



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Μεθοδολογία Οικονομικών Ενέργειας για την Ανάλυση και
Σχεδιασμό Πολιτικών Νέας Ενεργειακής Βιομηχανίας
στην Ελλάδα**

Διατριβή η οποία υποβλήθηκε για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων
απόκτησης του Διδακτορικού Διπλώματος

Μαρία Καρασίμου

Δεκέμβριος 2021



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**Methodology of Energy Economics for Analysis and Design of
Policy Options for a New Energy Industry in Greece**

**A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for
the degree of Doctor of Philosophy**

Maria Karasimou

December 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Μεθοδολογία Οικονομικών Ενέργειας για την Ανάλυση και Σχεδιασμό Πολιτικών Νέας Ενεργειακής Βιομηχανίας στην Ελλάδα

Διδακτορική Διατριβή

Μαρία Καρασίμου

Συμβουλευτική Επιτροπή

Ελευθέριος Τσουκαλάς, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. (Επιβλέπων)

Δημήτριος Μπαργιώτας, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Παναγιώτα Τσομπανοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Επταμελής εξεταστική επιτροπή

Ελευθέριος Τσουκαλάς, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. (Επιβλέπων)

Δημήτριος Μπαργιώτας, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Παναγιώτα Τσομπανοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Μιχαήλ Ζουμπουλάκης, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Αλέξανδρος Χροναίος, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Ιωάννης Παναπακίδης, Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Γεώργιος Σταμούλης, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Δεκέμβριος 2021

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

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

Η Δηλούσα

Μαρία Καρασίμου



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Methodology of Energy Economics for Analysis and Design of Policy Options for a New Energy Industry in Greece

PH.D. Dissertation

Maria Karasimou

Advisory Committee

Eleftherios Tsoukalas, Professor, University of Thessaly

Dimitrios Bargiotas, Associate Professor, University of Thessaly

Panagiota Tsompanopoulou, Associate Professor, University of Thessaly

Examination Committee

Eleftherios Tsoukalas, Professor, University of Thessaly

Dimitrios Bargiotas, Associate Professor, University of Thessaly

Panagiota Tsompanopoulou, Associate Professor, University of Thessaly

Michel S. Zouboulakis, Professor, University of Thessaly

Alexandros Chronos, Professor, University of Thessaly

Ioannis Panapakidis, Assistant Professor, University of Thessaly

Georgios Stamoulis, Professor, University of Thessaly

December 2021

DISCLAIMER ON ACADEMIC ETHICS AND INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

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

The Declarant

Maria Karasimou

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου, Ελευθέριο Τσουκαλά, για την απεριόριστη στήριξη που είχα σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Ήταν ο άνθρωπος που όχι μόνο με βοήθησε και με στήριξε, αλλά πίστεψε σε εμένα. Με τις επιστημονικές του γνώσεις, την εμπειρία του ως Δάσκαλος, τις πολύτιμες συμβουλές του με οδήγησε στην εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη της Επιτροπής, Αναπληρωτή Καθηγητή Δημήτριο Μπαργιώτα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Παναγιώτα Τσομπανοπούλου, Καθηγητή Αλέξανδρο Χροναίο, Καθηγητή Μιχαήλ Ζουμπουλάκη, Επίκουρο Καθηγητή Ιωάννη Παναπακίδη και Καθηγητή Γεώργιο Σταμούλη, που μοιράστηκαν μαζί μου την τεχνογνωσία τους.

Τέλος, ευχαριστώ τους ανθρώπους που ήταν πάντα δίπλα μου, τους γονείς μου, τον αδερφό μου, την νύφη μου και κυρίως τα παιδιά μου Έλενα και Ευφροσύνη, για την υπομονή και την συμπαράσταση που έδειξαν όλο αυτό το διάστημα.

Διδακτορική Διατριβή

Μεθοδολογία Οικονομικών Ενέργειας για την Ανάλυση και Σχεδιασμό Πολιτικών Νέας Ενεργειακής Βιομηχανίας στην Ελλάδα

Μαρία Καρασίμου

Περίληψη

Οι περιορισμοί που επιβάλλονται από την κλιματική αλλαγή (*Net Zero by 2050* - που στοχεύει σε μηδενισμό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακος έως το 2050) [48], η ελάττωση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων, το διεθνές οικονομικό περιβάλλον και το διαρκώς αυστηρότερο κανονιστικό πλαίσιο, ιδίως σε Ευρωπαϊκό και Εθνικό επίπεδο, προτάσσουν την ανάγκη ανάπτυξης νέων υποδομών παραγωγής ενέργειας. Για την Ελλάδα αυτό είναι ένα τεράστιο έργο, συγκρινόμενης εμβέλειας και σημασίας με τις μεταπολεμικές προσπάθειες να δημιουργήσει τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), η οποία είναι σήμερα η μεγαλύτερη βιομηχανία της χώρας. Η Δ.Ε.Η. από τη δεκαετία του 1950 βασίστηκε κατά κύριο λόγο, στην αξιοποίηση υδροηλεκτρικών έργων και λιγνιτικών μονάδων, καθώς και στην δημόσια χρηματοδότηση μέσω ενός οικονομικού μοντέλου οριζόντιας και κάθετης ιδιοκτησίας (μονοπωλίου) για την παραγωγή της ενέργειας και την ανάπτυξη – κοστοβόρων - δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Στο νέο οικονομικό τοπίο των διασυνδεδεμένων συστημάτων μεγάλης ισχύος με εθνικά και δια-περιφερειακά – υπερεθνικά σχέδια, το συγκεκριμένο μοντέλο, επεκτείνεται σε δομές αγορών που διαχωρίζουν την παραγωγή ενέργειας από την μεταφορά, την διανομή και την εμπορία, [88] (βλ. Οδηγία 2009/72/ΕΚ), δημιουργώντας πολλαπλές ζεύξεις με δίκτυα πληροφορίας (internet) και ευφυών συστημάτων. Η νέα ενεργειακή βιομηχανία θα υπόκειται στους περιορισμούς και τα όρια που θέτουν τόσο οι στόχοι απομείωσης εκπομπών, όσο και η μεταβλητότητα των τιμών των καυσίμων και των νέων εργαλείων χρηματοδότησης, που θα αποτελούνται από ένα μίγμα δημόσιων και ιδιωτικών επενδύσεων. Στην συγκεκριμένη διατριβή εξετάζουμε τα ενεργειακά, τεχνολογικά και οικονομικά δεδομένα των τελευταίων δύο δεκαετιών που συμπίπτουν χρονικά με την

σταδιακή «φιλελευθεροποίηση» της ελληνικής αγοράς ενέργειας – ο πιο κρίσιμος παράγοντας στον στρατηγικό αναπτυξιακό σχεδιασμό της χώρας. Η ανάλυση των δεδομένων οδηγεί στο συμπέρασμα πως μια παρατεταμένη ανοδική πορεία στο κόστος εισαγομένων καυσίμων (ενεργειακή κρίση) παράγει έντονες πιέσεις στο εμπορικό ισοζύγιο της χώρας (balance of payments) αυξάνοντας ταυτόχρονα το εμπορικό αλλά και το δημοσιονομικό έλλειμμα με αποτέλεσμα την εμφάνιση στοιχείων που σηματοδοτούν κρίση χρέους (debt crisis). Η αιτιοκρατική σχέση μεταξύ ενεργειακής κρίσης και κρίσης χρέους οδηγεί σε αναζήτηση μοντέλων αγορών ενέργειας όπου οι επιλογές ενεργειακής πολιτικής και η μεταβλητότητα στο κόστος του ενεργειακού μίγματος απαιτεί σχεδιασμούς ευρύτερης χρονικής διάρκειας (life-cycle) και στρατηγικές αντιστάθμισης και εξισορρόπησης κινδύνου. Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις του πλαισίου εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας [87], δηλαδή την ανάγκη ολοκληρωμένης ψηφιακής λειτουργίας και παρακολούθησης των συστημάτων-δικτύων ηλεκτρισμού και την γεωγραφική – νησιωτική και ορεινή - ιδιαιτερότητα της χώρας, αναφορικά με τις υποδομές παραγωγής, μονάδων αποθήκευσης και δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Το προτεινόμενο μοντέλο στοχεύει στη ορθολογική ανάπτυξη επιλογών ενεργειακής πολιτικής και τον βέλτιστο προγραμματισμό με αξιόπιστη εκτίμηση επενδυτικών ροών και απόδοσης κεφαλαίου.

Λέξεις-κλειδιά:

Ευελιξία ηλεκτροπαραγωγικού συστήματος, χονδρεμπορικές αγορές ηλεκτρισμού, σύζευξη αγορών, διείσδυση των ΑΠΕ, μοντέλο προσομοίωσης των αγορών ηλεκτρισμού, μοντέλο επέκτασης του ηλεκτροπαραγωγικού συστήματος, μονάδες αποθήκευσης.

Ph.D. Dissertation

Methodology of Energy Economics for Analysis and Design of Policy Options for a New Energy Industry in Greece

Maria Karasimou

Abstract

Constraints of climate change (Net Zero by 2050 aiming at zero carbon emissions by 2050), depletion, global economic shifts and the European and national deregulation, incentivize a search for new energy structures and strategies [48]. In Greece, this is comparable in scope and importance to the post-war efforts to create the Public Power Corporation (PPC), which is the largest industry of the country. The PPC, from the 50's, was based on the development of hydroelectric projects and coal-lignite power plants through an economic model of integrated horizontal and vertical monopoly of production units and transmission and distribution networks. In the new economic landscape, of high-power interconnected systems with national and interregional - supranational projects, market structures are created that separate energy production from transmission, distribution, and marketing [88] with multiple links to information networks (Internet) and emerging intelligent technologies. The new energy industry is subject to the constraints and limitations of emission markets and volatility in fuel prices and new financing instruments. In this dissertation we examine the energy, technological and economic data of the last two decades that coincide with the deregulation of the Greek energy markets. The data points, lead to the conclusion that a prolonged upward trend in the cost of imported fuel (energy crisis) produces strong pressures on the country's trade balance (balance of payments) while increasing trade and budget deficits result in the emergence of debt crisis. The causal relationship between energy crisis and debt crisis leads to the search for energy market architectures where energy policy choices and volatility in the energy mix require life-cycle planning and hedging strategies; taking into consideration the requirements of the framework for the implementation of the European Green Agreement [87], i.e. the need for integrated digital operation and monitoring of electricity grid systems and the

geographical - island and mountain - specificity of the country, in terms of production infrastructure, storage units and networks electric power. The proposed model aims at the rational development of energy policy options and optimal planning with a reliable estimate of investment flows and return on capital.

