



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την
αναβάθμιση του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.**

Διπλωματική Εργασία

Βερτζάγιας Άρης

Επιβλέπουσα: Δασκαλοπούλου Ασπασία

Ιούλιος 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

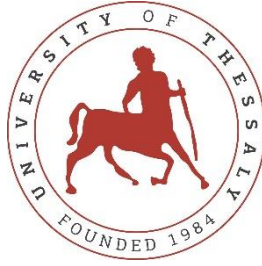
**Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την
αναβάθμιση του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.**

Διπλωματική Εργασία

Βερτζάγιας Άρης

Επιβλέπουσα: Δασκαλοπούλου Ασπασία

Ιούλιος 2024



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**The integration of renewable energy sources for the improvement
of the Hellenic electric power system.**

Diploma Thesis

Vertzagias Aris

Supervisor: Daskalopulu Aspassia

July 2024

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπουσα

Δασκαλοπούλου Ασπασία

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Μπαργιώτας Δημήτριος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Χροναίος Αλέξανδρος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ
ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ**

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελούν αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλουν οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Δηλώνω επίσης ότι τα αποτελέσματα της εργασίας δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση άλλου πτυχίου. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο Δηλών

Vertzagias Aris

Βερτζάγιας Άρης

05/07/2024

DISCLAIMER ON ACADEMIC ETHICS AND INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

Being fully aware of the implications of copyright laws, I expressly state that this diploma thesis, as well as the electronic files and source codes developed or modified in the course of this thesis, are solely the product of my personal work and do not infringe any rights of intellectual property, personality and personal data of third parties, do not contain work / contributions of third parties for which the permission of the authors / beneficiaries is required and are not a product of partial or complete plagiarism, while the sources used are limited to the bibliographic references only and meet the rules of scientific citing. The points where I have used ideas, text, files and / or sources of other authors are clearly mentioned in the text with the appropriate citation and the relevant complete reference is included in the bibliographic references section. I also declare that the results of the work have not been used to obtain another degree. I fully, individually and personally undertake all legal and administrative consequences that may arise in the event that it is proven, in the course of time, that this thesis or part of it does not belong to me because it is a product of plagiarism.

The Declarant

A handwritten signature in black ink that reads "Vertzagias Aris". The script is cursive and fluid.

Vertzagias Aris

05/07/2024

Ευχαριστίες

Με αφορμή την παρούσα διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την Επιβλέπουσα Καθηγήτρια κ. Δασκαλοπούλου Ασπασία και την Επιτροπή Εξέτασης για την πολύτιμη καθοδήγηση και το ενδιαφέρον που επέδειξαν από την πρώτη στιγμή της συνεργασίας μας.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια και τέλος την παρέα μου που μου χάρισε αυτά τα απίστευτα φοιτητικά χρόνια.

Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την αναβάθμιση του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Βερτζάγιας Άρης

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά το θέμα της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) για την εξέλιξη και τη σταθερότητα του Ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ). Η σημασία της ενσωμάτωσης των ΑΠΕ είναι κομβικής σημασίας για την πράσινη μετάβαση καθώς μεγάλο μερίδιο ευθύνης έχει ο τρόπος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, σε παγκόσμια κλίμακα, καθώς βασίζεται κυρίως στα ορυκτά καύσιμα. Ο κύριος σκοπός της εργασίας είναι αρχικά, η αναλυτική παρουσίαση των βασικών μορφών ΑΠΕ με στόχευση και εξειδίκευση τη χρήση τους στον Ελλαδικό χώρο και εν συνεχεία η εκτενής περιγραφή των στοιχείων που αφορούν το Σύστημα Ηλεκτροπαραγωγής, το Σύστημα Μεταφοράς και το Δίκτυο Διανομής της χώρας μας.

Το περιεχόμενο της εργασίας περιλαμβάνει, επίσης, ενδιαφέροντα στοιχεία και πληροφορίες από την επίσημη ιστοσελίδα του ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε και την επίσημη ιστοσελίδα του ΑΔΜΗΕ (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) με σκοπό να αναδείξουμε πως συνεχώς αυξάνονται οι επενδύσεις των εταιριών και πολλαπλασιάζονται κάθε χρόνο όλο και περισσότερα τα έργα για την κατασκευή μονάδων ΑΠΕ και να καταλήξουμε σε συμπεράσματα σχετικά με την σημαντική προσφορά των ΑΠΕ κυρίως ως μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την καθημερινή χρήση τους στο Ελληνικό δίκτυο.

Από την άλλη πλευρά, με βάση τα συγκεκριμένα στοιχεία παρουσιάζονται λεπτομερώς και τα προβλήματα που προκαλούνται ως συνέπειας της καθημερινής χρήσης των ΑΠΕ στο ελληνικό ΣΗΕ λόγω κυρίως και της ιδιομορφίας του δικτύου.

Συνοψίζοντας, προβάλλονται τρόποι επίλυσης των προκλήσεων της χρήσης των ΑΠΕ με σκοπό να δημιουργηθεί ένα πιο αποδοτικό και σταθερό Ελληνικό δίκτυο. Επομένως, η συνεισφορά των ΑΠΕ είναι εξαιρετικής σημασίας για την αναβάθμιση του ελληνικού ΣΗΕ σε πολυάριθμα επίπεδα.

Λέξεις-κλειδιά:

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, ελληνικό ηλεκτρικό δίκτυο, ανεμογεννήτριες, συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, ευφυή δίκτυα.

The integration of renewable energy sources for the improvement of the Hellenic electric power systems.

Vertzagias Aris

Abstract

This thesis explores the issue of the integration of renewable energy sources (RES) for the development and stability of the Greek electricity system (GES). The importance of the integration of RES is crucial for the green transition as a large share of the responsibility lies in the way electricity is generated, transmitted and distributed, on a global scale, as it is mainly based on fossil fuels. The main purpose of the work is firstly, the detailed presentation of the main forms of RES, targeting and specializing their use in Greece and then the extensive description of the data concerning the Power Generation System, the Transmission System and the Distribution Network of our country.

The content of the work also includes interesting data and information from the official website of PPC Renewables SA and the official website of ADMIE (Independent Electricity Transmission System Operator) in order to highlight how the investments of the companies are constantly increasing and the projects for the construction of RES units are multiplying every year and to come to conclusions about the significant offer of RES mainly as power generation units from the daily use of the energy system.

On the other hand, based on these data, the problems caused by the daily use of RES in the Greek electricity grid are presented in detail, mainly due to the specificity of the grid. In summary, ways of solving the challenges of RES use are presented to create a more efficient and stable Greek grid. Therefore, the contribution of RES is of utmost importance for the upgrading of the Greek grid at numerous levels.

Keywords: Renewable energy sources, power generation system, Greek electricity grid, wind turbines, energy storage systems, smart grids.

Πίνακας Περιεχομένων

<i>Ευχαριστίες</i>	<i>xiii</i>
<i>Περίληψη</i>	<i>xv</i>
<i>Abstract</i>	<i>xvii</i>
<i>Πίνακας Περιεχομένων</i>	<i>xix</i>
<i>Κατάλογος εικόνων</i>	<i>xxii</i>
<i>Κατάλογος σχημάτων</i>	<i>xxiii</i>
<i>Κατάλογος πινάκων</i>	<i>xxiv</i>
<i>Κεφάλαιο 1</i>	<i>1</i>
<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	<i>1</i>
1.1 Ιστορική αναδρομή	1
1.2 Ο πολύτιμος ρόλος της ηλεκτρικής ενέργειας.....	3
1.3 Η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και η διεύθυνση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον Ελλαδικό χώρο.....	6
1.4 Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	10
<i>Κεφάλαιο 2</i>	<i>15</i>
<i>ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</i>	<i>15</i>
2.1 Εισαγωγή	15
2.2 Ηλιακή Ενέργεια	17
2.2.1 Φωτοβολταϊκά Συστήματα	18
2.2.2 Συμπυκνωτές Ηλιακής Ισχύος (CSP).....	21
2.3 Αιολική Ενέργεια.....	23
2.3.1 Ανεμογεννήτριες και οι εφαρμογές τους στην Ελλάδα	24
2.4 Γεωθερμική Ενέργεια	29
2.5 Υδροηλεκτρική Ενέργεια	31

2.6 Βιομάζα.....	34
Κεφάλαιο 3	36
ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	36
3.1 Εισαγωγή – Ιστορική Αναδρομή.....	36
3.2 Το Σύστημα Ηλεκτροπαραγωγής	38
3.2.1 Διεθνείς τάσεις και προοπτικές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	38
3.2.2 Εγχώριες τάσεις της ηλεκτροπαραγωγής.....	39
3.2.3 Η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής	41
3.3 Το Σύστημα Μεταφοράς	43
3.3.1 Κανονιστικό Πλαίσιο Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρισμού	44
3.3.2 Επενδυτικό Σχέδιο Συστήματος Μεταφοράς ΑΔΜΗΕ – Ενσωμάτωση ΑΠΕ	46
3.4 Το Δίκτυο Διανομής	50
3.4.1 Βασικά μεγέθη του εθνικού δικτύου διανομής ηλεκτρισμού	51
3.4.2 Η επόμενη μέρα και οι προοπτικές του Συστήματος Διανομής.....	53
3.4.3 Απώλειες Δικτύου.....	55
3.5 Εγκατεστημένη Ισχύς	57
Κεφάλαιο 4	59
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΕΩΝ	59
4.1 Εισαγωγή	59
4.2 Παρουσίαση Στοιχείων	61
4.2.1 Δημόσια Στοιχεία από ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε.....	61
4.2.2 Δημόσια Στοιχεία ΑΔΜΗΕ (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας)	67
4.3 Ανάλυση Βασικών Προκλήσεων των ΑΠΕ στο Ελληνικό δίκτυο.....	72
4.3.1 Μεταβλητότητα και Διαλείπουσα Παραγωγή.....	72
4.3.2 Ζητήματα Ποιότητας Ισχύος – Ανισορροπίες Τάσης και Ρεύματος.....	73
4.3.3 Διαχείριση Αγοράς Ενέργειας	74
4.4 Κατάλληλες στρατηγικές για την αντιμετώπιση των προκλήσεων	75
4.4.1 Επιτακτική Ανάγκη για Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας.....	75
4.4.2 Δημιουργία Σταθερού και Αποτελεσματικού Νομοθετικού Πλαισίου	76
4.4.3 Εφαρμογή Ευφύων Δικτύων	77
Κεφάλαιο 5	79

ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81

Κατάλογος εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1.1: ΟΙ ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΝΟΣ ΣΗΕ. [8]	11
ΕΙΚΟΝΑ 2.1: ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΞΗΡΑΣ. [15].....	28
ΕΙΚΟΝΑ 3.1: ΈΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ. [40].....	57
ΕΙΚΟΝΑ 4.1: ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΟΩΘΕΙ Η ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ ΓΙΑ ΝΑ ΕΞΕΛΙΧΘΕΙ Η ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΕΞΑΓΩΓΕΑ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. [41]	60
ΕΙΚΟΝΑ 4.2: ΟΙ ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΥΠΑΓΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟ ΠΛΑΝΟ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ. [42]	62
ΕΙΚΟΝΑ 4.3: ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ. [42]	65
ΕΙΚΟΝΑ 4.4: 14/06/2024-23/06/2024 ΔΕΔΟΜΕΝΑ SCADA (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION) ΜΗ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ. [43].....	68
ΕΙΚΟΝΑ 4.5: ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΑΠΕ & ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘ' ΟΛΗ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ (24/06/2024). [44]	71

Κατάλογος σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 1.1: ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΤΩΗ) ΑΠΟ ΚΑΥΣΙΜΟ. ΆΛΛΑ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ, ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ, ΤΙΣ ΕΥΦΛΕΚΤΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ. [3]	5
ΣΧΗΜΑ 1.2: ΕΙΣΧΩΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΑΚΟ ΕΤΟΣ: (Α) PV = ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΡΚΑ, W = ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ, Η = ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ, Β = ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕ ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ, C = ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, L = ΑΡΙΘΜΟΣ ΝΟΜΟΥ/ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗΣ, (Β) Η = ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ, Β = ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕ ΚΑΥΣΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ, C = ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.[5]	7
ΣΧΗΜΑ 1.3: ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΣΕ ΜΩΗ) ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2016–2025.[7]	9
ΣΧΗΜΑ 1.4: Η ΑΠΛΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΕΝΟΣ ΣΗΕ.[8]	10
ΣΧΗΜΑ 1.5: ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΑΝΑΛΥΘΗΚΑΝ. [8]	13
ΣΧΗΜΑ 1.6: ΧΑΡΤΗΣ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ. [9]	14
ΣΧΗΜΑ 2.1: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑ ΜΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ. [14]	19
ΣΧΗΜΑ 2.2: ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ.[15]	21
ΣΧΗΜΑ 2.3: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΙ ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ. [16]	22
ΣΧΗΜΑ 2.4: ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ.[20]	24
ΣΧΗΜΑ 2.5: Ο ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.[15]	26
ΣΧΗΜΑ 2.6: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΚΑΙ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.[23]	32
ΣΧΗΜΑ 3.1: ΑΚΑΘΑΡΙΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΙΕΘΝΩΣ, 1974-2018, ΧΙΛ. ΤΩΗ.[28]	39
ΣΧΗΜΑ 3.2: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ, 2011-2019.[28]	40
ΣΧΗΜΑ 3.3: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, 2000-2019.[28]	43
ΣΧΗΜΑ 3.4: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.[35]	52
ΣΧΗΜΑ 3.5: ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ. [35]	55
ΣΧΗΜΑ 3.6: ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΤΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΜΔΝ, 2011-2019.[28]	58

Κατάλογος πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: ΜΕΡΙΔΙΟ ΑΓΟΡΑΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΕ ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ ΕΚΑΤΟ. [27]	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΜΗΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.[34]	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΝΑ ΚΑΥΣΙΜΟ & ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 14/06/2024-23/06/2024. [43].....	69

Κεφάλαιο 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία του ηλεκτρισμού χαρακτηρίζεται από την εξέλιξη των ανακαλύψεων, ξεκινώντας από τις απλούστερες και προχωρώντας σταδιακά σε πιο περίπλοκες. Ορισμένες ανακαλύψεις εξαρτώνται από την ύπαρξη προηγούμενων ανακαλύψεων. Οι άνθρωποι συνάντησαν για πρώτη φορά τον ηλεκτρισμό μέσω φυσικών φαινομένων όπως οι αστραπές και μέσω απλών ενεργειών όπως το τρίψιμο αντικειμένων μεταξύ τους, που παράγουν ηλεκτρισμό μέσω της τριβής.

Οι ηλεκτρικές μηχανές εφευρέθηκαν από τον Otto von Guericke το 1660 και τον Francis Hauksbee στις αρχές του 18ου αιώνα. Το πείραμα του Guericke χρησιμοποίησε μια περιστρεφόμενη σφαίρα από θείο που ήρθε σε επαφή με ύφασμα και παρουσίασε την ικανότητα να έλκει διαφορετικά υλικά. Το πείραμα του Hauksbee αποτελούνταν από μια περιστρεφόμενη γυάλινη σφαίρα που εξέπεμπε φως όταν ερχόταν σε επαφή μαζί της, χάρη στην τριβή μεταξύ του χεριού του και της σφαίρας. Ο Stephen Gray (περίπου 1670-1736) και ο Charles Du Fay χρησιμοποίησαν αυτές τις μηχανές σε πειράματα για να αποδείξουν την κίνηση του ηλεκτρικού φορτίου κατά μήκος ενός ραβδίου και μιας κλωστής. Τα ευρήματά τους αποκάλυψαν την ύπαρξη δύο τύπων ηλεκτρισμού: θετικό φορτίο και αρνητικό φορτίο. Επιπλέον, παρατήρησαν ότι παρόμοιοι τύποι ηλεκτρισμού απωθούνται μεταξύ τους, ενώ αντίθετοι τύποι έλκονται.

Το 1820, ο Hans Oersted (1777-1852) παρατήρησε ότι ένα ηλεκτρικό ρεύμα επηρέαζε τον προσανατολισμό μιας βελόνας πυξίδας. Η βελόνα της πυξίδας υπόκειται στην επίδραση της δύναμης ενός μαγνήτη, δίνοντας έτσι την εντύπωση ότι το ηλεκτρικό ρεύμα έχει παρόμοια επίδραση με αυτή ενός μαγνήτη. Η πρόταση αυτή δήλωνε ότι ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός ήταν είτε συνώνυμα είτε στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Η

ανακάλυψη του Oersted οδήγησε επίσης στη δημιουργία του ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος είναι ένα σύρμα που παρουσιάζει μαγνητικές ιδιότητες όταν το διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα [2].

Το 1882, ο Thomas Edison δημιούργησε τον πρώτο κεντρικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτός παρείχε ενέργεια σε συνολικά 400 λαμπτήρες, με κάθε λαμπτήρα να χρειάζεται 83 Watt. Ταυτόχρονα, ο σταθμός παραγωγής Holborn Viaduct στο Λονδίνο έγινε ο πρώτος σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Βρετανία που παρείχε ηλεκτρική ενέργεια στο ευρύ κοινό και όχι μόνο σε ορισμένες βιομηχανίες ή χρήστες. Το σύστημα χρησιμοποιούσε μια γεννήτρια 60 kW που τροφοδοτούνταν από μια οριζόντια ατμομηχανή και παρήγαγε συνεχές ρεύμα με τάση 100 V.

Ο αρχικός σημαντικός σταθμός εναλλασσόμενου ρεύματος στη Μεγάλη Βρετανία βρισκόταν στο Deptford. Χρησιμοποιούσε μηχανές με ισχύ 10.000 ίππων και παρείχε ηλεκτρική ενέργεια σε τάση 10 KV στους καταναλωτές του Λονδίνου. Κατά τη διάρκεια αυτής της εποχής, διεξήχθη σφοδρός πόλεμος μεταξύ των υποστηρικτών του εναλλασσόμενου και του συνεχούς ρεύματος, ο οποίος αποτέλεσε αντικείμενο διαμάχης και στις ΗΠΑ και σε άλλες χώρες. Κυρίως λόγω της δημιουργίας του μετασχηματιστή, οι υποστηρικτές του εναλλασσόμενου ρεύματος αναδείχθηκαν νικητές, οδηγώντας στη δημιουργία τοπικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Κάθε μεγάλη πόλη ή κέντρο φορτίου άρχισε να λειτουργεί το δικό του σταθμό, σηματοδοτώντας μια συνεπή εξέλιξη [1].

Ο αντίκτυπος του ηλεκτρισμού στον σύγχρονο κόσμο είναι τεράστιος. Ωστόσο, αυτό το επίτευγμα κατέστη δυνατό μόνο λόγω της εγγενούς δομής του πλανήτη μας. Η πλειονότητα των αντικειμένων στο σύμπαν μας αποτελείται από άτομα, τα οποία περιλαμβάνουν ηλεκτρόνια. Η ύπαρξη των ηλεκτρονίων και η ικανότητα των αντικειμένων και των ατόμων να λαμβάνουν ή να χάνουν ηλεκτρόνια είναι οι θεμελιώδεις λόγοι για τους οποίους ο ηλεκτρισμός είναι νοητός. Ο ηλεκτρισμός είναι η μετακίνηση ηλεκτρονίων από το ένα αντικείμενο στο άλλο. Αυτή η μεταφορά ηλεκτρονίων μπορεί να παράγει θερμότητα και φως, και όταν χρησιμοποιείται σε έναν ηλεκτροκινητήρα, μπορεί να μετατραπεί σε μηχανική ενέργεια. Τα μοναδικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρονίων και του ηλεκτρισμού οδήγησαν στην επαναστατική επίδραση του ηλεκτρισμού στον ανθρώπινο πολιτισμό και στην κοινωνική και

πολιτιστική ιστορία του. Χωρίς την ύπαρξη των ηλεκτρονίων ή την ικανότητά τους να μεταφέρονται μεταξύ ατόμων και αντικειμένων, ο ηλεκτρισμός δεν θα υπήρχε. Κατά συνέπεια, οι άνθρωποι θα στερούνταν την πιο βολική και ενδεχομένως τη μοναδική μέθοδο για τη μετάδοση ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις και την αποτελεσματική αξιοποίησή της μέσα στα σπίτια τους. Ελλείψει ηλεκτρισμού, η ύπαρξη τηλεφώνων, τηλεόρασης, ηλεκτρονικών υπολογιστών, ηλεκτρικού φωτισμού και θέρμανσης, καθώς και η χρήση του ηλεκτρισμού στη βιομηχανία και τις μεταφορές, θα ήταν ανύπαρκτη.

1.2 Ο πολύτιμος ρόλος της ηλεκτρικής ενέργειας

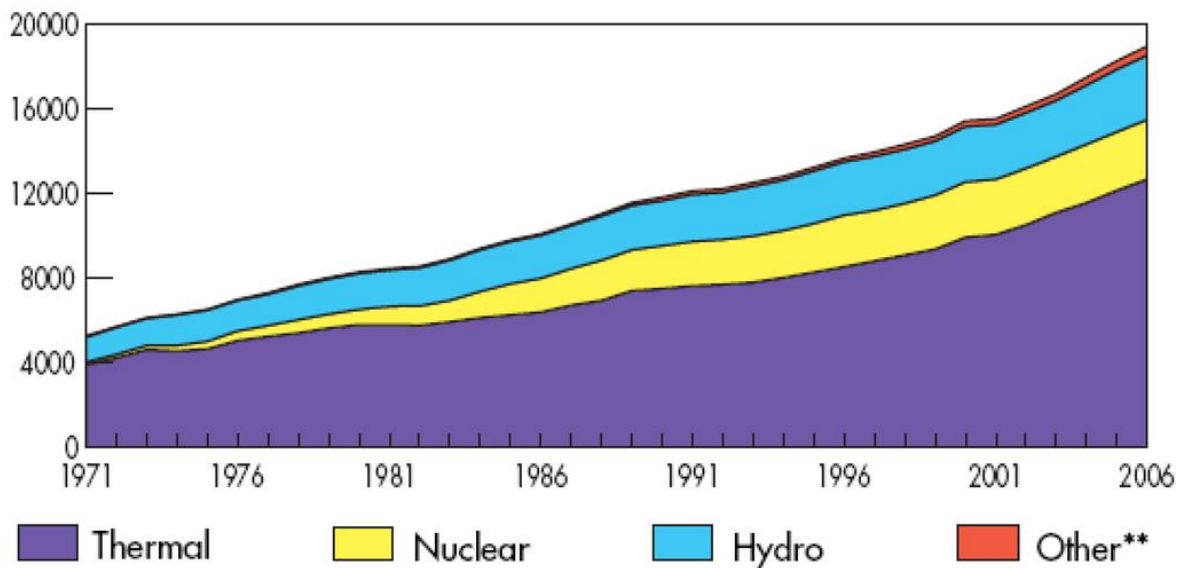
Η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα εξαιρετικά ευπροσάρμοστο είδος ενέργειας που χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορους τομείς της τελικής κατανάλωσης, όπως ο φωτισμός, η θέρμανση και η τροφοδοσία ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, όπως πλέον και για σκοπούς μεταφοράς. Η εξέλιξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά καύσιμο παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1.

Το παρελθόν:

Ενώ τα ποσοστά των άλλων πηγών ενέργειας είτε παρέμειναν τα ίδια είτε μειώθηκαν (άνθρακας 13,3% (1973), 8,6% (2006)- πετρέλαιο 48,1%, 43,1%- φυσικό αέριο 14,4%, 15,3%- βιοκαύσιμα και απόβλητα 13,2%, 12,9%), η ηλεκτρική ενέργεια σχεδόν τετραπλασίασε το μερίδιό της στην τελική κατανάλωση από το 1973 έως το 2006. Αυτό ισχύει τόσο για τις χώρες του OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) όσο και για τον υπόλοιπο πλανήτη. Η Κίνα, η Ασία και ο OECD ήταν οι κύριοι παράγοντες που συνέβαλαν στην αύξηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Επί του παρόντος, η ηλεκτρική ενέργεια καλύπτει το 16,7% της παγκόσμιας ζήτησης ενέργειας, το οποίο αποτελεί αύξηση από 9,4% το 1973. Είναι η δεύτερη σημαντικότερη πηγή ενέργειας μετά το πετρέλαιο, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για σκοπούς μεταφοράς και αντιπροσωπεύει το 26% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Αναμένεται ότι το ποσοστό των περιοχών του αναπτυσσόμενου κόσμου που συνδέονται με δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί ώστε να ανταποκριθεί στις τρέχουσες

απαιτήσεις που θέτει ο OECD, δηλαδή να φθάσει το 20,3% σε σύγκριση με το 11,4% που καταγράφηκε το 1973.

Το 2006, η πλειονότητα της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που αντιστοιχούσε στο 67%, στηριζόταν σε ορυκτά καύσιμα, με τον άνθρακα και την τύρφη να συνεισφέρουν το 41%, το πετρέλαιο το 5,8% και το φυσικό αέριο το 20,1%. Η πυρηνική ενέργεια αντιπροσώπευε το 14,8% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η υδροηλεκτρική ενέργεια συνεισέφερε το 16,0%. Οι ανανεώσιμες πηγές αποτελούσαν ένα μικρότερο μέρος, αντιπροσωπεύοντας το 2,3% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Από το 1973, υπήρξε σημαντική αύξηση της πυρηνικής ενέργειας, με ρυθμό αύξησης 3,3%. Η αύξηση αυτή προήλθε κυρίως σε βάρος του πετρελαίου, το οποίο παρουσίασε μείωση κατά 24,7%. Επιπλέον, η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει επίσης σημειώσει μείωση κατά 21%, αλλά σε μικρότερο επίπεδο. Ενώ το ποσοστό του άνθρακα παρέμεινε σχετικά σταθερό (ελαφρώς αυξανόμενο από 38,3%), το μερίδιο του φυσικού αερίου σχεδόν διπλασιάστηκε (αυξανόμενο από 12,1%). Η μείωση της χρήσης του πετρελαίου δεν είναι κυρίως αποτέλεσμα της άμεσης τεχνολογικής αντιπαλότητας μεταξύ πυρηνικής ενέργειας και πετρελαίου, αλλά προέρχεται μάλλον από τις ανησυχίες για την ενεργειακή ασφάλεια μετά από κλονισμούς των τιμών του πετρελαίου. Επιπλέον, οι εξελίξεις στην τεχνολογία των αεριοστρόβιλων, όπως η βελτιωμένη απόδοση, το χαμηλότερο κόστος κεφαλαίου και η ικανότητα διαχείρισης τόσο των φορτίων αιχμής όσο και των φορτίων βάσης, οδήγησαν στην ταχεία επέκταση του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα. Επί του παρόντος, χρησιμοποιούνται πολλοί τύποι καυσίμων για την κάλυψη διαφορετικών τμημάτων της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πυρηνικά καύσιμα και ο άνθρακας χρησιμοποιούνται κυρίως για την παροχή κεντρικού φορτίου βάσης, ενώ τα καύσιμα φυσικού αερίου και πετρελαίου είναι πιο κυρίαρχα στην αιχμή, την εφεδρεία και την κατανομημένη μη δικτυακή παραγωγή [3].



Σχήμα 1.1: Εξέλιξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (TWh) από καύσιμο. Άλλα περιλαμβάνουν τη γεωθερμία, την ηλιακή ενέργεια, τον άνεμο, τις εύφλεκτες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τα απόβλητα και τη θερμότητα. [3]

Το μέλλον:

Είναι σημαντικό ότι ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (International Renewable Energy Agency- IRENA) προβλέπει ότι η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας θα διπλασιαστεί από το 2015 έως το 2050. Αν και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είχε διπλάσια αύξηση από το 1990 έως το 2014, οι αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκαν μόνο κατά λίγο μικρότερο ποσοστό, συγκεκριμένα κατά 87%, πηγαίνοντας από 6,28 GtCO₂ (Global Warming Potential) σε 11,76 GtCO₂. Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του περιορισμού της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας στον 1,5 °C μέχρι το τέλος του αιώνα, ενώ παράλληλα θα εκπληρωθεί ο στόχος #7 των Ηνωμένων Εθνών για τη βιώσιμη ανάπτυξη, δηλαδή η εξασφάλιση πρόσβασης σε φθηνή και καθαρή ενέργεια, πιστεύεται ευρέως ότι η υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης είναι ζωτικής σημασίας. Στο μέλλον θα σημειωθεί σημαντική αύξηση της παραγωγής και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω του ηλεκτρισμού και της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ωστόσο, η ενεργειακή

απόδοση είναι ένα πολύπλευρο και περίπλοκο ζήτημα που επηρεάζει την οικονομική ανάπτυξη, την ενεργειακή ανάκαμψη και τη συνολική αποδοτικότητα.

Η ευρεία χρήση πηγών ενέργειας που παράγουν ηλεκτρισμό, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, θα καταστεί δυνατή μέσω της ηλεκτροδότησης πολλών εφαρμογών. Σύμφωνα με την πρόβλεψη του IRENA, το ποσοστό της ενέργειας που χρησιμοποιείται για τις μεταφορές θα αυξηθεί από 1% το 2015 σε 33% μέχρι το 2050. Προβλέπεται ότι τα κτίρια θα παρουσιάσουν αύξηση της ζήτησης ενέργειας κατά 70% έως το 2050 σε σύγκριση με τα σημερινά επίπεδα του 2015. Η αύξηση αυτή μπορεί να αποδοθεί στην αυξανόμενη ανάγκη για ψύξη, στη στροφή προς την ηλεκτρική θέρμανση και στην επέκταση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας στις αναδυόμενες χώρες. Εναλλακτικές προβλέψεις υποδεικνύουν ότι η επίτευξη των κλιματικών στόχων θα απαιτήσει σχεδόν πλήρη εξηλεκτρισμό με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με αποτέλεσμα την προβλεπόμενη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας πάνω από 100% [4].

