



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΣΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
SCADA**

Διπλωματική Εργασία

Παναγιώτης Μήτσου

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δημήτριος Μπαργιώτας

Βόλος 2020



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΣΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
SCADA**

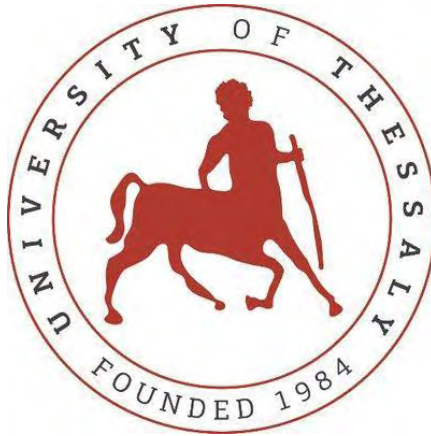
Διπλωματική Εργασία

Παναγιώτης Μήτσου

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δημήτριος Μπαργιώτας

Βόλος 2020



**UNIVERSITY OF THESSALY**

**SCHOOL OF ENGINEERING**

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING**

**INCORPORATION OF RENEWABLE ENERGY  
SOURCES IN THE POWER SYSTEMS AND  
CONTROL THROUGH SCADA SYSTEMS**

Diploma Thesis

Panagiotis Mitsou

Supervisor:

Dimitrios Bargiotas

Volos 2020

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την περάτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστώ αρχικά τον επιβλέποντα μου, Αναπληρωτή Καθηγητή Δημήτριο Μπαργιώτα, για την ευκαιρία που μου έδωσε να μελετήσω το συγκεκριμένο θέμα καθώς επίσης και για την καθοδήγηση, τις χρήσιμες συμβουλές και την εμπιστοσύνη προς το πρόσωπο μου σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συν-επιβλέποντα μου, Καθηγητή Ελευθέριο Τσουκαλά για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου για την διαρκή και πολύπλευρη στήριξη που μου παρείχαν σε ολόκληρη την έως τώρα ακαδημαϊκή μου πορεία καθώς επίσης και τους φίλους μου για την πολύτιμη βοήθεια τους.

## 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, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει 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. 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

Παναγιώτης Μήτσου

Ημερομηνία 22/01/2020

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και πραγματεύεται τα Έξυπνα Δίκτυα και την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αυτά.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στην ενέργεια και περιγράφουμε την παρούσα κατάσταση η οποία οδήγησε στο παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα και οδηγεί προς την εξάντληση των φυσικών πόρων. Επιπλέον, αναφέρεται σε όρους όπως η αειφορία ή η βιώσιμη ανάπτυξη και καταγράφουμε διεθνείς πρωτοβουλίες στην κατεύθυνση επίτευξης βιώσιμης ανάπτυξης.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις συμβατικές και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ παρατίθενται πληροφορίες για τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την εγκατεστημένη ισχύ τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η δομή του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Αρχικά, παρατίθενται στοιχεία σχετικά με το ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας και δίνονται πληροφορίες σχετικά με το υποσύστημα παραγωγής ενέργειας και στη συνέχεια γίνεται αναφορά στους ευρωπαϊκούς στόχους τους οποίους έχει αναλάβει και η Ελλάδα στην κατεύθυνση εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ συνοψίζονται οι περιοριστικοί παράγοντες για την περαιτέρω διεξόδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα Έξυπνα Δίκτυα, δίνοντας την τυπική δομή ενός Έξυπνου Δικτύου και ενός Microgrid και δείχνοντας τις διαφορές ανάμεσα στα Smart Grid και τα Συμβατικά Δίκτυα, κάνουμε τη σύνδεση με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναφερόμενοι στη διεσπαρμένη παραγωγή μέσω ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κλείνουμε σχολιάζοντας τα πλεονεκτήματα των Έξυπνων Δικτύων έναντι των συμβατικών.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση στα συστήματα SCADA και περιγράφονται οι δυνατότητες τέτοιων συστημάτων για την εποπτεία αλλά και των έλεγχο των Έξυπνων Δικτύων. Το κεφάλαιο κλείνει με αναφορά στα θέματα ασφαλείας που εγείρονται από τη χρήση συστημάτων SCADA και τα οποία αφορούν στα προσωπικά δεδομένα των καταναλωτών και στην αξιοπιστία και απρόσκοπτη λειτουργία του Έξυπνου Δικτύου.

Η πτυχιακή εργασία κλείνει με το έκτο κεφάλαιο που γίνεται παράθεση των συμπερασμάτων στα οποία κατέληξα με την ολοκλήρωση της.

## ABSTRACT

This diploma thesis was developed in the Department of Electrical and Computer Engineering at the University of Thessaly and deals with the Smart Grids and also with the incorporation of renewable energy sources in them.

In the first chapter an introduction to the energy nowadays and a description of the current statement is presented, which led to the world energy problem and leads to depletion of the natural resources. In addition, terms such as sustainability are described and international initiatives which have been meaning to achieve this sustainability are analyzed.

In the second chapter, I outline the fossil fuels and the renewable energy sources, but I also detail the most important renewable energy resources and their installed power.

The third chapter consists of the structure of Greece 's electrical power system and the integration of the renewable energy sources in it. First of all, I present clues regarding our national electrical power system and afterwards, I describe the european initiatives which Greece is obligated to follow in order to achieve the best exploitation of the renewable energy sources. This chapter is being completed with the limiting factors for further incorporation of the renewable energy resources in the grid.

The next chapter, chapter 4, deals with the Smart Grids and the Microgrids, and also with the typical structure of them. Furthermore, I present the main differences between Smart Grids and standard Grids and after that the dispersed production of energy through the integration of renewable energy sources. In conclusion, I mention the advantages of Smart Grids over standard typical Grids.

In the fifth chapter, SCADA systems and their capability to supervise and control Smart Grids are analyzed. This chapter is finished with an account of security issues through SCADA systems.

This thesis is being completed with the conclusions I have jump to after developing it, in chapter 6.



# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b>	<b>ix</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b>	<b>xi</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b>	<b>xii</b>
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ</b>	<b>xiii</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	<b>1</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Ενέργεια</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Περιβάλλον και βιώσιμη ανάπτυξη</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Αειφορία και βιώσιμη ανάπτυξη</b>	<b>5</b>
1.3.1 Παράγοντες που διαμορφώνουν τη βιώσιμη ανάπτυξη	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	<b>9</b>
<b>ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Συμβατικές Πηγές Ενέργειας</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Κάλυψη Ενεργειακών Αναγκών - Συμβατικές &amp; Ανανεώσιμες</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Μορφές ΑΠΕ &amp; Εγκατεστημένη Ισχύς</b>	<b>16</b>
2.4.1 Υδροηλεκτρική ενέργεια	16
2.4.2 Αιολική ενέργεια	18
2.4.3 Ηλιακή ενέργεια	19
2.4.4 Βιομάζα	21
2.4.5 Γεωθερμία	22
2.4.6 Θαλάσσια ενέργεια	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	<b>24</b>
<b>ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΠΕ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΗΕ</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Δομή Ελληνικού Ηλεκτρικού Δικτύου</b>	<b>24</b>
3.1.1 Παραγωγή (Production)	24
3.1.2 Μεταφορά (Transmission)	24
3.1.3 Διανομή (Distribution)	25
3.1.4 Κατανάλωση (Consumption)	25

<b>3.2</b>	<b>Παραγωγή Ενέργειας στο Ελληνικό Ηλεκτρικό Δίκτυο</b>	<b>29</b>
<b>3.3</b>	<b>Ενεργειακό Μείγμα Παραγωγής στην Ελλάδα</b>	<b>31</b>
3.3.1	Ευρωπαϊκοί Στόχοι: 20 – 20 - 20	32
3.3.2	Προβλήματα για την περαιτέρω διείσδυση Α.Π.Ε. στο ελληνικό Σ.Η.Ε.	33
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>		<b>34</b>
<b>ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ - ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ</b>		<b>34</b>
<b>4.1</b>	<b>Εισαγωγή στο Έξυπνο Δίκτυο</b>	<b>34</b>
<b>4.2</b>	<b>Δομή Smart Grid - Microgrid</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>Διαφορές Smart Grids από τα Συμβατικά Δίκτυα</b>	<b>40</b>
4.3.1	Έξυπνοι Μετρητές	42
<b>4.4</b>	<b>Διεσπαρμένη Παραγωγή</b>	<b>45</b>
<b>4.5</b>	<b>Πλεονεκτήματα των Smart Grids από τα Συμβατικά Δίκτυα</b>	<b>46</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>		<b>48</b>
<b>ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΣΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ SCADA</b>		<b>48</b>
<b>5.1</b>	<b>Εισαγωγή στα Συστήματα SCADA</b>	<b>48</b>
<b>5.2</b>	<b>Χρήση SCADA για εποπτεία &amp; έλεγχο της λειτουργίας των Έξυπνων Δικτύων</b>	<b>49</b>
<b>5.3</b>	<b>Ασφάλεια Δεδομένων</b>	<b>53</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>		<b>56</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>		<b>56</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		<b>57</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1:</b> Τα κράτη που ενεπλάκησαν στο πρωτόκολλο του Κιότο [6]	4
<b>Εικόνα 2:</b> Το τρίπτυχο της βιώσιμης ανάπτυξης [10]	7
<b>Εικόνα 3:</b> Το μοντέλο 3Ps and Triple Bottom Line του J. Elkington [12]	8
<b>Εικόνα 4:</b> Εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών σταθμών ανά χώρα [24]	17
<b>Εικόνα 5:</b> Διαδικασία από την παραγωγή στην κατανάλωση [31]	26
<b>Εικόνα 6:</b> Το ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας [30]	28
<b>Εικόνα 7:</b> Ενεργειακό Μείγμα Παραγωγής, Ελλάδα 2018 [36]	31
<b>Εικόνα 8:</b> Τυπική δομή ενός έξυπνου δικτύου [41]	36
<b>Εικόνα 9:</b> Οντότητες που συνθέτουν ένα Έξυπνο Δίκτυο [46]	38
<b>Εικόνα 10:</b> Δομή Μικροδικτύου & Σύνδεση με το υπόλοιπο δίκτυο [48]	40
<b>Εικόνα 11:</b> Τυπικός Έξυπνος Μετρητής [50]	43
<b>Εικόνα 12:</b> Τρόπος λειτουργίας συμβατικών και έξυπνων μετρητών [51]	44
<b>Εικόνα 13:</b> Συνιστώσες ενός συστήματος SCADA [58]	53

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1:</b> Μίγμα καυσίμου για την Ελλάδα (2018) [21]	16
<b>Πίνακας 2:</b> Βασικές Διαφορές ανάμεσα στο παρόν συμβατικό δίκτυο και το Smart Grid [29]	41
<b>Πίνακας 3:</b> Διαφορές μεταξύ του παραδοσιακού δικτύου και του Smart Grid στην παραγωγή, την αγορά, την μεταφορά, την διανομή & τον καταναλωτή [49]	41

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

- Γράφημα 1:** Αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας από όλες τις πηγές ενέργειας πλην του λιγνίτη (οι μονάδες είναι τετράκις btu) [18] 13
- Γράφημα 2:** Κατανομή των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια και της κάλυψης αυτών από διαφορετικές πηγές ενέργειας παγκοσμίως (οι μονάδες είναι τετράκις btu και τα στοιχεία αφορούν μόνο την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας) [19] 14
- Γράφημα 3:** Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ετήσια – σε TWh, από το παρόν γράφημα εξαιρείται η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα) [20] 15
- Γράφημα 4:** Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών σταθμών παραγωγής ενέργειας [26] 19
- Γράφημα 5:** Εγκατεστημένη ισχύς και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας [27] 20
- Γράφημα 6:** Εγκατεστημένη ισχύς σταθμών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα [28] 22

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 1.1 Ενέργεια

Η ενέργεια είναι ζωτικής σημασίας όχι μόνο για την οικονομική, κοινωνική και πολιτική ανάπτυξη και ισχύς, αλλά και για την εξάλειψη της ακραίας φτώχειας, η οποία παρατηρείται ως επί το πλείστον στις αναπτυσσόμενες χώρες. Μάλιστα, η διάθεση ενέργειας, με σύγχρονα μέσα, για την εξάλειψη της φτώχειας έχει συμπεριληφθεί σε σχετική ατζέντα των Ηνωμένων Εθνών, επονομαζόμενη «Οι στόχοι της χιλιετίας για την ανάπτυξη», στα πλαίσια των δράσεων του Ο.Η.Ε. για την εξάλειψη της φτώχειας. [1]

Για την πλήρωση του παραπάνω στόχου, απαιτείται η εκμετάλλευση των επιτευγμάτων της τεχνολογίας στους τομείς της παραγωγής και διαχείρισης της ενέργειας. Εντούτοις, η πλήρωση αυτών δεν είναι απόλυτη συνάρτηση της χρήσης σύγχρονων ενεργειακών τεχνολογιών, αλλά συνοψίζει στη διαθεσιμότητα αξιόπιστων πηγών ενέργειας, δεδομένου ότι μεγάλες εκτάσεις παγκοσμίως δεν ηλεκτροδοτούνται καθόλου ή ηλεκτροδοτούνται ανά περιοδικά διαστήματα.

Πέραν της εκπλήρωσης των προαναφερθέντων στόχων, η σημασία των σύγχρονων μεθόδων παραγωγής και διαχείρισης της ενέργειας καθώς και το ενδιαφέρον ερευνητών γύρω από αυτές είναι αυξημένο.

Για την καλύτερη κατανόηση της σημασίας της ενέργειας για την ανθρωπότητα, αξίζει να αναφερθεί πως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency) έχει ορίσει τον δείκτη ενεργειακής ανάπτυξης (Energy Development Index – E.D.I.), ο οποίος μετρά την πρόοδο κάθε χώρας σε ό,τι αφορά στην μετάβαση σε σύγχρονες πηγές ενέργειας, καθώς και το βαθμό ωριμότητας της διαχείρισης της κατανάλωσης ενέργειας.

Επιπλέον, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Ενέργειας, έχει μεταβεί από την παλαιότερη θεώρηση της ενέργειας, κατά την οποία αυτή ήταν αποτέλεσμα της οικονομικής

ανάπτυξης, σε μία νέα θεώρηση σύμφωνα με την οποία η ενέργεια έχει καθοριστικό παράγοντα στην οικονομική ανάπτυξη.

Παρόλο που η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας, στις ανεπτυγμένες χώρες δεν έχει μεγάλες διακυμάνσεις, στις αναπτυσσόμενες χώρες μπορεί να εμφανίζει μεγαλύτερες αλλαγές υποδηλώνοντας σημαντικές μεταβολές στο βιοτικό επίπεδο και στην ανάπτυξη. Συνεπώς, η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας είναι ένας από τους χρησιμοποιούμενους δείκτες για την οικονομική ισχύ μιας χώρας.

Η διαθεσιμότητα ενέργειας συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας, καθώς υποστηρίζει την ανάπτυξη της βιομηχανίας ενώ ενισχύει την πρόσβαση των χωρών στις διεθνείς αγορές, π.χ. μέσω αύξησης του εμπορικού ισοζυγίου εξαγωγών. [1, 2, 3]

Η εθνική ενεργειακή στρατηγική κάθε χώρας έχει ως επί το πλείστον επιπτώσεις στην μακροοικονομία και ειδικά καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο κάθε χώρα μπορεί να ανταποκριθεί σε πιθανές κρίσεις οι οποίες μπορεί να αυξομειώνουν τις τιμές ή τη διαθεσιμότητα ορυκτών καυσίμων όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Σαφώς, τέτοιου είδους κρίσεις δεν δύνανται να επηρεάζουν τις χώρες που εξάγουν πετρέλαιο και φυσικό αέριο, ωστόσο οι περισσότερες χώρες εισάγουν και τα δύο καύσιμα, ξοδεύοντας ποσά τα οποία αντικατοπτρίζουν μεγάλο ποσοστό του Α.Ε.Π. (Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν) τους, με αποτέλεσμα να καθίστανται ιδιαίτερα ευάλωτες.

Ως εκ τούτου, η στροφή των χωρών σε ενεργειακές στρατηγικές οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγάλη διαφοροποίηση αναφορικά με την εξάρτηση αυτών από διάφορες πηγές ενέργειας και καύσιμα, έχει ιδιαίτερη σημασία για την οικονομική τους ευρωστία και ανάπτυξη. [4]

## **1.2 Περιβάλλον και βιώσιμη ανάπτυξη**

Η αντίθεση μεταξύ της ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος έχει καταστεί σαφής στις προηγούμενες παραγράφους. Σε συνδυασμό με την αυξημένη περιβαλλοντική ευαισθησία των πολιτών και τα ήδη διαφαινόμενα

αποτελέσματα της περιβαλλοντικής κρίσης, όπως μεγάλες καταστροφές εξαιτίας ακραίων καιρικών φαινομένων, τα ίδια τα κράτη προέβησαν σε όμοια διαπίστωση.

Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές παγκόσμιες συνόδους με τη συμμετοχή πλειάδας χωρών, συμπεριλαμβανομένων των πιο βιομηχανοποιημένων χωρών παγκοσμίως, με θέμα συζήτησης τον περιορισμό στην εκπομπή ρύπων.

Χαρακτηριστικό προϊόν τέτοιων συνόδων αποτέλεσαν η Σύμβαση - Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή του 1992 και το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο υπεγράφη το 1997, στο οποίο ενεπλάκησαν περί τις 84 χώρες και το οποίο αποτελούσε συμφωνία η οποία έθετε όρια και προέβλεπε μηχανισμούς έτσι ώστε να καταπολεμηθεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας μέσω περιορισμού εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου.

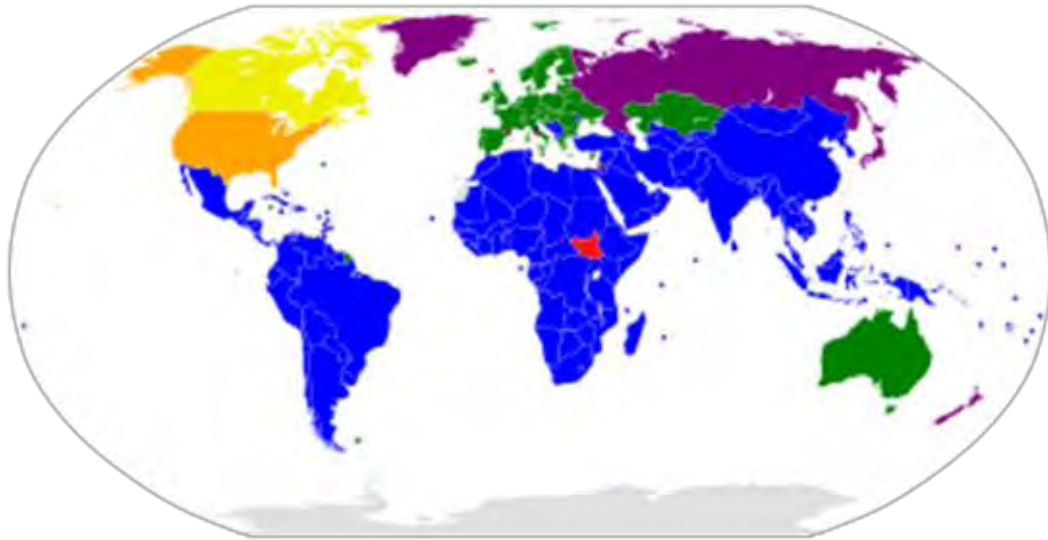
Στην Εικόνα 1 φαίνονται όλα τα κράτη που ενεπλάκησαν παγκοσμίως στο πρωτόκολλο του Κιότο. Να σημειωθεί πως ο Καναδάς είναι η μοναδική χώρα που αποσύρθηκε από το πρωτόκολλο του Κιότο στις 15 Δεκεμβρίου 2012, ενώ οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής δεν το επικύρωσαν. Επίσης να σημειωθεί πως πρώτη δεσμευτική περίοδος του πρωτοκόλλου θεωρείται το 2008-2012 ενώ η δεύτερη δεσμευτική περίοδος είναι από το 2013 έως το 2020.

Σήμερα η Σύμβαση-Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή αριθμεί 197 μέλη, ενώ το πρωτόκολλο του Κιότο 192. Στη Σύνοδο των Συμβαλλομένων Μερών της του Παρισιού στη Γαλλία το Δεκέμβριο του 2015, υιοθετήθηκε η συμφωνία του Παρισιού, η οποία και διαδέχθηκε το πρωτόκολλο του Κιότο.