Keywords: Power system flexibility, wholesale electricity markets, market coupling, penetration of renewable energy sources, RES, electricity market simulation model, capacity expansion model, electricity storage

Πίνακας περιεχομένων

<i>Ευχαριστίες</i>	<i>vii</i>
<i>Περίληψη</i>	<i>viii</i>
<i>Abstract</i>	<i>x</i>
<i>Πίνακας περιεχομένων</i>	<i>xii</i>
<i>Κατάλογος σχημάτων</i>	<i>xiv</i>
<i>Κατάλογος πινάκων</i>	<i>xvii</i>
<i>Συνομογραφίες</i>	<i>xviii</i>
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2 Το Ενεργειακό Δυναμικό και η Ενεργειακή Βάση	4
2.1 Εισαγωγή.....	4
2.2 Το Ενεργειακό Δυναμικό και η Ενεργειακή Βάση	6
2.2.1 Λιγνίτης	7
2.2.2 Υδροενεργειακή Αξιοποίηση	8
2.3 Το Δυναμικό και οι Πόροι της Ελληνικής Οικονομίας για την Εκβιομηχάνιση	11
2.3.1 Η Εξωτερική Οικονομική Πολιτική.....	11
2.3.2 Εκβιομηχάνιση – Βιωσιμότητα	12
2.3.3 Άλλοι Κλάδοι που Επηρεάστηκαν από την Βαριά Βιομηχανία	13
2.3.4 Η Διάρθρωση της Ελληνικής Οικονομίας και η Βαριά Βιομηχανία	15
2.3.5 Η Θεμελίωση και η Ανάπτυξη των Κλάδων της Βαριάς Βιομηχανίας	16
2.3.6 Η Εκτίμηση του Οικονομικού Δυναμικού μέσα στην Προοπτική του Σχεδίου για την Εκβιομηχάνιση	17
2.4 Η Βιομηχανία Ενέργειας στην Ελλάδα και η Εξέλιξή της	20
2.4.1 Από το Μονοπώλιο στην Απελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	20
2.4.2 Τάσεις Εξέλιξης του Ενεργειακού Τομέα	22
2.4.3 Η δομή της Απελευθερωμένης Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας	24
2.5 Ανάλυση Ενεργειακών Πληροφοριών των Ευρωπαϊκών Χωρών Ελλάδας, Γερμανίας, Ιταλίας, Γαλλίας και Βουλγαρίας	33
2.5.1 Πραγματικό κατά Κεφαλή ΑΕΠ και Κατανάλωση Ενέργειας	36
2.5.2 Πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ των πέντε Ευρωπαϊκών Χωρών και η Σχέση του με την Κατανάλωση Ενέργειας.....	39
2.5.3 Η κατανάλωση Ενέργειας και το κατά Κεφαλή ΑΕΠ της Ελλάδος σε Σύγκριση με τις πέντε Ευρωπαϊκές χώρες	41
2.5.4 Ενεργειακή Απόδοση (Energy Intensity)	44
2.5.5 Μελέτη της Ενεργειακής Απόδοσης των πέντε Ευρωπαϊκών Χωρών	46
2.5.6 Σύγκριση της Ενεργειακής Απόδοσης των πέντε Ευρωπαϊκών Χωρών	52
2.5.7 Σχέση Ενεργειακής Απόδοσης και Δημοσίου Χρέους	53
2.5.8 Σχέση Ενεργειακής Απόδοσης και Ανεργίας – Εργασίας.....	54
2.5.9 Σχέση Ενεργειακής Απόδοσης και Πληθωρισμού	55
2.5.10 Συμπεράσματα	56
Κεφάλαιο 3 Ενέργεια – Ισοζύγιο Τρεχουσών Συναλλαγών	58
3.1 Συνολικό Κόστος Καυσίμων με το Ισοζύγιο Τρεχουσών Συναλλαγών για την Περίοδο 1990-2017	58
3.1.1 Η Ενεργειακή Αγορά Στην Ελλάδα.....	58
3.1.2 Εισαγόμενα Καύσιμα	58

3.1.3	Σύγκριση Συνολικού Κόστος Εισαγομένων Καυσίμων με το Ισοζύγιο Τρεχουσών Συναλλαγών	63
3.1.4	Συμπεράσματα	65
3.2	Οικονομικά Στοιχεία και Δείκτες.....	66
3.2.1	Οικονομικοί Δείκτες και Ενέργεια	72
3.2.2	Ανθεκτικότητα της Ελληνικής Οικονομίας.....	77
3.3	Net Zero By 2050	79
Κεφάλαιο 4 Η Κρίση της Ελλάδας – Ευφυής Ανάλυση Δεδομένων από την Ενεργειακή Οικονομία		83
4.1	Οικονομικές Επιπτώσεις στο Ισοζύγιο Πληρωμών της Ελλάδας λόγω της Ενεργειακής Κρίσης.....	83
4.1.1	Εισαγωγή.....	83
4.1.2	Αποτελέσματα.....	86
4.1.3	Συμπεράσματα	90
4.1.4	Μεθοδολογική προσέγγιση εκτίμησης ενεργειακών επιπτώσεων στο ισοζύγιο πληρωμών της Ελλάδας.....	91
4.2	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Αντίκτυπος στην Ανάπτυξη του ΑΕΠ	93
4.2.1	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	93
4.2.2	Πληρωμές και Παραγωγή ΑΠΕ ανά Έτος 2012-2016	99
4.2.3	Τριμηνιαία Δεδομένα για το Συνολικό Κόστος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τη Σχέση των με τα Τριμηνιαία Δεδομένα ΑΕΠ.	101
4.2.4	Συμπεράσματα	105
Κεφάλαιο 5 Χρήση της Θεωρίας Ασαφούς Λογικής σε Απελευθερωμένες Αγορές Ισχύος.....		107
5.1	Εποπτεία Επιπέδου Μέγιστου Ρεύματος με Χρήση Θεωρίας Ασαφούς Λογικής σε Απελευθερωμένες Αγορές Ισχύος	107
5.1.1	Εισαγωγή.....	107
5.1.2	Μεθοδολογία	110
5.1.3	Αποτελέσματα.....	116
5.1.4	Συμπεράσματα	121
5.2	Διαχείριση Φορτίου Ηλεκτρικών Οχημάτων Φόρτισης σε Αγορές Ισχύος Νέας Γενιάς με βάση την Ασαφή Λογική και την έννοια του Εικονικού Προϋπολογισμού	121
5.2.1	Εισαγωγή.....	122
5.2.2	Μεθοδολογία	125
5.2.3	Αποτελέσματα.....	131
5.2.4	Συμπεράσματα	134
Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα		136
Publications Related to the Dissertation:		143

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 2-1 Χάρτης της Ελλάδος των δύο ενεργειακών ζωνών Στερεάς Ελλάδος και Μακεδονίας.....	17
Σχήμα 2-2 Συνολική Τελική Κατανάλωση Καυσίμων (TFC) στην Ελλάδα, 1990 και 2016 Πηγή: IENE 2019	22
Σχήμα 2-3 Greece, Ηλεκτρική Ενέργεια (παραγωγή ανά πηγή, GWh) 1990-2019. IEA.org	23
Σχήμα 2-4 Ποσοστιαία κατανομή παραγωγής ενέργειας για τα έτη 2004, 2017 και 2018	25
Σχήμα 2-5 Εξέλιξη των εκπομπών CO ₂ στον ενεργειακό τομέα ανά σενάριο πολιτικής μέχρι το 2050	28
Σχήμα 2-6 Εξέλιξη του μεριδίου ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας και στην ηλεκτροπαραγωγή	29
Σχήμα 2-7 Εξέλιξη της ηλεκτροπαραγωγής ανά καύσιμο για κάθε σενάριο πολιτικής	30
Σχήμα 2-8 Εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο.....	31
Σχήμα 2-9 Εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο.....	32
Σχήμα 2-10 Αύξηση του ΑΕΠ ετήσια% Ελλάδα από το 1961 έως το 2017. Στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας και αρχεία δεδομένων εθνικών λογαριασμών του ΟΟΣΑ.....	35
Σχήμα 2-11 Ανάπτυξη κατά κεφαλήν ΑΕΠ% Ελλάδα από το 1990 έως το 2018 (στοιχεία εθνικών λογαριασμών).....	36
Σχήμα 2-12 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (Ευρώπη 2020-2030). Εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (TOE) από το 1990 έως το 2018 (EUROSTAT 2020).....	37
Σχήμα 2-13 Κατανάλωση ενέργειας Συνολική ετήσια κατανάλωση TFC ανά τομέα από το 1990 έως το 2018	38
Σχήμα 2-14 Χρήση ενέργειας (κιλά ισοδύναμου πετρελαίου) ανά 1.000 \$ ΑΕΠ Ελλάδα από το 1990 έως το 2015.....	39
Σχήμα 2-15 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ (τρέχοντα δολάρια ΗΠΑ) Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία Βουλγαρία από το 1960 έως το 2018 (στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας)	40
Σχήμα 2-16 Τελική κατανάλωση ενέργειας (εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου) Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία Βουλγαρία από το 1990 έως το 2018 (EUROSTAT 2020).....	41
Σχήμα 2-17 Ανάπτυξη κατά κεφαλήν ΑΕΠ (ετήσιο %) Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία, Ελλάδα και Βουλγαρία από το 1990 έως το 2018 (στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας)	42
Σχήμα 2-18 Χρήση ενέργειας (kg ισοδύναμου πετρελαίου) ανά 1.000 \$ ΑΕΠ Ελλάδα, Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία Βουλγαρία από το 1990 έως το 2015 (στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας)	43
Σχήμα 2-19 Χάρτης των ενεργειακών αποδόσεων για κάθε χώρα σε παγκόσμιο επίπεδο	45
Σχήμα 2-20 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ Ελλάδας για την περίοδο 2012-2013 Πηγή Eurostat.....	46
Σχήμα 2-21 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Γερμανία για την περίοδο 2000-2019. Πηγή Eurostat	48
Σχήμα 2-22 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Γαλλίας για την περίοδο 2000-2018.....	49
Σχήμα 2-23 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ιταλίας για την περίοδο 2000-2018.....	50
Σχήμα 2-24 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Βουλγαρίας για την περίοδο 2000-2018	50
Σχήμα 2-25 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ελλάδας για την περίοδο 2000-2018.....	51

Σχήμα 2-26 Ενεργειακή απόδοση Γερμανίας, Γαλλίας, Ιταλίας, Βουλγαρίας και Ελλάδας για την περίοδο 1990-2017	52
Σχήμα 2-27 Ποσοστό δημοσίου χρέους ως προς το GDP	53
Σχήμα 2-28 Ενεργειακή απόδοση της Ελλάδος 2012-2013	54
Σχήμα 2-29 Ποσοστό ανεργίας Ελλάδας για την περίοδο 2012-2013.....	55
Σχήμα 2-30 Πληθωρισμός της Ελλάδας για την περίοδο 2012-2013	56
Σχήμα 3-1 Εισαγωγές αργού πετρελαίου της Ελλάδας ανά χώρα 2007-2016 Πηγή ΙΕΑ (2017)	58
Σχήμα 3-2 Κατανάλωση Πετρελαίου ανά προϊόν, 2016 Πηγή ΙΕΑ 2017	59
Σχήμα 3-3 Μεριδίο Φυσικού Αερίου της Ελλάδας σε Διάφορους Κλάδους, 1976-2016 Πηγή ΙΕΑ 2017	60
Σχήμα 3-4 Εισαγωγές φυσικού αερίου της Ελλάδας ανά χώρα 1995-2016.....	60
Σχήμα 3-5 Κατανάλωση Φυσικού Αερίου της Ελλάδας ανά Κλάδο, 1982-2015 Πηγή ΙΕΑ 2017	61
Σχήμα 3-6 Ισοζύγιο Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh) στις διασυνδέσεις της Ελλάδας, 2016-2017. Πηγή: μελέτη IENE 2019	62
Σχήμα 3-7 Εισαγωγές και εξαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά χώρα, 1990-2015.....	63
Σχήμα 3-8 Σύγκριση ΙΤΣ με συνολικό κόστος εισαγόμενων καυσίμων. Πηγή: ΤτΕ, ΕΛΣΤΑΤ	64
Σχήμα 3-9 Σύγκριση ΙΤΣ με συνολικό κόστος εισαγόμενων καυσίμων.	65
Σχήμα 3-10 GDP of Greece from 1960 to 2019 (TRADINGECONOMICS.COM)	67
Σχήμα 3-11 Real GDP per capita in Greece from 2000 to 2019 (Eurostat, 2020)	68
Σχήμα 3-12 Πληθυσμός της Ελλάδας από το 2000 έως το 2019 (Eurostat, 2020)	69
Σχήμα 3-13 Ποσοστό πληθωρισμού στην Ελλάδα, 2008 έως 2019 (Eurostat, 2020).....	70
Σχήμα 3-14 Ελληνική ενεργειακή ένταση (Eurostat, 2020)	71
Σχήμα 3-15 Ένταση ενέργειας έναντι πραγματικού ΑΕΠ κατά κεφαλή	73
Σχήμα 3-16 Τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα (Eurostat, 2020).....	75
Σχήμα 3-17 Ελληνικός δείκτης βιομηχανικής παραγωγής (ΕΛΣΤΑΤ, 2020)	77
Σχήμα 3-18 Αυτοαπασχολούμενοι ηλικίας 15 έως 74 ετών στα κράτη μέλη της ΕΕ, 2018 (Eurostat, 2019).....	78
Σχήμα 3-19 Εκπομπές υδρογονανθράκων κατά κεφαλή ΑΕΠ.....	81
Σχήμα 4-1 Το μέσο ετήσιο ενεργειακό κόστος για φυσικό αέριο, εισαγωγές πετρελαίου, βενζίνη κινητήρων, πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα για την περίοδο 2000-2010.....	86
Σχήμα 4-2 Το ΑΕΠ και το μέσο ετήσιο συνολικό ενεργειακό κόστος στην Ελλάδα για την περίοδο 2000 έως 2010. Το μέσο ετήσιο συνολικό ενεργειακό κόστος αναφέρεται στο άθροισμα του μέσου ετήσιου κόστους για βενζίνη κινητήρων, πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρική ενέργεια. Η διακύμανση αναφέρεται στην ετήσια % μεταβολή του ΑΕΠ ή της συνολικής ενέργειας.....	88
Σχήμα 4-3 Επενδύσεις για παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας..	94
Σχήμα 4-4 Παγκόσμια αύξηση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (TWh) ανά χώρα το 2040 Πηγή: ΙΕΑ (2018).....	95
Σχήμα 4-5 Συμμετοχή ισοζυγίου καυσίμου ως ποσοστό του εμπορικού ισοζυγίου βάσει αναθεωρημένων δεδομένων ΒοG. Πηγή: Τράπεζα της Ελλάδος 2018.....	96
Σχήμα 4-6 Μεριδίο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στα κράτη μέλη της ΕΕ, σε % της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας, 2018.....	99