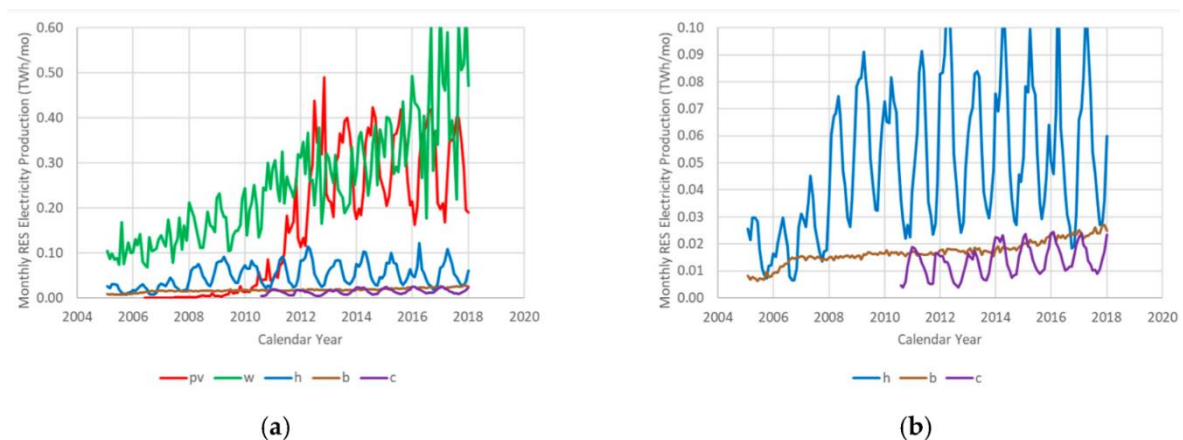
1.3 Η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον Ελλαδικό χώρο

Στην Ευρώπη, τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια έχει σημειωθεί σημαντική εξάπλωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην Ευρώπη από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) αυξήθηκε από 14,3% το 2004 σε 30,8% το 2017. Η Δανία, η Λετονία, η Αυστρία, η Πορτογαλία και η Σουηδία παράγουν πάνω από το 50% της ενέργειάς τους από ανανεώσιμες πηγές, ενώ η Γερμανία, η Ισπανία και η Ιταλία έχουν ποσοστά μεγαλύτερα από 30%.

Το ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στη συνολική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα αυξήθηκε από 6,9% το 2004 σε 16,3% το 2017. Ο στόχος είναι να επιτευχθεί τουλάχιστον 18% έως το 2020, σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό στόχο για την Ελλάδα. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) ενθαρρύνθηκαν σε μεγάλο βαθμό από ευνοϊκές υποστηρικτικές πολιτικές. Η εφαρμογή των τιμολογίων τροφοδότησης, όπως επιτάσσει μια σειρά σχετικών νομοθετικών ρυθμίσεων, οδήγησε στην ταχεία και ευρεία υιοθέτηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη χώρα.

Από περιβαλλοντική άποψη, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών επικίνδυνων αερίων, όπως τα αέρια του θερμοκηπίου, που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον, οι ΑΠΕ υποστηρίζουν την επίτευξη των ευρωπαϊκών στόχων στον τομέα αυτό. Ωστόσο, εκτός από αυτά τα πλεονεκτήματα, η ευρεία εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών έχει παρουσιάσει και άλλες δυσκολίες στον τομέα της ενέργειας. Λόγω της απρόβλεπτης και κυμαινόμενης φύσης των τεχνολογιών ΑΠΕ, η αποτελεσματική διαχείριση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας όσον αφορά το σχεδιασμό και τη λειτουργία έχει συζητηθεί εκτενώς. Η εισχώρηση των ΑΠΕ παρουσιάζεται εκτενώς στο Σχήμα 1.2.

Ο αρχικός κανονισμός για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) σε εθνικό επίπεδο περιγράφεται στο νόμο 2244/1994. Ο νόμος αυτός επιτρέπει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, χωρίς να προβλέπει κάποια ειδική μορφή προνομιακής μεταχείρισης. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διατίθεται αποκλειστικά σε μια δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η οποία υποχρεούται να την αγοράζει [5].



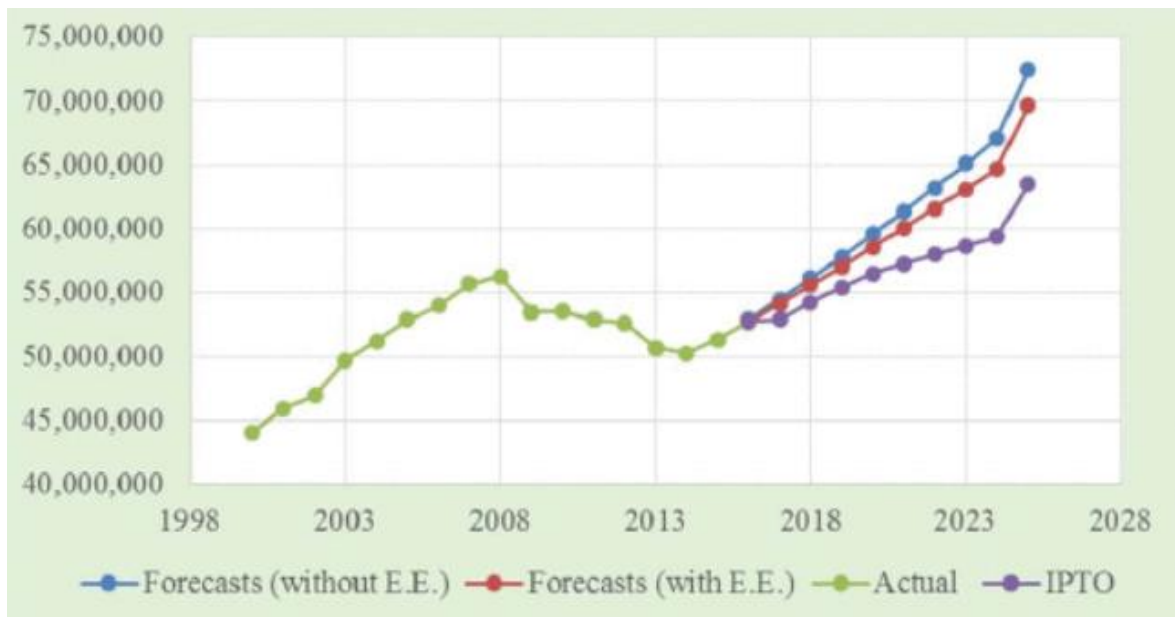
Σχήμα 1.2: Εισχώρηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: εγκατεστημένη ισχύς σε σχέση με το ημερολογιακό έτος: (α) pv = φωτοβολταϊκά πάρκα, w = αιολικά πάρκα, h = μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια, b = εργοστάσια με καύση βιομάζας, c = συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, L = αριθμός νόμου/ημερομηνία επικύρωσης, (β) h = μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια, b = εργοστάσια με καύση βιομάζας, c = συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Στοιχεία από τον ελληνικό διαχειριστή της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.[5]

Η πρόβλεψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί βασική πρακτική για τη διαχείριση και τον προγραμματισμό των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Επηρεάζει σημαντικά τις αποφάσεις που λαμβάνουν οι πάροχοι υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και οι φορείς χάραξης ενεργειακής πολιτικής. Η πρόβλεψη του ενεργειακού φορτίου είναι ζωτικής σημασίας για την εκτίμηση της μελλοντικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και τη διασφάλιση της αποτελεσματικής κατασκευής συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας επόμενης γενιάς.

Ακριβώς, η βελτίωση της ακρίβειας της πρόβλεψης της κατανάλωσης ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την αποφυγή της περιττής αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και τη διασφάλιση της επάρκειας των υποδομών ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρόβλεψη του φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για τις ετήσιες προβλέψεις βάσης της βιομηχανίας ηλεκτρικής ενέργειας. Η εξέλιξη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει άμεσα διάφορες πτυχές του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ο σχεδιασμός, οι επενδύσεις, η επέκταση της δυναμικότητας και η λειτουργία. Η ακριβής πρόβλεψη μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της ασφάλειας και της σταθερότητας της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην επιστημονική βιβλιογραφία αναφέρεται ότι χρησιμοποιούνται διάφορες προσεγγίσεις για την πρόβλεψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων στατιστικών μεθόδων (τόσο κλασικών όσο και επικαιροποιημένων τεχνικών), μεθόδων τεχνητής και υπολογιστικής νοημοσύνης και οικονομετρικών μοντέλων (Σχήμα 1.3) [7].

Κάθε τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) έχει μια μοναδική πορεία ανάπτυξης, η οποία επηρεάζεται από διάφορες μεταβλητές. Κατά την προσπάθεια εξήγησης και ανάλυσης αυτών των πτυχών, δεν τίθεται μόνο θέμα κερδοφορίας. Η προβλεψιμότητα του ενεργειακού εφοδιασμού, η αντίθεση των τοπικών κοινωνιών σε συγκεκριμένες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η απλότητα των διαδικασιών αδειοδότησης, η απαίτηση χρήσης δημόσιας γης για την επένδυση, η εγγύτητα, η ευκολία και το κόστος πρόσβασης στο δίκτυο και η τυπική κλίμακα κάθε επένδυσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επηρεάζουν σημαντικά την αναπτυξιακή τους πορεία.



Σχήμα 1.3: Πρόβλεψη της συνολικής καθαρής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (σε MWh) στην Ελλάδα για την περίοδο 2016–2025.[7]

Χωρίς αμφιβολία, ο ήλιος και ο άνεμος στην Ελλάδα παρέχουν τις πιο υποσχόμενες ευκαιρίες για αφθονία ως πρωτογενείς πηγές ανανεώσιμης ενέργειας. Η προβλεψιμότητα του ήλιου είναι μεγαλύτερη, κάτι που φαίνεται στην παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά (Φ/Β). Ο συνδυασμός της αυξημένης αξιοπιστίας, των χαμηλότερων επενδύσεων σε εγκαταστάσεις και της μείωσης του κόστους εγκατάστασης καθιστούν τα φωτοβολταϊκά ελκυστικά σε ένα ευρύτερο φάσμα επενδυτών και ομάδων. Εάν οι εθνικοί στόχοι και οι ανάγκες του συστήματος επιτρέπουν την επέκταση των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων, αυτό φαίνεται στη σημαντική αύξηση της διείσδυσής τους. Ωστόσο, η διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων για μικρές υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, και συγκεκριμένα μικρών ποταμών που έχουν τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας, είναι περιορισμένη σε όλη την επικράτεια. Επιπλέον, τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα συναντούν μερικές φορές την αντίδραση των κατοίκων της περιοχής, οι οποίοι πιστεύουν ότι χάνουν έναν πολύτιμο φυσικό πόρο λόγω της κατασκευής του αγωγού νερού που διοχετεύει το νερό στην εγκατάσταση παραγωγής ενέργειας. Οι διαδικασίες αδειοδότησης για αυτού του είδους τα έργα είναι χρονοβόρες και περιεκτικές και είναι απαραίτητη η συμμετοχή του κοινού στους τοπικούς

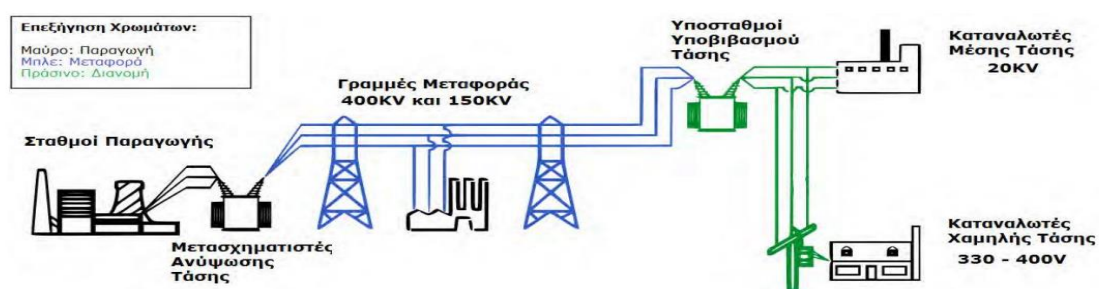
πληθυσμούς. Σε τελική ανάλυση, η επιτυχία των επενδύσεων σε βιομάζα και βιοαέριο βασίζεται στη διαθεσιμότητα πρώτων υλών σε κοντινή απόσταση από τη μονάδα, καθώς αυτό είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση του κόστους και τη διατήρηση της κερδοφορίας. Από αυτές τις δύο επιλογές, πιστεύουμε ότι οι μονάδες βιοαερίου έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες μελλοντικής ανάπτυξης, δεδομένου ότι υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση για τον αποκλεισμό των κτηνοτροφικών μονάδων από τα οργανικά απόβλητα [5].

1.4 Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Γενικότερη Δομή ενός Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ)

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ) αναφέρεται στο δίκτυο εγκαταστάσεων και πόρων που χρησιμοποιούνται για τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας (ΗΕ) σε διάφορες περιοχές εξυπηρέτησης. Οι θεμελιώδεις προϋποθέσεις για ένα αποδοτικό ενεργειακό σύστημα είναι η παροχή ενέργειας όπου υπάρχει ανάγκη για βοήθεια με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κόστους και των οικολογικών συνεπειών. Αυτό συνεπάγεται τη διατήρηση σταθερής τάσης, σταθερής συχνότητας και υψηλής αξιοπιστίας της παροχής [8].

Σύμφωνα με τα Σχήματα 1.4 και 1.5, ένα τυπικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ) αποτελείται από το σύστημα παραγωγής (Σταθμοί Παραγωγής), το σύστημα μεταφοράς (Γραμμές Μεταφοράς) και το σύστημα διανομής (Καταναλωτές Μέσης και Χαμηλής Τάσης). Πιο συγκεκριμένα:



Σχήμα 1.4: Η απλή αναπαράσταση της δομής ενός ΣΗΕ.[8]

Το σύστημα παραγωγής

Περιλαμβάνει την κατασκευή σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μετασχηματιστών και ενισχυτών τάσης που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ρεύματος σε υπερύψηλες και υψηλές τάσεις. Η σύγχρονη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται στη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας από τη θερμική ενέργεια των ορυκτών πηγών καυσίμων και τη μηχανική ενέργεια των υδάτινων ροών και των καταρρακτών, που επιτυγχάνεται μέσω θερμικών και υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αντιστοίχως.

Το σύστημα μεταφοράς

Οι διασυνδέσεις διευκολύνουν τη σύνδεση μεταξύ μεγαλύτερων σταθμών και άλλων δικτύων, επιτρέποντας τη μεταφορά σημαντικής ισχύος μέσω των γραμμών μεταφοράς σε σημαντικές αποστάσεις προς τα κέντρα κατανάλωσης (Εικόνα 1.1). Ο κορμός του συστήματος λειτουργεί στα επίπεδα τάσης μέγιστης χωρητικότητας. Περιλαμβάνει, επίσης, τα δίκτυα των γραμμών υπερύψηλης και υψηλής τάσης, τους υποσταθμούς ζεύξης των δικτύων αυτών και τους υποσταθμούς μετασχηματισμού μεταξύ των διαφόρων επιπέδων τάσης.



Εικόνα 1.1: Οι γραμμές μεταφοράς ενός ΣΗΕ. [8]

Το σύστημα διανομής

Το σύστημα περιλαμβάνει τόσο δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέσης όσο και χαμηλής τάσης, τα οποία αποτελούνται από υποσταθμούς διανομής που μετατρέπουν τη μέση τάση σε χαμηλή τάση. Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στους χρήστες μέσω των δικτύων διανομής, τα οποία παρέχουν ενέργεια σε καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης σε μικρότερες περιοχές [8].

Βασικά στοιχεία που αφορούν το ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ)

Η κύρια υποδομή του Διασυνδεδεμένου Συστήματος Μεταφοράς, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.6 αποτελείται από τρεις γραμμές διπλού κυκλώματος 400 kV που μεταφέρουν κυρίως ενέργεια από τον σημαντικό κόμβο παραγωγής ενέργειας στη Δυτική Μακεδονία, ο οποίος είναι ζωτικής σημασίας για τη χώρα μας, όπου περίπου το 70% της συνολικής παραγωγής ενέργειας της χώρας παράγεται στην περιοχή αυτή. Η ηλεκτρική αυτή ενέργεια μεταφέρεται στη συνέχεια στα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης στην Κεντρική και Νότια Ελλάδα, όπου χρησιμοποιείται περίπου το 65% της ηλεκτρικής ενέργειας.

Το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς περιλαμβάνει συμπληρωματικές γραμμές 400 kV, καθώς και εναέρια και υπόγειες γραμμές και υποβρύχια καλώδια 150 kV. Οι συνδέσεις αυτές συνδέουν την Άνδρο και τα δυτικά ελληνικά νησιά Κέρκυρα, Λευκάδα, Κεφαλονιά και Ζάκυνθο με το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς. Επιπλέον, υπάρχει υποβρύχια διασύνδεση μεταξύ Κέρκυρας και Ηγουμενίτσας στα 66 kV [9].

Τα βασικά στοιχεία του Συστήματος Μεταφοράς είναι:

- Εναέρια Γραμμές Μεταφοράς 400kV, 150kV και 66kV
- Υπόγειες και Υποβρύχια Καλωδιακές Γραμμές 150kV και 400kV
- Υποσταθμοί 150/20kV
- Κέντρα Υπερυψηλής Τάσης (KYT) 400/150kV

Το Ελληνικό Σύστημα λειτουργεί ταυτόχρονα και παράλληλα με το συνδεδεμένο Ευρωπαϊκό Σύστημα, το οποίο εποπτεύεται από τον ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) για το γενικό συντονισμό. Το Ελληνικό

Σύστημα επιτυγχάνει παράλληλη λειτουργία με το Ευρωπαϊκό Σύστημα με τη σύνδεση γραμμών μεταφοράς, κυρίως 400 kV, με τα συστήματα της Αλβανίας, της Βουλγαρίας, της Βόρειας Μακεδονίας και της Τουρκίας. Επιπλέον, το Ελληνικό Σύστημα διασυνδέεται με υποβρύχια σύνδεση συνεχούς ρεύματος 400 kV με την Ιταλία [9].



Σχήμα 1.5: Αναλυτικό διάγραμμα των συστημάτων που αναλύθηκαν. [8]

Πιο συγκεκριμένα:

Ελλάδα - Βόρεια Μακεδονία

Με το Σύστημα της Βόρειας Μακεδονίας η χώρα μας συνδέεται με:

- Γραμμή 400 kV με δίδυμο αγωγό ονομαστικής ικανότητας μεταφοράς 1400 MVA, μεταξύ του ΚΥΤ Θεσσαλονίκης και του Υ/Σ Dubrono στη Βόρεια Μακεδονία
- Γραμμή 400 kV με δίδυμο αγωγό ονομαστικής ικανότητας μεταφοράς 1400 MVA, μεταξύ του ΚΥΤ Μελίτης και του Υ/Σ Bitola στη Βόρεια Μακεδονία.

Ελλάδα - Αλβανία

Με το Αλβανικό Σύστημα η Ελλάδα συνδέεται με:

- Γραμμή 400 kV με δίδυμο αγωγό ονομαστικής ικανότητας μεταφοράς 1400 MVA, μεταξύ του ΚΥΤ Καρδιάς και της Zemblak (Αλβανία).

- Γραμμή 150 kV ονομαστικής ικανότητας μεταφοράς 138 MVA μεταξύ του Υ/Σ Μούρτου και του ΥΗΣ Bistrice στην Αλβανία.



Σχήμα 1.6: Χάρτης Γραμμών Μεταφοράς. [9]

Ελλάδα - Βουλγαρία

Με το Βουλγαρικό Σύστημα η Ελλάδα συνδέεται μέσω μίας Γ.Μ. 400 kV ονομαστικής ικανότητας μεταφοράς 1400 MVA, μεταξύ του ΚΥΤ Θεσσαλονίκης και του Υ/Σ Blagoevgrad στη Βουλγαρία.

Ελλάδα - Ιταλία

Η διασύνδεση αυτή συνδέει το ΚΥΤ Αράχθου με τον Υ/Σ Galatina στην Ιταλία. Είναι σύνδεση συνεχούς ρεύματος (DC) 400kV και ικανότητας μεταφοράς 500 MW.

Ελλάδα - Τουρκία

Η ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ Ελλάδας και Τουρκίας πραγματοποιείται μέσω γραμμής μεταφοράς 400 kV ονομαστικής ικανότητας 2000 MVA. Αυτή η γραμμή μεταφοράς συνδέει τον υποσταθμό Νέας Σάντας στην Ελλάδα με τον υποσταθμό Babaeski στην Τουρκία [9].

Κεφάλαιο 2

ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1 Εισαγωγή

Η αυξανόμενη αναγνώριση των επιπτώσεων των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή επέβαλε την επαναξιολόγηση της υφιστάμενης στρατηγικής για την επίτευξη μιας πιο περιβαλλοντικά και οικονομικά βιώσιμης πηγής ενέργειας για το μέλλον. Αναμφίβολα, η αυξανόμενη χρήση εναλλακτικών πηγών είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη ενός πιο φιλικού προς το περιβάλλον και ανθεκτικού ενεργειακού συστήματος στο μέλλον.

Κατά τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την ενεργειακή πολιτική, είναι ζωτικής σημασίας η προσεκτική ανάλυση των αλληλένδετων συνιστωσών της ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ασφάλειας του εφοδιασμού, της οικονομικής βιωσιμότητας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας.

Η ενεργειακή σύνθεση της Ελλάδας αποκλίνει από τον μέσο όρο της ΕΕ των 28, με σημαντική εξάρτηση από το πετρέλαιο και τα στερεά καύσιμα, μειωμένη εξάρτηση από το φυσικό αέριο και απουσία εγκαταστάσεων πυρηνικής ενέργειας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται συνεχής αύξηση του ποσοστού των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ). Το 2014, η πρωτογενής παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα ήταν 17,4 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (Mtoe- Millions of tonnes of oil equivalent), που μεταφράζεται σε 1,6 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου ανά άτομο (toe). Αυτό είναι κάπως χαμηλότερο από τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης που είναι 1,7 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου ανά κάτοικο. Η Ελλάδα εξαρτάται από τις εισαγωγές πρωτογενούς ενέργειας για την κάλυψη της ζήτησής της. Το 2014, οι καθαρές εισαγωγές πρωτογενούς ενέργειας της χώρας ανήλθαν σε 17,4 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Mtoe). Το 2014, η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας ήταν 66,2%, υψηλότερη

από τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης που ήταν 53,5%. Το επίπεδο αυτό παρέμεινε σχετικά σταθερό μεταξύ 2005 και 2014, κυμαινόμενο από 62,2% έως 73,3%. Το 2014, η ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας της Ελλάδας ήταν 24,4 Mtoe, η οποία ήταν πάνω από 30% χαμηλότερη από την κατανάλωση του 2010 και περίπου ίση με το επίπεδο κατανάλωσης του 1995. Το 2014, η τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα ανήλθε σε 15,6 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Mtoe). Η εν λόγω κατανάλωση αυξάνεται σταδιακά από το 1990, φθάνοντας στο υψηλότερο σημείο της γύρω στο 2005, και έκτοτε μειώνεται. Η τιμή του 2014 είναι περίπου 25% μικρότερη από την τιμή του 2005. Το 2014, η κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά τομέα αποκαλύπτει ότι το 42% της ενέργειας χρησιμοποιήθηκε για τις μεταφορές, το 38% για τις κατοικίες, το εμπόριο, τις υπηρεσίες και άλλες παρόμοιες δραστηριότητες και το 20% για τον βιομηχανικό τομέα.

Το 2014, η κύρια παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην Ελλάδα ανήλθε σε 2,4 Mtoe. Κατά την περίοδο από το 2004 έως το 2014, σημειώθηκε αύξηση 48% στο ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η βιομάζα και τα σκουπίδια ήταν οι σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), αποτελώντας περίπου το 47,1% της συνολικής πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές το 2014. Η ηλιακή ενέργεια συνέβαλε για το 22,2% της πρωτογενούς παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές, τοποθετώντας την στη δεύτερη θέση. Η υδροηλεκτρική ενέργεια ακολούθησε με 16,5% και η αιολική ενέργεια με 13,6%. Η γεωθερμική ενέργεια αποτέλεσε ένα αμελητέο 0,5% του συνόλου. Το 2014, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αντιπροσώπευαν το 10% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα σε χερσαίες εκτάσεις. Αυτό περιλάμβανε τη βιομάζα και τα ανανεώσιμα απόβλητα σε ποσοστό 5%, την ηλιακή ενέργεια σε ποσοστό 2,1%, την υδροηλεκτρική ενέργεια σε ποσοστό 1,6% και την αιολική ενέργεια σε ποσοστό 1,3%. Το 2014, η Ελλάδα είχε ποσοστό ΑΠΕ 15,3% στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας. Η χώρα έχει θέσει ως στόχο να φτάσει το 18% μέχρι το 2020 [22].

Η ηλιακή ενέργεια, μαζί με τους πόρους που προέρχονται από αυτήν, όπως οι αιολικοί σταθμοί, το νερό και η βιομάζα, μπορούν να αξιοποιηθούν για την παροχή της απαραίτητης ηλεκτρικής ενέργειας για τον άνθρωπο. Ο ήλιος είναι η μεγαλύτερη και πολύ αξιόπιστη πηγή ενέργειας για τη Γη και εν συνεχεία για τη χώρα μας, όπου τα

επίπεδα ηλιοφάνειας καλύπτουν ουσιαστικά τις ανάγκες ολόκληρης της χρονιάς στον Ελλαδικό χώρο.

Σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τη μείωση των εκπομπών CO₂, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ηλιακή ενέργεια ως μέσο για την επίτευξη αυτού του στόχου. Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής κυριαρχούν στο μείγμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας λόγω της διαθεσιμότητας κινήτρων που δίνουν κίνητρα για την παραγωγή ενέργειας από αυτή την πηγή. Η αιολική ενέργεια ταξινομείται ως σημαντική μορφή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Η παραγωγή ενέργειας από αυτές τις πηγές επηρεάζεται ιδιαίτερα από την ένταση και την απρόβλεπτη ταχύτητα του ανέμου [10,11].

2.2 Ηλιακή Ενέργεια

Τα τελευταία χρόνια, η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται σταθερά λόγω της συνεχούς αύξησης του πληθυσμού και των αυξανόμενων απαιτήσεων του σύγχρονου πολιτισμού. Μέσω της διαδικασίας μετατροπής της πρωτογενούς ενέργειας σε έργο ή θερμότητα, είμαστε σε θέση να παράγουμε, να αλλάζουμε και να μετακινούμε διάφορα αγαθά και προϊόντα. Αυτό μας επιτρέπει επίσης να δημιουργούμε άνετες συνθήκες διαβίωσης και εργασίας, οι οποίες είναι απαραίτητες για την πρόοδο του πολιτισμού μας.

Τα συστήματα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας, δηλαδή τα ηλιοθερμικά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα, αποτελούν σήμερα τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Τα συστήματα αυτά βρίσκονται στην πρώτη γραμμή για την κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική και θερμική ενέργεια προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες. Τα ηλιακά ενεργειακά συστήματα αποτελούν πλέον μια πρακτική εναλλακτική λύση έναντι των ορυκτών ενεργειακών συστημάτων, ιδίως σε περιοχές με υψηλή ετήσια ηλιακή ακτινοβολία και θερμοκρασίες. Επιπλέον, τα συστήματα αυτά είναι πιθανό να γίνουν ακόμη πιο αποδοτικά και ανταγωνιστικά ως προς το κόστος στο μέλλον.

Η Ελλάδα βρίσκεται στην πρωτοπορία της αξιοποίησης της τεχνολογίας μετατροπής της ηλιακής ενέργειας. Στα τέλη της δεκαετίας του 1970 ανεγέρθηκαν τα πρώτα ηλιοθερμικά συστήματα. Για σχεδόν δεκαπέντε χρόνια, η χώρα σημείωσε υψηλές πωλήσεις και είχε

τη μεγαλύτερη επιφάνεια ηλιοθερμικών συλλεκτών ανά άτομο στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ωστόσο, από το 2016, έχει πέσει στη δέκατη θέση παγκοσμίως. Οι αρχικές εγκαταστάσεις συστημάτων ηλιακής ενέργειας έγιναν στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και γνώρισε τη σημαντικότερη αύξηση της δυναμικότητας στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά τα τελευταία δύο χρόνια [12].

2.2.1 Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Επί του παρόντος, η φωτοβολταϊκή τεχνολογία επιτρέπει την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και τη μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια.

Η διαδικασία μετατροπής της ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια λαμβάνει χώρα όταν τα φωτόνια της ακτινοβολίας απορροφώνται από ορισμένους ημιαγωγούς που τοποθετούνται σε εξειδικευμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία, γνωστά και ως συλλέκτες.