Η συμφωνία των Παρισίων αποτελεί ένα σχέδιο δράσης που είναι σε ισχύ από τις 4 Νοεμβρίου 2016 και έχει ως στόχο την συγκράτηση της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη. Τα κύρια στοιχεία της είναι τα εξής:

- μακροπρόθεσμοι στόχοι
- συμβολή όλων των χωρών για μείωση των εκπομπών τους
- φιλοδοξία με πιο φιλόδοξους στόχους ανά 5ετία
- διαφάνεια με συνεχή γνωστοποίηση των στοιχείων για λόγους εποπτείας
- αλληλεγγύη με τις ανεπτυγμένες χώρες να εξακολουθήσουν να παρέχουν χρηματοδότηση στις αναπτυσσόμενες τόσο για να μειώσουν τις εκπομπές όσο και για να θωρακιστούν έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής





Εικόνα 1: Τα κράτη που ενεπλάκησαν στο πρωτόκολλο του Κιότο [6]

- Χώρες χωρίς δεσμευτικούς στόχους
- Χώρες με δεσμευτικούς στόχους μόνο στην πρώτη περίοδο του πρωτοκόλλου
- Χώρες με δεσμευτικούς στόχους στη δεύτερη περίοδο του πρωτοκόλλου του Κιότο
- Χώρες με δεσμευτικούς στόχους στην πρώτη περίοδο του πρωτοκόλλου οι οποίες αποσύρθηκαν στην πορεία
- Χώρες οι οποίες υπέγραψαν το πρωτόκολλο χωρίς να το επικυρώσουν
- Άλλα Κράτη μέλη του Ο.Η.Ε. και παρατηρητές που δεν υπέγραψαν το πρωτόκολλο

Η δυσκολία μετάβασης σε ένα μοντέλο βιώσιμης και ταυτόχρονα οικονομικής, κοινωνικής και πολιτιστικής ανάπτυξης είναι μεγάλη. [1, 5, 6, 7, 8]

Ήδη, στο Παγκόσμιο Συνέδριο του Γιοχάνεσμπουργκ για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη, το 2002, συνοψίστηκαν οι τρεις πυλώνες στους οποίους πρέπει να στηριχθεί, ταυτόχρονα, η μετάβαση σε ένα μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης.

- Περιβάλλον
- Κοινωνία
- Οικονομία

### 1.3 Αειφορία και βιώσιμη ανάπτυξη

Εντοπίζονται διάφορες προσεγγίσεις για την ευδόκιμη αντιμετώπιση των παραπάνω αναφερόμενων προβλημάτων με τις περισσότερες εξ' αυτών να απαιτούν συλλογικές προσπάθειες, οι οποίες έχουν ανάγκη την ύπαρξη ενός συγκεκριμένου πλαισίου δράσης για την επίτευξη πραγματικών λύσεων.

Σύμφωνα με έκθεση συμπερασμάτων της Επιτροπής Brundtland των Ηνωμένων Εθνών (Παγκόσμια Επιτροπή του Ο.Η.Ε. για το περιβάλλον και την ανάπτυξη), «αειφόρος ανάπτυξη ορίζεται η απαραίτητη ανάπτυξη για την κάλυψη των αναγκών του παρόντος χωρίς να υποβαθμίζεται η δυνατότητα μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις μελλοντικές τους ανάγκες». [9]

Εναλλακτικά, η αειφόρος ανάπτυξη ονομάζεται και βιώσιμη ανάπτυξη.

Η παραπάνω προσέγγιση της αειφορίας έθεσε τα θεμέλια για την μετάβαση σε ένα μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης. Ωστόσο, εντοπίζεται ένα βασικό μειονέκτημά της με παράγοντες που αντιτίθενται στη μετάβαση σε ένα μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης:

- Μη βιώσιμο μοντέλο ανάπτυξης - Η ανάπτυξη βασίζεται σε ένα μη βιώσιμο χρέος, με μη βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων και άνιση χρήση των πόρων από την οικονομική ελίτ.
- Αρνητικό περιβαλλοντικό ισοζύγιο - Αλόγιστη μόλυνση και χρήση φυσικών πόρων
- Απώλεια ηθικών αξιών - Απληστία, εσωστρέφεια, διαφθορά, ανισότητα, βία, έλλειμμα δικαιοσύνης, ελιτισμός [10]

Η βιώσιμη ανάπτυξη είναι μία έννοια η οποία άπτεται των κρατών και των επιχειρήσεων κατά κύριο λόγο, με επεκτάσεις και στους πολίτες.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έννοια της Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης, η οποία σε πρώτη ανάγνωση αφορά τις επιχειρήσεις, εντούτοις περιλαμβάνει και την έννοια της Προσωπικής Κοινωνικής Ευθύνης των ανθρώπων που εμπλέκονται στις επιχειρήσεις αλλά και την Προσωπική Κοινωνική Ευθύνη των πολιτών ως μονάδες. Η ευθύνη αυτή συνοψίζει τις προσπάθειες για διαρκή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου για όλους τους πολίτες.

Η έκθεση συμπερασμάτων της Επιτροπής Brundtland περιέγραψε κάποιους στόχους οι οποίοι μπορούν να αποτελέσουν ορόσημα για την επιτυχή μετάβαση σε ένα μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης.

- συντήρηση και υποκατάσταση των χρησιμοποιούμενων φυσικών πόρων
- ανάπτυξη ενός μοντέλου αλληλεξάρτησης του περιβάλλοντος με την οικονομία και την ανάπτυξη
- διαρκής επίτευξη ανάπτυξης
- βελτίωση της ποιότητας ζωής
- επαναπροσέγγιση της τεχνολογίας και των εργαλείων η οποία προσφέρει για τον περιορισμό των επιπτώσεων της ανάπτυξης στο περιβάλλον και την κοινωνία

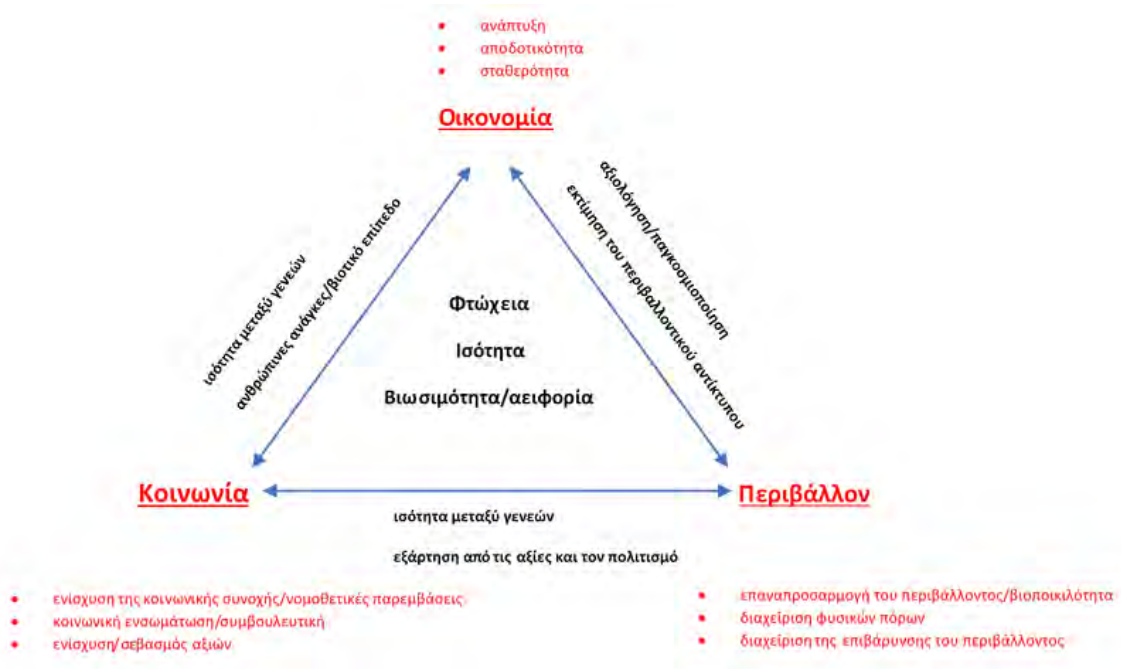
Στην έκθεση συμπερασμάτων της επιτροπής, η βιώσιμη ανάπτυξη περιγράφεται, εκτός από έννοια, και ως δείκτης αξιολόγησης των περιβαλλοντικών πολιτικών που εφαρμόζει μια επιχείρηση ή ένα κράτος.

Επίσης, η βιώσιμη ανάπτυξη δεν ορίζεται μόνο σε οικονομικό ή περιβαλλοντικό επίπεδο, αλλά συσχετίζεται ευθέως με την ανάγκη για την διαρκή επίτευξη ανάπτυξης, την ταυτόχρονη προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και την διατήρηση των αποθεμάτων των φυσικών πόρων. [11]

### 1.3.1 Παράγοντες που διαμορφώνουν τη βιώσιμη ανάπτυξη

Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις του αδηφάγου μοντέλου ανάπτυξης στο οποίο βασίστηκε ο σύγχρονος κόσμος μετά τη 2<sup>η</sup> Βιομηχανική Επανάσταση, αποτέλεσαν το εφαλτήριο για τη σύλληψη της ιδέας της βιώσιμης ανάπτυξης και τη συνειδητοποίηση της ανάγκης θέσης της σε εφαρμογή.

Στην Εικόνα 2 παρατίθεται το τρίπτυχο της βιώσιμης ανάπτυξης σε απάντηση των παραγόντων οι οποίοι κατέστησαν το μοντέλο ανάπτυξης μη βιώσιμο.



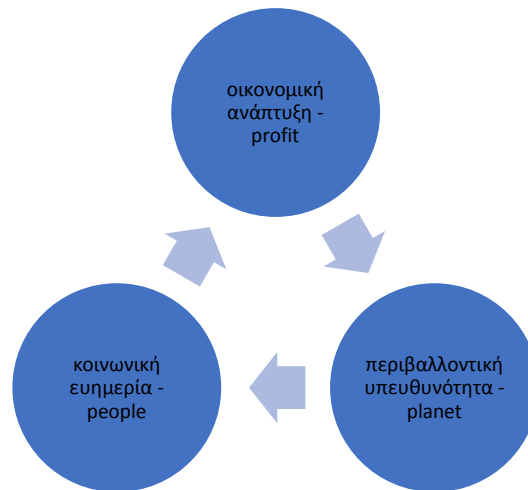
Εικόνα 2: Το τρίπτυχο της βιώσιμης ανάπτυξης [10]

Το τρίπτυχο της βιώσιμης ανάπτυξης προτάθηκε στα συμπεράσματα της Παγκόσμιας Διάσκεψης για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη το 2002 στο Γιοχάνεσμπουργκ της Ν. Αφρικής αφού είχε αναφερθεί για πρώτη φορά από τον φυσικό Mohan Munasinghe το 1992.

Είθισται να προστίθεται ακόμη μια πτυχή της βιώσιμης ανάπτυξης, η τεχνολογία, με τον λογο για την ένταξη της να εντοπίζεται στο γεγονός ότι η τεχνολογία μπορεί να παρέχει τα απαραίτητα μέσα και εργαλεία για τη διευκόλυνση της μετάβασης στο νέο μοντέλο ανάπτυξης. Το σχήμα δε, μετατρέπεται σε πυραμίδα, και όχι τετράγωνο, καθώς εντοπίζεται συσχετισμός της τεχνολογίας με κάθε μία από τις υπόλοιπες τρεις ακμές του τριγώνου. Πράγματι, η τεχνολογία αλληλεπιδρά και διαμορφώνει τόσο το περιβάλλον όσο και την κοινωνία και την οικονομία.

Στην Εικόνα 3, φαίνεται το διάσημο Triple Bottom Line από τον επιχειρηματία-συγγραφέα John Elkington που στο βιβλίο του το 1997 ανέπτυξε το μοντέλο σύμφωνα με το οποίο για να επιτευχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη πρέπει να εκμεταλλευθούν στο έπακρο τρία σημαντικά στοιχεία.

Η προτεινόμενη σχέση που περιγράφει τη βιώσιμη ανάπτυξη συνοψίζει στα εξής σημεία:



Εικόνα 3: Το μοντέλο 3Ps and Triple Bottom Line του J. Elkington [12]

Η παραπάνω σχέση αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως 3Ps χάρη στους τρεις παράγοντες που απεικονίζονται:

- Άνθρωποι (People): Ο άνθρωπος είναι αναπόσπαστο κομμάτι των εφαρμοζόμενων επιχειρηματικών πρακτικών, στα πλαίσια της επαγγελματικής τους απασχόλησης, συμπεριλαμβανόμενου του τρόπου με τον οποίο αυτές επιδρούν στην κοινωνική συνοχή
- Πλανήτης (Planet): Ο πλανήτης είναι ο πρωταγωνιστής της βιώσιμης ανάπτυξης· επιχειρείται η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της επιβάρυνσης του πλανήτη και της ικανότητας του πλανήτη να σβένει την παραπάνω επιβάρυνση
- Κέρδος (Profit): Το κέρδος επιτυγχάνεται μέσω της οικονομικής δραστηριοποίησης, η οποία αποσκοπεί στην παραγωγή πλούτου διαμέσου του οποίου αποσκοπεί στην επίτευξη ευημερίας για τον άνθρωπο [12]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Έχοντας αναφερθεί στους παράγοντες οι οποίοι καθιστούν την ανάπτυξη βιώσιμη, στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθούν οι μορφές ενέργειας και θα γίνει συσχετισμός τους με την ανάπτυξη. Προτού εμβαθύνουμε, αξίζει να κάνουμε, εκ των προτέρων, τη διάκριση των πηγών ενέργειας σε συμβατικές και ανανεώσιμες.

#### 2.1 Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

Οι συμβατικές πηγές ενέργειας βασίζονται στην καύση ορυκτών καυσίμων, όπως ο λιγνίτης, το πετρέλαιο diesel και το φυσικό αέριο. Στην Ελλάδα, η παραγωγή προέρχεται κυρίως από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς οι οποίοι χρησιμοποιούν λιγνίτη. Η παγκόσμια ανάπτυξη βασίστηκε στις συμβατικές πηγές ενέργειας από τη δεύτερη βιομηχανική επανάσταση, κατά την οποία οι βιομηχανικές μονάδες απέκτησαν πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια, καθιστώντας την μαζική παραγωγή εφικτή.

Οι συμβατικές πηγές ενέργειας παράγουν ενέργεια με χαμηλό κόστος, καθώς οι ορυκτοί πόροι που χρησιμοποιούνται έχουν οι ίδιοι χαμηλό κόστος. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι οι μεγάλες θερμοηλεκτρικές μονάδες είναι δημόσιες, με αποτέλεσμα το κόστος των χρησιμοποιούμενων ορυκτών πόρων να εντοπίζεται αποκλειστικά στην εξόρυξη και μεταφορά αυτών στις αντίστοιχες μονάδες.

Επιπλέον, οι συμβατικές πηγές ενέργειας χρησιμοποιούνται γιατί επιτρέπουν την κατασκευή μεγάλων θερμοηλεκτρικών μονάδων παραγωγής ενέργειας οι οποίες μπορούν να λειτουργούν αδιάλειπτα εφόσον τροφοδοτούνται με καύσιμο.

Γίνεται σαφές πως, πέραν των παραπάνω πλεονεκτημάτων που καθιστούν τις συμβατικές πηγές ενέργειας μία σοφή επιλογή, αυτές συγκεντρώνουν δύο σημαντικά μειονεκτήματα.

Αφενός, η καύση ορυκτών καυσίμων συνοδεύεται από έκλυση μεγάλων ποσοτήτων αερίων ρύπων. Αφετέρου, όπως προαναφέρεται, οι συμβατικές πηγές ενέργειας βασίζονται στην καύση ορυκτών πόρων, οι οποίοι είναι πεπερασμένοι.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφερθήκαμε στο πρωτόκολλο του Κιότο, σύμφωνα με το οποίο, τέθηκαν ανώτατα όρια αναφορικά με την εκπομπή αερίων ρύπων του θερμοκηπίου στις χώρες οι οποίες το συνυπέγραψαν. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η αλόγιστη χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας αντιτίθεται στην προσπάθεια των κρατών αυτών προς επίτευξη των στόχων εκπομπής αερίων ρύπων. Μάλιστα, θεσπίστηκαν σχετικά πρόστιμα ανά μονάδα εκπομπής ρύπων τα οποία τα κράτη που υπερβαίνουν τα ανώτατα όρια καλούνται να πληρώσουν.

Στα πλαίσια του Πρωτοκόλλου του Κιότο, δημιουργήθηκε η επονομαζόμενη «αγορά ρύπων». Η αγορά ρύπων είναι ένας μηχανισμός που εισήχθη με το Πρωτόκολλο του Κιότο, με τον οποίο διάφορα κράτη, έχουν τη δυνατότητα να πωλούν σε άλλα κράτη τυχόν περίσσεια που προκύπτει από ρύπους τους οποίους είχαν το δικαίωμα να παράγουν αλλά δεν παράγαν, τα οποία έχουν υπερβεί τα ανώτατα όρια εκπομπής αερίων ρύπων. Πέραν της παγκόσμιας αγοράς, η οποία θεσπίστηκε με το Πρωτόκολλο του Κιότο, έχουν ιδρυθεί και άλλες αντίστοιχες αγορές, όπως για παράδειγμα η ευρωπαϊκή αγορά ρύπων.

Συνοψίζοντας, σε ό,τι αφορά στις συμβατικές πηγές ενέργειας, η παγκόσμια οικονομία έχει βασιστεί σε μεγάλο βαθμό σε αυτές τις τελευταίες δεκαετίες, ωστόσο κρίνεται πως βρισκόμαστε στο σημείο όπου η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι επιτακτική, τόσο για περιβαλλοντικούς όσο και για οικονομικούς λόγους. [13, 14, 15]

## **2.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

Όπως προαναφέρεται, εντοπίζεται αυξημένη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, τόσο σε ατομικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο επιχειρήσεων, οι οποίες διαμορφώνουν αντίστοιχα την περιβαλλοντική τους πολιτική, αλλά και σε επίπεδο κρατών, τα οποία υιοθετούν νομοθεσίες που προβλέπουν μέσα και μηχανισμούς για την προστασία του περιβάλλοντος ή προβαίνουν σε σύναψη διακρατικών συμφωνιών για τη διαμόρφωση αντίστοιχων μηχανισμών σε μεγαλύτερη κλίμακα.

Κατανοούμε λοιπόν πως η στροφή στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι αναγκαία.

Τα βασικά χαρακτηριστικά που διακρίνουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από τις συμβατικές πηγές ενέργειας είναι τα παρακάτω:

- δεν είναι πεπερασμένες
- η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας διαμέσου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν προκαλεί την έκλυση αερίων ρύπων
- για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν απαιτείται να εκτελεστούν ιδιαίτερα επιβλαβείς για το περιβάλλον εργασίες όπως άντληση ή εξόρυξη

Έχοντας θέσει τα τρία παραπάνω πλεονεκτήματα, είναι πιθανό οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να φαντάζουν ως η ιδανική λύση. Παρ' όλα αυτά, η χρησιμοποίησή τους δεν είναι εξαιρετικά έντονη, καθώς εντοπίζονται είτε μειονεκτήματα των ίδιων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είτε διάφοροι άλλοι παράγοντες, όπως οικονομικοί ή νομοθετικοί, οι οποίοι λειτουργούν ως εμπόδιο στην περαιτέρω εκμετάλλευση των Α.Π.Ε.

Το σημαντικότερο μειονέκτημα που εμφανίζουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η στοχαστικότητα τους. Σε αντίθεση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας, όπου η τροφοδότηση ενός σταθμού με καύσιμο ρυθμίζεται από τον άνθρωπο και η παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από την τροφοδοσία με καύσιμο, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ δεν μπορεί να θεωρείται δεδομένη κάθε χρονική στιγμή. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας λοιπόν εξαρτώνται από φυσικά φαινόμενα, τα οποία και δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν, αλλά και δεν είναι δυνατό να ρυθμιστούν. Για παράδειγμα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ένα αιολικό πάρκο εξαρτάται από την ταχύτητα, μεταξύ άλλων παραγόντων, του ανέμου στην περιοχή όπου αυτό βρίσκεται εγκατεστημένο.

Ωστόσο, σε μεγάλο βαθμό, οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ευστάθειας του συστήματος, όπου λειτουργούν ως εφεδρείες σε περιπτώσεις βλαβών ή ένταξης μεγάλων φορτίων στο δίκτυο, και για την κάλυψη των φορτίων αιχμής, τα οποία ειδικά για την Ελλάδα, είναι ιδιαίτερα αυξημένα τις μεσημεριανές ώρες και



τους καλοκαιρινούς μήνες, εξαιτίας της αύξησης των αναγκών σε κλιματισμό. Συμπτωματικά, οι περίοδοι αυτοί είναι περίοδοι κατά τις οποίες συγκεκριμένες τεχνολογίες, όπως οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί εμφανίζουν σημαντική παραγωγή ενέργειας.

Εξαιτίας της στοχαστικότητας τους λοιπόν, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται δεν πρέπει να λογίζεται ως τρόπος κάλυψης μόνιμων φορτίων, δηλαδή φορτίων βάσης, αλλά ως τρόπος κάλυψης φορτίων αιχμής ή ως τρόπος υποκατάστασης μέρους της ενέργειας που προέρχεται από συμβατικές πηγές ενέργειας. [16, 17]

Πέραν του στοχαστικού τους χαρακτήρα, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν ένα ακόμη σημαντικό μειονέκτημα.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παράγεται από ορυκτούς πόρους, οι οποίοι κατόπιν υπόκεινται σε επεξεργασία σε βιομηχανίες για να λάβουν την τελική τους μορφή. Ως εκ τούτου, ο απαιτούμενος εξοπλισμός βασίζεται σε πόρους οι οποίοι είναι πεπερασμένοι (π.χ. μεταλλεύματα) και η μεταποιητική διαδικασία για την παραγωγή του συνοδεύεται από έκλυση αέριων ρύπων. Βέβαια, η αλήθεια είναι πως οι πόροι που χρησιμοποιούνται δεν είναι τόσο πολύτιμοι ούτε χρησιμοποιούνται σε τόσο μεγάλο βαθμό, ενώ οι παραγόμενοι ρύποι είναι ασύγκριτα λιγότεροι από αυτούς που προκύπτουν όταν ο αντίστοιχος εξοπλισμός τεθεί σε λειτουργία και αρχίσει να παράγει «καθαρή» ενέργεια.