Σχήμα 4-7 Παραγωγή Ενέργειας (GWh) μονάδων ΑΠΕ / ΣΙΘΥΑ για τα έτη 2012-2015. Πηγή: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, 2015.....	100
Σχήμα 4-8 Μέση τιμή ενέργειας (€/MWh) ΑΠΕ/ΣΙΘΥΑ για τα έτη 2012-2015. Πηγή: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, 2015.....	101
Σχήμα 4-9 Διάγραμμα ανάλυσης παλινδρόμησης.....	105
Σχήμα 4-10 Διάγραμμα ανάλυσης παλινδρόμησης.....	105
Σχήμα 5-1 Λειτουργίες συμμετοχής σε τριγωνικό Σχήμα που μοντελοποιούν τη θερμοκρασία	111
Σχήμα 5-2 Διάγραμμα ροής δράσεων ενός ασαφούς συστήματος εμπειρογνομόνων ..	112
Σχήμα 5-3 IEEE-13Radial distribution feeder	115
Σχήμα 5-4 Πραγματικό ενάντια προβλεπόμενο επίπεδο ampacity για τις 20 Ιουλίου για το σύνολο της περιόδου συμφόρησης αυτής της ημέρας	117
Σχήμα 5-5 Πραγματικό ενάντια προβλεπόμενο επίπεδο ampacity για την 2 ^α Ιανουαρίου	119
Σχήμα 5-6 Μοντελοποίηση συμφόρησης μέσω συνάρτησης ιδιότητας μέλους	127
Σχήμα 5-7 Σύστημα συμπερασμάτων ασαφούς λογικής για ελεγκτή EV	127
Σχήμα 5-8 Τροφοδότης ακτινωτής διανομής 13 κόμβων IEE	130
Σχήμα 5-9 Μετρημένη πραγματική ισχύς με και χωρίς ηλεκτρικά οχήματα	131
Σχήμα 5-10 Πραγματική ισχύς από μετρήσεις, με ηλεκτρικά οχήματα που ελέγχονται από ασαφή λογικό ελεγκτή (πράσινη γραμμή) και χωρίς έλεγχο (μπλε γραμμή) για τις 4 πρώτες ημέρες του Αυγούστου.....	132
Σχήμα 5-11 Πραγματική ισχύς από μετρήσεις, με ηλεκτρικά οχήματα που ελέγχονται από ασαφή λογικό ελεγκτή (πράσινη γραμμή) και χωρίς έλεγχο (μπλε γραμμή) για τη 2 ^η ημέρα του Αυγούστου	132
Σχήμα 5-12 Πραγματική ισχύς από μετρήσεις, με ηλεκτρικά οχήματα που ελέγχονται από ασαφή λογικό ελεγκτή (πράσινη γραμμή) και χωρίς έλεγχο (μπλε γραμμή) για τις 4 πρώτες ημέρες του Ιουλίου	133
Σχήμα 5-13 Μετρημένη πραγματική ισχύς για τις ειδικές ημέρες.....	134

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 2-1 Υφιστάμενοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής συνδεδεμένοι στο σύστημα.....	9
Πίνακας 2-2 Παραγωγή των Υ/Η μονάδων (συμπεριλαμβανομένων και των αντλητικών μονάδων) κατά την τελευταία 10-ετία Πηγή ΑΔΜΗΕ (103)	10
Πίνακας 2-3 Ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών με τον υπόλοιπο κόσμο 2005-2015 ⁽¹⁾ δις ευρώ	15
Πίνακας 2-4 Ενεργειακή ένταση των πέντε χωρών για την περίοδο 1990-2013	47
Πίνακας 3-1 Πληροφορίες Ελλάδος από 2008 έως 2019 (EUROSTAT, 2020).....	70
Πίνακας 3-2 Ελληνική Ενεργειακή Ένταση (EUROSTAT, 2020)	72
Πίνακας 3-3 Γραμμικός συντελεστής συσχέτισης R κατά τη διάρκεια 2000-2018	73
Πίνακας 4-1 Το υπολογιζόμενο σωρευτικό ενεργειακό κόστος (δισ €) στην Ελλάδα για την περίοδο 2000 έως 2010 και το ποσοστό τους στο συνολικό ΑΕΠ για αυτήν την περίοδο. 89	
Πίνακας 4-2 RECAL Issue 58: index scores. Πηγή RECAL top 40 ranking	94
Πίνακας 4-3 Τριμηνιαία στοιχεία για την παραγωγή ενέργειας, τη συνολική αξία και τη μέση τιμή ανά MWh.....	102
Πίνακας 4-4 Τριμηνιαία στοιχεία σχετικά με τις αλλαγές στην παραγωγή ενέργειας, τη συνολική αξία και τη μέση τιμή της.....	102
Πίνακας 4-5 Τριμηνιαία στοιχεία για το ΑΕΠ και τις τριμηνιαίες μεταβολές της κατά την περίοδο 2012-2015. Πηγή: ELSTAT, 2020	103
Πίνακας 4-6 Συσχέτιση του ΑΕΠ με την παραγωγή ενέργειας με τη συνολική του αξία και την μέση τιμή του MWh.....	103
Πίνακας 4-7 Ανάλυση παλινδρόμησης SPSS.....	104
Πίνακας 5-1 Προβλεπόμενο σε σχέση με το πραγματικό επίπεδο μέγιστου ρεύματος capacity	117
Πίνακας 5-2 Προβλεπόμενο σε σχέση με το πραγματικό επίπεδο μέγιστου ρεύματος (capacity).....	119

Συντομογραφίες

AI	Artificial Intelligence
ANNs	Artificial Neural Networks
CCS	Carbon Capture and Storage
DSO	Days Sales Outstanding
EIA	Energy Information Administration
ESS	Energy Storage Systems
FL	Fussy Logic
IEA	International Energy Agency
NG	Natural Gas
OSI	Official Sector Involvement
PIIGS	Portugal, Italy, Ireland Greece, Spain
PSI	Private Sector Involvement
UPFC	Unified Power Plow Controller
ΑΔΜΗΕ	Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΑΕΠ	Πραγματικό Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΝΤ	Διεθνές Νομισματικό Ταμείο
ΔΤΚ	Δείκτης Τιμών Καταναλωτή
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΖ	Ευρωζώνη
ΕΙ	Ενεργειακή Ένταση
ΕΚΤ	Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΠ-ΑΝ	Επαναστατική Εταιρεία Μελέτης Νεοελληνικών Προβλημάτων
ΕΣΜΗΕ	Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΙΕΝΕ	Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης
κ.α	και άλλα
κ.τ.λ.	και λοιπά
ΛΑΓΗΕ	Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΜΕΑΠ	Σενάριο Μέτρων Μεγιστοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
ΟΝΕ	Οικονομική και Νομισματική Ένωση
ΟΟΣΑ	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
ΟΠΕΚ	Οργανισμός Εξαγωγών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών
ΠΕΚ	Σενάριο Περιβαλλοντικών Μέτρων Ελαχίστου Κόστους
ΤΝΔ	Τεχνητά Νευρωτικά Δίκτυα
ΤΟΕ	Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου
ΥΗΣ	Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί
ΥΦ	Σενάριο Υφιστάμενων Πολιτικών
ΦΒ	Φωτοβολταϊκά

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Στην διατριβή αυτή ερευνάται η «οικονομία» της ενέργειας ως στρατηγικός και γεωπολιτικός παράγοντας διαμόρφωσης του μέλλοντος του πλανήτη και της χώρας. Η έρευνα εστιάζει στην ενέργεια ως «οικονομικό και κοινωνικό αγαθό», καθώς και στα συστήματα διαχείρισης της παραγωγής και της διάθεσής της στο Ελλαδικό χώρο σε σύγκριση με το Ευρωπαϊκό και Παγκόσμιο πλαίσιο, ως κύριο στοιχείο οικονομικής ανάπτυξης και ευημερίας. Ερευνώνται και αναλύονται οι κατάλληλοι κοινωνικοοικονομικοί δείκτες, οι οποίοι με στοιχεία από το παρελθόν και το παρόν επιχειρούν να απεικονίσουν και να προβλέψουν, με τη χρήση οικονομικών μοντέλων, την εικόνα της εξέλιξης της Ελλάδας για την επόμενη 50ετία. Ως πηγές χρησιμοποιήθηκαν στατιστικά στοιχεία από όλες τις διαθέσιμες πηγές (Eurostat, OECD (IEA), IMF, ΕΛΣΤΑΤ, ΑΔΜΗΕ κα). Στο πλαίσιο αυτό εξετάστηκαν οι χρηματοοικονομικοί παράμετροι της αγοράς ενέργειας και η βελτιστοποίηση μοντέλων προβλεπτικής διαχείρισης. Παράλληλα διερευνήθηκαν οι μέθοδοι και οι τεχνολογίες ως προκλήσεις στη αποτελεσματικότερη παραγωγή, διανομή και διάθεση της ηλεκτρικής ενέργειας. Γίνεται αναφορά στις ενεργειακές απαιτήσεις της χώρας, στη μεγιστοποίηση των παραγωγικών δυνατοτήτων καθώς και στην αποτελεσματική διαχείριση και διάθεση – διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας με δεδομένο το πιο σημαντικό οριακό της χαρακτηριστικό, τις χωρικές της ιδιαιτερότητες και την ανάγκη διαρκούς ροής λόγω της μη δυνατότητας αποθήκευσης. Από την εξέταση όλων των μορφών της ενέργειας και από τα παραπάνω, προκύπτουν προτάσεις βελτιστοποίησης των παλαιών αλλά και νέων μοντέλων διάθεσης, με τη χρήση νέων τεχνολογιών (smart grid technologies) με στόχο τη παροχή της ενέργειας με το καλύτερο δυνατό τρόπο (ενεργειακή αποδοτικότητα, επάρκεια και σταθερότητα ισχύος) και με το χαμηλότερο κόστος για όλους τους χρήστες.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται βιβλιογραφική έρευνα αναφορικά με την εξέλιξη της παραγωγής και της αγοράς ενέργειας και ειδικότερα της ηλεκτρικής, σε παγκόσμιο, Ευρωπαϊκό και Εθνικό επίπεδο. Μέσω βιβλιογραφικής επισκόπησης εξετάστηκαν ιστορικοί και κοινωνικοοικονομικοί παράμετροι με έμφαση στην επισκόπηση της εξέλιξης της Ελληνικής Βιομηχανίας Ενέργειας. Αναλύεται η έννοια της οικονομίας της ενέργειας αλλά και η συσχέτιση της οικονομίας με την ενέργεια. Ουσιαστικά πέραν των βασικών οικονομικών αρχών αναλύονται οι αλληλεπιδράσεις της οικονομίας της ενέργειας με το γεωπολιτικό υπόβαθρό της. Δηλαδή εξετάζονται οι παράμετροι που αφορούν την γεωγραφική θέση, την

πολιτική σταθερότητα, το πολιτισμικό και το ιστορικό υπόβαθρο της χώρας καθώς και η επίδραση των οικονομικών συστημάτων της αγοράς στην οικονομική ευημερία και ανάκαμψη της χώρας, συγκριτικά με γειτονικά και ευρωπαϊκά κράτη. Σε συνέχεια δίνεται η πρέπουσα έμφαση στην αναπτυξιακή δυνατότητα της ενέργειας στη χώρα και την ανάδειξη σε στρατηγικό πλεονέκτημα, εκμεταλλευόμενη και ενισχύοντας την γεωπολιτική της θέση, με παράλληλα αναπτυξιακά οφέλη από τις υποδομές και την «περιφερειακή» συνιστώσα στο πλαίσιο της ΕΕ, που θα καταστήσουν τη χώρα hub ενεργειακών δικτύων στην ΝΑ Μεσόγειο – Β. Αφρική. Τα παραπάνω υλοποιούνται, ερμηνεύοντας την ενέργεια ως γεωπολιτικό οικονομικό αγαθό και εμπορεύσιμο προϊόν. Με αυτήν την οπτική εξετάζονται και συσχετίζονται οι παράμετροι της κλασικής οικονομικής θεωρίας και οι ισορροπίες της παγκόσμιας και εγχώριας αγοράς. Για την επισκόπηση χρησιμοποιήθηκαν πηγές της παγκόσμιας βιβλιογραφίας και ειδικότερα για την Ελλάδα αντλήθηκαν στοιχεία από το βιβλίο του Δ. Μπάτση καθώς και από την ΔΕΗ, ΑΔΜΗΕ, μελέτες της Ακαδημίας Αθηνών, διεθνών οργανισμών κ.ά.