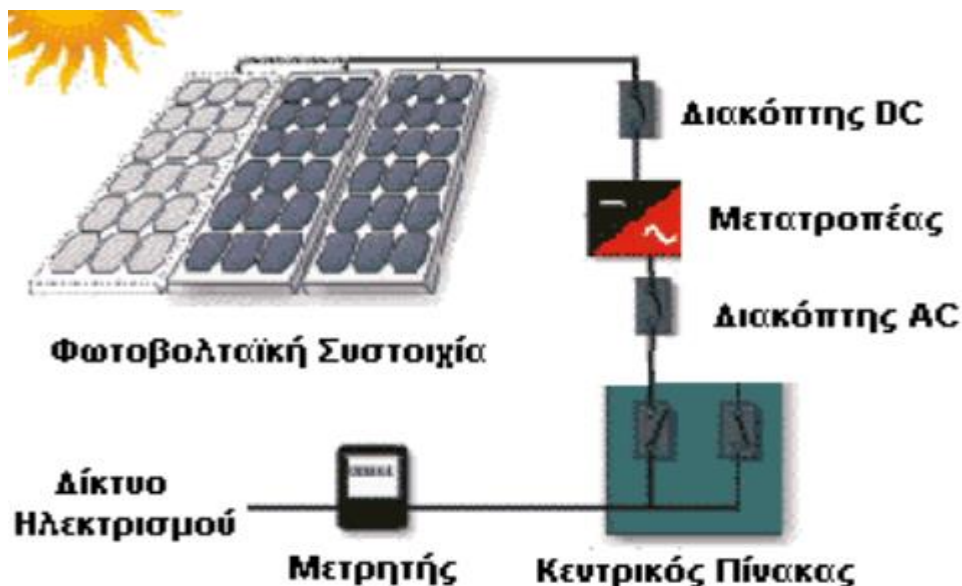
Η παρατεταμένη έκθεση των συλλεκτών στην ηλιακή ακτινοβολία οδηγεί τελικά στην παραγωγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο μπορεί στη συνέχεια να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο ρεύμα με τη χρήση εξειδικευμένων μετατροπέων. Κατά συνέπεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προσωπική κατανάλωση ή εναλλακτικά να πωληθεί στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ, μετατρέπουν το 5-17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική όταν εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία. Ο βαθμός στον οποίο επηρεάζεται αυτό το ποσοστό εξαρτάται από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούμε. Υπάρχουν τρεις τύποι φωτοβολταϊκών: μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά και άμορφα. Η επιλογή της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας εξαρτάται από τις απαιτήσεις του χρήστη, τη διαθέσιμη έκταση και την οικονομική δυνατότητα. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μπορούν να τοποθετηθούν σε αγροτεμάχια, επίπεδες ή επικλινείς στέγες ή προσόψεις κτιρίων.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται περιστασιακά ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής ενέργειας, προσφέροντας εφεδρική ηλεκτρική ενέργεια σε ορισμένες περιπτώσεις (Σχήμα 2.1). Σε αυτό το σενάριο, το σύστημα συνδέεται με το δημόσιο σύστημα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος και είναι εξοπλισμένο με μπαταρίες και κατάλληλα ηλεκτρικά συστήματα για την παροχή εφεδρικής ενέργειας σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, για τη διάρκεια της διακοπής.

Ένα τυπικό ηλιακό σύστημα 1 κιλοβάτ (kW) παράγει κατά μέσο όρο 1.200-1.500 κιλοβατώρες (kWh) ετησίως, ανάλογα με το επίπεδο ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή. Επιπλέον, μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά μέσο όρο 1.450 κιλά ετησίως, ποσότητα που ισοδυναμεί με την ποσότητα που απορροφάται από δύο εκτάρια δάσους. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρέχουν:

- Πλήρη απουσία ρύπων
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και εκτεταμένη διάρκεια ζωής (που διαρκεί έως και 30 χρόνια)
- Επίτευξη αυτονομίας από την παροχή καυσίμων σε απομακρυσμένες περιοχές.
- Επεκτασιμότητα με βάση συγκεκριμένες ανάγκες και κριτήρια
- Ελάχιστη συντήρηση

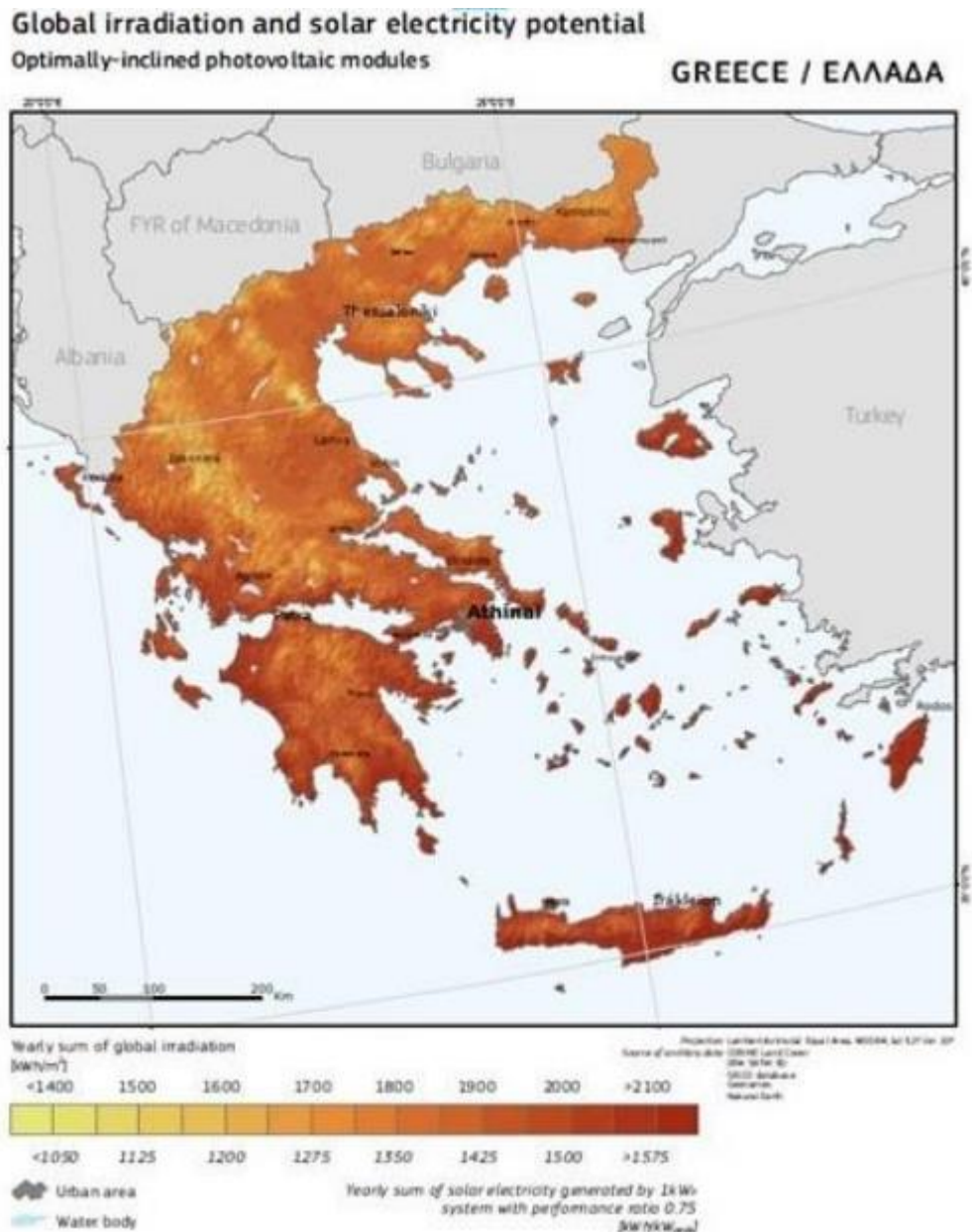


Σχήμα 2.1: Σχεδιαγραμματικά μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. [14]

Η αρχική ανάπτυξη των ηλιακών συστημάτων στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, με τη βοήθεια της ΔΕΗ, με κύρια έμφαση στα απομακρυσμένα νησιά. Τα κύρια κίνητρα ήταν η απόσταση από την κύρια παροχή ρεύματος και η απουσία θορύβου. Ο Ελληνικός Οργανισμός Επικοινωνιών ανέγειρε ξεχωριστές κεραίες και δίκτυα πομπών με δυναμικότητα έως 100 kWp, ενώ το Ελληνικό Πολεμικό Ναυτικό εγκατέστησε περιφερειακούς φάρους με δυναμικότητα έως 70 kWp.

Η σημαντική αρχική επένδυση, σε συνδυασμό με την περιορισμένη αποτελεσματικότητα που είχαν τα περισσότερα ηλιακά συστήματα εκείνη την εποχή, είχε ως αποτέλεσμα την ελάχιστη υιοθέτηση από ιδιωτικές εταιρείες. Το καθεστώς μεταβλήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του '90, όταν τα ηλιακά συστήματα άρχισαν να λαμβάνουν κυβερνητική υποστήριξη μέσω διαφόρων εθνικών πρωτοβουλιών. Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα "Ενέργεια" ξεκίνησε το 1997 και προσέφερε σημαντικές επιδοτήσεις, που κυμαίνονταν από 50 έως 55% της επένδυσης, για φωτοβολταϊκά (Φ/Β) έργα (Σχήμα 2.2).

Η διείσδυση στην αγορά άρχισε να αυξάνεται και ενισχύθηκε με τη θέσπιση της κατάλληλης νομοθεσίας. Το ελληνικό πλαίσιο πολιτικής για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει υποστεί τρία σημαντικά στάδια αλλαγών σε σχέση με την ανάπτυξη της ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας. Η αρχική φάση εκτείνεται από τα πρώτα χρόνια έως το 1999, κατά τη διάρκεια της οποίας η ελληνική κυβέρνηση, είτε μέσω της ΔΕΗ είτε μέσω των δημοτικών αρχών, είχε πλήρη εξουσία επί όλων των εγκαταστάσεων. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι εγκαταστάσεις περιορίζονταν κυρίως σε απομακρυσμένες τοποθεσίες που συχνά δεν ήταν συνδεδεμένες με το πρωτογενές διασυνδεδεμένο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας. Το δεύτερο στάδιο ξεκίνησε το 2006 με την ψήφιση του νόμου 3468/2006, ο οποίος αποσκοπούσε στην παροχή κινήτρων για την ανάπτυξη της αγοράς. Η πρόσφατη νομοθεσία εφάρμοσε ένα νέο πλαίσιο τιμολογίων τροφοδότησης που εξασφαλίζει σταθερή διάρκεια 10 ετών για την ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκά, με δυνατότητα πρόσθετης 10ετούς παράτασης. Επιπλέον, εφαρμόστηκαν μέτρα για τον εξορθολογισμό των γραφειοκρατικών διαδικασιών που απαιτούνται για την απόκτηση άδειας εγκατάστασης ηλιακών συστημάτων. Στα νοικοκυριά προσφέρθηκαν επίσης κίνητρα, τα οποία τους επέτρεψαν να εκπέσουν έως και το 20% του συνολικού κόστους της ηλιακής εγκατάστασης από τους φόρους τους, με μέγιστο όριο έκπτωσης τα 700€. Κατά τη διάρκεια των ετών 2009 και 2010, θεσπίστηκαν δύο νέοι νόμοι (νόμος 3737/2009 και νόμος 3851/2010) για τον εξορθολογισμό της διαδικασίας απόκτησης αδειών για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων [12].



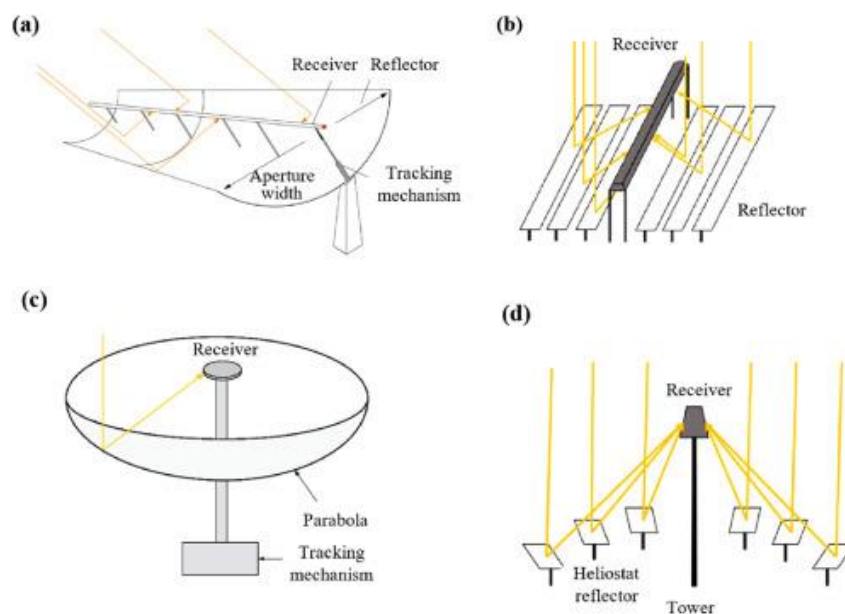
Σχήμα 2.2: Ελληνικό Φωτοβολταϊκό Δυναμικό.[15]

2.2.2 Συμπυκνωτές Ηλιακής Ισχύος (CSP)

Η ενσωμάτωση ενός συστήματος συγκεντρωμένης/συμπυκνωμένης ηλιακής ισχύος, Concentrated Solar Power (CSP) με θερμική αποθήκευση και ενός φωτοβολταϊκού, Photovoltaic (PV) συστήματος χωρίς αποθήκευση αναδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο οι δύο τεχνολογίες αλληλοσυμπληρώνονται στην παραγωγή ενέργειας. Το φωτοβολταϊκό σύστημα αναμένεται να παρέχει το μεγαλύτερο μέρος της απαιτούμενης ενέργειας κατά

τη διάρκεια της ημέρας, ενώ το σύστημα CSP προβλέπεται να παρέχει ενέργεια κυρίως τη νύχτα χρησιμοποιώντας την αποθηκευμένη θερμική ενέργεια. Η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά (ΦΒ) συστήματα μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και αποθηκεύεται σε ένα σύστημα αποθήκευσης θερμότητας. Αυτό γίνεται για να ενισχυθεί η ενσωμάτωση του θερμικού κύκλου και να διατηρηθεί η ανεξαρτησία του συστήματος, ενώ παράλληλα σταθεροποιείται η σύνδεσή του με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η παραλλαγή είναι ένα μη συμπαγές υβριδικό σύστημα PV-CSP, που σημαίνει ότι τα δύο ηλιακά πεδία λειτουργούν χωριστά, ενώ μοιράζονται την αποθήκευση [16].

Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3, χρησιμοποιούν κάτοπτρα, φακούς ή παραβολικούς ανακλαστήρες για να κατευθύνουν και να εντείνουν το ηλιακό φως προς ένα σωλήνα υποδοχής. Ο σωλήνας υποδοχής μεταφέρει συνήθως ένα εργαζόμενο ρευστό, όπως συνθετικό έλαιο, νερό ή νερό φορτωμένο με νανοσωματίδια. Το εστιασμένο ηλιακό φως θα αυξήσει τη θερμοκρασία του εργαζόμενου ρευστού και θα προκαλέσει τη μετάβαση φάσης σε ατμό. Αυτός ο ατμός μπορεί να χρησιμεύσει ως κινητήρια δύναμη για έναν ατμοστρόβιλο, ο οποίος με τη σειρά του μπορεί να τροφοδοτήσει μια ηλεκτρική γεννήτρια. Υπάρχουν διάφορες ποικιλίες συγκεντρωτικών ηλιακών συλλεκτών, όπως ο συλλέκτης παραβολικής γούρνας, ο δέκτης πύργου ισχύος, ο συλλέκτης παραβολικού πιάτου και ο συλλέκτης φακού Fresnel.



Σχήμα 2.3: Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες. [16]

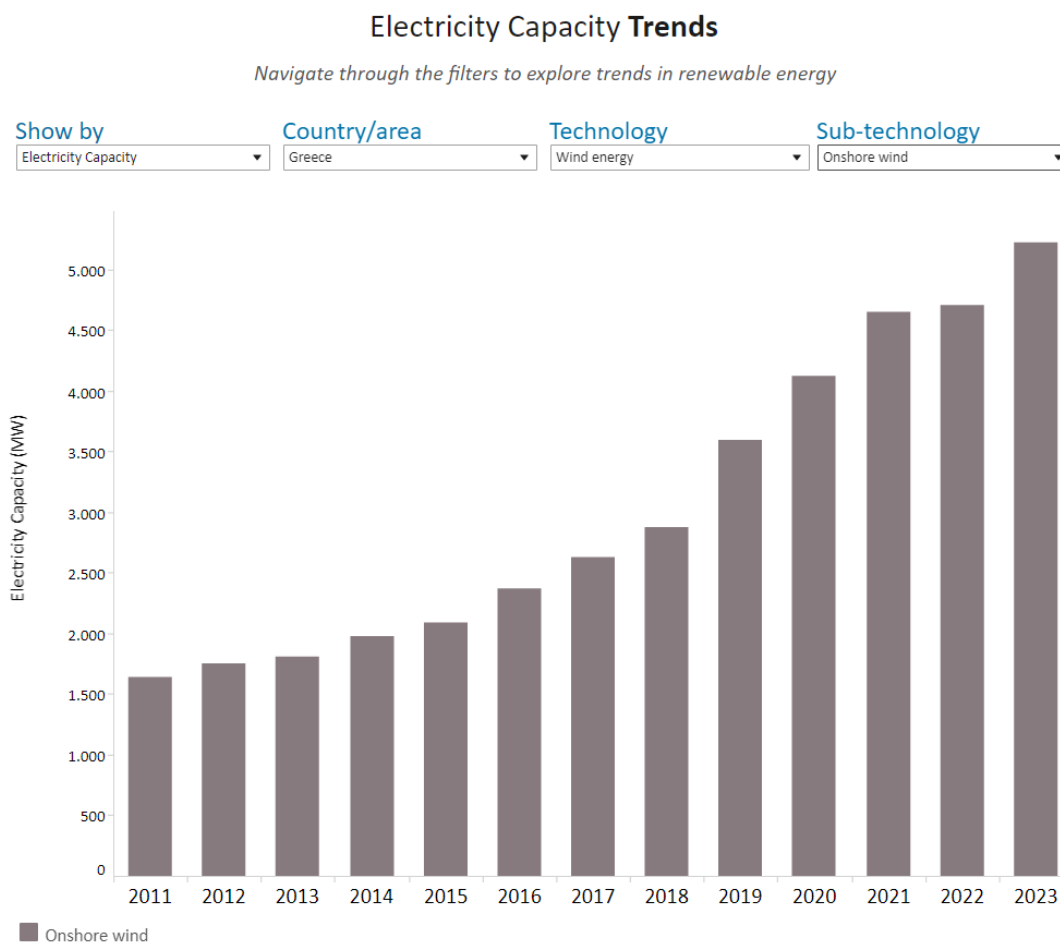
Η συγκεντρωτική ηλιακή ενέργεια είναι ένα κρίσιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος. Η Ελλάδα διαθέτει σημαντικό ηλιακό δυναμικό, γεγονός που την καθιστά βέλτιστη επιλογή για τη δημιουργία σημαντικών εγκαταστάσεων συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας. Οι μονάδες αυτές προσφέρουν το πλεονέκτημα της βολικής αποθήκευσης ενέργειας με τη χρήση δεξαμενών θερμικής αποθήκευσης, γεγονός που είναι πλεονεκτικό για τη διατήρηση ενός σχετικά σταθερού προφίλ παραγωγής ισχύος. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας για την περαιτέρω προώθηση των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [17].

2.3 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια, η οποία αναγνωρίζεται ευρέως ως βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, έχει γνωρίσει σημαντική ανάπτυξη τον τελευταίο καιρό, προσφέροντας μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα και μειώνοντας την εξάρτησή μας από αυτά. Λόγω της ώριμης τεχνολογίας της και του σχετικά χαμηλού κόστους της, υπόσχεται πολλά ως σημαντική κύρια πηγή ενέργειας στο μέλλον. Η αιολική ενέργεια είναι σήμερα η μόνη τεχνολογία που έχει φθάσει σε ώριμο στάδιο και έχει ισχυρό οικονομικό δυναμικό. Χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή ενέργειας μεγάλης κλίμακας [18].

Η χώρα μας διαθέτει σημαντικό αιολικό δυναμικό, ιδιαίτερα σε διάφορες περιοχές της Κρήτης, της Πελοποννήσου, της Εύβοιας και των νησιών του Αιγαίου. Σε αυτές τις περιοχές βρίσκεται η πλειονότητα των αιολικών πάρκων, τα οποία αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών στρατηγικά τοποθετημένες ώστε να μεγιστοποιείται η αξιοποίηση των αιολικών πόρων (Σχήμα 2.4).

Η αιολική ενέργεια είναι μια άφθονη και σχεδόν απεριόριστη πηγή ενέργειας. Η αξιοποίηση του σημαντικού δυναμικού της στο έθνος μας, σε συνδυασμό με την ταχεία εξέλιξη των τεχνολογιών που ενσωματώνονται στις σύγχρονες, αποτελεσματικές ανεμογεννήτριες, έχει τεράστια σημασία για τη βιώσιμη ανάπτυξη, τη διατήρηση των ενεργειακών πόρων, τη διαφύλαξη του περιβάλλοντος και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής [19].



Σχήμα 2.4: Δεδομένα συνεισφοράς αιολικής ενέργειας αποκλειστικά για τη χώρα μας.[20]

2.3.1 Ανεμογεννήτριες και οι εφαρμογές τους στην Ελλάδα

Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας από τον άνθρωπο είναι μια τεχνική που ξεκίνησε από την αρχαιότητα. Οι συνήθεις περιπτώσεις αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας περιλαμβάνουν ιστιοφόρα και ανεμόμυλους. Σήμερα, για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες (Α/Γ).

Οι ανεμογεννήτριες με βάση το Σχήμα 2.5, είναι συσκευές που μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Κατά την αρχική φάση, η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια από την πτερωτή, προκαλώντας την περιστροφή του άξονα της

πτερωτής. Στην επόμενη φάση, η γεννήτρια μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη ή την αύξηση των ενεργειακών αναγκών. Οι ανεμογεννήτριες δημιουργούν ηλεκτρική ενέργεια που είτε χρησιμοποιείται επιτόπου είτε αποστέλλεται στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για χρήση σε άλλες τοποθεσίες. Η πλεονάζουσα ενέργεια που παράγεται από ανεμογεννήτριες αποθηκεύεται συχνά για μελλοντική χρήση σε περιόδους υψηλότερης ζήτησης από την παραγωγή. Επί του παρόντος, υπάρχουν δύο οικονομικά εφικτές μέθοδοι αποθήκευσης ενέργειας, οι οποίες καθορίζονται από την ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας. Οι μπαταρίες είναι το κυρίαρχο και ευρέως χρησιμοποιούμενο μέσο αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, ιδίως για βιομηχανικές μονάδες μικρής κλίμακας που δεν είναι συνδεδεμένες με το κύριο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέθοδος αποθήκευσης της ενέργειας που παράγεται από ανεμογεννήτριες μέσω της απόληψης νερού και της αποθήκευσής του σε υπερυψωμένες τεχνητές λίμνες για την τροφοδοσία ενός υδροηλεκτρικού σταθμού χρησιμοποιείται όταν παράγεται σημαντική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας [19].

Η χωρητικότητα των ανεμογεννητριών αυξήθηκε σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. Το 1985, ο μέσος όρος των ανεμογεννητριών είχε ισχύ 0,05 MW και διάμετρο ρότορα 15 μέτρων. Επί του παρόντος, τα έργα αιολικής ενέργειας που αναπτύσσονται σήμερα έχουν συνήθως δυναμικότητα ανεμογεννητριών που κυμαίνεται από 3 έως 4 MW στην ξηρά και 8 έως 12 MW στη θάλασσα.

Η ισχύς εξόδου μιας ανεμογεννήτριας επηρεάζεται άμεσα από τις διαστάσεις της ανεμογεννήτριας, συμπεριλαμβανομένου του μεγέθους της και του μήκους των πτερυγίων της. Η ισχύς είναι ευθέως ανάλογη του μεγέθους του ρότορα και της ταχύτητας του ανέμου ανυψωμένη στη δύναμη του τρία. Θεωρητικά, αν η ταχύτητα του ανέμου διπλασιαστεί, το δυναμικό αιολικής ενέργειας αυξάνεται κατά οκτώ φορές [20].

Μηχανές που μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια: Ανεμογεννήτριες



Σχήμα 2.5: Ο αναλυτικός τρόπος λειτουργίας των ανεμογεννητριών.[15]

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το δυναμικό αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα, ιδίως στις παράκτιες περιοχές και τα νησιά, είναι εξαιρετικά πολύτιμο. Έχει τη δυνατότητα να ανοίξει το δρόμο για ένα πλήθος προοπτικών και πρακτικών εφαρμογών στην τεχνολογία της αιολικής ενέργειας. Πρώτα απ' όλα, η χρήση ανεμογεννητριών για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών απομονωμένων κατοικιών που βρίσκονται σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας φαίνεται να αποτελεί βέλτιστη και φιλική προς το περιβάλλον λύση. Με βάση πειράματα, διαπιστώθηκε ότι όταν υπάρχει άφθονο αιολικό δυναμικό, μια ανεμογεννήτρια 10 kW είναι συνήθως ικανή να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες ενός ολόκληρου νοικοκυριού ή σημαντικού μέρους αυτού. Με το συνδυασμό μικρών ανεμογεννητριών και γεννητριών ντίζελ, είναι δυνατή η επίτευξη πλήρους ενεργειακής ανεξαρτησίας. Επιπλέον, μια μπαταρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται από την Α/Γ όταν αυτή υπερβαίνει τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Τα ξενοδοχεία που βρίσκονται σε περιοχές με σταθερά υψηλή ταχύτητα ανέμου μπορούν να καλύψουν αποτελεσματικά τις ενεργειακές τους ανάγκες με τη χρήση μικρών ανεμογεννητριών. Πολλά ξενοδοχεία στα ελληνικά νησιά και στις ακτές της ηπειρωτικής χώρας διαθέτουν άφθονο χώρο στον περιβάλλοντα χώρο τους που θα

μπορούσε να αξιοποιηθεί για την εγκατάσταση μιας ή περισσότερων ανεμογεννητριών, είτε αυτές είναι οριζόντιου είτε κάθετου άξονα. Επιπλέον, είναι ευρέως κατανοητό ότι οι ανεμογεννήτριες είναι πιο αποτελεσματικές όταν τοποθετούνται σε υπερυψωμένο και εκτεθειμένο στον άνεμο έδαφος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ταχύτητα του ανέμου τείνει να αυξάνεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα και σε απότομες πλαγιές. Πολλά ξενοδοχεία στην Ελλάδα, ιδίως στα ελληνικά νησιά, βρίσκονται στρατηγικά τοποθετημένα σε πλεονεκτικές περιοχές, όπως απότομες πλαγιές και εκτεθειμένοι βραχώδεις λόφοι. Δεδομένων των συνθηκών, είναι δυνατόν να καλυφθούν οι μέτριες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια μεγάλων ξενοδοχείων που παρέχουν διάφορες υπαίθριες ανέσεις, όπως ο φωτισμός ενός γηπέδου τένις, με τη χρήση συμπαγών ανεμογεννητριών. Αυτές οι ανεμογεννήτριες μπορούν να αξιοποιήσουν την ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια ανεμοδαρμένων περιόδων, η οποία στη συνέχεια μπορεί να αποθηκευτεί σε μπαταρίες για χρήση σε περιόδους υπερβολικού ανέμου ή χαμηλής ζήτησης ισχύος. Συνήθως, η διενέργεια ενδεδειγμένης ανάλυσης της ενεργειακής χρήσης ενός ξενοδοχείου, μαζί με μια περιβαλλοντική αξιολόγηση για τη διασφάλιση της συμβατότητας με το περιβάλλον, μπορεί να προσφέρει μια έξυπνη και προσοδοφόρα λύση για τους ιδιοκτήτες του ξενοδοχείου. Ανεξάρτητα από αυτό, ένα ξενοδοχείο που χρησιμοποιεί εναλλακτικές πηγές ενέργειας για τις ενεργειακές του ανάγκες μπορεί να προσελκύσει σημαντική προσοχή από τους ανθρώπους, ιδίως τους οικολόγους. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί μόνο ως ένα πρόσθετο πλεονέκτημα για τους ιδιοκτήτες ξενοδοχείων που επιλέγουν να χρησιμοποιούν ανεμογεννήτριες.

Τα θερμοκήπια και τα αγροκτήματα στην Ελλάδα έχουν τη δυνατότητα να γίνουν αυτόνομα από άποψη ενέργειας, χρησιμοποιώντας μικρές ανεμογεννήτριες που μπορούν να εγκατασταθούν βολικά σε κοντινή απόσταση από τις εγκαταστάσεις αυτές (Εικόνα2.1). Οι μικρές ανεμογεννήτριες μπορούν να συνδυαστούν με μια γεννήτρια ντίζελ για την παροχή ενέργειας τις μη θυελλώδεις ημέρες. Επιπλέον, μια μπαταρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση της πλεονάζουσας ενέργειας που παράγεται. Αυτές οι ανεμογεννήτριες μπορούν να σχεδιαστούν κατά παραγγελία για κάθε αγρόκτημα ή θερμοκήπιο, διασφαλίζοντας ότι η χωρητικότητά τους καλύπτει τις ενεργειακές απαιτήσεις, διατηρώντας παράλληλα την αισθητική ελκυστικότητα της γύρω περιοχής. Δεδομένης της κατάστασης, οι αγρότες μπορούν να θεωρήσουν τις μικρές ανεμογεννήτριες ως μια αξιόλογη επένδυση με την πάροδο του χρόνου, χωρίς να

προκαλούν σημαντικές ζημιές στη γη τους. Οι ανεμογεννήτριες αυτές απαιτούν μόνο ένα μικρό μέρος της έκτασης της γης. Ωστόσο, υπάρχει ένα πρόσθετο όφελος για τα αγροκτήματα και τα θερμοκήπια που είναι ήδη συνδεδεμένα με το δίκτυο. Οι αγρότες έχουν τη δυνατότητα να πωλούν την ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες τους, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στην αύξηση του εισοδήματός τους. Επιπλέον, η αξία της γης έχει επίσης αυξηθεί λόγω της αυτονομίας ολόκληρης της ιδιοκτησίας.