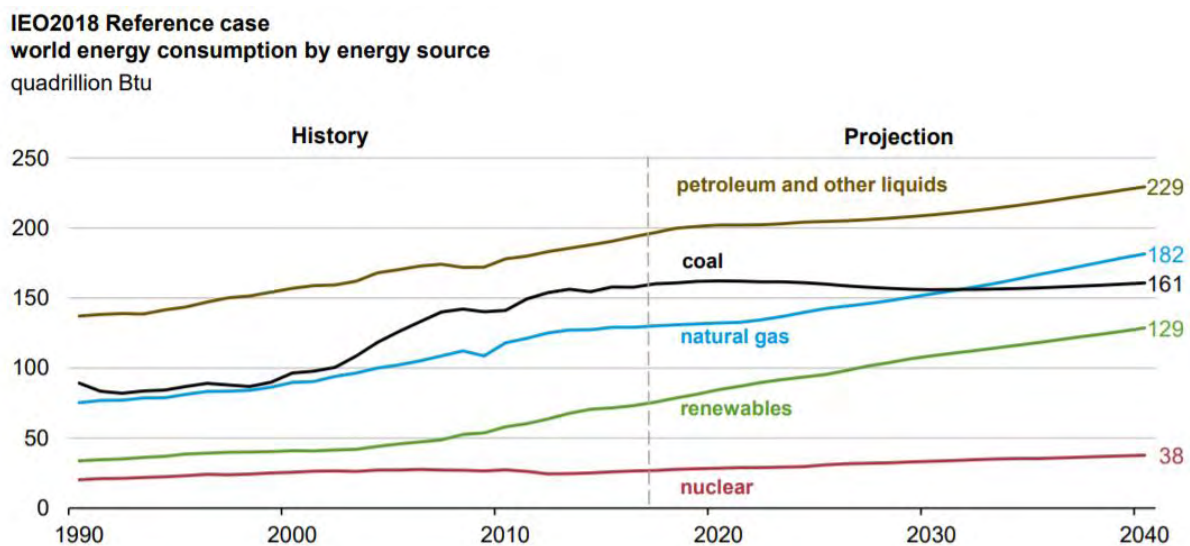
## **2.3 Κάλυψη Ενεργειακών Αναγκών - Συμβατικές & Ανανεώσιμες**

Στα Γραφήματα 1, 2 παραθέτουμε στοιχεία τα οποία αφορούν τις πηγές ενέργειας οι οποίες χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των παγκόσμιων αναγκών - οι συγκεκριμένες εκθέσεις συμπεριέλαβαν και κάποιες προβλέψεις με ορίζοντα το 2040. Σύμφωνα με την καθ' ύλην αρμόδια έκθεση της Παγκόσμιας Επιτροπής Ενέργειας, το 2018 ήταν η χρονιά έναρξης της σταδιακή αποκλιμάκωση της

χρήσης λιγνίτη, καθώς και παραγώγων αυτού, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών παγκοσμίως.

Στο Γράφημα 1 λοιπόν, παρατηρείται μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και το φυσικό αέριο, μικρότερη αύξηση από το πετρέλαιο και τα παράγωγα του και καμία αύξηση κατανάλωσης από το φυσικό αέριο.

Να σημειωθεί πως για την κατανάλωση ενέργειας μόνο από λιγνίτη αρχίζει να παρατηρείται μια σχετική μείωση. [18]

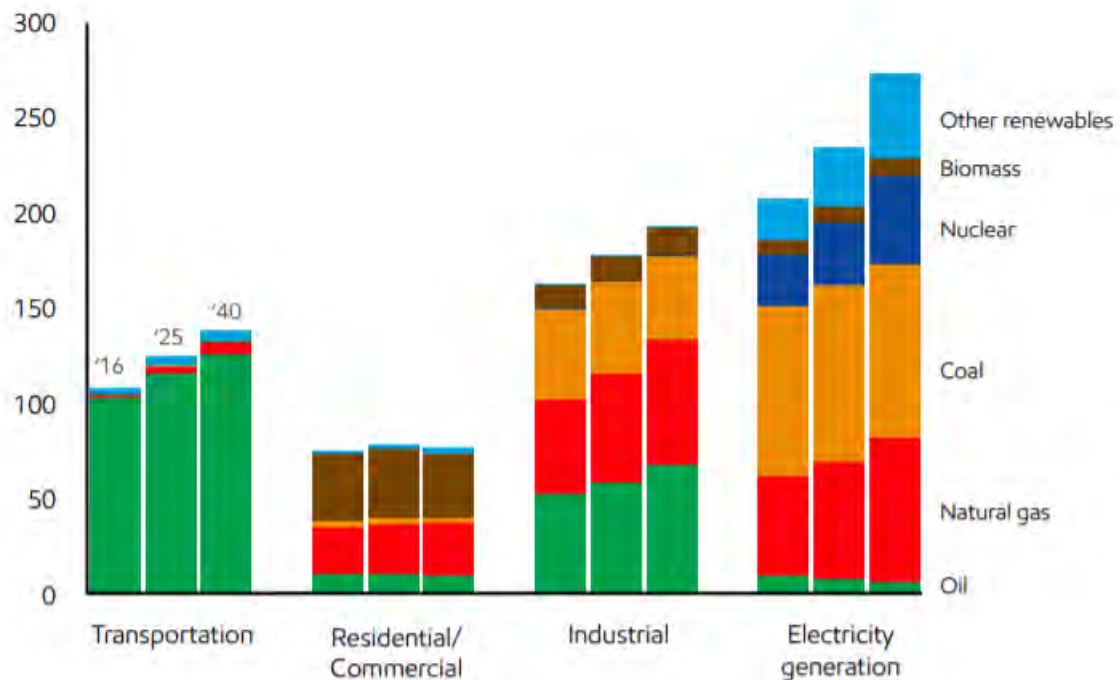


Γράφημα 1: Αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας από όλες τις πηγές ενέργειας πλην του λιγνίτη (οι μονάδες είναι τετράκις btu) [18]

Στο Γράφημα 2 παραθέτουμε στοιχεία από ίσης εγκυρότητας έκθεση της εταιρείας Exxon Mobil, η οποία αποτελεί ανασκόπηση της χρονιάς 2016 σε ό,τι αφορά την κατανάλωση ενέργειας. Στην έκθεση συμπεριλαμβάνονται και προβλέψεις για τα έτη 2025 και 2040.

Η μεγαλύτερη εξάρτηση από το πετρέλαιο και τον λιγνίτη εντοπίζονται στην ηλεκτροπαραγωγή, στη μεταφορά και στη βιομηχανία, ενώ η μεγαλύτερη διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εντοπίζεται στην ηλεκτροπαραγωγή επίσης.

Να σημειωθεί, επίσης, ότι σύμφωνα με την έκθεση δεν εντοπίζονται μεγάλες αλλαγές στο μέλλον ανά κατηγορία, πέραν της σημαντικής αύξησης της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή και στην μεταφορά.



Γράφημα 2: Κατανομή των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια και της κάλυψης αυτών από διαφορετικές πηγές ενέργειας παγκοσμίως (οι μονάδες είναι τετράκις btu και τα στοιχεία αφορούν μόνο την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας) [19]

Αναλυτικά, παρατηρείται πως η μεταφορά εξαρτάται, και θα συνεχίσει να εξαρτάται, σε πολύ μεγάλο βαθμό από το πετρέλαιο με μια μικρή αύξηση στο μέλλον στην χρήση φυσικού αερίου και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

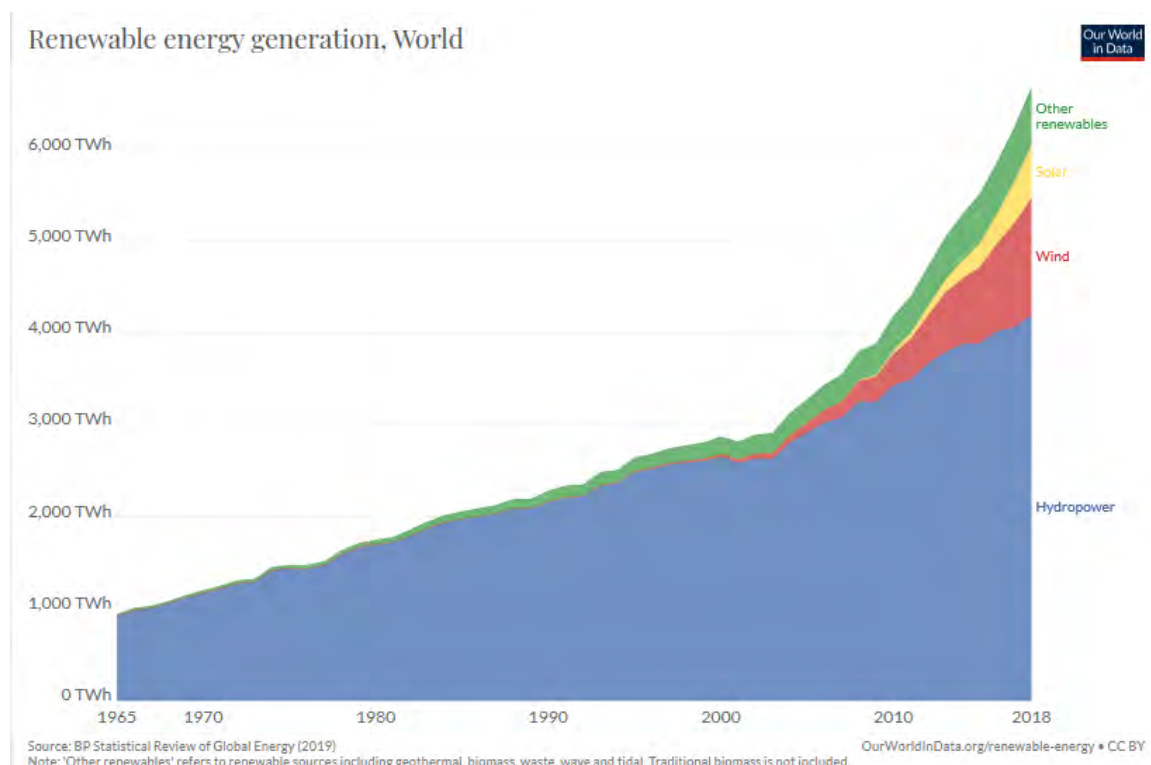
Στα αστικά κέντρα υπάρχει μεγάλη εξάρτηση από τη βιομάζα και το φυσικό αέριο και μικρότερη από το πετρέλαιο, τον λιγνίτη και τις ανανεώσιμες πηγές.

Στη βιομηχανία, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο λιγνίτης έχουν τον πρώτο λόγο, με την βιομάζα, την πυρηνική ενέργεια και τις ανανεώσιμες πηγές να ακολουθούν σε αρκετά μικρότερο βαθμό.

Τέλος η ηλεκτροπαραγωγή, που εξαρτάται κυρίως από το φυσικό αέριο, τον λιγνίτη, την πυρηνική ενέργεια και σε εξίσου σημαντικό βαθμό από τις ανανεώσιμες.

Αναφορικά με τη διεξόδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο Γράφημα 3 παραθέτουμε στοιχεία στα οποία αποτυπώνεται η κατανάλωση των διαφόρων Α.Π.Ε.

Παρατηρούμε πως για το έτος 2018 η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας για την υδροηλεκτρική ενέργεια ήταν 4,193 TWh, για την αιολική ενέργεια ήταν 1,270 TWh, για την ηλιακή 585 TWh ενώ για τις υπόλοιπες ΑΠΕ (πλην παραδοσιακής βιομάζας) η κατανάλωση έφτασε τα 626 TWh.



Γράφημα 3: Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ετήσια – σε TWh, από το παρόν γράφημα εξαιρείται η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα) [20]

Εστιάζοντας στην Ελλάδα, παραθέτουμε τον Πίνακα 1 με σχετικά στοιχεία από τη Δ.Ε.Η. Α.Ε. τα οποία αφορούν στο ενεργειακό μίγμα για το 2018. Το Μίγμα Καυσίμου περιλαμβάνει τα ποσοστά των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν για την

παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και την οποία κατανάλωσαν οι πελάτες όλης της χώρας (ηπειρωτική χώρα και νησιά), στον συγκεκριμένο πίνακα για το έτος 2018.

Πίνακας 1: Μίγμα καυσίμου για την Ελλάδα (2018) [21]

ΜΙΓΜΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΓΙΑ ΟΛΗ ΤΗ ΧΩΡΑ - 2018		
ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ	28,13%	
ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΗ	0,00%	82,30%
ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	29,53%	
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	9,53%	
ΑΠΕ	20,96%	17,70%
ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΙΣ	11,85%	
ΣΥΝΟΛΟ	100,00%	100,00%

## 2.4 Μορφές ΑΠΕ & Εγκατεστημένη Ισχύς

Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μαζί με τα περιθώρια ανάπτυξης για εκμετάλλευση για την κάθε μία. Επιπλέον, παραθέτονται γραφήματα για την κατανόηση της εγκατεστημένης ισχύος και της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ανά τον κόσμο, την Ευρώπη αλλά και την Ελλάδα μεμονωμένα.

### 2.4.1 Υδροηλεκτρική ενέργεια

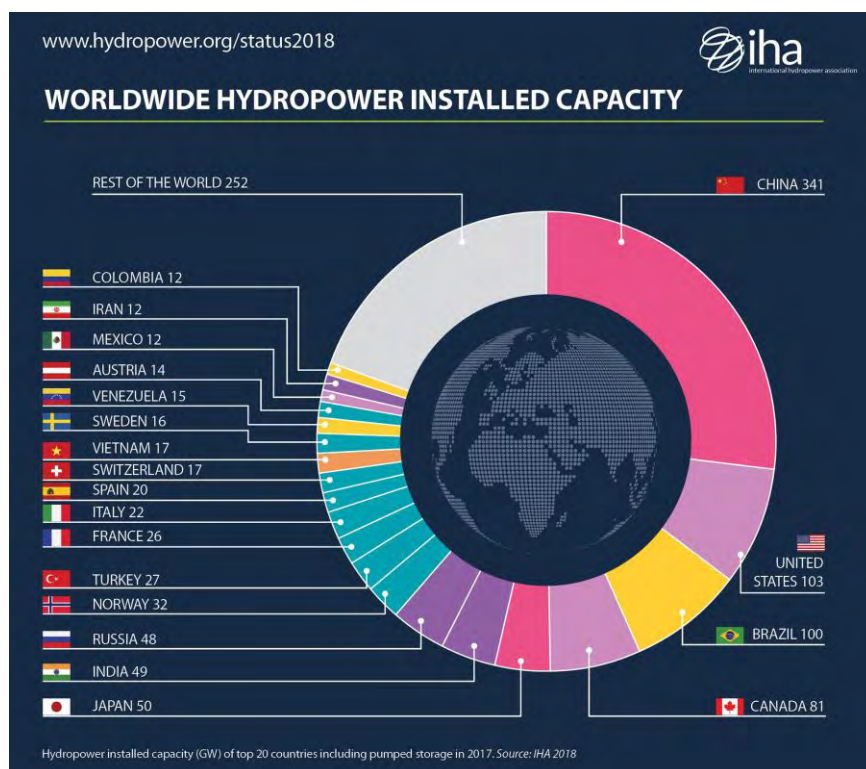
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υδροηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από την μετατροπή της δυναμικής ή της κινητικής ενέργειας υδάτινων μαζών σε ηλεκτρική.

Η αποθηκευμένη δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια καθώς πέφτει το νερό. Στη συνέχεια, η κινητική ενέργεια του νερού, μέσω του υδροστρόβιλου μετατρέπεται σε μηχανική, η οποία κινεί την γεννήτρια που τελικά παράγει την ηλεκτρική ενέργεια. Τέλος, με τη χρήση μετασχηματιστών, το ρεύμα είναι έτοιμο για ενσωμάτωση στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι εφικτή είτε όπου αυτή η διαφορά ύψους απαντάται στο φυσικό τοπίο είτε κατόπιν δημιουργίας κατασκευαστικών έργων όπως φραγμάτων. Ως εκ τούτου, οι υδροηλεκτρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, σε ό,τι αφορά στη δεύτερη περίπτωση, συμπεριλαμβάνουν μεγάλα κόστη κατασκευής, ενώ και στις δύο περιπτώσεις συνήθως βρίσκονται σε μη αστικές περιοχές.

Συγκρίνοντας την υδροηλεκτρική ενέργεια με τις λοιπές Α.Π.Ε., παρατηρούμε ότι η πυκνότητα της είναι μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα η ονομαστική ισχύς υδροηλεκτρικών σταθμών ενέργειας να είναι της τάξης των GW.

Στην Εικόνα 4 παρατηρούμε ότι η Κίνα, οι ΗΠΑ και η Βραζιλία είναι οι πρωτοπόροι σε ό,τι αφορά στην εγκατεστημένη ισχύ υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας.



Εικόνα 4: Εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικών σταθμών ανά χώρα [24]

Σήμερα στην Ελλάδα λειτουργούν 16 υδροηλεκτρικοί σταθμοί με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3152MW και μεγαλύτερες αυτή της λίμνης Κρεμαστών με εγκατεστημένη ισχύ περί τα 415MW και αυτή στο Παρανέστι Δράμας ισχύος περί τα 185MW. [15, 16, 22, 23]

#### 2.4.2 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, η εκμετάλλευση της οποίας δεν παράγει αέριους ρύπους, συνεπώς δεν συμβάλλει στην μόλυνση του περιβάλλοντος. Επιπλέον, είναι μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας, καθώς εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ανέμου, η οποία εν γένει προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια. Η διαφορά θερμοκρασίας που προκαλείται μεταξύ διαφόρων αέριων μαζών εξαιτίας της ηλιακής ενέργειας προκαλεί τη δημιουργία του ανέμου.

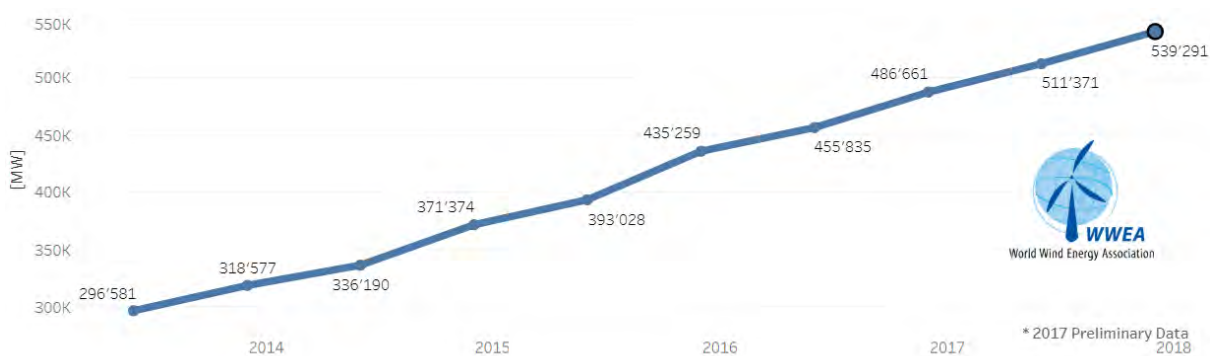
Παρότι η αιολική ενέργεια γνωρίζει τεράστια ανάπτυξη στις μέρες μας, χρησιμοποιείται εδώ και πολλούς αιώνες για την κίνηση των σκαφών στην θάλασσα, ενώ πολύ γνωστή είναι και η χρήση των ανεμόμυλων για την εκτέλεση διαφόρων εργασιών όπως την παραγωγή αλεύρων από σιτάρι ή την άρδευση καλλιεργειών.

Στη σύγχρονη εποχή, η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή γίνεται με την χρήση ανεμογεννητριών (Α/Γ), οι οποίες φτάνουν σε ισχύ της τάξης των MW. Σε κάθε Α/Γ, η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται καταρχήν σε μηχανική ενέργεια του άξονα των πτερυγίων και, στη συνέχεια, σε ηλεκτρική στην γεννήτρια. Από εκεί, με την χρήση μετασχηματιστών, η ενέργεια είναι έτοιμη να ενσωματωθεί στο υπάρχον δίκτυο. Συνηθίζεται όμως για πιο επιτυχημένη εκμετάλλευση η δημιουργία αιολικού πάρκου με την τοποθέτηση πολλών Α/Γ, την μία κοντά στην άλλη, σε συγκεκριμένη περιοχή. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες διαθέτουν έξυπνες διατάξεις για να εξασφαλίζουν την βέλτιστη εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας καθώς και την βέλτιστη σύνδεσή τους με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Το δε μέγεθος των ανεμογεννητριών έχει μεγαλώσει θεαματικά, καθώς από τα 15m διάμετρο πτερυγίων μιας ανεμογεννήτριας ισχύος 50kW, το 1985, έχουμε φτάσει σε διάμετρο πτερυγίων περί τα 150m και ισχύ μέχρι και 10MW.

