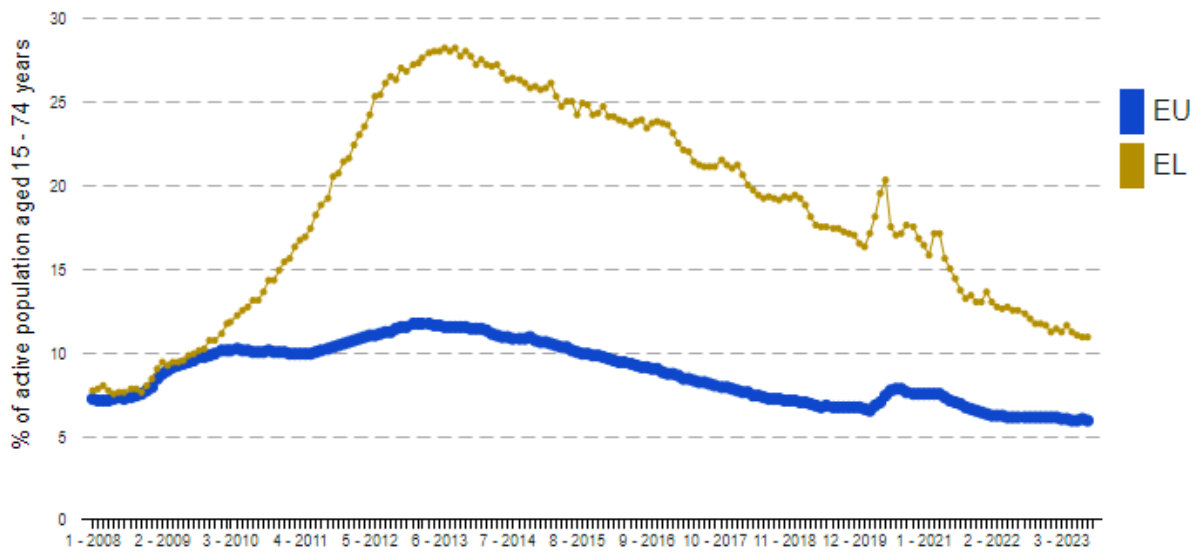
Γράφημα 10 Δημιουργία θέσεων εργασίας από την κατασκευή κτηρίων με χαμηλές εκπομπές άνθρακα σε Ευρώπη και ΗΠΑ (Benjamin K. Sovacool και συν., 2023).

2.2.2 Κατάσταση της απασχόλησης στην ΕΕ – Ελλάδα

Στην Ελλάδα τα ποσοστά ανεργίας αποτελούν ένα διαχρονικό πρόβλημα, και ένα από τα σημαντικότερα που καλείται να επιλύσει. Τον Ιούνιο του 2023 η ανεργία στην Ευρωπαϊκή Ένωση βρίσκεται στο 5.9%. Αποτελεί το χαμηλότερο ποσοστό τον 21^ο αιώνα, γεγονός που αποδεικνύει την ταχεία ανάρρωση της οικονομίας από το 2013 (11.7%), και από την πανδημία του COVID-19 (7.8%). Ωστόσο η κατάσταση στην Ελλάδα εξακολουθεί να βρίσκεται σε ένα δύσκολο σημείο, καθώς τον Ιούλιο του 2023 η ανεργία φτάνει στο 10.8%, ποσοστό που την τοποθετεί δεύτερη ανάμεσα στα κράτη – μέλη πίσω από την Ισπανία (11.6%).

Από την άλλη είναι φανερό ότι η ελληνική οικονομία έχει ανακάμψει σημαντικά την τελευταία δεκαετία, αφού το 2013 τα ποσοστά της ανεργίας έφτασαν ακόμη και το

28.2%, ποσοστό που αποτελεί το μεγαλύτερο από χώρα – μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης τον 21^ο αιώνα.



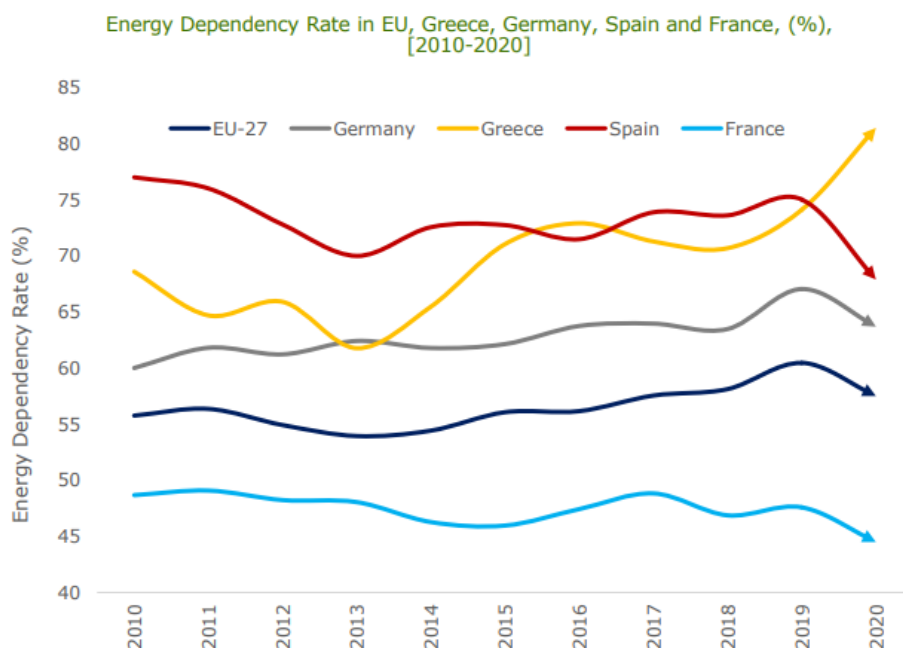
Γράφημα 11 Η Διαφορά στο ποσοστό ανεργίας ανάμεσα στην Ελλάδα και στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Eurostat, 2023).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η περίπτωση της Ελλάδας

3.1 Ελλάδα – Το Σύστημα Διάθεσης Ενέργειας

Η Ελλάδα είναι χώρα της Νοτιοανατολικής Ευρώπης και βρίσκεται στο νοτιότερο άκρο της Βαλκανικής χερσονήσου, και στην ανατολική Μεσόγειο. Η Ελλάδα συνορεύει στα βορειοδυτικά με την Αλβανία, στα βόρεια με την Βουλγαρία και με την Βόρεια Μακεδονία, και στα βορειοανατολικά με την Τουρκία. Βρέχεται στα ανατολικά από το Αιγαίο Πέλαγος, και στα δυτικά από το Ιόνιο Πέλαγος. Η Ελλάδα έχει συνολική έκταση 131.957 km², ακτογραμμή 13.676 χιλιόμετρα, και είναι σε μεγάλο βαθμό ορεινή (κατά 80%), με αποτέλεσμα να παρουσιάζει σημαντικές κλιματικές διακυμάνσεις. Το μεγαλύτερο υψόμετρο βρίσκεται στον Όλυμπο και φτάνει τα 2.918 μέτρα. Η Ελλάδα διαθέτει στην κατοχή της περίπου 2.000 νησιά και καταλαμβάνουν το 17% της συνολικής έκτασης, από τα οποία περίπου τα 170 είναι κατοικήσιμα.

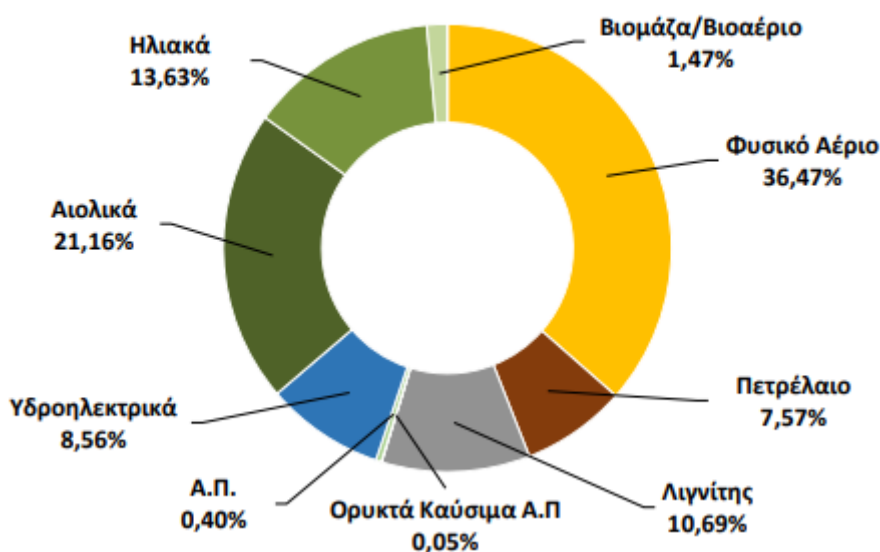
Η Ελλάδα ως χώρα διαθέτει σημαντικό δυναμικό ΑΠΕ, λόγω της υψηλής επάρκειας σε ήλιο και σε άνεμο. Την τελευταία πενταετία η ελληνική ενεργειακή αγορά έχει γνωρίσει μία πληθώρα θεαματικών αλλαγών. Η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας από τον ρυπογόνο λιγνίτη, η οποία πηγάζει από την διαχρονική πολιτική αδράνεια στον τομέα ανάπτυξης των ΑΠΕ, φτάνει για πρώτη φορά στο τέλος της με την ανακοίνωση του πρωθυπουργού το 2019 για το τέλος του άνθρακα, που θα πραγματοποιηθεί το αργότερο μέχρι το 2028 (Χάρης Δούκας και συν., 2023, σ. 6). Η Ελλάδα είναι ενεργειακά υψηλά εξαρτώμενη χώρα με ποσοστό 82%, νούμερο που την τοποθετεί στην 4^η θέση στις πιο ενεργειακά εξαρτώμενες χώρες στην Ευρώπη, και βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε εισαγωγές ορυκτών καυσίμων και φυσικού αερίου, το οποίο άρχισε να διανέμεται στην Ελλάδα από το 1996 και στηρίζει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας ως μεταβατικό καύσιμο.



Γράφημα 12 Ενεργειακή εξάρτηση ανάμεσα σε επιλεγμένες ευρωπαϊκές χώρες (HAEE, 2022).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έφτασε τα 50.8 TWh το 2022, σημειώνοντας μία μείωση της τάξης 7% σε σύγκριση με το 2021. Μάλιστα την τελευταία πενταετία κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα, με εξαίρεση το 2020 όπου εξαιτίας της καραντίνας είχε πέσει στις 48.9 TWh. Το 54.79% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τα ορυκτά καύσιμα, και το 44.82% από ανανεώσιμες πηγές. Στο τέλος του 2022 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στην χώρα έφτασε τις 9.9 GW, αύξηση 1.1 GW σε σύγκριση με το τέλος του 2021. Στους πρώτους 9 μήνες του 2023 η καθαρή ενέργεια από ΑΠΕ και υδροηλεκτρικά σημείωσε ιστορικό υψηλό (18980 GWh) σε σύγκριση με το ίδιο διάστημα την τελευταία δεκαετία ξεπερνώντας τα ορυκτά καύσιμα κατά 4.5 TWh.

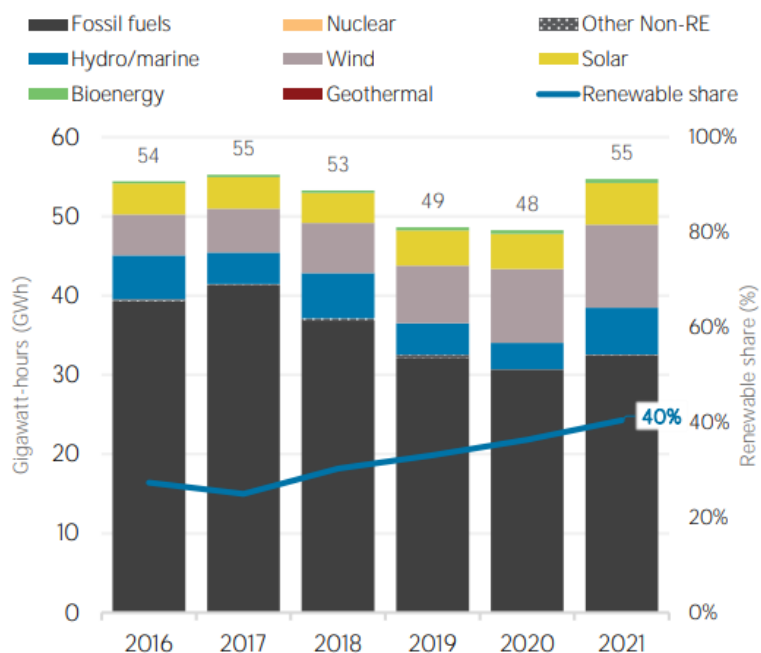
Ενεργειακό Μείγμα Παραγωγής 2022



Γράφημα 13 Ελληνικό ενεργειακό μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 2022 (ΔΑΠΕΕΠ).

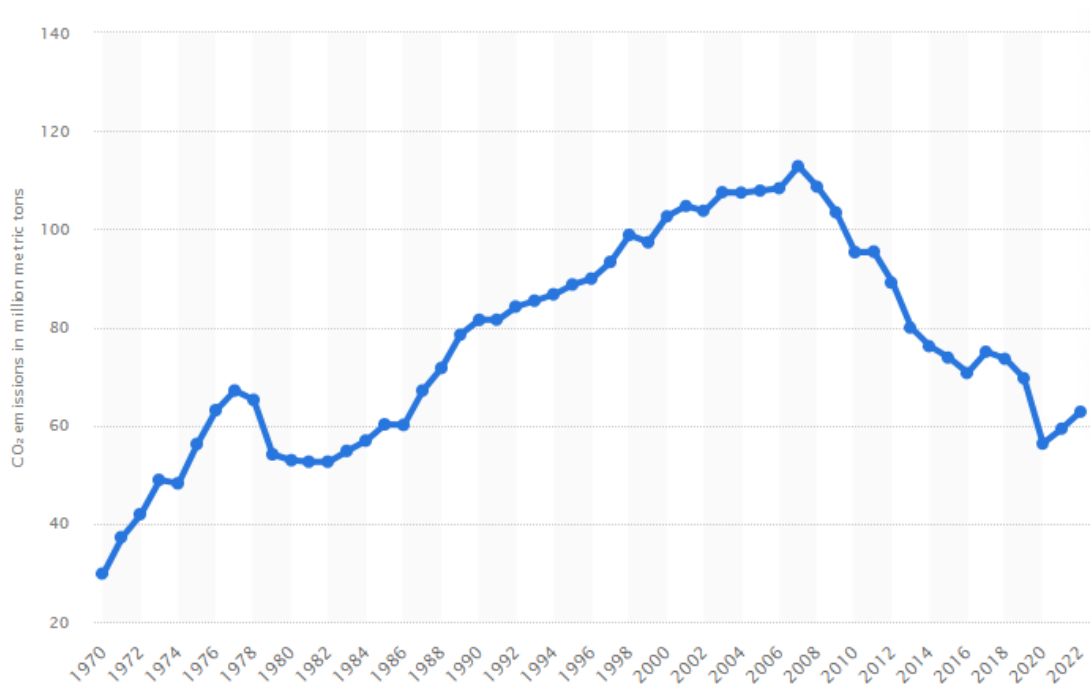
Η Ελλάδα αναδείχθηκε πρώτη στην Ευρώπη στον τομέα της παραγωγής ρεύματος από φωτοβολταϊκά το 2022, ενώ αντίστοιχα κατέλαβε την έβδομη θέση στον τομέα της παραγωγής ενέργειας από ανεμογεννήτριες. Γενικά η Ελλάδα βρίσκεται στην 11^η θέση, όσον αφορά την διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό μείγμα (Ecopress, 2023).

Λόγο του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), το οποίο ακολουθεί τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, η αξιοποίηση λιγνίτη και πετρελαίου για την παραγωγή ενέργειας έχει μειωθεί δραστικά τα τελευταία χρόνια, ενώ η αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας γνωρίζει μία σταθερή ανοδική τάση. Έτσι και στο παρακάτω γράφημα παρατηρείται μία σταθερή πτώση της χρήσης ορυκτών καυσίμων, με μία μικρή αύξηση το έτος 2021 κυρίως λόγω των υψηλών τιμών του φυσικού αερίου, καθώς ο λιγνίτης αποτελεί καύσιμο εγχώριας παραγωγής. Χαρακτηριστικό αποτελεί επίσης το γεγονός ότι η Ελλάδα μείωσε την λιγνιτική ηλεκτροπαραγωγή της, από το 2019 έως το πρώτο 8μηνο του 2023, κατά 57.7% κατακτώντας την 2^η θέση ανάμεσα στις χώρες της ΕΕ στην σχετική λίστα (The Green Tank, 2023).



Γράφημα 14 Η πορεία του ελληνικού ενεργειακού μείγματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 2016-2021 (IRENA, 2023).

Όσον αφορά τις εκπομπές σε διοξείδιο του άνθρακα, η Ελλάδα έφτασε τους 62.8 εκατομμύρια τόνους το 2022, έχοντας μία μικρή αύξηση από το 2021 (59.3 εκατομμύρια τόνους), καταλαμβάνοντας την 10^η θέση στην σχετική λίστα ανάμεσα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το 2007 η Ελλάδα έφτασε ιστορικό υψηλό με 112.8 εκατομμύρια τόνους κυρίως λόγω της σημαντικής εξάρτησης της από την καύση εγχώριου λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με το The Green Tank, την περίοδο 1990-2020 η καύση λιγνίτη, πετρελαίου και ορυκτών καυσίμων στην Ελλάδα ευθύνεται για την εκπομπή 1378 εκατομμυρίων τόνων διοξειδίου του άνθρακα, ποσό που αντιστοιχεί στο 39.4% των συνολικών εκπομπών από όλους τους τομείς της εγχώριας οικονομίας στην ίδια περίοδο, ενώ το αντίστοιχο νούμερο στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι αρκετά μικρότερο (25.4%). Η σταδιακή πτώση της χρήσης ορυκτών καυσίμων στην ηλεκτροπαραγωγή, προκύπτει ως απόρροια της μείωσης του κόστους της λειτουργίας και εγκατάστασης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τα τελευταία χρόνια, αλλά ταυτόχρονα και από την διακοπή της δωρεάν διανομής δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, από το ΣΕΔΕ το 2013 σύμφωνα με την οδηγία 2003/87/ΕΚ που ορίζει το σύστημα (The Green Tank: Ανθρακικό αποτύπωμα ηλεκτροπαραγωγής, 2023).



Γράφημα 15 Εκπομπές σε διοξείδιο του άνθρακα στην Ελλάδα 1970-2022 (δεδομένα Statista).

3.1.1 Βασικοί φορείς του ενεργειακού τομέα

Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να αναφερθεί η διαδικασία με την οποία παράγεται, πωλείται και διανέμεται η ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα, καθώς και το πόσο διατηρείται σε ισορροπία το σύστημα. Οι υπεύθυνοι φορείς παρουσιάζονται συνοπτικά και είναι οι εξής (International Energy Agency, 2023, σ. 20-22· PIR.gr, χ.χ.):

- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) αποτελεί το αρμόδιο Υπουργείο για θέματα και φορείς που αφορούν την διαχείριση του ηλεκτρικού ρεύματος και του φυσικού αερίου. Είναι υπεύθυνο για τον σχεδιασμό και την εφαρμογή της ενεργειακής κλιματικής πολιτικής, και για την επίβλεψη της προόδου όσον αφορά τους κλιματικούς στόχους και την υποβολή εκθέσεων για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC).
- Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ ΑΕ) είναι ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ), και είναι υπεύθυνος για την λειτουργία, την συντήρηση και την ανάπτυξη του Συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και διασυνδεδεμένων διασυνδέσεων. Όλοι οι πάροχοι ηλεκτρικού ρεύματος στην Ελλάδα χρησιμοποιούν το δίκτυο ΑΔΜΗΕ. Ο ΑΔΜΗΕ ανήκει κατά 76% στον ελληνικό κράτος, και κατά 24% στην κινεζική εταιρεία State Grid.
- Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ) λαμβάνει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ). Λειτουργεί συντηρεί και αναπτύσσει τα συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην ηπειρωτική Ελλάδα και στα διασυνδεδεμένα νησιά, διαχειρίζεται τις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και τα

δίκτυα διανομής των μη διασυνδεδεμένων νησιών, και διασφαλίζει την ισότιμη πρόσβαση σε αυτά, όλων των καταναλωτών, παραγωγών και προμηθευτών. Ο ΔΕΔΔΗΕ ανήκει κατά 51% στην ΔΕΗ και κατά 49% στην αυστραλιανή ιδιωτική εταιρεία Macquarie Asset Management.

- Διαχειριστής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ - πρώην ΛΑΓΗΕ) διαχειρίζεται τα καθεστώτα επιδότησης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και τις εγκαταστάσεις ΣΗΘΥΑ (Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης), και για τις Εγγυήσεις Προέλευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας που έχουν παραχθεί από τις παραπάνω μονάδες. Παράλληλα είναι υπεύθυνος και για την δημοπράτηση δικαιωμάτων του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ). Μετά την μετονομασία της ΛΑΓΗΕ σε ΔΑΠΕΕΠ πραγματοποιήθηκε απόσχιση από τον κλάδο της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, και οι αρμοδιότητες μεταφέρθηκαν στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας.
- Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας (HEX Ex SA) έχει ως αρμοδιότητα την διαχείριση των Ενεργειακών Αγορών φυσικής παράδοσης και των Ενεργειακών Χρηματοοικονομικών Αγορών. Δημιουργήθηκε με στόχο την ολοκλήρωση του μοντέλου - στόχου (target-model) της ΕΕ, το οποίο στοχεύει στην δημιουργία μιας ενιαίας ευρωπαϊκής αγοράς ενέργειας. Ορίστηκε από την Ελληνική Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) ως ο Διορισμένος Διαχειριστής Αγοράς Ενέργειας (NEMO) και διαχειρίζεται την μελλοντική αγορά ενέργειας στην Ελλάδα, και παράλληλα έχει αναλάβει την δημιουργία μιας νέας ενδοημερήσιας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, και μία αγορά παραγωγών ενέργειας. Οι μέτοχοι του Ελληνικού Χρηματιστηρίου Ενέργειας είναι οι εξής: ΛΑΓΗΕ (22%), ΑΔΜΗΕ (20%), Χρηματιστήριο Αθηνών (21%), Ευρωπαϊκή Τράπεζα Ανασυγκρότησης και Ανάπτυξης (20%), ΔΕΣΦΑ (7%) και Χρηματιστήριο Αξιών Κύπρου (10%). Σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΕΕ για την επίτευξη του Target model, εκδόθηκε ο ν.4425/2016, οι διατάξεις του οποίου αναφέρουν ότι το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας περιλαμβάνει τέσσερις αγορές:
 1. Αγορά επόμενης ημέρας: αφορά αγοραπωλησίες ηλεκτρικής ενέργειας με υποχρέωση φυσικής παράδοσης την επόμενη μέρα.
 2. Ενδοημερήσια Αγορά: οι φορείς έχουν την δυνατότητα να υποβάλουν προσφορές αγοράς και πώλησης για αυθημερόν παράδοση.
 3. Αγορά Εξισορρόπησης: ισοσταθμίζει την προσφορά με την ζήτηση και τις απώλειες.
 4. Προθεσμιακή αγορά: μέσω αυτής πραγματοποιείται διαπραγμάτευση των μηνιαίων, τριμηνιαίων, εξαμηνιαίων και ετήσιων συμβολαίων Μελλοντικής Εκπλήρωσης με φυσική παράδοση. Η αγορά αυτή δεν έχει τεθεί ακόμη υπό λειτουργία.
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) η ίδρυση της οποίας πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τον ν.2773/1999 για την εφαρμογή της οδηγίας της ΕΕ για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος, στο πλαίσιο συμφωνίας με τις οδηγίες 2003/54/ΕΚ και 2003/55/ΕΚ για τον ηλεκτρισμό και το φυσικό αέριο. Αποτελεί μία οικονομικά και διοικητικά ανεξάρτητη αρχή που εποπτεύει τις ελληνικές αγορές ενέργειας. Σκοπός της ΡΑΕ αποτελούν ζητήματα όπως ο

εφοδιασμός της χώρας με ασφαλή και αξιόπιστο τρόπο, η επίτευξη ενός κλίματος θεμιτού ανταγωνισμού με σκοπό την ελάττωση του ενεργειακού κόστους και την διευκόλυνση των νέων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, και η προστασία του περιβάλλοντος. Το 2010 με τον νόμο 3851 πραγματοποιήθηκαν ριζικές αλλαγές στην λειτουργία της ΡΑΕ και στην διαδικασία με την οποία αδειοδοτούνται οι σταθμοί ΑΠΕ. Με τον νόμο 5037 ΦΕΚ Α 78/29.3.2023, η ΡΑΕ μετονομάζεται σε ΡΑΑΕΥ (Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων, Ενέργειας και Υδάτων) με συνέπεια να επεκταθούν οι αρμοδιότητες της στον τομέα της διαχείρισης των αστικών λυμάτων και υδάτων.

3.2 Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) αποτελεί για την Ελλάδα ένα στρατηγικό σχέδιο που αναφέρεται στα ζητήματα του κλίματος και της ενέργειας, και προσδιορίζεται σε αυτό ένας λεπτομερής οδικός χάρτης για την πραγματοποίηση καθορισμένων ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων μέχρι το 2030, αλλά και πιο μακροχρόνια μέχρι το 2040 και 2050. Μέσω του ΕΣΕΚ διαμορφώνονται οι ενεργειακές και κλιματικές πολιτικές για την επόμενη δεκαετία, οι οποίες είναι πλήρως εναρμονισμένες με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και συμβάλλουν στην υλοποίηση της Πράσινης Συμφωνίας. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα μακροπρόθεσμο εθνικό σχεδιασμό της ενεργειακής και κλιματικής πολιτικής, που έχει ως σκοπό τον επαναπροσδιορισμό και την διαμόρφωση της μελλοντικής ελληνικής οικονομίας, με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι άρρηκτα διασυνδεδεμένη με την περιβαλλοντική πρόνοια.

Το ΕΣΕΚ εκπονήθηκε το 2019, υπό των συστάσεων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, και υιοθετήθηκε το 2020. Ωστόσο από το 2020 έως και σήμερα η ΕΕ ανέλαβε ακόμη πιο φιλόδοξους στόχους για το 2030, και συμπεριέλαβε στα Εθνικά Σχέδια όλων κρατών-μελών τον στόχο περί κλιματικής ουδετερότητας έως το έτος 2050. Έτσι το ΕΣΕΚ αναθεωρήθηκε το 2023 με στόχο να καλύψει την περίοδο μέχρι το 2050, αλλά και παρουσίασε εκ νέου με ενισχυμένο τρόπο τον σχεδιασμό για την εκπλήρωση των στόχων για το έτος 2030.

Το ΕΣΕΚ έχει ως στόχο η πράσινη μετάβαση να συνοδεύεται με την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των εγχώριων επιχειρήσεων, και κατ' επέκταση της οικονομίας γενικότερα, αλλά και με την αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας, με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει υστέρηση για καμία κοινωνική ομάδα, το οποίο αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο της στρατηγικής, δεδομένου της ενεργειακής κρίσης, αλλά και της προσπάθειας μείωσης της εξάρτησης από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα (ευρωπαϊκή πολιτική REPowerEU).

Η Ελλάδα έχει καθιερώσει κλιματική νομοθεσία (νόμος 4936/2022 ΦΕΚ Α 105/27.5.2022), η οποία προβλέπει περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου κατά 55% για το 2030, σε σύγκριση με το έτος 1990, και περιορισμό τουλάχιστον κατά 80% μέχρι το 2040 και εκπλήρωση της κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Συνεπώς το νέο ΕΣΕΚ, επιδιώκει να ευθυγραμμιστεί ταυτόχρονα με τους στόχους

της ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας (δέσμη Fit for 55 , REPowerEU και οδηγία για τις ΑΠΕ), και με τον εθνικό κλιματικό νόμο.

Για την οργάνωση του επικαιροποιημένου ΕΣΕΚ, πραγματοποιήθηκε πλήρης μεθοδολογία μοντελοποίησης PRIMES, και προβολής των λειτουργικών και οικονομικών δεδομένων από όλους τους κλάδους της ελληνικής οικονομίας, και εξετάστηκαν 3 πιθανά σενάρια, τα οποία διαφοροποιούντουσαν στον ρυθμό και στο μείγμα ενεργειών ενεργειακής μετάβασης.

3.2.1 Στόχοι του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα

Ο μακροπρόθεσμος στόχος της πράσινης μετάβασης, είναι το καθαρό σύνολο των θετικών και αρνητικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου συμπεριλαμβανομένων και των επιπροσθέτων απορροφήσεων διοξειδίου του άνθρακα από το έδαφος, τα δάση και την θάλασσά, να ισοδυναμεί με μηδέν μέχρι το έτος 2050. Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του 2050, το ΕΣΕΚ ορίζει μία λίστα στόχων μέχρι το 2030, και σκοπεύει στο να στρέψει όλους τους τομείς στην επιλογή κατάλληλων επενδύσεων και μεταρρυθμίσεων, έτσι ώστε η πρόοδος περιορισμού των εκλύσεων να συνεχιστεί με τον ίδιο ρυθμό μέχρι το έτος 2050. Οι στόχοι του ΕΣΕΚ συνοψίζονται στους εξής:

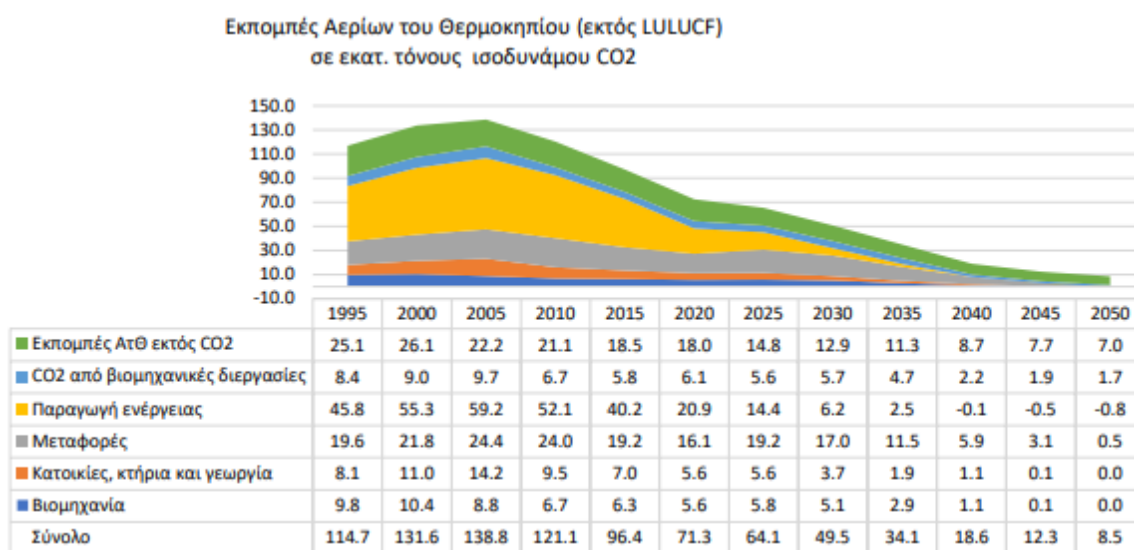
ΕΣΕΚ (Απρ. 2023)	2021 (εκτίμηση)	ΕΣΕΚ 2019 για το 2030	Κεντρικό σενάριο					
			2025	2030	2035	2040	2045	2050
Αέρια του θερμοκηπίου χωρίς LULUCF (μεταβολή από το 1990)	-26%	-40%	-41%	-54%	-68%	-82%	-89%	-93%
Αέρια του θερμοκηπίου με LULUCF (μεταβολή από το 1990)			-44%	-57%	-72%	-87%	-95%	-99%
Δείκτης ΑΠΕ ως % ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας	22%	35%	31%	44%	65%	83%	97%	105%
Ενεργειακή αποδοτικότητα		0%	-4%	-5%	-14%	-18%	-22%	-27%
Τελική κατανάλωση ενέργειας (εκατ. τυπ)	15.65	16.5	16.6	15.4	13.8	12.8	12.0	11.5
ΑΠΕ-Ηλεκτροπαραγωγή	36%	61%	58%	79%	94%	96%	96%	97%
ΑΠΕ-Θέρμανση/Ψύξη	31%	43%	36%	46%	63%	80%	99%	100%
ΑΠΕ-Μεταφορές	4%	19%	13%	29%	98%	209%	381%	584%
RFNBO (% καύσιμα μεταφορών)	0%	0%	0%	1.0%	11%	23%	31%	50%
Προηγμένα βιοκαύσιμα (% καύσιμα μεταφορών)	0%	1.5%	0%	2.4%	10%	17%	26%	32%
Συμβατικά βιοκαύσιμα (% καύσιμα μεταφορών) - άνω όριο	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%
ESR (% μεταβολή ΑτΘ στους τομείς εκτός ETS)	-32%	-40%	-36%	-46%	-61%	-76%	-84%	-87%

(τυπ : τόνοι ισοδυνάμου πετρελαίου)

Πίνακας 2 Σύνοψη των στόχων του ΕΣΕΚ.