Η Ελλάδα είναι ένα έθνος γνωστό για τον τεράστιο αριθμό ιστιοπλοϊκών σκαφών, τα οποία πλέουν στις όμορφες θάλασσές της. Η φόρτιση της μπαταρίας ενός ιστιοπλοϊκού σκάφους με ηλεκτρική ενέργεια από μια μικρή ανεμογεννήτρια είναι μια εξαιρετικά πρακτική και έξυπνη ιδέα. Αυτό συμβαίνει επειδή ο άνεμος στην ανοιχτή θάλασσα συχνά υπερβαίνει την ελάχιστη ταχύτητα του ανέμου που απαιτείται για να αρχίσουν οι μικρές ανεμογεννήτριες να παράγουν ενέργεια. Με την υιοθέτηση αυτής της προσέγγισης, οι ιδιοκτήτες ιστιοπλοϊκών σκαφών μπορούν να αποκτήσουν ένα αίσθημα εμπιστοσύνης και να μειώσουν την εξάρτησή τους από τις δαπανηρές παραδοσιακές μεθόδους παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για τα σκάφη τους [21].



Εικόνα 2.1: Ανεμογεννήτριες ξηράς. [15]

2.4 Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια βιώσιμη και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που έχει αμελητέες, αν όχι ανύπαρκτες, επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπλέον, έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει σημαντικά την ενεργειακή ανεξαρτησία και τη συνολική ενεργειακή ασφάλεια ενός κράτους. Χρησιμοποιείται κυρίως για τη θέρμανση θερμοκηπίων και υδατοκαλλιεργειών, την ξήρανση γεωργικών προϊόντων, την αφαλάτωση νερού για την ύδρευση και την παροχή τηλεθέρμανσης σε κτίρια, κοινότητες, χωριά και πόλεις. Αξιοποιείται επίσης για διάφορους ήπιους βιομηχανικούς σκοπούς. Η συμβολή της γεωθερμικής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται σταθερά.

Η Ελλάδα διαθέτει σημαντικούς γεωθερμικούς ενεργειακούς πόρους, οι οποίοι έχουν μελετηθεί εκτενώς για πάνω από τέσσερις δεκαετίες, με αποτέλεσμα τον εντοπισμό αρκετών γεωθερμικών πεδίων. Ωστόσο, η εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας είναι κάπως περιορισμένη, καθώς χρησιμοποιείται μόνο άμεσα. Κατά συνέπεια, υπάρχει παντελής έλλειψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεωθερμία, κυρίως επειδή οι τοπικές κοινότητες αντιδρούν σθεναρά σε αυτήν, λόγω των αρνητικών αποτελεσμάτων του πειραματικού σταθμού ηλεκτροπαραγωγής στο νησί της Μήλου κατά τις δεκαετίες του 1970 και 1980. Η παρουσία ελλείψεων και λαθών τόσο κατά τη φάση της κατασκευής όσο και κατά τη φάση της λειτουργίας είχε ως αποτέλεσμα τη μόλυνση του περιβάλλοντος, η οποία με τη σειρά της προκάλεσε σοβαρές αντιδράσεις από τους κατοίκους. Οι τοπικές κοινότητες και οι αρχές επηρεάστηκαν από αυτό, οδηγώντας σε αρνητική αντίληψη για τη μεγάλης κλίμακας εκμετάλλευση των βαθιών γεωθερμικών πόρων υψηλής θερμοκρασίας (οποιαδήποτε χρήση γεωθερμικής ενέργειας με εξαγωγή θερμότητας, για πόρους με θερμοκρασίες άνω των 90 °C) σε διάφορες περιοχές. Αντίθετα, υπάρχει μια πιο θετική αντίληψη για την αξιοποίηση των βαθιών γεωθερμικών πόρων χαμηλής θερμοκρασίας (οποιαδήποτε χρήση γεωθερμικής ενέργειας με εξαγωγή θερμότητας, για πόρους με θερμοκρασίες μεταξύ 25 και 90 °C). Μέχρι στιγμής, η πλειονότητα των προσπαθειών για την αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων χαρακτηρίζεται από ανεπάρκεια στην κατανόηση, τη συμμετοχή και τη δέσμευση των

τοπικών κοινοτήτων. Η αξιολόγηση της βιβλιογραφίας δείχνει ότι η στάση και η ευαισθητοποίηση του κοινού είναι γενικά μέτρια έως χαμηλή.

Η Ελλάδα διαθέτει σημαντικές ποσότητες βαθιών γεωθερμικών πόρων, αλλά δυστυχώς η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας είναι αρκετά περιορισμένη. Επί του παρόντος, αξιοποιείται μόνο για θερμικές εφαρμογές, όπως τα ιαματικά λουτρά, ο γεωργικός τομέας και οι θερμικές μονάδες GSHP (Ground-Source Heat Pumps). Ωστόσο, δεν υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμική ενέργεια στην Ελλάδα. Οι κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν στην καθυστέρηση της ανάπτυξης των γεωθερμικών πόρων στην Ελλάδα είναι οι εξής:

- Οι τοπικές κοινωνίες συχνά εκφράζουν έντονη αντίθεση στην παραγωγή ενέργειας.
- Η αντιμετώπιση ενός ανεπαρκούς ρυθμιστικού πλαισίου και απογοητευτικών γραφειοκρατικών εμποδίων.
- Ανεπαρκείς οικονομικοί πόροι.
- Χωρίς οικονομικά ή επενδυτικά κίνητρα, όπως αυτά για τον μετριασμό του γεωλογικού κινδύνου.
- Οι αναγκαίες δαπάνες υποδομής και εγκατάστασης για τα γεωθερμικά έργα.
- Χωρίς κατάλληλο στρατηγικό σχεδιασμό, το δυναμικό της γεωθερμίας παραμένει ανεκμετάλλευτο.

Μέχρι στιγμής, μόνο ένας περιορισμένος αριθμός πρωτοβουλιών έχει υλοποιηθεί με στόχο την ευαισθητοποίηση των τοπικών κοινοτήτων και των ενδιαφερόμενων φορέων. Οι προσπάθειες αυτές περιορίζονται στη διοργάνωση εργαστηρίων, ημερίδων ενημέρωσης και επισκέψεων του κοινού σε γεωθερμικές εφαρμογές όπως τα θερμοκήπια. Συνήθως, οι προσπάθειες αυτές απευθύνονται κυρίως σε συγκεκριμένες ομάδες, όπως οι τοπικές αρχές, οι εγκαταστάτες, οι κατασκευαστές, οι μηχανικοί κ.λπ., με λιγότερη έμφαση στις τοπικές κοινωνίες. Οι εκδηλώσεις αυτές πραγματοποιούνται συχνά σε μέρη που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για γεωθερμικές εφαρμογές, όπως η Μήλος και η Νιγρίτα. Ωστόσο, δεν είναι ασυνήθιστο οι εκδηλώσεις αυτές να διοργανώνονται σε περιοχές όπου δεν υπάρχει δυναμικό βαθιάς γεωθερμίας, όπως η Αθήνα, προκειμένου να διαφωτιστεί ένα ευρύτερο φάσμα ενδιαφερομένων. Το 2008, διοργανώθηκε μια συνάντηση στο νησί της Μήλου για να συζητηθεί η μελλοντική γεωθερμική ανάπτυξη. Η ημερίδα αυτή πραγματοποιήθηκε 20 χρόνια μετά την αντίθεση της τοπικής κοινωνίας στην πιλοτική εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για

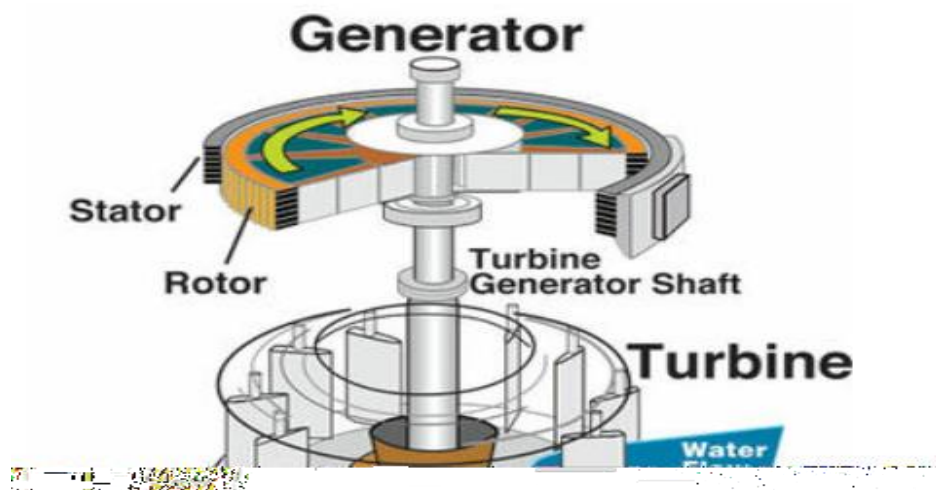
την πλήρη αξιοποίηση του σημαντικού δυναμικού της γεωθερμικής ενέργειας, είναι απαραίτητο να αυξηθεί η γνώση και να αποκατασταθεί η εμπιστοσύνη των τοπικών κοινοτήτων στην εξόρυξη γεωθερμικών πόρων υψηλής θερμοκρασίας από τα βάθη της γης [22].

2.5 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια, γνωστή και ως υδροενέργεια, είναι ένας τύπος βιώσιμης ενέργειας που αξιοποιεί τη δυνητική ενέργεια του νερού που συγκρατείται σε ταμιευτήρες και ρέει σε ποτάμια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Η βαρυτική δύναμη που ασκείται στο κατερχόμενο νερό προκαλεί την περιστροφή των πτερυγίων ενός στροβίλου, προκαλώντας έτσι την περιστροφή μιας γεννήτριας. Αυτή η γεννήτρια μετατρέπει στη συνέχεια την κινητική ενέργεια του περιστρεφόμενου στροβίλου σε ηλεκτρική ενέργεια.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ ΚΑΙ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Ένας υδραυλικός στρόβιλος σύμφωνα με το Σχήμα 2.6 μετατρέπει την κινητική ενέργεια του κινούμενου νερού σε μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια υδροηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπει αυτή την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Η λειτουργία μιας γεννήτριας προκύπτει από τις έννοιες που διατύπωσε ο Faraday. Ανακάλυψε ότι η κίνηση ενός μαγνήτη δίπλα σε έναν αγωγό προκαλεί τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Οι ηλεκτρομαγνήτες σε μια μεγάλη γεννήτρια δημιουργούνται με τη διέλευση συνεχούς ρεύματος μέσω βρόχων σύρματος που τυλίγονται γύρω από στοίβες μαγνητικών χαλύβδινων ελασμάτων. Τα στοιχεία που είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου στο δρομέα αναφέρονται ως πόλοι πεδίου, οι οποίοι τοποθετούνται κατά μήκος της εξωτερικής άκρης του δρομέα. Ο ρότορας συνδέεται με τον άξονα της τουρμπίνας και περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα. Καθώς ο ρότορας περιστρέφεται, προκαλεί την κίνηση των πόλων του πεδίου (των ηλεκτρομαγνητών) πέρα από τους αγωγούς που είναι στερεωμένοι στον στάτη. Ως αποτέλεσμα, αυτό παράγει ηλεκτρικό ρεύμα και δημιουργεί τάση στους ακροδέκτες εξόδου της γεννήτριας [23].



Σχήμα 2.6: Διάγραμμα υδροηλεκτρικού στροβίλου και γεννήτριας.[23]

ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι η κυρίαρχη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα, αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το 18,5% της παγκόσμιας ηλεκτρικής παραγωγής. Ωστόσο, η πλειονότητα των κατάλληλων περιοχών στην Ευρώπη για την κατασκευή μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών έχει ήδη αξιοποιηθεί. Επιπλέον, υπάρχει σημαντική αντίσταση από τους τοπικούς πληθυσμούς κατά της κατασκευής νέων τεράστιων σταθμών παραγωγής ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, οι συμπαγείς υδροηλεκτρικοί σταθμοί θεωρούνται μια από τις πιο ελκυστικές επιλογές για τη μεγιστοποίηση της χρήσης των υφιστάμενων υδροηλεκτρικών πόρων. Η Ελλάδα, και συγκεκριμένα η ηπειρωτική της χώρα, διαθέτει σημαντικό ανεκμετάλλευτο δυναμικό υδροηλεκτρικής ενέργειας. Ταυτόχρονα, άλλοι ιδιώτες επενδυτές έχουν επισήμως εκδηλώσει την επιθυμία τους να δημιουργήσουν μέτριους υδροηλεκτρικούς σταθμούς σε όλη την επικράτεια, παρακινούμενοι από τις σημαντικές δυνατότητες επιδότησης που παρέχει η ελληνική κυβέρνηση για έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η Ελλάδα, και πιο συγκεκριμένα το δυτικό τμήμα της ηπειρωτικής χώρας, διαθέτει σημαντικό ανεκμετάλλευτο δυναμικό υδροηλεκτρικής ενέργειας. Ο συνδυασμός της

μορφής του εδάφους (τοπογραφία) και των ισχυρών βροχοπτώσεων, ιδίως στην ηπειρωτική Ελλάδα, διευκολύνει την υλοποίηση ανάλογων σταθμών παραγωγής ενέργειας. Με βάση τα υπάρχοντα στατιστικά στοιχεία, μόνο ένα μικρό μέρος των τοπικών υδάτινων πόρων έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα [24].

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Αρχικά, τα πλεονεκτήματα:

- Η κατανάλωση καυσίμου απουσιάζει, με αποτέλεσμα την εκπομπή αμελητέων ρύπων.
- Η φύση παρέχει στο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας δωρεάν νερό.
- Η υδροηλεκτρική ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Συγκριτικά μικρές δαπάνες για τη λειτουργία και τη συντήρηση.
- Η τεχνολογία είναι αξιόπιστη και έχει επικυρωθεί μέσω εκτεταμένης χρήσης και δοκιμών.
- Η πηγή καυσίμου είναι ανανεώσιμη λόγω της αναπλήρωσης του νερού στον ταμιευτήρα από τις βροχοπτώσεις.

Η υδροηλεκτρική ενέργεια δεν είναι τέλεια, όμως, και έχει κάποια μειονεκτήματα:

- Ακριβή αρχική επένδυση.
- Υδρολογία που εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις.
- Περιστασιακά, πλημμύρες σε εδάφη και καταστροφή ενδιαιτημάτων άγριας ζωής.
- Περιστασιακά, μπορεί να υπάρξουν περιπτώσεις απώλειας ή αλλοίωσης των ενδιαιτημάτων των ψαριών.
- Παρεμπόδιση της μετανάστευσης των ψαριών ή περιορισμός της μετακίνησης των ψαριών.
- Περιστασιακά, αλλοιώσεις στην ποιότητα του νερού στους ταμιευτήρες και τα ρέματα.
- Περιστασιακά, μετεγκατάσταση αυτόχθονων κοινοτήτων.

2.6 Βιομάζα

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), συχνά γνωστές ως νέες πηγές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια, αναφέρονται σε τύπους εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διεργασίες. Η αξιοποίηση της βιομάζας, μέσω θερμικών ή βιολογικών διεργασιών, θεωρείται ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (ΑΠΕ) που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη των περιβαλλοντικών και ενεργειακών στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Η βιομάζα αναφέρεται στο τμήμα των αγαθών, των αποβλήτων και των υπολειμμάτων που προέρχονται από βιολογικές πηγές, όπως η γεωργία, η δασοκομία, η αλιεία και οι συναφείς βιομηχανίες. Περιλαμβάνει επίσης το βιοδιασπώμενο τμήμα των βιομηχανικών και οικιακών απορριμμάτων. Όταν η βιομάζα καίγεται για την παραγωγή ενέργειας, δεν συμβάλλει στα επίπεδα του ατμοσφαιρικού CO₂, καθώς έχει ήδη αφομοιώσει ισοδύναμη ή μεγαλύτερη ποσότητα CO₂ κατά τη διάρκεια της ζωής της.

Η αξιοποίηση της βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ενδιαφέρουσα λόγω του χαρακτηρισμού της ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (ΑΠΕ). Η ιδέα της αλληλουχίας υπαγορεύει ότι η βιομάζα πρέπει να αξιοποιείται με την ακόλουθη σειρά προτεραιότητας: Επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση, βιοενέργεια και διάθεση. Η ιδέα της αλληλουχίας βασίζεται στη λογική ότι η μεγιστοποίηση του κύκλου ζωής της βιομάζας είναι ζωτικής σημασίας για τη βιωσιμότητα της βιοοικονομίας. Επιπλέον, συμβάλλει στην αποκατάσταση της ισορροπίας στην αγορά με την αντιμετώπιση των επιδοτήσεων στον τομέα της βιοενέργειας. Ως εκ τούτου, η διερεύνηση των ανεκμετάλλευστων πηγών βιομάζας που τηρούν την ιδέα της συνέχειας και σήμερα δεν αξιοποιούνται επαρκώς παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον. Η αξιοποίηση των αγροτικών σκουπιδιών και των γεωργικών αποβλήτων πληροί τα συγκεκριμένα κριτήρια και η διερεύνηση των πιθανών ευκαιριών για την αξιοποίηση αυτής της πηγής έχει μεγάλη σημασία. Συνήθως, τα γεωργικά απόβλητα προσδιορίζονται έμμεσα λαμβάνοντας υπόψη τις προβλεπόμενες αποδόσεις των καλλιεργειών και τα βιώσιμα επίπεδα συγκομιδής των καθιερωμένων γεωργικών καλλιεργειών. Λόγω αυτού του παράγοντα, υπάρχει σημαντική διακύμανση στις εκτιμήσεις της ετήσιας παραγωγής σε επίπεδο ΕΕ σε διάφορες έρευνες.

Η φράση "γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα" αναφέρεται σε οποιαδήποτε υποπροϊόντα ή παράγωγα της γεωργικής και ζωικής παραγωγής που δεν έχουν πλέον οικονομική αξία για την επιχείρηση ή θεωρείται ασύμφορη η περαιτέρω διαχείριση ή επεξεργασία τους. Σε ένα τέτοιο σενάριο, οι οντότητες αυτές θεωρούνται "αναποτελεσματικές" για το έργο για το οποίο δημιουργήθηκαν και προορίζονται για εξάλειψη, είτε σε στερεή είτε σε υγρή κατάσταση. Τα αγροτοκτηνοτροφικά απόβλητα περιλαμβάνουν απόβλητα ζώων, υπολείμματα καλλιεργειών, φρέσκα προϊόντα, πλαστικά θερμοκηπίων, λιπάσματα, απόβλητα συσκευασίας από αγροχημικά και φαρμακευτικά προϊόντα, απορριπτόμενο εξοπλισμό άρδευσης και εξαρτήματα γεωργικών μηχανημάτων. Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα ευθυγραμμίστηκε με την οδηγία 2009/28/EK της ΕΕ για την εκπλήρωση των απαιτήσεων για την ηλεκτρική ενέργεια, τη θέρμανση και την ψύξη και τις μεταφορές όσον αφορά την εγκατεστημένη ισχύ και τους στόχους παραγωγής.

Ενώ η πλειονότητα των ευρωπαϊκών κρατών θεωρεί τη βιομάζα ως σημαντικό παράγοντα για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, η Ελλάδα τείνει να την απορρίπτει ανεξέλεγκτα στο περιβάλλον ή σε χωματερές. Επιπλέον, οι αγρότες στην Ελλάδα συνήθως καίνε τα υπολείμματα βιομάζας στα χωράφια τους. Και οι δύο μέθοδοι αποτελούν σημαντική απειλή οικολογικής καταστροφής.

Τα ευρήματα δείχνουν ότι η Ελλάδα διαθέτει περίπου 2.132.286 τόνους λιγνοκυτταρινικής βιομάζας προσβάσιμους ετησίως. Οι κύριες ροές βιομάζας είναι οι ελαιοπυρήνες, τα υπολείμματα κλαδέματος ελιάς και τα υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, καθένα από τα οποία υπερβαίνει τους 100.000 τόνους ετησίως. Η αφθονία των ελαιόδεντρων αποδίδει ένα σημαντικό δυναμικό ενέργειας από βιομάζα, περίπου 3.800.000 GJ (GigaJoules) από τις δενδροφυτείες. Η προτεινόμενη μέθοδος αεριοποίησης στοχεύει στην αξιοποίηση 7956 τόνων βιομάζας ετησίως, παράγοντας 6630 MWh ηλεκτρικής ενέργειας και 8580 MWh θερμικής ενέργειας. Αυτό περιλαμβάνει την αύξηση του γεωργικού εισοδήματος, τη δημιουργία νέων ευκαιριών απασχόλησης και την επέκταση των πράσινων πρωτοβουλιών της περιοχής. Επιπλέον, μια τέτοια επένδυση μπορεί να λειτουργήσει ως καταλύτης για την αξιοποίηση του σημαντικού δυναμικού βιομάζας της περιοχής, οδηγώντας σε περαιτέρω τοπική και εθνική ανάπτυξη [25].

Κεφάλαιο 3

ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1 Εισαγωγή – Ιστορική Αναδρομή

Η δημιουργία εγκαταστάσεων ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ξεκίνησε το 1889 στην Αθήνα, με πρωτοβουλία της Εταιρείας Γενικών Έργων. Κατασκεύασε την εναρκτήρια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην οδό Αριστείδου. Παρά το γεγονός ότι η Θεσσαλονίκη βρισκόταν υπό τουρκική κυριαρχία, μια βελγική επιχείρηση αρχίζει την ίδια χρονιά την κατασκευή μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το 1896, η Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία εξαγοράζει την επιχείρηση ηλεκτρικού φωτισμού από τη Γενική Εταιρεία Κατασκευών και ξεκινάει μια μονάδα παραγωγής στο Νέο Φάληρο. Η ισχύς του συστήματος ήταν 3 megavolt-ampere (MVA) το 1903 και αυξήθηκε σε 43 MVA το 1949. Το 1925 ιδρύεται η Γενική Ηλεκτρική Εταιρεία, η οποία συνήθως αναφέρεται ως Power. Στη συνεργασία συμμετείχαν η κυβέρνηση, ελληνικά χρηματοπιστωτικά ιδρύματα και Βρετανοί επιχειρηματίες. Ως αποτέλεσμα αυτού του σχεδίου, σύντομα δημιουργήθηκαν δύο εταιρείες: η Εταιρεία Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και η Εταιρεία Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Η συγχώνευση των δύο φορέων είχε ως αποτέλεσμα την ίδρυση της Ηλεκτρικής Εταιρείας Αθηνών-Πειραιώς (ΗΕΑΠ). Η ΗΕΑΠ εποπτευόταν και λειτουργούσε από τη ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ WHITE HALL GROUP του Λονδίνου. Πριν από την ίδρυση της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, υπήρχαν περίπου 400 επιχειρήσεις που παρείχαν υπηρεσίες σε σχεδόν ισάριθμες πόλεις και κωμοπόλεις. Οι εγκαταστάσεις αυτές είχαν είτε δημοτικό, είτε κοινοτικό, είτε ιδιωτικό χαρακτήρα και λειτουργούσαν από τις αρχές του 20ού αιώνα και μετά. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εγκαταστάσεις της Χαλκίδας (ιδρύθηκε το 1902), του Πύργου (ιδρύθηκε το 1903), της Τρίπολης (ιδρύθηκε το 1904) και των Τρικάλων (ιδρύθηκε το 1906). Κατά τα αρχικά στάδια του εξηλεκτρισμού, η διανομή γινόταν με τη χρήση συνεχούς ρεύματος, γεγονός που επέβαλε περιορισμούς στην εμβέλεια μετάδοσης. Για παράδειγμα, για την παροχή

υπηρεσιών στη Θεσσαλονίκη, υπήρχε ένα εργοστάσιο που βρισκόταν στον Λευκό Πύργο και τρία πλοία τοποθετημένα σε διαφορετικές περιοχές που παρέδιδαν ηλεκτρική ενέργεια σε διαφορετικά τμήματα της πόλης. Η χρήση του εναλλασσόμενου ρεύματος άρχισε μετά το 1945. Ο νόμος 1468/1950 θεσπίστηκε τον Αύγουστο του 1950 για την ίδρυση της ΔΕΗ. Ο νόμος αυτός διευκόλυνε τη σταδιακή εξαγορά όλων των επιχειρήσεων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ, η οποία ολοκληρώθηκε μέχρι το 1956 [26].

Η κύρια πηγή ενέργειας στην Ελλάδα παρέχεται κυρίως από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ). Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζεται η κατανομή του μεριδίου των κύριων παρόχων στην αγορά ενέργειας.

Πίνακας 3.1: Μεριδίο αγοράς των κύριων παρόχων σε ποσοστό επί τοις εκατό. [27]

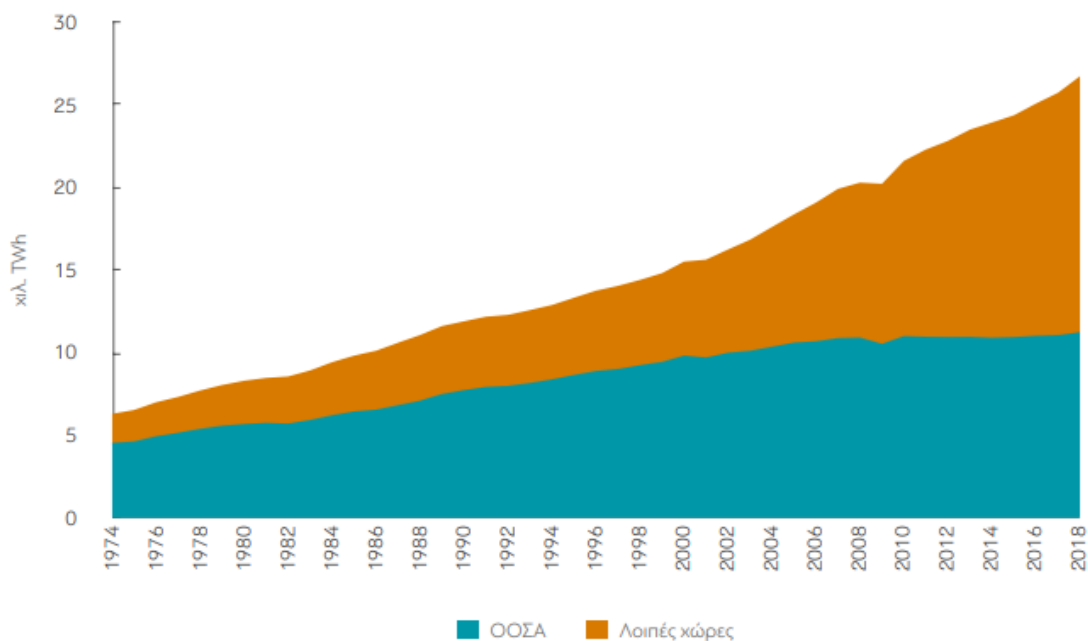
Πάροχοι	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ΔΕΗ	97,4	96,6	94,3	89,5	84,9	79,4	71,4	67,1	64,5
Protergia	0,01	0,03	1,07	2,44	3,39	4,17	5,61	7,66	6,97
Elpedison	0,84	1,09	1,63	2,49	3,47	3,39	5,18	4,64	5,90
ΗΡΩΝ	0,87	1,09	1,63	2,49	3,19	4,09	5,18	6,03	6,48
W&W	0,17	0,20	0,29	0,76	1,33	1,91	2,63	2,81	2,33
NRG	-	0,09	0,37	0,70	0,89	1,36	2,26	3,46	4,36
Volton	-	-	-	-	0,13	0,43	1,03	1,39	1,47

3.2 Το Σύστημα Ηλεκτροπαραγωγής

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, όπως οι ατμοηλεκτρικοί και θερμικοί σταθμοί, βασίζεται στη χρήση ορυκτών καυσίμων. Αυτά τα καύσιμα, τα οποία περιλαμβάνουν στερεά, υγρά ή αέρια, σχηματίστηκαν σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους και είναι αποθηκευμένα στο υπέδαφος σε πεπερασμένες, μη ανανεώσιμες ποσότητες. Από την άλλη, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, χρησιμοποιεί βιώσιμες πηγές που δεν εξαντλούν τα πεπερασμένα ενεργειακά αποθέματα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) συνδέεται άμεσα με τον ήλιο και τα φυσικά φαινόμενα, και έτσι βασίζεται στην περιοδική ή τυχαία εμφάνιση αυτών των γεγονότων [8].

3.2.1 Διεθνείς τάσεις και προοπτικές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη με γρήγορους ρυθμούς. Η παραγωγή αυξάνεται σταθερά κάθε χρόνο από το 1974, εκτός από το 2009. Το 2018, η ακαθάριστη παραγωγή έφτασε τις 26,7 χιλιάδες TWh (Terawatt hour), δηλαδή διπλάσια από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 (13,3 χιλιάδες TWh το 1995) και τετραπλάσια από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 (6,3 χιλιάδες TWh το 1974). Οι οικονομίες των αναπτυσσόμενων και αναδυόμενων χωρών (χώρες που δεν είναι μέλη του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης- ΟΟΣΑ) σημείωσαν σημαντική ανάπτυξη. Κατά την τελευταία δεκαετία, η παραγωγή στις χώρες αυτές αυξήθηκε κατά 60%, από 9,7 χιλιάδες TWh το 2009 σε 15,5 χιλιάδες TWh το 2018. Από την άλλη πλευρά, στις ανεπτυγμένες οικονομίες (χώρες που είναι μέλη του ΟΟΣΑ), η παραγωγή κυμάνθηκε καθ' όλη τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας γύρω από επίπεδα γύρω στις 11 χιλιάδες TWh (Σχήμα 3.1). Αυτό οφείλεται στους βραδύτερους ρυθμούς οικονομικής ανάπτυξης και στις πρωτοβουλίες εξοικονόμησης ενέργειας στους τομείς όπου χρησιμοποιείται ενέργεια [28].