Στην Ευρώπη έχουν εγκατασταθεί συνολικά 189GW αιολικής ισχύος, με σκοπό ο αριθμός αυτός να φτάσει τα 323GW (253GW στην στεριά και 70GW στη θάλασσα) μέχρι το 2030. [25]

Από αυτά, τα 2651MW είναι εγκατεστημένα στην Ελλάδα (2017). Το μεγαλύτερο αιολικό δυναμικό επικεντρώνεται στο Αιγαίο Πέλαγος και τις ανατολικές ακτές της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου. [15, 16, 22, 23]

Όπως παρατηρούμε στο Γράφημα 4, η εγκατεστημένη ισχύς αιολικών σταθμών παραγωγής ενέργειας σημειώνει σταθερή αύξηση από το 2013 μέχρι και το 2018.



Γράφημα 4: Εγκατεστημένη ισχύς αιολικών σταθμών παραγωγής ενέργειας [26]

### 2.4.3 Ηλιακή ενέργεια

Ως ηλιακή ενέργεια, θεωρούνται όλες οι μορφές ενέργειας οι οποίες προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ενέργεια βρίσκει εφαρμογή στην παραγωγή τόσο ηλεκτρικής όσο και θερμικής ενέργειας.

Ως εκ τούτου υπάρχουν δύο κατηγορίες ηλιακών σταθμών παραγωγής ενέργειας:

- φωτοβολταϊκά συστήματα
- ενεργητικά ή παθητικά συστήματα παραγωγής θερμικής ενέργειας
  - ενεργητικά π.χ. ηλιακός θερμοσίφωνας
  - παθητικά π.χ. βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων

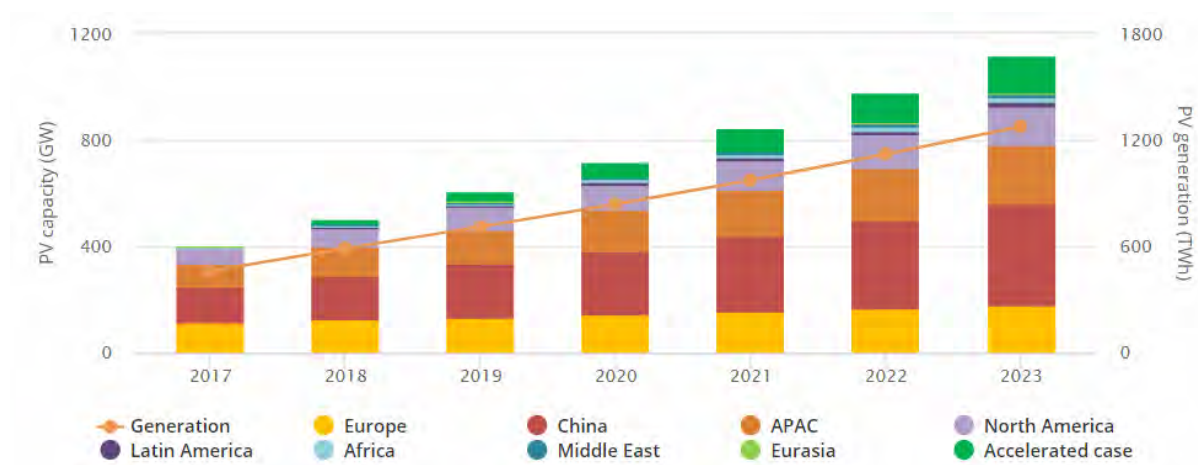


Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η λειτουργία τους στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, στην ιδιότητα δηλαδή κάποιων στερεών υλικών να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, όταν εκτίθενται στον ήλιο.

Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο (δηλαδή τον ηλιακό συλλέκτη, πάνελ), το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (δηλαδή τους επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές - μπαταρίες), ώστε η ενέργεια να είναι διαθέσιμη όποτε χρειαστεί και τα διάφορα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης, επειδή στον οικιακό χώρο οι περισσότερες συσκευές χρησιμοποιούν εναλλασσόμενο ρεύμα, απαραίτητος είναι και ο μετατροπέας ισχύος για μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο.

Στο Γράφημα 5 που παραθέτουμε, παρατηρείται γραμμική αύξηση τόσο της εγκατεστημένης ισχύς φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής ενέργειας όσο και της παραγόμενης ενέργειας από αυτούς, με πρόβλεψη μέχρι το έτος 2023.

Στην τάση αυτή, όπως φαίνεται, πρωτοπόροι είναι η Κίνα, οι χώρες στην περιοχή APAC (αναφέρεται στις χώρες της περιοχής Asia – Pacific, δηλαδή σε χώρες στην περιοχή της Ασίας και στον Ειρηνικό Ωκεανό, εξαιρουμένης της Κίνας) και η Ευρώπη. [15, 16, 22, 23, 27]



Γράφημα 5: Εγκατεστημένη ισχύς και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας [27]

#### 2.4.4 Βιομάζα

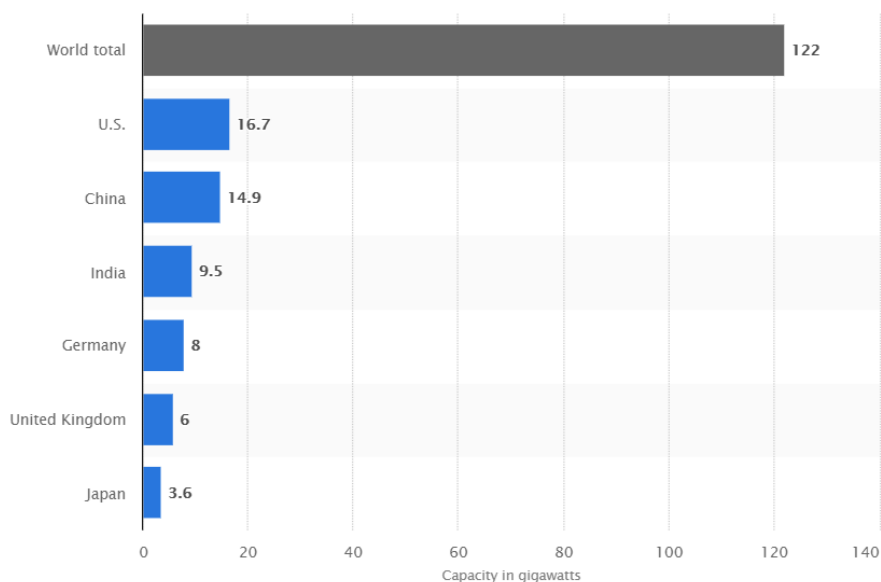
Με τον όρο Βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό που παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς, όπως για παράδειγμα είναι το ξύλο, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, αστικά απόβλητα κτλ, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας. Ένας σταθμός παραγωγής ενέργειας από βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τόσο σε ηλεκτρισμό όσο και σε θέρμανση ή κλιματισμό. Επιπλέον, οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας από βιομάζα μπορούν να παράγουν ως υποπροϊόν βιοντίζελ ή βιοαιθανόλη, δύο βιοκαύσιμα τα οποία συγκεντρώνουν αυξανόμενο ενδιαφέρον.

Το κυριότερο καύσιμο για τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από βιομάζα είναι το βιοαέριο, το οποίο συνήθως προέρχεται από γεωργικές ή κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Οι πιο συνηθισμένες μορφές του βιοαερίου προέρχονται από την επεξεργασία κοπριάς ή άλλων κτηνοτροφικών λυμάτων. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα, τα υποπροϊόντα από την υλοτομία καθώς και από βιομηχανικές μονάδες οι οποίες επεξεργάζονται ξυλεία.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι είναι σχετικά εύκολο να βρίσκεται σημαντική διαθεσιμότητα καυσίμων για σταθμούς βιομάζας. Αν και ενδιαφέρουσα σαν επιλογή, η βιομάζα εμφανίζει δύο σημαντικά μειονεκτήματα, τα οποία έχουν οδηγήσει στο συγκρατημένο βαθμό εκμετάλλευσής της:

- κόστος για τη συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία της καύσιμης ύλης στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας
- μικρή ενεργειακή πυκνότητα των πρώτων υλών, το οποίο συνεπάγεται την ανάγκη για συλλογή, μεταφορά και επεξεργασία πολύ μεγάλων ποσοτήτων καυσίμου [15, 16]

Στο Γράφημα 6 φαίνεται η εγκατεστημένη ισχύς σταθμών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. Παρατηρούμε πως οι ΗΠΑ και η Κίνα είναι οι πρωτοπόροι στην εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα. [28]



Γράφημα 6: Εγκατεστημένη ισχύς σταθμών παραγωγής ενέργειας από βιομάζα [28]

#### 2.4.5 Γεωθερμία

Η γεωθερμία ή γεωθερμική ενέργεια είναι μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία είναι ανεξάντλητη και δεν εμφανίζει τον ίδιο στοχαστικό χαρακτήρα που εμφανίζουν οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας, καθώς βασίζεται στην εκμετάλλευση της θερμότητας της Γης.

Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν τοποθεσίες όπου ρέουν θερμά ύδατα σε συγκεκριμένο βάθος.

Όπου αυτά δεν εκμεταλλεύονται για την παραγωγή ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας μπορούμε να πούμε πως η γεωθερμική ενέργεια απορρίπτεται στη θάλασσα.

Επιπλέον, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η γεωθερμία μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερους συντελεστές διάρκειας παραγωγής κατά έτος, της τάξης του 92% και άνω.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η ετήσια εκτιμώμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ένα γεωθερμικό σύστημα ισχύος 1MW υπολογίζεται σε περίπου 4MW. [15, 16]

#### 2.4.6 Θαλάσσια ενέργεια

Η κυματική ενέργεια είναι μια πηγή ανανεώσιμης ενέργειας η οποία δεν βρίσκει μεγάλη εφαρμογή, καθώς οι περισσότερες σχετικές διατάξεις βρίσκονται ακόμη σε ερευνητικό στάδιο.

Η κυματική ή θαλάσσια ενέργεια είναι ανεξάντλητη και δεν εκπέμπονται ρύποι από την εκμετάλλευσή της.

Σε αντιστοιχία και με τις υπόλοιπες ΑΠΕ, πέραν της γεωθερμίας που αναφέρθηκε προηγουμένως, η κυματική ενέργεια έχει στοχαστικό χαρακτήρα, δηλαδή δεν παρέχει σταθερά ηλεκτρική ενέργεια, ενώ η πυκνότητά της είναι μικρή.

Με λίγα λόγια, δεν μπορούμε να αναμένουμε μεγάλη και σταθερή παραγωγή ενέργειας.

Εξαιτίας της μικρής πυκνότητας αυτής της πηγής ενέργειας, για να παραχθούν εκμεταλλεύσιμες ποσότητες ενέργειας θα πρέπει να εγκατασταθούν διατάξεις σε μεγάλες θαλάσσιες εκτάσεις.

Για την παραγωγή ενέργειας, μέσω της κυματικής ενέργειας, εκμεταλλευόμαστε τον θαλάσσιο κυματισμό, ο οποίος όταν συμβαίνει συνεπάγεται την κίνηση τεράστιων υδάτινων ποσοτήτων.

Από τα παραπάνω δεδομένα κρίνουμε ότι είναι δύσκολη η αξιοποίηση της κυματικής ενέργειας επί του παρόντος και με τις υφιστάμενες διατάξεις.

Κλείνοντας, η κυματική ενέργεια μπορεί να έχει τις εξής μορφές:

- θαλάσσια ή παλιρροϊκή ενέργεια
- θερμική ενέργεια μέσω εκμετάλλευσης της διαφοράς στη θερμοκρασία της θάλασσας σε διαφορετικά βάθη
- εκμετάλλευση της διαφοράς στην αλατότητα του νερού, η οποία συναντάται συνήθως σε εκβολές ποταμών [16]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΠΕ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΗΕ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφερθήκαμε στις διάφορες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και παραθέσαμε στοιχεία αναφορικά με τη διείσδυσή τους παγκοσμίως. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εστιάσουμε στο ελληνικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, όπου θα δώσουμε σχετικά στοιχεία.

#### 3.1 Δομή Ελληνικού Ηλεκτρικού Δικτύου

##### 3.1.1 Παραγωγή (Production)

Η κύρια δομή ενός ηλεκτρικού δικτύου, όπως και του ελληνικού, ξεκινάει από τους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής οι οποίοι παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια με τάση 15kV ή 20 kV.

Συνέχεια έχουν οι υποσταθμοί ανύψωσης της τάσης στο επίπεδο τάσης του συστήματος μεταφοράς.

Με τον τρόπο αυτό, οι απώλειες που έχουμε είναι μικρότερες σε πολύ μεγάλες αποστάσεις από τις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης, καθώς οι σταθμοί παραγωγής είναι συνήθως αρκετά μακριά από τα μεγάλα αστικά κέντρα.

##### 3.1.2 Μεταφορά (Transmission)

Το ελληνικό σύστημα μεταφοράς αποτελείται από γραμμές υψηλής (66kV και 150kV) και υπερυψηλής τάσης (400kV).

Οι κύριες αυτές γραμμές συνδέουν τα δύο άκρα της ηπειρωτικής Ελλάδας, μεταφέροντας την παραγόμενη ενέργεια από τα ενεργειακά πεδία που αναφέραμε παραπάνω.

Στο σύστημα μεταφοράς ανήκουν και οι υποσταθμοί μεταφοράς (transmission substations) - υποσταθμοί υποβιβασμού ΥΤ/ΜΤ για διασύνδεση με το σύστημα

διανομής και υποσταθμοί ανύψωσης ΜΤ/ΥΤ για τη διασύνδεση σταθμών παραγωγής ενέργειας ή ανεξάρτητων παραγωγών ενέργειας ή και μονάδων ΑΠΕ.

### 3.1.3 Διανομή (Distribution)

Το δίκτυο διανομής αποτελείται από τους υποσταθμούς διανομής (distribution substations) - υποσταθμούς υποβιβασμού ΜΤ/ΧΤ, και τις γραμμές διανομής και έχει το ρόλο της διανομής της ενέργειας από το σύστημα μεταφοράς και πιο συγκεκριμένα από τα Κ.Υ.Τ. στους τελικούς καταναλωτές.

Η ενέργεια μπορεί να φτάνει σε αυτούς με γραμμές χαμηλής τάσης (220V ή 380V), αν π.χ. αφορά σε αστικά δίκτυα, ή με γραμμές μέσης τάσης (20kV) αν αφορά σε βιομηχανικούς καταναλωτές.

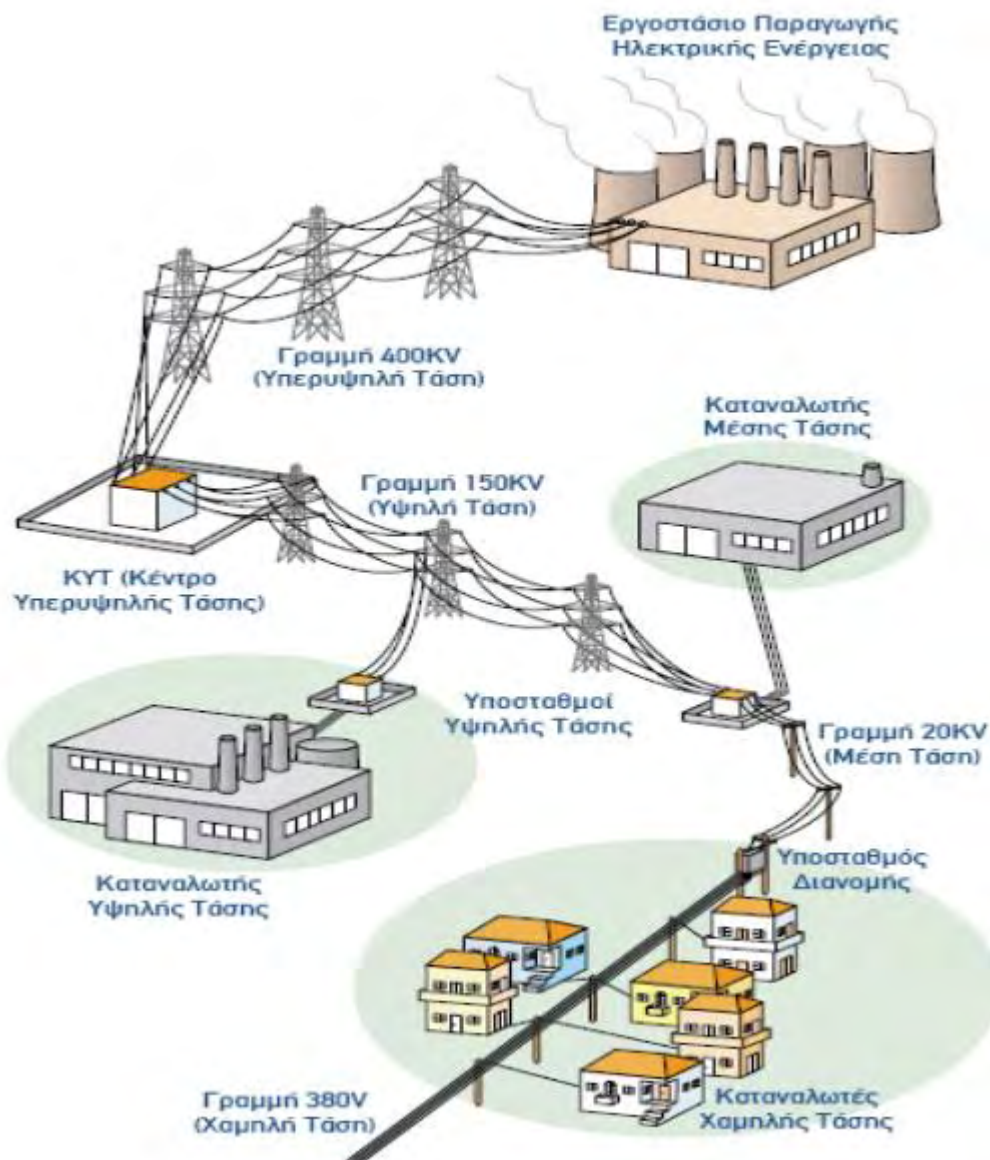
### 3.1.4 Κατανάλωση (Consumption)

Στο ελληνικό Σ.Η.Ε. διακρίνονται καταναλωτές βάσει της χρήσης της ενέργειας και βάσει του επιπέδου τάσης στο οποίο λαμβάνουν την ενέργεια.

Έτσι, διακρίνουμε οικιακούς και επαγγελματικούς καταναλωτές που τροφοδοτούνται από το δίκτυο διανομής με γραμμές ΧΤ (220V ή 380V) και βιομηχανικούς καταναλωτές που τροφοδοτούνται από το δίκτυο διανομής με γραμμές ΜΤ (20kV).

Επιπλέον, υπάρχουν και βιομηχανικοί καταναλωτές οι οποίοι τροφοδοτούνται από το σύστημα μεταφοράς με ΥΤ (66kV και 150kV) ή ΥΥΤ (400kV) και διαθέτουν δικά τους ΚΥΤ ή υποσταθμούς. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι οι βιομηχανικές μονάδες της ΤΙΤΑΝ Α.Ε. και της Αλουμίνιον Ελλάδας Α.Ε.

Η Εικόνα 5 αποτελεί μια πλήρη απεικόνιση της διαδρομής που ακολουθεί το ηλεκτρικό ρεύμα από την παραγωγή έως την κατανάλωση.



Εικόνα 5: Διαδικασία από την παραγωγή στην κατανάλωση [31]

Από τις 31 Δεκεμβρίου 2013, το Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας περιλαμβάνει 11.232 χιλιόμετρα γραμμών μεταφοράς και 331 υποσταθμούς και ΚΥΤ με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 55.391 MVA:

- 2677 χιλιόμετρα γραμμών 400 kV (εναέριων και υπόγειων)
- 107 χλμ. Γραμμών D.C. 400 kV (εναέρια και υποβρύχια)
- 8393 χιλιόμετρα γραμμών 150 kV (εναέρια, υποβρύχια και υπόγεια)
- 54 χλμ γραμμών 66 kV (εναέρια, υποθαλάσσια και υπόγεια) [29, 30]

Επίσης, πρέπει να αναφέρουμε ότι το ελληνικό ΣΗΕ αποτελείται από το διασυνδεδεμένο και το μη-διασυνδεδεμένο δίκτυο.

Στο διασυνδεδεμένο δίκτυο (Εικόνα 6) ανήκει όλη η ηπειρωτική Ελλάδα, η Εύβοια, τα νησιά του Ιονίου Πελάγους κ.α., ενώ στο μη διασυνδεδεμένο δίκτυο ανήκουν τα περισσότερα νησιά του Αιγαίου συμπεριλαμβανομένης της Ρόδου και της Κρήτης. Να σημειωθεί πως λόγω του υπερβολικά υψηλού κόστους παραγωγής ισχύος στα νησιά του μη διασυνδεδεμένου δικτύου, κρίνεται απαραίτητη η διασύνδεσή τους με την ηπειρωτική Ελλάδα.