Το ΕΣΕΚ προβλέπει ότι ο στόχος του εθνικού κλιματικού νόμου, θα εκπληρωθεί κατά 54%, πλην της απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από τα εδάφη (LULUCF). Επιπλέον παρατηρείται πως ο στόχος είναι αρκετά πιο φιλόδοξος σε σύγκριση με το προηγούμενο ΕΣΕΚ (-40% για το 2030). Για το 2040 το ΕΣΕΚ στοχεύει στο -82% χωρίς LULUCF, στόχος που συμφωνεί με τον εθνικό κλιματικό νόμο.

- Μείωση των αερίων του θερμοκηπίου



Γράφημα 16 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε εκατ. τόνους διοξειδίου του άνθρακα (εκτός LULUCF).

Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η πορεία περιορισμού των εκπομπών, σύμφωνα με το σχέδιο μηδενικών εκπομπών για το 2050. Το ΕΣΕΚ θέτει ως προτεραιότητα τον μηδενισμό των εκπομπών στον τομέα της παραγωγής ενέργειας (από το 2035 και μετέπειτα), έτσι ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να συνεισφέρει στον περιορισμό των εκλυόμενων αερίων στον τομέα των μεταφορών και των κτηρίων, διαμέσου του εξηλεκτρισμού. Για την περίπτωση της μείωσης στον τομέα των βιομηχανικών διεργασιών, το ΕΣΕΚ προβλέπει ότι ο στόχος θα επιτευχθεί μέσω της δέσμευσης του εκλυόμενου διοξειδίου του άνθρακα, και στην αξιοποίηση του για την παραγωγή συνθετικών καυσίμων. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου εκτός του CO₂, αναφέρονται κυρίως στο μεθάνιο, το οποίο πηγάζει από κτηνοτροφικές δραστηριότητες, και ο περιορισμός του αποτελεί ζήτημα σημαντικής δυσκολίας όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα.

- Στόχοι για τις ΑΠΕ και για την ενεργειακή αποδοτικότητα

Βάση του ΕΣΕΚ, οι ΑΠΕ θα διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην πράσινη μετάβαση. Ο στόχος του μεριδίου των ΑΠΕ στο σύνολο της ακαθάριστης ενεργειακής κατανάλωσης για το 2030 ανέρχεται στο 44%, αρκετά μεγαλύτερο από αυτό του προηγούμενου ΕΣΕΚ (35%). Στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής το Σχέδιο στοχεύει στην συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας με ποσοστό 79%, ενώ στον τομέα της θέρμανσης-ψύξης το ποσοστό ανέρχεται στο 46%, όπου θα χρησιμεύσει η αξιοποίηση αντλιών θερμότητας, και θερμικών ηλιακών συστημάτων. Στον τομέα των μεταφορών ο στόχος για τις ΑΠΕ ανέρχεται στο 29%, και αναμένεται να επιτευχθεί με την αξιοποίηση ηλεκτρικής ενέργειας, βιοκαυσίμων και ανανεώσιμων καυσίμων μη βιολογικής προέλευσης στην κίνηση. Σημαντική έμφαση δίνεται στην ανάπτυξη βιοαερίου. Πιο συγκεκριμένα προγραμματίζεται έως το 2040 να έχουν εγχυθεί στο δίκτυο περίπου 250 εκατομμύρια m³ βιοαερίου, και να συσσωρευτούν συνολικά στο 1 δις. m³.

ΕΣΕΚ (Απρ. 2023)	2021 (εκτί- μηση)	ΕΣΕΚ 2019 για το 2030	Κεντρικό σενάριο					
			2025	2030	2035	2040	2045	2050
Δείκτης ΑΠΕ-Ηλεκτροπαραγωγή								
Σύνολο ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (TWh)	22.6	40.7	34.5	53.7	84.4	113.4	156.0	172.3
Σύνολο ηλεκτροπαραγωγής (TWh)	53.9	60.5	57.0	65.6	86.8	113.3	156.4	173.7
Δείκτης ΑΠΕ-Θέρμανση/Ψύξη								
Θερμότητα περιβάλλοντος (χιλ. τυτ)	436.7	470.0	668.4	931.3	1014.6	1047.1	1035.0	1058.0
RFNBO (χιλ. τυτ)	0.0	0.0	0.0	79.8	200.1	605.6	1204.8	1190.1
Ηλιοθερμικά (χιλ. τυτ)	308.2	500.0	574.8	599.6	630.7	632.8	602.3	582.3
Βιομάζα (χιλ. τυτ)	1702.8	900.0	893.6	748.8	563.2	600.3	547.7	521.0
Σύνολο ΑΠΕ στη Θέρμανση / Ψύξη (χιλ. τυτ)	2447.7	1870.0	2136.8	2359.6	2408.6	2885.8	3389.8	3351.3
Δείκτης ΑΠΕ-Μεταφορές								
Ηλεκτρισμός από ΑΠΕ (χιλ. τυτ)	5.7	86.0	19.4	158.2	378.6	597.5	832.7	973.2
RFNBO (χιλ. τυτ)	0.0	0.0	0.2	23.8	694.9	1360.7	1801.5	2737.9
Βιοκαύσιμα (χιλ. τυτ)	179.1	380.0	443.6	524.9	780.7	1063.6	1469.9	1701.2
Σύνολο ΑΠΕ στις μεταφορές (χιλ. τυτ)	184.9	466.0	463.2	706.9	1854.2	3021.8	4104.1	5412.4

Πίνακας 3 Υπολογισμοί για τους δείκτες ΑΠΕ.

Όσον αφορά τους στόχους για την ενεργειακή αποδοτικότητα, μετρίεται για το 2030 ως ποσοστό μεταβολής της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης από το επίπεδο που είχε προβληθεί το 2020 από το πρώην σενάριο αναφοράς. Όπως αναγράφεται και στην εικόνα 14, ο στόχος για την τελική κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται στα 15.4 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου για το 2030, αρκετά χαμηλότερα από τους στόχους του προηγούμενου Σχεδίου (16.5 εκατομμύρια). Η επιδίωξη σταθερής ενεργειακής κατανάλωσης για το 2030, προϋποθέτει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς η εθνική οικονομία ενισχύεται, και κατά συνέπεια η βιομηχανική παραγωγή ανθίζει, και οι δραστηριότητες στον τομέα των μεταφορών και του εμπορίου γνωρίζουν ανοδική τάση. Σε αυτό έπεται να συμβάλλει ουσιαστικά η εξοικονόμηση ενέργειας στον τομέα των κτηρίων, όπου καλείται να περιορίσει την συνολική κατανάλωση το 2030 κατά 15%, σε σύγκριση με το έτος 2021, προκειμένου να αντισταθμίσει τα ποσοστά κατανάλωσης στον τομέα των μεταφορών και της βιομηχανίας. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά οι στόχοι του ΕΣΕΚ για τις ΑΠΕ στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας.

ΕΣΕΚ (Απρ. 2023)	2021 (εκτίμηση)	ΕΣΕΚ 2019 για το 2030	Κεντρικό σενάριο					
			2025	2030	2035	2040	2045	2050
Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας								
Ισχύς ΑΠΕ εκτός υδροηλεκτρικών (GW)	9.3	15.5	14.8	23.5	34.7	46.2	64.4	71.7
Αιολικά	4.7	7.1	6.0	9.5	14.7	19.0	27.2	29.2
- εκ των οποίων θαλάσσης				x	6.2	9.8	15.4	17.3
Ηλιακά	4.3	7.7	8.2	13.4	18.7	25.4	35.2	40.3
Λοιπές ΑΠΕ	0.4	0.7	0.5	0.6	1.3	1.8	2.0	2.1
Υδροηλεκτρικά (Υ/Η) σε GW	3.1	3.7	3.1	3.8	3.8	3.8	3.8	3.9
Ισχύς αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (GW)	0.7	2.7	3.3	5.3	5.7	11.0	21.3	24.8
- μπαταρίες (GW)	0.0	1.25	1.9	3.1	3.6	8.8	19.1	22.6
- αντλησιοταμίευση	0.7	1.40	1.4	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Ισχύς μονάδων με αέριο καύσιμο (GW)	5.3	6.9	6.9	7.7	5.7	5.2	2.8	4.2
Ισχύς μονάδων με στερεό καύσιμο (GW)	2.3	0.3	1.5	0	0	0	0	0
Ισχύς μονάδων με υγρό καύσιμο (GW)	1.7	0.3	1.3	0.7	0.6	0.4	0.4	0.1
Σύνολο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (TWh)	54.7	57.9	58.0	66.0	87.5	114.6	157.7	175.3
- από αέρια καύσιμα (TWh)	22.5	19.0	16.3	12.1	2.6	1.2	1.6	2.9
- από στερεά καύσιμα (TWh)	5.3	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
- από υγρά καύσιμα (TWh)	4.7	0.8	2.4	0.2	0.5	0.0	0.1	0.0
- από ΑΠΕ (TWh)	22.2	38.1	34.5	53.7	84.4	113.4	156.0	172.3
Ανθρακικό αποτύπωμα ηλεκτροπαραγωγής (tCO ₂ /MWh)	0.376	0.115	0.212	0.063	0.013	0.001	0.001	0.000
Εξάρτηση ηλεκτρικής ενέργειας από εισαγωγές	6.7%	7.9%	3%	4%	3%	3%	3%	2%

Πίνακας 4 Συνοπτική απεικόνιση των στόχων του ΕΣΕΚ στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας.

- Αύξηση της εγκατεστημένη ισχύς των χερσαίων αιολικών πάρκων και φωτοβολταϊκών κατά 11 GW μέχρι το 2030.
- Υπολογίζεται ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των υπεράκτιων αιολικών πάρκων θα ανέρχεται στα 1.9 GW.
- Προβλέπεται ότι, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των υδροηλεκτρικών έργων, θα ανέρχεται σε 700 MW.
- Οι ΑΠΕ, εκτός των φωτοβολταϊκών και των αιολικών, βάση του εγκεκριμένου σχήματος στήριξης (SA 60064), υπόκεινται σε καθεστώς λειτουργικής ενίσχυσης εκτός των ανταγωνιστικών διαδικασιών υποβολής προσφορών έως το 2025.
- Προβλέπεται ότι η συνολική ισχύς των συστημάτων αποθήκευσης με συσσωρευτές, θα ανέρχεται στα 3.1 GW.
- Όσον αφορά την αποθήκευση με αντλησιοταμίευση, η συνολική ισχύς υπολογίζεται ότι θα φτάσει στα 1.5 GW μέχρι το 2030. Το ταμείο ανάκαμψης θα προφέρει επενδυτικό πακέτο ύψους 250 εκατομμυρίων ευρώ για την κατασκευή και την στήριξη του σταθμού αντλησιοταμίευσης στην Αμφιλοχία, ισχύος 1380 MW (680 MW παραγωγή και 730 MW άντληση).
- Η εγκατεστημένη ισχύς μονάδων με στερεό καύσιμο, προβλέπεται ότι θα μειωθεί δραστικά (-3 GW), καθώς προβλέπεται πλήρης απόσυρση των παλαιών μονάδων καύσης λιγνίτη.

- Σύνοψη στόχων του ΕΣΕΚ

1. *Σημαντική ενίσχυση των ΑΠΕ*: εκμετάλλευση του δυναμικού της χώρας, αύξηση της εγκατεστημένης ισχύς φωτοβολταϊκών και αιολικών, και ανάπτυξη προγραμμάτων εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σε στέγες κτηρίων.
2. *Αποθήκευση ενέργειας*: μέσω αξιοποίησης μπαταριών και αντλησοσταμείωσης.
3. *Ενεργειακή αποδοτικότητα*: ενεργειακή αναβάθμιση κτηρίων, μέσω επιτάχυνσης της κατασκευής και των χρηματοδοτήσεων, και αλλαγή συμπεριφοράς ως προς την απαιτούμενη ενέργεια και την ζήτηση.
4. *Εξηλεκτρισμός των ελαφρών μεταφορών*: ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης και του γενικευμένου δικτύου (εγκαταστάσεις φόρτισης).
5. *Κλιματικά ουδέτερα εναλλακτικά καύσιμα*: ανάπτυξη εθνικής βιομηχανίας σύνθεσης κλιματικών ουδέτερων καυσίμων, και αξιοποίηση τους σε τομείς των μεταφορών που δεν ενδείκνυται ο εξηλεκτρισμός τους.
6. *Σύστημα αέριων καυσίμων*: συντήρηση του συστήματος αερίου στην Ελλάδα και επέκταση σε γεωγραφικά διαμερίσματα που δεν τροφοδοτούνται.
7. *Βιο-οικονομία*: επενδύσεις στην ενίσχυση της εθνικής εργοστασιακής και γεωργικής παραγωγής βιοκαυσίμων και βιοαερίου, όπου θα διοχετεύεται στο δίκτυο αερίου.
8. *Δημιουργία οικονομίας πράσινου υδρογόνου*: ενίσχυση της παραγωγής υδρογόνου από τις ΑΠΕ, και χρησιμοποίησης του ως εναλλακτικό των ορυκτών καυσίμων για τον τομέα των μεταφορών, και για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας.
9. *Καινοτομία και συστημικές λύσεις στην δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα*: ανάπτυξη τεχνολογιών για απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από βιομηχανικές δραστηριότητες, και αξιοποίηση του στην κατασκευή συνθετικών καυσίμων.
10. *Αρωγή νέων βιομηχανικών και επιχειρηματικών δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν την εθνική αλυσίδα αξίας για τις τεχνολογίες της πράσινης ενεργειακής μετάβασης*: στόχος αποτελεί το αδιαμφισβήτητο κέρδος για την εθνική ανάπτυξη και απασχόληση, μέσω επενδυτικών δραστηριοτήτων στο φάσμα της πράσινης μετάβασης.

3.2.2 Οικονομικό αντίκτυπο του ΕΣΕΚ

Η ενεργειακή πράσινη μετάβαση, όπως προαναφέρθηκε, προϋποθέτει την ραγδαία αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στη ηλεκτροπαραγωγή, και παράλληλα την σταδιακή μείωση της εκμετάλλευσης των ορυκτών καυσίμων. Η μετάβαση αυτή είναι αναμενόμενο να επηρεάσει σημαντικά την μελλοντική διαμόρφωση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας.

Το κόστος της αξιοποίησης ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προβλέπεται ότι θα αυξάνεται όλο και περισσότερο με το πέρασμα των ετών, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην πολιτική που έχει επιβληθεί από το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών, περί αγοράς δικαιωμάτων εκπομπής άνθρακα. Ταυτόχρονα το συνεχώς μειούμενο χαμηλό κόστος συντήρησης και εγκατάστασης των ΑΠΕ, σε συνδυασμό με την ενίσχυση του μεριδίου των ΑΠΕ στο εθνικό ενεργειακό μείγμα, ωφελεί τους καταναλωτές όσον αφορά την τελική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζεται αναλυτικά το μελλοντικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας.

ΕΣΕΚ (Απρ. 2023)	2021 (εκτίμηση)	ΕΣΕΚ 2019 για το 2030	Κεντρικό σενάριο					
			2025	2030	2035	2040	2045	
Μέση ετήσια τιμή καταναλωτή (προ φόρων κατανάλωσης και ΦΠΑ) σε σταθερά Ευρώ								
Μέση τιμή καταναλωτή προ φόρων κατανάλωσης και ΦΠΑ	187.1	140.8	149.5	132.6	118.9	115.3	111.2	109.8
Μοναδιαίο κόστος ηλεκτροπαραγωγής	135.3	91.0	105.6	84.2	76.0	73.8	70.3	70.1
- κόστος κεφαλαίου και συντήρησης ηλεκτροπαραγωγής	55.5	59.8	52.9	65.3	63.7	60.4	60.5	59.6
- μεταβλητό κόστος ηλεκτροπαραγωγής	79.8	31.3	52.6	19.0	12.3	13.4	9.8	10.5
Τέλη, διάφορες χρεώσεις, κόστος πωλήσεων	29.2	18.3	19.6	19.7	14.1	8.2	8.0	7.0
Κόστος δικτύων διανομής και μεταφοράς	22.5	31.4	24.3	28.7	28.8	33.3	32.9	32.7

Πίνακας 5 Οι προβλέψεις του ΕΣΕΚ για το μελλοντικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας.

Ωστόσο εάν ληφθεί υπόψιν το συνολικό ενεργειακό κόστος που εμπεριέχει την παραγωγή, την μεταφορά, την διανομή και την κατανάλωση ενέργειας, τα δεδομένα για τους καταναλωτές διαφέρουν. Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά τα νοικοκυριά, το κόστος, εκτός από την αγορά ενεργειακών υπηρεσιών, περιλαμβάνει και την εξυπηρέτηση των επενδυτικών δαπανών ενέργειας και εξοικονόμησης στην οικία, αλλά και αγορές όπως συσκευές και αυτοκίνητα. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το πόσο θα επιβαρυνθούν οι καταναλωτές στο σύνολο των ενεργειακών υπηρεσιών.

ΕΣΕΚ (Απρ. 2023)	2021 (εκτί- μηση)	ΕΣΕΚ 2019 για το 2030	Κεντρικό σενάριο					
			2025	2030	2035	2040	2045	2050
Ετήσιο κόστος καταναλωτών για την ενέργεια, περιλαμβανομένων επενδύσεων σε εν. αποδοτικότητα, αγορά συσκευών και οχημάτων, καθώς και αγοράς ενεργειακών προϊόντων								
Συνολική ετήσια δαπάνη (εκ.€) των τελικών καταναλωτών για ενεργειακές υπηρεσίες (χωρίς πληρωμές για ETS)	35,264	40,075	43,731	44,884	44,254	47,376	46,776	48,133
ως % ΑΕΠ	19.4%	19.3%	21.8%	21.6%	20.1%	19.8%	18.0%	17.1%
Σύνολο δαπανών (εκ.€) για την αγορά δικαιωμάτων εκπομπών CO2	455	825	1,000	1,146	1,802	2,067	1,149	162
Συνολική ετήσια δαπάνη (εκ.€) των τελικών καταναλωτών για ενεργειακές υπηρεσίες (με πληρωμές για ETS)	35,719	40,900	44,732	46,030	46,056	49,443	47,924	48,295
Σύνολο δαπανών (εκ.€) για την ετήσια εξυπηρέτηση κεφαλαίου επενδύσεων	11,876	17,145	15,200	18,930	20,123	22,918	22,284	23,881
Σύνολο δαπανών (εκ.€) για την αγορά ενεργειακών προϊόντων και άλλα μεταβλητά κόστη	23,843	23,755	28,417	24,809	22,344	21,814	21,463	21,192
Βιομηχανία - ετήσια δαπάνη (εκ.€) για ενεργειακές υπηρεσίες	3,481	2,970	3,045	3,095	3,252	3,633	4,041	4,058
- δαπάνες (εκ.€) για την ετήσια εξυπηρέτηση κεφαλαίου επενδύσεων	204	333	250	380	542	726	826	860
- δαπάνες (εκ.€) για αγορά ενεργειακών προϊόντων και άλλα	3,278	2,637	2,795	2,715	2,710	2,907	3,215	3,198
Οικιακός τομέας - ετήσια δαπάνη (εκ.€) για ενεργειακές υπηρεσίες	12,527	15,282	14,324	14,953	14,146	15,165	14,283	15,028
- δαπάνες (εκ.€) για την ετήσια εξυπηρέτηση κεφαλαίου επενδύσεων	5,565	9,280	7,743	9,747	9,791	10,672	9,965	10,932
- δαπάνες (εκ.€) για αγορά ενεργειακών προϊόντων και άλλα	6,961	6,002	6,582	5,206	4,355	4,493	4,318	4,096

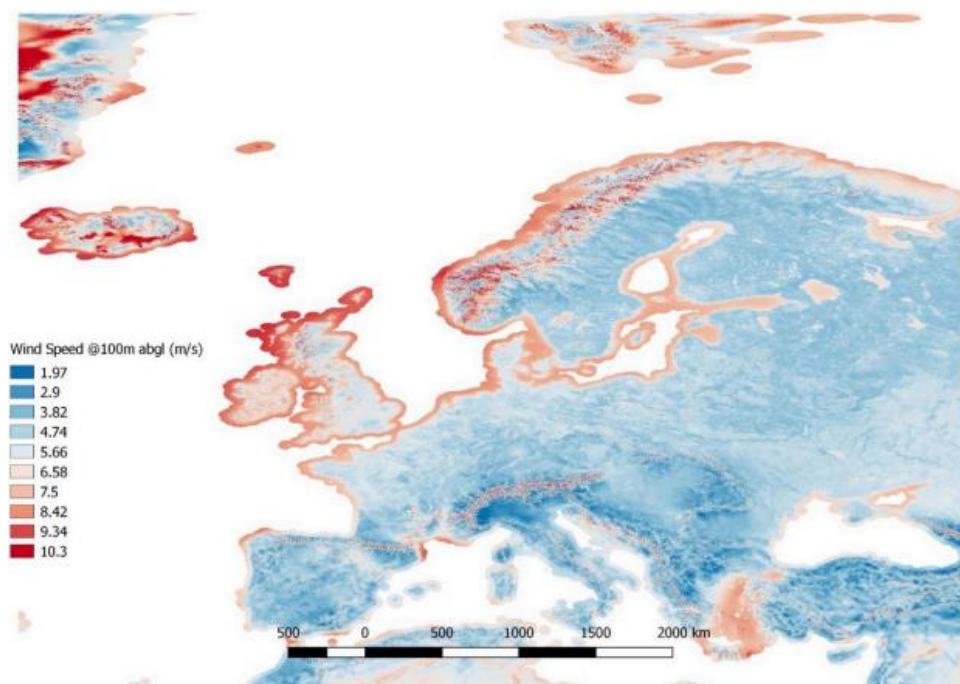
Πίνακας 6 Πρόβλεψη για την πορεία του κόστους για τις ενεργειακές υπηρεσίες.

Τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα παρουσιάζουν μία σταθερή αύξηση της επιβάρυνσης για τους καταναλωτές μέχρι το 2050. Ωστόσο ο δείκτης που κατέχει την μεγαλύτερη σημασία, είναι το ποσοστό των ετήσιων δαπανών ως προς το ΑΕΠ της χώρας, καθώς με την πάροδο των ετών υπολογίζεται αύξηση του και μεγέθυνση της εγχώριας οικονομίας. Συνεπώς στην πραγματικότητα οι καταναλωτές θα επωφεληθούν, σύμφωνα με τις προβλέψεις του ΕΣΕΚ, παρά της αύξησης του κόστους των ενεργειακών υπηρεσιών.

Όσον αφορά το ποσό των συνολικών επενδύσεων, το ΕΣΕΚ υπολογίζει περίπου 30 δις ευρώ ετησίως για το διάστημα 2026-2030, ενώ παράλληλα αναμένεται να δημιουργήσει μέχρι και το 2030, 38 χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας.

3.3 Αιολική Ενέργεια

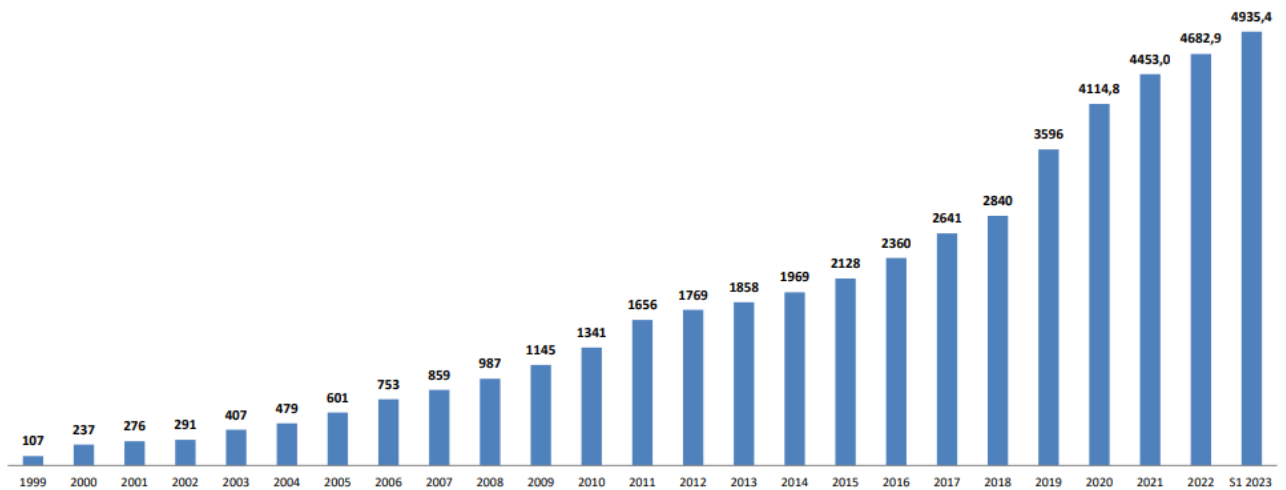
Το αιολικό δυναμικό είναι πολύ πλούσιο στην Ελλάδα, κυρίως λόγω των πολυάριθμων νησιών της αλλά και της ορεινής γεωμορφολογίας της. Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, το κατώτερο επιτρεπτό όριο για την επαρκή αξιοποίηση της ταχύτητας του ανέμου κυμαίνεται μεταξύ 5 (χαμηλό αιολικό δυναμικό) και 7.5 (ισχυρό αιολικό δυναμικό) μέτρα το δευτερόλεπτο. Σε σύγκριση με τις περισσότερες χώρες της Ευρώπης η Ελλάδα, ειδικότερα στην ακτογραμμή της και στην περιοχή του Αιγαίου, παρουσιάζει μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου. Αυτό το πλεονέκτημα δίνει στην Ελλάδα την δυνατότητα να παράγει αποδοτικά ηλεκτρική ενέργεια καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, συμπεριλαμβανομένων και των ωρών εκτός του μεσημεριού, όπου οι κοντινές χώρες λόγω της ελλειπής ηλιακής ενέργειας, υποπαράγουν. Με αυτό τον τρόπο η Ελλάδα μπορεί να εξάγει την υπολειπόμενη ηλεκτρική ενέργεια, αποκομίζοντας σημαντικά οικονομικά κέρδη.



Εικόνα 23 Μέση τιμή ταχυτήτων ανέμου σε υψόμετρο 100 μέτρων στην Ευρώπη (The Global Wind Atlas, 2017).

Το 2022 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα έφτασε τις 10.7 TWh, ποσό που αποτελεί το 21.6% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας (ΕΛΕΤΑΕΝ, 2023).

Η πορεία της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι εντυπωσιακή. Μάλιστα η Ελλάδα αποτελεί μία από τις πρώτες χώρες παγκοσμίως και η πρώτη στην Ευρώπη, όπου πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση ανεμογεννητριών, το 1986-87 με ισχύ 0.8 MW. Από τότε η ανάπτυξη της εγκατεστημένης ισχύος ήταν αργή αλλά και σταθερή, μέχρι το έτος 2019, όπου υπογράφηκε η ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία και εκπονήθηκε το πρώτο ΕΣΕΚ της χώρας, παρατηρήθηκε μία μεγαλύτερη αύξηση όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα.



Γράφημα 17 Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς (MW) ανά έτος 1999-2023 (HWEA Wind Energy Statistics, 2023).

Στο πρώτο εξάμηνο του 2023 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έφτασε τα 4935 MW, σχεδόν το μισό από τον εκτιμώμενο εθνικό στόχο για το 2030 (10.000 MW). Ο συνολικός αριθμός ανεμογεννητριών στην χώρα ανέρχεται στις 2.095, με το γεωγραφικό διαμέρισμα της Στερεάς Ελλάδας να είναι με διαφορά το πρώτο όσον αφορά την εγκατεστημένη ισχύ (2110 MW), με αμέσως επόμενο το γεωγραφικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου (639 MW), όπως απεικονίζεται και στην παρακάτω εικόνα (HWEA Wind Energy Statistics, πρώτο εξάμηνο 2023).



Εικόνα 24 Εγκατεστημένη αιολική ισχύς ανά γεωγραφικό διαμέρισμα (HWEA Wind Energy Statistics, 2023).

3.3.1 Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα

Ένας τομέας στον οποίο υστερεί η Ελλάδα σε σύγκριση με τις ευρωπαϊκές χώρες είναι η ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Ήδη σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, όπως το Ηνωμένο βασίλειο, η Γερμανία, η Ολλανδία, η Γαλλία και η Νορβηγία, έχουν εγκατασταθεί πολλά υπεράκτια αιολικά πάρκα. Το 2022 η συνολική παραγωγή ενέργειας από υπεράκτια αιολικά πάρκα στην Ευρώπη έφτασε τα 30 GW, ενώ το Ηνωμένο Βασίλειο πρόσθεσε 1.179 GW μόνο το 2022 (Wind Europe, 2023). Μάλιστα Σύμφωνα με το ΕΛΕΤΑΕΝ, η υπεράκτια αιολική ενέργεια αναμένεται να αποτελέσει την πιο σημαντική πηγή ηλεκτροπαραγωγής το 2040.