Στο Κεφάλαιο 3 εξετάζονται οι συνιστώσες του ισοζυγίου των τρεχουσών συναλλαγών. Διαπιστώνεται ότι το εμπορικό ισοζύγιο που αποτελεί μέρος του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών είναι ανελαστικό λόγω της υψηλής εξάρτησης της χώρας μας από τα εισαγόμενα καύσιμα, κυρίως πετρέλαιο και φυσικό αέριο, γι' αυτό και εάν μειωθεί η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδος από τις χώρες του εξωτερικού, θα υπάρξει μία μακροπρόθεσμη μείωση του ελλείμματος του εμπορικού ισοζυγίου. Αυτά τα ευρήματα συνδέονται με την ικανότητα της χώρας να συμμορφωθεί και να φτάσει στην ανθεκτικότητα της οικονομίας.

Επίσης αναλύεται πως επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) φαίνεται να ενισχύουν την αύξηση του ΑΕΠ, ιδίως στις ανεπτυγμένες χώρες. Παράλληλα συνδέονται αυτές οι επενδύσεις με τις δεσμεύσεις για το Net-Zero έως το 2050 και επιταχύνουν την ανάπτυξη με τρόπους που παράγουν ευρύτερα οφέλη για μια οικονομία. Οι υψηλές εκπομπές αερίων CO₂ καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για την δημιουργία μίας νέας ενεργειακής στρατηγικής που θα έχει ως στόχο την μείωση στην τελική κατανάλωσης ενέργειας σε όλους τους τομείς της οικονομίας, αλλά και αύξηση της εγχώριας παραγωγής υδρογονανθράκων.

Διερευνάται πως η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί τον αμεσότερο και οικονομικότερο τρόπο με τον οποίο η Ελλάδα μπορεί να μειώσει δραστικά τις δαπάνες για εισαγωγές και

να βελτιώσει το εμπορικό ισοζύγιο, προωθώντας παράλληλα επενδύσεις στην ενεργειακή ένταση. Αναδεικνύεται η στροφή της οικονομίας με ζημιές κυρίως σε τομείς που παράγουν ή χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, με απώλειες αγοραστικής αξίας μείωση θέσεων, αλλά αύξηση στον τομέα παραγωγής πράσινης ενέργειας.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται αναφορά στις ενεργειακές επιπτώσεις στο ισοζύγιο πληρωμών της Ελλάδος καθώς και στο διαθέσιμο εισόδημα των Ελλήνων. Αναφερόμαστε στην εξάρτηση της Ελλάδος από τις εισαγωγές υδρογονανθράκων και πώς συσχετίζονται με το ΑΕΠ της χώρας, με αποτέλεσμα να επηρεάζουν τις τιμές της ενέργειας και να μετακινούν τους καταναλωτές προς εύρεση άλλων μορφών ενέργειας, όπως ορυκτά καύσιμα ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από διάφορες πηγές όπως το Index Mundi, Eurostat, IEA και οι εγχώριες αρχές όπως η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) και η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ).

Στο Κεφάλαιο 5 αναπτύσσεται η μεθοδολογία εποπτείας του Επιπέδου Μέγιστου Ρεύματος με Χρήση Θεωρίας Ασαφούς Λογικής σε Απορυθμισμένες Αγορές Ισχύος. Η ανάπτυξη της μεθόδου βασίζεται στη θεωρία ασαφούς λογικής για την ακριβή και αποτελεσματική παρακολούθηση μιας φάσης, μιας γραμμής διανομής σχετικά με το επίπεδο της χωρητικότητάς της. Με βάση την ασαφή λογική και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση ασαφών μοντέλων, αναπτύσσεται μια μέθοδος για τον προσδιορισμό της Διαθέσιμης Ικανότητας Μεταφοράς βασισμένη σε μεταβλητές εισόδου. Αυτό είναι καθοριστικής σημασίας για την υγεία της διανομής του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά στην εποχή των ανταγωνιστικών αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, όπου η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας διαμορφώνεται με βάση μόνο το επίπεδο της ισχύουσας τιμής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Επίσης εξετάζεται το πρόβλημα της αυξημένης ζήτησης που εισάγεται από τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων η οποία είναι σε θέση να δημιουργήσει συμφόρηση σε περιόδους όπου προηγουμένως δεν είχαν παρατηρηθεί, παρουσιάζεται ένα σύστημα πλήρως αυτοματοποιημένου ελεγκτή ασαφούς λογικής, όπου η μόνη ευθύνη του χρήστη είναι να καθορίσει την προθυμία του να πληρώσει για τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, εισήχθη και αναλύθηκε η έννοια του "εικονικού προϋπολογισμού". Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αποδεικνύουν την ικανότητα της ασαφούς λογικής να βοηθά σε τέτοιου είδους εφαρμογές.

Κεφάλαιο 2 Το Ενεργειακό Δυναμικό και η Ενεργειακή Βάση

2.1 Εισαγωγή

Το 1947 ο Δημήτρης Μπάτσης στο βιβλίο του «Η Βαρεία Βιομηχανία στην Ελλάδα», δημοσίευσε την τεράστια σημασίας μελέτη του, όπου προδιαγράφει προφητικά και πληρέστατα το δρόμο και την ορθολογική εκμετάλλευση των ενεργειακών αποθεμάτων της Ελλάδας, ώστε να τεθούν τα θεμέλια και η μελλοντική βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Το βιβλίο ήταν, και υπό κάποια έννοια παραμένει, η «Βίβλος της Ελληνικής Ανάπτυξης». Πρόκειται για μια ολιστική θεώρηση αναπτυξιακών προκλήσεων, δυνατοτήτων αλλά και ρεαλιστικών προοπτικών της Ελλάδας. Η εργασία του Μπάτση για τη «Βαρεία Βιομηχανία στην Ελλάδα» φαίνεται πως αποτέλεσε μια βασική πηγή επιστημονικής τεκμηρίωσης των αναπτυξιακών σχεδιασμών που υλοποιούνται στο πλαίσιο του «Σχεδίου Μάρσαλ» (European Recovery Programm – ERP των ΗΠΑ), στην Ελλάδα (1948-1952) [99], [101], που παραδόξως, περιορίστηκε μόνο στον ενεργειακό τομέα και στην ανασυγκρότηση της παραδοσιακής βιομηχανίας, παρά την τραγική αντιμετώπιση του συγγραφέα από την ίδια την πατρίδα του.

Όπως περιγράφεται εκτενέστατα και διεξοδικά, η βαριά βιομηχανία, δηλαδή η ανάπτυξη της βιομηχανίας, η εκμετάλλευση των διαφόρων μεταλλευμάτων στην Ελλάδα και κυρίως του λιγνίτη, η κατασκευή υδροηλεκτρικών εργοστασίων, είναι ο μόνος τρόπος για την προοδευτική οικονομική ανάπτυξη και η διέξοδος από την οικονομική τελεσίδικη κατάσταση. Και έτσι, θα έρθει η λύτρωση της ελληνικής οικονομίας και της εθνικής εργασίας από τα δεσμά του ξένου κεφαλαίου. Με την βαριά βιομηχανία η Ελλάδα θα δημιουργήσει ικανό λαό έτσι ώστε να οδηγηθεί στην ευημερία, στην ανάπτυξη και να απεγκλωβιστεί από την μιζέρια δημιουργώντας ένα κράτος χρηματοοικονομικά δυνατό. Η Ελλάδα μπορεί να το πετύχει αυτό μέσω της βαριάς βιομηχανίας. Σύμφωνα με τον Δ. Μπάτση, η Ελλάδα, έχει τις προϋποθέσεις δηλαδή το ενεργειακό δυναμικό σε στερεά καύσιμα και σε υδατοπτώσεις, που θεωρητικά και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο ανέρχεται σε αρκετά δισεκατομμύρια kWh ετησίως. Τα αποθέματα κάποιων μεταλλευμάτων είναι πάρα πολύ μεγάλα έτσι ώστε όχι μόνο να καλύψουν τις σημερινές ανάγκες αλλά και να υπάρξουν αποθέματα για το μέλλον. [94]. Ιστορικά, αναφέρεται στις εμβληματικές αναζητήσεις των προοδευτικών επιστημόνων της εποχής του, που οραματιζόταν από τα χρόνια της κατοχής τον πρωτοπόρο ρόλο της ενέργειας, στην εκβιομηχάνιση της χώρας – καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη της. Γι' αυτό τον λόγο συγκρότησαν την «Επαναστατική εταιρεία μελέτης νεοελληνικών

προβλημάτων» (ΕΠ-ΑΝ), με σκοπό να μελετήσει τα προβλήματα της ανοικοδόμησης και να σχεδιάσει την εκβιομηχάνιση της Ελλάδος. Μεγάλη συμβολή στην οργάνωση είχε ο Δημήτρης Μπάτσης, ο οποίος κατανόησε την ουσία των προβλημάτων, τη διάρθρωση της οικονομίας της χώρας και πρότεινε ρεαλιστικές λύσεις με κοινωνικά δίκαιη προοπτική, ώστε, όπως σημειώνει ο ίδιος χαρακτηριστικά στον πρόλογο του έργου του, «θα ανοίξει ο δρόμος για να λυτρωθούν οι παραγωγικές δυνάμεις της νεοελληνικής κοινωνίας. Και ο δρόμος αυτός μας οδηγεί στην ορθολογιστική οργάνωση και στη σχεδιασμένη ανάπτυξη της εθνικής μας οικονομίας, στη δημιουργία ανώτερης τεχνικής βάσης, στη γοργή συσσώρευση των οικονομικών μέσων για ν' ανθήσει και σ' εμάς γερή, προοδευμένη κοινωνική ζωή».

Η εκβιομηχάνιση της Ελλάδος αποτελεί προϋπόθεση για την ανάπτυξη των παραγωγικών δυνάμεων και παίζει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη της βαριάς βιομηχανίας. Για την ανάπτυξή της είναι απαραίτητη η μεταλλουργία και ηλεκτροχημική βιομηχανία, η οποία και θα αλλάξει την οικονομική διάρθρωση της χώρας. Οι εισαγωγές της χώρας για πρώτες ύλες ή ακατέργαστα προϊόντα δεν θα βαραίνουν το ισοζύγιο πληρωμών. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε, γιατί υπάρχουν κοιτάσματα που μπορούμε να αντλήσουμε, μεταλλεύματα σε τέτοιες ποσότητες, που είναι επαρκείς όχι μόνο τώρα, αλλά και στο μέλλον. Η διαφωνία όμως των τεχνικών με τον οικονομολόγο Δ. Μπάτση, είναι, εάν αυτά τα κοιτάσματα μπορούν να μας δώσουν όχι μόνο τέτοιες ποσότητες αλλά και ποιότητες μεταλλευμάτων που να είναι σε κατάσταση έτσι ώστε να βοηθήσουν στην ανάπτυξη των βιομηχανικών προϊόντων σε μακροχρόνια περίοδο.