Όσον αφορά τα νησιά του Αιγαίου, η Άνδρος και η Τήνος τροφοδοτούνται ήδη από το διασυνδεδεμένο σύστημα, μέσω καλωδίου 150kV που συνδέει την Άνδρο με τη Νότια Εύβοια και υπολογίζεται ότι εξασφαλίζεται μείωση ύψους 80 εκατ. ευρώ, σε ετήσια βάση. Ακόμη, με την εγκατάσταση του δεύτερου υποβρυχίου καλωδίου εναλλασσόμενου ρεύματος 150kV στο τμήμα Λαυρίου-Σύρου, αναμένεται να ολοκληρωθεί εντός του 2020 η ηλεκτροδότηση των νησιών Σύρος, Πάρος, Νάξος, Μύκονος. Το έργο θα ολοκληρωθεί με τις επόμενες φάσεις και την διασύνδεση των υπόλοιπων νησιών του Αιγαίου. Πρόκειται για ένα project προϋπολογισμού περίπου 3 δισ. ευρώ με ορίζοντα ολοκλήρωσης το 2030.

Σε τροχιά ολοκλήρωσης μπαίνει και η ηλεκτρική διασύνδεση Κρήτης-Πελοποννήσου που προγραμματίζεται να λειτουργήσει εντός του 2020 και είναι ευθυγραμμισμένη με τον Εθνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό που έχει ως στόχο τη σημαντική αύξηση της συμμετοχής των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της χώρας και την απόσυρση όλων των λιγνιτικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής έως το 2028. Επισημαίνεται ότι πρόκειται για τη μεγαλύτερη σε μήκος καλωδιακή διασύνδεση εναλλασσόμενου ρεύματος σε όλο τον κόσμο, η οποία περιλαμβάνει την πόντιση υποβρυχίου καλωδίου 132 χλμ σε βάθος έως 1.000 μέτρων.

Το σχέδιο θα ολοκληρωθεί και με την διασύνδεση Κρήτης-Αττικής για την οποία οι διαγωνιστικές διαδικασίες βρίσκονται σε πλήρη εξέλιξη. Με την υποβρύχια αυτή διασύνδεση θα εξασφαλιστεί η πλήρης ενεργειακή επάρκεια και ευστάθεια του νησιού.





Τέλος, το ελληνικό ΣΗΕ είναι διασυνδεδεμένο με αυτό της Αλβανίας, Βουλγαρίας, Ιταλίας, Τουρκίας και Βόρειας Μακεδονίας. Οι διεθνείς αυτές διασυνδέσεις χρησιμοποιούνται για την καλύτερη εξισορρόπηση της ζήτησης φορτίου, ενώ μέσω αυτών γίνεται τόσο εισαγωγή όσο και εξαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. [32,33, 34]

### **3.2 Παραγωγή Ενέργειας στο Ελληνικό Ηλεκτρικό Δίκτυο**

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1 του προηγούμενου κεφαλαίου για το μίγμα καυσίμου για την Ελλάδα κατά το έτος 2018, διακρίνουμε πως η παραγωγή ενέργειας στο ελληνικό ηλεκτρικό δίκτυο για το διασυνδεδεμένο σύστημα γίνεται σε ποσοστό κοντά στο 28% από καύση λιγνίτη σε μεγάλες θερμικές μονάδες και σχεδόν 30% από καύση φυσικού αερίου σε μονάδες οι οποίες είναι διεσπαρμένες ανά την επικράτεια.

Ποσοστό περί το 12% προέρχεται από διασυνδέσεις με άλλες χώρες, ενώ ποσοστό κοντά στο 30% προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης και της υδροηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό 9,53%.

Ειδικά για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται σε ποσοστό περί το 82,3% από καύση πετρελαίου και στο υπόλοιπο 17,7% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, ένα σημαντικό ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται σε μεγάλες θερμικές μονάδες οι οποίες καίνε λιγνίτη. Από αυτή την ενέργεια, το 70% παράγεται στο πεδίο της Δυτικής Ελλάδας (Πτολεμαΐδα), ενώ το υπόλοιπο παράγεται στο πεδίο της Μεγαλόπολης και κατόπιν διανέμεται σε όλη την επικράτεια.

Υπάρχουν συνολικά 32 αυτόνομα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας στα οποία εντάσσονται όλα τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, σχηματίζοντας συμπλέγματα ή και μόνα τους.

Πιο συγκεκριμένα, η ΡΑΕ - Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας διακρίνει:

- 19 αυτόνομα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας μικρού μεγέθους, όπου η αιχμή της ζήτησης φορτίου φτάνει έως 10MW
- 11 αυτόνομα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας μέσου μεγέθους, με την αιχμή της ζήτησης έως τα 100MW

- 2 μεγάλου μεγέθους, την Κρήτη και τη Ρόδο, όπου η αιχμή της ζήτησης φορτίου ξεπερνά τα 100MW

Στα μη διασυνδεδεμένα νησιά λειτουργούν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση μαζούτ, ντίζελ και φυσικού αερίου. Βασικός λόγος μη επιτυχίας διασύνδεσης των νησιών αυτών μέχρι σήμερα είναι οι τεχνικές και τεχνολογικές δυσκολίες καθώς και οι οικονομικές δυσκολίες, αφού οι διασυνδέσεις είναι έργα μεγάλης έντασης κεφαλαίου. [35]

Σχετικά με τη διείσδυση των ΑΠΕ στο ελληνικό ΣΗΕ, αξίζει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν ήδη σε λειτουργία πολλοί φωτοβολταϊκοί σταθμοί αλλά και αιολικά πάρκα.

Επιπλέον, αξίζει να αναφέρουμε ότι η νομοθεσία περιορίζει την μέγιστη ισχύ μονάδων ΑΠΕ στο μη διασυνδεδεμένο δίκτυο, με αποτέλεσμα η ηλεκτρική διασύνδεση της Κρήτης με το διασυνδεδεμένο δίκτυο να είναι βαρύνουσας σημασίας.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο ελληνικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται από διάφορες μορφές ενέργειας, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές μονάδες παραγωγής ενέργειας και τίθενται σε λειτουργία με διαφορετικά κριτήρια π.χ. φορτία βάσης και φορτία αιχμής.

Οι μονάδες βάσης στο ελληνικό ΣΗΕ είναι οι μεγάλοι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί, καθώς έχουν μεγάλο χρόνο προθέρμανσης ή ψύξης για θέση σε λειτουργία ή εκτός λειτουργίας, και οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, εκτός από περιόδους μεγάλων αιχμών, όπου αναλαμβάνουν κατά τόπους το ρόλο των μονάδων αιχμής.

Οι μονάδες ΑΠΕ είναι μονάδες που καλύπτουν φορτία αιχμής, διότι η παραγωγή ενέργειας τους έχει έντονα στοχαστικό χαρακτήρα. Οι κύριες μονάδες αιχμής που βασίζονται σε συμβατικές πηγές ενέργειας, είναι οι σταθμοί που χρησιμοποιούν καύσιμο φυσικό αέριο, μαζούτ και ντίζελ καθώς μπορούν να φτάσουν στην ονομαστική τους ισχύ σε μικρό χρονικό διάστημα.

### 3.3 Ενεργειακό Μείγμα Παραγωγής στην Ελλάδα

Σε αυτή την παράγραφο παραθέτουμε στοιχεία για τις διάφορες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται στο ελληνικό ΣΗΕ από τον Διαχειριστή Α.Π.Ε. και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ), ο οποίος είναι ο αρμόδιος φορέας για τη Διαχείριση των Α.Π.Ε. στην Ελλάδα.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται τέσσερις κύριες μορφές ΑΠΕ όπως παρατηρούμε και στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7: Ενεργειακό Μείγμα Παραγωγής, Ελλάδα 2018 [36]

Παρατηρούμε ότι για το 2018 στην χώρα μας σχεδόν το 70% του ενεργειακού μείγματος παραγωγής προήλθε από συμβατικές πηγές ενέργειας (Φυσικό Αέριο - 29,95%, Λιγνίτης - 29,28%, Πετρέλαιο - 9,01%).

Επί της συνολικής παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2018, το 12,38% προήλθε από αιολική ενέργεια, το 11,29% από υδροηλεκτρική ενέργεια και το 7,46% από ηλιακή ενέργεια.

Αξίζει να αναφερθεί ότι το 0,59% προήλθε από μονάδες καύσης βιομάζας. [36]

### 3.3.1 Ευρωπαϊκοί Στόχοι: 20 – 20 - 20

Η δέσμη μέτρων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το κλίμα και την ενέργεια, είναι γνωστή και ως 20 – 20 – 20, καθώς στα πλαίσια αυτής της δέσμης μέτρων θεσπίστηκαν τρεις εθνικοί, δεσμευτικοί στόχοι για όλα τα κράτη μέλη της Ε.Ε. στην κατεύθυνση καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής και αναστροφής των αρνητικών επιπτώσεων αυτής.

Οι τρεις στόχοι που τέθηκαν είναι οι εξής:

- 20% μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (σε σχέση με τα επίπεδα του 1990)
- 20% αύξηση του ποσοστού ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές για την κάλυψη των αναγκών της Ευρώπης
- 20% περισσότερη αποτελεσματικότητα στην χρήση ενέργειας σε όλη την ΕΕ έως το 2020 [37]

Κάθε κράτος λοιπόν (μαζί και η Ελλάδα), καλείται να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που του προσφέρει το φυσικό δυναμικό που διαθέτει σε τεχνολογίες ΑΠΕ και να διαμορφώσει ένα νέο μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης.

Παράλληλα, η επίτευξη των στόχων θα συνεισφέρει στην ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού, στη βέλτιστη αξιοποίηση φυσικών πόρων και στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας βασικών κλάδων της οικονομίας κάθε κράτους.

Για την χώρα μας συγκεκριμένα, το ζητούμενο ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή θα μπορέσει να επιτευχθεί μόνο με τη συνδυαστική εφαρμογή θεσμικών, οικονομικών και τεχνολογικών μέτρων που έχουν ως βασικό σκοπό την ολοκλήρωση των αναγκαίων εργασιών επέκτασης και αναβάθμισης του ηλεκτρικού δικτύου. Τέτοια έργα είναι η ηλεκτρική διασύνδεση των μη διασυνδεδεμένων νησιών του Αιγαίου με το διασυνδεδεμένο σύστημα, η δημιουργία μεγάλων έργων ΑΠΕ και η σταδιακή ανάπτυξη ενός διεσπαρμένου τρόπου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

### 3.3.2 Προβλήματα για την περαιτέρω διείσδυση Α.Π.Ε. στο ελληνικό Σ.Η.Ε.

Όπως προαναφέραμε, η υδροηλεκτρική, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια είναι οι πιο διαδεδομένες στο ελληνικό Σ.Η.Ε., ωστόσο είναι πιθανόν η διείσδυσή τους να πλησιάζει σε τέλμα για τεχνικούς κυρίως λόγους:

- ο στοχαστικός χαρακτήρας τους καθιστά αδύνατη ακόμη και τη βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη της παραγόμενης ισχύος με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η πρόβλεψη φορτίου ολόκληρου του Σ.Η.Ε.
- κάποιες μονάδες παραγωγής ενέργειας, συμπεριλαμβανόμενων των υδροηλεκτρικών και φωτοβολταϊκών αλλά όχι των αιολικών, έχουν εκ των προτέρων συμφωνήσει για την απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας. Στα αιολικά πάρκα όμως, συνήθως περιορίζεται η παραγόμενη ισχύς καθώς δεν υπάρχει ταυτόχρονα μεγάλη ζήτηση στα απομακρυσμένα μέρη που γίνεται και η παραγωγή όπως δεν υπάρχει και ικανότητα μεταφοράς
- η ανάγκη για την συνεχή παρακολούθηση των μεταβολών του φορτίου καθώς σε συνθήκες μεγάλης διείσδυσης οι μεταβολές της παραγωγής δυσχεραίνουν την επίτευξη του ισοζυγίου και τη διατήρηση σταθερής συχνότητας

Οι παραπάνω παράγοντες συνοψίζουν την αβεβαιότητα που εισάγουν οι Α.Π.Ε. στη λειτουργία του Σ.Η.Ε., η οποία αβεβαιότητα είναι αντίθετη με την απαιτούμενη ευστάθεια, αξιοπιστία και εξισορρόπηση της ζήτησης φορτίου, χαρακτηριστικά απαραίτητα για την ορθή λειτουργία των Σ.Η.Ε..

Στο κεφάλαιο 4.4 γίνεται εκτενής αναφορά στη διεσπαρμένη παραγωγή και στη διεσπαρμένη αποθήκευση ενέργειας από Α.Π.Ε., λύσεις οι οποίες μπορούν να δείξουν το δρόμο στην επίλυση των παραπάνω περιορισμών για την περαιτέρω διείσδυση των Α.Π.Ε. [44, 45]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ - ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

#### 4.1 Εισαγωγή στο Έξυπνο Δίκτυο

Με τον απλό όρο Δίκτυο ορίζουμε το ηλεκτρικό σύστημα που υποστηρίζει όλες τις παρακάτω λειτουργίες:

- Παραγωγή Ενέργειας
- Μεταφορά Ενέργειας
- Διανομή Ενέργειας
- Έλεγχος Ενέργειας

Ο όρος Έξυπνο (ή Ευφυές) Δίκτυο - ή αλλιώς Δίκτυο του Μέλλοντος – αναφέρεται σε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί διάφορες προηγμένες τεχνολογίες επικοινωνιών, αυτοματοποιημένου ελέγχου, αυτοματοποιημένες συσκευές μέτρησης και γενικά εφαρμογές οι οποίες κάνουν το ήδη υπάρχον δίκτυο περισσότερο αξιόπιστο, αποδοτικό, εξυπηρετικό, ασφαλές, ανθεκτικό και ουσιαστικά πιο ωφέλιμο για τον καταναλωτή αλλά και για το ίδιο το δίκτυο λόγω των αρκετών πλεονεκτημάτων που παρέχει.

Σύμφωνα με τον ορισμό της IEEE, ένα Έξυπνο Δίκτυο (Smart Grid) είναι ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο είναι αυτόνομο και καθιστά εφικτή τη διασύνδεση πολλών παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας, ανεξάρτητα από την ισχύ του καθενός.

Το Έξυπνο Δίκτυο εφαρμόζει τεχνικές αυτόματου ελέγχου, με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορεί να λαμβάνει μόνο του αποφάσεις για την τοπολογία του δικτύου, π.χ. σε περιπτώσεις βλαβών, και να εξασφαλίζει την συνεχή και ομαλή ηλεκτροδότηση των τελικών χρηστών.

Παράλληλα, απαιτεί λιγότερο ανθρώπινο δυναμικό για τη διαχείρισή του. [38]

Είναι ένα επίτευγμα το οποίο στοχεύει στην αυξημένη ενεργειακή ασφάλεια, καθώς μπορεί να προσφέρει ενέργεια στους τελικούς χρήστες πιο αξιόπιστα χάρη στην απομακρυσμένη εποπτεία τους αλλά και χάρη στη δυνατότητα αυτόματης λήψης αποφάσεων για την αποδοτικότερη μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Επίσης, υποστηρίζει τη μετάβαση σε ένα μοντέλο διεσπαρμένης παραγωγής και διεσπαρμένης αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

Συγκεκριμένα το Έξυπνο Δίκτυο, με την χρήση των αισθητήρων και των πληροφοριών που θα στέλνονται σε πραγματικό χρόνο μέσω συστημάτων SCADA, θα μπορεί να αποκαταστήσει γρήγορα και αυτόματα την διακοπή ρεύματος που προκλήθηκε σε μια περιοχή (π.χ. από την πτώση ενός δέντρου στις γραμμές) αφού θα γνωρίζει το ακριβές σημείο που έγινε αυτό και θα μπορεί να απομονώσει τη βλάβη και να παρακάμψει το σημείο αυτό.

Ακόμη, με την εφαρμογή των έξυπνων μετρητών οι καταναλωτές θα έχουν την δυνατότητα μέτρησης της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και θα μπορούν να ελέγχουν τις ώρες αιχμής και να ρυθμίζουν το τιμολόγιο τους - όπως να χρησιμοποιούν το πλυντήριο τις ώρες που το ρεύμα είναι πιο φτηνό - με αποτέλεσμα να έχουν χαμηλότερο κόστος κατανάλωσης. Με τον τρόπο αυτό θα αποτρέπονται και οι διακοπές ρεύματος στις ώρες αιχμής αφού το δίκτυο δεν θα πιέζεται υπερβολικά.

Επιπλέον, με την ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο Ευφυές Δίκτυο, οι καταναλωτές θα έχουν την δυνατότητα να αγοράζουν την ενέργεια που παράγεται ή και ακόμη να πουλάνε οι ίδιοι, εφόσον αυτή επαρκεί, εκμεταλλευόμενοι την αμφίδρομη μεταφορά ενέργειας και πληροφοριών του δικτύου διανομής.

Καθίσταται, λοιπόν, εφικτή η μετάβαση σε ένα νέο μοντέλο εμπορίας και τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας στο οποίο η τιμή συστήματος θα καθορίζεται δυναμικά και οι παραγωγοί ενέργειας θα μπορούν να διαθέτουν τυχόν περίσσεια παραγόμενης ενέργειας στο χρόνο κατά τον οποίο η τιμή είναι υψηλότερη.

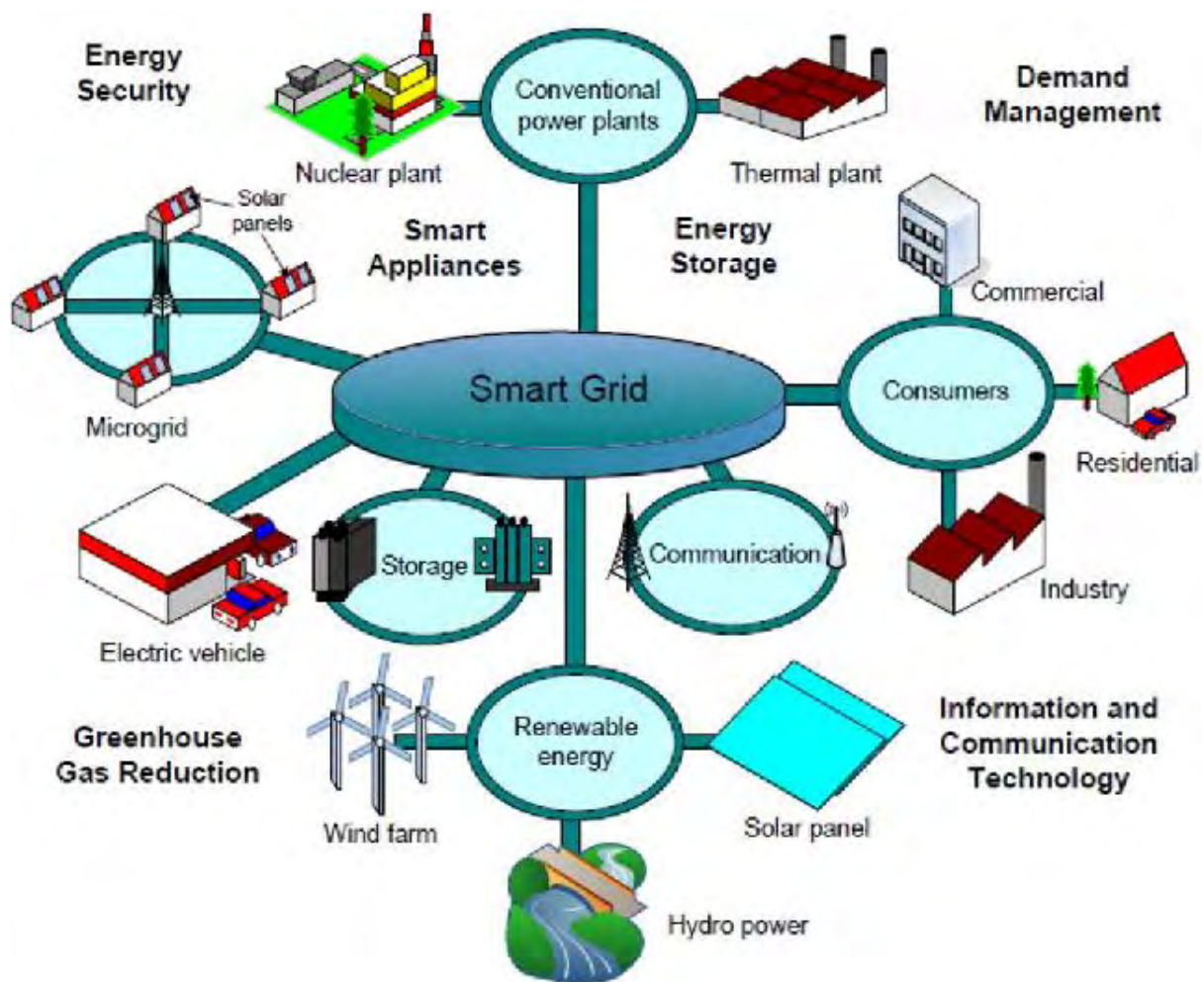
Σε αυτό το πλαίσιο, τα Έξυπνα Δίκτυα εισάγουν ένα νέο μοντέλο τελικού χρήστη ο οποίος θα μπορεί να διαμορφώνει την προμήθεια ή πώληση ηλεκτρικής ενέργειας



βάσει των στοιχείων που συλλέγει από τον έξυπνο μετρητή του και από τον διαχειριστή του δικτύου.