Σχήμα 3.1: Ακαθάριστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας διεθνώς, 1974-2018, χιλ. TWh.[28]

3.2.2 Εγχώριες τάσεις της ηλεκτροπαραγωγής

Το 2019, η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ολόκληρη την χώρα ήταν 53,3 TWh. Το επίπεδο αυτό παρέμεινε σχετικά σταθερό, κοντά στα επίπεδα που παρατηρήθηκαν το 2018 και το 2000. Από την έναρξη της οικονομικής κρίσης, παρατηρείται συνεχής μείωση της εγχώριας παραγωγής, η οποία συνοδεύεται από σημαντικές διακυμάνσεις. Συγκεκριμένα, το 2019, η παραγωγή όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.2 ήταν κατά 16,5% χαμηλότερη από ό,τι το 2008 (63,7 TWh), αλλά κατά 5,5% υψηλότερη από ό,τι το 2014 (50,5 TWh).

Τα τελευταία χρόνια, η σημασία του λιγνίτη στον εξηλεκτρισμό της ελληνικής οικονομίας, η οποία ήταν εξέχουσα από το δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1950, έχει υποστεί σημαντική μείωση. Το 2019, η ενέργεια που παρήγαγαν οι λιγνιτικές μονάδες ανήλθε σε 10,4 TWh, αντιπροσωπεύοντας το 23% της συνολικής παραγωγής. Πρόκειται για μείωση από το 50% το 2010 και σημαντική πτώση από το 72% το 1990.

Αντίθετα, παρατηρείται αξιοσημείωτη αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση φυσικού αερίου. Το 2019, οι μονάδες φυσικού αερίου κυριάρχησαν στο εγχώριο μείγμα ηλεκτροπαραγωγής, παράγοντας συνολικά 16,2 TWh, δηλαδή 15% αύξηση σε σχέση με τις 14,1 TWh του προηγούμενου έτους. Αυτό αντιστοιχούσε στο 35% της συνολικής παραγωγής ενέργειας, μια σημαντική αύξηση από το μερίδιο 11% το 2000 και το μερίδιο 22% το 2010. Το 2019, τα μη διασυνδεδεμένα νησιά διέθεταν πετρελαϊκές μονάδες που συνεισέφεραν το 10% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας. Το ποσοστό αυτό παρέμεινε σχετικά σταθερό την τελευταία δεκαετία, αλλά είναι σημαντικά χαμηλότερο από τη συνεισφορά του 22% το 1990. Κατά τη διάρκεια εκείνης της περιόδου, οι πετρελαϊκές μονάδες έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην παροχή υπηρεσιών εξισορρόπησης στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα.

Η ενέργεια που παράγεται από μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) αυξάνεται σταθερά με την πάροδο του χρόνου, φθάνοντας τις 11,3 TWh το 2019. Το ποσοστό της ενέργειας που παράγεται από σταθμούς ΑΠΕ αυξήθηκε επίσης από 5% το 2010 σε 25% το 2019. Η ενέργεια που παρέχεται από τις μεγάλες υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις επηρεάζεται άμεσα από τις τρέχουσες υδρολογικές συνθήκες. Το 2019, το ποσοστό τους μειώθηκε στο 7%, έναντι 12% το 2015.



Πηγή: ΑΔΜΗΕ, ΔΑΠΕΕΠ, ΛΑΓΗΕ.

Σχήμα 3.2: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα, 2011-2019.[28]

Το 2019, το Διασυνδεδεμένο Σύστημα παρήγαγε συνολικά 40,5 TWh ενέργειας, που είναι η χαμηλότερη ποσότητα που έχει καταγραφεί τα τελευταία δέκα χρόνια. Η πλειονότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που αντιστοιχεί στο 40% ή 16,2 TWh, προήλθε από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με φυσικό αέριο. Οι λιγνιτικές εγκαταστάσεις και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) συνεισέφεραν από 26% της συνολικής παραγωγής. Η σημαντική μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη αποδίδεται κυρίως στη ραγδαία μείωση της ανταγωνιστικότητας του καυσίμου σε σχέση με τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύση φυσικού αερίου το τελευταίο διάστημα. Συγκεκριμένα, το μεταβλητό κόστος των λιγνιτικών μονάδων αυξήθηκε κατά σχεδόν 100% τα τελευταία χρόνια, από 32,9 €/MWh κατά μέσο όρο το 2011 σε 73,1 €/MWh το 2019. Η αύξηση των τιμών μπορεί να αποδοθεί στη σημαντική αύξηση των δαπανών για το CO₂. Η μέση τιμή των αδειών εκπομπών εκτοξεύθηκε από 4,4 €/tCO₂ το 2013 σε 24,8 €/tCO₂ το 2019. Πριν από το 2012, οι περισσότερες εκπομπές κατανέμονταν χωρίς κόστος [28].

3.2.3 Η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής

Η αυξημένη ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην ηλεκτροπαραγωγή θα διευκολυνθεί με μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που θα περιλαμβάνει φορολογικές, ρυθμιστικές, χωροταξικές και τεχνολογικές παρεμβάσεις. Οι προσπάθειες αυτές θα επικεντρωθούν στην αξιοποίηση του οικονομικού δυναμικού της ανάπτυξης μεγάλων μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στην ολοκλήρωση βασικών έργων υποδομής του δικτύου, στο σχεδιασμό ενός κατανεμημένου συστήματος παραγωγής ενέργειας για την υποδοχή νέων μονάδων και στη σταδιακή κατάργηση παλαιών, αναποτελεσματικών θερμικών μονάδων παραγωγής ενέργειας.

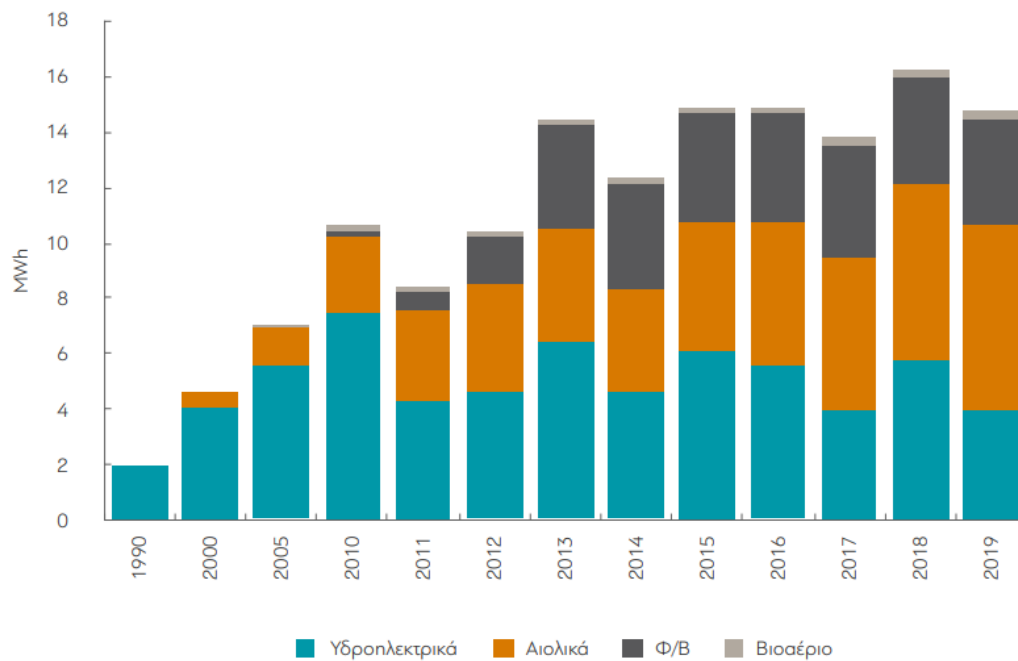
Διάφορες κανονιστικές και διοικητικές δράσεις που αφορούν τις προαναφερθείσες προκλήσεις περιλαμβάνουν:

- Κατά την ανάπτυξη και αδειοδότηση θερμικών εγκαταστάσεων, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η μελλοντική ευρεία ενσωμάτωση μονάδων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

- Κατά τον σχεδιασμό και την αδειοδότηση έργων ΑΠΕ, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι στόχοι που περιγράφονται στα τρέχοντα και μελλοντικά Εθνικά Σχέδια Δράσης για τις ΑΠΕ (ΕΣΔΑΕ).
- Συνεχής προώθηση και επαναξιολόγηση του δικτύου διανομής σύμφωνα με τις αρχές των έξυπνων δικτύων. Ολοκλήρωση του κώδικα για το σύστημα διανομής.

Το υφιστάμενο Ελληνικό Σύστημα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας επικεντρώνεται κυρίως στην αξιοποίηση των εγχώριων ενεργειακών πόρων. Κατά συνέπεια, οι λιγνιτικοί σταθμοί έχουν το κύριο μερίδιο στην παραγωγή ενέργειας, με τους τεράστιους υδροηλεκτρικούς σταθμούς να έρχονται δεύτεροι. Το ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) παραμένει πολύ μικρό σε σχέση με το σημαντικό οικονομικό δυναμικό που διαθέτουν (Σχήμα 3.3). Το μελλοντικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να ακολουθεί τις ακόλουθες αρχές:

- Η εφαρμογή προηγμένης τεχνολογίας για τη χρήση υπολειμμάτων βιομάζας, όπως η συμπαραγωγή, στην κατασκευή νέων λιγνιτικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών CO₂. Η στρατηγική αυτή περιλαμβάνει επίσης τον σταδιακό παροπλισμό παλαιότερων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής που είναι λιγότερο αποδοτικοί και περισσότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον.
- Ενίσχυση της δυναμικότητας των μονάδων συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου και των αεριοστρόβιλων
- Η ενσωμάτωση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) μεγάλης κλίμακας περιλαμβάνει την ενσωμάτωση αιολικών πάρκων (ΑΠ) και μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών, καθώς και σταθμών ΑΠΕ μεσαίας/μικρής κλίμακας, όπως φωτοβολταϊκά (Φ/Β), μικρά υδροηλεκτρικά, βιοαέριο, γεωθερμικές μονάδες, συμπαραγωγή βιομάζας και εφαρμογές ΑΠΕ για την παραγωγή ενέργειας σε οικιστικά και εμπορικά κτίρια.
- Η υλοποίηση περισσότερων υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων αντλησιοταμίευσης θα συμβάλει στη μείωση της περικοπής της αιολικής ενέργειας και στην ενίσχυση της σταθερότητας του δικτύου.
- Η εξέλιξη και η χρήση έξυπνων δικτύων, που ενσωματώνουν ευφυή παρακολούθηση, έλεγχο και επικοινωνία [29].



Πηγή: Eurostat, ΛΑΓΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ.

Σχήμα 3.3: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα, 2000-2019.[28]

3.3 Το Σύστημα Μεταφοράς

Το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο περιλαμβάνει τις διεθνείς διασυνδέσεις, αποτελεί κρίσιμη υποδομή για τη διασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας, την παροχή αξιόπιστου εφοδιασμού με ηλεκτρική ενέργεια, την προώθηση ανταγωνιστικών αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και την επίτευξη της απαλλαγής του εγχώριου ενεργειακού συστήματος από τις ανθρακούχες εκπομπές στο εγγύς μέλλον.

Η επέκταση του συστήματος μεταφοράς τόσο στην ηπειρωτική όσο και στη νησιωτική χώρα θα επιτρέψει την ενσωμάτωση μεγαλύτερης ποσότητας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στο σύστημα. Επιπλέον, διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην προώθηση των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, υπό την προϋπόθεση ότι θα δημιουργηθεί το απαραίτητο ρυθμιστικό πλαίσιο που θα επιτρέπει τέτοιου είδους επενδύσεις [28].

Οι εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής βρίσκονται συχνά σε σημαντική απόσταση από τις μεγάλες αστικές περιοχές όπου χρησιμοποιείται η ενέργεια. Κατά συνέπεια, υπάρχει επιτακτική ανάγκη για αποτελεσματική και άνετη μεταφορά ενέργειας στις αστικές περιοχές. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές, ιδίως στη βόρεια Ελλάδα, όπου η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στις νότιες περιοχές μέσω καλωδίων. Ωστόσο, υπάρχουν εναλλακτικές μέθοδοι για τη μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας, με την ασύρματη μετάδοση να κερδίζει δημοτικότητα, ιδίως στον τομέα της φόρτισης των gadget, λόγω των ελάχιστων απωλειών ενέργειας που παρουσιάζει [30].

3.3.1 Κανονιστικό Πλαίσιο Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρισμού

Ο νόμος 4001/2011 ορίζει την εταιρεία "Ανεξάρτητος Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) Α.Ε." ως ιδιοκτήτη και διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ). Ο ΑΔΜΗΕ λειτουργεί ως Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς σύμφωνα με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ. Στις αρμοδιότητές του περιλαμβάνονται η λειτουργία, η εκμετάλλευση, η συντήρηση και η ανάπτυξη του ΕΣΜΗΕ.

Το κύριο ρυθμιστικό πλαίσιο που διέπει τον ΕΣΜΗΕ είναι ο Κώδικας Διαχείρισης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Ο κώδικας αυτός καθορίζει τους όρους, τις διαδικασίες, τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις που ρυθμίζουν όλες τις βασικές πτυχές και λεπτομέρειες που σχετίζονται με τα διάφορα στοιχεία της λειτουργίας και της διαχείρισης του συστήματος μεταφοράς. Επιπλέον, η Απόφαση για την Πιστοποίηση του ΑΔΜΗΕ Α.Ε. ως Ανεξάρτητου Διαχειριστή του Διαχωρισμένου Συστήματος Μεταφοράς διαδραματίζει επίσης καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση του ΕΣΜΗΕ [31].

Στόχος της Εταιρείας είναι η διασφάλιση του εφοδιασμού της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια κατά τρόπο ασφαλή, αποδοτικό και αξιόπιστο, καθώς και η λειτουργία της Αγοράς Εξισορρόπησης και του διασυνοριακού εμπορίου σύμφωνα με τις αρχές της διαφάνειας, της ισότητας και του ελεύθερου ανταγωνισμού, μέσω της λειτουργίας, του ελέγχου, της συντήρησης και της ανάπτυξης του ΕΣΜΗΕ.

Η Εταιρεία έχει εφαρμόσει όλα τα απαραίτητα μέτρα και διαδικασίες που εγγυώνται την ανεξαρτησία της, την αυστηρή τήρηση της αρχής της "ίσης μεταχείρισης" για όλους τους Χρήστες του Συστήματος και τους Συμμετέχοντες στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας, τη διαφάνεια στις λειτουργίες της και την τήρηση της αρχής της εμπιστευτικότητας των πληροφοριών που διαχειρίζεται ο ΑΔΜΗΕ, ενόψει του προαναφερθέντος καίριου ρόλου [32].

Η διαχείριση του ΕΣΜΗΕ γίνεται σύμφωνα με τους κανονισμούς που περιγράφονται στον Κώδικα Διαχείρισης του ΕΣΜΗΕ, ο οποίος παράγεται και υποβάλλεται στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) από τον Διαχειριστή. Οι συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές για την εκτέλεση των κανονισμών που περιγράφονται στον Κώδικα Διαχείρισης περιγράφονται στα εγχειρίδια που περιλαμβάνονται σε κάθε κεφάλαιο του Κώδικα ΕΣΜΗΕ. Ο Διαχειριστής δημιουργεί τα εν λόγω Εγχειρίδια, τα οποία εκδίδονται με απόφαση της ΡΑΕ και δημοσιεύονται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως μετά από δημόσια διαβούλευση.

Ο ΑΔΜΗΕ ΑΕ οφείλει να εγγυάται ότι διαθέτει τους πόρους για την αποτελεσματική άσκηση της δραστηριότητας μεταφοράς, καθώς και για τη δημιουργία και διατήρηση ενός κατάλληλου, αποδοτικού, ασφαλούς και οικονομικά αποδοτικού Συστήματος Μεταφοράς.

Η δημιουργία της θεμελιώδους ρυθμιστικής δομής θα εποπτεύεται από τις αποφάσεις της ΡΑΕ, όπως περιγράφεται στον Κώδικα Διαχείρισης του ΕΣΜΗΕ. Οι αποφάσεις αυτές αφορούν παραμέτρους, υπολογισμούς και ειδικές εξουσιοδοτήσεις που προσδιορίζονται στον κώδικα και καθορίζονται από τη ΡΑΕ. Ο Διαχειριστής θα προτείνει αυτές τις αποφάσεις, οι οποίες στη συνέχεια θα δημοσιεύονται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Οι κρίσιμες επιλογές περιλαμβάνουν τη μεθοδολογία προσδιορισμού των αναγκών εσόδων του ΕΣΜΗΕ, τις ετήσιες αποφάσεις έγκρισης των αναγκών εσόδων και των τελών χρήσης του συστήματος, τις αποφάσεις έγκρισης των αναπτυξιακών προγραμμάτων και τα έσοδα από τις διεθνείς διασυνδέσεις.

3.3.2 Επενδυτικό Σχέδιο Συστήματος Μεταφοράς ΑΔΜΗΕ – Ενσωμάτωση ΑΠΕ

Η Ελλάδα, όπως και άλλα ευρωπαϊκά κράτη, θέτει ως προτεραιότητα την εφαρμογή μιας απρόσκοπτης ενεργειακής μετάβασης, προκειμένου να επιτύχει μια οικονομία ουδέτερη ως προς τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έως το 2050. Οι στόχοι που έχουν τεθεί από το Εθνικό Σχέδιο της χώρας για την Ενέργεια και το Κλίμα για το 2030 και τον Μακροπρόθεσμο Ενεργειακό Σχεδιασμό για το 2050 επιβάλλουν την εκτεταμένη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Η τρέχουσα εγκατεστημένη ισχύς των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) αναμένεται να αυξηθεί σχεδόν κατά 100%, φθάνοντας τα 19 GW έως το 2030. Αυτό περιλαμβάνει 3,7 GW μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων. Το 2020, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελούσαν το 20% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της χώρας, ικανοποιώντας τον στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) για το έτος αυτό. Ωστόσο, το ποσοστό αυτό υπερέβη τον αρχικό εθνικό στόχο του 18%. Στο μέλλον, η ενσωμάτωση μεγάλων ποσοτήτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) θα απαιτούσε ανάλογες δαπάνες στη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει τη σημαντική σημασία του ανεξάρτητου διαχειριστή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, του Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ).

Το σχέδιο δεκαετούς αναπτυξιακού σχεδίου (Ten-Year Development Plan, ΤΥΝΔΡ) 2022-2031, που δημοσιεύθηκε από τον ΑΔΜΗΕ τον Ιανουάριο του 2021, ευθυγραμμίζεται με τους στόχους της ενεργειακής μετάβασης. Το προτεινόμενο επενδυτικό σχέδιο του ΑΔΜΗΕ προβλέπει τη διάθεση 4,1 δισ. ευρώ για την ενίσχυση του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2031. Αυτό περιλαμβάνει επενδύσεις σε νέες διεθνείς διασυνδέσεις, αναβαθμίσεις του εθνικού συστήματος μεταφοράς σε υψηλή τάση (150 kV) και υπερυψηλή τάση (400 kV), καθώς και την υλοποίηση νέων έργων αντιστάθμισης σε όλο το σύστημα για την ενίσχυση της αξιοπιστίας. Η πρωταρχική εστίαση του ΑΔΜΗΕ για τη διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας είναι η ανάπτυξη του δικτύου τάσης 400 kV, το οποίο θα χρησιμεύσει ως θεμέλιο του συστήματός του. Ο ΑΔΜΗΕ δίνει σημαντική έμφαση στην κατασκευή διασυνδέσεων για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά (ΜΔΝ), καθώς είναι ζωτικής σημασίας για την αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού των ωκεανών και των νησιών της χώρας. Η μακροπρόθεσμη στρατηγική του ΑΔΜΗΕ περιλαμβάνει πρωτοβουλίες σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών

αερίων θερμοκηπίου, αποτελεσματική εξισορρόπηση φορτίου, βοηθητικές υπηρεσίες, συστήματα αποθήκευσης, στρατηγική ανάπτυξη της υπεράκτιας μεταφοράς και των διασυνοριακών διασυνδέσεων, καθώς και ψηφιοποίηση του ενεργειακού συστήματος [33].

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τα μήκη εγκατεστημένων γραμμών μεταφοράς.

Πίνακας 3.2: Μήκη Εγκατεστημένων Γραμμών Μεταφοράς.[34]

ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (km)					
ΤΥΠΟΣ ΓΡΑΜΜΩΝ	400 kV	Σ.Ρ. 400 kV	150 kV	66 kV	ΣΥΝΟΛΟ
ΕΝΑΕΡΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ	3.033,44	106,95	8.875,56	37,49	12.053,44
ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΚΑΛ. ΓΡΑΜΜΕΣ	6,6		1.066,29	72,2	1.145,09
ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΚΑΛ. ΓΡΑΜΜΕΣ (Υ/Γ τμήμα)	13,4		34,43	2,8	50,63
ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ	31,45		390,03		421,48
ΣΥΝΟΛΟ	3.084,89	106,95	10.366,31	112,49	13.670,64

ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΝΗΣΙΩΝ

Η διασύνδεση της Κρήτης, ένα σημαντικό και πολυαναμενόμενο έργο για την Ελλάδα, υλοποιείται σε δύο διακριτές φάσεις. Η πρώτη φάση του έργου, που ονομάζεται διασύνδεση Κρήτης-Πελοποννήσου, ολοκληρώθηκε τον Απρίλιο του 2021. Περιλάμβανε την κατασκευή δύο υποθαλάσσιων καλωδίων εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) μήκους 135 χιλιομέτρων και 150 kV μεταξύ των σημείων εκφόρτωσης στη νοτιοανατολική Πελοπόννησο (κοντά στη Νεάπολη) και της δυτικής Κρήτης. Το συνολικό κόστος αυτής της φάσης ήταν 356,4 εκατομμύρια ευρώ. Η ανάπτυξη της δεύτερης φάσης του έργου, η οποία περιλαμβάνει τη διασύνδεση Κρήτης-Αττικής, πραγματοποιείται τώρα από την Ariadne Interconnection. Η Ariadne Interconnection είναι μια θυγατρική που ανήκει εξ

ολοκλήρου στον ΑΔΜΗΕ. Η ολοκλήρωση της φάσης αυτής αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2023. Το υποθαλάσσιο καλώδιο HVDC (High-Voltage Direct Current Transmission) 500 kV, ικανό να μεταφέρει 1 GW ισχύος, θα ενισχύσει σημαντικά τη δυνατότητα μεταφοράς ανανεώσιμης ενέργειας μεταξύ των νησιών και της ηπειρωτικής χώρας. Το έργο της διασύνδεσης, αξίας 1 δισεκατομμυρίου ευρώ, θεωρείται επιβεβλημένο προκειμένου να αποφευχθεί η έλλειψη ενέργειας στην Κρήτη, το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας.

Το έργο διασύνδεσης των Κυκλάδων είναι μια σημαντική πρωτοβουλία που αποτελείται από τέσσερις φάσεις, με τις τρεις από αυτές να έχουν ήδη ολοκληρωθεί. Η ολοκλήρωση της Φάσης (I) έγινε το 2018, η οποία αφορούσε τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ της Σύρου και του Λαυρίου, καθώς και των νησιών Πάρου, Μύκονος και Τήνος. Η Φάση (II) της διασύνδεσης ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2020, περιλαμβάνοντας τη σύνδεση Πάρου-Νάξου-Μυκόνου και τη δημιουργία ενός νέου υποσταθμού υποβιβασμού με μόνωση αερίου στη Νάξο. Η Φάση (III), η οποία ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2020, περιλάμβανε την ανάπτυξη του δεύτερου καλωδίου που συνδέει το Λαύριο και τη Σύρο, μαζί με τις απαραίτητες υποδομές σύνδεσης, όπως αντιδραστήρες παράκαμψης και κόλπους στο Λαύριο και τη Σύρο. Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη της τέταρτης φάσης (Φάση IV) της διασύνδεσης περιλαμβάνει δαπάνες ύψους 386 εκατ. ευρώ. Η φάση αυτή αποσκοπεί στη σύνδεση των νησιών Θήρα, Μήλος, Φολέγανδρος και Σέριφος με το εθνικό σύστημα μεταφοράς ενέργειας στην ηπειρωτική χώρα. Το έργο προβλέπεται να ολοκληρωθεί έως το 2024.

Επιπλέον, ο ΑΔΜΗΕ έχει επίσης εκπονήσει σχέδιο για τη σύνδεση των νησιών του Αιγαίου με το ηπειρωτικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη διασύνδεση των Δωδεκανήσων. Οι πρωταρχικοί στόχοι της διασύνδεσης των νησιών του Αιγαίου είναι η ενίσχυση της σταθερότητας του συστήματος και η βελτίωση της ασφάλειας του εφοδιασμού των νησιών με ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό θα επιτευχθεί με τη σημαντική μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, την αντικατάσταση των πετρελαϊκών μονάδων με μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εισαγωγές από την ηπειρωτική χώρα και την πραγματοποίηση διαφόρων περιβαλλοντικών οφελών. Η διασύνδεση θα προωθήσει επίσης την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας,

καθώς το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών των νησιών θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ το υπόλοιπο μέρος θα εισάγεται από την ηπειρωτική χώρα.

Ο ΑΔΜΗΕ ασχολείται τώρα με την επέκταση του συστήματος 400 kV ώστε να συμπεριλάβει τη Μεγαλόπολη, η οποία θα περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός βρόχου 400 kV Πάτρας-Μεγαλόπολης-Κορίνθου. Επιπλέον, ο ΑΔΜΗΕ εργάζεται για τη διασύνδεση του νησιωτικού συμπλέγματος των Σποράδων και την υλοποίηση άλλων υποσταθμών υψηλής τάσης και συναφών έργων στην Κουμουνδούρου, την Πάτρα και το Ρουφ [33].

ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο ΑΔΜΗΕ πρέπει να ενισχύσει την αντιστάθμιση του συστήματος μεταφοράς του λόγω του συνδυασμού των υψηλών επιπέδων διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), της αποκεντρωμένης παραγωγής από μικρές και μεσαίες μονάδες, της περιορισμένης συμμετοχής θερμικών μονάδων υψηλής ισχύος και των περιορισμών στην ικανότητα σε επίπεδο βραχυκυκλώματος. Ως εκ τούτου, ο ΑΔΜΗΕ εκτελεί τώρα ένα πενταετές πιλοτικό έργο που περιλαμβάνει εκτεταμένα βήματα και πρωτοβουλίες για την ενίσχυση της ετοιμότητας των συστημάτων του για την αντιμετώπιση αυτών των συνθηκών. Ο ΑΔΜΗΕ έχει υλοποιήσει δύο συστήματα στατικών αντισταθμιστών VAR (SVC-Static VAR Compensator) στους υποσταθμούς Σύρου και Πλατανιστού για τη ρύθμιση της τάσης στην περιοχή των Κυκλάδων και στο δίκτυο διασύνδεσης των σταθμών αιολικών πάρκων στο έργο Καφηρέας. Ο ΑΔΜΗΕ θα αξιολογήσει τη σκοπιμότητα εφαρμογής συνεχούς αυτοματοποιημένης ρύθμισης της τάσης για το σύνολο των Κυκλάδων με βάση τη λειτουργία αυτών των πρωτοτύπων. Η κατασκευή ενός στατικού σύγχρονου αντισταθμιστή (STATCOM-Static Synchronous Compensator) ± 60 MVar στον υποσταθμό Ηράκλειο III στην Κρήτη βρίσκεται στα τελευταία στάδια.

Για τη βελτίωση της ευελιξίας του συστήματος, ο ΑΔΜΗΕ προτίθεται να επενδύσει στην αποθήκευση ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη την εκτεταμένη συνδεσιμότητα των περισσότερων ελληνικών νησιών και τη σημαντική διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών

ενέργειας (ΑΠΕ). Τα συστήματα αποθήκευσης, υποβοηθούμενα από τις τεχνολογικές βελτιώσεις και τις μεταρρυθμίσεις της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, μπορούν να ενισχύσουν την επέκταση του δικτύου και να ενισχύσουν την αποδοτικότητα των υφιστάμενων δικτύων. Το επιτυγχάνουν αυτό βελτιώνοντας τη διαχείριση της συμφόρησης του δικτύου και παρέχοντας υποστήριξη του συστήματος σε καταστάσεις με υψηλή διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπλέον, τα συστήματα αποθήκευσης προσφέρουν αυτά τα οφέλη ενώ απαιτούν λιγότερες επενδύσεις.

Ο ΑΔΜΗΕ έχει σχεδιάσει ένα πειραματικό έργο συστήματος συσσωρευτών στον σημερινό υποσταθμό της Νάξου, χρησιμοποιώντας μπαταρίες με χωρητικότητα 7-10 MW και διάρκεια αποθήκευσης τεσσάρων ωρών. Πρόσθετα πιλοτικά προγράμματα θα εισαχθούν σε άλλα νησιά για την παροχή εφεδρικών πηγών ενέργειας και την υποστήριξη της ανάπτυξης μελλοντικών αιολικών πάρκων. Το έργο ολοκληρώθηκε το 2022 και αποσκοπούσε στην παροχή μέτρων έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση διακοπής της συνδεσιμότητας των Κυκλάδων. Ο ΑΔΜΗΕ ολοκληρώνει τώρα μια μελέτη σκοπιμότητας για να διαπιστώσει αν είναι δυνατή η ενσωμάτωση ενός πρωτότυπου σταθμού μπαταριών στην κεντρική Ελλάδα. Ο σταθμός αυτός θα βοηθούσε στη διαχείριση της τοπικής συμφόρησης σε περιόδους υψηλής χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).