Μπορεί η Ελλάδα να ήταν πλούσια σε μεταλλεύματα, αλλά το ορυκτό μέταλλευμα της εποχής, που ήταν απαραίτητο για την εκβιομηχάνιση, ήταν ο λιθάνθρακας. Η χώρα παρήγαγε λιγνίτη (150.000 t, 1950), ενώ δεν είχαμε εγχώρια παραγωγή λιθάνθρακα και έτσι έπρεπε να γίνουν εισαγωγές.

Σύμφωνα με τη μελέτη του Δ. Μπάτση και συγκρίνοντας τα ισοζύγια πληρωμών των ετών 1938 και 1948 φαίνεται ότι, από την ενέργεια που παράγονταν προπολεμικά στην Ελλάδα από στερεά καύσιμα, 97% έδινε το εισαγόμενο κάρβουνο και 3% ο εγχώριος λιγνίτης. Τα υγρά καύσιμα, πετρέλαιο και βενζίνη, εισάγονταν 100% από το εξωτερικό και η εγχώρια ηλεκτρική ενέργεια βασιζόταν στις εισαγωγές καυσίμων κατά 95% και μόνο κατά 5% στις ντόπιες πηγές ενέργειας [99], [101].

Για την εκβιομηχάνιση της χώρας, η βελτίωση του δείκτη ενεργειακής αυτοδυναμίας αποτέλεσε στόχο του ενεργειακού προγράμματος 1948 – 1958, που εκφράστηκε με την υποστήριξη και προώθηση της πολιτικής αξιοποίησης του λιγνίτη και των υδροηλεκτρικών έργων. Η χώρα έχοντας αρκετά μεταλλεύματα για εξόρυξη, είχε σημαντική έλλειψη εγκαταστάσεων για αυτή τη δραστηριότητα, δεν επαρκούσαν τα μεταφορικά μέσα, έπρεπε να δημιουργηθούν υδροηλεκτρικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, έτσι ώστε στη συνέχεια να γίνει η επεξεργασία των μετάλλων. Παρ' όλα αυτά ήταν συνθήκες παροδικές και μπορούσαν να διορθωθούν έχοντας βοήθεια από το εξωτερικό. («Σχέδιο Μάρσαλ», 1948-52). Σύμφωνα με τις προβλέψεις για το ενεργειακό ισοζύγιο του 1958 ο λιγνίτης θα συμμετείχε κατά 60,8% στην κατανάλωση πρωτογενών μορφών ενέργειας έναντι 33,9% των πετρελαιοειδών. Ο βαθμός ενεργειακής αυτοδυναμίας ορίζεται ως το ποσοστό ζήτησης της ενέργειας το οποίο καλύπτεται από την εγχώρια παραγωγή. Μετά την ενεργειακή κρίση του 1973, ο βαθμός ενεργειακής αυτοδυναμίας γίνεται περισσότερο σημαντικός λόγω του αυξημένου κόστους και της συναλλαγματικής δαπάνης για το τμήμα της εισαγόμενης ενέργειας [99].

2.2 Το Ενεργειακό Δυναμικό και η Ενεργειακή Βάση

Όπως αναφέραμε, απαραίτητη προϋπόθεση για να μπορέσουμε να εξασφαλίσουμε την ενεργειακή βάση είναι η βαριά βιομηχανία και για να συμβεί αυτό θα πρέπει να εκμεταλλευτούμε τον πλούτο της χώρας μας, να αξιοποιήσουμε όλες τις φυσικές πηγές ενέργειας, που η Ελλάδα είναι πλούσια, λόγω του υπεδάφους (γεωλογικός παράγοντας) αλλά και της γεωγραφικής θέσης της. Τέτοιες πηγές είναι οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί λόγω των πολλών ποταμών και λιμνών και ο φυσικός αέρας ειδικά στην νησιωτική Ελλάδα. Αυτές οι βασικές πηγές είναι που θα βοηθήσουν την Ελλάδα να βάλει την βάση για την βιομηχανοποίηση της χώρας καθώς επίσης είναι απαραίτητες για τον οικονομικό και τεχνικό μετασχηματισμό των παραγωγικών δυνάμεων.

Ο επιχειρηματικός παράγοντας τότε στην Ελλάδα ήταν περιορισμένων δυνατοτήτων και λειτουργούσε εντός ενός κατεστραμμένου κράτους, αδύναμου στο να διαμορφώσει και να εφαρμόσει κανόνες λειτουργίας αγορών. Έτσι, η ρευστότητα του περιβάλλοντος και οι αδυναμίες, αν όχι ανικανότητα του επιχειρηματικού παράγοντα σε ατομικό επίπεδο και μην μπορώντας να ξεπεράσει τις κερδοσκοπικές επιδιώξεις μετά τον πόλεμο, ήταν αυτό που οδήγησε την εξάρτηση της βιομηχανίας της Ελλάδος, από την εισαγωγή καυσίμων. Η

συνέπεια αυτού ήταν η επιχειρηματική δραστηριότητα να κινείται σε μία περιορισμένη σφαίρα, εξάρτησης από το ξένο κεφάλαιο και την φιλοσοφία του ελληνικού κεφαλαίου να αναζητά σίγουρες μεθόδους αποφεύγοντας την αξιοποίηση του ενεργειακού πλούτου.

Όπως σημειώσαμε παραπάνω, προπολεμικά στην Ελλάδα η ενέργεια που παρήγαγε από στερεά καύσιμα, έδινε 97% το ξένο κάρβουνο και μόλις το 3% ο εγχώριος λιγνίτης. Αντίθετα το πετρέλαιο και η βενζίνη εισάγεται κατά 100% από το εξωτερικό και έτσι το 95% παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από εισαγόμενα καύσιμα και μόνο το 5% από εγχώριες πηγές ενέργειας [94]. Έτσι, παρατηρούμε ότι δεν μπορούσαμε να στηριχτούμε μόνο στις δυνάμεις μας για την ίδρυση ενεργειακής βάσης, αλλά θα έπρεπε να στραφούμε στη βοήθεια από το εξωτερικό. Πριν όμως αναφερθούμε για το εξωτερικό θα αναλύσουμε βασικές πηγές ενέργειας της Ελλάδος, τον λιγνίτη και τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

2.2.1 Λιγνίτης

Ο λιγνίτης στο υπέδαφος της Ελλάδος σύμφωνα με τους ειδικούς βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο και όχι ως βοηθητικό καύσιμο και έτσι να στηρίξει ένα μέρος της ενεργειακής βάσης της Ελλάδος. Εκτός από τη χρήση του ως καύσιμο, μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σαν χημικό προϊόν ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε κλάδου της οικονομίας για να μπορέσουμε έτσι να καλύψουμε τις περισσότερες ανάγκες. Θα πρέπει να γνωρίζουμε με ακρίβεια όμως σε τι ποσοστό θα χρησιμοποιηθεί για ενέργεια, θέρμανση, μεταλλουργικό κωκ. Παρ' όλα αυτά στραφήκαμε σε ξένα ορυκτά όπως το κάρβουνο, ενώ τον λιγνίτη τον χρησιμοποιούσαμε μόνο ως συμπληρωματικό καύσιμο όταν υπήρχαν ελλείψεις από τα ξένα καύσιμα. Οι απόψεις των ειδικών όπως οι Τριανταφυλλίδης, Ζώτος, Κέγκελ, Κισκύρας θεωρούσαν ότι ο μέσος όρος της ποσότητας του λιγνίτη στην Ελλάδα, δεν υστερεί με αυτούς της Κεντρικής Ευρώπης και της Δυτικής Γερμανίας, παρ' όλα αυτά όμως ο κάθε λιγνίτης, έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ο ελληνικός λιγνίτης είναι εύθραυστος, περιέχει ασβεστόλιθο, θειάφι και υγρασία με αποτέλεσμα να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε φυσική κατάσταση αλλά να χρειάζεται επεξεργασία. Μπορεί να θεωρηθεί αυτό ως μειονέκτημα, αλλά με την κατάλληλη επεξεργασία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο ανώτερης θερμαντικής ικανότητας. Και το κόστος για την εξόρυξη του λιγνίτη δεν είναι υπερβολικό αφού μπορούμε και να το κάνουμε τμηματικά ανάλογα με τις ανάγκες μας αλλά και με τις οικονομικές μας δυνατότητες. Βέβαια για να αναπτυχθεί η παραγωγή του λιγνίτη θα πρέπει

να υπάρχει ένας άριστος εξοπλισμός των ορυχείων και όχι μόνο. Θα πρέπει να υπάρχουν και άριστες συνθήκες εργασίας των ανθρακωρύχων, εξελιγμένης μορφής ορυχεία κ.τ.λ.

Βλέποντας όμως τα στοιχεία του λιγνίτη και έχοντας μια σφαιρική γνώση, αντί τελικά να τον αξιοποιήσουμε όσο καλύτερα μπορούσαμε και ποσοτικά και τεχνικά σύμφωνα με τους ειδικούς, χρησιμοποιούσαμε πρώτη ύλη από το εξωτερικό.

2.2.2 Υδροενεργειακή Αξιοποίηση

Η γεωγραφική θέση της Ελλάδος είναι αυτή που βοηθάει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω υδροηλεκτρικών εργοστασίων. Παρ' όλα αυτά όχι μόνο χρησιμοποιήθηκε ελάχιστα, αλλά από την άλλη, δεν υπήρχε σχέδιο για το πώς τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια θα συμμετέχουν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η Ελλάδα κυρίως καλύπτεται από το 80% από βουνά και αυτό επί το πλείστον βοηθάει για την υδροηλεκτρική ανάπτυξη. Το ετήσιο θεωρητικά υδροδυναμικό της είναι περίπου 80TWh ενώ το οικονομικά εκμεταλλεύσιμο υδροδυναμικό είναι 12TWh. Στην αρχή δεν χρησιμοποιήθηκαν οι υδροηλεκτρικές μονάδες για την παραγωγή ενέργειας και κυρίως της ηλεκτρικής. Αυτό που θα έπρεπε να γίνει ήταν το πώς θα κατασκευάσουμε περισσότερα υδροηλεκτρικά έργα δηλαδή να κάνουμε μία χρονική κλιμάκωση. Ο Δ. Μπάτσης, αυτό το πλάνο το χωρίζει σε τρεις περιόδους: Πρώτη περίοδος ήταν η κατασκευή έργων, με αξιοποίηση των θέσεων των βασικών πηγών ενέργειας, όπου μέρος της ενέργειας αυτής θα διατεθεί στα αστικά κέντρα. Ταυτόχρονα με αυτά τα έργα, θα κατασκευαζόταν και ένα υδροηλεκτρικό έργο για την γεωργία (αγροτική βιωσιμότητα). Στην δεύτερη περίοδο θα αξιοποιούνταν και άλλες θέσεις των βασικών πηγών ενέργειας και επέκτασης της ενέργειας στα καινούργια συγκροτήματα και μεγάλης και μικρής παροχής πηγών. Έτσι θα υπήρχε βαθμιαία αύξηση της αστικής και αγροτικής κατανάλωσης. Και τέλος στην Τρίτη περίοδο θα ολοκληρωνόταν το ενεργειακό πρόγραμμα για την βιομηχανία από τις μεγάλες πηγές και ταυτόχρονα θα χρησιμοποιούνταν οι άλλες πηγές ενέργειας για τους σκοπούς αστικής και αγροτικής κατανάλωσης, με την ένταξή τους σιγά σιγά στα ενεργειακά συγκροτήματα [94].