Τέλος, με την χρήση των ΑΠΕ το δίκτυο θα μετατραπεί σε πιο σταθερό και αποδοτικό και με θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον αφού θα καίγονται λιγότερα ή και καθόλου ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας.

Στην Εικόνα 8 βλέπουμε την τυπική αρχιτεκτονική ενός Έξυπνου Δικτύου, στην οποία οι μονάδες ΑΠΕ έχουν βασικό ρόλο.



Εικόνα 8: Τυπική δομή ενός έξυπνου δικτύου [41]

Η μετάβαση στα Έξυπνα Δίκτυα κατέστη δυνατή χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας στους κλάδους της ηλεκτρονικής, των υπολογιστών, του αυτόματου ελέγχου, των επικοινωνιών κ.α.

Χάρη σε αυτά τα επιτεύγματα καθίσταται δυνατή η συλλογή δεδομένων από όλα τα τμήματα του δικτύου (καταναλωτές, παραγωγοί, γραμμές, υποσταθμοί), η μετάδοσή τους σε ένα κέντρο τηλεμέτρησης, η μηχανική λήψη αποφάσεων και η αυτόματη εποπτεία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Ένας σημαντικός περιοριστικός παράγοντας, σήμερα, στην αποδοτική λειτουργία των παραδοσιακών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας είναι η έλλειψη υψηλής ακρίβειας στην πρόβλεψη της ζήτησης φορτίου.

Τα Έξυπνα Δίκτυα μπορούν να τροφοδοτούν τον διαχειριστή του δικτύου με στοιχεία σε πραγματικό χρόνο και τα στοιχεία αυτά μπορούν να εισάγονται στα υφιστάμενα μοντέλα πρόβλεψης ζήτησης φορτίου ώστε να βελτιωθεί η ακρίβειά τους.

Ακριβέστερη πρόβλεψη ζήτησης φορτίου σημαίνει και καλύτερος προγραμματισμός λειτουργίας των μονάδων παραγωγής ενέργειας, φόρτιση του συστήματος μεταφοράς στο βαθμό όπου αυτό είναι απαραίτητο και εν τέλει επίτευξη καλύτερης τιμής συστήματος.

Αυτό συμβαίνει καθώς τυχόν απώλειες ενέργειας, λόγω ρευματοκλοπών ή τεχνικών ζητημάτων, και περίσσεια παραγωγής δεν τιμολογείται στους τελικούς χρήστες όμως επιβαρύνει το σύστημα με το κόστος παραγωγής της με αποτέλεσμα να οδηγεί σε πλασματικά υψηλότερη τιμή συστήματος.

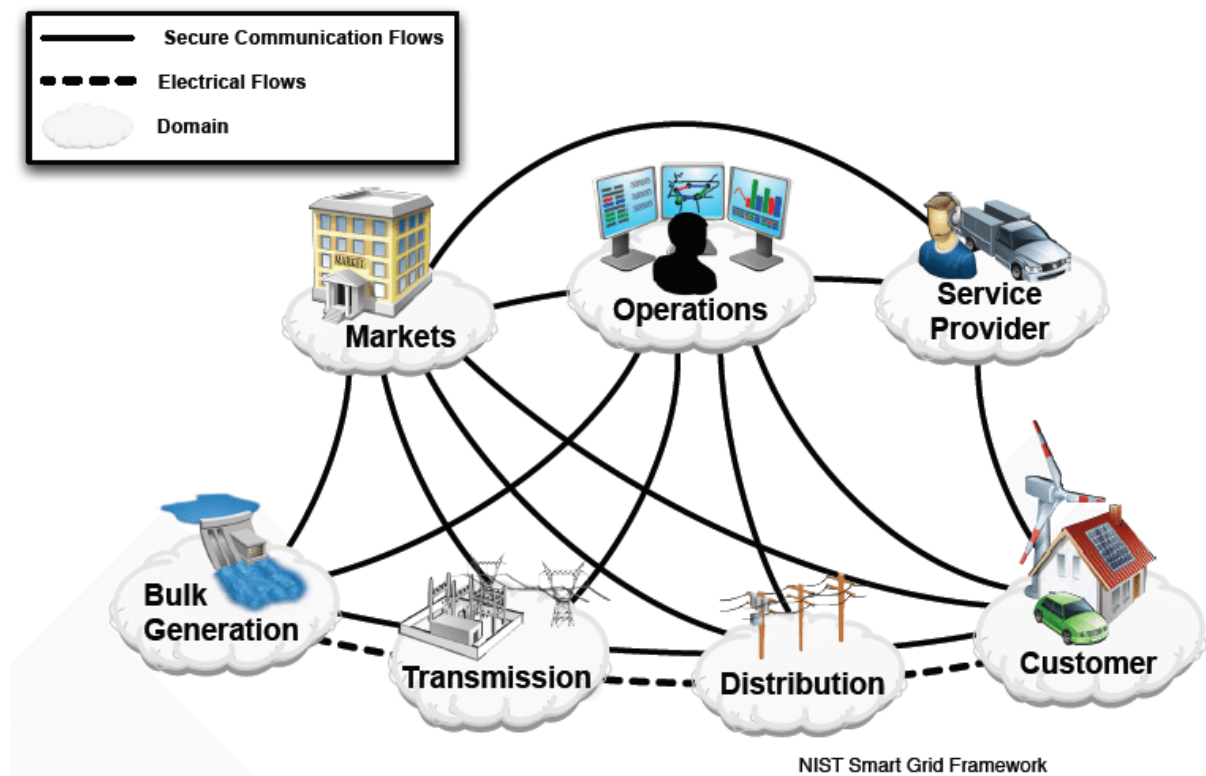
Μάλιστα σε περίπτωση όπου μεταβούμε σε δίκτυα διεσπαρμένης παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, αναμένεται περαιτέρω αποκλιμάκωση της τιμής συστήματος καθώς αναμένεται ακόμη λιγότερη φόρτιση του συστήματος μεταφοράς, κι αυτό διότι η ενέργεια θα παράγεται σε μικρότερη απόσταση από το σημείο όπου αυτή καταναλώνεται, ως εκ τούτου μειωμένες απώλειες ενέργειας.

[30, 37, 38, 39, 40, 42, 43]

## 4.2 Δομή Smart Grid - Microgrid

Σε αυτή την παράγραφο αναφερόμαστε στη δομή ενός Έξυπνου Δικτύου, βασιζόμενοι σε έναν δημοφιλή ορισμό που έχει δοθεί από το Υπουργείο Εμπορίου των ΗΠΑ.

Σύμφωνα με αυτόν, τα Έξυπνα Δίκτυα συχνά αναφέρονται ως ένα σύνολο οντοτήτων, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 9, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο. [46]



Εικόνα 9: Οντότητες που συνθέτουν ένα Έξυπνο Δίκτυο [46]

Το παραπάνω μοντέλο περιγράφει με απλό τρόπο τα βασικά μέρη ενός Έξυπνου Δικτύου τα οποία είναι:

- η αγορά ενέργειας (Markets)
- οι λειτουργίες εποπτείας και παρακολούθησης δικτύου (Operations)

- ο πάροχος δικτύου (Service Provider)
- οι μονάδες παραγωγής ενέργειας (Bulk Generation)
- το σύστημα μεταφοράς και διανομής ενέργειας (Transmission & Distribution)
- ο τελικός χρήστης - καταναλωτής αλλά και παραγωγός (Customer)

Στα Έξυπνα Δίκτυα εκτός από ενέργεια ρέουν και δεδομένα μεταξύ του συστήματος μεταφοράς, διανομής και των μονάδων παραγωγής.

Έπειτα, αυτές οι οντότητες έχουν αμφίδρομη επικοινωνία με την αγορά ενέργειας και με τον διαχειριστή του δικτύου.

Η παραγωγή ενέργειας στα Έξυπνα Δίκτυα γίνεται τόσο κεντρικά όσο και δεσπαρμένα, ενώ η οντότητα των καταναλωτών μπορεί να συμπεριλαμβάνει και δεσπαρμένη αποθήκευση ενέργειας.

Αξίζει να αναφερθεί επίσης, πως οι καταναλωτές λόγω της δυνατότητας τους να παράγουν και να εμπορεύονται ενέργεια ορίζονται στην αγγλική βιβλιογραφία ως Prosumers (Producers + Consumers), Παραγωγοί + Καταναλωτές δηλαδή.

Τέλος, ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να παρακολουθεί τη λειτουργία του Έξυπνου Δικτύου. Σε επόμενο κεφάλαιο θα γίνει εκτενής αναφορά στα συστήματα SCADA για την εποπτεία και τον έλεγχο των έξυπνων δικτύων. [42, 46]

Η κατανεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τους τελικούς χρήστες οδήγησε στην ανάπτυξη ενός νέου όρου, του Μικροδικτύου (Microgrid), το οποίο είναι και από τους ακρογωνιαίους λίθους του μελλοντικού έξυπνου δικτύου.

Ένα μικροδίκτυο είναι ένα τοπικό σύνολο, αποτελούμενο από πηγές ενέργειας και αλληλοσυνδεδεμένα ηλεκτρικά φορτία, το οποίο σε κανονική λειτουργία είναι διασυνδεδεμένο με το παραδοσιακό κεντρικό δίκτυο - μακροδίκτυο (grid-connected mode), αλλά μπορεί επίσης να αποσυνδεθεί και να διατηρήσει την λειτουργία του αυτόνομα (island mode).

Για να επιτευχθεί αυτό υπάρχουν δύο βασικές απαιτήσεις:

1. ένα μικροδίκτυο πρέπει να περιέχει και πηγές αλλά και φορτία υπό τοπικό έλεγχο
2. ένα μικροδίκτυο πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργεί και συνδεδεμένο με το υπόλοιπο δίκτυο (megagrid) αλλά και απομονωμένο από αυτό

Παρακάτω παρατίθεται η Εικόνα 10 για την καλύτερη κατανόηση του μικροδικτύου.



Εικόνα 10: Δομή Μικροδικτύου & Σύνδεση με το υπόλοιπο δίκτυο [48]

Είναι εύκολο να αντιληφθούμε λοιπόν, ότι ένα Smart Grid αποτελείται από πολλά Microgrids για την δημιουργία μιας “Smart City”. [47, 48]

### 4.3 Διαφορές Smart Grids από τα Συμβατικά Δίκτυα

Η σύγκριση μεταξύ έξυπνων δικτύων τα οποία βασίζονται σε prosumers (χρήστες που μπορούν να καταναλώνουν, να παράγουν, να αποθηκεύουν και να εμπορεύονται ενέργεια) και συμβατικών δικτύων, δείχνει ότι οι prosumers συμβάλλουν καθοριστικά στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ευστάθειας του Έξυπνου Ηλεκτρικού Δικτύου.

Χαρακτηριστικά, είναι εφικτός ο αυτόματος έλεγχος καταναλώσεων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αποσυμφόρηση των δικτύων σε ώρες αιχμής και να μειώνεται το κόστος ενέργειας, να επιτυγχάνεται καλύτερη εξισορρόπηση της ζήτησης φορτίου και εν γένει το δίκτυο να λειτουργεί με μεγαλύτερη ευστάθεια, αξιοπιστία και αποδοτικότητα.

Αναφορικά στους Πίνακες 2 και 3 παρουσιάζονται οι κυριότερες διαφορές μεταξύ του παραδοσιακού δικτύου και του Smart Grid.

Πίνακας 2: Βασικές Διαφορές ανάμεσα στο παρόν συμβατικό δίκτυο και το Smart Grid [29]

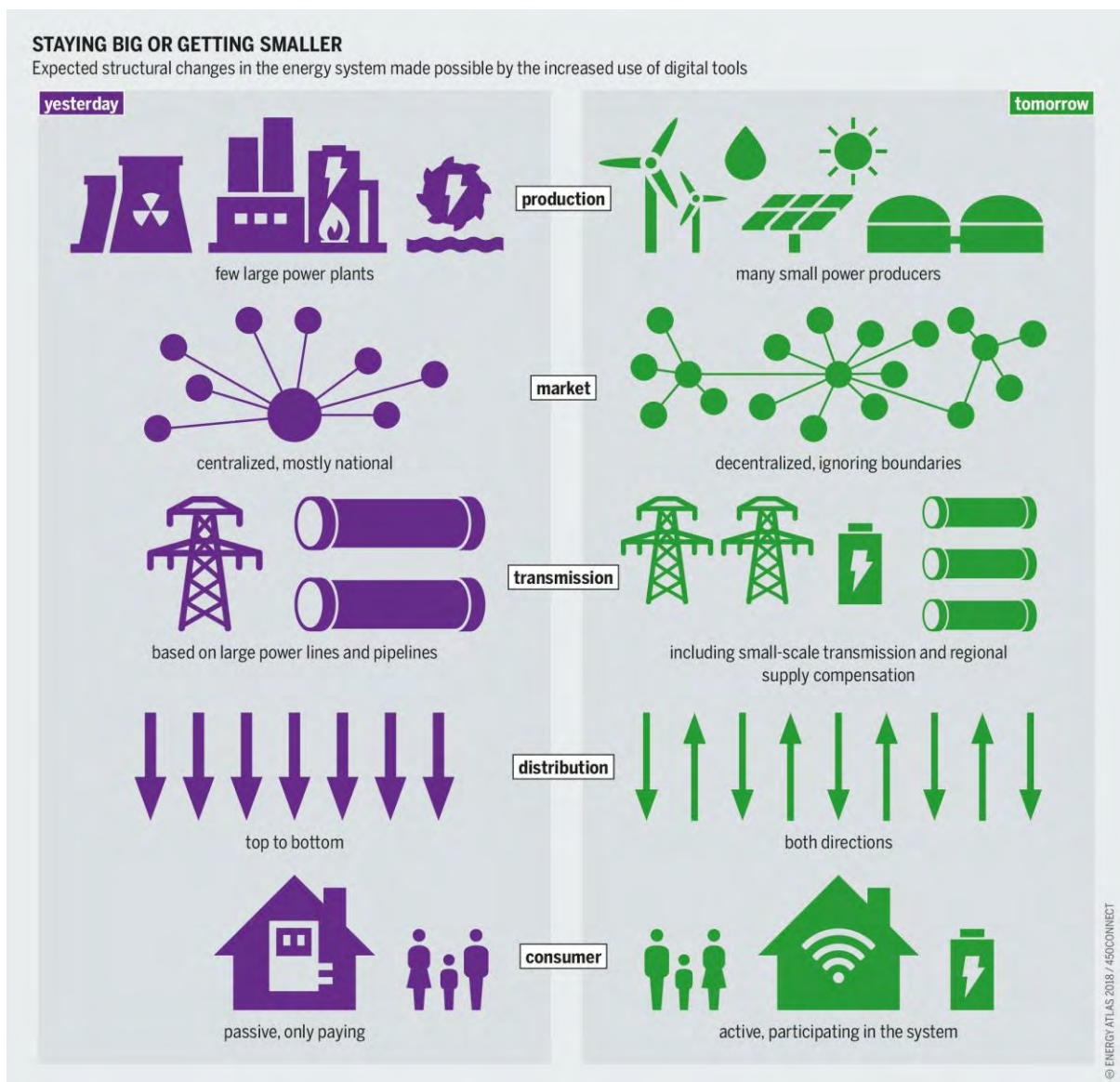
Παρόν Δίκτυο	Smart Grid
Ηλεκτρομηχανικό	Ψηφιακό
Μονής Κατεύθυνσης	Διπλής Κατεύθυνσης
Κεντρική Παραγωγή	Κατανεμημένη Παραγωγή
Ελάχιστοι Σένσορες	Παντού σένσορες
Manual monitoring	Self-monitoring
Manual restoration (χειροκίνητη αποκατάσταση δικτύου)	Self-healing (αυτο-άνοσο σύστημα)
Βλάβες και blackouts	Adaptive and islanding (αυτόνομη λειτουργία)
Περιορισμένος Έλεγχος	Διάχυτος Έλεγχος (Pervasive control)
Ελάχιστες επιλογές πελατών	Πολλές επιλογές πελατών

Τα Έξυπνα Δίκτυα διαφέρουν από τα συμβατικά, στα οποία οι καταναλωτές χρησιμοποιούν ενέργεια από το δίκτυο και καταναλώνουν φορτία που είναι ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ τους.

Στους καταναλωτές αντικαθίστανται οι συμβατικοί μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας με έξυπνους μετρητές που προσφέρουν στον χρήστη την δυνατότητα να μπορούν να διαχειρίζονται έξυπνα τις καταναλώσεις τους, έτσι ώστε να πετυχαίνουν εξοικονόμηση ενέργειας, π.χ. μέσω λειτουργίας φορτίων σε ώρες χαμηλής ζήτησης.

Στον Πίνακα 3 διακρίνονται οι βασικές διαφορές μεταξύ του παραδοσιακού και του έξυπνου δικτύου στην παραγωγή, την αγορά, την μεταφορά, την διανομή και τον καταναλωτή.

Πίνακας 3: Διαφορές μεταξύ του παραδοσιακού δικτύου και του Smart Grid στην παραγωγή, την αγορά, την μεταφορά, την διανομή & τον καταναλωτή [49]



#### 4.3.1 Έξυπνοι Μετρητές

Ο έξυπνος μετρητής είναι ένας προηγμένος μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας (Εικόνα 11) που λαμβάνει δεδομένα από τους τελικούς χρήστες του Έξυπνου Δικτύου, και

μετρά την κατανάλωση ή παραγωγή ενέργειας. Στη συνέχεια στέλνει τα δεδομένα στον διαχειριστή του συστήματος για να είναι αφενός μεν σε θέση να γνωρίζει τις πραγματικές καταναλώσεις σε πραγματικό χρόνο και αφετέρου δε, να μπορεί να τιμολογεί πιο αποδοτικά. Το εύρος των έξυπνων μετρητών είναι μεγάλο και η επιλογή τους γίνεται βάσει των προδιαγραφών κάθε δικτύου, βάσει των μετρούμενων μεγεθών και βάσει της χρήσης για την οποία προορίζονται. Επιπλέον, υπάρχουν μετρητές οι οποίοι ενσωματώνουν επιπρόσθετες λειτουργίες και παρέχουν στον χρήστη περισσότερες δυνατότητες, π.χ. τη δυνατότητα να χειρίζεται τη λειτουργία της εγκατάστασής του απομακρυσμένα ή αυτοματοποιημένα. Ωστόσο, ένας έξυπνος μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας τυπικά αποτελείται από τα παρακάτω δομικά μέρη κι υποσυστήματα και ενσωματώνει τις παρακάτω λειτουργίες:

- ηλεκτρομηχανική διάταξη μέτρησης ηλεκτρικής ενέργειας
- διάταξη επικοινωνίας για την μετάδοση των δεδομένων είτε προς τον χρήστη είτε προς το κέντρο τηλεμέτρησης του διαχειριστή του δικτύου
- υπολογιστικό περιβάλλον για την ανάγνωση και ανάλυση των δεδομένων τοπικά ή απομακρυσμένα, π.χ. στο κέντρο τηλεμέτρησης του διαχειριστή του δικτύου
- οθόνη για την επιτόπια ανάγνωση των δεδομένων
- αυτοματοποιημένο σύστημα για την τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ή παραγόμενης ενέργειας των χρηστών



Εικόνα 11: Τυπικός Έξυπνος Μετρητής [50]



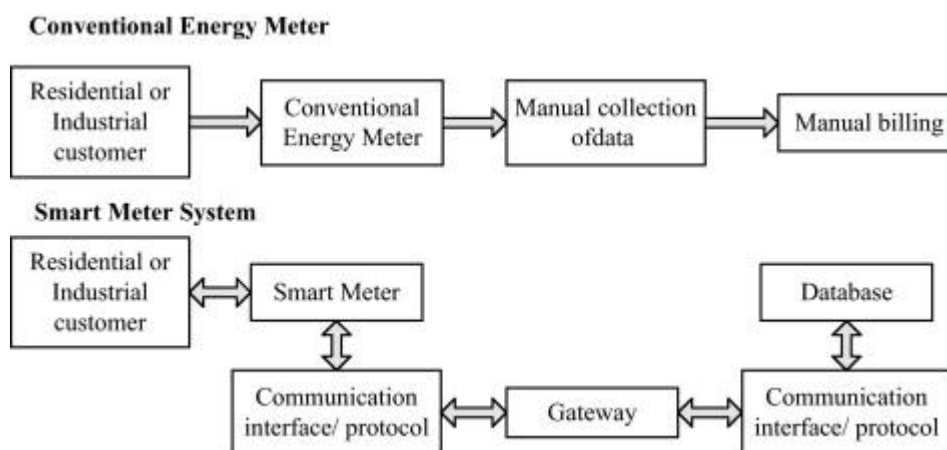
Η ελληνική πολιτεία είναι υποχρεωμένη να προχωρήσει έως το 2020 στην εγκατάσταση έξυπνων μετρητών στο 80% των συνδέσεων του δικτύου, σύμφωνα με οδηγία της Ε.Ε.