Σύμφωνα με το Γερμανικό Δημοσιογραφικό Δίκτυο (RND), η Ελλάδα χωρίς την εγκατάσταση υπεράκτιων αιολικών πάρκων, δεν θα μπορέσει να πραγματοποιήσει με ευκολία τους εθνικούς κλιματικούς στόχους, καθώς στην θάλασσα οι άνεμοι είναι συχνότεροι και ισχυρότεροι ειδικά στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Η Ελλάδα έχει θέσει στο νέο ΕΣΕΚ τον στόχο των 2 GW υπεράκτιας αιολικής ενέργειας μέχρι το 2030, ποσό που αναλογεί στο 1/10 της συνολικής χερσαίας αιολικής ενέργειας της χώρας. Σύμφωνα με την ΕΛΕΤΑΕΝ, η Ελλάδα θα χρειαστεί επενδύσεις ύψους άνω των 6 δις ευρώ για να πετύχει τον εθνικό στόχο των 2 GW.

Στις 30 Ιουλίου του 2022, ψηφίστηκε ο πρώτος σχετικός νόμος για την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Ελλάδα (νόμος 4964/2022). Η Ελληνική Διαχειριστική Εταιρεία Υδρογονανθράκων και Ενεργειακών Πόρων (ΕΔΕΥΕΠ), επιλέχθηκε ως αρμόδια αρχή για την διαχείριση αυτών των δικαιωμάτων σε σχέση με την έρευνα και τον προσδιορισμό Περιοχών Οργανωμένης Ανάπτυξης Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων (ΠΟΑΥΑΠ) (ΕΔΕΥΕΠ, χ.χ.). Σύμφωνα με το σχέδιο του Εθνικού Προγράμματος Ανάπτυξης Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων που ανακοίνωσε το ΕΔΕΥΕΠ τον Οκτώβριο του 2023, εκτιμάται δημιουργία ΥΑΠ σε 25 περιοχές συνολικής έκτασης 2.712 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ισχύος 12.4 GW, για το μεσοπρόθεσμο (μέχρι το 2030-32) και για το μακροπρόθεσμο (μετά το 2030-32) μέλλον. Οι περιοχές που έχουν επιλεγεί για το μεσοπρόθεσμο μέλλον, είναι οι εξής:

- Η ανατολική Κρήτη, όπου υπολογίζεται ανάπτυξη έργων ισχύος 800 MW.
- Η νότια Ρόδος, όπου υπολογίζεται ότι η μέγιστη ισχύ θα κυμαίνεται στα 300-550 MW.
- Το κεντρικό Αιγαίο, όπου αναμένεται ότι η μέγιστη ισχύ θα κυμαίνεται στα 200-450 MW.
- Ο άξονας μεταξύ Εύβοιας και Χίου, όπου αναμένεται ότι η μέγιστη ισχύ θα ανέρχεται στα 300 MW.
- Και το Ιόνιο Πέλαγος, όπου αναμένεται ότι η μέγιστη ισχύ θα ανέρχεται στα 450 MW.

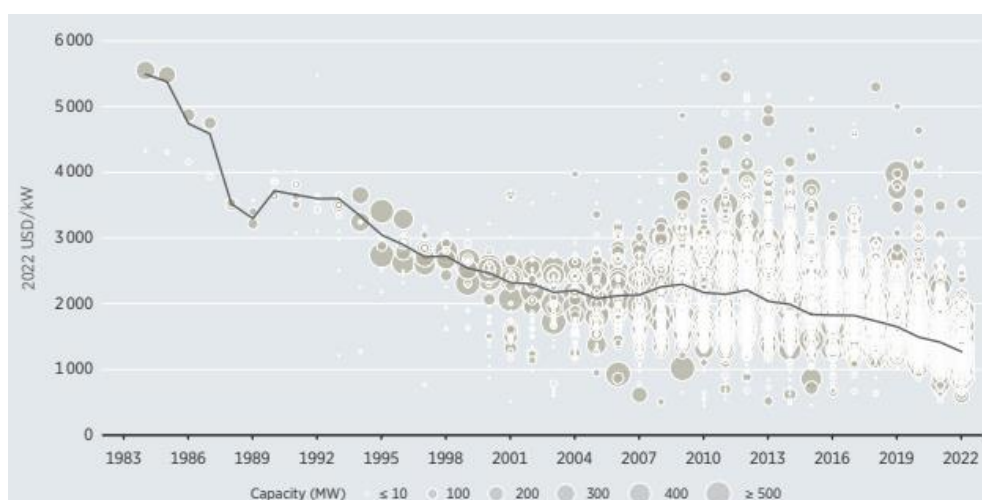
Σύμφωνα με έρευνα του IOBE, η κατασκευή υπεράκτιων αιολικών πάρκων μπορεί να ενισχύσει το ΑΕΠ ετησίως κατά μέσο όρο 1.9 δις ευρώ για το χρονικό διάστημα 2024-2050, και μπορεί να αυξήσει τα έσοδα του Δημοσίου έως και 440 εκατομμύρια ευρώ ετησίως (Οικονομικός Ταχυδρόμος, 2023).

3.3.2 Οικονομικά χαρακτηριστικά

Η τοποθέτηση ανεμογεννητριών και κατ' επέκταση η δημιουργία αιολικών πάρκων, αποτελεί μία επένδυση η οποία απαιτεί λεπτομερή έρευνα όπου αφορά οικονομικούς (έξοδα – έσοδα), τεχνικούς (τεχνολογία, σχεδιασμός), επιχειρηματικούς (ανάληψη ευθυνών, δέσμευση οικονομικών πόρων), χωροταξικούς (επιλογή της καλύτερης δυνατής τοποθεσίας), περιβαλλοντικούς (περιβαλλοντικό αντίκτυπο), και κοινωνικούς (επιπτώσεις στην τοπική κοινωνία) παράγοντες. Προφανώς οι περισσότεροι από αυτούς δεν παραμένουν σταθεροί στο πέρασμα των ετών, καθώς συνεχώς προκύπτουν νέες επιδοτήσεις, αλλαγές στον πληθωρισμό, στην αξία του χρήματος αλλά και στο κόστος των υλικών που απαρτίζουν μία ανεμογεννήτρια. Συνοπτικά, οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την δραστηριότητα των επενδύσεων στην αιολική ενέργεια είναι οι εξής (Α. Ζέρβος και Γ. Κάραλης, 2018, σ. 84):

- Το αρχικό κόστος της επένδυσης, πιο συγκεκριμένα τα χρηματικά ποσά που πρόκειται να δαπανηθούν για τον εξοπλισμό, την μεταφορά, την θεμελίωση, τα έργα του πολιτικού μηχανικού, την σύνδεση με το δίκτυο κ.α.
- Την απόδοση της ανεμογεννήτριας, δηλαδή πόση ενέργεια μπορεί να παράξει, κάτι που βέβαια εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες όπως η ταχύτητα του ανέμου, το υψόμετρο, η διάμετρος των περιστρεφόμενων λεπίδων, η σωστή τοποθέτηση του κ.α.
- Την διάρκεια ζωής της ανεμογεννήτριας, η οποία υπολογίζεται στα 15 με 20 έτη, κάτι που όμως μπορεί να αλλάξει με την ανάπτυξη της τεχνολογίας τους.
- Το κόστος συντήρησης και της λειτουργίας της.
- Και το επιτόκιο προεξόφλησης του τραπεζικού δανείου, όπου στην περίπτωση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων είναι πιο αυξημένο λόγω του υψηλότερου επενδυτικού ρίσκου.

Το κόστος εγκατάστασης ανεμογεννητριών ανά KW, έχει μειωθεί δραστικά τις τελευταίες δεκαετίες. Το 1983 το μέσο κόστος παγκοσμίως ανέρχόταν στα 5.500 χιλιάδες δολάρια ανά KW, ενώ το 2022 το κόστος κυμαίνεται στα 1000-2000 δολάρια/KW.



Γράφημα 18 Το μέσο κόστος εγκατάστασης χερσαίων αιολικών παγκοσμίως 1984-2022 (IRENA, 2023).

Στην Ελλάδα το κόστος ανά εγκατεστημένο kW ανέρχεται περίπου στα 3.000 ευρώ, με την τιμή να εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της ανεμογεννήτριας. Σε ένα σύνηθες ευρωπαϊκό αιολικό πάρκο ο υπολογισμός του κόστους για μία εγκατεστημένη ανεμογεννήτρια, έχει ως εξής:

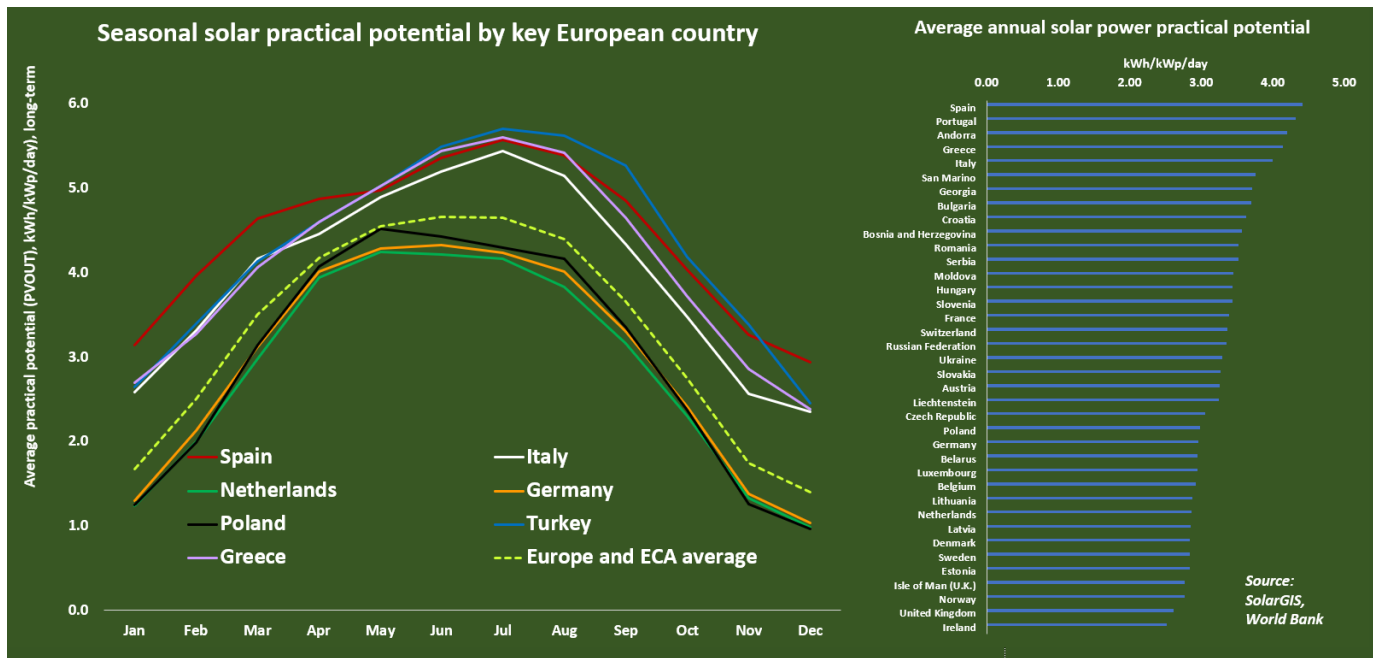
	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους (%)	Ποσοστό των υπολοίπων εξόδων (%)
Α/Γ	74-82	-
Θεμελίωση	1-6	20-25
Ηλεκτρικός εξοπλισμός (μετασχηματιστές)	1-9	10-15
Καλωδιώσεις – Ηλεκτρική Διασύνδεση	2-9	35-45
Σχεδιασμός	1-3	5-10
Γη	1-3	5-10
Κόστος Δανεισμού	1-5	5-10
Εργα Υποδομής - Δρόμοι	1-5	5-10

Πίνακας 7 Αναλυτική αποτύπωση του κόστους μίας τυπικής ευρωπαϊκής εγκατεστημένης ανεμογεννήτριας (Α. Ζέρβος και Γ. Κάραλης, 2018).

Όσον αφορά τον ελληνικό επενδυτικό τομέα στην αιολική ενέργεια, την περισσότερη εγκατεστημένη ισχύ την έχει προμηθεύσει η δανέζικη εταιρεία VESTAS με ποσοστό 46.6% της συνολικής εγχώριας αγοράς, με αμέσως επόμενη την γερμανική εταιρεία ENERCON με ποσοστό 25.5%. Επιπλέον στην πεντάδα των επιχειρηματικών ομίλων βρίσκονται η ΤΕΡΝΑ ενεργειακή με ποσοστό 15.1%, ο ΕΛΛΑΚΤΩΡ με ποσοστό 12.4%, η ENEL Green Power με ποσοστό 9.1%, η EREN με 7.3% και τέλος η Iberdrola Rokaw με 7% (HWEA Wind Energy Statistics, πρώτο εξάμηνο 2023). Οι συνολικές επενδύσεις για αιολικά έργα (υπεράκτια και χερσαία) στην Ελλάδα, εκτιμάται ότι θα φτάσουν τα 9 δις ευρώ μέχρι το 2031 (Θεοφανόπουλος Χ. και συν., 2023, σ. 48).

3.4 Ηλιακή Ενέργεια

Η Ελλάδα λόγω του μεσογειακού κλίματος της, διαθέτει πολύ υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου στις 4.143 kWh/kWp, καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, σε αντίθεση μάλιστα με τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, κυρίως τις βόρειες. Πιο συγκεκριμένα η Ελλάδα κατέχει την 4^η θέση στην Ευρώπη στις χώρες με το υψηλότερο ηλιακό δυναμικό, ενώ το 2022 βρισκόταν στην 7^η θέση πανευρωπαϊκά στην λίστα των χωρών με την μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ (5.6 GW, με τον στόχο του ΕΣΕΚ για το 2030 να βρίσκεται στα 13.4 GW), με την Γερμανία να καταλαμβάνει την 1^η θέση (68.5 GW).



Γράφημα 19 Ηλιακό δυναμικό ανάμεσα στις ευρωπαϊκές χώρες (σε kWh/kWp/day) (Reuters, 2023).

3.4.1 Φωτοβολταϊκά

Στην Ελλάδα η πρώτη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πραγματοποιήθηκε την δεκαετία του '90, όπου χρησιμοποιήθηκαν για οικιακούς σκοπούς και για μικρές επιχειρήσεις. Την επόμενη δεκαετία μετά από ορισμένα διεθνή γεγονότα, όπως το πρωτόκολλο του Κιότο, αλλά και μετά από τον νόμο Ν. 3468/2006 όπου καθορίστηκε για πρώτη φορά ένα σαφές νομοθετικό πλαίσιο για την διαδικασία και την πριμοδότηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, η παραγωγή και η εγκατάσταση τους αναπτύχθηκε ραγδαία.



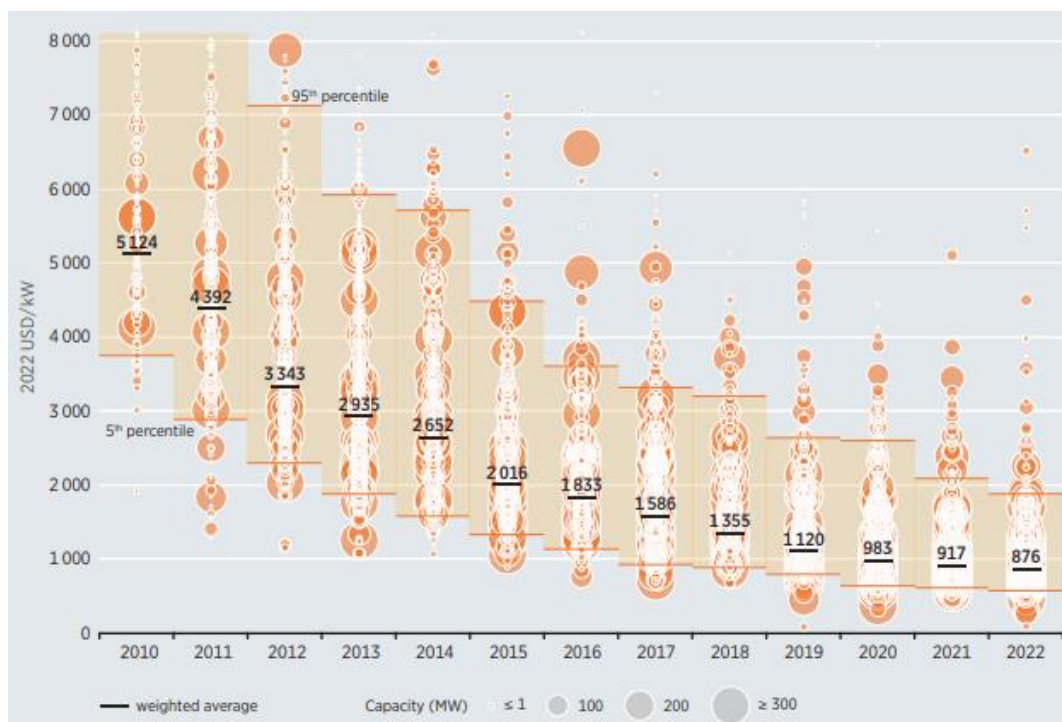
Γράφημα 20 Πορεία της συνδεδεμένης ισχύς φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα 2010-2022 (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών, 2023).

Το 2022 εγκαταστάθηκαν πιο πολλά MWp φωτοβολταϊκών, από κάθε άλλη τεχνολογία, καταλαμβάνοντας και την 10^η θέση στην Ευρώπη στην σχετική λίστα με 993 εγκατεστημένα MW. Στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, η Ελλάδα το 2022 παρήγαγε 7047 TWh φωτοβολταϊκής ενέργειας, και βρίσκεται 8^η στην σχετική λίστα ανάμεσα στις χώρες της Ευρώπης (EurObservER: Photovoltaic Barometer, 2023, σ. 4-5). Επίσης τα φωτοβολταϊκά παρήγαγαν το 39% της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης των νοικοκυριών της χώρας. Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι στο χρονικό διάστημα 2013-2018, η συνολική συνδεδεμένη ισχύς φωτοβολταϊκών παρέμεινε σταθερή, κάτι που οφείλεται κυρίως από την επιβολή των capital controls που επηρέασε αρνητικά τις επενδύσεις, ενώ το 2019 σημειώθηκε αύξηση η οποία προκλήθηκε από την έναρξη της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, την θέσπιση του αρχικού ΕΣΕΚ, αλλά και από την οικονομική ανάπτυξη γενικότερα.

Στην ελληνική αγορά κυριαρχούν τα έργα μεσαίου μεγέθους (10-1000 kWp), με ποσοστό 70.9%, με αμέσως επόμενα τα μεγάλα έργα (μεγαλύτερα του 1 MWp) με ποσοστό 21.9%, και τέλος τα μικρά έργα (μικρότερα των 10 kWp) με ποσοστό 7.2%.

3.4.2 Οικονομικά χαρακτηριστικά

Το κόστος των φωτοβολταϊκών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το μέγεθος τους (σε kWp), και ο τύπος των πάνελ (μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά και λεπτού υμενίου). Επιπρόσθετοι παράγοντες που επίσης επηρεάζουν το κόστος είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται, η περιοχή τοποθέτησης τους και η συντήρησή τους. Την τελευταία δεκαετία το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει μειωθεί σημαντικά παγκοσμίως, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην ενίσχυση των τεχνολογιών και της επιχειρηματικής ανταγωνιστικότητας.



Γράφημα 21 Πορεία του κόστους εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων παγκοσμίως (USD/kW) (IRENA, 2023).

Όπως απεικονίζεται και στο παραπάνω γράφημα, η διεθνής μέση τιμή το 2010 έφτανε τα 5124 δολάρια/kW, ενώ το 2022 τα 876 δολάρια/kW. Η μείωση αυτή οφείλεται κυρίως στην μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών πλαισίων, όπου το διάστημα 2010-2022 μειώθηκε κατά 2159 δολάρια/kW (51% της συνολικής μείωσης του κόστους Φ/Β συστημάτων).

Στην Ελλάδα η μέση τιμή εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων ανέρχεται στα 1600-2000 ευρώ ανά kW. Για παράδειγμα ένα νοικοκυριό με σχετικά μικρή ετήσια κατανάλωση 4.500 kWh, χρειάζεται ένα φωτοβολταϊκό ισχύος 3 kW, με μπαταρία 5 kWh. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το κόστος θα ανέρχεται στα 12000 ευρώ (με 24% ΦΠΑ) χωρίς επιδότηση. Ωστόσο η χρήση μπαταρίας πολλαπλασιάζει το κόστος της απαιτούμενης επένδυσης. Για παράδειγμα ένα νοικοκυριό με ετήσια κατανάλωση 9.000 kWh, σημαντική αύξηση συγκριτικά με το προηγούμενο παράδειγμα, θα χρειαστεί ένα φωτοβολταϊκό των 7 kW. Χωρίς την μπαταρία η επένδυση φτάνει περίπου στα 9.000-10.000 ευρώ. Με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών το νοικοκυριό παύει να πληρώνει την αξία του ρεύματος, η οποία ανέρχεται τον χρόνο στα 1.455 ευρώ (τιμή ανά κιλοβατώρα 0.16 ευρώ), ενώ έχει ως μοναδικό έξοδο τα 760 ευρώ των λεγόμενων μην ανταγωνιστικών χρεώσεων. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η περίοδος απόσβεσης της επένδυσης χωρίς επιδότηση υπολογίζεται στα 6-7 χρόνια, ενώ με επιδότηση 50%, ο χρόνος μειώνεται στο μισό. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί ότι η ισχύς του φωτοβολταϊκού, με τον χρόνο απόσβεσης της επένδυσης αποτελούν αντιστρόφως ανάλογα ποσά, δηλαδή για μικρές καταναλώσεις ο χρόνος απόσβεσης αυξάνεται, και αντιστρόφως.

Ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να ωφελήσει τον καταναλωτή είναι ο ενεργειακός συμψηφισμός ή net-metering, το οποίο ουσιαστικά παρέχει την δυνατότητα στον καταναλωτή να καλύψει τις ανάγκες του σε ηλεκτρική ενέργεια, και παράλληλα να χρησιμοποιεί το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε λογαριασμό ρεύματος περιλαμβάνονται οι ανταγωνιστικές χρεώσεις, οι οποίες αφορούν την τιμή της κιλοβατώρας, και οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις, οι οποίες αφορούν τομείς όπως τέλη χρήσης δικτύου, υπηρεσίες κοινής ωφέλειας κ.α. και δεν διαφοροποιούνται από πάροχο σε πάροχο. Με την χρήση του net-metering ο καταναλωτής “κερδίζει” το 100% των ανταγωνιστικών χρεώσεων και ταυτόχρονα ένα ποσοστό των ρυθμιζόμενων χρεώσεων. Για παράδειγμα εάν ένα φωτοβολταϊκό παράγει 100 kWh και εκ των οποίων 30 χρησιμοποιηθούν σε πραγματικό χρόνο και 70 διοχετευτούν στο δίκτυο, τότε ο καταναλωτής θα έχει κερδίσει το 100% των ανταγωνιστικών χρεώσεων και τι 30% των ρυθμιζόμενων. Σε περίπτωση αξιοποίησης μπαταριών το ποσοστό ταυτοχρονισμού θα αυξανόταν, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη μείωση των ρυθμιζόμενων χρεώσεων (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών: Οικιακά φωτοβολταϊκά, χ.χ.).

Οι επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά το 2022 έφτασε τα 1.08 δις ευρώ στην Ελλάδα, γεγονός που συνοδεύτηκε με την δημιουργία 14650 θέσεων εργασίας μόνο το 2022, 7990 έμμεσες και 6660 άμεσες, τις περισσότερες από το 2013, ενώ μέχρι το 2031 το ποσό αναμένεται να φτάσει τα 12 δις ευρώ (Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών: Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2022, 2023, σ. 6· Θεοφανόπουλος Χ. και συν., 2023, σ. 48).

3.4.3 Ηλιακά θερμικά συστήματα

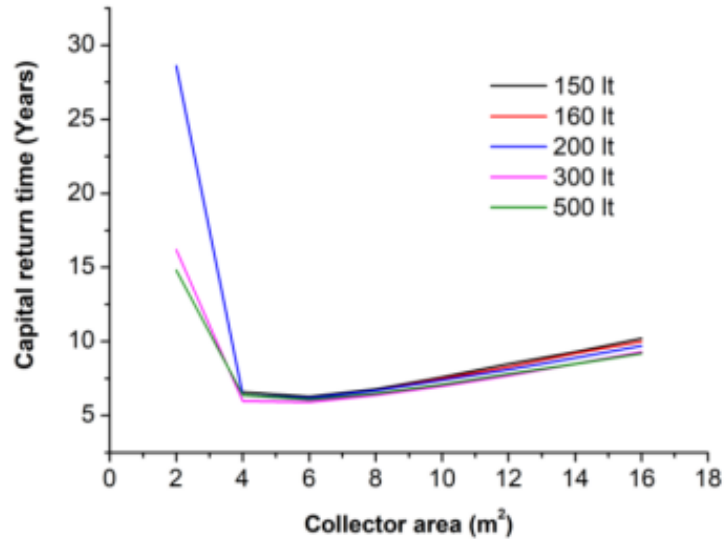
Στην Ελλάδα η χρήση ηλιακών θερμικών συστημάτων είναι πολύ δημοφιλής. Την δεκαετία το 1970 ξεκίνησε η μαζική τοποθέτηση ηλιακού θερμοσίφωνα στις ταράτσες, με σκοπό την παροχή ζεστού νερού στους κατοίκους των κτηρίων. Η Ελλάδα καταλαμβάνει την 2^η θέση πανευρωπαϊκά στην συνολική εγκατεστημένη ισχύ ηλιακών θερμικών συστημάτων με 3.808 MWth, πίσω από την Γερμανία με ισχύ 15.470 MWth, και στην χρήση ηλιακών θερμικών συστημάτων ανά 1000 κατοίκους με περίπου 400 kWth, πίσω από την Κύπρο με σχεδόν 800 kWth, ενώ μόνο το 2022 εγκαταστάθηκαν συνολικά 419.000 m² θερμικών συστημάτων (Solar Heat Europe, 2023, σ. 10). Στην Ελλάδα το μεγαλύτερο ποσοστό ηλιακών συλλεκτών είναι οι απλοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες, ενώ πραγματοποιείται και μια περιορισμένη χρήση συλλεκτών κενού.

3.4.4 Οικονομικά χαρακτηριστικά

Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

Στην Ελλάδα η απαίτηση σε ζεστό νερό χρήσης για κάθε άτομο ημερησίως υπολογίζεται στα 50 lt. Συνεπώς μία τυπική τετραμελής οικογένεια χρησιμοποιεί 200 lt ημερησίως. Το κόστος της χωρητικότητας της δεξαμενής είναι ανάλογο της χωρητικότητας της σε λίτρα, έτσι μία μικρή δεξαμενή χωρητικότητας 150 lt κοστίζει περίπου 500 ευρώ, ενώ μία μεγάλη δεξαμενή χωρητικότητας 500 lt κοστίζει περίπου 900 ευρώ. Όσον αφορά το κόστος του ηλιακού συλλέκτη, ορίζεται περίπου στα 116 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο. Στην τοποθέτηση του συστήματος περιλαμβάνονται και τα λειτουργικά κόστη, τα οποία αφορούν τα κόστη συντήρησης και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει η αντίσταση (τυπικά περίπου 4 kW), η οποία προσφέρει θερμότητα όταν η ηλιακή ενέργεια είναι ελλιπής. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι, δεδομένου ότι ο προσανατολισμός και η κλίση του συλλέκτη είναι η βέλτιστη δυνατή, όσο περισσότερο αυξάνεται η επιφάνεια των ηλιακών πάνελ, τόσο λιγότερο λειτουργεί η ηλεκτρική αντίσταση και κατά συνέπεια μειώνεται το λειτουργικό κόστος, καθώς απορροφάται περισσότερη ηλιακή ενέργεια.

Συνεπώς ο χρόνος απόσβεσης για μία συγκεκριμένη επένδυση τοποθέτησης ηλιακού θερμικού συστήματος στην Αθήνα, που απαρτίζεται από έναν ηλιακό συλλέκτη, έναν εναλλάκτη και μία δεξαμενή, με κόστος ρεύματος 0.08 ευρώ ανά κιλοβατώρα και με κόστος πετρελαίου θέρμανσης στα 0.85 ευρώ το λίτρο, εξαρτάται κυρίως από την επιφάνεια του συλλέκτη όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα. Από αυτό παρατηρούμε ότι το βέλτιστο σύστημα αποτελεί αυτό με επιφάνειά συλλέκτη 6 m² και χωρητικότητα δεξαμενής 300 lt (Ντόρτος Παναγιώτης, 2022, σ. 49-55).



Γράφημα 22 Έτη απόσβεσης της επένδυσης συναρτήσει της επιφάνειας του συλλέκτη (Ντόρτος Παναγιώτης, 2022).

Θέρμανση χώρου και ζεστό νερό χρήσης (συστήματα Combi)

Υπάρχουν πολλά συστήματα που μπορούν να παράξουν ζεστό νερό χρήσης και παράλληλα να θερμάνουν χώρους, όπως με τους τυπικούς ηλιακούς συλλέκτες, είτε με τους συλλέκτες κενού, οι οποίοι είναι σημαντικά ακριβότεροι με 312 ευρώ ανά m², ή με συλλέκτες αέρα. Ένα τέτοιο σύστημα θα περιλαμβάνει ένα δοχείο (boiler), όπου διοχετεύεται η θερμική ενέργεια από τον συλλέκτη για ζεστό νερό χρήσης, και εάν είναι αρκετή θα διοχετεύεται σε ένα δεύτερο δοχείο (buffer tank) όπου θα λειτουργεί για την θέρμανση χώρων. Για την Ελλάδα εκτιμάται ότι η απαιτούμενη συλλεκτική επιφάνεια αντιστοιχεί σε περίπου στο 20% του θερμαινόμενου χώρου, και ο όγκος αποθήκευσης είναι δεκαπλάσιος. Δηλαδή σε ένα σπίτι 100 m² χρειάζεται 20 m² ηλιακών συλλεκτών, και 1000 lt αποθήκευσης ζεστού νερού (200 lt για ζεστό νερό χρήσης και 800 lt για την θέρμανση χώρων). Το κόστος ενός τέτοιου συστήματος θα έφτανε τα 12000 ευρώ περίπου (με τιμή πετρελαίου θέρμανσης 1.010 ευρώ το λίτρο).

Γενικώς ωστόσο η πορεία του χρόνου της απόσβεσης μιας επένδυσης ηλιακού συστήματος ZNX ή συστήματος combi, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η γεωγραφική θέση της κατοικίας, η κλίση και ο προσανατολισμός των πάνελ, η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης και του ηλεκτρικού ρεύματος, και τέλος η συνολική κατανάλωση ενέργειας από τον χρήστη.