3.4 Το Δίκτυο Διανομής

Η ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. δημιουργήθηκε μέσω του διαχωρισμού του Τομέα Διανομής της ΔΕΗ Α.Ε., όπως επιτάσσει ο νόμος 4001/2011 και σύμφωνα με την οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σκοπός της είναι να αναλάβει τις αρμοδιότητες λειτουργίας του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Επί του παρόντος, η ΔΕΗ Α.Ε. κατέχει την πλειοψηφία του 51% του μετοχικού κεφαλαίου της Εταιρείας, ενώ η Macquarie Asset Management κατέχει το υπόλοιπο 49% [37].

Σύμφωνα με το νόμο 4001/2011, οι διαχειριστές και οι ιδιοκτήτες των δικτύων διανομής είναι οι αρμόδιοι φορείς σε σχέση με τη δραστηριότητα της διανομής ηλεκτρικής

ενέργειας. Οι άδειες που καθορίζουν τους όρους και τις προϋποθέσεις για τη δραστηριότητα των αρμόδιων φορέων διανομής, καθώς και τα πρωτόκολλα για τη διαχείριση των δικτύων διανομής, αποτελούν το θεμελιώδες ρυθμιστικό πλαίσιο.

Η διαχείριση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ) και η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αυτού ανατίθεται στη ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του ΕΔΔΗΕ, σύμφωνα με τον ίδιο νόμο. Οι διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του ΕΔΔΗΕ περιγράφονται στα Εγχειρίδια Εφαρμογής που περιλαμβάνονται σε αυτόν. Το θεμελιώδες ρυθμιστικό πλαίσιο και οι λεπτομέρειες εφαρμογής του θα καθοριστούν από τη ΡΑΕ σύμφωνα με τις εισηγήσεις των αρμόδιων φορέων διανομής. Πρωταρχικός στόχος της Εταιρείας είναι η διαχείριση, η διατήρηση και η ενίσχυση του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα διασφαλίζοντας παράλληλα τη δίκαιη και αμερόληπτη πρόσβαση των πελατών και των λοιπών χρηστών του δικτύου (Σχήμα 3.4).

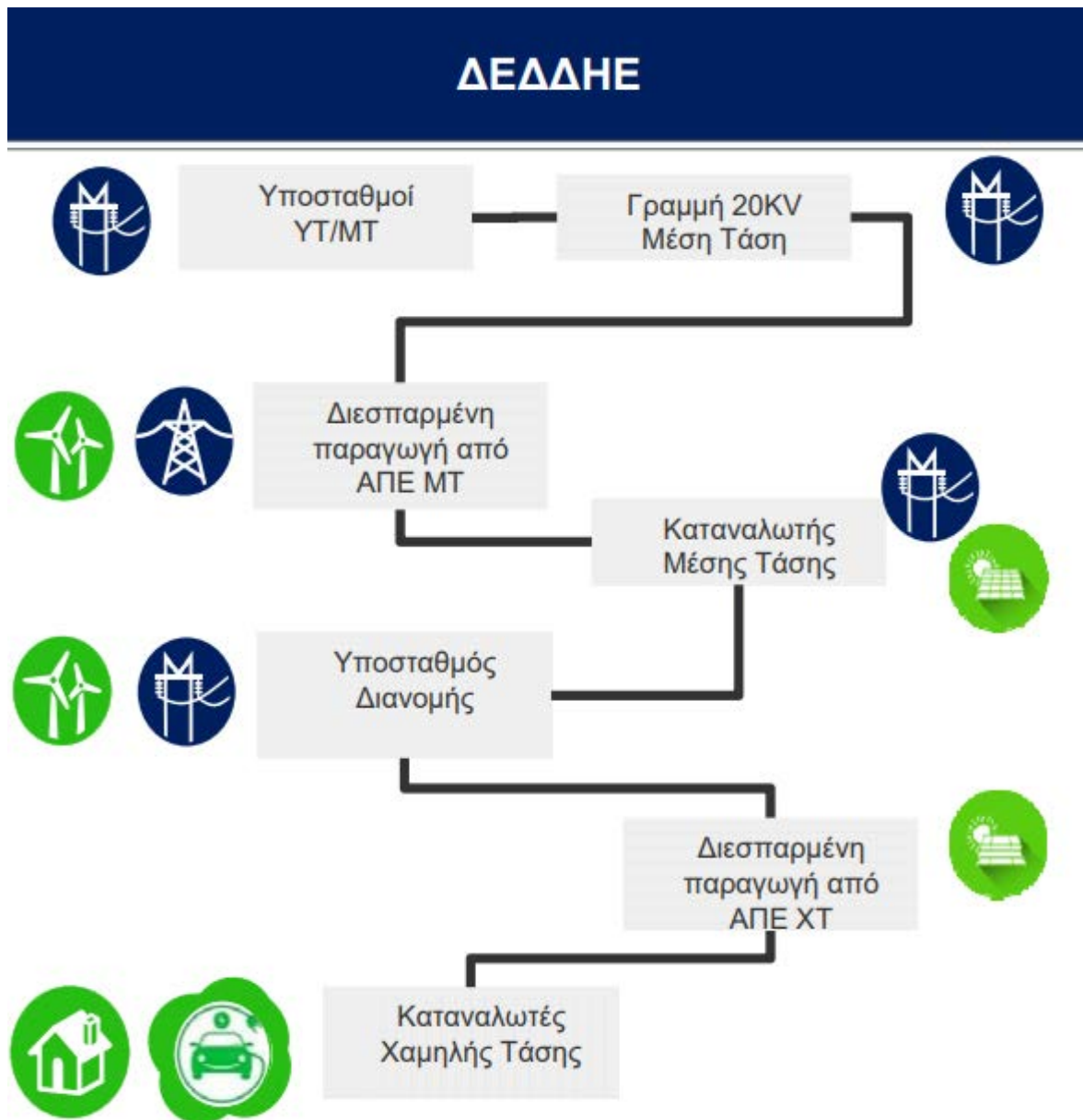
Οι αποφάσεις της ΡΑΕ σχετικά με την εφαρμογή του θεμελιώδους ρυθμιστικού πλαισίου θα διέπονται από τον Κώδικα Διαχείρισης της ΕΠΑ, της συνιστάται από τον Διαχειριστή του Δικτύου. Το κύριο αντικείμενο των αποφάσεων αυτών είναι η Μεθοδολογία Υπολογισμού των Απαιτούμενων Εσόδων του ΔΕΔΔΗΕ, οι Αποφάσεις Ρύθμισης Διανομής και ο καθορισμός των Χρεώσεων Πρόσβασης στο Δίκτυο (τέλη σύνδεσης και χρήσης δικτύου), καθώς και των χρεώσεων για της υπηρεσίες που παρέχει ο Διαχειριστής Δικτύου κατόπιν αιτήματος των Χρηστών και Προμηθευτών του Δικτύου [36].

3.4.1 Βασικά μεγέθη του εθνικού δικτύου διανομής ηλεκτρισμού

Ο ΔΕΔΔΗΕ έχει συνολικά περίπου 243.000 χιλιόμετρα δικτύου (2023) [35].

Πιο συγκεκριμένα, συνολικά υπάρχουν 243.150 χιλιόμετρα δικτύου εκ των οποίων:

- 114.280 χλμ. αποτελούν το Δίκτυο Μέσης Τάσης (Μ.Τ)
- 128.870 χλμ. αποτελούν το Δίκτυο Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ)
- 993 χλμ. αποτελούν το Δίκτυο Υψηλής Τάσης (Υ.Τ)
- 218 χλμ. αποτελούν το Δίκτυο της Αττικής
- 775 χλμ. αποτελούν τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ)



Σχήμα 3.4: Ανάπτυξη και διαχείριση του δικτύου μέσης και χαμηλής τάσης.[35]

Επίσης, βασικό κομμάτι αποτελούν οι ΑΠΕ όπου η Συνολική Ισχύς ΑΠΕ είναι 5.442.135 Kva, εκ των οποίων:

- Μέσης Τάσης: 4.032.009 Kva
- Χαμηλής Τάσης: 1.390.126 Kva

Τέλος, το σύνολο ενέργειας που καταναλώνεται είναι 43.585 GWh, εκ των οποίων:

- Μέσης Τάσης: 11.678 GWh
- Χαμηλής Τάσης: 31.907 GWh

3.4.2 Η επόμενη μέρα και οι προοπτικές του Συστήματος Διανομής

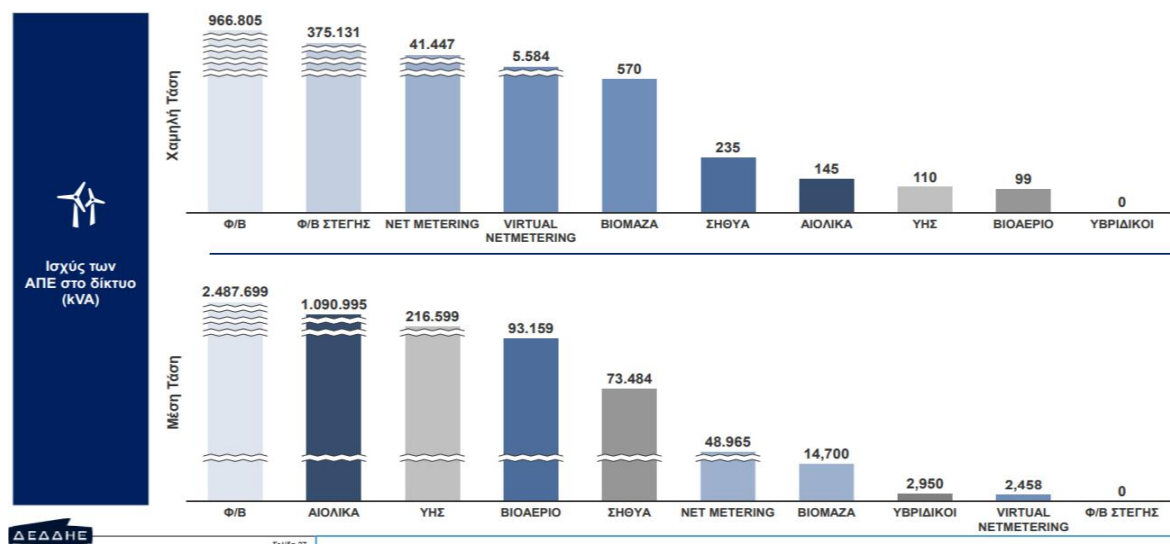
Το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί βασική υποδομή για τη μετάβαση του ενεργειακού συστήματος και την επίτευξη του στόχου της μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η ψηφιοποίηση και ο εκσυγχρονισμός του δικτύου διανομής είναι ουσιώδεις για την ενίσχυση της λειτουργικής απόδοσης, της αξιοπιστίας και της ανάπτυξης των εγχώριων αγορών ενέργειας. Θα βοηθήσει σημαντικά στην επίτευξη των στόχων του ενεργειακού σχεδιασμού, οι οποίοι περιλαμβάνουν την αυξανόμενη εξάρτηση από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την αποκεντρωμένη παραγωγή, καθώς και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε όλα τα επίπεδα. Επιπλέον, θα επιτρέψει την εφαρμογή μιας διμερούς δομής της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, όπου οι καταναλωτές θα μπορούν να συμμετέχουν ενεργά προσφέροντας υπηρεσίες εξισορρόπησης ή ευελιξίας στο σύστημα. Μπορούν να προσαρμόζουν τη ζήτησή τους με βάση τις επικρατούσες συνθήκες και ταυτόχρονα να λειτουργούν ως prosumers, ενδεχομένως μέσω συγκεντρωτών. Επιπλέον, το μοντέλο αυτό θα ενσωματώσει όλους τους τομείς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Τα έξυπνα δίκτυα μπορούν να επιτρέψουν έξυπνες επιλογές προσφέροντας κατάλληλες πληροφορίες και κίνητρα μέσω της δομής τιμολόγησης.

Η αυξανόμενη ανάγκη για ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του διαχειριστή του δικτύου διανομής, των προμηθευτών, των κυβερνητικών αρχών και άλλων ενδιαφερόμενων μερών καθιστά αναγκαία την πρόοδο των συστημάτων ανταλλαγής δεδομένων, καθώς και την καθιέρωση προτύπων στην αρχιτεκτονική του συστήματος, τα πρωτόκολλα και τις μορφές δεδομένων. Η ανάπτυξη έξυπνων δικτύων και επιχειρηματικών μοντέλων που δίνουν προτεραιότητα στην πλήρη ψηφιοποίηση του δικτύου, σε συνδυασμό με την ενίσχυση των δυνατοτήτων που βασίζονται στα δεδομένα και την κυβερνοασφάλεια, είναι ζωτικής σημασίας για την πρόοδο. Στο πλαίσιο αυτό, είναι απαραίτητη η στενή συνεργασία μεταξύ των διαχειριστών δικτύων μεταφοράς και διανομής, καθώς και η διαλειτουργικότητα μεταξύ των συστημάτων. Επιπλέον, θα πρέπει να υπάρξει ένα σαφώς καθορισμένο πλαίσιο κυβερνοασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το οποίο θα περιλαμβάνει ένα κοινό πλαίσιο για την κυβερνοασφάλεια στον τομέα της ενέργειας. Το πλαίσιο αυτό θα πρέπει να περιλαμβάνει προληπτικά, διορθωτικά και αμυντικά σχέδια για το ενεργειακό σύστημα [28].

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Τις επερχόμενες δύο δεκαετίες, θα υπάρξουν σημαντικοί μετασχηματισμοί στα δίκτυα διανομής με την ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Σχήμα 3.5). Οι αλλαγές αυτές θα προέλθουν κυρίως από την ανάγκη αντιμετώπισης των νέων δυσκολιών που φέρνουν η διασκορπισμένη παραγωγή και τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Για την πλήρη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων του αυξανόμενου αριθμού αισθητήρων και υλικού ελέγχου, είναι απαραίτητη η ύπαρξη σύγχρονων συστημάτων διαχείρισης δικτύων διανομής και άλλου λογισμικού κέντρων ελέγχου ενέργειας. Το σύγχρονο υλικό και λογισμικό είναι απαραίτητα για τα συστήματα αυτοματοποιημένης ανίχνευσης και απομόνωσης, ανίχνευσης και απομόνωσης σφαλμάτων, αποκατάστασης του συστήματος, καθώς και για τα συστήματα αυτόματης διαχείρισης τάσης και άεργου ισχύος. Ωστόσο, τα συστήματα αυτά παρέχουν σημαντικά οφέλη.

Οι τεχνολογίες προηγμένης υποδομής μέτρησης ενισχύουν την οικονομική αποδοτικότητα του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και αρκετοί πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας έχουν ήδη εφαρμόσει αυτά τα συστήματα. Ωστόσο, οι επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας που διαθέτουν ήδη αυτοματοποιημένα συστήματα ανάγνωσης μετρητών ενδέχεται να διαπιστώσουν ότι τα λειτουργικά πλεονεκτήματα από μόνα τους δεν επαρκούν για να δικαιολογήσουν τη δαπάνη για την εφαρμογή προηγμένης υποδομής μέτρησης σε μεγάλη κλίμακα. Προκειμένου να διεξαχθεί μια οικονομική αξιολόγηση τους επένδυσης σε υποδομές προηγμένης μέτρησης, είναι ζωτικής σημασίας η ακριβής μέτρηση των πιθανών πλεονεκτημάτων που θα προσφέρει η υποδομή προηγμένης μέτρησης στα συστήματα διαχείρισης της ζήτησης, στα συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας και στην αξιοπιστία του συστήματος [38].



Σχήμα 3.5: Ισχύς των ΑΠΕ στο δίκτυο. [35]

3.4.3 Απώλειες Δικτύου

Κατά τη διαδικασία μετάδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας από την πηγή στον τελικό χρήστη μέσω των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, ένα μέρος της ισχύος χάνεται λόγω της μετατροπής σε θερμότητα από τις γραμμές και τα καλώδια (αναφέρονται ως απώλειες χαλκού) και της δημιουργίας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου από τους μετασχηματιστές του δικτύου (γνωστές ως απώλειες σιδήρου).

Επιπλέον, η ενέργεια που δαπανάται για τη λειτουργία του εξοπλισμού του δικτύου, κυρίως τους υποσταθμούς που τροφοδοτούν το δίκτυο από το Σύστημα, συνήθως δεν ποσοτικοποιείται. Οι απώλειες ενέργειας του δικτύου περιλαμβάνουν την ενέργεια που χρησιμοποιείται αλλά δεν μετράται με ακρίβεια λόγω προβλημάτων μέτρησης, κλοπής ηλεκτρικής ενέργειας ή άλλων παραγόντων. Οι «τεχνικές απώλειες» είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις απώλειες ενέργειας που συμβαίνουν στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας λόγω των εγγενών χαρακτηριστικών των υλικών που χρησιμοποιούνται. Η φράση «μη τεχνικές απώλειες» χρησιμοποιείται συχνά για να αναφερθεί σε διάφορες μορφές ενεργειακών απωλειών.

Οι τεχνικές απώλειες ενέργειας επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες που σχετίζονται κυρίως με το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του δικτύου (τα μήκη των

γραμμών, ο αριθμός των μετασχηματιστών, η πυκνότητα του φορτίου και η διάσπαρτη παραγωγή), οι προδιαγραφές απόδοσης και τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού και των στοιχείων του δικτύου, καθώς και ο βαθμός στον οποίο αυτά φορτίζονται σε σχέση με τη μέγιστη χωρητικότητά τους. Οι μη τεχνικές απώλειες προέρχονται κυρίως από περιστατικά κλοπής.

Οι απώλειες ενέργειας στα δίκτυα διανομής αποτελούν σημαντικό παράγοντα των συνολικών ενεργειακών δαπανών που επιβαρύνουν τον τελικό χρήστη. Στην υφιστάμενη δομή της αγοράς, οι προμηθευτές είναι υπεύθυνοι για την κάλυψη των δαπανών που συνδέονται με την παροχή τους και τους συμπεριλαμβάνουν στις λιανικές τιμές τους. Προκειμένου να διευκολυνθεί η λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, οι αναμενόμενες απώλειες ενέργειας στα δίκτυα διανομής εκτιμώνται με τη χρήση συντελεστών απωλειών. Οι συντελεστές αυτοί υπολογίζονται από τους Διαχειριστές Δικτύων και εγκρίνονται από τη ΡΑΕ [39].

Η ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας εξετάζει το ενδεχόμενο εφαρμογής υψηλότερου στόχου για τη μείωση των απωλειών του Εθνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας στην "ατζέντα" του ΔΕΔΔΗΕ, από 5% σε 10%. Αξίζει να σημειωθεί ότι εάν ο στόχος αυτός δεν επιτευχθεί, ο Διαχειριστής θα είναι υποχρεωμένος να καλύψει τις απώλειες.

Ο κρίσιμος παράγοντας για την ελαχιστοποίηση των απωλειών του δικτύου αναμένεται να είναι οι έξυπνοι μετρητές όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1, για τους οποίους μόλις ολοκληρώθηκε ο σχετικός διαγωνισμός, προσελκύοντας την προσοχή των κορυφαίων παγκοσμίως παρόχων ολοκληρωμένων λύσεων για την αγορά ενέργειας. Τα στατιστικά στοιχεία της ΡΑΕ δείχνουν ότι η ενσωμάτωση των έξυπνων μετρητών συνδέεται στενά με τη συνολική μείωση των απωλειών ενέργειας.



Εικόνα 3.1: Έξυπνοι μετρητές. [40]

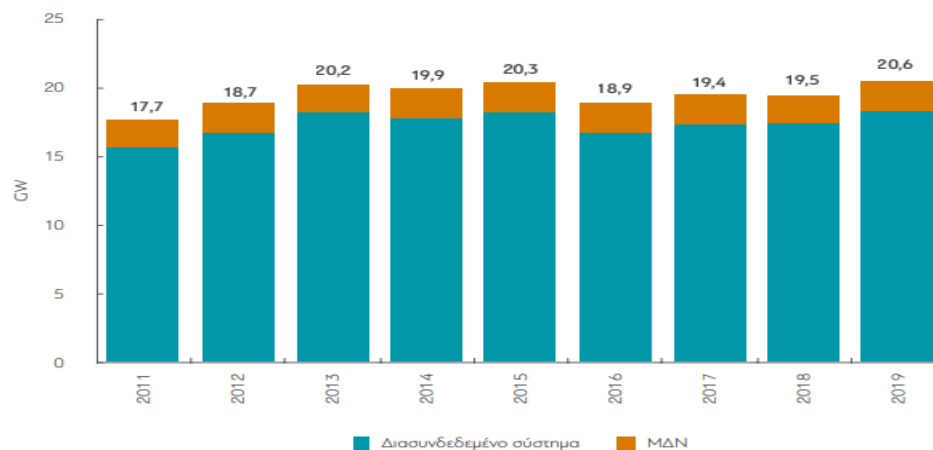
3.5 Εγκατεστημένη Ισχύς

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής το 2019, στο εγχώριο ηλεκτρικό σύστημα έφτασε τα 20.564 MW, δηλαδή 1.056 MW (5,4%) περισσότερα από ό,τι το 2018 (Σχήμα 3.6). Την περίοδο 2008-2013 σημειώθηκε σημαντική αύξηση της ισχύος, κυρίως λόγω της εγκατάστασης νέων μονάδων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (ΑΠΕ), οι οποίες προσέθεσαν 3.416 MW. Συγκριτικά, μόνο 1.186 MW νέων θερμικών μονάδων εγκαταστάθηκαν κατά την ίδια περίοδο. Η συνδυασμένη εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής στο διασυνδεδεμένο σύστημα ήταν 18.350 MW, ενώ στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ήταν 2.215 MW.

Οι θερμικές μονάδες αντιπροσώπευαν το 51,4% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος, έναντι 68,5% το 2011. Η μείωση αυτή μπορεί να αποδοθεί στην αυξημένη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στο κλείσιμο λιγνιτικών σταθμών και πετρελαϊκών μονάδων. Από το 2013, οι λιγνιτικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής δεν είχαν πλέον το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος. Μέχρι το 2019, το μερίδιό τους είχε μειωθεί στο 19%, δηλαδή κατά 9,4 ποσοστιαίες μονάδες σε σύγκριση με το 2011. Ομοίως, το μερίδιο των πετρελαϊκών σταθμών μειώθηκε κατά 5,6 ποσοστιαίες μονάδες (Το 2019, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αντιπροσώπευε το 8,6%).

Η εγκατεστημένη ισχύς των εγκαταστάσεων που λειτουργούν με φυσικό αέριο και των μεγάλων υδροηλεκτρικών σταθμών παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη (2019). Ωστόσο, τα αντίστοιχα μερίδιά τους μειώθηκαν σε 23,8% και 15,4% από 25,9% και 17,1% το 2011. Από την άλλη πλευρά, σημειώθηκε αξιοσημείωτη αύξηση της εγκατεστημένης δυναμικότητας άλλων μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) και μονάδων συμπαραγωγής υψηλής απόδοσης (ΣΗΘΥΑ). Η εν λόγω δυναμικότητα αυξήθηκε από 2,4 GW το 2011 σε 6,7 GW το 2019, δηλαδή επιπλέον 4,3 GW. Το 2019, οι μονάδες αυτές αντιστοιχούσαν στο 32,7% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος, έναντι 14,3% το 2011.

Το 2019, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα είχαν εγκατεστημένη ισχύ 18,4 GW, η οποία ήταν κατά 2,8 GW υψηλότερη από ό,τι το 2011, αντιπροσωπεύοντας αύξηση της ισχύος κατά 18%. Η δυναμικότητα ισχύος των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ) αυξήθηκε από 2.136 MW το 2011 σε 2.215 MW το τρέχον έτος (Σχήμα 3.6) [28].



Πηγή: ΑΔΜΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ.

Σχήμα 3.6: Εγκατεστημένη ισχύς στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα και στα ΜΔΝ, 2011-2019.[28]

Κεφάλαιο 4

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΕΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Η Ελλάδα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο προς την επίτευξη καθαρών μηδενικών εκπομπών, επιτυγχάνοντας πολλά ορόσημα στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Επί του παρόντος, η Ελλάδα κατέχει την πρώτη θέση όσον αφορά το υψηλότερο ποσοστό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την παραγωγή πράσινης ενέργειας. Από τα μέσα του 2022, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και τα μεγάλα υδροηλεκτρικά εργοστάσια αποτελούν σταθερά τις κύριες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας. Αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τη χρήση ορυκτών καυσίμων, συγκεκριμένα φυσικού αερίου και λιγνίτη, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τους πρώτους τρεις μήνες του 2024, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική, η ηλιακή και η υδροηλεκτρική ενέργεια, αντιπροσώπευαν το 54,9% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (Εικόνα 4.1). Επιπλέον, κάλυψαν το 53,7% των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας, ξεπερνώντας για πρώτη φορά το όριο του 50%. Μια έρευνα που διεξήχθη από τη δεξαμενή σκέψης Green Tank αποκαλύπτει ότι το φυσικό αέριο κάλυψε το 31,6% της ζήτησης τους πρώτους τέσσερις μήνες του έτους. Ο λιγνίτης, το πετρέλαιο και οι καθαρές εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας από γειτονικές χώρες αποτέλεσαν το 7,3%, το 5,2% και το 2,2% της ζήτησης, αντίστοιχα [41].



Εικόνα 4.1: Οι βασικές λύσεις που προωθεί η κυβέρνηση για να εξελιχθεί η Ελλάδα σε εξαγωγέα πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας.[41]

Ορισμένα από τα οφέλη που προσφέρει η καθημερινή χρήση των ΑΠΕ κυρίως ως μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο Ελληνικό δίκτυο είναι τα εξής:

- Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρυπογόνων ουσιών
- Μείωση της εξάρτησης από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων
- Η χρησιμοποίηση των εγχώριων ενεργειακών πόρων ισχυροποιεί την αυτάρκεια και την ανεξαρτησία της χώρας στον τομέα της ενέργειας
- Μείωση κόστους παραγωγής, κυρίως με τη χρήση τεχνολογιών ΑΠΕ όπως η ηλιακή και η αιολική
- Εξαγωγή πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας

Από την άλλη πλευρά, εκτός από τα θετικά της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ελληνικό δίκτυο, υπάρχουν αρκετά προβλήματα και προκλήσεις που αφορούν τόσο τεχνικά όσο και οικονομικά αλλά και διοικητικά θέματα.

Αναλυτικότερα, τα κυριότερα ζητήματα είναι επιγραμματικά:

- Μεταβλητότητα και Διαλείπουσα Παραγωγή
- Επιτακτική Ανάγκη για Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας
- Διαχείριση του Δικτύου (Συστήματα Μεταφοράς κα Διανομής)
- Υψηλό Κόστος Επενδύσεων
- Απουσία Σταθερού και Αποτελεσματικού Νομοθετικού Πλαισίου

4.2 Παρουσίαση Στοιχείων

4.2.1 Δημόσια Στοιχεία από ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε

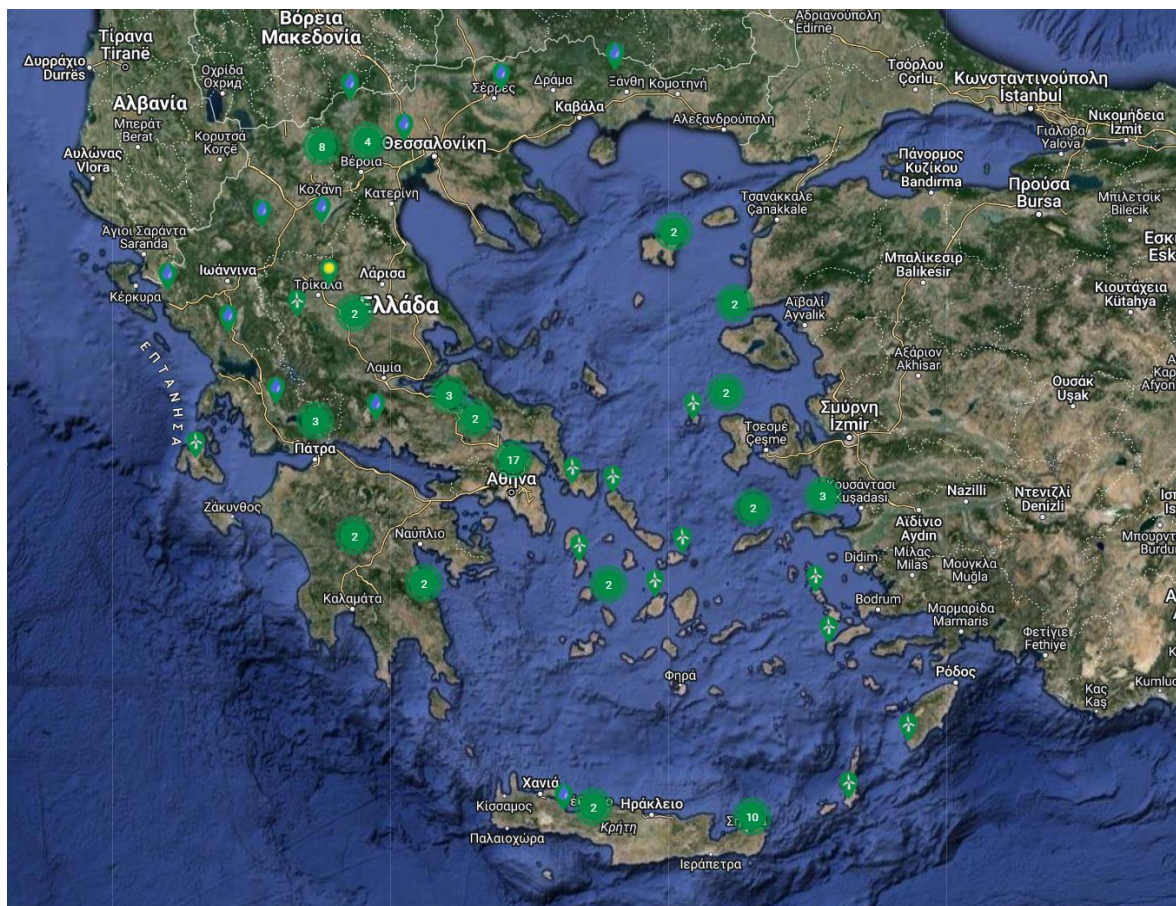
Παραθέτω τα συγκεκριμένα στοιχεία από την ιστοσελίδα του ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε με σκοπό να παρουσιάσω το σύνολο των ενεργών μονάδων ΑΠΕ που διαθέτει το φιλόδοξο επενδυτικό πλάνο της εταιρίας ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε και να αποδείξω πως συνεχώς αυξάνονται οι επενδύσεις των εταιριών για μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες, θυγατρική της ΔΕΗ, βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της αιολικής και ηλιακής ενέργειας τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο από τη δεκαετία του 1980.