Το εγχείρημα όμως έχει “παγώσει”, καθώς το κόστος του σχετικού εκσυγχρονισμού του δικτύου είναι τεράστιο.

Συγκεκριμένα, για την εγκατάσταση 7,5 εκατ. μετρητών πανελλαδικά το κόστος υπολογίζεται να αγγίξει τα 2,5 δις ευρώ, μεγάλο μέρος του οποίου πιθανότατα θα μετακυλιστεί στους καταναλωτές, με την ενσωμάτωση κάποιου ειδικού τέλους στους λογαριασμούς του ηλεκτρικού ρεύματος.

Πάντως, σύμφωνα με τις τελευταίες μελέτες, το εύλογο διάστημα για την αντικατάσταση των παλιών ρολογιών της ΔΕΗ πανελλαδικά είναι μέχρι το 2024. [50, 51, 52, 53]

Στην Εικόνα 12 διακρίνονται οι διαφορές στην αρχιτεκτονική και τον τρόπο λειτουργίας των συμβατικών και των έξυπνων μετρητών.



Εικόνα 12: Τρόπος λειτουργίας συμβατικών και έξυπνων μετρητών [51]

#### 4.4 Διεσπαρμένη Παραγωγή

Η διεσπαρμένη παραγωγή αναφέρεται στην παραγωγή ενέργειας πιο κοντά στο σημείο όπου αυτή καταναλώνεται.

Επί του παρόντος, στην Ελλάδα η παραγωγή ενέργειας γίνεται στο μεγαλύτερο μέρος της σε μεγάλα ενεργειακά πεδία (Δυτική Μακεδονία και Μεγαλόπολη).

Με την ενσωμάτωση των ΑΠΕ, η διεσπαρμένη παραγωγή μπορεί να συμβάλει στην ευστάθεια του συστήματος και στην μείωση των απωλειών οι οποίες οφείλονται στο μεγάλο μήκος των γραμμών του συστήματος μεταφοράς, καθώς οι μονάδες παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ μπορούν να εγκαθίστανται και να λειτουργούν διεσπαρμένα.

Αυτές οι μονάδες χαρακτηρίζονται από χαμηλή εκπομπή αερίων θερμοκηπίου, ενώ η παραγωγή τους δεν είναι εύκολο να προβλεφθεί με μεγάλη ακρίβεια καθώς οφείλεται σε αστάθμητους παράγοντες όπως η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ή η ταχύτητα του ανέμου.

Στην Ελλάδα έχουν εγκατασταθεί πολλές αιολικές και φωτοβολταϊκές μονάδες την τελευταία δεκαετία, αντικατοπτρίζοντας την στροφή στην υποκατάσταση της παραγόμενης ενέργειας από λιγνίτη προς επίτευξη των στόχων 20 – 20 – 20 που αναφέρθηκε στην ενότητα 3.3.

Για την μετρίαση του προβλήματος της στοχαστικότητας που έχουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιούνται έξυπνοι μετρητές όχι μόνο στις ίδιες τις μονάδες παραγωγής από ΑΠΕ αλλά και στους καταναλωτές έτσι ώστε να γίνεται καλύτερη διαχείριση της παραγόμενης «πράσινης» ενέργειας.

Άλλο ένα πλεονέκτημα της διεσπαρμένης παραγωγής είναι η διεσπαρμένη αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκει εφαρμογή στα Έξυπνα Δίκτυα για την ελάττωση των απωλειών ενέργειας, καθώς τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια δεν διοχετεύεται στο δίκτυο με αποτέλεσμα να χάνεται μέσω απωλειών, αλλά

αποθηκεύεται και διοχετεύεται εκ νέου στο δίκτυο όταν το ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης είναι αρνητικό.

Έτσι, το δίκτυο λειτουργεί όχι μόνο πιο αποδοτικά, αλλά και με μεγαλύτερη ευστάθεια, και επιτυγχάνεται καλύτερη εξισορρόπηση φορτίου. Η ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη διεσπαρμένα μπορεί να διοχετευθεί άμεσα στο δίκτυο καλύπτοντας αιχμές στη ζήτηση φορτίου, μειώνοντας τον φόρτο άλλων κεντρικών μονάδων παραγωγής ενέργειας.

Ακόμη, ο συνδυασμός διεσπαρμένης παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας μπορεί να λάβει το ρόλο της κεντρικής μονάδας παραγωγής σε περιπτώσεις γενικού μπλακάουτ. [29, 38, 39, 40, 42, 43]

#### **4.5 Πλεονεκτήματα των Smart Grids από τα Συμβατικά Δίκτυα**

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν όλα τα πλεονεκτήματα συνοπτικά που θα προκύψουν από την μετατροπή των υφιστάμενων ηλεκτρικών δικτύων σε Smart Grids.

Τα Έξυπνα Δίκτυα είναι αυτάρκη, όπως προαναφέραμε, με αποτέλεσμα να μπορούν να διαχειρίζονται αυτόματα έκτακτες καταστάσεις όπως βλάβες ή υπερφορτίσεις (αιχμές).

Μάλιστα, οι απαραίτητες παρεμβάσεις στην τοπολογία του δικτύου μπορούν να γίνονται αυτόματα σε σαφώς μικρότερο χρόνο από ότι στα υφιστάμενα δίκτυα όπου η τοπολογία μπορεί να αλλάξει με αλλαγή της κατάστασης τηλεχειριζόμενων διακοπών ή με επέμβαση συνεργείου για την αλλαγή της κατάστασης χειροκίνητων διακοπών. Παράλληλα, η πιθανότητα λήψης λανθασμένης απόφασης ελαχιστοποιείται.

Όλοι οι καταναλωτές μπορούν να διαχειρίζονται καλύτερα την ενέργεια που καταναλώνουν, καθώς όχι μόνο μπορούν να έχουν δεδομένα σε σχεδόν

πραγματικό χρόνο, αλλά επιπλέον μέσω των έξυπνων μετρητών μπορούν να προβαίνουν, σε μελλοντικό χρόνο, ακόμη και σε αγοραπωλησία ενέργειας ανάλογα με την τιμή συστήματος.

Επιπλέον, μεγάλοι καταναλωτές, όπως βιομηχανίες, μπορούν να προσαρμόσουν το πρόγραμμα της παραγωγής τους έτσι ώστε να καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια σε ώρες όπου η τιμή του συστήματος είναι χαμηλότερη.

Στα Έξυπνα Δίκτυα γίνεται ευκολότερα εξισορρόπηση φορτίου και καλύτερος προγραμματισμός της λειτουργίας των μεγάλων θερμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας, καθώς όλα τα απαραίτητα δεδομένα συλλέγονται σε σχεδόν πραγματικό χρόνο, ενώ η επεξεργασία τους μπορεί να γίνεται αυτόματα σε πολύ μικρό χρόνο.

Ακόμη, η διασύνδεση πολλών και διαφορετικής ισχύος μονάδων παραγωγής ενέργειας καθίσταται εφικτή χάρη στην γνώση της πραγματικής κατάστασης του δικτύου και του ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης ενέργειας.

Επιπλέον, γίνεται εφικτή η διεσπαρμένη αποθήκευση ενέργειας και η έξυπνη διαχείριση της ενέργειας που έχει αποθηκευτεί.

Άλλο ένα μεγάλο προσόν είναι πως είναι προσανατολισμένα στην αξιόπιστη παροχή ποιοτικής ενέργειας, μέσα από την καλύτερη ρύθμιση της συχνότητας και τάσης του δικτύου χάρη στην αποφυγή υπερφορτίσεων ή βλαβών.

Επίσης, δεδομένης της αναμενόμενης στροφής στην ηλεκτροκίνηση, τα Έξυπνα Δίκτυα μπορούν να παίξουν καταλυτικό ρόλο για τη δημιουργία εκτεταμένου δικτύου φορτιστών ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων.

Συνολικά, τα Έξυπνα Δίκτυα μπορούν να εξυπηρετήσουν την ανάγκη μείωσης της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και να συμβάλλουν στην παύση της κλιματικής αλλαγής και στην αναστροφή των αρνητικών της αποτελεσμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΣΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ SCADA

#### 5.1 Εισαγωγή στα Συστήματα SCADA

Τα Έξυπνα Δίκτυα είναι εξοπλισμένα με όργανα τα οποία μπορούν να παρακολουθούν τη λειτουργία τμημάτων του δικτύου, να δέχονται εντολές και να τις εκτελούν.

Μελετώντας τις δυνατότητες παρακολούθησης και εποπτείας των Έξυπνων Δικτύων, η ικανότητά τους να δίνουν στοιχεία σε πραγματικό χρόνο από ένα σημείο παρακολούθησης, επιτρέπει στους διαχειριστές συστήματος να εξετάζουν και να μετριάζουν ζητήματα στη λειτουργικότητα του Smart Grid που ενδέχεται να έχουν προκαλέσει διακοπή ρεύματος ή μπλακάουτ.

Από το σημείο προβολής των χρηστών ηλεκτρικής ενέργειας, οι πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο που ρέουν μέσω του έξυπνου δικτύου επιτρέπουν στους καταναλωτές να ελέγχουν την κατανάλωση ενέργειας και τη συντήρηση του κόστους τους.

Το σύστημα εποπτικού ελέγχου και απόκτησης δεδομένων (SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition) είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνο για τη διαχείριση του έξυπνου δικτύου. Τα συστήματα SCADA αναφέρονται στο συνδυασμό τηλεμετρίας (μέτρησης εξ αποστάσεων) και λήψης δεδομένων. Αποτελούνται από σύνθετα δίκτυα επικοινωνίας, εξελιγμένες ηλεκτρονικές συσκευές, στοιχεία παρακολούθησης και ελέγχου με διασυνδέσεις για τον άνθρωπο, ώστε να βλέπουν τη λειτουργικότητα του έξυπνου δικτύου σε μια οθόνη. Συγκεκριμένα, είναι ένα σύστημα που συλλέγει τα δεδομένα, τα μεταφέρει σε μια κεντρική θέση, εκτελεί την απαραίτητη ανάλυση και έλεγχο και, μετά, παρουσιάζει τα δεδομένα αυτά σε ένα αριθμό χρηστών. Η σύγκλιση ιδεών από τη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας και προηγμένες τεχνολογίες, όπως η δικτύωση, η πληροφορική και το Διαδίκτυο, έχουν ανοίξει τρόπους για την εφαρμογή εννοιών που ήταν δύσκολες ή πολύ δαπανηρές πριν από μερικές δεκαετίες.

Οι έξυπνες συσκευές στο δίκτυο SCADA, όπως αισθητήρες, έξυπνοι μετρητές ή άλλες έξυπνες ηλεκτρονικές συσκευές, συγκεντρώνουν δεδομένα σχετικά με τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας και την κατάσταση του εξοπλισμού στο δίκτυο και μεταδίδουν αυτά τα δεδομένα στο επόμενο επίπεδο παρακολούθησης του SCADA, σύστημα το οποίο επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνονται και στέλνει πίσω τις εντολές ελέγχου σε μια αμφίδρομη οδό επικοινωνίας, σχηματίζοντας έτσι ένα βρόχο ελέγχου ανάδρασης. Ο στόχος του συστήματος SCADA είναι η αποτελεσματική παρακολούθηση και ο έλεγχος των διεργασιών του Smart Grid σε πραγματικό χρόνο με στόχο να διατηρούνται οι υπηρεσίες του έξυπνου δικτύου και να συνεχίζονται αδιάκοπα. [13, 54, 55, 56, 57, 59, 60]

## **5.2 Χρήση SCADA για εποπτεία & έλεγχο της λειτουργίας των Έξυπνων Δικτύων**

Τα συστήματα SCADA για την εποπτεία των Smart Grids αποτελούνται από τα παρακάτω δομικά στοιχεία:

- ❖ Όργανα (Instrumentation): είναι τα δίκτυα αισθητήρων (sensors) για την παρακολούθηση διαφόρων μεγεθών και ενεργοποιητών (actuators) για τον έλεγχο διαφόρων μονάδων του συστήματος, τα οποία έχουν άμεση διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο και είναι υπεύθυνα για τη συλλογή δεδομένων από τα διάφορα μέρη του δικτύου.

Οι αισθητήρες μετατρέπουν τα φυσικά μεγέθη που μετράνε όπως ροή υγρού, ταχύτητα, στάθμη υγρού σε ηλεκτρικά σήματα όπως η ενεργός τάση ( $V_{rms}$ ), ένταση, συχνότητα, γωνία μεταξύ φάσεων. Η έξοδος τους μπορεί να είναι αναλογική ή ψηφιακή, η οποία καταγράφεται από τον Απομακρυσμένο Σταθμό (Remote Station). Τα σήματα, εκτός των άλλων, υφίστανται επεξεργασία (signal conditioning) ώστε να γίνουν συμβατά με τις εισόδους/εξόδους της Μονάδας Απομακρυσμένου Ελέγχου (RTU) ή του PLC του Απομακρυσμένου Σταθμού.

Οι ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται για να ενεργοποιήσουμε (turn on) ή να απενεργοποιήσουμε (turn off) διάφορα όργανα. Ομοίως, για τον έλεγχό τους χρησιμοποιούνται ψηφιακές και αναλογικές είσοδοι.

- ❖ Απομακρυσμένος Σταθμός (Remote Station): είναι εγκαταστημένος στο χώρο της απομακρυσμένης μονάδας παραγωγής ή του εξοπλισμού, που παρακολουθείται και ελέγχεται από την κεντρική μονάδα υπολογιστή. Ο Απομακρυσμένος Σταθμός μπορεί να είναι μια Απομακρυσμένη Μονάδα Ελέγχου (Remote Terminal Unit - RTU) ή ένας Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (Programmable Logic Controller - PLC).

Εδώ αξίζει να αναφέρουμε την διαφορά του RTU από το PLC.

- ❑ Τα RTUs είναι ενισχυμένοι υπολογιστές βιομηχανικού τύπου με δυνατότητες επικοινωνίας αφού έχουν την ικανότητα να χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις που οι επικοινωνίες είναι περισσότερο δύσκολες.
- ❑ Τα PLC είναι μικροί βιομηχανικοί υπολογιστές, που βρίσκονται σε όλα τα εργοστάσια. Η βασική τους χρήση είναι να αντικαταστήσουν τη λογική των ρελέ μιας εγκατάστασης ή μιας διαδικασίας παραγωγής. Τα PLC χρησιμοποιούνται σήμερα στα συστήματα SCADA λόγω των μεγάλων δυνατοτήτων προγραμματισμού τους.

Οι απομακρυσμένες μονάδες ελέγχου συνδέονται και επικοινωνούν αμφίδρομα με το δίκτυο αισθητήρων έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να ελέγχουν τη λειτουργία του δικτύου. Αποθηκεύουν τα δεδομένα που λαμβάνουν από το δίκτυο οργάνων, όπως και τις πληροφορίες που παράγονται από την επεξεργασία αυτών. Βάσει αυτών των πληροφοριών μπορούν να δίνουν την εντολή σε διακόπτες να αλλάζουν θέση έτσι ώστε να τροποποιούνται τμήματα του δικτύου. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας κλειστός βρόχος ελέγχου του δικτύου σε τοπικό επίπεδο. Έπειτα, οι απομακρυσμένες μονάδες ελέγχου μεταδίδουν δεδομένα προς τις κεντρικές μονάδες ελέγχου.

- ❖ Κεντρικός Σταθμός Παρακολούθησης (Central Monitoring Station - CMS): αναφέρεται στην τοποθεσία που βρίσκεται εγκατεστημένος ο κεντρικός

υπολογιστής (master or host computer) του συστήματος SCADA. Αν είναι απαραίτητο, περισσότεροι από έναν υπολογιστές (workstations) μπορούν να είναι εγκατεστημένοι στον Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης. Ο Κεντρικός Σταθμός Παρακολούθησης είναι η κεντρική μονάδα (master unit) του συστήματος SCADA. Η δουλειά του είναι να συγκεντρώνει την πληροφορία (δεδομένα) που στέλνουν οι Απομακρυσμένοι Σταθμοί και να δημιουργεί την αναγκαία δράση σε κάθε συμβάν που ανιχνεύεται.

Ο Κεντρικός Σταθμός Παρακολούθησης χρησιμοποιεί ένα πρόγραμμα διασύνδεσης Ανθρώπου-Μηχανής (Man Machine Interface – MMI ή αλλιώς Human Machine Interface - HMI) για να καταγράφει διάφορους τύπους δεδομένων που απαιτούνται για τη λειτουργία. Στην οθόνη του Η/Υ εμφανίζεται ένα σχέδιο-απομίμηση ολόκληρης της εγκατάστασης ή της διαδικασίας παραγωγής για ευκολότερη ταυτοποίηση με το πραγματικό σύστημα.

Οι κεντρικές μονάδες ελέγχου (MTUs), βρίσκονται στην πρώτη θέση της ιεραρχίας στο σύστημα SCADA ενός Έξυπνου Δικτύου. Εκεί βρίσκεται αποθηκευμένο και εκτελείται το πρόγραμμα SCADA, βάσει των δεδομένων που λαμβάνει από πολλά RTUs. Συνήθως επικοινωνούν με τις απομακρυσμένες μονάδες ελέγχου μέσω συχνοτήτων FM. Η επικοινωνία μεταξύ κεντρικών και απομακρυσμένων μονάδων ελέγχου ξεκινά πάντα από τις κεντρικές μονάδες ελέγχου.

Επιπλέον, οι κεντρικές μονάδες ελέγχου επικοινωνούν με άλλες περιφερειακές συσκευές του δικτύου ελέγχου, όπως οθόνες, εκτυπωτές, με το δίκτυο του διαχειριστή του δικτύου καθώς και με τυχόν άλλα λογισμικά του διαχειριστή.

Συνήθως, οι κεντρικές μονάδες ελέγχου επικοινωνούν με τις απομακρυσμένες μονάδες ελέγχου σε τακτά χρονικά διαστήματα, π.χ. ανά 15 λεπτά, και όχι σε πραγματικό χρόνο. Οι πληροφορίες που λαμβάνουν οι κεντρικές μονάδες ελέγχου αναπαράγονται σε γραφικό περιβάλλον έτσι ώστε να διευκολύνονται οι χειριστές του συστήματος SCADA στην εποπτεία και στον έλεγχο του Έξυπνου Δικτύου.

Οι χειριστές στις κεντρικές μονάδες ελέγχου έχουν τη δυνατότητα επαναφοράς/αλλαγής/παράκαμψης κρίσιμων παραμέτρων λειτουργίας του Έξυπνου Δικτύου, σε οποιοδήποτε τμήμα του Δικτύου και αν αυτό

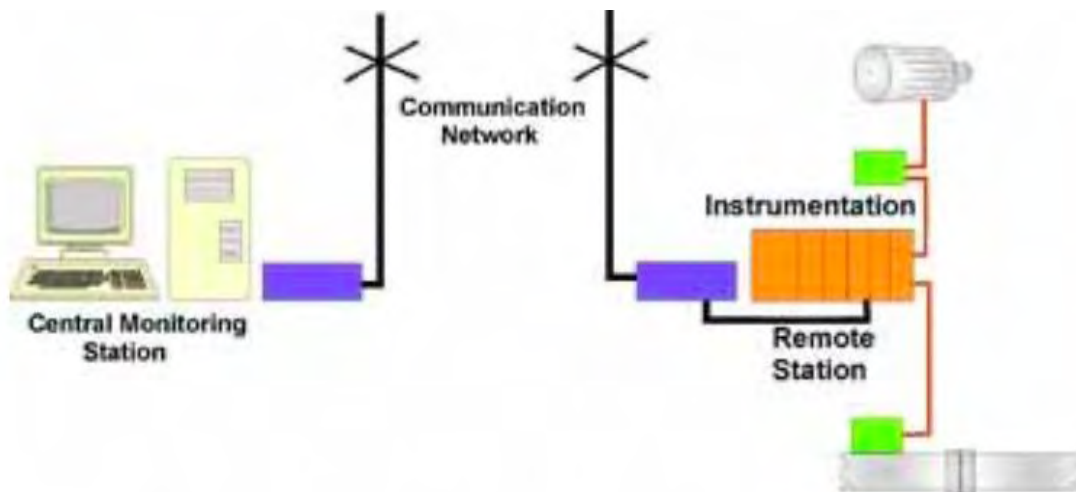


απαιτείται. Ενδεικτικά, μπορούν να αλλάζουν την τοπολογία του δικτύου, να παρακάμπτουν σφάλματα στις απομακρυσμένες ή κεντρικές μονάδες, να διακόπτουν τη λειτουργία του δικτύου κ.ο.κ..