Σήμερα, όπως δείχνει η αναπτυξιακή πορεία «εξηλεκτρισμού» της χώρας, ακολουθήσαμε την ίδια πρακτικά «τακτική» που αναγράφει ο Δ. Μπάτσης. Έτσι για αρχή η εκμετάλλευση έγινε για πολύ μικρά εργοστάσια (αστικά – γεωργικά) και χρησιμοποιούσαν ελάχιστα ποσά ενέργειας, γι' αυτό και πριν από την ίδρυση της ΔΕΗ (1950) είχαν τεθεί σε λειτουργία μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια που η ισχύ τους ήταν περίπου 6 MW. Κατά

την περίοδο από το 1950 μετά την ίδρυση της ΔΕΗ μέχρι και το 1975 κατασκευάστηκαν 8 μεγάλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί (ΥΗΣ): Άργας, Λούρος, Κρεμαστά, Ταυρωπός/Πλαστήρα, Πολύφυτο, Καστράκι, Εδεσσαίος και Λάδωνας, συνολικής ισχύος 1.410 MW. Μετά το 1975 κατασκευάστηκαν οκτώ μεγάλοι και τρεις μικροί ΥΗΣ: Στράτος I και II, Σφηκιά, Ασώματα, Πουρνάρι I και II, Πηγές Αώου, Θησαυρός, Πλατανόβρυση, Μακροχώρι και Γκιώνα, συνολικής ισχύος 1.610 MW. Η συνολική ισχύς των υδροηλεκτρικών σταθμών της χώρας είναι 3.060 MW και καλύπτει το 26,5% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος των συμβατικών σταθμών, η οποία είναι 11.612 MW.

Σύμφωνα με την ΑΔΜΗΕ (Πίνακες 2-1 και 2-2) τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια βρίσκονται κυρίως στην βόρεια και δυτική Ελλάδα και την τελευταία δεκαετία φαίνεται ότι καλύπτουν ένα μικρό σχετικά ποσοστό παραγωγής ενέργειας που κυμαίνεται από 10-20% και αυτό εξαρτάται από τις υδραυλικές συνθήκες κάθε έτους [83], [96], [100].

Πίνακας 2-1 Υφιστάμενοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής² συνδεδεμένοι στο σύστημα.
Πηγή ΑΔΜΗΕ [83], [96],[100]

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤ/ΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW) ¹	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
ΔΕΗ	ΥΗΣ Άγρα	Άγρας I	25	25
ΔΕΗ	ΥΗΣ Άγρα	Άγρας II	25	25
ΔΕΗ	ΥΗΣ Ασωμάτων	Ασώματα I	54	54
ΔΕΗ	ΥΗΣ Ασωμάτων	Ασώματα II	54	54
ΔΕΗ	ΥΗΣ Εδεσσαίου	Εδεσσαίος	19	19
ΔΕΗ	ΥΗΣ Θησαυρού	Θησαυρός I (Αναστρέψιμη αντλητική μονάδα)	128	128
ΔΕΗ	ΥΗΣ Θησαυρού	Θησαυρός II (Αναστρέψιμη αντλητική μονάδα)	128	128
ΔΕΗ	ΥΗΣ Θησαυρού	Θησαυρός III (Αναστρέψιμη αντλητική μονάδα)	128	128
ΔΕΗ	ΥΗΣ Καστρακίου	Καστράκι I	80	80
ΔΕΗ	ΥΗΣ Καστρακίου	Καστράκι II	80	80
ΔΕΗ	ΥΗΣ Καστρακίου	Καστράκι III	80	80
ΔΕΗ	ΥΗΣ Καστρακίου	Καστράκι IV	80	80
ΔΕΗ	ΥΗΣ Κρεμαστών	Κρεμαστά I	109,3	109,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Κρεμαστών	Κρεμαστά II	109,3	109,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Κρεμαστών	Κρεμαστά III	109,3	109,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Κρεμαστών	Κρεμαστά IV	109,3	109,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Λάδωνα	Λάδωνας I	35	35
ΔΕΗ	ΥΗΣ Λάδωνα	Λάδωνας II	35	35
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πηγών Αώου	Πηγές Αώου I	105	105
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πηγών Αώου	Πηγές Αώου II	105	105
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλαστήρα (Ταυρωπός)	Πλαστήρας I	43,3	43,3

ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλαστήρα (Ταυρωπός)	Πλαστήρας II	43,3	43,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλαστήρα (Ταυρωπός)	Πλαστήρας III	43,3	43,3
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλατανόβρυσης	Πλατανόβρυση I	58	58
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πλατανόβρυσης	Πλατανόβρυση II	58	58
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πολύφυτου	Πολύφυτο I	125	125
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πολύφυτου	Πολύφυτο II	125	125
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πολύφυτου	Πολύφυτο III	125	125
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου I	Πουρνάρι I, Μονάδα I	100	100
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου I	Πουρνάρι I, Μονάδα II	100	100
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου I	Πουρνάρι I, Μονάδα III	100	100
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου II	Πουρνάρι II, Μονάδα I	16	16
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου II	Πουρνάρι II, Μονάδα II	16	16
ΔΕΗ	ΥΗΣ Πουρναρίου II	Πουρνάρι II, Μονάδα III	1,6	1,6
ΔΕΗ	ΥΗΣ Στράτου	Στράτος I	75	75
ΔΕΗ	ΥΗΣ Στράτου	Στράτος II	75	75
ΔΕΗ	ΥΗΣ Σφηκιάς	Σφηκιά I (Αναστρέψιμη αντλητική μονάδα)	105	105
ΔΕΗ	ΥΗΣ Σφηκιάς	Σφηκιά II (Αναστρέψιμη αντλητική μονάδα)	105	105
ΔΕΗ	ΥΗΣ Σφηκιάς	Σφηκιά III (Αναστρέψιμη αντλητική μονάδα)	105	105
ΔΕΗ	ΥΗΣ Ιλαρίωνα	Ιλαρίωνας	153	153
Σύνολο ισχύος Υδροηλεκτρικών Μονάδων:			3170,7	3170,7

1. Αναφέρονται μόνον οι μονάδες που είναι σε εμπορική λειτουργία και συνδέονται στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα, ανεξάρτητα από την καταχώρησή τους στο Μητρώο ΑΔΙ.
2. Δεν αναφέρονται τα Μικρά Υδροηλεκτρικά που υπάγονται στις διατάξεις του Άρθρου 9 του Ν. 3468/06, θεωρούμενα ως Σταθμοί Παραγωγής ΑΠΕ.

Πίνακας 2-2 Παραγωγή των Υ/Η μονάδων (συμπεριλαμβανομένων και των αντλητικών μονάδων) κατά την τελευταία 10-ετία Πηγή ΑΔΜΗΕ [83], [84], [96],[100]

	ΕΓΚ. ΙΣΧΥΣ (MW)	ΚΑΘ. ΠΑΡ. (GWh)	Συν/στής χρησιμοποίησης (%)
2009	3017,7	4955,4	18,75
2010	3017,7	6702,6	25,35
2011	3017,7	3675,5	13,90
2012	3017,7	3891,7	14,68
2013	3017,7	5639,9	21,33
2014	3017,7	3906,2	14,78
2015	3017,7	5390,7	20,39
2016	3017,7	4843,3	18,27
2017	3017,7	3456,7	13,08
2018	3170,7	5051,4	18,19

Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι στα υπάρχοντα υδροηλεκτρικά εργοστάσια υπάρχουν και τρεις υδροηλεκτρικοί σταθμοί Σφηκιάς, Θησαυρού και Νέστου που λειτουργούν ως

αντλητικοί – αναστρέψιμοι, δηλαδή αποθηκεύουν νερό τις ώρες που υπάρχει χαμηλό φορτίο χρησιμοποιώντας ενέργεια χαμηλού κόστους και την αποδίδουν σε ώρες αιχμής με αποτέλεσμα να δημιουργείται μία εξομάλυνση στις αιχμής της ημερήσιας καμπύλης φορτίου έτσι ώστε από τη μία να καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες σε ώρες αιχμής και από την άλλη να το πετυχαίνει με χαμηλό κόστος.

Έχοντας ως δεδομένα τα παραπάνω, θα πρέπει να εξετάσουμε και ποιο είναι το κόστος των υδροηλεκτρικών σταθμών, για να εξετάσουμε από την μία εάν είναι, συμφέρον να συνεχιστεί η παραγωγή ενέργεια και από την άλλη εάν θα πρέπει, να κατασκευαστούν και άλλοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί. Ο τρόπος που υπολογίζουμε το κόστος γίνεται με την μονάδα κατά κιλοβάτ (kW-ΧΒ) εγκαταστημένης ισχύος στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Το κόστος επιβαρύνει μόνο για το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για τις εγκαταστάσεις, την μεταφορά και την διανομή. Κατόπιν η συντήρηση της μονάδας έχει ελάχιστο κόστος και να μην ξεχνάμε ότι οι εγκαταστάσεις της θεωρούνται αιωνόβιες, μεγάλης διάρκειας ζωής.

2.3 Το Δυναμικό και οι Πόροι της Ελληνικής Οικονομίας για την Εκβιομηχάνιση

2.3.1 Η Εξωτερική Οικονομική Πολιτική

Μεγάλη σημασία προπολεμικά σήμερα αλλά και στο μέλλον, είναι να προσδιορίσουμε το δυναμικό της οικονομίας μας, γιατί έχει μεγάλη σημασία να καθορίσουμε τις δυνατότητες της Ελλάδος έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η αυτο-ανάπτυξη μας. Όταν μιλάμε για δυναμικότητα αναφερόμαστε στην εσωτερική οργανική ανάπτυξη, η οποία μέσα από τα διάφορα στάδια περνάει σε μια πολύ καλύτερη οικονομική τεχνική και παραγωγική συγκρότηση των διαφόρων κλάδων της.

Θα πρέπει επομένως να δούμε στην αρχή πιο είναι το δυναμικό της οικονομίας μας, δηλαδή ποιο θα είναι το σχέδιο της εκβιομηχάνισης. Βασικό λόγο θα παίζει και η εξωτερική οικονομική πολιτική που θα ακολουθήσουμε δηλαδή με ποιον τρόπο θα χαράξουμε την γραμμή της οικονομικής συνεργασίας της Ελλάδος με άλλες χώρες, έτσι ώστε να πετύχουμε τον στόχο μας που είναι η εκβιομηχάνιση. Η συνεργασία μας με τις άλλες χώρες θα πρέπει να είναι ωφέλιμη και με τον καλύτερο οικονομικό τρόπο.

Για να εξετάσουμε το δυναμικό της οικονομίας μας θα πρέπει να ξεχωρίσουμε δύο βασικές έννοιες, την έννοια της χρηματοδότησης και την έννοια του οικονομικού δυναμικού. Όταν μιλάμε για χρηματοδότηση αναφερόμαστε στην εξασφάλιση κυρίως ποσοτικών διαθέσιμων κεφαλαίων, έτσι ώστε να μπορέσουμε να υλοποιήσουμε ένα

παραγωγικό σχέδιο. Ενώ η έννοια του οικονομικού δυναμικού μας δείχνει πόσα αποθέματα και οικονομικά μέσα έχει μια οικονομία σε μια ορισμένη στιγμή. Ανάλογα με το πόσο μεγάλη είναι η συσσώρευση των αποθεμάτων, θα εξαρτηθεί κατά πόσο η συγκροτημένη οικονομία θα έχει δυνατότητες για καινούργιες παραγωγικές τοποθετήσεις.

Με την ανάλυση των δύο παραπάνω εννοιών παρατηρούμε ότι η έννοια του *οικονομικού δυναμικού* είναι μια ευρεία έννοια που αφορά τη δυνατότητα για τη δημιουργία αποθέματα κεφαλαίων. Αντίθετα, η *χρηματοδότηση* περιορίζεται μόνο στα “χρήματα” για την χρησιμοποίησή τους για την αγορά κεφαλαίων σε μια χρονική στιγμή. Ο διαχωρισμός αυτός των δύο εννοιών είναι πολύ σημαντικό να γίνεται, γιατί έτσι θα γνωρίζουμε μέχρι που μπορεί να φτάσει η οικονομία, ώστε να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε το συγκεκριμένο ποσό διαθέσιμων πόρων πλησιάζοντας όσο μπορούμε το δυναμικό της οικονομίας.

Εν κατακλείδι, μπορούμε να πούμε ότι η χρηματοδότηση είναι το μέσο για να μπορέσουμε να εκτελέσουμε κάποιο σχέδιο, ενώ το οικονομικό δυναμικό είναι η βάση για να μπορέσουμε να χαράξουμε την παραγωγική μας ανάπτυξη.