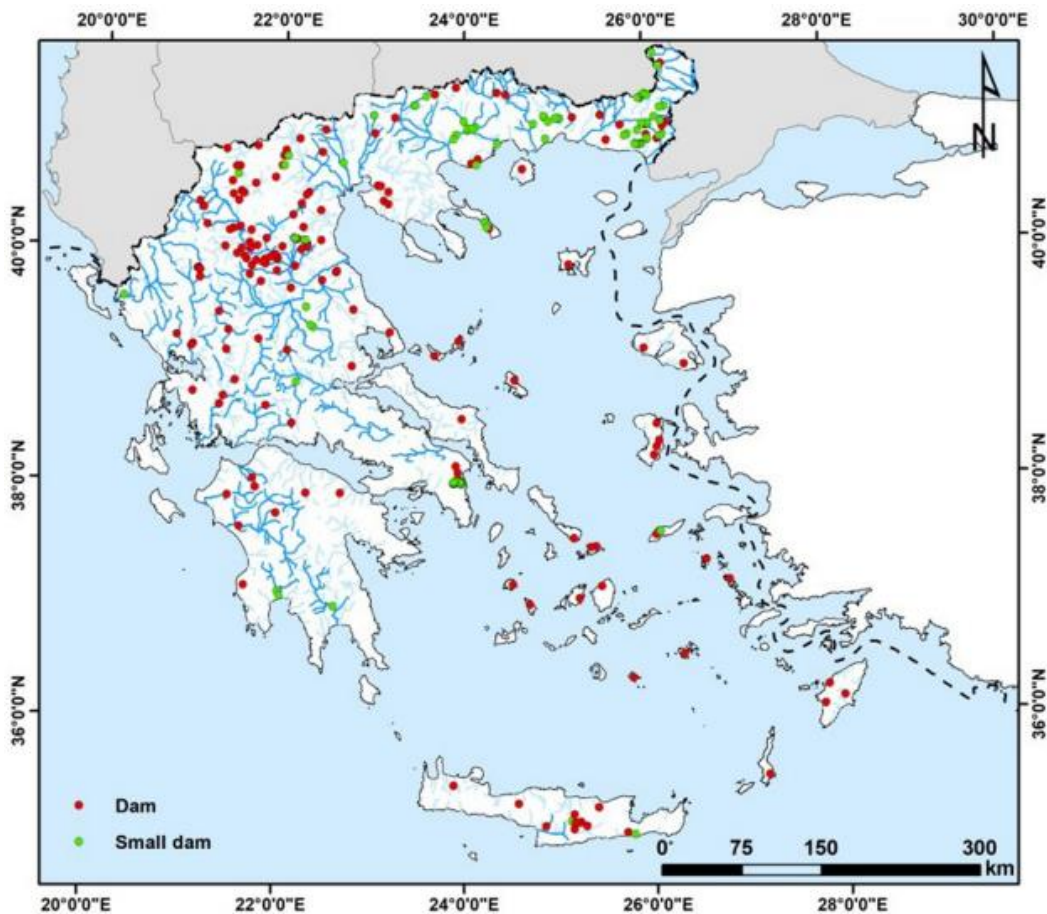
3.5 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η Ελλάδα λόγω της ορεινής γεωμορφολογίας της, διαθέτει σημαντικό υδροηλεκτρικό δυναμικό το οποίο σήμερα έχει εν μέρη αξιοποιηθεί, ειδικά στο δυτικό και βόρειο κομμάτι της χώρας. Το ετήσιο θεωρητικό υδροδυναμικό βρίσκεται στα 80 Twh, με το οικονομικά εκμεταλλεύσιμο υδροδυναμικό να βρίσκεται μόλις στις 12 Twh, και το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο στις 20 Twh. Η ουσιαστική ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής τεχνολογίας στην Ελλάδα, ξεκίνησε με την ίδρυση της ΔΕΗ το 1950. Από τότε μέχρι και το 2000, σημειώθηκε σημαντική ανάπτυξη μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων. Σήμερα υπάρχουν στην Ελλάδα 164 μεγάλα φράγματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για ποικίλους λόγους, όπως παραγωγή ενέργειας, άρδευση, ψύξη θερμοηλεκτρικών μονάδων, υδατοκαλλιέργεια κ.α. Αναλυτικά οι Μεγάλοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ΥΗΣ) της ΔΕΗ είναι οι εξής:

- Συγκρότημα Αχελώου: Κρεμαστά (1966), Καστράκι (1969), Στράτος I (1989). Με συνολική εγκατεστημένη ισχύ στα 907.2 MW.
- Συγκρότημα Αλιάκμονα: Ιλαρίων (2013), Πολύφυτο (1974), Σφηκιά (1985), Ανώματα (1985) / Άγρας (1954), Εδεσσαίος (1969). Με συνολική εγκατεστημένη ισχύ στα 1020 MW.
- Συγκρότημα Αράχθου: Πηγές Αώου (1990), Πουρνάρι I (1981), Πουρνάρι II (1999). Με συνολική εγκατεστημένη ισχύ στα 543.5 MW.
- Συγκρότημα π. Νέστου: Θησαυρός (1997), Πλατανόβρυση (1999). Με συνολική εγκατεστημένη ισχύ στα 500 MW.
- Ν. Πλαστήρας (1960) με συνολική εγκατεστημένη ισχύ στα 129.9 MW.
- Λάδωνας (1955) με συνολική εγκατεστημένη ισχύ στα 70 MW.



Εικόνα 25 Το φράγμα του Θησαυρού, ένα από τα μεγαλύτερα στην Ευρώπη (Ελληνική Επιτροπή Μεγάλων Φραγμάτων, ΕΕΜΦ).



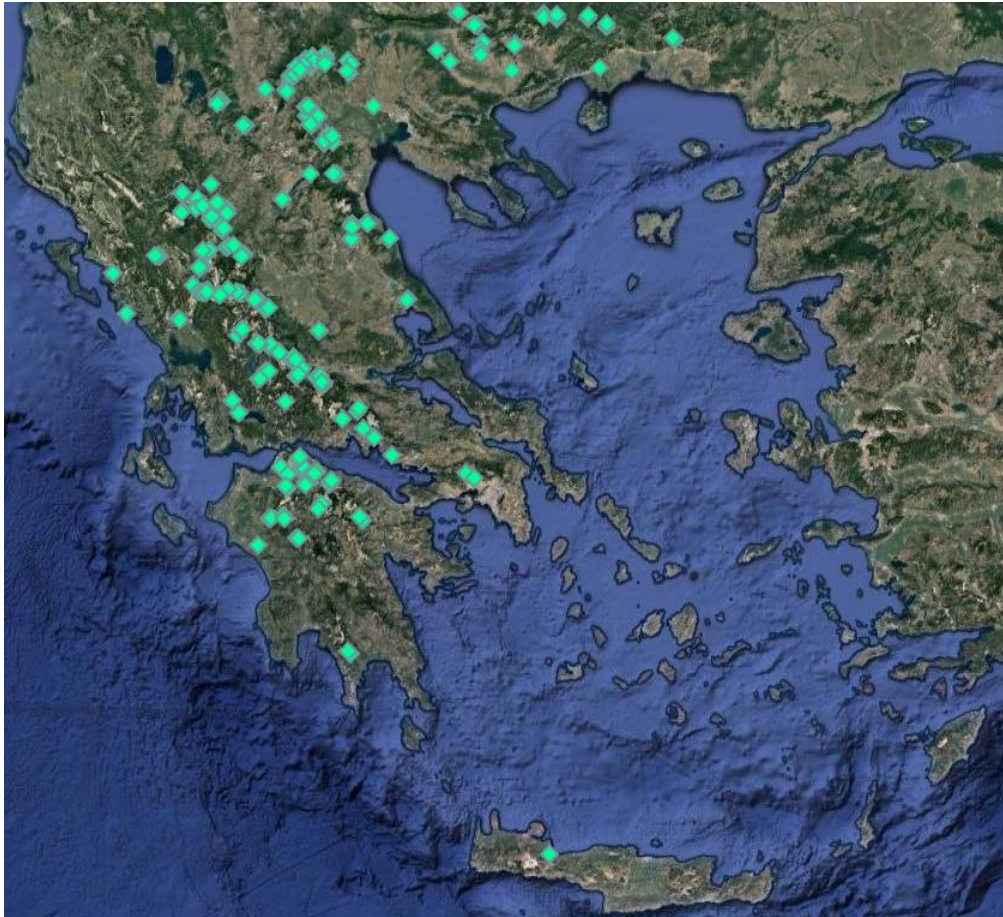
Εικόνα 26 Χάρτης 275 σημαντικών φραγμάτων στην Ελλάδα: μικρά φράγματα (πράσινο), μεγάλα φράγματα (κόκκινο) (Panagiotiou A. και συν., 2022).

Η συνολική ηλεκτροπαραγωγή από υδροηλεκτρικά έργα, το 2022 έφτασε τις 4006 GWh. Η Ελλάδα καταλαμβάνει την 14^η θέση στην λίστα της συνολικής εγκατεστημένης ισχύς ανάμεσα στις χώρες της Ευρώπης με 3421 MW (International Hydropower Association, 2022). Παράλληλα ο στόχος του ΕΣΕΚ για το 2030 φτάνει στα 3800 MW.

3.5.1 Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα

Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα τον Μάιο του 2022, υπήρχαν συνολικά 135 ΜΥΗΕ εγκατεστημένης ισχύος 256 MW σύμφωνα με τα στοιχεία του ΔΑΠΕΕΠ. Ωστόσο το ποσοστό αξιοποίησης του διαθέσιμου μικροϋδροηλεκτρικού δυναμικού στην Ελλάδα σήμερα βρίσκονται μόλις στο 12% περίπου, πολύ χαμηλότερο από τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης των 27 (ΕΣΜΥΕ, χ.χ.). Το σύνολο του οικονομικού και τεχνικού μικροϋδροηλεκτρικού δυναμικού στην χώρα υπολογίζεται περίπου στα 2.000 MW.

Στην χώρα υπάρχουν συνολικά 98 φορείς που έχουν άδεια λειτουργίας και παραγωγής ενέργειας ΜΥΗΕ. Η ΔΕΗ καταλαμβάνει την πρώτη θέση, καθώς κατέχει το 24% την συνολικής εγκατεστημένης ισχύς στην χώρα, ενώ ταυτόχρονα σε σύμπραξη με λοιπούς φορείς φτάνει και στο 27%. Αμέσως μετά ακολουθεί η ENEL GREEN POWER με εγκατεστημένη ισχύ 19.7 MW και ποσοστό 7.7%, και η ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ Α.Ε. με ισχύ 14.8 MW και με ποσοστό 5.8%.



Εικόνα 27 Μικρά υδροηλεκτρικά έργα με άδεια λειτουργίας (RAE GeoPortal, 2023).



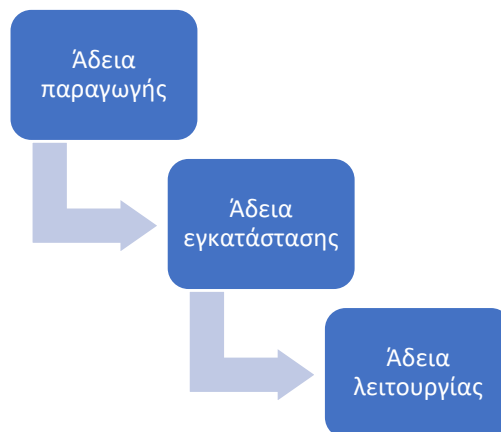
Γράφημα 23 Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΜΥΗΕ (2005-2020) (ίδια επεξεργασία).

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω ιστόγραμμα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, ακολουθούσε μία σταθερά ανοδική μέχρι και το 2008. Από το 2009 και ύστερα σημειώθηκε μία σημαντική αύξηση με μικρές διακυμάνσεις. Το 2020 η παραγωγή παρουσίασε μία απρόβλεπτη πτώση, η οποία οφείλεται στις συνθήκες ξηρασίας που επικράτησαν (UNIDO, 2022, σ. 31). Παρόλα αυτά το ίδιο έτος η λειτουργία των ΜΥΗΕ τροφοδότησε τις ενεργειακές ανάγκες 37104 ελληνικών νοικοκυριών.

3.5.2 Διαδικασία χορήγησης Άδειας λειτουργίας ΜΥΗΕ

Η ανάπτυξη των ΜΥΗΕ στην Ελλάδα παρουσιάζει υστέρηση σε σχέση με τις υπόλοιπες ΑΠΕ, καθώς ο ρυθμός ανάπτυξης τους μέχρι και το 2019 κυμαινόταν στο 2%-3%, ενώ τα φωτοβολταϊκά στο 30%. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις δυσμενείς νομοθετικές ρυθμίσεις που τις διέπουν, οι οποίες πηγάζουν από την λανθασμένη εικόνα που έχει επικρατήσει περί των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούν. Στην πραγματικότητα, η αποκλειστική ουσιώδης επίδραση ενός ΜΥΗΕ στο περιβάλλον, αποτελείται από την τοπική της γεωγραφική διάσταση και από την χρονική διάρκεια της παρέμβασης.

Γενικώς τα στάδια χορήγησης άδειας λειτουργίας ενός ΜΥΗΕ είναι τα εξής:



Εικόνα 28 Διαδικασία αδειοδότησης λειτουργίας ΜΥΗΕ (ίδια επεξεργασία).

Πιο συγκεκριμένα τα στάδια αναλύονται ως εξής:

1. Έκδοση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Εκδήλωση ενδιαφέροντος για σύνδεση του σταθμού παραγωγής στο Σύστημα/Δίκτυο.
3. Άδεια έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (ΑΕΠΟ) με ενσωματωμένη την χορήγηση έγκρισης επέμβασης (ΕΕΠ).
4. Έκδοση άδειας εγκατάστασης συνοδευόμενη από την Ενιαία Άδεια Χρήσης Νερού.
5. Έκδοση οικονομικών αδειών εάν απαιτείται εκτέλεση δομικών έργων.
6. Υπογραφή σύμβασης αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας.
7. Υπογραφή σύμβασης σύνδεσης στο σύστημα ή στο δίκτυο.
8. Δοκιμαστική περίοδος και έκδοση άδειας λειτουργίας.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά οι διαδικασίες αδειοδότησης, για ΜΥΗΕ μεταβαλλόμενης ισχύος.

$P_{\text{installed}} \leq 50 \text{ kW}$	$50 \text{ kW} < P_{\text{installed}} < 15 \text{ MW}$
Δεν απαιτείται άδεια παραγωγής , ούτε άλλη σχετική διαπιστωτική απόφαση (ν.3468/2006, αρθ.4.)	Απαιτείται άδεια παραγωγής . Η αίτηση προς την ΡΑΕ πρέπει να συνοδεύεται από τεκμηριωμένη υδρολογική μελέτη.
Πρέπει να υποβληθεί αίτηση για την διατύπωση προσφοράς σύνδεσης προς τον αρμόδιο διαχειριστή, ο οποίος και θεωρεί τα τοπογραφικά διαγράμματα αποτύπωσης του τρόπου σύνδεσης. Χορηγείται προσφορά σύνδεσης καταργήν μη δεσμευτική. Αυτή οριστικοποιείται και καθίσταται δεσμευτική μετά το τέλος της περιβαλλοντικής αδειοδότησης (έκδοση απόφασης ΕΠΟ)	
Για όλες τις κατηγορίες ΜΥΗΣ απαιτείται ΕΠΟ . Η απόφαση έγκρισης εκδίδεται κατόπιν αιτήσεως που συνδέεται από ΜΠΕ ή περιβαλλοντικής έκθεσης (εφόσον το έργο ενταχθεί στην κατηγορία Β4)	Απαιτείται ΕΠΟ . Η αίτηση πρέπει να συνοδεύεται από ΜΠΕ .
Απαιτείται Άδεια Χρήσης Νερού (ενεργειακή χρήση, ΥΑ.43504/2005, αρθ.1, §1)	Απαιτείται Ενιαία Άδεια Χρήσης Νερού και Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων (ενεργειακή χρήση, ΥΑ.43504/2005, αρθ.1, §1, αρθ.6, §3)
Εφόσον πρόκειται να εκτελεστούν δομικά έργα, απαιτούνται Οικοδομικές Άδειες	
Απαιτείται Σύμβαση Σύνδεσης - Απαιτείται Σύμβαση Αγοραπωλησίας	
Δεν απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης ή Άδεια Εκτέλεσης Έργων Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων	Απαιτείται Άδεια Εγκατάστασης . Η ΥΑ.13310/2007 δίνει την δυνατότητα υποβολής μιας αίτησης (Παρ. μέρος 1, 2, §2) για την έκδοση μιας άδειας που ενσωματώνει την Ενιαία Άδεια και την Άδεια Εγκατάστασης
Δεν απαιτείται Δοκιμαστική Λειτουργία	Απαιτείται Προσωρινή Σύνδεση για Δοκιμαστική Λειτουργία που γίνεται κατόπιν αιτήσεως προς τον αρμόδιο διαχειριστή. Εφόσον επιτευχθεί απρόσκοπτη λειτουργία 15 ημερών ο διαχειριστής εκδίδει βεβαίωση επιτυχούς περάτωσης των δοκιμών (ΥΑ 13310/2007, ΦΕΚ Β' 1153, άρθ. 14
Δεν απαιτείται ούτε Άδεια Λειτουργίας (ν.3468/2006, άρθ.8 όπως αντικαταστάθηκε με τον ν.3851/2010, άρθ.3 §2)	Απαιτείται Άδεια Λειτουργίας

Πίνακας 8 Διαδικασία χορήγησης άδειας λειτουργίας για ΜΥΗΕ ισχύος $P \leq 50 \text{ kW}$ και $50 \text{ kW} < P < 15 \text{ MW}$ (ΑΔΜΗΕ, 2023).

3.5.3 Οικονομικά χαρακτηριστικά

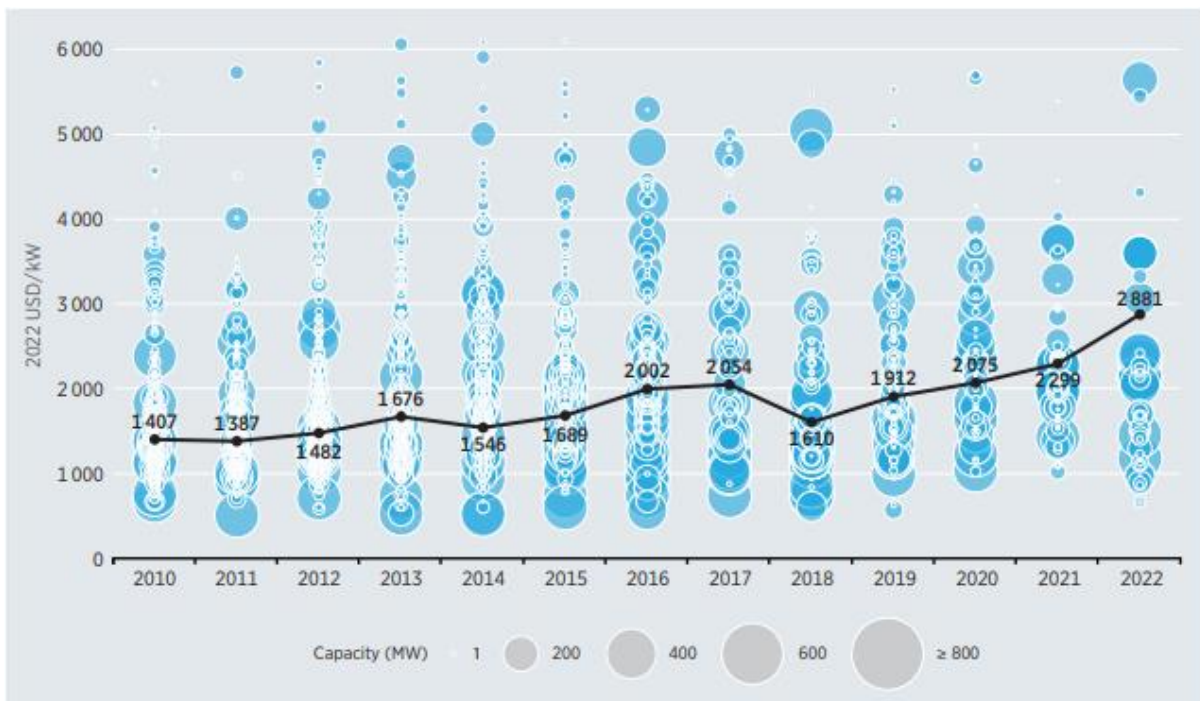
Οι κατασκευαστικές εργασίες ενός υδροηλεκτρικού έργου ποικίλλουν ανάλογα με το μέγεθος, το πεδίο εφαρμογής του έργου, και με άλλες ιδιότητες που επηρεάζονται από την τοποθεσία του έργου. Υπάρχουν επιπλέον βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν τον τύπο (Karlan, Francis, Pelton κ.α.), και το μέγεθος της τουρμπίνας που χρησιμοποιείται.

Επίσης βασικοί παράγοντες στην απόδοση ενός υδροηλεκτρικού έργου αποτελούν το “ύψος” ή αλλιώς στέψη (η πτώση του νερού από τον στρόβιλο που καθορίζεται από την θέση και τον σχεδιασμό), το μέγεθος του ταμιευτήρα, την ελάχιστη ροή κατάντη και τις εποχιακές εισροές.

Γενικά η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί τεχνολογία εντάσεων κεφαλαίου, καθώς τα έργα απαιτούν συχνά μεγάλα χρονικά διαστήματα για την ανάπτυξη, την παροχή αδειοδότησης και την κατασκευή. Πιο συγκεκριμένα πριν από την κατασκευή ενός υδροηλεκτρικού σταθμού έχουν προηγηθεί εκτεταμένες έρευνες τοποθεσίας, υδρολογικές μελέτες, και περιβαλλοντικές αξιολογήσεις, που προεκτείνουν τον χρόνο υλοποίησης του έργου, ο οποίος για μεγάλα υδροηλεκτρικά ανέρχεται στα 7-9 χρόνια.

Το συνολικό κόστος ενός υδροηλεκτρικού σταθμού αναλύεται στους εξής παράγοντες:

1. Κόστος έργων πολιτικού μηχανικού, το οποίο συνιστά κατά μέσο όρο το 45% του συνολικού κόστους του έργου. Σε αυτό υπάγονται η κατασκευή του σταθμού (φράγμα, ταμιευτήρας), κατασκευή υποδομών πρόσβασης στην τοποθεσία, έργα που σχετίζονται με τον μετριασμό των περιβαλλοντικών ζητημάτων, εκσκαφές, και διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες.
2. Κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, το οποίο συνιστά κατά μέσο όρο το 33% του συνολικού κόστους του έργου. Σε αυτά περιλαμβάνονται το κόστος της τουρμπίνας, της γεννήτριας, των μετασχηματιστών, της καλωδίωσης και των απαιτούμενων συστημάτων ελέγχου.
3. Κόστος σύνδεσης στο δίκτυο, το οποίο συνιστά κατά μέσο όρο το 6% του συνολικού κόστους του έργου. Γενικά αποτελεί μία προσυμφωνημένη τιμή και καθορίζεται από τον διαχειριστή του δικτύου μεταφοράς της ενέργειας.
4. Κόστος σχεδιασμού και μελέτης, το οποίο συνιστά κατά μέσο όρο το 16% του συνολικού κόστους του έργου.



Γράφημα 24 Πορεία του κόστους κατασκευής υδροηλεκτρικών έργων παγκοσμίως (USD/kW) (IRENA, 2023).

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω γράφημα μετά το 2018, παρατηρείται μία σημαντική αύξηση στο κόστος εγκατάστασης ανά κιλοβατώρα. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι πολλές χώρες αναπτύσσουν υδροηλεκτρικά έργα σε περιοχές που παρουσιάζουν δυσμενείς συνθήκες, όπως το ότι είναι απομακρυσμένες από τις υπάρχουσες υποδομές, ή από το δίκτυο μεταφοράς, με αποτέλεσμα υψηλότερο υλικοτεχνικό κόστος, καθώς και αύξηση του κόστους σύνδεσης στο δίκτυο. Μπορεί επίσης να βρίσκονται σε περιοχές με πιο δύσκολες γεωλογικές συνθήκες, απαιτώντας έτσι πιο εκτεταμένες και δαπανηρές εργασίες για την κατασκευή του έργου (IRENA, 2023, σ. 152-158).

Επιπλέον εκτός του αρχικού κόστους υπάρχει και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας ενός υδροηλεκτρικού σταθμού (O_c). Αυτά αποτελούνται κυρίως από το

κόστος του προσωπικού (E_c), το κόστος των επισκευών και της λειτουργίας (R_c), και τα επιχειρησιακά-λοιπά κόστη (A_c), τα οποία περιλαμβάνουν τα κόστη οφειλών, φόρους και ασφάλιστρα, πληρωμές δικαιωμάτων αξιοποίησης υδάτινων πόρων, το κόστος απρόβλεπτων επισκευών κ.α.. Συνεπώς το κόστος συντήρησης και λειτουργίας μπορεί να περιγράψει από την εξίσωση (Krishna Kumar και R.P. Saini, 2022, σ. 4-6):

$$O_c = R_c + E_c + A_c$$

Κάτι που αξίζει να σημειωθεί είναι, ότι το λειτουργικό κόστος των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών είναι μικρότερο από των θερμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής, λόγω της απουσίας ανάγκης αγοράς καυσίμων.

Στην Ελλάδα το αρχικό κόστος ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου ανέρχεται στα 1300-1500 ευρώ ανά κιλοβατώρα (έρευνα αγοράς), με το μεγαλύτερο κομμάτι του κόστους να καταλαμβάνει ο υδροστρόβιλος και ο αγωγός πτώσης, ενώ ο χρόνος ζωής ενός ΜΥΗΕ φτάνει μέχρι και τα 50 χρόνια.

Οι συνολικές επενδύσεις σε Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα μέχρι το 2031 στην Ελλάδα, αναμένεται να φτάσουν τα 150 εκατ. ευρώ (Θεοφανόπουλος Χ. και συν., 2023, σ. 48).

3.6 Βιομάζα

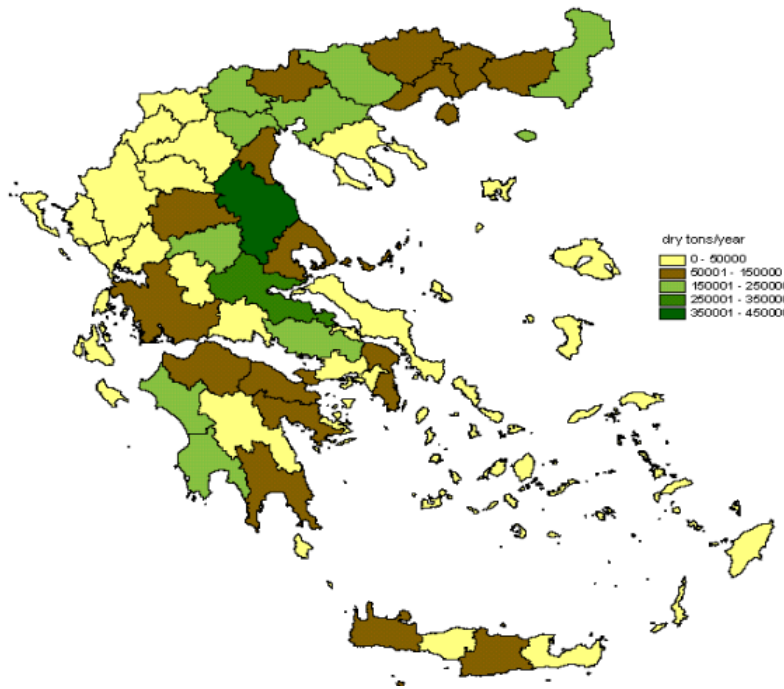
Η Ελλάδα δεν έχει αξιοποιήσει σχεδόν καθόλου το πλούσιο δυναμικό της σε βιομάζα, γεγονός που την τοποθετεί στις τελευταίες θέσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης στις σχετικές λίστες. Υπολογίζεται ότι εάν αξιοποιούταν το τεχνικό δυναμικό της χώρας σε βιομάζα, θα μπορούσε να καλύψει το $\frac{1}{4}$ των συνολικών αναγκών του πληθυσμού σε ηλεκτρική ενέργεια. Συνοπτικά για το 2022, το θεωρητικό δυναμικό της Ελλάδας σε βιομάζα ανέρχεται στους 30 εκατ. τόνους, ενώ η εγκατεστημένη ισχύς στα 109 MW, 20^η στην ΕΕ (1^η η Γερμανία με 9880 MW) (IRENA: Renewable Energy Capacity Statistics, 2023, σ. 31). Το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας αποτελείται από 7.5 εκατ. τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών και 2.7 εκατ. τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας. Αναλυτικά:

- **Βιοαέριο:** Στην Ελλάδα λειτουργούν 99 μονάδες βιοαερίου με συνολική ισχύ που φτάνει τα 116 MW, ενώ το 2022 παρήχθησαν συνολικά 517.8 GWh ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο (68.6 GWh από μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας, και 449.2 από μονάδες Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού – Θερμότητας (ΣΗΘ)). Οι μονάδες σχετίζονται με την λειτουργία ΧΥΤΑ ή Κέντρων επεξεργασίας λυμάτων. Η χρήση βιοαερίου στην Ελλάδα μπορεί να βελτιωθεί δραστικά, καθώς η χώρα διαθέτει πλούσιο δυναμικό σε κτηνοτροφικά απόβλητα (24 εκατ. τόνους ανά έτος), και σε αστικά απόβλητα (2 εκατ. τόνους ανά έτος), κυρίως στην Αττική και στην Θεσσαλονίκη. Επιπλέον λόγω του σχεδίου REPowerEU, αναμένεται να αντικατασταθεί το εισαγόμενο Ρωσικό φυσικό αέριο, από την παραγωγή βιομεθανίου. Αυτό θα προκαλέσει αναθεώρηση του ΕΣΕΚ, με στόχο την

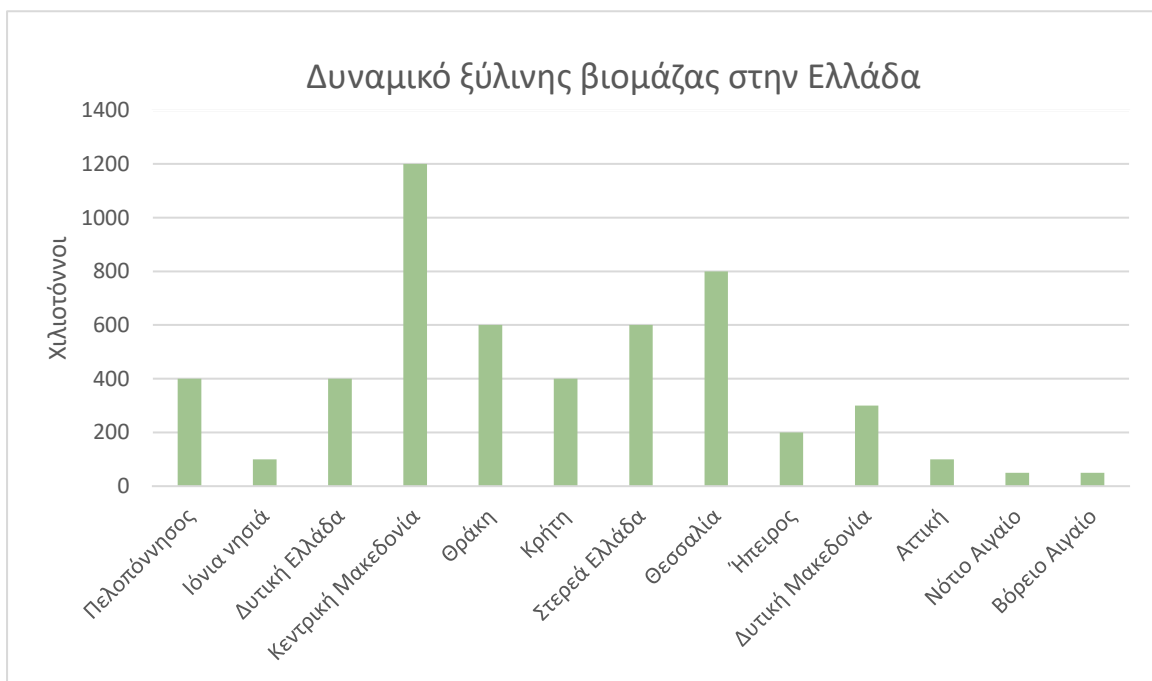
παραγωγή 1.5 έως 1.7 TWh βιομεθανίου έως το 2030, το οποίο προβλέπεται να υλοποιηθεί με την μετατροπή μερικών από των υφιστάμενων σταθμών βιοαερίου, και την εγκατάσταση νέων στις Σέρρες και την Ημαθία (σε πιλοτικό στάδιο).