- ❖ Δίκτυο Επικοινωνίας (Communication Network): είναι το μέσο για τη μετάδοση της πληροφορίας (δεδομένων) από το ένα μέρος σε ένα άλλο. Αυτό μπορεί να είναι μέσω τηλεφωνικής γραμμής, ραδιοεκπομπής ή καλωδιακά.
  - Καλώδια χρησιμοποιούνται συνήθως σε εργοστάσια. Η λύση αυτή δεν είναι πρακτική για συστήματα που καλύπτουν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές, λόγω του υψηλού κόστους των καλωδίων, των σωληνώσεων των καλωδίων και της εργασίας εγκατάστασής τους.
  - Η χρήση τηλεφωνικών γραμμών προσφέρει μια οικονομική λύση για συστήματα με μεγάλη χωρική κάλυψη. Στην περίπτωση που τα συστήματα απαιτούν ενημέρωση ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ., κάθε μια ώρα), μπορεί να χρησιμοποιηθεί το δημόσιο δίκτυο με τηλεφωνικές κλήσεις (dial-up lines). Αποτελεί μειονέκτημα όμως πως στις απομακρυσμένες περιοχές συνήθως δεν υπάρχει πρόσβαση σε τηλεφωνική γραμμή.
  - Η χρήση RF επικοινωνίας (ραδιοεκπομπής) προσφέρει μια αρκετά καλή λύση από θέμα κόστους και απόστασης. Για την επικοινωνία των αποκακρυσμένων θέσεων με την κεντρική μονάδα χρησιμοποιούνται μόντεμ. Επίσης, με την RF επικοινωνία μπορεί να πραγματοποιηθεί on-line λειτουργία. Για τοποθεσίες που δεν μπορεί να επιτευχθεί απευθείας ραδιο-σύνδεση, χρησιμοποιείται αναμεταδότης (radio repeater).

Τα δεδομένα, το ιστορικό αυτών, το λογισμικό SCADA, τυχόν βοηθητικά λογισμικά, δίαυλοι επικοινωνίας και οι βάσεις δεδομένων στις οποίες αποθηκεύονται τα δεδομένα συνδέονται με το διαδίκτυο και μέσω αυτού με το δίκτυο επικοινωνίας του διαχειριστή του Έξυπνου Δικτύου.

Παρακάτω παρατίθεται, για την καλύτερη κατανόηση, η Εικόνα 13 με τα δομικά στοιχεία ενός συστήματος SCADA και τις διασυνδέσεις τους.



## Components of SCADA System

Εικόνα 13: Συνιστώσες ενός συστήματος SCADA [58]

Κάθε τμήμα του συστήματος SCADA μπορεί να θεωρηθεί ως περιουσιακό στοιχείο του Διαχειριστή του Δικτύου, και μια κυβερνοεπίθεση σε οποιοδήποτε περιουσιακό στοιχείο μπορεί να αποδειχθεί καταστροφική για ολόκληρο το σύστημα SCADA και για ολόκληρο το Έξυπνο Δίκτυο.

Για παράδειγμα, η επίδραση μιας επίθεσης στο επίπεδο του δικτύου αισθητήρων του συστήματος SCADA μπορεί να μεταδοθεί μέχρι το επίπεδο του εταιρικού δικτύου, εάν δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα. [56, 57, 58, 59, 60]

### 5.3 Ασφάλεια Δεδομένων

Οι κακόβουλοι χάκερς που επιτίθενται σε συστήματα SCADA συνήθως στοχεύουν στο να θέσουν σε κίνδυνο τις παραμέτρους ασφαλείας των δικτύων SCADA, όπως η εμπιστευτικότητα, η ακεραιότητα και η διαθεσιμότητα του συστήματος, αλλά και να θέσουν σε κίνδυνο τη λειτουργία του εποπτευόμενου Έξυπνου Δικτύου προκαλώντας κάποιο μπλακάουτ ή ακόμη και να θέσουν εκτός λειτουργίας

παραγωγούς ή καταναλωτές, απειλώντας τους πρώτους με απώλεια εσόδων και τους δεύτερους με απώλεια της λειτουργικότητας της εγκατάστασής τους.

Επιπλέον, μπορεί να στοχεύουν στην ίδια την υποδομή ενός συστήματος SCADA, θέτοντας υπολογιστές και περιφερειακές συσκευές εκτός λειτουργίας ή αχρηστεύοντάς τες. Εν γένει, θέτουν σε κίνδυνο τη λειτουργικότητα του Έξυπνου Δικτύου.

Στην παρούσα παράγραφο θα παραθέσουμε τα πιο κοινά θέματα ασφάλειας που αντιμετωπίζουν τα συστήματα SCADA και τα οποία τα καθιστούν ευάλωτα σε κακόβουλες επιθέσεις.

Τα συστήματα και τα δίκτυα SCADA δεν κατασκευάστηκαν με γνώμονα την ασφάλεια των δεδομένων που συλλέγονται, υπόκεινται σε επεξεργασία, αποθηκεύονται και μεταδίδονται.

Ο πρωταρχικός τους σκοπός ήταν η παρακολούθηση και ο έλεγχος των διαφόρων τμημάτων και διεργασιών των Έξυπνων Δικτύων, αλλά και των ηλεκτρικών δικτύων γενικά.

Η κυβερνοασφάλεια δεν λαμβανόταν υπόψη μέχρι πριν από λίγες δεκαετίες, όταν οι επιτιθέμενοι άρχισαν να στοχεύουν συστήματα υπολογιστών, προσωπικά ή εταιρικά δεδομένα και λογισμικά.

Τα συστήματα SCADA είναι κρίσιμα στοιχεία του κυβερνοχώρου και κερδίζουν ολοένα και περισσότερο ενδιαφέρον καθημερινά.

Τα SCADA είναι ευάλωτα σε κυβερνοεπιθέσεις λόγω της έλλειψης εγγενών εφαρμογών ασφαλείας.

Τα πιο κοινά ευαίσθητα δεδομένα που μεταδίδονται μέσω συστημάτων SCADA περιλαμβάνουν ονόματα συστημάτων και δικτύων, πληροφορίες για διακομιστές και DNS, διευθύνσεις IP, στοιχεία καταναλωτών, παραγωγών και αυτοπαραγωγών, όπως φορολογικά στοιχεία ή στοιχεία που αφορούν στην κατανάλωση ή παραγωγή ενέργειας και στο ενεργειακό τους προφίλ κ.α..

Ορισμένα συστήματα SCADA έχουν κατασκευαστεί βασιζόμενα σε πρωτόκολλα παλαιού τύπου που εφαρμόζουν μη εξελιγμένους, ή και καθόλου, ελέγχους ταυτοποίησης όσων προσπαθούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε αυτά, καθιστώντας το ίδιο το σύστημα SCADA ευάλωτο σε κακόβουλες κυβερνοεπιθέσεις.

Μάλιστα, η ανανέωση των πρωτοκόλλων ασφαλείας σε τέτοια συστήματα SCADA δεν μπορεί να τα καταστήσει πιο ασφαλή, καθώς βασίζονται σε λογισμικό μη συμβατό με νέα πρωτόκολλα ασφαλείας, με αποτέλεσμα είτε να μην βελτιώνεται η ασφάλεια του συστήματος είτε ακόμη και να αυξάνεται η πιθανότητα να τεθεί σε κίνδυνο η λειτουργικότητα του ίδιου του συστήματος.

Οι εταιρείες που κατασκευάζουν συστήματα SCADA χρησιμοποιούν, μεταξύ άλλων, υπηρεσίες του Διαδικτύου και δημόσια ή ιδιωτικά δίκτυα για τη διασύνδεση των μέχρι πρότινος απομονωμένων ηλεκτρικών δικτύων, επιτρέποντας στους χειριστές των συστημάτων SCADA να συλλέγουν, να διαχειρίζονται και να ελέγχουν απομακρυσμένα δεδομένα με μέσα όπως μόντεμ μέσω σταθερών τηλεφωνικών γραμμών ή γραμμών κινητής τηλεφωνίας ή μέσω δικτύων ραδιοσυχνότητων.

Με την παραπάνω υποδομή, οι χειριστές του δικτύου μπορούν να γνωρίζουν τι συμβαίνει σε όλα τα τμήματα του Έξυπνου Δικτύου και μπορούν να επεμβαίνουν στη λειτουργία τους.

Όμως, γεννιέται ο κίνδυνος τα δεδομένα αυτά ή οι δυνατότητες επέμβασης στη λειτουργία του δικτύου να πέσουν στα χέρια κακόβουλων χάκερς με αποτέλεσμα να κινδυνεύσει όχι μόνον η λειτουργία του Έξυπνου Δικτύου, αλλά και η ασφάλεια ευαίσθητων δεδομένων που αφορούν στην υποδομή του Δικτύου, στους καταναλωτές, παραγωγούς και αυτοπαραγωγούς.

Ωστόσο, οι τελευταίες νομοθετικές παρεμβάσεις αναφορικά με τη ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων φυσικών προσώπων, αλλά και η απαίτηση πιστοποίησης μεγάλων εταιρειών, όπως είναι οι Διαχειριστές Δικτύων σε ό,τι αφορά στα συστήματα προστασίας δεδομένων, αποτελούν θετική εξέλιξη στην ασφάλεια των δεδομένων που μεταχειρίζονται τα συστήματα SCADA. [13, 54, 55, 56, 57, 59, 60]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχοντας ολοκληρώσει την παρούσα πτυχιακή εργασία, συμπεραίνουμε ότι παραθέσαμε όλες εκείνες τις πληροφορίες ώστε από το κείμενο να γίνει κατανοητή η παρούσα κατάσταση αναφορικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να γίνουν κατανοητά τα πλεονεκτήματα που συγκεντρώνουν τα Έξυπνα Δίκτυα στην κατεύθυνση περαιτέρω ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Τα Έξυπνα Δίκτυα μπορούν να παίξουν καταλυτικό ρόλο, καθώς καθιστούν εφικτή τη μετάβαση σε ένα μοντέλο διεσπαρμένης παραγωγής και πιθανόν διεσπαρμένης αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σαφώς γίνεται αντιληπτό το γεγονός ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχουν τόσο έντονα στοχαστικό χαρακτήρα με αποτέλεσμα να μην επιτρέπουν την, έστω και, βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη φορτίου, και να μην γίνεται εφικτή η επίτευξη μεγαλύτερης ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος, κάναμε κατανοητή την ανάγκη ύπαρξης τόσο έξυπνων μετρητών όσο και συστημάτων κεντρικής εποπτείας και ελέγχου του Έξυπνου Δικτύου, τύπου SCADA, έτσι ώστε να μπορεί να μεγιστοποιηθεί η αποδοτικότητα και η ορθή και αξιόπιστη λειτουργία των Έξυπνων Δικτύων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] MDG Gap Task Force, *Taking Stock of the Global Partnership for Development*, Report 2015, New York
- [2] International Energy Agency, *World Energy Outlook*, Paris, 2004
- [3] Department for International Development (DFID), *Energy for the Poor: Underpinning the Millennium Development Goals*, 2002 London
- [4] DC UNDP/ESMAP (United Nations Development Program/World Bank Energy Sector Management Assistance Programme), *The Impact of Higher Oil Prices on Low Income Countries and on the Poor*, Washington, World Bank, 2005
- [5] UNDP, 2015. *Human development report*, New York: United Nations Development
- [6] United Nations Database, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, U.N., 2015
- [7] UN-DPI, 2015, *Sustainable Development Goals Knowledge Platform* [Ηλεκτρονικό]  
Available at:  
<https://sustainabledevelopment.un.org/?page=view&nr=971&type=230&menu=2059>
- [8] WSSD, 2002. *World Summit on Sustainable Development*, Johannesburg
- [9] Redclift, *The Meaning of Sustainable Development*, UK 1992
- [10] Munasinghe Mohan, *Sustainable development - new dimensions for society and business* Sri Lanka 2015
- [11] Report of the World Commission on Environment and Development: *Our Common Future*
- [12] Elkington, J., 1997. *Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21st Century Business*, Oxford: Capstone Publishing Ltc
- [13] Μαλβίνα Όλγα Χρυσάφη, *Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων από Απόσταση Συστημάτων Παραγωγής και Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Βόλος, Φεβρουάριος 2016
- [14] Κεφάλαιο 2. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (Σημειώσεις)

Available at: <https://docplayer.gr/34640369-2-paxagsgi-eiethixithio-elexgeiao-ziel-diiada-1-hlnse-1-pxnapaiinhkele-glpsze-sn-zhzieka-eiethixithio-elexgeiao-ziel-diiada.html>

- [15] Χριστοφής Ι Κορωναίος, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας* (Διδακτικές Σημειώσεις)
- [16] Ιφιγένεια Αποστόλου, *Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα: Εξέλιξη Ενεργειακών Μεγεθών και Προβλέψεις, Πειραιάς 2018*
- [17] Association, W. W. E., 2018. *WIND POWER CAPACITY REACHES 539 GW, 52,6 GW ADDED IN 2017.* [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <http://wwindea.org/blog/2018/02/12/2017-statistics/>
- [18] Dr. Linda Capuano, *International Energy Outlook 2018*
- [19] *2018 Outlook for Energy: A View to 2040*, Exxon Mobil Corporation, Texas 2018
- [20] Modern renewable energy consumption, World, Available at: <https://ourworldindata.org/grapher/modern-renewable-energy-consumption>
- [21] ΔΕΗ, 2018. *Τι είναι το μίγμα καυσίμου που εμφανίζεται στο λογαριασμό σας;* [Ηλεκτρονικό], Available at: <https://www.dei.gr/el/oikiakoi-pelates/xrisimes-plirofories-gia-to-logariasmo-sas/logariasmos-kai-xrewseis/ti-einai-to-migma-kausimou-pou-emfanizetai-sto-log>
- [22] IZA DP No. 8145, *A Review of Renewable Energy Supply and Energy Efficiency Technologies*, April 2014
- [23] Shiva Gorjian, *An Introduction to the Renewable Energy Resources*, June 2017 Tarbiat Modares University
- [24] IHA., *Hydropower key facts 2018, 2018 Hydropower Status Report, IHA.* [Ηλεκτρονικό], Available at: <https://www.hydropower.org/keyfacts2018>
- [25] European Wind Energy Association, 2018, [Ηλεκτρονικό],  
Available at: <https://www.ewea.org>
- [26] World Wind Energy Association, 2018, [Ηλεκτρονικό],  
Available at: [https://wwindea.org/?option=com\\_content&task=view&id=29&Itemid=35](https://wwindea.org/?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=35)
- [27] International Energy Agency, 2018. *Renewables 2018.* [Ηλεκτρονικό],  
Available at: <https://www.iea.org/renewables2018/>

- [28] Statista, 2017. *Capacity of biomass power plants in selected countries and worldwide in 2017 (in gigawatts)*, [Ηλεκτρονικό], Available at: <https://www.statista.com/statistics/264637/world-biomass-energy-capacity/>
- [29] Κωνσταντίνος Π. Μουτσινάς, *SMART GRIDS Η εξέλιξη της Δομής και Λειτουργίας του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας προς τα Ευφυή Δίκτυα*, Βόλος, Ιούλιος 2015
- [30] ΑΔΜΗΕ, 2019, *Το Σύστημα Μεταφοράς*, [Ηλεκτρονικό], Available at: <http://www.admie.gr/to-systima-metaforas/dedomena-stoicheia-systimatos/perigrafi-systimatos-metaforas/>
- [31] Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας/Υπουργείο Ανάπτυξης, *Χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία*, Αθήνα 2005
- [32] Naxospress/Τεχνολογία, Αύγουστος 2019, *Δυτικές Κυκλάδες: Έως το 2023 θα έχει ολοκληρωθεί η ηλεκτρική διασύνδεση*, [Ηλεκτρονικό], Available at: <https://www.naxospress.gr/arthro/tehnologia/dytikes-kyklades-eos-2023-tha-ehi-oloklirothei-i-ilektriki-diasyndesi>
- [33] Η Καθημερινή, Νοέμβριος 2019, *ΑΔΜΗΕ: Το 2020 σε λειτουργία η ηλεκτρική διασύνδεση Κρήτης-Πελοποννήσου*, [Ηλεκτρονικό], Available at: <https://www.kathimerini.gr/1050591/article/oikonomia/ellhnikh-oikonomia/admhe-to-2020-se-leitoyrgia-h-hlektrikh-diasyndesh-krhths-peloponnhsoy>
- [34] ΡΑΕ, 2019, *Διασυνοριακό Εμπόριο μέσω των Διασυνδέσεων*, [Ηλεκτρονικό], Available at: [http://www.rae.gr/site/categories\\_new/electricity/national/general.csp](http://www.rae.gr/site/categories_new/electricity/national/general.csp)
- [35] ΡΑΕ, 2019, *Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά*, [Ηλεκτρονικό], Available at: [http://www.rae.gr/site/categories\\_new/electricity/market/mdn.csp](http://www.rae.gr/site/categories_new/electricity/market/mdn.csp)
- [36] ΔΑΠΕΕΠ, *Ενεργειακό Μείγμα 2018*, Πειραιάς, Ιούλιος 2019
- [37] European Commission, 2019, *2020 climate & energy package*, [Ηλεκτρονικό], Available at: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_e](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_e)
- [38] Ilhami Colak, *Introduction to Smart Grid*, Istanbul Gelisim University, March 2016
- [39] Department of Energy, United States (DOE), *The Smart Grid: An Introduction*.



- [40] European Commission, *Smart Grids: from innovation to deployment*, Brussels, 2011
- [41] Xinghuo Yu, Yusheng Xue, *Smart Grids: A Cyber-Physical Systems Perspective*, Proceedings of the IEEE, 2016
- [42] Espe Eunice, Potdar Vidyasagar, Chang Elizabeth, *Prosumer Communities and Relationships in Smart Grids: A Literature Review, Evolution and Future Directions*, Energies 2018, 11, 2528
- [43] Li X., Lille I., Liang X., Lu R., Shen X., Lin X., Zhu H., *Securing Smart Grid: Cyber Attacks , Countermeasures , and Challenges*, IEEE Communications Magazine, August 2012
- [44] Ι. Καμπούρης, *Επιπτώσεις της μεγάλης διείσδυσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Οι ενέργειες του ΔΕΣΜΗΕ, ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.*
- [45] Ευάγγελος Ν. Διαλυνάς, *Αξιοπιστία και Λειτουργική Απόδοση των σύγχρονων συστημάτων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας - Απαιτήσεις ποιότητας πελατών και Επιπτώσεις της υψηλής στάθμης διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας*, Ε.Μ.Π. Εργαστήριο Σ.Η.Ε.
- [46] U.S. Department of Commerce, *NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 3.0*, NIST Special Publication 1108r3, September 2014
- [47] Παπαδάκης Δ. Νικόλαος, *Μελλοντικά Ηλεκτρικά Δίκτυα και Μικροδίκτυα: Αλγόριθμοι Διαχείρισης Πόρων*, Πάτρα 2016
- [48] Microgrids at Berkeley Lab, *About Microgrids*, 2019, [Ηλεκτρονικό], Available at: <https://building-microgrid.lbl.gov/about-microgrids>
- [49] From Wikipedia, the free encyclopedia, *Smart grid*, [Ηλεκτρονικό], Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Smart\\_grid](https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid)
- [50] Jixuan Zheng, David Wenzhong Gao, Li Lin, *Smart Meters in Smart Grid: An Overview*, 2013 IEEE Green Technologies Conference
- [51] Soma Shekara Sreenadh Reddy Depuru, Lingfeng Wang, Vijay Devabhaktuni, Nikhil Gudi, *Smart Meters for Power Grid – Challenges, Issues, Advantages and Status*, 2011 IEEE Power Systems Conference and Exposition

- [52] Energyin, *Γιατί αργούν οι «έξυπνοι» μετρητές;*, 03/2019, [Ηλεκτρονικό], Available at: <https://energyin.gr/2019/03/13/%CE%B3%CE%B9%CE%B1%CF%84%CE%AF-%CE%B1%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%8D%CE%BD-%CE%BF%CE%B9-%CE%AD%CE%BE%CF%85%CF%80%CE%BD%CE%BF%CE%B9-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%AD%CF%82/>
- [53] Rathnayaka A.J. D., Potdar M. V., Dillon T., Kuruppu S., *Framework to manage multiple goals in community-based energy sharing network in smart grid*, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2015
- [54] Rahul N Deshmukh, P.H. Zope, S.R. Suralkar, *Generation of Electricity by Renewable Energy Sources & Transmission of Energy Production Units using PLC & SCADA*, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume 1, Issue 9, November 2012
- [55] Μπρούμας Γιώργος, Μπουγουλιάς Λάμπρος, Φασούλα Δάφνη, *Εποπτικός έλεγχος Συστημάτων στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας των 400 & 150 kV*. ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Οκτώβριος 2016
- [56] Κεφάλαιο 6, SCADA και Οικονομία Μικροδικτύου, [Ηλεκτρονικό], Available at: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/EE874/ΚΕΦΑΛΑΙΟ%206.pdf>
- [57] Hari om Bansal, *SCADA and its applications to renewable energy systems integration*, Birla Institute of Technology and Science Pilani, February 2015
- [58] SCADA Primer, [Ηλεκτρονικό], Available at: <https://web.fe.up.pt/~asousa/sind/acetat/ScadaPrimer.pdf>
- [59] E. M. Kalogeraki, S. N. Papastergiou, H. Mouratidis, D. Polemi, *A Novel Risk Assessment Methodology for SCADA Maritime Logistics Environments*, August 2018
- [60] A. Sajid, H. Abbas, K. Saleem, *Cloud-Assisted IoT-Based SCADA Systems Security: A Review of the State of the Art and Future Challenges*, March 2016