2.3.2 Εκβιομηχάνιση – Βιωσιμότητα

Η βιομηχανική ανάπτυξη της χώρας συνδέεται άμεσα και με την βιωσιμότητα της χώρας. Όταν αναφερόμαστε στον όρο βιωσιμότητα μιλάμε για ένα κοινωνικοοικονομικό ζήτημα το οποίο η λύση του, βρίσκεται και αντιμετωπίζεται μέσα από συγκεκριμένες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες και μάλιστα σε συγκεκριμένες κοινωνικές μετατροπές για να αναδειχτεί η κοινωνία.

Με άλλα λόγια, η βάση της βιωσιμότητας είναι ο κοινωνικός τρόπος παραγωγής, το ευνοϊκό κοινωνικό πλαίσιο και μόνο σε αυτή την βάση μπορούμε να μιλάμε και να υπολογίζουμε τον φυσικό πλούτο, τον πληθυσμό σαν παραγωγικό συντελεστή και τη γεωγραφική τοποθεσία [94]. **Για αυτόν τον λόγο δεν υπάρχουν χώρες βιώσιμες ή μη αλλά αναπτυγμένες παραγωγικά ή μη αναπτυγμένες παραγωγικά.**

Στην Ελλάδα αυτό που επικρατούσε ως «θέση» κα την περίοδο που έγραψε το βιβλίο ο Δ. Μπάτσης, ήταν ότι η Ελλάδα «υστερεί» από τις άλλες χώρες. Σε ότι αφορά τη βιομηχανία, ότι υπάρχει «περιορισμένος» πλούτος στο υπέδαφος, πως έχει φτωχό και άγονο έδαφος και έτσι δεν μπορεί να αναπτυχθεί η γεωργική βιομηχανία. Με άλλα λόγια αναφερόντουσαν σε μια χώρα πολύ φτωχή που για να βρει τον δρόμο της ανάπτυξης θα πρέπει να κοιτάξει

υποχρεωτικά έξω από αυτήν. Με άλλα λόγια, με την εξασφάλιση των ξένων αγορών θα μπορούσε η Ελλάδα να αναπτύξει την βαριά βιομηχανία, γιατί μόνο αυτές αποτελούσαν την βάση για την ανάπτυξη της.

Σε όλα τα παραπάνω ο Δ. Μπάτσης απαντούσε προγραμματικά ξεκάθαρα, κοινωνικά δίκαια και ρεαλιστικά αναπτυξιακά ότι, εάν συνδεθεί η εκβιομηχάνιση της χώρας με το ξένο κεφάλαιο θα υπάρχει εξάρτηση, υποταγή και εκμετάλλευση σε βάρος της Ελλάδος, διότι δεν θα μπορέσει να στηριχτεί στον δικό της πλούτο που είναι τεράστιος και θα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους άλλους.

Στην μεταπολεμική Ελλάδα υπήρχαν και οι υποστηρικτές που πίστευαν ότι τα «τελικά» όρια που μπορούσε να φτάσει η απόδοση της βαριάς βιομηχανίας σε διάστημα δέκα ετών θα ήταν πολύ περιορισμένα. Μάλιστα ισχυριζόταν ότι υπήρχαν δύο είδη εμποδίων, τεχνικά και οικονομικά. Όσο αφορά τα τεχνικά εμπόδια αναφερόντουσαν στην έλλειψη για τις ολοκληρωμένες μελέτες για τον ορυκτό και ενεργειακό πλούτο της χώρας. Και από την άλλη διαπίστωναν ότι δεν υπάρχουν εξειδικευμένοι εργάτες και τεχνικά στελέχη, που να γνωρίζουν τα τεχνικά κομμάτια.

Όσον αφορά τα οικονομικά εμπόδια, αυτό που πραγματικά υπήρχε ήταν η έλλειψη κεφαλαίων καθώς επίσης και ο φόβος του συναγωνισμού από τα διεθνή τραστ.

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να καταλήξουμε στο ότι η πολιτική και η κοινωνική «αντίδραση» της Ελλάδος είχε σαν αποτέλεσμα να κλονίσει την πίστη των δυνατοτήτων των παραγωγικών δυνάμεων της, έτσι ώστε να αναπτυχθούν οι παραγωγικοί κλάδοι της οικονομίας. Υποστήριζαν, ότι η πρόσοδος της βιομηχανικής παραγωγής είναι χαμηλή σε σχέση με την υψηλή γεωργική πρόσοδο, και θεωρούσαν ότι υπήρχαν «τελικά όρια» στην εκβιομηχάνιση της χώρας.

Παρ' όλα αυτά, διαπιστώθηκε ότι οι καινούργιοι βιομηχανικοί κλάδοι θα μπορέσουν να αλλάξουν ριζικά την οικονομική διάρθρωση της χώρας και έτσι θα βοηθήσουν στην πρόοδο της αγροτικής οικονομίας. Το οικονομικό πρόβλημα της χώρας, δεν είναι απαραίτητο να λυθεί μόνο από τα εξωτερικά κεφάλαια. Μπορούσε να λυθεί ταυτόχρονα και με την βοήθεια των εξωτερικών κεφαλαίων αλλά και με την τεχνοοικονομική ανάπτυξη της χώρας.

2.3.3 Άλλοι Κλάδοι που Επηρεάστηκαν από την Βαριά Βιομηχανία

Η οικονομική ανάπτυξη της χώρας επηρεάζεται σημαντικά από την βαριά βιομηχανία. Όμως (η βιομηχανία) επηρεάζεται σημαντικά και άλλους κλάδους, όπως αυτός της

αγροτικής οικονομίας. Στον συγκεκριμένο κλάδο υπήρχε μια αύξηση του εισοδήματος και αυτό συνέβη λόγω της ένταξης στην παραγωγική διαδικασία των γεωργικών μηχανημάτων καθώς και των εργαλείων που είναι απαραίτητα για την γη. Η αύξηση του εισοδήματος των αγροτών θα πραγματοποιηθεί από την αύξηση της χρησιμοποίησης των μέσων παραγωγής και λιπασμάτων, ανεβάζοντας έτσι την παραγωγικότητα του αγρότη και αυτό συμβαίνει παράλληλα με την πρόοδο της καλλιέργειας και μάλιστα μέσω της συνεταιριστικής μορφής. Τα αντιπλημμυρικά, τα αρδευτικά, τα αποστραγγιστικά έργα που θα πραγματοποιηθούν σε συνδυασμό με την χρησιμοποίηση του ηλεκτρισμού τόσο σε ατομικό όσο και σε παραγωγικό επίπεδο, θα έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του αγροτικού εισοδήματος.

Ο άλλος μεγάλος κλάδος που θα αναπτυχθεί με τη δημιουργία της βαριάς οικονομίας είναι ο κλάδος μεταφορών και συγκοινωνιών, δηλαδή, η κατασκευή δρόμων, λιμανιών, γεφυρών, οχημάτων, πλοίων.

Σημαντικές μεταβολές στην χώρα μας, τέτοιες που θα είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη της, είναι και το εμπορικό ισοζύγιο, το οποίο αποτελεί μία από τις συνιστώσες του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών. Η χώρα μας σε σχέση με τα άλλα κράτη και σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 2-3 υπήρχε παθητικό στο ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών. Αυτό οφείλεται κυρίως γιατί εισάγουμε από το εξωτερικό μεγάλες ποσότητες καυσίμων και μηχανημάτων. Η δημιουργία της βαριάς βιομηχανίας θα αφαιρούσε από το εμπορικό ισοζύγιο ένα μεγάλο βάρος αφού δεν θα είχαμε τόσες πολλές εισαγωγές [29].

Όλα τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη της βαριάς βιομηχανίας στην Ελλάδα θα είχε σημαντική επίδραση σε πολλούς τομείς της παραγωγικής οικονομικής δραστηριότητας.

Φυσικά οι αριθμοί είναι αυτοί που μπορούν να μας δώσουν πληροφορίες και να καταλάβουμε την «στατιστική» απεικόνιση της εποχής. Όμως η οικονομική αποδοτικότητα δεν μπορεί να μετρηθεί σε αριθμούς με ακρίβεια. Ουσιαστικά η βαριά βιομηχανία είναι ο μοχλός που ουσιαστικά θα ανεβάσει τα εισοδήματα όλων των κλάδων, και είναι πολύ δύσκολο, οι αριθμοί να μετρήσουν την μελλοντική ανάπτυξη του δυναμικού της οικονομίας.

Πίνακας 2-3 Ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών με τον υπόλοιπο κόσμο 2005-2015⁽¹⁾ δις ευρώ
Πηγή Eurostat

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EU-28 (*)	-70.5	-144.3	-140.8	-278.7	-77.6	-57.4	-32.9	80.7	149.1	129.6	151.6
Euro area (EA-19) (*)	-23.8	-19.6	7.8	-105.7	17.3	36.1	39.9	128.5	215.2	251.3	329.5
Belgium	6.5	6.3	6.7	-3.5	-3.8	6.4	-4.1	-0.2	-0.9	-0.9	-0.1
Bulgaria	.	.	-7.7	-8.2	-3.1	-0.7	0.1	-0.4	0.5	0.4	0.6
Czech Republic	-1.0	-2.6	-5.9	-3.1	-3.4	-5.7	-3.5	-2.5	-0.8	0.3	1.5
Denmark	9.1	7.1	3.2	6.4	7.6	13.8	14.1	14.4	18.2	20.1	18.6
Germany	105.7	136.0	169.6	143.3	141.2	144.9	164.6	193.6	190.4	212.9	257.0
Estonia	-1.0	-2.0	-2.4	-1.4	0.4	0.3	0.2	-0.4	0.0	0.2	0.4
Ireland	-5.6	-9.1	-12.0	-10.8	-7.0	-1.3	-2.0	-2.7	5.6	6.8	9.5
Greece	-17.7	-25.3	-35.4	-36.6	-29.4	-25.8	-20.7	-7.3	-3.7	-3.8	-0.1
Spain	-69.7	-90.6	-104.3	-103.3	-46.2	-42.4	-34.0	-2.4	15.6	10.2	15.1
France	-0.3	0.7	-5.8	-19.0	-16.1	-16.7	-21.2	-25.5	-17.1	-19.7	-0.9
Croatia	-1.9	-2.7	-3.2	-4.2	-2.3	-0.5	-0.4	-0.1	0.4	0.4	2.3
Italy	-14.1	-24.2	-23.4	-46.8	-30.5	-55.8	-50.4	-6.9	14.1	29.7	35.8
Cyprus	.	.	.	-2.9	-1.4	-2.0	-0.8	-1.1	-0.8	-0.8	-0.6
Latvia	-1.6	-3.6	-4.7	-3.0	1.5	0.4	-0.6	-0.7	-0.5	-0.5	-0.3
Lithuania	-1.5	-2.5	-4.4	-4.4	0.6	-0.1	-1.2	-0.4	0.5	1.3	-0.6
Luxembourg	3.3	3.3	3.6	2.9	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.7	2.9
Hungary	-6.3	-6.5	-7.2	-7.5	-0.7	0.3	0.8	1.7	4.0	2.1	4.5
Malta	-0.3	-0.4	-0.1	-0.1	-0.4	-0.3	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.9
Netherlands	33.2	45.7	36.7	26.0	35.9	46.4	58.6	69.6	65.8	62.7	61.9
Austria	5.7	8.8	10.8	13.2	7.5	8.4	5.1	4.7	6.3	6.4	8.6
Poland	-6.4	-11.0	-19.9	-24.4	-12.6	-19.5	-19.6	-14.5	-5.0	-8.3	-1.0
Portugal	-15.7	-17.7	-17.1	-21.7	-18.3	-18.3	-10.6	-3.2	2.5	0.2	0.8
Romania	-6.9	-10.2	-17.3	-16.8	-5.8	-6.4	-6.6	-4.4	-1.5	-0.7	-1.8
Slovenia	-0.5	-0.6	-1.5	-2.0	-0.2	0.0	0.1	0.9	2.0	2.6	2.8
Slovakia	-4.2	-4.3	-3.3	-4.3	-2.2	-3.2	-3.5	0.7	1.4	0.1	-1.0
Finland	.	.	.	.	.	2.3	-3.5	-3.9	-3.3	-1.9	0.3
Sweden	20.3	27.7	31.6	30.3	18.2	22.2	24.7	24.9	26.3	23.1	26.3
United Kingdom	-24.3	-47.5	-54.4	-69.0	-50.6	-50.9	-31.6	-67.7	-91.8	-115.2	-132.6
Iceland	-2.2	-3.2	-2.1	-2.8	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	0.7	0.4	0.64 ⁽³⁾
Norway	.	.	.	.	.	.	.	49.3	40.2	45.0	31.8
Switzerland	.	.	.	.	.	65.156 ⁽⁴⁾	38.43 ⁽⁴⁾	53.373 ⁽⁴⁾	57.49 ⁽⁴⁾	38.621 ⁽⁴⁾	68.5
Montenegro	-0.3	-0.7	-1.1	-1.5	-0.8	-0.7	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5
FYR of Macedonia	-0.1	0.0	-0.4	-0.9	-0.5	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
Serbia	.	.	-5.5	-7.1	-2.0	-2.0	-3.7	-3.7	-2.1	-2.0	-1.6
Turkey	.	.	.	.	.	-34.1	-53.8	-37.2	-48.0	-33.0	-28.9

(*) Difference to published national data may occur due to rounding and exchange rates.