- Υγρό βιοκαύσιμα: Η Ελλάδα υστερεί σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέλη τις ΕΕ στην παραγωγή βιοκαυσίμων. Το μοναδικό υγρό βιοκαύσιμο που παράγεται εγχώρια αποτελεί το βιοντίζελ, το οποίο και αυτό αποτελεί καύσιμο πρώτης γενιάς, ενώ η παραγωγή βιοαιθανόλης βρίσκεται ακόμη σε ένα πολύ πρωτόγονο στάδιο, καθώς δεν υπάρχει ακόμη μονάδα παραγωγής στην χώρα, γεγονός που οφείλεται κυρίως στις τεχνικές δυσχέρειες που παρουσιάζει η παραγωγή της βιοαιθανόλης σε σύγκριση με το βιοντίζελ. Η εικόνα αυτή της χώρας, αντιτίθεται με εκείνη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ είχε επιβάλλει 10% διείσδυση των ΑΠΕ έως το 2020, στον τομέα των μεταφορών, ενώ στην Οδηγία 2018/2001 (Renewable Energy Directive II), περιλαμβάνεται η αναθεωρημένη επιβολή διείσδυσης κατά 14% των ΑΠΕ στις μεταφορές μέχρι και το 2030. Η παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα ανέρχεται στα 140 χιλιάδες χιλιόλιτρα τον χρόνο, ενώ υπάρχουν 16 εργοστάσια παραγωγής βιοντίζελ και 5 εταιρείες εισαγωγής (δεδομένα 2020). Για την παραγωγή βιοντίζελ στην χώρα χρησιμοποιείται κατά 86% ο ηλίανθος, κατά 10% η ελαιοκράμβη και κατά 4% η σόγια. Το έτος 2019 στην Ελλάδα καταναλώθηκαν συνολικά 199.5 ktoe (kilotonnes of oil equivalent) υγρών βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών, καταλαμβάνοντας την 16^η θέση πανευρωπαϊκά (EurObservER, 2023).
- Στερεά βιοκαύσιμα: Στην Ευρώπη τα στερεά βιοκαύσιμα κατέχουν το μεγαλύτερο μερίδιο βιοενέργειας με ποσοστό 70.3% (υγρά βιοκαύσιμα 12.9%, βιοαέριο 10.1%). Ωστόσο στην Ελλάδα η εικόνα δεν είναι ανάλογη, καθώς η αξιοποίηση στερεής βιομάζας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνιστά ένα πρωτόγνωρο, για τα ελληνικά δεδομένα, κλάδο. Το έτος 2022 στην Ελλάδα παρήχθησαν συνολικά 0.797 Mtoe στερεών βιοκαυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τοποθετώντας την στην 22^η θέση πανευρωπαϊκά (EurObservER, 2022).
- Συσώματα ξύλου (pellets): Η αγορά pellet στην Ελλάδα είναι σχετικά μικρή. Μάλιστα είναι από τις μικρότερες στην Ευρώπη, καθώς η ετήσια παραγωγή της είναι μικρότερη από 100 χιλιάδες τόνους. Ωστόσο το ετήσιο δυναμικό της ξεπερνάει τους 130 χιλιάδες τόνους, γεγονός που φανερώνει ότι υπάρχουν περιθώρια για περαιτέρω αξιοποίηση τους στο εγχώριο ενεργειακό μείγμα (Bioenergy Europe, 2023).
- Προηγμένα συνθετικά καύσιμα: Πρόκειται για ένα από τα πιο διαδεδομένα καύσιμα του μέλλοντος. Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει σημαντική παραγωγή τους στην Ευρώπη, η οποία παρόλα αυτά ηγείται παγκοσμίως στον τομέα. Οι περισσότερες μονάδες παραγωγής βρίσκονται στην Φιλανδία, την Σουηδία και την Ιταλία (Hurtig O. και συν., 2022, σ. 53). Αυτή την στιγμή στην Ελλάδα δεν υπάρχει παραγωγή προηγμένων συνθετικών βιοκαυσίμων, κυρίως λόγω του περιορισμού στην διαθεσιμότητα σε πρώτη ύλη, αλλά και στο κόστος παραγωγής, το οποίο αναμένεται να μειωθεί στην επόμενη δεκαετία. Στο νέο

αναθεωρημένο ΕΣΕΚ προβλέπεται ότι το 1/3 των αναγκών σε καύσιμα θα προέρχεται από προηγμένα καύσιμα για το 2030, τα οποία θα προέρχονται από λιγνοκυτταρινική βιομάζα.



Εικόνα 29 Τεχνικά διαθέσιμο δυναμικό των γεωργικών υπολειμμάτων (ΚΑΠΕ, 2017).



Γράφημα 25 Δυναμικό Ξύλινης βιομάζας στην Ελλάδα σε χιλιοτόνους (ίδια επεξεργασία).

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται η πορεία της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα-βιοαέριο στην Ελλάδα. Όπως παρατηρείται υπάρχει μία σταθερή εξέλιξη, η οποία αναμένεται να επικρατήσει και τα επόμενα χρόνια.



Γράφημα 26 Εξέλιξη της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα-βιοαέριο (ίδια επεξεργασία, δεδομένα από ΔΑΠΕΕΠ).

Δεδομένης της υποανάπτυκτης εικόνας της αξιοποίησης της βιομάζας στην Ελλάδα, υπάρχει ένα σημαντικό επενδυτικό όφελος, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε πολλές νέες θέσεις εργασίας, αλλά και σε ενίσχυση της τοπικής οικονομικής δραστηριότητας. Εξάλλου η βιομάζα κατέχει τις περισσότερες πράσινες θέσεις εργασίας από οποιαδήποτε άλλη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας παγκοσμίως.

Ωστόσο προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη αξιοποίηση της, χρειάζεται να πραγματοποιηθεί μία πιο βελτιωμένη ενεργειακή εκμετάλλευση βιοαποικοδομήσιμων και γεωργικών υπολειμμάτων, αποβλήτων και λυμάτων. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων αφήνονται στο περιβάλλον, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την άμεση υπονόμηση του, αλλά και την σπατάλη αποδοτικών ενεργειακών πηγών. Ενδεικτικό πρόβλημα στην εκμετάλλευση της βιομάζας σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης, αποτελεί το γεγονός ότι η ελληνική βιομηχανία απαρτίζεται από μικρές και διάσπαρτες μονάδες, με αποτέλεσμα την ελλιπή αξιοποίηση του θεωρητικού δυναμικού. Ορισμένες προτάσεις για την καλύτερη αξιοποίηση της βιομάζας αποτελούν οι εξής:

- Εγκατάσταση μονάδων βιοαερίου (όπως αναερόβιοι χωνευτήρες) σε περιοχές με έντονη κτηνοτροφική δραστηριότητα, με σκοπό την παραγωγή βιοαερίου. Αυτό θα επέφερε, κυρίως τοπικά, άμεσα περιβαλλοντικά οφέλη, ενίσχυση της οικονομίας, ειδικά για τους κτηνοτρόφους οι οποίοι μειώνουν ραγδαία τα κόστη τους, και ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση, η οποία αποτελεί ένα ζήτημα μείζονος σημασίας στην Ελλάδα λόγω της πληθώρας των μη διασυνδεδεμένων νησιών.

- Απομάκρυνση υπολειμμάτων υλοτομίας από τα δάση και συγκέντρωση τους σε συγκεκριμένες τοποθεσίες κάθε περιοχής, με σκοπό την αξιοποίηση τους για παραγωγή ενέργειας. Ο «καθαρισμός» αυτός των δασών σημαίνει και μείωση της εύφλεκτης ύλης, με αποτέλεσμα την επίτευξη μικρότερης πιθανότητας εξάπλωσης των πυρκαγιών. Η συγκεκριμένη πρόταση αναφέρεται συνοπτικά στο νέο αναθεωρημένο ΕΣΕΚ.
- Εντατικοποίηση της αξιοποίησης των αστικών απορριμμάτων, ιδίως των μικρότερων δήμων, για παραγωγή βιοαερίου ή βιοκαυσίμων. Στην Ελλάδα υπάρχουν μονάδες βιοαερίου που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη αγορασμένα υποπροϊόντα και λύματα αντί να χρησιμοποιούν αυτά που συλλέγονται δωρεάν (Ηλίας Π. Παπαγεωργιάδης, 2023).

Οι συνολικές επενδύσεις στην βιομάζα, συμπεριλαμβανομένων και των υγρών βιοκαυσίμων, μέχρι το 2031 στην Ελλάδα, αναμένεται να φτάσουν τα 750 εκατ. ευρώ (Θεοφανόπουλος Χ. και συν., 2023, σ. 48).

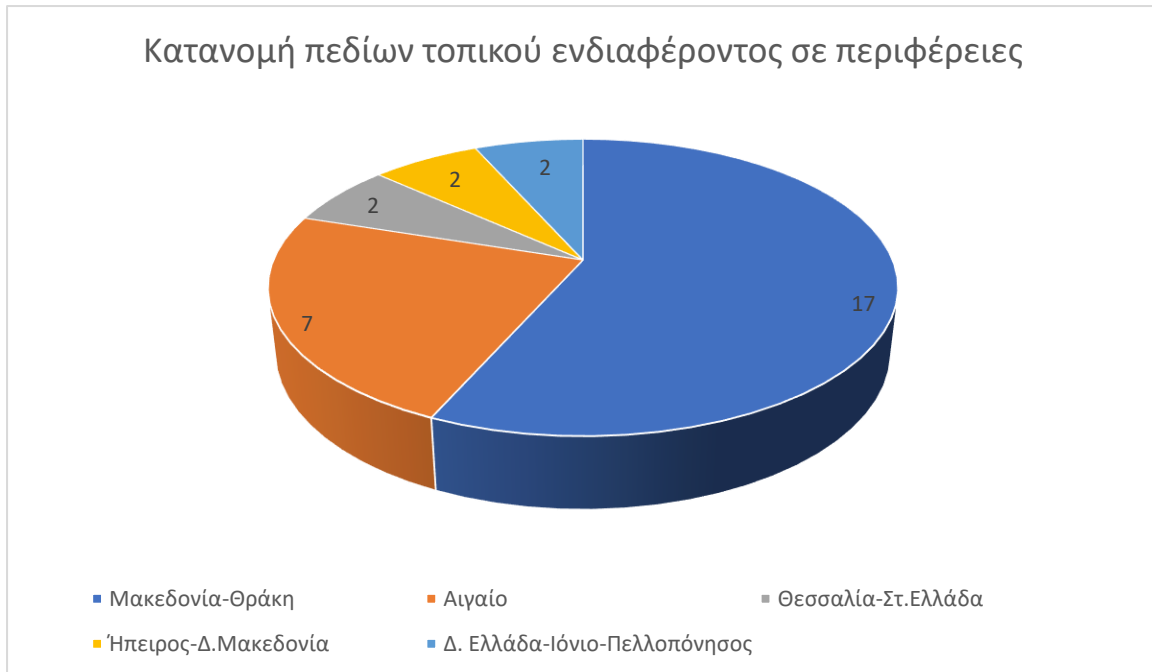
3.7 Γεωθερμική Ενέργεια

Η Ελλάδα κατέχει εξέχουσα θέση στην Ευρώπη όσον αφορά την ύπαρξη υποσχόμενων γεωθερμικών πόρων. Ωστόσο αυτή την στιγμή στην χώρα δεν υπάρχει μονάδα ηλεκτροπαραγωγής μέσω γεωθερμίας, παρόλο που η τεχνολογία υπάρχει διεθνώς πολλά χρόνια και αποτελεί ώριμη πλέον τεχνολογική εφαρμογή. Στην ΕΕ το 2022, η εγκατεστημένη ισχύς ανερχόταν στα 892 MW, ενώ η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έφτασε τις 6.717 GWh. Η μέχρι σήμερα αξιοποίηση της γεωθερμίας εγχώρια αφορά κυρίως άμεσες και θερμικές χρήσεις, όπως θερμοκήπια, ξήρανση καλλιεργειών, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, ιαματικά λουτρά κ.α.. Στόχος της Ελλάδας, όπως αναφέρεται στο νέο αναθεωρημένο ΕΣΕΚ, αποτελεί μέχρι το 2030 να διεξαχθεί έρευνα για τα γεωθερμικά πεδία της χώρας, αλλά και να επιτευχθεί ανάπτυξη δυναμικού τουλάχιστον 100 Mwe.

3.7.1 Δυναμικό

Η Ελλάδα, όπως και άλλες μεσογειακές χώρες όπως η Ιταλία και η Τουρκία, διαθέτει μεγάλο δυναμικό γεωθερμικής ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος της χώρας βρίσκεται σε μία περιοχή γεωδυναμικά πολύ ενεργή, λόγω της μετακίνησης της αφρικανικής πλάκας προς την ευρασιατική πλάκα, προκαλώντας έτσι ενεργή ηφαιστειότητα. Μάλιστα από τις αρχές τις δεκαετίας του '70, έχουν εντοπιστεί διάφορα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας (με θερμοκρασία ρευστών > 150°C) σε όλη την χώρα, τα οποία είναι εξαιρετικά σπάνια καθώς στην Ευρώπη υπάρχουν μόλις ακόμη δύο χώρες που διαθέτουν τέτοια πεδία. Γενικά το δυναμικό των γνωστών πεδίων χαμηλής θερμοκρασίας εκτιμάται ότι υπερβαίνει τους 220 χιλιάδες τόνους ισοδύναμου πετρελαίου ανά έτος (Andritsos N. και συν., 2009, σ. 1).

Επιπλέον, άλλες περιοχές μέσης (90-150°C) ή υψηλής ενθαλπίας εντοπίστηκαν έπειτα από έρευνες στα νησιά Κίμωλος, Κως, Λέσβος, Χίος, Σαμοθράκη, Πολύαιγος, Γυαλί, και στα Μέθανα και Σουσάκι. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι βάση εθνικής νομοθεσίας, τα γεωθερμικά πεδία στην χώρα κατηγοριοποιούνται σε τοπικού (με θερμοκρασία 30-90°C) και εθνικού (με θερμοκρασία > 90°C) ενδιαφέροντος. Αναλυτικά, τα πεδία τοπικού ενδιαφέροντος απαριθμούν τα 30 και στην πλειοψηφία τους βρίσκονται στην Μακεδονία-Θράκη.



Γράφημα 27 Κατανομή πεδίων τοπικού ενδιαφέροντος σε περιφέρειες (ίδια επεξεργασία).

3.7.2 Πρόσφατες εξελίξεις

Τα τελευταία χρόνια οι γεωθερμικές δραστηριότητες στην χώρα, αφορούν την εντατική έρευνα για την αναζήτηση πόρων χαμηλών θερμοκρασιών, κυρίως από την Ελληνική Αρχή Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών (ΕΑΓΜΕ), την ανάπτυξη μεγάλων εταιρικών θερμοκηπίων γεωθερμικής θέρμανσης της Selecta Hellas και της Thrace Greenhouses, και την επέκταση της αγοράς γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Οι συνολικές επενδύσεις για εφαρμογές χαμηλής ενθαλπίας (εκτός των ΓΑΘ) έφτασαν τα 6 εκατομμύρια ευρώ ετησίως για το διάστημα 2019-2022. Λοιπά τμήματα της αγοράς, όπως οι μικρές γεωργικές μονάδες, οι υδατοκαλλιέργειες και τα ιαματικά λουτρά, δεν παρουσίασαν βελτιώσεις κυρίως λόγω οικονομικής κρίσης και της πανδημίας COVID-19.

Όσον αφορά τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, κινούμενη παράλληλα με τους στόχους του ΕΣΕΚ, η θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ, ΔΕΗ Ανανεώσιμες, προχώρησε σε στρατηγική συνεργασία με την εταιρεία ΗΛΕΚΤΩΡ Α.Ε. για την ανάπτυξη γεωθερμικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής σε περιοχές υψηλής ενθαλπίας, στην νήσο Μήλο-Κίμωλο, η οποία αναμένεται ότι θα λειτουργήσει έως το 2025, στην Λέσβο, στην Νίσυρο και στην χερσόνησο των Μεθάνων. Σε καθεμία από αυτές

προγραμματίζεται ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής ισχύος 5 Mwe. Η συνεργασία θα πραγματοποιηθεί μέσω της κοινής θυγατρικής εταιρείας «Geothermal Objective II», η οποία ανήκει κατά 51% στην ΗΛΕΚΤΩΡ και κατά 49% στην ΔΕΗ Ανανεώσιμες. Το συνολικό επενδυτικό χρηματικό ποσό ανέρχεται στα 120 εκατ. ευρώ, από τα οποία τα 70 εκατ. θα δοθούν για γεωθερμική έρευνα και τα υπόλοιπα 50 εκατ. για την ανάπτυξη σταθμών ηλεκτροπαραγωγής (Mendrinou D. και συν., 2022, σ. 1).

Συνοψίζοντας, το τοπίο της γεωθερμικής ενέργειας αυτή την στιγμή στην χώρα αφορά αποκλειστικά την θερμική χρήση. Για το τέλος του 2021, η εγκατεστημένη ισχύς γεωθερμίας διαμορφώνεται ως εξής:

Χρήση	Εγκατεστημένη ισχύς (MWth)
Τηλεθέρμανση	17
Θερμότητα στην γεωργία και βιομηχανία	24
Θέρμανση κτηρίων	2
Λουτροθεραπεία	43
Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας	182

Πίνακας 9 Η θερμική χρήση της γεωθερμίας στην Ελλάδα (Mendrinou D. και συν., 2022).

Η χρήση της γεωθερμίας στον τομέα της γεωργίας, απευθύνεται κυρίως στην εφαρμογή τους στα θερμοκήπια, ενώ άλλοι τομείς όπως η ξήρανση τροφίμων, η θέρμανση χώρων και οι υδατοκαλλιέργειες διαθέτουν πολύ περιορισμένο αριθμό εγκατεστημένης ισχύος. Ο ακριβής υπολογισμός των δεδομένων στον τομέα της λουτροθεραπείας αποτελεί μία δύσκολη διαδικασία, καθώς δεν υπάρχει συστηματική καταγραφή των απαραίτητων στοιχείων. Στην Ελλάδα αυτή την στιγμή υπάρχουν περισσότερα από 70 κέντρα λουτροθεραπείας και spa, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν 25 εξωτερικές πισίνες με γεωθερμικό νερό. Επιπλέον υπάρχουν 100 θερμές πηγές σε όλη την χώρα, εκ των οποίων οι 80 έχουν χαρακτηριστεί ως ιαματικές.

Ο πιο δυναμικός τομέας γεωθερμίας στην χώρα, είναι αυτός των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Γενικός η αβαθής γεωθερμία (θερμοκρασία <30°C) μπορεί να υπάρξει οπουδήποτε και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση, ψύξη και ζεστό νερό χρήσης. Ταυτόχρονα λόγω της ώριμης τεχνολογίας τους, του απλούστερου νομικού πλαισίου που τις διέπει και του μειωμένου κόστους συντήρησης, σε συνδυασμό με την πρόσφατη νομοθεσία της ΕΕ, η αγορά τους διεισδύει όλο και περισσότερο στα ελληνικά δεδομένα. Στο τέλος του 2021 υπήρχαν σε λειτουργία συνολικά 3878 αντλίες, ενώ εκτιμάται ότι κάθε χρόνο πραγματοποιούνται περίπου 180 νέες εγκαταστάσεις (Mendrinou D., 2022, σ. 2-3).

Οι συνολικές επενδύσεις στον τομέα της γεωθερμίας (υψηλής και μέσης ενθαλπίας) μέχρι το 2031 στην Ελλάδα, αναμένεται να φτάσουν τα 500 εκατ. ευρώ, τα λιγότερα από οποιαδήποτε άλλη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας (Θεοφανόπουλος Χ. και συν., 2023, σ. 48).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Επαγγέλματα στις ΑΠΕ

Είναι δεδομένο ότι η κυκλική οικονομία, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των ΑΠΕ μπορεί να προσφέρει μία ποικιλία από νέες θέσεις εργασίας, σε πολλές από τις οποίες μάλιστα δεν απαιτείται ακαδημαϊκή/τριτοβάθμια εκπαίδευση. Ενδιαφέρον έχει η συζήτηση που αφορά, την διαφορά που υπάρχει στον εργασιακό τομέα ανάμεσα στις ανανεώσιμες πηγές και στα συμβατικά καύσιμα.

Ήδη σε πολλές ηπείρους διεθνώς, η απασχόληση στον τομέα της καθαρής ενέργειας έχει ξεπεράσει, σε αριθμό εργαζομένων, τον τομέα των συμβατικών καυσίμων. Επιπλέον σύμφωνα με πολλές έρευνες, η επένδυση ενός εκατ. δολαρίων δημιουργεί κατά μέσο όρο 7.49 πράσινες θέσεις εργασίας πλήρους απασχόλησης, ενώ στον τομέα των ορυκτών καυσίμων ο αριθμός περιορίζεται στις 2.65 θέσεις εργασίας, άμεσες και έμμεσες. Αυτό συμβαίνει κυρίως, λόγω του ότι οι διαδικασίες εξόρυξης πετρελαίου και άνθρακα, αφορούν δραστηριότητες εντάσεων κεφαλαίου, ενώ από την άλλη οι βιομηχανίες πράσινης ενέργειας είναι εντάσεως εργασίας (παραγωγή και εγκατάσταση συστημάτων, συντήρηση κ.α.). Παράλληλα η ταχεία επέκταση των ΑΠΕ τα τελευταία χρόνια, συνδέεται με την δημιουργία 3 πράσινων θέσεων εργασίας, για κάθε θέση που χάνεται στον τομέα των ορυκτών καυσίμων (Heidi Garrett-Peltier, 2017, σ. 1).

Ωστόσο αξίζει να σημειωθεί, ότι η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνδέεται σημαντικά με τις κρατικές επιδοτήσεις και τα κίνητρα που προσφέρονται, κυρίως στην περίπτωση της αυτοπαραγωγής. Γενικά όσο πιο ψηλό είναι το κόστος της επένδυσης, τόσο πιο σημαντικές είναι οι κρατικές επιδοτήσεις. Συνεπώς η τυχόν διακοπή τους, πριν την ωρίμανση της τεχνολογίας, ενδέχεται να επηρεάσει την υγιή ανάπτυξη τους.

4.1 Αιολική Ενέργεια

Το 2022 στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο τομέας της αιολικής ενέργειας απασχολούσε περισσότερο από 298 χιλιάδες εργαζόμενους, με το 63% να αφορά την άμεση απασχόληση. Ταυτόχρονα λόγω του σχεδίου REPowerEU, ο αριθμός προβλέπεται ότι θα αυξηθεί μέχρι το 2030 στους 936 χιλιάδες εργαζόμενους.

Το μεγαλύτερο ποσοστό στο συνολικό μερίδιο της απασχόλησης, καταλαμβάνει ο τομέας της κατασκευής τουρμπινών (50%), με αμέσως επόμενο τον τομέα της κατασκευής εξαρτημάτων τουρμπίνας (33.3%). Τομείς με λιγότερα ποσοστά αφορούν την εγκατάσταση τουρμπινών (8%), και διάφορες άλλες άμεσες θέσεις εργασίας (8%), όπως σύμβουλοι, ερευνητές, ιδιοκτήτες σταθμού, οικονομολόγοι κ.α.. Ο τομέας της συντήρησης δεν καταλαμβάνει μεγάλο μερίδιο, ωστόσο με την πάροδο των ετών και με την μείωση της αποδοτικότητας των τουρμπινών, οι δραστηριότητες συντήρησης αναμένεται να αυξηθούν (Oscar Fitch-Roy, 2013, σ. 10).

4.1.1 Ειδικότητες

Στο σημείο αυτό θα πραγματοποιηθεί μία σύντομη περιγραφή των επαγγελματιών που δραστηριοποιούνται στον τομέα της αιολικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για επαγγέλματα πλήρους απασχόλησης, και σχετίζονται με την κατοχή προπτυχιακού, μεταπτυχιακού και διδακτορικού τίτλου. Επιπλέον αποτελούν ειδικότητες που σχετίζονται άμεσα με την αιολική ενέργεια. Για την καλύτερη οργάνωση, τα επαγγέλματα θα χωριστούν σε 3 φάσεις: κατασκευή, ανάπτυξη έργου, και λειτουργία και συντήρηση.

Κατασκευή: Η φάση της κατασκευής περιλαμβάνει τις διαδικασίες παραγωγής της ανεμογεννήτριας και των εξαρτημάτων της, αλλά και εργασίες στην περιοχή εγκατάστασης, και τοποθέτηση καλωδίωσης με σκοπό την σύνδεση στο δίκτυο.

Αναλυτικά:

- ✚ Διευθυντής έργου: Έχει τον πλήρη έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας των ανεμογεννητριών. Ειδικότερα επιβλέπει την διαδικασία κατασκευής, την επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης, και την λειτουργία των ανεμογεννητριών, ενώ παράλληλα διασφαλίζει την ολοκλήρωση του έργου εντός χρόνου και προϋπολογισμού.
- ✚ Μηχανικός αεροδυναμικής: Σχεδιάζει, δοκιμάζει, και επιβλέπει την κατασκευή πτερυγίων και του ρότορα της τουρμπίνας, ενώ παράλληλα διεξάγει αξιολογήσεις αεροδυναμικής. Συχνά εμπλέκεται στην επιλογή τοποθεσίας των ανεμογεννητριών σε συνεργασία με τους μετεωρολόγους.
- ✚ Ηλεκτρολόγος μηχανικός: Επιβλέπει και σχεδιάζει την κατασκευή των ηλεκτρικών εξαρτημάτων της τουρμπίνας, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ελέγχου των μηχανημάτων, του φωτισμού, των καλωδιώσεων, των συστημάτων επικοινωνίας, και των συστημάτων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον χρησιμοποιώντας το SCADA (supervisory control and data acquisition), τοποθετεί τοπικούς ελεγκτές που λειτουργούν την τουρμπίνα εξ αποστάσεως, και συλλέγουν δεδομένα της, με σκοπό τον έλεγχο και την ανάλυση της λειτουργίας της.
- ✚ Μηχανολόγος μηχανικός: Οι γνώσεις του μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορους τομείς της αιολικής ενέργειας. Κυρίως ωστόσο ειδικεύεται στην έρευνα, την σχεδίαση, την κατασκευή και την αξιολόγηση εργαλείων, μηχανών και μηχανικών συσκευών. Επιπλέον, πολλές φορές ασχολείται με την έρευνα, και την αξιολόγηση των προτεινόμενων περιοχών εγκατάστασης ανεμογεννήτριας.
- ✚ Πολιτικός μηχανικός: Είναι υπεύθυνος για την κατασκευή του πύργου και της θεμελίωσης της ανεμογεννήτριας, αλλά και για την κατασκευή βοηθητικών κτηρίων και δρόμων. Γενικώς ελέγχει το οδόστρωμα, το έδαφος, το σκυρόδεμα και άλλα δομικά υλικά, με σκοπό την διασφάλιση της ποιότητας των εργασιών.
- ✚ Μηχανικός περιβάλλοντος: Ασχολείται με τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ανεμογεννητριών. Σε αυτές περιλαμβάνονται η ηχορύπανση, οι οπτικές επιπτώσεις, το αντίκτυπο στο τοπικό οικοσύστημα, και τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που προκαλούνται από τον εξοπλισμό

ηλεκτροπαραγωγής. Παράλληλα εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία των ραδιοφωνικών μεταδόσεων.

- + **Μηχανικός βιομηχανίας:** Είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή αποδοτικότερων μεθόδων, στην διαδικασία παραγωγής των ανεμογεννητριών. Πιο συγκεκριμένα ασχολείται με την αύξηση της παραγωγικότητας, και την ελαχιστοποίηση του κόστους κατά την διαδικασία παραγωγής και κατασκευής.
- + **Quality engineer:** Συνεργάζεται με άλλους μηχανικούς, με σκοπό την διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων. Ειδικότερα ελέγχει αν ο έργο πληροί τις προϋποθέσεις ασφαλείας, και αν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της αγοράς.
- + **Μηχανικός επιστήμης των υλικών:** Επεξεργάζεται τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ανεμογεννητριών. Ελέγχει εάν αυτά ικανοποιούν τις ακριβείς προδιαγραφές.