Επί του παρόντος, η ΔΕΗ Ανανεώσιμες διαθέτει 38 αιολικά πάρκα, 18 μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια, 35 φωτοβολταϊκά εργοστάσια και 1 υβριδικό σταθμό παραγωγής ενέργειας. Οι εγκαταστάσεις αυτές, όπως παρατηρείται στην Εικόνα 4.2 έχουν συνδυασμένη εγκατεστημένη ισχύ άνω των 700MW. Με το φιλόδοξο επενδυτικό της σχέδιο, η ΔΕΗ Ανανεώσιμες έχει εδραιώσει μια ισχυρή παρουσία στον ελληνικό

τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εργάζεται ενεργά για να ηγηθεί του ενεργειακού μετασχηματισμού της χώρας.

Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες επενδύει στρατηγικά στην αξιοποίηση της εγγενούς δύναμης της φύσης. Μέσω συνεργασιών με εξέχοντες ενεργειακούς ομίλους και κατασκευαστές, η εταιρεία εκμεταλλεύεται προσοδοφόρες εμπορικές προοπτικές για να προωθήσει την ανάπτυξη πρωτοβουλιών παραγωγής ενέργειας και αποθήκευσης ενέργειας φιλικών προς το περιβάλλον. Στην Ελλάδα, η εν λόγω εταιρεία δραστηριοποιείται σε διάφορες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική, η γεωθερμική και η βιομάζα- βιοαέριο. Πραγματοποιεί επίσης οργανωμένο στρατηγικό σχεδιασμό, ο οποίος περιλαμβάνει την ανακαίνιση των υφιστάμενων μικρών υδροηλεκτρικών έργων και την αύξηση της δυναμικότητάς της μέσω νέων έργων, συμπεριλαμβανομένων των γεωθερμικών μονάδων και των μονάδων βιομάζας. Ωστόσο, η κύρια εστίασή της είναι η ανάπτυξη μεγάλων φωτοβολταϊκών και αιολικών πάρκων.



Εικόνα 4.2: Οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις που υπάγονται στο επενδυτικό πλάνο της εταιρίας ΔΕΗ Ανανεώσιμες.[42]

Η εταιρεία στοχεύει να ενισχύσει το χαρτοφυλάκιό της με την ανάληψη νέων τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των υπεράκτιων αιολικών και των πλωτών φωτοβολταϊκών, καθώς και με την προώθηση λύσεων αποθήκευσης ενέργειας που χρησιμοποιούν μπαταρίες. Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες διασφαλίζει ότι τα έργα που υπερβαίνουν τα 4GW στο χαρτοφυλάκιό της πληρούν τις απαραίτητες τεχνικές και κανονιστικές απαιτήσεις. Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες σχεδιάζει να επεκτείνει και να διαφοροποιήσει το χαρτοφυλάκιό της σε έργα ανανεώσιμης ενέργειας και αποθήκευσης ενέργειας κατά την επόμενη πενταετία. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω οργανικής ανάπτυξης, εξαγορών και συνεργασιών με αξιόπιστες εταιρείες. Η εταιρεία στοχεύει να φτάσει σε δυναμικότητα άνω των 5 GW εντός αυτού του χρονικού πλαισίου, όπως περιγράφεται στο τρέχον πενταετές επιχειρηματικό της σχέδιο [42].

Υπάρχουσες Εγκαταστάσεις (Τελευταία Ενημέρωση: 15/06/2023):

Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες έχει τοποθετηθεί ισχυρά στον Ελληνικό χώρο των ΑΠΕ και θέτει τις βάσεις για να αναπτύξει τον ενεργειακό μετασχηματισμό στη χώρα με το φιλόδοξο επενδυτικό της πλάνο, όπου η συνολική εγκατεστημένη ισχύς κυμαίνεται στα 772,5 MW με 92 έργα σε όλη την χώρα. Πιο συγκεκριμένα, οι κατηγορίες των έργων είναι:

- 38 Αιολικά Πάρκα (240,1 MW)
- 18 Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (74,2 MW)
- 35 Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί (455,5 MW)
- 1 Υβριδικός Σταθμός Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (2,7 MW) (ΥΕΕ ΙΚΑΡΙΑΣ)

Τα αιολικά πάρκα σε λειτουργία στην Ελλάδα είναι τα εξής:

- ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ (Α/Π) ΑΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΡΠΑΘΟΥ ΝΕΟ (0,450 MW)
- Α/Π ΑΓΙΟΣ ΣΩΖΩΝ ΕΠΕΚΤΑΣΗ (0,700 MW)
- Α/Π ΑΓΙΟΣ ΣΩΖΩΝ ΛΗΜΝΟΥ (1,740 MW)
- Α/Π ΑΕΡΑΣ (27,600 MW)
- Α/Π ΑΚΟΥΜΙΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ (7,200 MW)
- Α/Π ΑΛΟΓΟΜΑΝΔΡΑ – ΜΑΥΡΟΒΟΥΝΙ (9,310 MW)

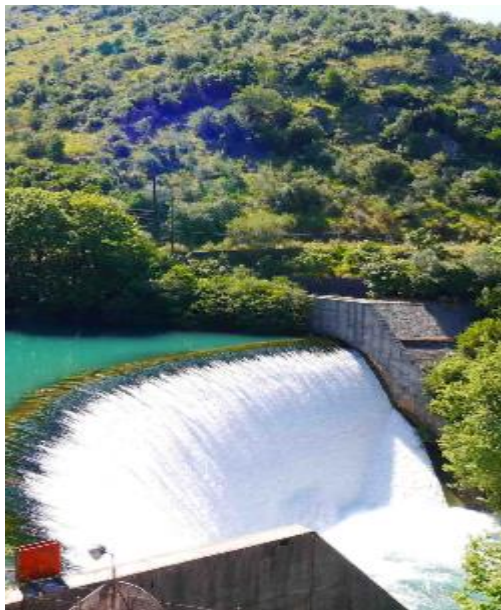
- Α/Π ΑΜΠΕΛΙΑ – ΠΛΑΤΑΝΑΚΙΑ (10,800 MW)
- Α/Π ΚΑΛΑΜΟΣ (4,655 MW)
- Α/Π ΚΑΛΥΒΑΡΙ ΑΝΔΡΟΥ ΝΕΟ (1,575 MW)
- Α/Π ΚΑΜΑΡΕΣ ΠΑΡΟΥ (3,000 MW)
- Α/Π ΚΑΣΤΡΙ ΣΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ ΛΕΣΒΟΥ (2,700 MW)
- Α/Π ΚΑΣΤΡΟ – ΛΥΚΟΒΟΥΝΙ (42,900 MW)
- Α/Π ΚΑΤΤΑΒΙΑ ΡΟΔΟΥ (4,950 MW)
- Α/Π ΚΟΠΡΙΝΟ ΡΕΘΥΜΝΟΥ (7,200 MW)
- Α/Π ΚΟΥΚΟΥΒΑΓΙΑ ΚΥΘΝΟΥ ΝΕΟ (0,098 MW)
- Α/Π ΚΟΥΡΟΜΑΝΤΡΙ (8,000 MW)
- Α/Π ΚΡΟΤΗΡΙ-ΚΕΦΑΛΟΣ ΚΩ (1,960 MW)
- Α/Π ΛΕΥΚΕΣ (24,000 MW)
- Α/Π ΜΑΡΑΘΟΚΑΜΠΟΣ ΣΑΜΟΥ ΝΕΟ (1,600 MW)
- Α/Π ΜΑΡΜΑΡΙ ΕΥΒΟΙΑΣ ΝΕΟ (4,830 MW)
- Α/Π ΜΕΓΑΛΟΒΟΥΝΑ (3,724 MW)
- Α/Π ΜΕΛΑΝΙΟΣ ΧΙΟΥ ΝΕΟ (2,475 MW)
- Α/Π ΜΕΜΙΓΚΑΡΙΑ ΛΕΡΟΥ (1,960 MW)
- Α/Π ΜΟΝΗ ΤΟΠΛΟΥ ΣΗΤΕΙΑΣ ΝΕΟ (6,000 MW)
- Α/Π ΜΠΕΛΕΧΕΡΙ (19,800 MW)
- Α/Π ΞΕΡΑΚΙΑΣ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ (9,200 MW)
- Α/Π ΞΗΡΟΛΙΜΝΗ Ι (4,800 MW)
- Α/Π ΞΗΡΟΛΙΜΝΗ ΙΙ (5,400 MW)
- Α/Π ΞΗΡΟΛΙΜΝΗ ΙΙΙ (3,000 MW)
- Α/Π ΠΕΡΔΙΚΙ ΙΚΑΡΙΑΣ ΝΕΟ (0,385 MW)
- Α/Π ΠΟΤΑΜΙΑ ΧΙΟΥ ΝΕΟ (0,900 MW)
- Α/Π ΠΡΟΦΗΤΗΣ ΗΛΙΑΣ ΨΑΡΩΝ ΝΕΟ (1,800 MW)
- Α/Π ΠΥΘΑΓΟΡΕΙΟ ΣΑΜΟΥ ΕΠΕΚΤΑΣΗ (0,600 MW)
- Α/Π ΠΥΘΑΓΟΡΕΙΟ ΣΑΜΟΥ ΝΕΟ (1,800 MW)
- Α/Π ΡΙΓΑΝΟΛΑΚΚΑ – ΠΑΛΙΟΛΗΜΕΡΟ (8,000 MW)
- Α/Π ΣΙΓΡΙ ΛΕΣΒΟΥ ΝΕΟ (2,025 MW)
- Α/Π ΤΗΓΑΝΙ ΜΥΚΟΝΟΥ (1,800 MW)
- Α/Π ΤΡΑΓΟΥΔΙΣΤΗΣ ΣΙΦΝΟΥ (1,200 MW)

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί σε λειτουργία στην Ελλάδα είναι οι εξής:

- ΥδροΗλεκτρικός Σταθμός (ΥΗΣ) ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑ (0,920 MW)
- ΥΗΣ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ (0,300 MW)
- ΥΗΣ ΑΛΑΤΟΠΕΤΡΑ (2,430 MW)

- ΥΗΣ ΑΛΜΥΡΟΣ (0,300 MW)
- ΥΗΣ ΒΟΡΕΙΝΟ (2,009 MW)
- ΥΗΣ ΓΙΤΑΝΗ (2,058 MW)
- ΥΗΣ ΓΚΙΩΝΑ (8,500 MW)
- ΥΗΣ ΓΛΑΥΚΟΣ (3,700 MW)
- ΥΗΣ ΕΛΕΟΥΣΑ (3,234 MW)
- ΥΗΣ ΙΛΑΡΙΩΝΑΣ (4,200 MW)
- ΥΗΣ ΜΑΚΡΟΧΩΡΙ Ι (10,800 MW)
- ΥΗΣ ΜΑΚΡΟΧΩΡΙ ΙΙ (4,840 MW)
- ΥΗΣ ΝΕΟ ΒΕΡΜΙΟ (1,800 MW)
- ΥΗΣ ΝΕΟΣ ΛΟΥΡΟΣ (8,700 MW)
- ΥΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟ (10,400 MW)
- ΥΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟ ΙΙ (3,200 MW)
- ΥΗΣ ΣΤΡΑΤΟΣ ΙΙ (6,200 MW)
- ΥΗΣ ΤΣΑΙ (0,588 MW)

Στην Εικόνα 4.3, ο υδροηλεκτρικός σταθμός στην τοποθεσία του Νέου Λούρου με εγκατεστημένη ισχύς 8,700 MW.



Εικόνα 4.3: Υδροηλεκτρικός Σταθμός.[42]

Οι Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί σε λειτουργία στην Ελλάδα είναι οι εξής:

- Φωτοβολταϊκό (Φ/Β) ΑΓΗΣΙΛΑΟΥ (0,684 MW)

- Φ/Β ΑΓΙΟΣ ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΣ 1 (64,983 MW)
- Φ/Β ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΣ Ι (0,474 MW)
- Φ/Β ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΣ ΙΙ (0,474 MW)
- Φ/Β ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΣ ΙΙΙ (0,474 MW)
- Φ/Β ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΣ ΙV (0,474 MW)
- Φ/Β ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΣ V (0,474 MW)
- Φ/Β ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΣ VI (0,474 MW)
- Φ/Β ΑΡΚΑΔΙΚΟΣ ΗΛΙΟΣ 1 (39,000 MW)
- Φ/Β ΑΡΚΑΔΙΚΟΣ ΗΛΙΟΣ 2 (11,000 MW)
- Φ/Β ΒΛΑΧΟΠΗΓΑΔΟ (1,997 MW)
- Φ/Β ΕΠΙ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ Κ/Δ ΑΓΙΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΥ (0,684 MW)
- Φ/Β ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΡΚΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ 1 (14,990 MW)
- Φ/Β ΗΛΙΑΚΑ ΠΑΡΚΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ 2 (14,990 MW)
- Φ/Β ΗΛΙΑΚΟ ΒΕΛΟΣ 1 (200,000 MW)
- Φ/Β Κ/Δ Ν. ΙΩΝΙΑΣ (0,684 MW)
- Φ/Β ΚΤΙΡΙΟ ΠΕΤΡΟΥ ΡΑΛΛΗ 20 (0,684 MW)
- Φ/Β ΚΥΤ(Κέντρο Υπερύψηλης Τάσης) ΚΟΥΜΟΥΝΔΟΥΡΟΥ (0,684 MW)
- Φ/Β ΛΕΩΦΟΡΟΣ ΑΘΗΝΩΝ ΚΟΡΙΝΘΟΥ- ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΔΕΗ (0,684 MW)
- Φ/Β ΟΔΟΣ ΑΓΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 20 (0,684 MW)
- Φ/Β ΟΔΟΣ ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΓΕΝΝΑΔΙΟΥ (0,684 MW)
- Φ/Β ΟΔΟΣ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ 108 (0,684 MW)
- Φ/Β ΟΔΟΣ Λ. ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ – ΚΟΡΩΠΙΟΥ (0,684 MW)
- Φ/Β ΟΔΟΣ ΛΑΜΨΑ ΚΑΙ Ν. ΦΛΩΡΟΥ (0,684 MW)
- Φ/Β ΟΔΟΣ ΛΕΟΝΤΑΡΙΟΥ 1 (0,684 MW)
- Φ/Β ΟΔΟΣ ΜΥΛΛΕΡΟΥ 11-13 (0,684 MW)
- Φ/Β ΟΔΟΣ ΣΤΟΥΡΝΑΡΗ 73-75 (0,684 MW)
- Φ/Β ΠΤΕΛΕΩΝΑΣ 1 (14,988 MW)
- Φ/Β ΠΤΕΛΕΩΝΑΣ 2 (18,000 MW)
- Φ/Β ΣΙΦΝΟΣ (0,060 MW)
- Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΣ ΗΣΑΠ ΕΙΡΗΝΗ (0,684 MW)
- Φ/Β ΤΑΡΑΤΣΑ ΣΑΛΑΜΙΝΙΑΣ 18, ΡΟΥΦ (0,684 MW)
- Φ/Β ΧΑΡΑΥΓΗ 1 (36,000 MW)
- Φ/Β ΧΑΡΑΥΓΗ 5 (24,993 MW)

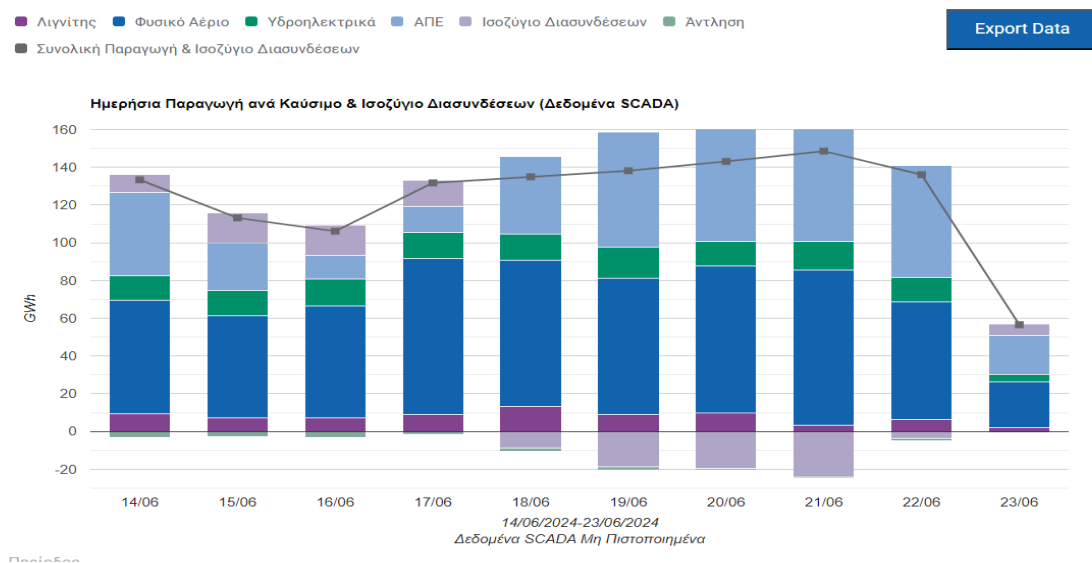
4.2.2 Δημόσια Στοιχεία ΑΔΜΗΕ (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας)

Στη συνέχεια, θα παραθέσω ενδιαφέροντα στοιχεία από την επίσημη σελίδα του ΑΔΜΗΕ στο διαδίκτυο καθώς και από την εφαρμογή Iproto Analytics της ΑΔΜΗΕ Α.Ε, με σκοπό να αναδείξω συγχρόνως τα θετικά αλλά και τα αρνητικά της καθημερινής χρήσης των ΑΠΕ στο ελληνικό δίκτυο.

Ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε., ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, δημιουργήθηκε με το νόμο 4001/2011 και λειτουργεί ως ανεξάρτητος διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς, σύμφωνα με τους κανονισμούς που περιγράφονται στην οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Κύριος στόχος του ΑΔΜΗΕ είναι η διαχείριση, η εποπτεία, η συντήρηση και η ενίσχυση του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ). Αυτό γίνεται για να διασφαλιστεί η επαρκής, ασφαλής, αποδοτική και αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα. Επιπλέον, ο ΑΔΜΗΕ είναι υπεύθυνος για τη λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας για συναλλαγές που πραγματοποιούνται εκτός του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού (ΗΕΠ). Αυτό γίνεται σύμφωνα με τις αρχές της διαφάνειας, της ισότητας και του ελεύθερου ανταγωνισμού [43]. Σημείωση: Οι μετρήσεις βασίζονται σε δεδομένα SCADA μη πιστοποιημένα (Supervisory Control and Data Acquisition), τα οποία δεν έχουν υποβληθεί σε διαδικασίες πιστοποίησης. Τα SCADA συστήματα λαμβάνουν δεδομένα από αισθητήρες και ελεγκτές και δίνουν το δικαίωμα στους χειριστές να παρακολουθούν και να ελέγχουν τις διεργασίες σε πραγματικό χρόνο.

Στην Εικόνα 4.4, φαίνεται η Ημερήσια Παραγωγή ανά Καύσιμο & Ισοζύγιο Διασυνδέσεων για την περίοδο 14/06/2024 έως 23/06/2024 (Δεδομένα SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition).



Εικόνα 4.4: 14/06/2024-23/06/2024 Δεδομένα SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) Μη Πιστοποιημένα.[43]

Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζεται αναλυτικά η ημερήσια παραγωγή ανά καύσιμο σε GWh (Λιγνίτης, Φυσικό Αέριο, Υδροηλεκτρικά, ΑΠΕ) και το Ισοζύγιο Διασυνδέσεων για την περίοδο 14/06/2024-23/06/2024.

Όπως, παρατηρούμε από τον Πίνακα 4.1 για το ενδεικτικό δείγμα των ημερών 14/06/2024-23/06/2024, το ποσοστό της ημερήσιας παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ είναι ιδιαίτερος μεταβλητό και ασταθές. Πιο συγκεκριμένα,

- 14/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 34 %
- 15/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 22 %
- 16/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 12 %
- 17/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 10 %
- 18/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 28 %
- 19/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 39 %
- 20/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 38 %
- 21/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 42 %
- 22/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 22 %
- 23/06 Ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 32 %

Πίνακας 4.1: Ημερήσια Παραγωγή ανά Καύσιμο & Ισοζύγιο Διασυνδέσεων για την περίοδο 14/06/2024-23/06/2024. [43]

Ημέρα	Λιγνίτης (GWh)	Φυσικό Αέριο(GWh)	Υδροηλεκτρικά(GWh)	ΑΠΕ(GWh)	Ισοζύγιο Διασυνδέσεων (GWh)	Συνολική Παραγωγή & Ισοζύγιο Διασυνδέσεων(GWh)
14/06	9,479	60,124	13,019	44,243	9,533	133,383
15/06	7,424	53,884	13,546	24,962	16,22	113,195
16/06	7,423	59,011	14,227	12,775	15,792	106,144
17/06	8,82	82,658	13,968	13,754	13,859	131,753
18/06	13,411	77,547	13,738	40,892	-8,968	134,947
19/06	9,124	72,208	16,196	61,304	-18,943	138,166
20/06	9,924	77,64	13,279	62,786	-19,735	143,091
21/06	3,301	82,044	15,485	72,08	-23,856	148,572
22/06	6,553	62,243	12,743	59,503	-3,538	136,11
23/06	4,742	545,194	12,473	39,873	12,774	122,65

Με βάση τα στοιχεία που αποκομίζουμε, εμφανίζεται το πρόβλημα της Μεταβλητότητας και της Διαλείπουσας Παραγωγής καθώς όπως παρατηρούμε και από το ημερήσιο ποσοστό παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ ορισμένες ημέρες είναι ιδιαιτέρως χαμηλό και δεν καλύπτει τις ανάγκες του δικτύου (π.χ. ημέρα 17/06 ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 10 %) και από την άλλη μεριά παρατηρούμε πως υπάρχουν ημέρες με μεγάλη συνεισφορά των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας (π.χ. ημέρα 21/06 ποσοστό παραγωγής από ΑΠΕ: 42 %).

Σε συνέχεια, θα παραθέσω ορισμένα στοιχεία για το πως χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση οι υπάρχουσες μονάδες ΑΠΕ και πόσο αποδοτικές είναι κατά τη διάρκεια της ημέρας. Προμηθεύομαι τα εν λόγω στοιχεία από την επίσημη εφαρμογή Ipto Analytics του ΑΔΜΗΕ Α.Ε.

Με βάση την Εικόνα 4.5, αναλύεται ο δείκτης “Καθαρές Ώρες” όπου λαμβάνεται το ποσοστό των μηδενικών εκπομπών CO₂, δηλαδή η σχέση παραγωγής από ΑΠΕ και Υδροηλεκτρικά προς την Πρόβλεψη Συνολικής Ζήτησης, για την ημέρα (24/06/2024) [44]. Όπως παρατηρείται στην Εικόνα 4.5,

- **Πορτοκαλί Χρώμα:** Χαμηλό ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ τις νυχτερινές ώρες (02:00 – 05:00).
- **Κίτρινο Χρώμα:** Μέτριο ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ για τις πρωινές ώρες (06:00 – 09:00) και τις απογευματινές/βραδινές ώρες (18:00 – 24:00).
- **Πράσινο Χρώμα:** Υψηλό Ποσοστό συμμετοχής ΑΠΕ για τις ώρες (10:00 – 17:00).



Εικόνα 4.5: Ποσοστό Συμμετοχής ΑΠΕ & Υδροηλεκτρικών στο σύστημα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας (24/06/2024).[44]

4.3 Ανάλυση Βασικών Προκλήσεων των ΑΠΕ στο Ελληνικό δίκτυο

4.3.1 Μεταβλητότητα και Διαλείπουσα Παραγωγή

Η προσομοίωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει αποδείξει ότι η εγγενής απρόβλεπτη φύση τους και η κυμαινόμενη προσφορά τους μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη εμφάνιση αποκλίσεων συχνότητας στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, οδηγώντας σε ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης. Ο κυμαινόμενος χαρακτήρας της ενεργού ισχύος που παρέχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρουσιάζει δυνητικό κίνδυνο αιφνίδιας και σημαντικής διακοπής των πόρων. Η εγκατάσταση ηλιακών πόρων έχει ως αποτέλεσμα τη συνολική αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος. Ωστόσο, η αιχμή της κατανάλωσης ενέργειας και η αιχμή της παραγωγής συμβαίνουν σε αντίθετες χρονικές στιγμές. Εάν η αναλογία των πηγών ενέργειας στο μείγμα υπερβεί ένα ορισμένο όριο, αυτό θα οδηγήσει σε προκλήσεις όσον αφορά τη διατήρηση του ισοζυγίου ισχύος, θέτοντας έτσι σε κίνδυνο την αξιοπιστία της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ανάπτυξη των συστημάτων καθοδηγείται από την ανάγκη ενσωμάτωσης των αναδυόμενων προτύπων στην ηλεκτρική αγορά και διευκόλυνσης της αποτελεσματικής μεταφοράς σημαντικών ποσοτήτων διαλείπουσας ενέργειας που παράγεται από αιολικές και ηλιακές πηγές. Οι πρωταρχικές προκλήσεις σε σχέση με τα συνδεδεμένα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας από άποψη οπτικής γωνίας είναι οι ροές διαμετακόμισης. Οι διακυμάνσεις στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αποδίδονται κυρίως στη σποραδική φύση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας, η οποία μεταβάλλει απρόβλεπτα το συνολικό πλαίσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο πολλαπλασιασμός των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δημιουργεί προκλήσεις στην αποτελεσματική ρύθμιση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, οδηγώντας σε τακτικές περιπτώσεις υπερφόρτωσης των γραμμών μεταφοράς και σε πιθανό κίνδυνο κατάρρευσης του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο σύστημα αυξάνονται με ταχείς ρυθμούς, καθίσταται αναγκαία η διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης και η ταχεία αντίδραση σε τυχόν μεταβολές [10].

Η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων φωτοβολταϊκών και αιολικών συστημάτων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά προβλήματα ευστάθειας για το συνολικό σύστημα λόγω της περιορισμένης αδράνειας ή της απουσίας αδρανειακής απόκρισης από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ένα παράδειγμα θα ήταν οι ηλιακές φωτοβολταϊκές μονάδες που στερούνται αδράνειας στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, οι μεταβλητές ανεμογεννήτριες συνδέονται με έναν μετατροπέα ηλεκτρονικών ισχύος που διαχωρίζει αποτελεσματικά την αδράνεια της ανεμογεννήτριας από την αντιμετώπιση των μεταβατικών φαινομένων του συστήματος. Άλλες τεχνολογίες για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) δεν εφαρμόζονται ευρέως ώστε να προσφέρουν σημαντική υποστήριξη αδράνειας στο σύστημα ισχύος. Έτσι, με την αντικατάσταση των παραδοσιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας με ΑΠΕ, θα μειωθεί η αδράνεια ολόκληρου του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας [45].

4.3.2 Ζητήματα Ποιότητας Ισχύος – Ανισορροπίες Τάσης και Ρεύματος

Μια πρόσθετη πρόκληση με την ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο παραδοσιακό δίκτυο αφορά τα προβλήματα ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι προκλήσεις στην ποιότητα ισχύος συνίστανται σε αλλαγές συχνότητας, μη ισορροπημένες αρμονικές τάσης και ρεύματος και διακυμάνσεις τάσης. Τα ζητήματα αυτά προκαλούνται από τη χρήση διακοπτικών στοιχείων (έλεγχος γωνίας πυροδότησης) στις ηλεκτρονικές συσκευές ισχύος, οι οποίες είναι πλέον ζωτικής σημασίας για την τεχνολογία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η σημασία αυτών των παραγόντων για τα φωτοβολταϊκά ποικίλλει ανάλογα με την τοποθέτηση της φωτοβολταϊκής μονάδας, τη ρύθμιση του κατανεμημένου συστήματος και το επίπεδο ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών. Όταν υπάρχει άνεμος, η αποτελεσματικότητα μιας ανεμογεννήτριας ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως ο τύπος της ανεμογεννήτριας, η πυκνότητα του ανέμου και η ταχύτητα του ανέμου. Η βιβλιογραφία έχει ανακαλύψει ότι προβλήματα ποιότητας ισχύος μπορεί να προκύψουν σε ολοκληρωμένα δίκτυα ΑΠΕ σε επίπεδο διανομής, παραγωγής και μεταφοράς. Η διαλείπουσα φύση των φωτοβολταϊκών έχει ως αποτέλεσμα τις συχνές εναλλαγές μεταξύ ηλιοφάνειας και σύννεφων, που οδηγούν σε διακυμάνσεις και ανισορροπία της τάσης, ενώ η κυμαινόμενη ταχύτητα του ανέμου επηρεάζει την παραγωγή αιολικής ενέργειας. Οι διακυμάνσεις της τάσης που προκύπτουν από

διαταραχές μηχανών είναι αντιστρόφως ανάλογες με το επίπεδο σφάλματος στο σημείο κοινής σύνδεσης, έχοντας αξιοσημείωτη επίδραση στο δίκτυο. Οι μεταβολές της τάσης επηρεάζουν τη μακροζωία των ευαίσθητων ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών [45].