Ανάπτυξη έργου: Αφορά την έρευνα και την διαδικασία επιλογής τοποθεσίας, η οποία χρειάζεται να πληροί διάφορα κριτήρια όπως επαρκής άνεμος, αξιοποιήσιμη γη, να βρίσκεται σχετικά μακριά από κατοικήσιμες περιοχές, να μην επηρεάζει το τοπικό οικοσύστημα κ.α.. Επιπλέον περιλαμβάνεται και η διαδικασία εγκατάστασης του έργου. Εδώ είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι, πολλά επαγγέλματα που σχετίζονται με την φάση κατασκευής του έργου, όπως διευθυντής έργου, ηλεκτρολόγος, πολιτικός μηχανικός και μηχανικός περιβάλλοντος, σχετίζονται άμεσα και με την φάση ανάπτυξης του έργου. Αναλυτικά:

- + **Μετεωρολόγος (ή αναλυτής πόρων αέρα):** Είναι υπεύθυνος για την εγκατάσταση μετεωρολογικών σταθμών, με σκοπό την συλλογή δεδομένων που αφορούν το αιολικό δυναμικό της περιοχής. Πριν από την εγκατάσταση του έργου, λαμβάνουν μετρήσεις σε ένα διάστημα μηνών, ή και ετών, για να κρίνουν αν ο άνεμος είναι επαρκής για την ικανοποιητική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Συνήθως γνωμοδοτούν στην επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης.
- + **Περιβαλλοντολόγος:** Συνεργάζεται με τους φορείς ανάπτυξης αιολικών πάρκων, με σκοπό την ενημέρωση σχετικά με τις περιβαλλοντικές και πολιτικές ρυθμίσεις, αλλά και την εξασφάλιση της προστασίας των ευαίσθητων τμημάτων του οικοσυστήματος.
- + **Δικηγόρος:** Συμβουλεύει και εκπροσωπεί τα διοικητικά στελέχη της επιχείρησης. Επιπλέον ασχολείται με τα νομικά ζητήματα της ανάπτυξης του έργου.
- + **Γεωλόγος:** Εξετάζει την τοπογραφία στην προτεινόμενη τοποθεσία, για τυχόν γεωφυσικά ζητήματα. Στην περίπτωση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, ελέγχει τις θαλάσσιες συνθήκες, όπως τις μετρήσεις κυμάτων, των υποθαλάσσιων ρευμάτων κ.α..
- + **Σύμβουλος ενέργειας:** Ασχολείται με τις εξελίξεις στον τομέα της αγοράς ενέργειας, λειτουργώντας υπέρ των επιχειρήσεων. Αντιπροσωπεύει της επιχειρήσεις σε διαπραγματεύσεις αγοράς ενέργειας, και βρίσκεται σε στενή

συνεργασία με το νομικό προσωπικό. Τις περισσότερες φορές κατέχει τίτλο μηχανικού ή οικονομολόγου.

- ✚ **Οικονομικός διευθυντής:** Οργανώνει την οικονομική κατάσταση του έργου. Παρακολουθεί τα επιτόκια δανεισμού, και διερευνά νέες πηγές δανεισμού και φορολογικών κεφαλαίων. Ταυτόχρονα αναλαμβάνει εξολοκλήρου την διαδικασία χρηματοδότησής του έργου. Συνήθως έχει συμβουλευτικό ρόλο προς τους ιδιοκτήτες τις επιχείρησης.

Λειτουργία και συντήρηση: Περιλαμβάνει την τακτική επίβλεψη και διαχείριση της ομαλής λειτουργίας του έργου. Ειδικότερα αποτελείται από συνεχή συντήρηση και καθαρισμό, των μηχανικών εξαρτημάτων της ανεμογεννήτριας και από περιοδικούς ελέγχους των υποδομών της εγκατάστασης. Αναλυτικά:

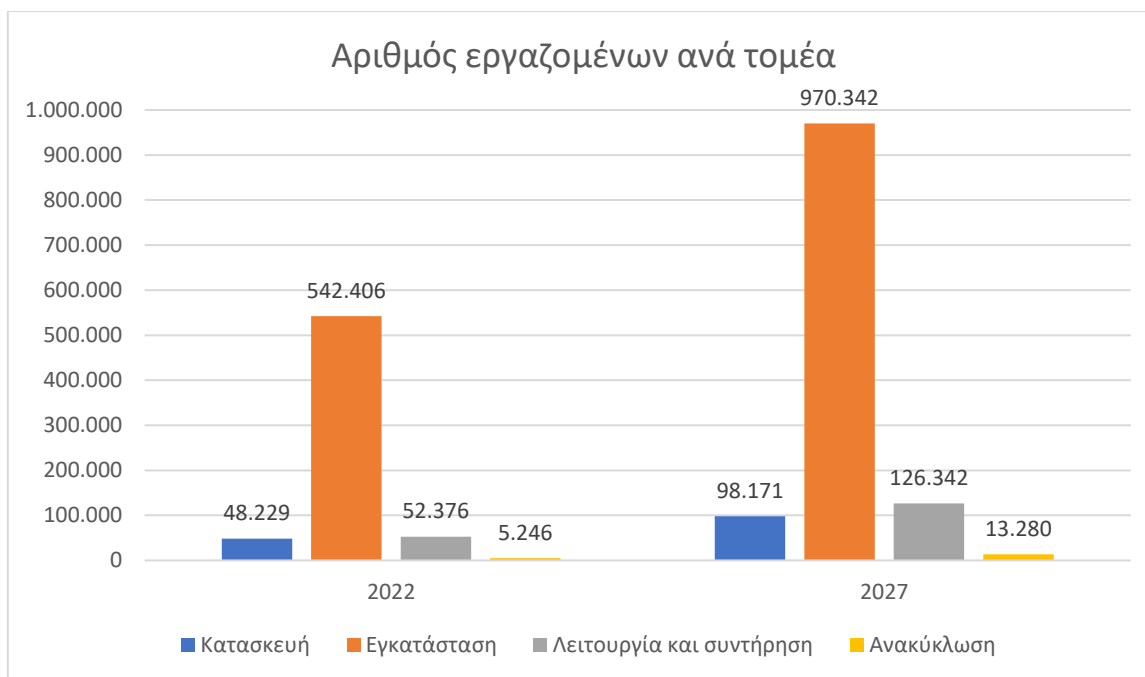
- ✚ **Διευθυντής σταθμού:** Είναι υπεύθυνος για την διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του σταθμού. Κατευθύνει όλες τις διαδικασίες συντήρησης, επισκευής, ασφάλειας και απόδοσης του έργου, οργανώνοντας όλο το προσωπικό του σταθμού.
- ✚ **Προσωπικό σταθμού:** Αποτελείται κυρίως από ειδικότητες μηχανικών, όπως ηλεκτρολόγους, μηχανολόγους και μηχανικούς περιβάλλοντος, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τις υποδομές και την συντήρηση του έργου, αλλά και από άλλες ειδικότητες όπως δικηγόρους, μετεωρολόγους, οικονομολόγους, λογιστές κ.α.

Τέλος, υπάρχει και μία πληθώρα άλλων επαγγελματιών σχετίζονται άμεσα με την αιολική ενέργεια, που όμως δεν συνδέονται με την κατοχή ενός ακαδημαϊκού τίτλου. Τέτοια επαγγέλματα συνήθως αφορούν χειριστές γερανών, εργάτες, ηλεκτρολόγους, μηχανουργούς, ηλεκτροσυγκολλητές, οικοδόμους, λιθοδόμους κλπ. Πολλοί από αυτούς μπορούν να εργαστούν και σε διοικητικές θέσεις, κάτι που βέβαια καθορίζεται κυρίως από τα χρόνια εμπειρίας τους (James Hamilton και Drew Liming, 2010, σ. 8-15· Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, χ.χ.).

4.2 Ηλιακή Ενέργεια

Σύμφωνα με στατιστικά, ο τομέας των φωτοβολταϊκών αποτελεί την ΑΠΕ με τους περισσότερους εργαζόμενους παγκοσμίως. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ο συνολικός αριθμός εργαζομένων πλήρους απασχόλησης στο τέλος του 2022, έφτασε τους 648 χιλιάδες (συμπεριλαμβανομένης και της έμμεσης απασχόλησης), ενώ πολλές έρευνες δείχνουν ότι ο αριθμός θα φτάσει τους 1 εκατ. μέχρι το 2025.

Οι περισσότεροι από αυτούς δραστηριοποιούνται στο κομμάτι της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών, με 542 χιλιάδες εργαζόμενους (84%), ενώ ακολουθούν οι τομείς κατασκευής και λειτουργίας και συντήρησης, με 48 χιλιάδες (7.4%) και 53 χιλιάδες εργαζόμενους (8.1%) αντίστοιχα. Ένα μικρό κομμάτι της αγοράς των φωτοβολταϊκών, το οποίο προβλέπεται ότι θα αναπτυχθεί ραγδαία από το 2030 και μετά, αποτελεί το κομμάτι της ανακύκλωσης τους, με 5 χιλιάδες εργαζόμενους (0.8%) πλήρους απασχόλησης. Μάλιστα σύμφωνα με μία έρευνα της SolarPower Europe, ακολουθώντας τις πολιτικές της ΕΕ, το τοπίο της αγοράς εργασίας στην ηλιακή ενέργεια για το 2027 αναμένεται να διαμορφωθεί ως εξής:



Γράφημα 28 Πορεία αριθμού εργαζομένων ανά τομέα (ίδια επεξεργασία, δεδομένα από SolarPower Europe, 2023).

Μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται στον τομέα της ανακύκλωσης ύψους 153%. Ακολουθεί ο τομέας της λειτουργίας και συντήρησης με ποσοστό 141%, γεγονός που δικαιολογείται από την αύξηση της δημοτικότητας των φωτοβολταϊκών, και από την αυξανόμενη ανάγκη για συντήρηση των ήδη υπάρχοντων. Οι τομείς της κατασκευής και της εγκατάστασης παρουσιάζουν αύξηση 104% και 79% αντίστοιχα.

4.2.1 Ειδικότητες

Για καλύτερη οργάνωση, τα επαγγέλματα θα χωριστούν σε 3 φάσεις: έρευνα και κατασκευή, ανάπτυξη έργου, λειτουργία και συντήρηση.

Έρευνα και κατασκευή: Περιλαμβάνει την επιστημονική έρευνα που πραγματοποιείται, με σκοπό την ενίσχυση της αποδοτικότητας, της αξιοπιστίας αλλά και παράλληλα την μείωση του κόστους. Επιπλέον εμπεριέχεται η παραγωγική διαδικασία των ηλιακών συστημάτων. Αναλυτικά:

- ✚ **Φυσικός:** Συνεργάζεται με άλλους επιστήμονες με στόχο την βελτίωση της απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών. Πιο συγκεκριμένα ανακαλύπτει νέα υλικά, όπως τα πάνελ λεπτής μεμβράνης, σχεδιάζει τα φωτοβολταϊκά πάνελ, και πολλές φορές εμπλέκεται στην ανάπτυξη λογισμικών.
- ✚ **Χημικός:** Διερευνά τις ιδιότητες, την σύνθεση και την δομή των χημικών αντιδράσεων. Είναι ικανός να βελτιώσει τα υπάρχοντα υλικά, ή να αναπτύξει καινούργια. Γενικώς επικεντρώνεται σε ημιαγώγιμα υλικά, τα οποία είναι συνήθως υλικά από πυρίτιο ή από πτητικές οργανικές ενώσεις.
- ✚ **Ηλεκτρολόγος μηχανικός:** Σχεδιάζει, αναπτύσσει και επιβλέπει την διαδικασία κατασκευής των ηλεκτρικών συστημάτων. Είναι υπεύθυνος για τον σχεδιασμό

του ηλεκτρικού κυκλώματος των πάνελ, και άλλων σημαντικών συσκευών, όπως οι μετατροπείς και η καλωδίωση.

- ✚ **Μηχανολόγος μηχανικός:** Ερευνά, κατασκευάζει και δοκιμάζει εργαλεία, κινητήρες και άλλες μηχανικές συσκευές. Γενικώς στην ηλιακή ενέργεια ο ρόλος του είναι πιο περιορισμένος. Συνήθως ρυθμίζει και επεξεργάζεται τις μηχανές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των Φ/Β πάνελ.
- ✚ **Μηχανικός βιομηχανίας:** Συντονίζει και οργανώνει τους κύριους συντελεστές της παραγωγικής διαδικασίας. Στόχος του είναι η αύξηση της παραγωγικότητας, και ταυτόχρονα η μείωση του κόστους. Μελετάει αναλυτικά τις απαιτήσεις του προϊόντος, και με την χρήση μαθηματικών μοντέλων αναπτύσσει συστήματα πληροφόρησης και παραγωγής.
- ✚ **Χημικός μηχανικός:** Επικεντρώνεται στην παραγωγή των φωτοβολταϊκών κυττάρων. Όπως και ο χημικός, ασχολείται με τους ημιαγωγούς ή την οργανική χημεία, καθώς τα περισσότερα φωτοβολταϊκά αποτελούνται από ημιαγωγίμα υλικά.
- ✚ **Μηχανικός επιστήμης των υλικών:** Ασχολείται με την ανάπτυξη, την παραγωγή και την δοκιμή υλικών για χρήση σε προϊόντα που πρέπει να πληρούν ειδικές προδιαγραφές σχεδιασμού και απόδοσης. Στην ηλιακή ενέργεια εργάζεται με υλικά όπως ημιαγωγούς, μέταλλα, πλαστικά, γυαλί, πολυμερή, και συνδυασμούς των υλικών.
- ✚ **Μηχανικός λογισμικού:** Αναπτύσσει λογισμικό με σκοπό την πρόγνωση του καιρού, την αλλαγή της κλίσης των πάνελ με στόχο την επίτευξη της μέγιστης απόδοσης, και τον υπολογισμό του κόστους ηλεκτροπαραγωγής σε μία περιοχή. Είναι υπεύθυνος για την ενημέρωση, την επισκευή, και την επέκταση του ήδη υπάρχοντος λογισμικού.

Ανάπτυξη έργου: Περιλαμβάνει την διαδικασία επιλογής τοποθεσίας, αλλά και την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών. Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένες ειδικότητες, όπως ο μηχανολόγος και ο ηλεκτρολόγος μηχανικός, από την φάση της κατασκευής, χρειάζονται και στην ανάπτυξη του έργου. Ωστόσο ο ρόλος τους είναι πιο περιορισμένος. Αναλυτικά:

- ✚ **Διευθυντής εργοταξίου:** Επιβλέπει την εγκατάσταση του Φ/Β πάρκου, από την διαδικασία της επιλογής του μέχρι την ολική κατασκευή του. Πιο συγκεκριμένα ασχολείται με τις αδειοδοτήσεις, τα συμβόλαια και τον προϋπολογισμό του έργου, ενώ παράλληλα είναι υπεύθυνος για την εξασφάλιση ενός ασφαλούς εργασιακού περιβάλλοντος, και για την διασφάλιση της ποιότητας του έργου. Συνήθως κατέχουν πτυχίο μηχανικού ή διοίκησης επιχειρήσεων.
- ✚ **Πολιτικός μηχανικός:** Σχεδιάζει την κατασκευή των ηλιακών πάρκων, τα οποία παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις, καθώς η κατασκευή ενός συγκεντρωτικού ηλιακού πάρκου είναι πολύπλοκότερη από εκείνη ενός τυπικού φωτοβολταϊκού πάρκου. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να διασφαλίσει ότι το έδαφος είναι κατάλληλα διαμορφωμένο και αρκετά επίπεδο, για να υποστηρίξει μεγάλες συστοιχίες κατόπτρων, ή φωτοβολταϊκών πάνελ. Επιπλέον αναλαμβάνει διάφορα άλλα σχετικά έργα, όπως η κατασκευή δρόμων, υδραυλικών συστημάτων, και θεμέλιων στήριξης.

- ✚ Δικηγόρος: Παρέχει συμβουλές σε νομικά θέματα, τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη έργων, όπως η χρήση γης, η αδειοδότηση έργων, η περιβαλλοντική αξιολόγηση, η σύναψη συμβάσεων, η φορολογία, η χρηματοδότηση έργων κ.α.
- ✚ Οικονομολόγος: Κατέχει συμβουλευτικό ρόλο, σε ζητήματα που συνήθως αφορούν την αγορά ενέργειας, την νομοθεσία, και το μάρκετινγκ.
- ✚ Περιβαλλοντικός επιστήμονας: Εξασφαλίζει ότι τηρούνται όλοι οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί και πολιτικές, και ότι προστατεύονται τα ευαίσθητα μέρη του οικοσυστήματος.

Λειτουργία και συντήρηση: Περιλαμβάνει την συντήρηση, την επισκευή, τον καθαρισμό, και την αντικατάσταση των εξαρτημάτων των ηλιακών πάνελ. Αναλυτικά:

- ✚ Διευθυντής σταθμού: Επιβλέπει και είναι υπεύθυνος για την ομαλή λειτουργία του σταθμού. Ειδικότερα παρακολουθεί τις ηλιακές συστοιχίες, και ρυθμίζει την παραγωγή από τις γεννήτριες. Επιπλέον επικοινωνεί τακτικά με τις υπηρεσίες ενέργειας, για να εξασφαλίσει ότι παράγεται κατάλληλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας βάσει της ζήτησης. Πραγματοποιεί τακτικές επισκέψεις στον σταθμό για να βεβαιωθεί ότι όλα λειτουργούν ομαλά.
- ✚ Προσωπικό σταθμού: Αποτελείται από τεχνικούς διαφόρων ειδών όπως ηλεκτρολόγους, χειριστές αντλιών, υδραυλικούς κ.α. Το προσωπικό σταθμού στην περίπτωση των συγκεντρωτικών ηλιακών πάρκων, είναι πολλοί μεγαλύτερο από εκείνο ενός τυπικού φωτοβολταϊκού πάρκου, το οποίο πολλές φορές μπορεί να λειτουργεί και εξ αποστάσεως.

Άλλα επαγγέλματα που συνήθως δεν σχετίζονται με την απόκτηση κάποιου ακαδημαϊκού τίτλου, άλλα συνδέονται άμεσα με την ηλιακή ενέργεια είναι τα εξής: επεξεργαστές ημιαγωγών, χειριστές εργαλειομηχανών, ηλεκτροσυγκολλητές, υαλοτεχνίτες, τεχνικοί ηλεκτρολόγοι-μηχανολόγοι, μεσίτες, οικοδόμοι κ.α.

Στην περίπτωση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, δραστηριοποιούνται τεχνικοί με ειδικότητα στις κτηριακές εφαρμογές, για την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στην οροφή, αλλά και στις πωλήσεις, για την προώθηση του προϊόντος (James Hamilton, 2011, σ. 7-19).

4.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η απασχόληση στον τομέα της υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση υστερεί σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα ο αριθμός των εργαζομένων στην άμεση απασχόληση ανέρχεται στους 83 χιλιάδες, ενώ στο σύνολο των ΑΠΕ ο αριθμός φτάνει τους 1.5 εκατομμύριο εργαζόμενους. Στην Κίνα ο αριθμός εργαζομένων στην υδροηλεκτρική ενέργεια ανέρχεται στους 876 χιλιάδες, ενώ στην Βραζιλία στους 194 χιλιάδες, και στην Ινδία τους 466 χιλιάδες. Γενικά διεθνώς, για το 2022, υπάρχουν 2.5 εκατομμύρια εργαζόμενοι στον τομέα, το οποίο συνιστά αύξηση κατά 2.3% σε σύγκριση με το 2021 (IRENA, 2023, σ. 39).

Ο μεγαλύτερος αριθμός εργαζομένων, συναντάται στον τομέα της λειτουργίας και συντήρησης, με ποσοστό περίπου 67%, ενώ ακολουθούν η ανάπτυξη έργου και εγκατάσταση με ποσοστό 30%, και τέλος ο τομέας της κατασκευής εξαρτημάτων με ποσοστό 6%.

Κυρίως στην περίπτωση των μεγάλων υδροηλεκτρικών, οι κυβερνήσεις συμμετέχουν έντονα στην εγκατάσταση και ανάπτυξη τους, καθώς αποτελούν έργα μεγάλης κατασκευαστικής και οικονομικής κλίμακας, ενώ πολλές φορές προκαλούν έντονες αντιδράσεις στις τοπικές κοινότητες λόγω των επιπτώσεων τους στο οικοσύστημα και στην διαχείριση του νερού.

4.3.1 Ειδικότητες

Για την καλύτερη οργάνωση, τα επαγγέλματα θα χωριστούν σε 2 κατηγορίες: κατασκευή και ανάπτυξη έργου, και λειτουργία και συντήρηση.

Κατασκευή και ανάπτυξη έργου: Περιλαμβάνει όλη την διαδικασία κατασκευής και εγκατάστασης του έργου. Από την κατασκευή των εξαρτημάτων, όπως η τουρμπίνα, η γεννήτρια, τα συστήματα ελέγχου κ.α., μέχρι την πλήρη αδειοδότηση και εγκατάσταση του έργου. Αναλυτικά:

- ✚ **Μηχανολόγος μηχανικός:** Σχεδιάζει εργαλεία, μηχανές και άλλες μηχανικές συσκευές, όπως τουρμπίνες, γεννήτριες κ.α.. Επιπλέον διεξάγει τακτικές αξιολογήσεις στον εξοπλισμό, για να διασφαλίσει την ομαλή και ασφαλή λειτουργία του έργου. Παράλληλα είναι υπεύθυνος για τον υπολογισμό της ροής του ύδατος και άλλων ογκομετρικών υπολογισμών.
- ✚ **Ηλεκτρολόγος μηχανικός:** Αναπτύσσει και σχεδιάζει τα ηλεκτρικά εξαρτήματα, τους ηλεκτροκινητήρες, τα συστήματα ελέγχου, τις γεννήτριες, την καλωδίωση του έργου, και αναλαμβάνει την διανομή της ενέργειας. Επιπλέον στην φάση της παραγωγής εξαρτημάτων, αναπτύσσει λογισμικό με σκοπό την ρύθμιση και την οργάνωση την βιομηχανικής διαδικασίας.
- ✚ **Πολιτικός μηχανικός:** Είναι υπεύθυνος για τον σχεδιασμό και την επίβλεψη της κατασκευής του φράγματος, των υπερχειλιστών, του ταμιευτήρα, και άλλων υποδομών απαραίτητων για την λειτουργία του σταθμού. Παράλληλα διεξάγει μελέτες στην περιοχή εγκατάστασης τους. Αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα του σταθμού, καθώς, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι υπηρεσίες του καταλαμβάνουν το 45% του συνολικού κόστους του σταθμού.
- ✚ **Μηχανικός περιβάλλοντος:** Σχεδιάζει εξοπλισμό που είναι φιλικός προς το περιβάλλον. Επιπλέον διεξάγει αξιολογήσεις για τον υπολογισμό των επιπτώσεων του έργου στο περιβάλλον.
- ✚ **Διευθυντής εργοταξίου:** Επιβλέπει την διαδικασία κατασκευής του σταθμού. Πιο συγκεκριμένα συντονίζει το προσωπικό, και ασχολείται με τα συμβόλαια, τις αδειοδοτήσεις, και την οργάνωση του προϋπολογισμού του έργου.
- ✚ **Υδρολόγος:** Συνεργάζεται με άλλους περιβαλλοντικούς επιστήμονες, όπως ο γεωλόγος, ο βιολόγος και ο οικολόγος. Ασχολείται με την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από το έργο, κυρίως ως προς την υδρόβια ζωή.

- ✚ **Αρχιτέκτονας:** Αναπτύσσει σχέδιο του εξωτερικού μέρους του έργου, τηρώντας πάντοτε τις περιβαλλοντικές οδηγίες και πολιτικές.
- ✚ **Δικηγόρος:** Ασχολείται με τα νομικά ζητήματα του έργου, όπως η διαδικασία της αδειοδότησης, η σύναψη συμβάσεων, οι χρηματοδοτήσεις, η φορολογία κ.α.
- ✚ **Οικονομολόγος:** Κατέχει συμβουλευτικό ρόλο στην επιχείρηση ανάπτυξης του έργου, σε νομικά κυρίως ζητήματα. Τις περισσότερες φορές ειδικεύεται στον τομέα της αγοράς ενέργειας.

Λειτουργία και συντήρηση: Περιλαμβάνει την καθημερινή συντήρηση και την επισκευή των εξοπλισμών της εγκατάστασης, αλλά και της σύνδεσης της με το δίκτυο. Τα περισσότερα επαγγέλματα αποτελούν μηχανικούς και διαφόρων ειδών τεχνικούς. Αναλυτικά:

- ✚ **Διευθυντής σταθμού:** Επιβλέπει την λειτουργία, και οργανώνει την συντήρηση του σταθμού. Ρυθμίζει την ροή του νερού, την πίεση και την θερμοκρασία, ενώ παράλληλα διασφαλίζει την επαρκή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, βάσει της ζήτησης.
- ✚ **Προσωπικό σταθμού:** Αποτελείται από μηχανικούς, κυρίως ηλεκτρολόγους, μηχανολόγους και πολιτικούς, από τεχνικούς, όπως υδραυλικούς, ηλεκτρολόγους, οικοδόμους, μηχανολόγους, χειριστές μηχανημάτων κ.α. Επιπλέον υπάρχουν και διάφοροι περιβαλλοντικοί επιστήμονες, όπως υδρολόγος, βιολόγος και γεωλόγος (International Labour Office, 2011, σ. 76-79).

4.4 Βιομάζα

Η παραγωγή βιοενέργειας, απαιτεί μία πληθώρα διαφορετικών επαγγελματιών που σχετίζονται και άμεσα και έμμεσα με τον τομέα. Στην Ευρώπη ο τομέας της βιοενέργειας, κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο απασχόλησης με συνολικά 549.200 εργαζόμενους. Ειδικότερα το μεγαλύτερο ποσοστό ανήκει στην στερεή βιομάζα, με συνολικά 354 χιλιάδες εργαζόμενους (64%), ενώ αμέσως μετά βρίσκεται ο τομέας των υγρών καυσίμων με αριθμό 148 χιλιάδες (27%). Τέλος, βρίσκεται ο τομέας του βιοαερίου με συνολικά 47 χιλιάδες εργαζόμενους (8%), και ο τομέας των ανανεώσιμων αστικών αποβλήτων με ποσοστό 1% (IRENA, 2023, σ. 39).

Γενικώς η βιομάζα μπορεί να δημιουργήσει πολυάριθμες θέσεις εργασίες, κυρίως σε αγροτικές περιοχές, πολλές από τις οποίες, σε αντίθεση με άλλες μορφές ΑΠΕ, δεν απαιτούν εξειδικευμένη εκπαίδευση.

4.4.1 Ειδικότητες

Για την καλύτερη οργάνωση, τα επαγγέλματα θα χωριστούν σε 3 κατηγορίες: κατασκευή και ανάπτυξη έργου, παραγωγή βιομάζας, και λειτουργία και συντήρηση.

Κατασκευή και ανάπτυξη έργου: Περιλαμβάνει την κατασκευή κτηρίων, δρόμων και όλων των απαραίτητων υποδομών για την λειτουργία του έργου, την σύνδεση με το δίκτυο κ.α.. Επιπλέον περιέχει και τις διαδικασίες ανάπτυξης του έργου, δηλαδή την αδειοδότηση του, την χρηματοδότηση, την διαπραγμάτευση με την αγορά ενέργειας κ.α. Αναλυτικά:

- ✚ **Μηχανολόγος μηχανικός:** Σχεδιάζει και αναπτύσσει τον βιομηχανικό εξοπλισμό και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία και την μετατροπή της βιομάζας σε ηλεκτρική ενέργεια. Συνήθως εφαρμόζει τις γνώσεις του σε θερμοδυναμική και ρευστομηχανική, για την κατασκευή ενδοθερμικών μηχανών και άλλων εξοπλισμών.
- ✚ **Μηχανικός περιβάλλοντος:** Συνεργάζεται με τον πολιτικό μηχανικό, για την κατασκευή των υποδομών του σταθμού, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις.
- ✚ **Διευθυντής εργοταξίου:** Διευθύνει το έργο από την κατασκευή του έργου μέχρι και την ολοκλήρωσή του. Επιβλέπει όλο το προσωπικό, και διασφαλίζει την νομιμότητα, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα του έργου.
- ✚ **Διευθυντής ασφάλειας εργασιακού χώρου:** Είναι υπεύθυνος για την τήρηση της ασφάλειας στο εργασιακό περιβάλλον. Παράλληλα ασχολείται με την ποιότητα των πρώτων υλών, με την ασφάλεια στην χρήση καταλυτών, και με την διασφάλιση της ασφάλειας των εργαζομένων κατά την λειτουργία μηχανημάτων βιοδιυλιστηρίου.
- ✚ **Δικηγόρος:** Ασχολείται με την νομική πλευρά του έργου. Συμβουλεύει τους υπεύθυνους σε σημαντικά θέματα για την ανάπτυξη του έργου, όπως η χορήγηση αδειοδότησης, η φορολογία, τα επενδυτικά κίνητρα, η σύναψη συμβάσεων κ.α.
- ✚ **Επιχειρησιακός διευθυντής:** Αναζητά τρόπους βελτίωσης των συνολικών λειτουργιών του έργου, προκειμένου να βελτιωθεί η κερδοφορία, και η αξία των πελατών. Συνήθως ασχολείται με την αναζήτηση επενδυτών, την διαχείριση της προμήθειας των πρώτων υλών, και με την οργάνωση της διανομής των τελικών προϊόντων.
- ✚ **Οικονομολόγος:** Προβλέπει τις τάσεις της αγοράς ενέργειας, το συνολικό κόστος του έργου, το επενδυτικό ρίσκο, και συμβουλεύει τους υπεύθυνους του έργου.
- ✚ **Διευθυντής επικοινωνιών:** Είναι υπεύθυνος για την ενημέρωση του προσωπικού, σε θέματα που αφορούν την επιχείρηση. Επιπλέον αναλαμβάνει την ενημέρωση του κοινού, με σκοπό την κατανόηση της τεχνολογίας της βιομάζας.

Παραγωγή βιομάζας: Περιλαμβάνει την διαδικασία παραγωγής ενέργειας, από την συλλογή πρώτης ύλης μέχρι και την τελική παραγωγή ενέργειας. Αναλυτικά:

- ✚ Χημικός μηχανικός: Χρησιμοποιεί τις γνώσεις του σε κυτταρική, μοριακή βιολογία, βιοχημεία και μηχανική, για να τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη διεργασιών που χρησιμοποιούν κύτταρα, χημικούς καταλύτες, και μικροοργανισμούς, για την παραγωγή βιοκαυσίμων και βιοπροϊόντων.
- ✚ Μηχανικός γεωργίας: Είναι υπεύθυνος για την βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας των πρώτων υλών βιομάζας, και την σχεδίαση γεωργικών συστημάτων, με σκοπό την προστασία των φυσικών πόρων.
- ✚ Δασοκόμος: Συνεργάζεται με μηχανικούς και με επιστήμονες, για να διασφαλίσει την αποδοτική αξιοποίηση της δασικής βιομάζας. Διεξάγει πειράματα, και συλλέγει δεδομένα για την ανάλυση της ποιότητας, και εξασφαλίζει ότι οι δασικές δραστηριότητες βρίσκονται σε συμφωνία με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς.
- ✚ Γεωπόνος: Διατηρεί την ποιότητα του εδάφους, συμβάλλοντας έτσι στην παραγωγική διαδικασία. Παράλληλα υποδεικνύει τους πιο αποδοτικούς τρόπους, φύτευσης και καλλιέργειας των φυτών που προορίζονται για ηλεκτροπαραγωγή.
- ✚ Βιοχημικός – Μικροβιολόγος: Μετατρέπει την βιομάζα σε ενέργεια, καύσιμα, ή άλλα χημικά προϊόντα. Επιπλέον εργάζεται και στον τομέα της έρευνας, αξιοποιώντας τις γνώσεις με στόχο την βελτίωση της τεχνολογίας.

Λειτουργία και συντήρηση: Περιλαμβάνει την καθημερινή λειτουργία του σταθμού, και τις τακτικές διαδικασίες επισκευής και συντήρησης του. Αναλυτικά:

- ✚ Διευθυντής σταθμού: Αναλαμβάνει την καθημερινή λειτουργία, την συντήρηση, και την διεύθυνση του σταθμού. Είναι υπεύθυνος για την τήρηση την νομοθεσίας, την ενίσχυση της παραγωγής, την οργάνωση των εργασιών και του προϋπολογισμού, και για την εξασφάλιση ενός ασφαλούς εργασιακού περιβάλλοντος. Επιπλέον συντάσσει αναφορές για την διοίκηση, και βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με τους παράγοντες της αγοράς ενέργειας.
- ✚ Προσωπικό σταθμού: Αποτελείται κυρίως από μηχανικούς, όπως χημικούς και μηχανολόγους, από τεχνικούς, όπως οικοδόμους, χειριστές μηχανημάτων, οδηγούς, και υδραυλικούς, αλλά και από το προσωπικό εργαστηρίου, όπως βιολόγους και μικροβιολόγους. (International Labour Office, 2011, σ. 84-88· Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, χ.χ.).

Εδώ αξίζει να σημειωθεί, ότι εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην παραγωγή βιομάζας κατέχουν οι αγρότες, οι οποίοι φροντίζουν τις ενεργειακές καλλιέργειες, και συλλέγουν όλα τα γεωργικά υπολείμματα που προορίζονται για παραγωγή ενέργειας.

4.5 Γεωθερμική Ενέργεια

Την τελευταία δεκαετία, η γεωθερμία έχει γνωρίσει μία σημαντική ανάπτυξη στην δημοφιλία και στην τεχνολογία της. Ωστόσο στο κομμάτι της απασχόλησης, υστερεί σημαντικά από τις περισσότερες μορφές ανανεώσιμης ενέργειας. Παγκοσμίως η γεωθερμία απασχολεί συνολικά 152 χιλιάδες εργαζόμενους, μόλις το 1.1% των συνολικών πράσινων θέσεων εργασίας, εκ των οποίων οι 7 χιλιάδες βρίσκονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Κίνα, για ακόμη μία φορά, πρωτοπορεί στον κλάδο της γεωθερμίας, καθώς η αγορά εργασίας της μετράει 87 χιλιάδες εργαζόμενους.

Πριν από την εγκατάσταση και την λειτουργία ενός σταθμού γεωθερμικής ενέργειας, χρειάζεται να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη έρευνα, μέσω ανάλυσης χαρτών, δορυφορικών εικόνων και σεισμικών μελετών, η οποία θα εξασφαλίσει ότι στην περιοχή εγκατάστασης υπάρχουν επαρκή θερμά υπόγεια ύδατα. Αφού η έρευνα διεξαχθεί με επιτυχία, οι εργάτες προχωρούν σε ερευνητικές γεωτρήσεις για να επαληθευτεί η καταλληλότητα της περιοχής. Γενικώς τα έργα γεωθερμικής γεώτρησης, είναι παρόμοια με εκείνα στην βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου. Συνεπώς τα μηχανήματα και οι εργάτες που χρησιμοποιούνται, δεν συναντώνται μόνο στον κλάδο της γεωθερμίας.

4.5.1 Ειδικότητες

Για την καλύτερη οργάνωση, τα επαγγέλματα θα χωριστούν σε 3 κατηγορίες: Κατασκευή και εγκατάσταση, ανάπτυξη έργου, και λειτουργία και συντήρηση.

Κατασκευή και εγκατάσταση: Περιλαμβάνει την κατασκευή των μηχανικών εξαρτημάτων του έργου, την ολοκληρωτική εγκατάσταση του έργου, και την σύνδεση του με το δίκτυο. Αναλυτικά:

- ✚ **Ηλεκτρολόγος μηχανικός:** Σχεδιάζει, αναπτύσσει και δοκιμάζει την κατασκευή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων της εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ελέγχου, των γεννητριών, του φωτισμού, και την καλωδίωσης. Κατά την φάση της λειτουργίας του έργου, είναι υπεύθυνος για την παραγωγή και την διανομή ενέργειας.
- ✚ **Πολιτικός μηχανικός:** Σχεδιάζουν το έργο και επιβλέπουν την κατασκευή του. Πολλοί γεωθερμικοί σταθμοί συνήθως χτίζονται σε βραχώδεις, και γενικώς σε δύσβατες περιοχές, συνεπώς απαιτούνται ειδικές διαδικασίες. Ο πολιτικός μηχανικός πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψιν τους πιθανούς κινδύνους, όπως οι σεισμοί, και να σχεδιάζει ανάλογα τις εγκαταστάσεις.
- ✚ **Μηχανικός περιβάλλοντος:** Ασχολείται με τις πιθανές συνέπειες του γεωθερμικού σταθμού στο τοπικό περιβάλλον. Συνήθως επικεντρώνεται στις επιπτώσεις στην τοπική χλωρίδα και πανίδα.
- ✚ **Μηχανολόγος μηχανικός:** Σχεδιάζει και δοκιμάζει εργαλεία και διάφορες άλλες μηχανικές συσκευές. Επιβλέπει την διαδικασία κατασκευής του εξοπλισμού των γεωτρήσεων, και των εξαρτημάτων της γεννήτριας και της τουρμπίνας.
- ✚ **Υπεύθυνος γεωτρήσεων:** Αναλαμβάνει ολοκληρωτικά τον σχεδιασμό και την πραγματοποίηση της διαδικασίας της γεώτρησης, με τέτοιο τρόπο ώστε να

αξιοποιηθούν σωστά τα υπόγεια θερμά ύδατα. Επιπλέον επιβλέπει τους χειριστές των περιστροφικών γεωτρύπανων, οι οποίοι ελέγχουν την πίεση και την ταχύτητα του τρυπανιού.

- ✚ **Διευθυντής έργου:** Επιβλέπει και διευθύνει ολόκληρο το έργο, ή ένα μέρος αυτού, από την αρχή της κατασκευής του, μέχρι και την τελική εγκατάσταση του. Συνήθως κατέχει πτυχίο διοίκησης επιχειρήσεων ή μηχανικής, και έχει εμπειρία σε κατασκευαστικά έργα.

Ανάπτυξη έργου: Περιλαμβάνει την ερευνητική διαδικασία για την επιλογή της τοποθεσίας, που λαμβάνει χώρα πριν την εγκατάσταση του έργου, αλλά και όλους του νομικούς και οικονομικούς παράγοντες που είναι απαραίτητοι για την ανάπτυξη του έργου. Αναλυτικά:

- ✚ **Περιβαλλοντολόγος:** Συνεργάζεται με την διοίκηση του γεωθερμικού σταθμού, με σκοπό την ενημέρωση σχετικά με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, και διασφαλίζει την προστασία του τοπικού οικοσυστήματος. Επιπλέον εκπονεί μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που είναι απαραίτητες για την απόκτηση οικοδομικής άδειας.
- ✚ **Γεωλόγος:** Εξετάζει την τοπογραφία και την γεωλογική σύσταση της περιοχής. Μελετάει χάρτες και διαγράμματα, για να εξασφαλίσει ότι η περιοχή είναι κατάλληλη για επαρκή παραγωγή ενέργειας, ενώ παράλληλα υποδεικνύει τις πιο αποδοτικές περιοχές για γεώτρηση. Ένας εξειδικευμένος γεωλόγος, μπορεί επίσης να προβλέψει την απειλή σεισμών.
- ✚ **Υδρολόγος:** Μελετάει την κίνηση και τις ιδιότητες του νερού, και αναλύουν πως αυτές επηρεάζουν το περιβάλλον. Στα έργα γεωθερμίας, ασχολείται με το νερό που υπάρχει κάτω από την επιφάνεια της γης, και γνωμοδοτεί σχετικά με την τοποθεσία των γεωτρήσεων.
- ✚ **Δικηγόρος:** Ασχολείται με την νομική πλευρά του έργου. Συμβουλεύει τους υπεύθυνους σε σημαντικά θέματα για την ανάπτυξη του έργου, όπως η χορήγηση αδειοδότησης, η φορολογία, τα επενδυτικά κίνητρα, η σύναψη συμβάσεων, η απόκτηση γης κ.α.
- ✚ **Οικονομολόγος:** Κατέχει συμβουλευτικό ρόλο στην επιχείρηση ανάπτυξης του έργου, σε νομικά κυρίως ζητήματα. Τις περισσότερες φορές ειδικεύεται στον τομέα της αγοράς ενέργειας.

Λειτουργία και συντήρηση: Περιλαμβάνει την καθημερινή λειτουργία και την τακτική συντήρηση και επισκευή του έργου, και των εξαρτημάτων του, όπως οι σωλήνες, οι τουρμπίνες και οι γεννήτριες. Αναλυτικά:

- ✚ **Διευθυντής σταθμού:** Εργάζεται σε αίθουσες ελέγχου, και παρακολουθεί την παραγωγή και την διανομή της ενέργειας. Παρατηρεί τους σωλήνες, τις γεννήτριες και τα όργανα του σταθμού, και ρυθμίζει την τάση και την ροή της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με τα κέντρα διανομής ηλεκτρικού ρεύματος στο περιφερειακό δίκτυο. Συνήθως πραγματοποιεί επισκέψεις επιθεώρησης για να διασφαλίσει την σωστή λειτουργία του σταθμού.

- ✚ Προσωπικό σταθμού: Αποτελείται κυρίως από μηχανικούς και τεχνικούς, όπως υδραυλικούς, μηχανολόγους, ηλεκτρολόγους, χειριστές μηχανημάτων, ηλεκτροσυγκολλητές, τεχνικούς HVAC (heating, ventilation and air conditioning) (International Labour Office, 2011, σ. 80-83· Drew Liming, 2012, σ. 4-9).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Δεδομένα στην αγορά εργασίας

5.1 Διεθνής εικόνα

Υπάρχουν πολλές δημοσιευμένες αναφορές που αφορούν τις θέσεις εργασίας και την απασχόληση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο αριθμός των θέσεων εργασίας, άμεσων και έμμεσων, ανά ετήσια GWh (job-years per GWh), στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, υπολογίζοντας συνολικά τα δεδομένα από τις διαθέσιμες δημοσιευμένες αναφορές. Σημειώνεται ότι 1 θέση εργασίας το έτος (ή ισοδύναμα εργατοέτος), μεταφράζεται στην απασχόληση ενός εργαζομένου για 8 ώρες την ημέρα, 5 μέρες την εβδομάδα, και 46 εβδομάδες το έτος, ή στην ισοδύναμη απασχόληση περισσότερων ατόμων με λιγότερες ώρες, ανά παραγόμενη GWh.

Μορφές ΑΠΕ	Θέσεις εργασίας/GWh έτος
Αιολική	0.32
Φωτοβολταϊκά	1.5
Βιομάζα	0.4
Ηλιακά θερμικά συστήματα	0.44
Μικρά υδροηλεκτρικά	0.51
Γεωθερμική	0.48

Πίνακας 10 Αριθμός ετήσιων θέσεων εργασίας ανά GWh στις ΑΠΕ.

Ενώ για τις συμβατικές πηγές παραγωγής ενέργειας, η εικόνα διαμορφώνεται ως εξής:

Πηγές ενέργειας	Θέσεις εργασίας/GWh έτος
Ορυκτά καύσιμα	0.21
Φυσικό αέριο	0.21

Πίνακας 11 Αριθμός ετήσιων θέσεων εργασίας ανά GWh στις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Παρατηρώντας τους παραπάνω πίνακες, γίνεται αντιληπτό το γεγονός ότι η αγορά εργασίας στις ΑΠΕ, είναι πιο ανεπτυγμένη από την αντίστοιχη των συμβατικών πηγών ενέργειας. Εδώ αξίζει να σημειωθεί, ότι οι διεθνείς αναφορές πολλές φορές αποκλίνουν στα αποτελέσματά τους. Ωστόσο στην πλειοψηφία τους, συμφωνούν στο γεγονός ότι η παραγωγή ενέργειας από τις ΑΠΕ, συνεπάγεται με περισσότερες θέσεις εργασίας, από την παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων.

Ο συγκεκριμένος τρόπος μέτρησης της επίδρασης των πηγών ενέργειας στην απασχόληση, είναι ενδεικτικός, άλλα όχι άκρως αξιόπιστος. Ο λόγος έγκειται στο γεγονός ότι, ο συντελεστής αξιοποίησης (capacity factor) του κάθε σταθμού, διαφέρει σε κάθε μορφή ενέργειας. Για παράδειγμα ένας φωτοβολταϊκός σταθμός έχει περίπου 20% συντελεστή αξιοποίησης, και κατά συνέπεια κάθε 1 MW παράγει $1 \text{ MW} * 0.2 * 24 \text{ hours} = 4.8 \text{ MWh}$ την ημέρα, ενώ ένας αιολικός σταθμός, έχει συντελεστή 35%.

5.2 Η περίπτωση της Ελλάδας

5.2.1 Γενική εικόνα

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται οι συνολικές θέσεις εργασίες στην Ελλάδα, για κάθε πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, για το έτος 2021 (δεδομένα EurObservER):

Μορφές ΑΠΕ	Συνολικές θέσεις εργασίας
Αιολική	6.600
Φωτοβολταϊκά	7.000
Ηλιακά θερμικά συστήματα	2.300
Υδροηλεκτρικά	900
Γεωθερμία	153
Βιομάζα	4.687
Βιοαέριο	700
Βιοκαύσιμα	2.600

Πίνακας 12 Συνολικές θέσεις εργασίας σε κάθε μορφή ΑΠΕ στην Ελλάδα (EurObservER, 2022).

Συνολικά στον εγχώριο ενεργειακό τομέα, οι θέσεις εργασίας έφτασαν τις 71.222 το 2021, ενώ το 2013 απαρριθμούσαν τις 77.690 (πτώση 8.3%). Η πτώση αυτή οφείλεται στην προσπάθεια ταχείας απολιγνιτοποίησης την τελευταία δεκαετία, που είχε ως αποτέλεσμα τον τερματισμό της λειτουργίας συγκεκριμένων λιγνιτικών σταθμών στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Επιπλέον σημαντικό παράγοντα της πτώσης αποτελεί η αυτοματοποίηση της βιομηχανίας, και η επέκταση της ψηφιοποίησης στις διοικητικές λειτουργίες (Θεοφανόπουλος Χ. και συν., 2023, σ. 105).

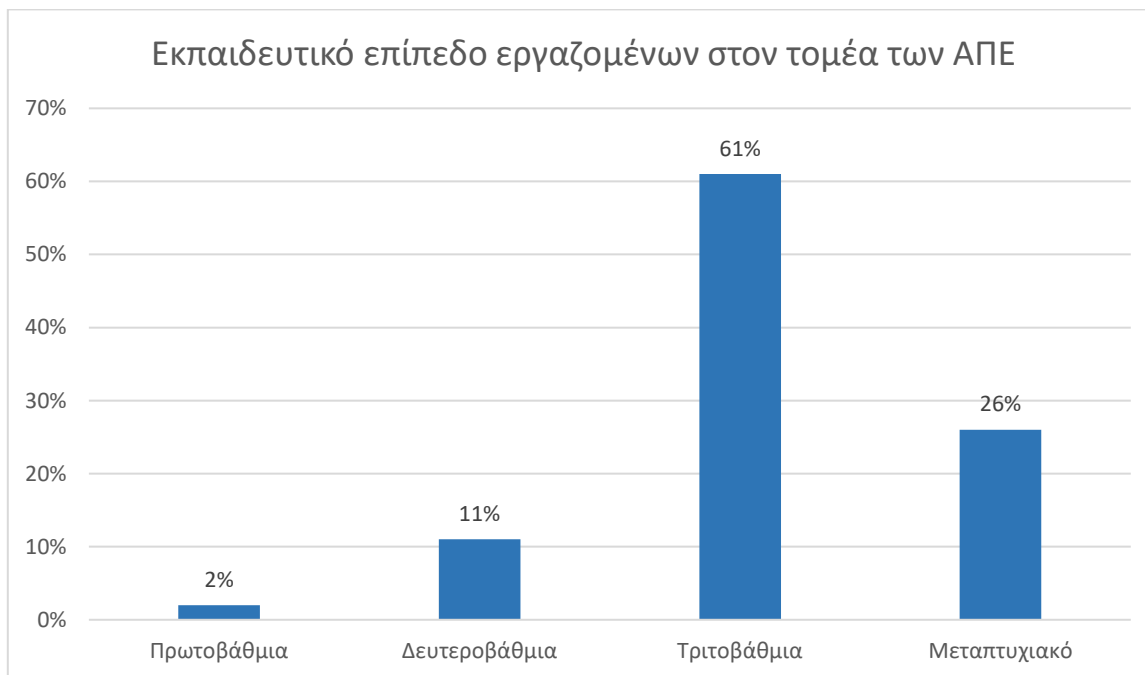
Τα εκτιμώμενα εργατοέτη στο τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα, μέχρι το 2030, βάσει των στόχων που έχει θέσει το ΕΣΕΚ, είναι τα εξής:

Μορφές ΑΠΕ	Εργατοέτη ανά MW
Αιολική	19.4
Φωτοβολταϊκά	33.5
Υδροηλεκτρικά	16.2
Βιομάζα	43.20

Πίνακας 13 Εκτιμώμενα εργατοέτη για τις ΑΠΕ, με βάση τους στόχους του ΕΣΕΚ για το 2030 (Θεοφανόπουλος Χ. και συν., 2023).

5.2.2 Λεπτομέρειες στην αγορά εργασίας των ΑΠΕ

- Η ελληνική αγορά των ΑΠΕ είναι κατά 98.5% πλήρης
- Στην συντριπτική πλειοψηφία, η υπηκοότητα των εργαζομένων στον τομέα των ΑΠΕ είναι ελληνική, με ποσοστό 98.5%. Επιπλέον, τα ¾ της αγοράς αποτελείται από άντρες εργαζόμενους, ενώ το ¼ από γυναίκες.
- Η πλειοψηφία των εργαζομένων ανήκει στην ηλικιακή ομάδα 31-50 ετών, και κατέχει εργασιακή εμπειρία μεγαλύτερη των 10 ετών. Το εκπαιδευτικό επίπεδο των εργαζομένων στον τομέα, αναλύεται ως εξής:



Γράφημα 29 Εκπαιδευτικό επίπεδο εργαζομένων στον τομέα των ΑΠΕ (Θεοφανόπουλος Χ. και συν., 2023).

- Το αντικείμενο απασχόλησης των εργαζομένων αφορά κυρίως το τεχνικό κομμάτι με ποσοστό 35%, ενώ και το διοικητικό με ποσοστό 30%. Άλλες δραστηριότητες αποτελούν το 35%. Μέχρι το 2030 το ποσοστό απασχόλησης στο τεχνικό κομμάτι αναμένεται να μειωθεί, ενώ παράλληλα το διοικητικό θα αυξηθεί.
- Στον τομέα της εγκατάστασης δραστηριοποιούνται οι περισσότεροι εργαζόμενοι με ποσοστό 65%, ενώ ακολουθεί ο τομέας της παραγωγής με ποσοστό 23%. Τέλος βρίσκεται ο τομέας της έρευνας και της ανάπτυξης, με ποσοστό 12% (Θεοφανόπουλος Χ. και συν., 2023, σ. 88-91).

Το λεγόμενο skills gap, που υπάρχει αυτή την στιγμή στην εργασία στις ΑΠΕ παγκοσμίως, υπάρχει και στην Ελλάδα. Ως skills gap, εννοείται η διαφορά που επικρατεί ανάμεσα στις απαιτήσεις του εργοδότη, και στις ικανότητες του εργαζόμενου. Σήμερα στην Ελλάδα, στην βιομηχανία των ΑΠΕ, υπάρχει έλλειψη σε μηχανικούς υπολογιστών, διευθυντές έργων ΑΠΕ, λογιστές, και σε μηχανικούς εξειδικευμένους σε καινοτόμες ενεργειακές τεχνολογίες, όπως η γεωθερμία, και η παραγωγή βιομεθανίου, που αποτελούν τεχνολογίες πρωτόγνωρες για τα ελληνικά δεδομένα.

Συμπεράσματα

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η αποτύπωση των εξελίξεων στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε κρατικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, με έμφαση στο κομμάτι της απασχόλησης. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε μία λεπτομερή ανάλυση της τεχνολογίας και της λειτουργίας των ΑΠΕ, των αρνητικών και των θετικών επιπτώσεων τους στο φυσικό περιβάλλον, αλλά και στο πως η επικείμενη ανάπτυξη τους ενδέχεται να επηρεάσει την αγορά εργασίας, και την καθημερινότητα των ανθρώπων γενικότερα.

Η ιστορία και η τεχνολογία των ΑΠΕ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δεν αποτελούν πρωτόγνωρη τεχνολογία για τον άνθρωπο. Από τα αρχαία χρόνια, διάφοροι πολιτισμοί χρησιμοποιούσαν τον ήλιο και το νερό, για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε θέρμανση, και για να καλλιεργήσουν την γη τους. Ωστόσο τον 18^ο – 19^ο αιώνα, με την αύξηση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων και με την βιομηχανική επανάσταση, η αξιοποίηση των ΑΠΕ γνώρισε ραγδαία πτώση. Από τον 20^ο αιώνα, καθώς οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ορυκτών καυσίμων γινόντουσαν όλο και πιο εμφανείς, σε συνδυασμό με την πετρελαϊκή κρίση και με την άνοδο του περιβαλλοντικού κινήματος, η παγκόσμια κοινότητα στράφηκε στην μοναδική λύση των ανανεώσιμων πηγών.

Από τότε μέχρι και σήμερα, έχουν πραγματοποιηθεί ουσιώδεις προσπάθειες καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου, πάντα με ηγέτη την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία από το 1973 μέχρι και το 2030, θα έχει εφαρμόσει συνολικά 8 προγράμματα δράσης για το περιβάλλον, με καθένα από αυτά να θέτει μία σειρά από εφικτούς στόχους για το βραχυπρόθεσμο μέλλον. Στην διεθνή περιβαλλοντική πολιτική, σταθμό αποτέλεσε το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997), το οποίο έθεσε στόχους μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου, προτείνοντας παράλληλα 3 ευέλικτους μηχανισμούς: τον μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης, την κοινή εφαρμογή, και το εμπόριο εκπομπών, το οποίο συνιστά τον πρόδρομο του σημερινού ευρωπαϊκού μηχανισμού ΣΕΔΕ.

Ωστόσο τα σοβαρά ελαττώματα του Πρωτόκολλου δεν άργησαν να φανούν. Πολλές χώρες υψηλού εισοδήματος, όπως οι ΗΠΑ, η Νότια Κορέα και η Σιγκαπούρη δεν επικύρωσαν το πρωτόκολλο, ενώ ο Καναδάς και η Ιαπωνία απέσυραν την συμμετοχή τους το 2011, χωρίς την επιβολή κάποιου είδους ποινής. Επιπλέον ο αριθμός των χωρών, που ανέλαβαν δεσμεύσεις για το Πρωτόκολλο είναι μόλις 32, σε σύγκριση με τον αριθμό των χωρών που δεν ανέλαβαν κάποια υποχρέωση (138). Τέλος, το σημαντικότερο στοιχείο είναι ότι από το 1990, οι παγκόσμιες εκπομπές σε CO₂ έχουν αυξηθεί κατά 51%, παρόλο που το Πρωτόκολλο πέτυχε τον στόχο του περί μείωσης των εκπομπών κατά 4.7%. Από την άλλη, κανενός είδους περιβαλλοντική πολιτική δεν θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως αποτυχημένη, καθώς, ειδικότερα στην περίπτωση του Πρωτόκολλου του Κιότο, πετυχαίνει στο να ενημερώσει την παγκόσμια κοινότητα για την κρισιμότητα του περιβαλλοντικού ζητήματος, αλλά και στο να προετοιμάσει το έδαφος για άλλες, πιο αποδοτικές ενδεχομένως, πολιτικές.

Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία

Με την θέσπιση της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, η Ευρωπαϊκή Ένωση γνωστοποιεί τον προσανατολισμό που αναμένεται να ακολουθήσει σε οικονομικό και πολιτικό πλαίσιο, για το μεσοπρόθεσμο αλλά και για το μακροπρόθεσμο μέλλον. Πρόκειται για μία εξέλιξη που θα αλλάξει σε σημαντικό βαθμό, όλους τους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας εντός της Ένωσης, καθώς η δέσμη Fit for 55 περιλαμβάνει μεταρρυθμίσεις σε κλάδους όπως το εμπόριο, τις μεταφορές, την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας. Ανεξαιρέτως του καθαρού οικολογικού χαρακτήρα που κατέχει, είναι αδιαμφισβήτητο ότι συνιστά μία καινοτόμο στρατηγική που αποσκοπεί στην οικονομική ανάπτυξη, επιδιώκοντας παράλληλα να ανταποκριθεί αποτελεσματικά στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής.

Οι περισσότεροι φορείς της οικονομίας δέχτηκαν θετικά την Συμφωνία, καθώς κατανόησαν τις επενδυτικές ευκαιρίες που περιλαμβάνει, και εκτός αυτού η ανάπτυξη της οικονομίας σε βιώσιμη και ανθεκτική σε κρίσεις και σε διαφθορά, είναι αποδεκτή από το μεγαλύτερο μέρος της κοινωνίας. Ωστόσο υπάρχουν και επιχειρήσεις που χρειάζεται να εφαρμόσουν ριζικές αλλαγές προκειμένου να μπορέσουν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της Συμφωνίας. Για παράδειγμα όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο ευρωπαϊκός κλάδος της αυτοκινητοβιομηχανίας βρίσκεται αντιμέτωπος με μία ταχεία μετάβαση προς τα εναλλακτικά καύσιμα, η οποία προβλέπεται ότι θα οδηγήσει σε πολλές απώλειες στον τομέα της απασχόλησης, αλλά και στην ανταγωνιστικότητα.

Μπορεί να εξαχθεί με ασφάλεια το συμπέρασμα, ότι η Πράσινη Συμφωνία προτάθηκε την κατάλληλη στιγμή, σε αντίθεση με πολλές περιβαλλοντικές πολιτικές του παρελθόντος, καθώς οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν πλέον γίνει αισθητές. Η αύξηση των κινδύνων πυρκαγιάς, οι πρωτόγνωρες συνθήκες καύσιμων που επικρατούν στις Νότιες χώρες της Ευρώπης, και τα έντονα φαινόμενα ξηρασίας δεν είναι εφικτό πλέον να αγνοηθούν. Επιπλέον η ΕΕ έχει την ευκαιρία, να αποτελέσει κίνητρο για πολλές χώρες του πλανήτη να αναπτύξουν δικά τους περιβαλλοντικά προγράμματα, εφόσον βέβαια πετύχει εν τέλει η Πράσινη Συμφωνία, στην οποία καθοριστικό παράγοντα θα αποτελέσει η ορθή λειτουργία του κοινωνικού ταμείου για το κλίμα.

Στόχοι για τις ΑΠΕ

Ο στόχος της συμμετοχής κατά 42.5% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο συνολικό μείγμα παραγωγής ενέργειας για το έτος 2030, συνιστά έναν σίγουρα φιλόδοξο στόχο αλλά όχι αδύνατο. Ήδη όπως έχει αποδειχθεί και στο παρελθόν με την υλοποίηση του στόχου $3 \times 20\%$, η ΕΕ δείχνει να είναι ικανή να φέρει εις πέρας τους στόχους της. Σίγουρα ωστόσο οι συνθήκες που επικρατούν, δεν είναι όμοιες με τις συνθήκες του 2020, καθώς με την εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία, και κατά συνέπεια με την διακοπή της διανομής του ρωσικού φυσικού αερίου εντός της Ευρώπης, η ΕΕ πιέζεται όλο και περισσότερο να ανεξαρτητοποιηθεί ενεργειακά και μάλιστα γρήγορα. Οι εισαγωγές ενέργειας από την Ρωσία το 2020, κάλυπταν σχεδόν

το ¼ των αναγκών της ΕΕ, ενώ από τις συνολικές εισαγωγές φυσικού αερίου περίπου οι μισές προερχόντουσαν από την Ρωσία (IENE, 2023, σ. 51).

Παράλληλα η αύξηση στις τιμές των υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των ΑΠΕ, και το τωρινό ανεπαρκές νομικό πλαίσιο καθυστερούν τις διαδικασίες εγκατάστασης των ανανεώσιμων πηγών. Καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη του στόχου αναμένεται να έχει το υδρογόνο και το βιομεθάνιο, ενώ οι στόχοι για τα φωτοβολταϊκά, τα υπεράκτια και τα χερσαία αιολικά πάρκα προβλέπεται ότι θα επιτευχθούν χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία.

Τέλος να σημειωθεί ότι στο τέλος του 2022, μόλις το 22.5% της συνολική ενέργειας που καταναλώθηκε προήλθε από ανανεώσιμες πηγές, συνεπώς μέσα στα επόμενα 8 χρόνια θα χρειαστεί να διπλασιαστεί αυτό το ποσό. Συμπερασματικά βάσει όσων ειπώθηκαν, ο στόχος για τις ΑΠΕ αναμένεται να μετατρέψει ολοκληρωτικά το ενεργειακό, νομικό, επενδυτικό και εργασιακό τοπίο σε ένα αρκετά μικρό χρονικό διάστημα, γεγονός που καθιστά την επίτευξη του εξαιρετικά απαιτητική, όχι όμως αδύνατη καθώς η ραγδαία ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών και των αντλιών θερμότητας φέρει αισιοδοξία.

Η ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα

Η Ελλάδα αποτελεί μία έντονα εξαρτημένη ενεργειακά χώρα, κυρίως λόγω του ότι βασίζεται σε μεγάλο ποσοστό από υδρογονάνθρακες, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, από του οποίους εισάγει περίπου το 100%. Το συγκεκριμένο πρόβλημα αποτελεί μείζονος σημασίας για την οικονομική και ενεργειακή ασφάλεια της χώρας, καθώς οι εισαγωγές ορυκτών καυσίμων αποτελούν το 60% του συνολικού ελλείματος στο εμπορικό ισοζύγιο.

Στην ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας και στην επίτευξη των στόχων της Πράσινης Συμφωνίας, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη των ΑΠΕ στο μερίδιο ηλεκτροπαραγωγής. Ήδη η Ελλάδα έχει σημειώσει σπουδαία πρόοδο τα τελευταία χρόνια, καθώς κάθε χρόνο καταγράφει ιστορικό υψηλό στην αύξηση της εγκατεστημένης ισχύς ΑΠΕ, και στην παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, ενώ παράλληλα καταβάλλει ουσιαστικές προσπάθειες να μειώσει την αξιοποίηση λιγνίτη, αν και για πολλά ακόμη χρόνια θα πραγματοποιείται χρήση του. Ενδεικτικό στοιχείο της ταχείας απολιγνιτοποίησης, αποτελεί, το ότι μόλις σε δύο χρόνια, την χρονική περίοδο 2019-2021, η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας από τους λιγνίτες έπεσε από το 20% στο 10%.