4.3.3 Διαχείριση Αγοράς Ενέργειας

Το ελληνικό δίκτυο κινδυνεύει καθώς η ενεργειακή μετάβαση αντιμετωπίζει συνεχώς προβλήματα. Τους πρώτους πέντε μήνες, υπήρξαν 148 ώρες σχεδόν μηδενικών ή αρνητικών ωρών, ξεπερνώντας το σύνολο για όλο το 2023, ωστόσο, οι επενδυτές αντιδρούν σαν οι δείκτες να προέρχονται από άλλη χώρα.

Επί του παρόντος, έχουμε 28 GW έργων ανανεώσιμης ενέργειας σε λειτουργία, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με εγκεκριμένους όρους σύνδεσης. Επιπλέον 42 GW είναι σε εξέλιξη, μαζί με τα φωτοβολταϊκά έργα σε στέγες και τα υπεράκτια αιολικά έργα, συνολικά πάνω από 70 GW, ξεπερνώντας τους εθνικούς στόχους μέχρι το 2050. Το σύστημα απαιτεί δύομισι φορές περισσότερο από το ποσό που αναφέρεται στο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), το οποίο στοχεύει στην επίτευξη 24,5 GW ανανεώσιμης ενέργειας έως το 2030.

Από τα στοιχεία του ΑΔΜΗΕ προκύπτει ότι από τον Ιανουάριο έως τον Μάιο του 2024 παρήχθησαν 430 GWh πράσινης ενέργειας, με 308 GWh να παράγονται τους τέσσερις πρώτους μήνες και 122 GWh τον Μάιο, μέρος των οποίων μειώθηκε. Ο αριθμός αυτός είναι σχεδόν διπλάσιος από τις μειώσεις των περίπου 228 GWh που αναμένονται για ολόκληρο το 2023. Οι πιο δύσκολες στιγμές αναμένονται το φθινόπωρο, με συνθήκες που προβλέπεται να μιμούνται εκείνες της περασμένης άνοιξης: χαμηλή ζήτηση και πλεόνασμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που οδηγούν σε επενδυτική αβεβαιότητα λόγω μηδενικών και αρνητικών τιμών.

Η Green Tank, μια δεξαμενή σκέψης εμπειρογνομόνων, ανέφερε ότι με βάση τα στοιχεία του Ελληνικού Χρηματιστηρίου Ενέργειας, υπήρξαν 29 ώρες με μηδενικές ή χαμηλότερες τιμές χονδρικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τους πρώτους 5 μήνες του 2024. Ωστόσο, αν συνυπολογιστούν και οι περιπτώσεις όπου το κόστος ήταν κάτω από 1 ευρώ/MWh, το σύνολο αυξάνεται σε 148 ώρες. Οι Σωρευτικοί Φορείς Διαπραγμάτευσης (ΣΦΔ) συχνά εφαρμόζουν μια στρατηγική για τη διατήρηση των τιμών χονδρικής πάνω

από το μηδέν (π.χ. στα 0,01- 0,05 ευρώ / MWh). Αυτό γίνεται επειδή όταν οι τιμές είναι αρνητικές, οι επενδυτές όχι μόνο δεν λαμβάνουν καμία αποζημίωση, αλλά πρέπει επίσης να πληρώσουν για να εισάγουν την ενέργεια του έργου τους στο σύστημα.

Συνοψίζοντας, η κυβέρνηση λανθασμένα δεν έχει αποτρέψει τις νέες αιτήσεις, προκαλώντας προσδοκίες και διατηρώντας αβάσιμες ελπίδες για νέα έργα και πιέσεις στο μέλλον [46].

4.4 Κατάλληλες στρατηγικές για την αντιμετώπιση των προκλήσεων

Για να εξελιχθεί το ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα με την προσθήκη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), πρέπει να υιοθετηθούν συγκεκριμένες στρατηγικές και μέτρα. Ορισμένες πρακτικές μέθοδοι που μπορούν να συμβάλλουν προς αυτήν την κατεύθυνση είναι οι εξής:

- Αναβάθμιση Υποδομών Μεταφοράς και Διανομής (ΑΔΜΗΕ & ΔΕΔΔΗΕ)
- Εφαρμογή Ευφύων Δικτύων
- Εγκατάσταση Συστημάτων Αποθήκευσης Ενέργειας
- Δημιουργία Σταθερού και Αποτελεσματικού Νομοθετικού Πλαισίου
- Βελτιστοποίηση και επιτάχυνση των διαδικασιών αδειοδότησης για επερχόμενα έργα ΑΠΕ, ώστε να περιοριστούν οι γραφειοκρατικές καθυστερήσεις και να υποστηριχθεί η ανάπτυξη νέων εγκαταστάσεων.
- Προσφορά οικονομικής βοήθειας και χρηματοδότησης για την προώθηση έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και για βελτιώσεις στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ενθάρρυνση ιδιωτών και επιχειρήσεων να επενδύσουν σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας.

4.4.1 Επιτακτική Ανάγκη για Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας

Η προσθήκη περισσότερων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως τα φωτοβολταϊκά και τα αιολικά πάρκα, στο Εθνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας γίνεται όλο και πιο δύσκολη λόγω της αυξανόμενης παρουσίας αυτών των τεχνολογιών στο ενεργειακό μείγμα. Τα εμπόδια αυτά αντιμετωπίζονται με διάφορους τρόπους σε όλη την Ευρώπη. Οι δαπάνες από τη μείωση της χρήσης ενέργειας και την επέκταση του

συστήματος αυξάνονται ραγδαία. Οι χρόνοι σύνδεσης των ηλιακών και αιολικών πάρκων με το δίκτυο γίνονται όλο και μεγαλύτεροι, δημιουργώντας προκλήσεις για τους διαχειριστές του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να διατηρούν ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης σε περιόδους χαμηλής ή υψηλής αιολικής και ηλιακής παραγωγής.

Ο συνδυασμός τεχνολογιών αποθήκευσης μπαταριών με εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να προσφέρει μια πρακτική λύση για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και της ευελιξίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, δεδομένων των αποκεντρωμένων χαρακτηριστικών της τεχνολογίας. Επιπλέον, η πρόοδος της τεχνολογίας και η συνακόλουθη μείωση του κόστους αναμένεται να ενισχύσει το επιχειρηματικό τοπίο στον τομέα της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης κλίμακας.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από την ενσωμάτωση συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Αυξάνει την αποτελεσματικότητα της ενσωμάτωσης διαφόρων τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ενθαρρύνει με επιτυχία τον ουσιαστικό εξηλεκτρισμό πρόσθετων ενεργειακών τομέων της οικονομίας. Συγκεκριμένα, οι τεχνολογίες αποθήκευσης που χρησιμοποιούν συσσωρευτές σε συνδυασμό με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας παρέχουν μια γρήγορη και βιώσιμη λύση για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και της ευελιξίας του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας [47].

4.4.2 Δημιουργία Σταθερού και Αποτελεσματικού Νομοθετικού Πλαισίου

Για να εξελιχθεί και να ενισχυθεί ο τομέας της ηλεκτρικής αποθήκευσης στην Ελλάδα, απαιτείται η δημιουργία ενός σταθερού και αποτελεσματικού νομικού πλαισίου που θα βασίζεται στους παρακάτω άξονες:

- Όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη πρέπει να παραμένουν ενημερωμένα, εκπαιδευμένα και σε εγρήγορση για να ενισχύσουν τα οφέλη της συγκεκριμένης τεχνολογίας για το περιβάλλον, την κοινωνία, τη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις.
- Παροχή μιας δίκαιης, προσαρμόσιμης και φιλόξενης ατμόσφαιρας για τη διαδικασία αδειοδότησης, τη διασύνδεση με το Σύστημα και τη διασφάλιση της αποτελεσματικής λειτουργίας των έργων.

- Διασφάλιση ότι τα συστήματα αποθήκευσης μπορούν να λειτουργούν αποτελεσματικά σε οποιαδήποτε αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των επικουρικών υπηρεσιών. Το γεγονός αυτό θα επιτρέψει σε συγκεκριμένα έργα να έχουν πρόσβαση σε διαφορετικές πηγές εσόδων, ενισχύοντας έτσι τόσο την ανταγωνιστικότητα όσο και τις συνολικές λειτουργικές δαπάνες του εθνικού συστήματος.
- Μετριασμός των πιθανών κινδύνων από την πραγματοποίηση των προτεινόμενων επενδύσεων με την εξασφάλιση της απαραίτητης οικονομικής στήριξης από ευρωπαϊκά ταμεία, όπως το Ταμείο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας [47].

4.4.3 Εφαρμογή Ευφύων Δικτύων

Προκειμένου να διευκολυνθεί η ανάπτυξη του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας με περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, θα ήταν συνετό να εξεταστεί η εφαρμογή ευφύων δικτύων, γνωστών και ως έξυπνων δικτύων, τα οποία θα ενσωματωθούν απρόσκοπτα στην καθημερινή μας ζωή. Τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας διευκολύνουν τη διαχείριση και τη ρύθμιση της παραγωγής και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Το σύγχρονο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ενσωματώνει τεχνολογία έξυπνων μετρητών, η οποία παρέχει στο δίκτυο λεπτομερείς πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει τον γρήγορο εντοπισμό προβλημάτων και την απρόσκοπτη ενσωμάτωση σημαντικών ποσοτήτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας [45].

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν σημαντικό επίκεντρο της έρευνας λόγω της αφθονίας, της ευελιξίας και των φιλικών προς το περιβάλλον χαρακτηριστικών τους, και η ενσωμάτωση της τεχνολογίας έξυπνων δικτύων στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διευρύνει περαιτέρω τις δυνατότητες και τις προοπτικές τους. Αυτή η συγχώνευση επιτρέπει την αποτελεσματική αξιοποίηση των βιώσιμων μορφών ενέργειας, η οποία αποτελεί μια κρίσιμη τρέχουσα πρόκληση.

Ένα ευφύες δίκτυο είναι ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιεί την τεχνολογία για την πληροφόρηση και την επικοινωνία. Η αυτοματοποίηση των συμπεριφορών των προμηθευτών και των καταναλωτών γίνεται για να βελτιωθεί η αποδοτικότητα, η αξιοπιστία, η οικονομία και η βιωσιμότητα της παραγωγής και της

διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Πολλά έξυπνα δίκτυα βρίσκονται κοντά σε μια πηγή καυσίμου και σε μια περιοχή φράγματος, μακριά από πυκνοκατοικημένες περιοχές, προκειμένου να επωφεληθούν από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Είναι συνήθως σημαντικού μεγέθους, προκειμένου να αξιοποιηθούν οι οικονομίες κλίμακας. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται σε υψηλότερη τάση πριν συνδεθεί στο δίκτυο μεταφοράς. Το δίκτυο μεταφοράς εκτείνεται σε μεγάλες αποστάσεις, μερικές φορές διασχίζοντας διεθνή σύνορα, μέχρι να φτάσει στον πελάτη χονδρικής, συνήθως την εταιρεία που διαχειρίζεται το τοπικό δίκτυο διανομής. Όταν φτάσει σε έναν υποσταθμό, η τάση της ηλεκτρικής ενέργειας θα μειωθεί από το επίπεδο μεταφοράς. Μετά την έξοδο από τον υποσταθμό, η ηλεκτρική ενέργεια εισέρχεται στα καλώδια διανομής. Φτάνοντας στη θέση εξυπηρέτησης, η τάση διανομής μειώνεται και πάλι στην απαραίτητη τάση εξυπηρέτησης [48].

Ουσιαστικά, τα έξυπνα δίκτυα είναι επικαιροποιημένα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας που ενσωματώνουν τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών στην υποδομή διανομής ενέργειας και σε όλες τις πτυχές του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι ολοένα και πιο προσαρμόσιμα, διαθέτουν έξυπνες συσκευές, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενεργειακά αποδοτικές επιλογές και έξυπνους μετρητές. Οι έξυπνοι μετρητές έχουν το πλεονέκτημα ότι μετρούν την κατανάλωση πιο περίπλοκα σε σύγκριση με τους τυπικούς μετρητές και μπορούν επίσης να αλληλοεπιδρούν με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για τη διαβίβαση δεδομένων για τις ανάγκες παρακολούθησης και τιμολόγησης.

Τα έξυπνα δίκτυα είναι υπεύθυνα για τη διαχείριση της παραγωγής και της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο τη σύνδεση των καταναλωτών και των παραγωγών με πιο αποτελεσματικό και ασφαλή τρόπο. Στόχος των έξυπνων δικτύων είναι η δημιουργία ενός αποτελεσματικού συστήματος διανομής που δίνει προτεραιότητα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στην κατανεμημένη παραγωγή, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια κοντά στο σημείο όπου χρειάζεται.

Το μέλλον των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας και των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει έξυπνα δίκτυα, αυξημένη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ενισχυμένη αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, οδηγώντας σε ένα πιο βιώσιμο και φιλικό μέλλον τόσο για το περιβάλλον όσο και για την κοινωνία [49].

Κεφάλαιο 5

ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παγκόσμια εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνη για την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως. Τα συμβατικά συστήματα συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας μολύνουν τον αέρα της Γης με την απελευθέρωση αερίων του θερμοκηπίου. Η ανανεώσιμη ενέργεια έχει αποδειχθεί ότι είναι καλύτερη για το περιβάλλον από τα παραδοσιακά καύσιμα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ουσιαστικά απεριόριστες και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας. Προσφέρουν την ιδανική λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής του φαινομένου του θερμοκηπίου και βοηθούν επίσης στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του εθνικού ενεργειακού εφοδιασμού. Η χρηματοδότηση έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να δημιουργήσει πολυάριθμες ευκαιρίες απασχόλησης και να στηρίξει την ανάπτυξη των τοπικών κοινοτήτων. Στην Ελλάδα, η κίνηση προς την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επηρεάζει σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της χώρας και δημιουργεί περισσότερες ευκαιρίες για επενδύσεις.

Στην παρούσα διπλωματική, υλοποιήθηκε η απαρίθμηση όλων των βασικών στοιχείων που συμβάλλουν στην ομαλή ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο ελληνικό ΣΗΕ και παρατέθηκαν τα οφέλη της καθημερινής χρήσης τους με σκοπό την πράσινη ενεργειακή μετάβαση. Με τη βοήθεια κατάλληλων δημόσιων στοιχείων από τις επίσημες ιστοσελίδες των ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε και ΑΔΜΗΕ αποδείχθηκε αρχικά, ότι ετησίως αυξάνονται ραγδαία οι επενδύσεις για έργα που αφορούν μονάδες παραγωγής με χρήση ΑΠΕ και εν συνεχεία, μέσω της επίσημης ιστοσελίδας του ΑΔΜΗΕ αλλά και της εφαρμογής Ipto Analytics παρουσιάστηκαν τα δεδομένα της ημερήσιας και ωριαίας παραγωγής με καύσιμο τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και αποδείχθηκε ότι πρακτικά μπορούν να συμβάλλουν

στην ενεργειακή αυτονομία και σε μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στις ενεργειακές προκλήσεις που ενδέχεται να αντιμετωπίσει το ελληνικό ΣΗΕ.

Ωστόσο, υπάρχουν εμπόδια που εμποδίζουν την ευρύτερη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα εμπόδια αυτά περιλαμβάνουν την ένταξή τους στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, την ανεξέλεγκτη και απρόβλεπτη συμπεριφορά τους και τις προκλήσεις που θέτουν στην τάση του δικτύου διανομής. Παράγουν επίσης υπερφορτώσεις για τους μετασχηματιστές και τις γραμμές και προκλήσεις στη λειτουργία των συμβατικών σταθμών που προκύπτουν από την υπερπαραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το σημαντικότερο ζήτημα βέβαια, όπως αναλύθηκε λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 4 είναι ουσιαστικά η μεταβλητότητα και διαλείπουσα παραγωγή που οδηγούν σε αστάθεια του δικτύου και σε μερική αδυναμία κάλυψης της ζήτησης.

Επομένως, η αποθήκευση ενέργειας αποτελεί κρίσιμο ζήτημα και σημαντική πρόκληση για την ηλεκτρική ενέργεια. Οι επιλογές αποθήκευσης ενέργειας παρέχουν μια ευέλικτη λύση για την αντιμετώπιση των ανισορροπιών που δημιουργούνται από την αυξανόμενη παρουσία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με κυμαινόμενη παραγωγή στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός όμως, από την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της τεχνολογίας αποθήκευσης ενέργειας, τα έξυπνα δίκτυα θα είναι ζωτικής σημασίας για το μέλλον της ηλεκτρικής ενέργειας. Καθώς οι ΑΠΕ, λοιπόν παίζουν ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στην αγορά ενέργειας, η ιδέα του έξυπνου δικτύου (Smart Grid) αποτελεί κύριο ερευνητικό αντικείμενο λόγω της ανάπτυξης της ενεργειακής αγοράς.

Συνοψίζοντας, παρά τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει, η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ελληνικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας προσφέρει οφέλη που υπερκαλύπτουν τα μειονεκτήματα. Μέσω της αξιοποίησης τεχνολογιών αιχμής, ευνοϊκών κανονισμών και στοχευμένων οικονομικών δεσμεύσεων, η Ελλάδα έχει τη δυνατότητα να εκσυγχρονίσει αποτελεσματικά το ηλεκτρικό της δίκτυο, εξασφαλίζοντας μια βιώσιμη, ασφαλή και οικονομικά εφικτή ενεργειακή προοπτική. Η πράσινη ενέργεια αποτελεί ήδη το μέλλον ενός υγιούς Ελληνικού ηλεκτρικού δικτύου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] M. Weedy, “Electric Power Systems”, 5th edition, John Wiley & Sons Ltd, 2012.
- [2] Rochelle Forrester, “History of Electricity”, Second Edition, Rochelle Forrester Independent, 2016.
- [3] Manfred Lenzen, “Current State of Development of Electricity-Generating Technologies: A Literature Review”, ISA, School of Physics, A28, The University of Sydney, Sydney, NSW 2006, Australia, MDPI, 2010.
- [4] Ricardo Pinto, Sofia T. Henriques, Paul E. Brockway, Matthew Kuperus Heun, Tania Sousa, “The rise and stall of world electricity efficiency:1900–2017, results and insights for the renewables transition”, Elsevier, Energy, Volume 269, 2023.
- [5] Stelios Loumakis, Evgenia Giannini, Zacharias Maroulis, “Renewable Energy Sources Penetration in Greece: Characteristics and Seasonal Variation of the Electricity Demand Share Covering”, (This article belongs to the Special Issue Modeling of Variable Renewable Generation: Wind and Solar Photovoltaic Power Plants), MDPI, Energies 2019.
- [6] Dimitris Manolopoulos, Konstantinos Kitsopoulos, John K. Kaldellis, Aristidis Bitzenis, “The evolution of renewable energy sources in the electricity sector of Greece”, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 41, Issue 29, 3 August 2016, Pages 12659-12671.
- [7] Dimitrios Angelopoulos, Yannis Siskos, John Psarras, “Long-term electricity demand forecasting via ordinal regression analysis: The case of Greece”, IEEE, published in: 2017 IEEE Manchester PowerTech, Date of Conference: 18-22June 2017, Manchester UK,2017, (URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7981153&isnumber=7979746>).
- [8] Γαβριήλ Β. Γιαννακόπουλος & Νικόλαος Α. Βοβός, Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 1^η έκδοση, 2008.
- [9] ΑΔΜΗΕ, «Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας» [Ηλεκτρονικό], Βασικά Στοιχεία Συστήματος, (URL: www.admie.gr).

- [10] Jozef Dudiak, Michal Kolcun, "Integration of renewable energy sources to the power system", IEEE, published in: 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, Date of Conference: 10-12 May 2014, Krakow Poland, 2014, (URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6835854&isnumber=6835825>).
- [11] A. Zahedi, "A review of drivers, benefits, and challenges in integrating renewable energy sources into electricity grid", Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 9, December 2011, Pages 4775-4779, 2011.
- [12] G. Martinopoulos, G. Tsalikis, "Diffusion and adoption of solar energy conversion systems – The case of Greece", Elsevier, Energy, Volume 144, 1 February 2018, Pages 800-807, 2018.
- [13] Office of ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY, "How Does Solar Work?", 2013, [URL: <https://www.energy.gov/eere/solar/how-does-solar-work>].
- [14] Ιωάννης Γιαννακούρας, Δέσποινα Ζαραβέλα, Αχιλλέας Μανδρίκας, "Ανανεώσιμες– Ήπιες Πηγές Ενέργειας", Προγράμματα Ανοικτών Περιβαλλοντικών Τάξεων, 2011.
- [15] Ιορδάνης Κιοσκερίδης, "Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας", 2^η έκδοση, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε., 2019.
- [16] Alberto Giaconia, Roberto Grena, "A model of integration between PV and thermal CSP technologies", Elsevier, Solar Energy, Volume 224, August 2021, Pages 149-159, 2021.
- [17] Evangelos Bellos, "A geospatial comparative analysis of solar thermal concentrating power systems in Greece", Elsevier, Cleaner Energy Systems, Volume 4, April 2023, 100055, 2023.
- [18] Dennis Y.C. Leung, Yuan Yang, "Wind energy development and its environmental impact: A review", Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 1, January 2012, Pages 1031-1039, 2012.
- [19] Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Διαθέσιμο στο: <http://www.ypoka.gr/Default.aspx?tabid=285&language=el-GR> [accessed: 04/2024].

- [20] International Renewable Energy Agency (IRENA), Wind energy. Διαθέσιμο στο: <https://www.irena.org/wind> [accessed: 04/2024].
- [21] Y. Tripanagnostopoulos, A. Christodoulou¹, S. Tselepis, M. Souliotis, and J. K. Tonui, Physics Department, University of Patras, Centre for Renewable Energy Sources, “Practical aspects for small wind turbine applications”, academia.edu, 2005.
- [22] Karytsas Spyridon, Polyzou Olympia, Karytsas Constantine, “Social Aspects of Geothermal Energy in Greece”, Geothermal Energy and Society, Lecture Notes in Energy, vol 67. Springer, 2019.
- [23] USGS (United States Geological Survey), USGS.gov (Science for a changing world), “The flow of water produces hydroelectricity”, Διαθέσιμο στο: The flow of water produces hydroelectricity. | U.S. Geological Survey (usgs.gov) [accessed: 04/2024].
- [24] K. Kaldellis, “The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece: Technical and economic considerations”, Elsevier, Energy Policy, Volume 35, Issue 4, April 2007, Pages 2187-2196, 2007.
- [25] Spyridon Alatzas, Konstantinos Moustakas, Dimitrios Malamis, Stergios Vakalis, “Biomass Potential from Agricultural Waste for Energetic Utilization in Greece”, MDPI, *Energies* 2019, 12(6),1095, (This article belongs to the Special Issue The 6th International Conference on Sustainable Solid Waste Management: NAXOS 2018), (URL: <https://doi.org/10.3390/en12061095>), 2019.
- [26] Ντοκόπουλος Πέτρος, “Εισαγωγή Στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας”, Τόμος Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ: ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ. Σελίδες 133–134, 1986.
- [27] Wikipedia, “Energy in Greece”, [Τελευταία τροποποίηση 22 Απριλίου 2024].
- [28] Νίκος Βέττας, Svetoslav Danchev, Γιώργος Μανιάτης, Νίκος Παρατσιώκας, Κώστας Βαλάσκας, “ Ο Τομέας Ενέργειας στην Ελλάδα: Τάσεις, Προοπτικές και Προκλήσεις”, Ερευνητική Ομάδα του Ιδρύματος Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, VERSION 30.06.2021, 2021.
- [29] N. Sakellaris, J. Mantzaris, C. Nakos, G. Giannakidis, K. Tigas, “Hellenic power generation system: Towards meeting the national targets up to 2020”, IEEE, published in: 10th International Conference on Environment and Electrical Engineering, Date of Conference: 08-11 May 2011, Rome Italy, 2011, (URL:

URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5874755&isnumber=5874563>).

- [30] Πανελλήνιο Ηλεκτρικό Ρεύμα, “Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας”, pir.gr, [URL: <https://www.pir.gr/blog/metafora-ilektrikis-energeias/>], (accessed 05/2024).
- [31] Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων, Ενέργειας και Υδάτων (ΡΑΑΕΥ), “Δίκτυο Μεταφοράς”, rae.gr, [URL: <https://www.rae.gr/ilektrismos/diktya/diktyo-metaforas-2/>], (accessed 05/2024).
- [32] ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας), “Η Εταιρία – Με μια ματιά”, admie.gr, [URL: <https://www.admie.gr/i-etairaia/me-mia-matia>], (accessed 05/2024), (accessed 05/2024).
- [33] REGLOBAL, Analysis and Perspective for CXOs, “Greece ADMIE’s Transmission Investments Plan”, Mega Trends and Analysis, 2021, (URL: <https://reglobal.org/greece-admies-transmission-investments-plan/>), (accessed 05/2024).
- [34] ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας), “Σύστημα – Δεδομένα Διαχείρισης Παγίων”, admie.gr, [URL: <https://www.admie.gr/systima/perigrafi/dedomena-diaheirisis-pagion>], (accessed 05/2024).
- [35] Έφη Βατάλη, Δικηγόρος Διευθύντρια Νομικής Υπηρεσίας της ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ, “Διαχείριση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ) και προάσπιση της προστασίας του Περιβάλλοντος.”, 2023.
- [36] Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων, Ενέργειας και Υδάτων (ΡΑΑΕΥ), “Δίκτυο Διανομής – Κανονιστικό Πλαίσιο”, rae.gr, [URL: <https://www.rae.gr/ilektrismos/diktya/diktyo-dianomis-2/dd1/>], (accessed 05/2024).
- [37] ΔΕΔΔΗΕ(Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας), “Η εταιρία – Προφίλ ”, deddie.gr, [URL: <https://deddie.gr/el/deddie/i-etairaia/profil/>], (accessed 05/2024).
- [38] Παύλος Σ. Γεωργιάκης, “Σύγχρονα Συστήματα Μεταφοράς και Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας”, Κάλλιπος, Ανοιχτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις, 2015.
- [39] Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων, Ενέργειας και Υδάτων (ΡΑΑΕΥ), “Δίκτυο Διανομής – Απώλειες Δικτύου”, rae.gr, [URL: <https://www.rae.gr/ilektrismos/diktya/diktyo-dianomis-2/dd5/>], (accessed 06/2024).

- [40] Μιχάλης Μαστοράκης, “Τι προκρίνει η ΡΑΕ για την μείωση των απωλειών του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας- Η συσχέτιση με τους έξυπνους μετρητές σε παροδοχές έως το 2031”, energypress (Δημοσιογραφικό Ενημερωτικό Portal για την Ενέργεια), 2022.
- [41] Μάχη Τράτσα, “ΑΠΕ: Κυρίαρχη πηγή παραγωγής ρεύματος στην Ελλάδα”, Lifo, Τρόπος Ζωής-Ενέργεια, 17.06.2024.
- [42] Δημόσια Στοιχεία, ΔΕΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ Α.Ε, “Τα έργα μας–Υπάρχουσες Εγκαταστάσεις”, [URL: <https://www.ppcr.gr/el/>], (accessed 06/2024).
- [43] ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας), “Αγορά - Στατιστικά Αγοράς–Κύριοι Δείκτες”, admie.gr, [URL: <https://www.admie.gr/agora/statistika-agoras/kyrioi-deiktes-dashboard>], (accessed 06/2024).
- [44] Δημόσια Στοιχεία από την εφαρμογή Ipto Analytics του ΑΔΜΗΕ.
- [45] Muhammad Abdul Basit, Saad Dilshad, Rabiah Badar, Syed Muhammad Sami ur Rehman, “Limitations, challenges, and solution approaches in grid-connected renewable energy systems”, *Int J Energy Res.* 2020; 44: 4132–4162, 2020, (URL: <https://doi.org/10.1002/er.5033>).
- [46] Γιώργος Φιντινάκης, “Φουντώνει ο κίνδυνος «φούσκας» στην πράσινη μετάβαση”, EURO2day, Ειδήσεις-Οικονομία, 18/06/2024.
- [47] Newmoney, Ειδήσεις για την Οικονομία, “Αποθήκευση: Συμμαχία «γιγάντων» για τα έργα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας”, 2021.
- [48] M.S. Hossain, N.A. Madlool, N.A. Rahim, J. Selvaraj, A.K. Pandey, Abdul Faheem Khan, “Role of smart grid in renewable energy: An overview”, Elsevier, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 60, July 2016, Pages 1168-1184, 2016.
- [49] Κωνσταντίνος Συρογιάννης, “Smart Grids, ΑΠΕ και Αποθήκευση Ενέργειας το τρίπτυχο της ηλεκτρικής ενέργειας του αύριο”, Ecotec, envinow.gr, 21/02/2021.