Το νέο ΕΣΕΚ, και η ψήφιση του κλιματικού νόμου, αναμένεται να διαμορφώσουν την μορφή της ελληνικής οικονομίας, και το ενεργειακό τοπίο μέχρι και το 2050. Πιο συγκεκριμένα προβλέπει αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 45% μέχρι και το 2030, κινούμενη παράλληλα με τους στόχους της ΕΕ, ενώ περιλαμβάνει και πολλές ακόμη οδηγίες, όπως οι τεχνολογίες αποθήκευσης, τα έξυπνα δίκτυα, ο συμψηφισμός της ιδιωτικής παραγωγής, που αποσκοπούν στην μείωση των εκπομπών άνθρακα, στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στην εξάλειψη της ενεργειακής φτώχειας. Με την θέσπιση του νέου ΕΣΕΚ, σε συνδυασμό με την εγχώρια εξέλιξη της πράσινης ενέργειας, η Ελλάδα κατάφερε να καταλάβει την 21^η θέση, στην λίστα ελκυστικότητας ως προς τις επενδύσεις σε ΑΠΕ.

Για την χώρα είναι πολύ σημαντικό να μπορέσει να εκμεταλλευτεί, όσον το δυνατό περισσότερο το δυναμικό της σε ανανεώσιμη ενέργεια, καθώς αποτελεί έναν ενεργειακό κόμβο στην νοτιοανατολική Ευρώπη, με σχεδόν 13 GW εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ, ενώ η γεωγραφική της θέση της εξασφαλίζει την δυνατότητα ενεργής συμμετοχής σε θέματα κατασκευής ενεργειακών οδών ανάμεσα σε χώρες της Ευρώπης, της Ασίας και της βόρειας Αφρικής.

Ωστόσο στην Ελλάδα αυτή την στιγμή, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που καθυστερούν την ταχεία ανάπτυξη των ΑΠΕ. Ένας από αυτούς, και σίγουρα το μεγαλύτερο τροχοπέδη στην ανάπτυξη τους, είναι οι διαδικασίες αδειοδότησης, οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν ως χρονοβόρες και περίπλοκες. Επιπλέον χρειάζεται να ενισχυθεί και να επεκταθεί η ενεργειακή υποδομή της χώρας, όπως το δίκτυο και η χρήση μπαταριών, το οποίο βέβαια αναφέρεται στο αναθεωρημένο ΕΣΕΚ. Τέλος ένα πρόσφατο ζήτημα που συνδέεται με την αύξηση του πληθωρισμού, αποτελεί η σημαντική αύξηση των επιτοκίων, που καθιστά δύσκολη την εξασφάλιση κεφαλαίων και χρηματοδότησης.

Επιπλέον η Ελλάδα χρειάζεται στο μέλλον να μπορέσει να αξιοποιήσει και άλλες πιο προηγμένες τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας. Η ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών, στις Σκανδιναβικές χώρες αποτελεί αξιόπιστη πηγή ηλεκτροπαραγωγής εδώ και πολλά χρόνια, ενώ στην Ελλάδα μόλις τον προηγούμενο χρόνο ψηφίστηκε ο νόμος ανάπτυξης τους. Από την άλλη το βάθος και η μορφολογία στον πυθμένα της ανατολικής Μεσογείου, μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο στην ανάπτυξη τους, κάτι που επίσης μπορεί να λυθεί με την εγκατάσταση πλωτών ανεμογεννητριών. Η λειτουργία σταθμών βιομάζας, είναι εξίσου κομβική για την χώρα, και αυτή την στιγμή η Ελλάδα βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις ανάμεσα στις χώρες της ΕΕ στον συγκεκριμένο τομέα, μολονότι το δυναμικό της είναι εξαιρετικά πλούσιο. Την επόμενη δεκαετία το καθαρό υδρογόνο, αναμένεται να κατέχει πρωταγωνιστικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας, ενώ ήδη το επενδυτικό ενδιαφέρον είναι ιδιαίτερα αυξημένο. Πολλές χώρες στην Ευρώπη έχουν ήδη αναπτύξει στρατηγικές αξιοποίησης του, και στην Ελλάδα ετοιμάζονται 20 έργα.

Αδιαμφισβήτητα η στάση της κοινής γνώμης και της τοπικής κοινότητας, είναι αυτή που θα καθορίσει σε σημαντικό βαθμό την ευνοϊκή διείσδυση των ΑΠΕ, ή ακόμη και την περαιτέρω καθυστέρηση τους, όπως έχει συμβεί και αρκετές φορές στο παρελθόν (βλ. αναστολή της λειτουργίας του γεωθερμικού σταθμού στο νησί της Μήλου, ή ακόμη και τις πρόσφατες θεωρίες που αφορούν την επίπτωση των ανεμογεννητριών στο περιβάλλον). Για τον λόγο αυτό είναι αναγκαία η ενημέρωση του πληθυσμού για τις πιθανές επιπτώσεις της λειτουργίας των ΑΠΕ στο περιβάλλον, και ταυτόχρονα πρέπει να αποτελεί καθήκον της πολιτείας, η διεξαγωγή των απαραίτητων περιβαλλοντικών ερευνών πριν από την εγκατάσταση και την λειτουργία τους.

Απασχόληση στις ΑΠΕ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ένα συγκριτικό πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, είναι η αυξημένη δημιουργία θέσεων εργασίας που παρουσιάζουν κατά την φάση παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας τους. Μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις, όπως κυρίως συμβαίνει στην παραγωγή βιοενέργειας, δεν απαιτείται η κατοχή ακαδημαϊκού τίτλου.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, καθώς η διεθνής κοινότητα θα επικεντρώνεται όλο και περισσότερο στην ανάπτυξη τους, τόσο θα αυξάνονται και οι διαθέσιμες θέσεις εργασίας. Ακόμη και αν πολλά επαγγέλματα εκλείψουν λόγω της ψηφιοποίησης της βιομηχανίας τις επόμενες δεκαετίες, πολλές ακόμη θέσεις εργασίας αναμένεται να δημιουργηθούν για την ανακύκλωση των ήδη υπάρχοντων εξοπλισμών, όπως τα φωτοβολταϊκά πάνελ, οι τουρμπίνες κ.α.

Στην Ελλάδα, βάσει των φιλόδοξων στόχων που έχει θέσει για το μέλλον, οι θέσεις εργασίας στις ΑΠΕ και στην ενεργειακή αποδοτικότητα θα σχηματίσουν εντυπωσιακή αύξηση. Ο τομέας της ηλιακής ενέργειας αποτελεί εξαίρεση, καθώς δεν προβλέπεται σημαντική αύξηση στην απασχόληση, κυρίως λόγω του ότι δεν υφίσταται πλέον η μαζική εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε σχέση με την προηγούμενη δεκαετία. Πολλές ωστόσο θέσεις εργασίας θα εκλείψουν στον εγχώριο ενεργειακό κλάδο, εξαιτίας της ταχείας απολιγνιτοποίησης, και της αυτοματοποίησης της πετρελαϊκής βιομηχανίας, κάτι που αναμένεται να αντιμετωπιστεί από την λειτουργία του προγράμματος της “Δικαίας Αναπτυξιακής Μετάβασης”.

Με την εισαγωγή και αξιοποίηση νέων τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας στην Ελλάδα, όπως το υδρογόνο και το βιομεθάνιο, ο Έλληνας εργαζόμενος θα χρειαστεί να εξελίξει τις ικανότητες του, προκειμένου να μπορέσει να αποφευχθεί περαιτέρω το λεγόμενο “skills gap”. Επιπροσθέτως, η απασχόληση στις ΑΠΕ μπορεί ενδεχομένως να περιορίσει ή ακόμη και να εξαλείψει το φαινόμενο “brain drain”, το οποίο αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες της γήρανσης του πληθυσμού, και της έλλειψης της ανταγωνιστικότητας της ελληνικής αγοράς σε σύγκριση με τις χώρες της Ευρώπης.

Βιβλιογραφία

1. Aimilia Panagiotou, Stamatis Zogaris, Elias Dimitriou, Angeliki Mentzafou, Vassilios A. Tsihrintzis (2022), Anthropogenic barriers to longitudinal river connectivity in Greece: A review, *Ecohydrology & Hydrobiology*, Volume 22, Issue 2, Pages 295-309, ISSN 1642-3593. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2021.10.003>.
2. Andritsos N., Arvanitis A., Papachristou M., Fytikas M., & Dalambakis P.P. (2009), Geothermal Activities in Greece During 2005-2009. Proc. World Geothermal Congress 2010, Bali Indonesia . Available at: <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/0138.pdf>.
3. Ανδρονίκου Ευγενούλα (2012), Ανάπτυξη των ΑΠΕ και επιπτώσεις στην απασχόληση. Η περίπτωση της Κύπρου. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
4. Αποστόλου Ιφιγένεια (2018), Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα: εξέλιξη ενεργειακών μεγεθών και προβλέψεις. Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Available at: <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/11291?locale-attribute=en>.
5. Askari Mohammad Bagher, Mirzaei Vahid, Mirhabibi Mohsen, Dehghani Parvin (2015). Hydroelectric Energy Advantages and Disadvantages. *American Journal of Energy Science*. Vol. 2, No. 2, pp. 17-20. Available at: https://www.researchgate.net/publication/275094706_Hydroelectric_Energy_Advantages_and_Disadvantages.
6. Bela Galgóczi (2023), A Fight for Every Job: Decarbonising Europe's Cars. *Green European Journal*. Available at: <https://www.greeneuropeanjournal.eu/wp-content/uploads/pdf/a-fight-for-every-job-decarbonising-europes-cars.pdf>.
7. Benjamin K. Sovacool, Darrick Evensen, Thomas A. Kwan, Vincent Petit (2023), Building a green future: Examining the job creation potential of electricity, heating, and storage in low-carbon buildings. *The Electricity*

- Journal, Volume 36, Issue 5, 107274, ISSN 1040-6190. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.tej.2023.107274>.
8. Bioenergy Europe (2023), Pellet market trends in Europe. Available at:
https://www.avebiom.org/sites/default/files/EB23/11-pellets-02_KARAMPINIS_Bioenergy_Europe.pdf.
 9. Bórawski, Piotr, Rafał Wyszomierski, Aneta Bełdycka-Bórawska, Bartosz Mickiewicz, Beata Kalinowska, James W. Dunn, and Tomasz Rokicki (2022), "Development of Renewable Energy Sources in the European Union in the Context of Sustainable Development Policy" *Energies* 15, no. 4: 1545.
<https://doi.org/10.3390/en15041545>.
 10. Γεώργιος Χατζηγιάννης (2017), Το Γεωθερμικό Δυναμικό της Ελλάδας. Available at: <https://www.oryktosploutos.net/wp-content/uploads/2017/03/XATZHGIANIS.pdf>.
 11. Christian Kurrer, Nicoleta Lipcaneanu (2023), Environment policy: general principles and basic framework. European Parliament. Available at:
https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/en/FTU_2.5.1.pdf#:~:text=European%20environment%20policy%20rests%20on%20the%20principles%20of,future%20action%20in%20all%20areas%20of%20environment%20policy.
 12. Chowdhury, M.S., Rahman, K.S., Selvanathan (2021). Current trends and prospects of tidal energy technology. *Environ Dev Sustain* 23, 8179–8194. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01013-4>.
 13. Cifuentes-Faura, J. (2022). European Union policies and their role in combating climate change over the years. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(8), pp.1333–1340. doi: <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01156-5>.
 14. David Alexandru Timis (2023), The future of work in the green economy. World Economic Forum. Available at:
<https://www.weforum.org/agenda/2023/06/the-future-of-work-in-the-green-economy/>.

15. Drew Liming (2012), Careers in Geothermal Energy. U.S. Bureau Of Labor Statistics. Available at:
https://www.bls.gov/green/geothermal_energy/geothermal_energy.htm.
16. Ecopress (2023), Παραγωγή ενέργειας: που κερδίζει και που χάνει η Ελλάδα πανευρωπαϊκά. Available at: <https://ecopress.gr/energy-monitor-pou-kerdizei-kai-pou-chanei-i-ilektr/#:~:text=%CE%91%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B5%CF%83%CE%B1%20%CF%83%CF%84%CE%B9%CF%82%20%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%B5%CF%82%20%CF%84%CE%B7%CF%82%20%CE%95%CF%85%CF%81%CF%8E%CF%80%CE%B7%CF%82%20%CE%B7%20%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1%20%CF%84%CE%BF.%CE%AD%CF%87%CE%B5%CE%B9%20%CE%BC%CE%B7%CE%B4%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CF%80%CE%BF%CF%83%CE%BF%CF%83%CF%84%CF%8C%20%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1%CF%82%20%CF%83%CF%84%CE%BF%20%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CE%B3%CE%BC%CE%B1%20%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CF%82%20%CF%84%CE%B7%CF%82>.
17. ΕΔΕΥΕΠ: Ελληνική Διαχειριστική Εταιρεία Υδρογονανθράκων και Ενεργειακών Πόρων (χ.χ.), Υπεράκτια αιολική ενέργεια. Available at:
<https://herema.gr/el/offshore-wind/>.
18. Elemental Green (χ.χ.), wind vs solar – which power source is better. Available at: <https://elemental.green/wind-vs-solar-which-power-source-is-better/>.
19. ΕΛΕΤΑΕΝ: Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας (χ.χ.). Available at: <https://eletaen.gr/>.
20. Ελληνική Δημοκρατία: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2023), Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα. Available at:
https://energypress.gr/sites/default/files/media/syneptygmeno-shedio-esek_2023.pdf.
21. Ελληνικός Σύνδεσμος Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (χ.χ.). Available at:
<https://www.microhydropower.gr/%ce%b5%cf%83%ce%bc%cf%85%ce%b5/>.
22. Ενεργειακό Γραφείο Κύπριων Πολιτών (2010). Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας - Εφαρμογές στον οικιακό τομέα. Available at:

- <https://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/Heat%20Pumps%20-%20energy%20from%20the%20earth.pdf>.
23. Ενεργειακό Γραφείο Κύπριων Πολιτών (2010). Ηλιακά Θερμικά Συστήματα - Εφαρμογές στον οικιακό τομέα. Available at: <https://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/Solar%20thermal%20systems.pdf>.
24. Energy Education (2016), *Bioethanol*. University of Calgary. Available at: <https://energyeducation.ca/encyclopedia/Bioethanol>.
25. EUR-Lex: Access to European Union law. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>.
26. EurObservER (2023), Photovoltaic Barometer. Available at: <file:///C:/Users/user/Downloads/EurObservER-PV-Barometer-20230530.pdf>.
27. EurObservER (2023), Renewable Energy in Transport Barometer. Available at: <https://www.eurobserv-er.org/res-in-transport-barometer-2023/>.
28. EurObservER (2022), Solid Biofuels Barometer. Available at: <https://www.eurobserv-er.org/category/all-solid-biofuels-barometers/>.
29. EurObservER (2022), The State of Renewable Energy Sources in Europe. 21st EurObservER Report. Available at: <https://www.eurobserv-er.org/category/all-annual-overview-barometers/>.
30. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2020), Αλλάζουμε τον τρόπο με τον οποίο παράγουμε και καταναλώνουμε: το νέο σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία δείχνει τον δρόμο για μία κλιματικά ουδέτερη και ανταγωνιστική οικονομία υπεύθυνων καταναλωτών. Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/ip_20_420.
31. Ευρωπαϊκό Συμβούλιο (2023), Δέσμη Fit for 55. Available at: <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/#:~:text=%CE%97%20%CE%B4%CE%AD%CF%83%CE%BC%CE%B7%20%C2%AB%CE%A0%CF%81>

[%CE%BF%CF%83%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AE%20%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD%20%CF%83%CF%84%CF%8C%CF%87%CE%BF%20%CF%84%CE%BF%CF%85%2055%20%25%CE%2%BB.%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%86%CF%89%CE%BD%CE%B7%CE%B8%CE%B5%CE%AF%20%CE%B1%CF%80%CF%8C%20%CF%84%CE%BF%20%CE%A3%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%BF%CF%8D%CE%B%CE%B9%CE%BF%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CF%84%CE%BF%20%CE%95%CF%85%CF%81%CF%89%CF%80%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C%20%CE%9A%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CF%8D%CE%BB%CE%B9%CE%BF.](#)

32. European Commission, Joint Research Center (2019), *Brief on biomass for energy in the European Union*, Publications Office. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/546943>.
33. European Small Hydropower Association. *Small Hydropower Roadmap – Condensed research data for EU-27*.
34. Eurostat. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Main_Page.
35. Ζέρβος Αρθούρος, Κάραλης Γεώργιος (2018), Αιολική ενέργεια. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Ρευστών. Available at: https://mycourses.ntua.gr/courses/MECH1018/document/simeioseis_aioliki_2018.pdf.
36. Ηλίας Π. Παπαγεωργιάδης (2023), Βιοαέριο/Βιοενέργεια: Γιατί τα χρειαζόμαστε περισσότερο και από τα φωτοβολταϊκά. Energy press. Available at: <https://energypress.gr/news/bioaerio-bioenergeia-giati-ta-hreiazomaste-pleon-perissotero-kai-apo-ta-fotovoltaika>.
37. Gavin Maguire (2023), Europe's south needs to realise its high solar potential. Thomson Reuters. Available at: <https://www.reuters.com/markets/commodities/europes-south-needs-realise-its-high-solar-potential-2023-05-24/>.
38. Green Agenda (2018), Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα για το 2017. Available at: <https://greenagenda.gr/%CF%84%CE%BF-%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C->

[%CE%B1%CF%80%CE%BF%CF%84%CF%8D%CF%80%CF%89%CE%BC%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF-2/](https://www.greeneconomy.com/en/2021/01/biodiesel-2/).

39. Greenbuilding (2021), *Βιοντίζελ*. Available at:
<https://greenbuilding.gr/perivallon-ape/biodiesel-%CE%AE-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%B6%CE%B5%CE%BB/>.
40. Θεοφανόπουλος Χ., Θεοφύλακτος Κ., Μεζαρτάσογλου Δ., Σταμπολής Κ., Τερζίδου Ε. (2023), Ενέργεια και Απασχόληση στην Ελλάδα. Ινστιτούτο Ενέργειας και Νοτιοανατολικής Ευρώπης. Available at:
https://www.iene.eu/articlefiles/inline/energeia_k_apasxolisi.pdf.
41. Heidi Garrett-Peltier (2017), Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model, *Economic Modelling*, Volume 61, Pages 439-447, ISSN 0264-9993. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.11.012>.
42. Hellenic Association for Energy Economics (2022), Greek Energy Market Report. Available at: <https://www.haee.gr/FileServer?file=85eaf907-e18c-4b71-9e02-93f8d7b6c2f9>.
43. Hurtig O., Buffi M., Scarlat N., Motola V., Georgakaki A., Letout S., Mountraki A. and Joanny Ordonez G. (2022), Clean Energy Technology Observatory: Advanced Biofuels in the European Union – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, EUR 31287 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-58806-1. Available at: <https://dx.doi.org/10.2760/938743>.
44. IENE (2023), Ο Ελληνικός ενεργειακός τομέας: Ετήσια Έκθεση 2023. Available at: https://www.iene.gr/articlefiles/IENE_MELETI_2023_web.pdf.
45. International Energy Agency (2023), Greece 2023: Energy Policy Review. Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5dc74a29-c4cb-4cde-97e0-9e218c58c6fd/Greece2023.pdf>.

46. International Hydropower Association (2022), Regional profile: Europe. Available at: <https://www.hydropower.org/region-profiles/europe>.
47. International Labour Office (2011), Skills and Occupational Needs in Renewable Energy, ISBN 978-92-2-125395-2, Geneva. Available at: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/@ifp_skills/documents/publication/wcms_166823.pdf.
48. IRENA and ILO (2023), Renewable energy and jobs: Annual review 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi and International Labour Organization, Geneva. Available at: https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Sep/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2023.pdf?rev=4c35bf5a1222429e8f0bf932a641f818.
49. IRENA (2023), Renewable Capacity Statistics 2023. Available at: https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2023.pdf?rev=b357baf054584e589c8ab635140d0596.
50. IRENA (2023), Renewable power generation costs in 2022. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ISBN 978-92-9260-544-5. Available at: https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Aug/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2022.pdf?rev=cccb713bf8294cc5bec3f870e1fa15c2.
51. IRENA (2014). *TIDAL ENERGY TECHNOLOGY BRIEF*. Available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/Tidal_Energy_V4_WEB.pdf.
52. IRENA (2014). *WAVE ENERGY TECHNOLOGY BRIEF*. Available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/Wave-Energy_V4_web.pdf.
53. ΚΑΠΕ (χ.χ.), Ανεμογεννήτριες. Available at: http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm.

54. ΚΑΠΕ (χ.χ.), *BIOMAZA*. Available at: http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf.
55. ΚΑΠΕ (χ.χ.), *Ενεργητικά ηλιακά*. Available at: http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_active_solar.htm.
56. ΚΑΠΕ (χ.χ.), *Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Θέρμανσης*. Available at: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata.htm
57. James Hamilton and Drew Liming (2010), *Careers in Wind Energy*. U.S. Bureau of Labor Statistics. Available at: https://www.bls.gov/green/wind_energy/wind_energy.pdf.
58. James Hamilton (2011), *Careers in Solar Power*. U.S. Bureau Of Labor Statistics. Available at: https://www.bls.gov/green/solar_power/solar_power.pdf.
59. Krishna Kumar, R.P. Saini, *Economic analysis of operation and maintenance costs of hydropower plants (2022)*, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Volume 53, Part C, 102704, ISSN 2213-1388. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102704>.
60. Loss S.R., Will T., Marra P.P. (2014) *Refining Estimates of Bird Collision and Electrocution Mortality at Power Lines in the United States*. *PLOS ONE* 9(7): e101565. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101565>.
61. Loz Blain (2023), *World's largest wind turbine is now fully operational and connected*. *New Atlas*. Available at: <https://newatlas.com/energy/worlds-largest-wind-turbine-myse-16-260/>.
62. Mahmud, M. A. Parvez, Nazmul Huda, Shahjadi Hisan Farjana, and Candace Lang (2018). "Environmental Impacts of Solar-Photovoltaic and Solar-Thermal Systems with Life-Cycle Assessment" *Energies* 11, no. 9: 2346. Available at: <https://doi.org/10.3390/en11092346>.
63. Maradin Dario (2021), *Advantages and disadvantages of renewable energy sources utilization*. In: *International Journal of Energy Economics and Policy* 11 (3), S. 176 - 183. Available at: <https://doi.org/10.32479/ijeep.11027>.

64. Mark Peplow (2022), Solar panels face recycling challenge. C&EN. Available at: <https://cen.acs.org/environment/recycling/Solar-panels-face-recycling-challenge-photovoltaic-waste/100/i18>.
65. Matteo Ciucci (2023), Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. Available at: https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/el/FTU_2.4.9.pdf.
66. Μάχη Τράτσα (2023), Υπεράκτια αιολικά πάρκα: Εκκίνηση με δύο πλωτά πιλοτικά έργα. Οικονομικός Ταχυδρόμος. Available at: <https://www.ot.gr/2023/11/04/green/ape/yperaktia-aiolika-parka-ekkinisi-medyo-plota-pilotika-erga/>.
67. Mendrinou D., Karytsas C., Kapiris M., Papachristou M., Dalampakis P., Arvanitis A., Andritsos N. (2022), Geothermal Energy Use, Country Update for Greece. European Geothermal Congress 2022, Berlin, Germany. Available at: <https://www.oryktosploutos.net/wp-content/uploads/2023/03/GREECE-EGC-2022-country-update.pdf>.
68. MP energy (χ.χ.), Φωτοβολταϊκά με απλά λόγια. Available at: <https://www.mp-energy.gr/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CE%B2%CE%BF%CE%B7%CE%B8%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BA%CE%B1-%CE%BC%CE%B5-%CE%B1%CF%80%CE%BB%CE%B1-%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%B1.html>.
69. M. Soltani, Farshad Moradi Kashkooli, Mohammad Souri, Behnam Rafiei, Mohammad Jabarifar, Kobra Gharali, Jatin S. Nathwani (2021), Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 140, 110750, ISSN 1364-0321. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110750>.
70. Muhammad Tawalbeh, Amani Al-Othman, Feras Kafiah, Emad Abdelsalam, Fares Almomani, Malek Alkasrawi (2021). Environmental impacts of solar photovoltaic systems: A critical review of recent progress and future outlook, Science of The Total Environment, Volume 759, 143528, ISSN 0048-9697. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143528>.

71. Μπακάλτος, Κωσταντίνος (2022) *ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Available at: <https://ikee.lib.auth.gr/record/342705/files/Bakaltos%20Konstantinos.pdf>.
72. National Grid (2022), Onshore vs offshore wind energy: what's the difference?. Available at: <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/onshore-vs-offshore-wind-energy>.
73. Norton Rose Fulbright (2021), The EU Green Deal explained. Available at: <https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/c50c4cd9/the-eu-green-deal-explained>.
74. Ντόρτος Παναγιώτης (2022), ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΗΛΙΑΙΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ T*SOL. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Available at: <file:///C:/Users/user/Downloads/Post%20Graduate%20Thesis%20Ntortos%20Panagiotis%2003300929.pdf>.
75. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (χ.χ.), Bioenergy career grid. U.S. Department of Energy. Available at: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/bioenergy-career-grid>.
76. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (χ.χ.), Solar Photovoltaic Technology Basics. U.S. Department of Energy. Available at: <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-technology-basics>.
77. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (χ.χ.), Solar timeline. U.S. Department of Energy (χ.χ.). Available at: https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf.
78. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (χ.χ.), Wind career map. U.S. Department of Energy. Available at: <https://www.energy.gov/eere/wind/wind-career-map>.
79. Oscar Fitch-Roy (2013), Workers wanted: The EU wind energy sector skills gap. European Wind Energy Technology Platform. Available at: <https://etipwind.eu/files/reports/TPWind-Workers-Wanted.pdf>.

80. PIR.gr Πανελλήνιο Ηλεκτρικό ρεύμα (χ.χ.), Φορείς. Available at: <https://www.pir.gr/foreis/>.
81. Πράσινη Ενέργεια (2011), Blogspot. Available at: http://landwaterwind.blogspot.com/2011_01_01_archive.html.
82. R. Saidur, N.A. Rahim, M.R. Islam, K.H. Solangi (2011), Environmental impact of wind energy, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 5, Pages 2423-2430, ISSN 1364-0321. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.024>.
83. Solar Heat Europe (2023), Decarbonising heat with Solar thermal. Market outlook 2022/2023. Available at: https://solarheateurope.eu/wp-content/uploads/2023/10/INFOGRAPHY_SOLARHEATEUROPE_OCT23_FINAL.pdf.
84. SolarPower Europe (2023), EU Solar Jobs Report 2023 – Bridging the solar skills gap through quality and quantity. Available at: <https://www.solarpowereurope.org/insights/thematic-reports/eu-solar-jobs-report-2023-1>.
85. Statista. Available at: <https://www.statista.com/>.
86. Tasneem Abbasi, S.A. Abbasi (2010), Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14, Issue 3, Pages 919-937, ISSN 1364-0321. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.006>.
87. ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ (2011). ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΔΕ4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Α΄ έκδοση Αθήνα, Available at: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tpree/dg2013/ktirio/DE4-Renewable%20Energy%20Sources-final.pdf>.

88. Thabet Alrajeh (χ.χ.), The A to Z of Constructing a wind Turbine. Tactical project manager. Available at: <https://www.tacticalprojectmanager.com/wind-turbine-construction>.
89. The Green Tank (2023), Ανθρακικό αποτύπωμα ηλεκτροπαραγωγής: Εκπομπές CO₂ ανά καύσιμο (Λιγνίτης, Ορυκτό αέριο, Πετρέλαιο). Available at: https://thegreentank.gr/emissionswatch_el/.
90. The Green Tank (2023), Ελλάδα και Ευρωπαϊκή Ένωση 4 χρόνια μετά την απόφαση απολιγνιτοποίησης. Available at: <https://thegreentank.gr/2023/09/22/ellada-kai-evropaiki-enosi-4-xronia-meta-tin-apofasi-apolignitopoiisis/>.
91. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (χ.χ.), Βιομάζα/ Βιορευστά/ Βιοαέριο. Available at: <https://ypen.gov.gr/energeia/ape/technologies/viomaza-vioefstasioaerio/>.
92. UNIDO, ICSHP (2022), World Small Hydropower Development Report 2022. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria; International Center on Small Hydro Power, Hangzhou, China. Available at www.unido.org/WSHPDR2022.
93. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) (2019), World Small Hydropower Development Report. Available at: <https://www.unido.org/our-focus-safeguarding-environment-clean-energy-access-productive-use-renewable-energy-focus-areas-small-hydro-power/world-small-hydropower-development-report>.
94. U. S. Department of the interior (2008). *Hydroelectric power*. Available at: <https://www.usbr.gov/power/edu/pamphlet.pdf>.
95. Φιλίντας Αγ.Θ. και Πολύζος Σερ.Θ. (χ.χ.), *Φράγματα, λειτουργίες οικοσυστήματος και περιβαλλοντικές επιπτώσεις*. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Available at: <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teelar/EKDILWSEIS/damConference/eisigiseis/2.7.pdf>.

96. VENMAN (χ.χ.), Ενεργητικά συστήματα ηλιακής ενέργειας. Available at:
<https://www.venman.gr/energitika-systimata-iliakis-energeias/>.
97. Χάρης Δούκας, Παναγιώτης Δημόπουλος, Θεοδώρα Νάντσου (2023), Wind & Biodiversity Atlas: Χωρική οργάνωση της αιολικής ενέργειας και προστασία της βιοποικιλότητας. WWF Ελλάς, Πανεπιστήμιο Πατρών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Available at:
https://www.wwf.gr/shmeio_gnosis/vivliothiki/?uNewsID=11374341.
98. Wagner, H.-J. (2020). Introduction to wind energy systems. *EPJ Web of Conferences*, 246, p.00004. Available at:
<https://doi.org/10.1051/epjconf/202024600004>.
99. Williams (χ.χ.), Passive Solar Design. Available at:
<https://sustainability.williams.edu/green-building-basics/passive-solar-design/>.
100. Wind Europe (2023), Wind energy in Europe: 2022 Statistics and the outlook for 2023-2027. Available at:

https://commons.clarku.edu/idce_masters_papers/127?utm_source=commons.clarku.edu%2Fidce_masters_papers%2F127&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.
102. World Energy Council (2013) World Energy Resources: Solar 8.1 8 Solar. Available at:

https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/10/WER_2013_8_Solar_revised.pdf.

103. Ψωμάς, Σ. (2022). Μια 'ακτινογραφία' της ελληνικής αγοράς φωτοβολταϊκών. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών. Available at: https://helapco.gr/wp-content/uploads/Greek_PV_Market_Snapshot_HELAPCO_23Nov2022-1.pdf.
104. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (χ.χ.), Οικιακά φωτοβολταϊκά. Available at: <https://helapco.gr/oikiaka-fotovoltaika/>.
105. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (2023), Στατιστικά στοιχεία αγοράς φωτοβολταϊκών για το 2022. Available at: <https://helapco.gr/statistika-agoras/>.
106. Zeeshan Hyder (2023), What is a solar array and are they right for your home?. Solar Reviews. Available at: <https://www.solarreviews.com/blog/what-is-a-solar-array>.