(*) EU-28 vis-à-vis extra-EU-28. Euro area vis-à-vis extra euro area. Contains confidential data.

(3) Source: Central Bank of Iceland

(4) Source: Swiss National Bank

Source: Eurostat (online data codes: bop_eu6_q and bop_c6_q)

2.3.4 Η Διάρθρωση της Ελληνικής Οικονομίας και η Βαριά Βιομηχανία

Εάν παρατηρήσουμε την Ελληνική οικονομία προπολεμικά θα διαπιστώσουμε ότι, ο όγκος της βιομηχανικής παραγωγής, οι εγκαταστάσεις (μηχανημάτων – εγκατεστημένη ισχύς κινητήρων) παρουσιάζει μια ανάπτυξη την τελευταία εικοσαετία πριν τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, αλλά αυτή η ανάπτυξη προέρχεται κυρίως από τους κλάδους της ελαφριάς βιομηχανίας. Διαπιστώνουμε πως η βιομηχανική παραγωγή της χώρας μας έχει μια χαμηλή ανάπτυξη και αυτό γιατί από τη μία υπάρχει έλλειψη της βαριάς βιομηχανίας και από την άλλη εξαρτιόμαστε σε μεγάλο βαθμό από το ξένο κεφάλαιο.

Αυτό συμβαίνει επειδή δεν γίνεται σημαντική αξιοποίηση του πλούτου της χώρας για την ίδρυση βιομηχανίας παραγωγής μέσων παραγωγής. Η αξία των πρώτων υλών και των καυσίμων που εισάγουμε είναι τεράστια καθ' όλη τη διάρκεια της δύσκολης μεσοπολεμικής περιόδου. Τα κεφάλαια που χρησιμοποιούμε για την βιομηχανία είναι ελάχιστα. Με αυτόν τον τρόπο δεν θα πετύχουμε ποτέ μια σημαντική οικονομική ανάπτυξη έτσι ώστε να συντελέσει στην δημιουργία της βαριάς βιομηχανίας.

Όλες αυτές οι αιτίες που οδηγούν στην καθυστέρηση της ανάπτυξης της χώρας οφείλονται κυρίως στην ανικανότητα που έδειξαν οι κυρίαρχες τάξεις για να λύσουν αυτά τα προβλήματα ύστερα από την εθνικοαπελευθερωτική επανάσταση του 1821 και τις συνεχείς κρίσεις μέσα στα επόμενα 100 χρόνια από την Ανεξαρτησία [102], [103].

Για να αλλάξουν όλα αυτά θα έπρεπε να θεμελιωθεί η βαριά βιομηχανία παράλληλα με το δημοκρατικό μετασχηματισμό της υπόλοιπης οικονομίας.

Αυτή ήταν η κατάσταση που μελέτησε, για να την αλλάξει ριζικά, ο Δ. Μπάτσης.

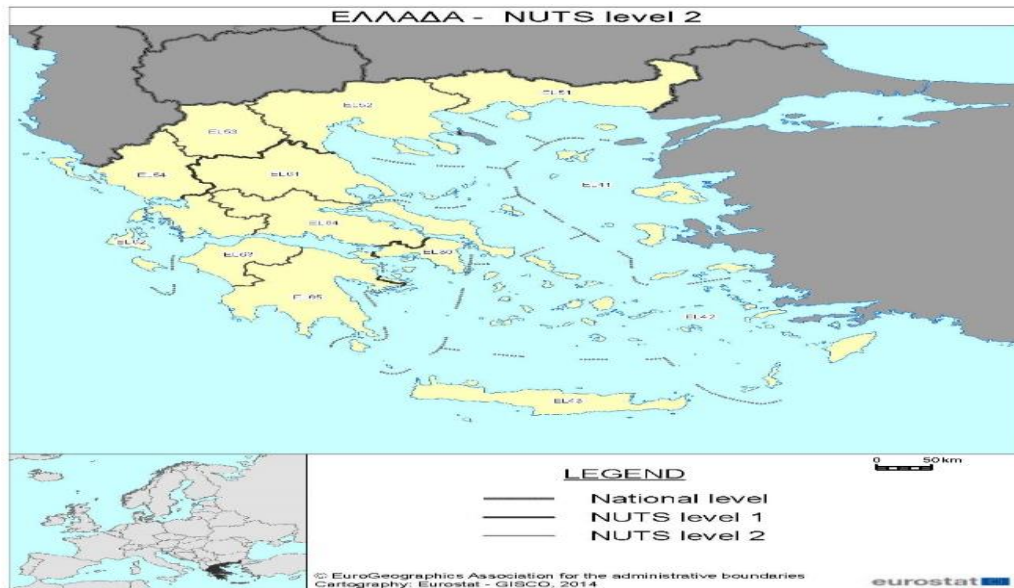
2.3.5 Η Θεμελίωση και η Ανάπτυξη των Κλάδων της Βαριάς Βιομηχανίας

Έχουμε μιλήσει για την βαριά βιομηχανία, αλλά θα πρέπει να απαντηθούν κάποια κρίσιμα ερωτήματα όπως το από πού θα αρχίσουμε και πού θα κλιμακώσουμε χρονικά την κατάσταση των έργων, αναφορικά με την βαριά βιομηχανία.

Σύμφωνα με αυτά που έχουμε τεκμηριώσει, η καλύτερη περίοδος δεν είναι άλλη από αυτήν της ανόρθωσης και της ανασυγκρότησης της χώρας, μετά το 1950. Και αυτό γιατί εκείνη την περίοδο η οικονομία αναπτύσσει τις δυνάμεις της, έτσι ώστε να ξεκινήσει η ανοικοδόμηση (Σχέδιο Μάρσαλ 1948-52) [\[99\]](#).

Είναι σημαντικό να βρούμε τον τρόπο που θα πραγματοποιηθεί η ανάπτυξη της οικονομίας. Ο κύκλος που επιλέξαμε για να εφαρμόσουμε το σχέδιο για την θεμελίωση και την ανάπτυξη της βαριάς βιομηχανίας, είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Δ. Μπάτση και έχει δύο περιόδους. Η χρονική απόσταση μεταξύ των δύο περιόδων δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 10 χρόνια.

Στην πρώτη περίοδο θα πρέπει να κατασκευαστούν δύο βιομηχανικά συγκροτήματα έτσι ώστε να δημιουργηθούν ενεργειακές ζώνες στη Στερεά Ελλάδα και στην Μακεδονία, δηλαδή στις περιφερειακές ενότητες των Ελληνικών Περιφερειών: Στερεά Ελλάδα, Δυτική Ελλάδα, Δυτική Μακεδονία, Κεντρική Μακεδονία και Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, που ανήκουν στις γεωγραφικές ενεργειακές ζώνες που αναφέρουμε στο Σχήμα 2-1. Αυτά είναι που θα αποτελούν τους μεταλλουργικούς και χημικούς κλάδους. Έτσι στην πρώτη περίοδο θα ενισχυθούν οι ήδη υπάρχουσες μηχανολογικές και μεταλλουργικές βιοτεχνίες με τα προϊόντα που θα παράγουν οι προαναφερθείσες μεταλλουργίες.



Σχήμα 2-1 Χάρτης της Ελλάδος των δύο ενεργειακών ζωνών Στερεάς Ελλάδος και Μακεδονίας

Στην δεύτερη περίοδο θα πρέπει να επεκτείνουμε τις βιομηχανίες αυτές που αναπτύξαμε στην πρώτη περίοδο, δηλαδή την ναυπηγο-κατασκευαστική, τις μηχανολογικές βιομηχανίες, τα γεωργικά μηχανήματα. Έτσι μετά το τέλος των δύο αυτών περιόδων θα παρατηρήσουμε ότι θα έχει θεμελιωθεί η βαριά βιομηχανία της χώρας.

Ο στόχος μας είναι μια πιο σύνθετη οικονομική εξέλιξη σε οποιαδήποτε βιομηχανική περιοχή και μάλιστα πρέπει να γίνει οριζόντια και κάθετα ανάμεσα στους διαφορετικούς κλάδους της βιομηχανίας. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να πετύχουμε όσο μπορούμε μεγαλύτερη παραγωγικότητα και κυρίως εάν κατορθώσουμε να το κάνουμε αυτό μεταξύ των διαφορετικών κλάδων.

Μιλήσαμε επομένως για σύνθετη και συνδυασμένη παραγωγή. Τι σημαίνει όμως αυτό; Σημαίνει ότι από κάθε περιοχή θα πρέπει να αρχίσει με την πρώτη ύλη και να φτάσει στην κατασκευή του υλικού προϊόντος. Να παράγει διαφορετικά προϊόντα συνδυάζοντας τα και να υπάρξουν συνεργαζόμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

2.3.6 Η Εκτίμηση του Οικονομικού Δυναμικού μέσα στην Προοπτική του Σχεδίου για την Εκβιομηχάνιση

Επομένως το οικονομικό σχέδιο για την εκβιομηχάνιση αλλάζει. Η τεχνική ανάπτυξη της χώρας, η αλλαγή στην διάρθρωση της οικονομίας, θα είναι αυτά που θα πραγματοποιήσουν τη βάση για μια πολιτισμική και οικονομική ευμάρεια του πληθυσμού. Έχοντας μια βάση όχι μόνο για την παραγωγική αλλά και την οργανική ανάπτυξη της οικονομίας

χρησιμοποιώντας όλα τα παραγωγικά μέσα είναι το καλύτερο που μπορούμε να κάνουμε ως κράτος.

Η διοχέτευση των διαθέσιμων κεφαλαίων σε παραγωγικούς σκοπούς είναι η πιο κατάλληλη στρατηγική, είναι αυτό το μέτρο που θα εξασφαλίσει την πλήρους εκμετάλλευση του οικονομικού σχεδίου. Το οικονομικό δυναμικό δεν θα ανήκει σε συγκεκριμένες ομάδες ούτε θα χρησιμεύσει σαν στοιχείο πλούτου. Αλλά αντίθετα θα προβλέπεται από το οικονομικό σχέδιο και μάλιστα με τέτοιο τρόπο που θα παίρνονται τα κατάλληλα μέτρα έτσι ώστε στο τέλος κάθε περιόδου να φτάνουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Με αυτόν τον τρόπο στο τέλος κάθε περιόδου θα έχουμε τόσα διαθέσιμα κεφάλαια που το μέγεθος του θα εξαρτάται από την ένταση της παραγωγικής δραστηριότητας. Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι υπάρχει μια αλληλεξάρτηση και αλληλεπίδραση ανάμεσα στην παραγωγική ανάπτυξη και στο δυναμικό της οικονομίας.

Ο οικονομικός δυναμισμός μπορούσε να αυξηθεί εάν διοχετευθούν τα διαθέσιμα κεφάλαια έτσι όπως θα προβλέπονταν στο οικονομικό σχέδιο. Και αυτό για να πετύχει δεν θα πρέπει να παρεκκλίνουμε από το σχέδιο μας που δεν είναι τίποτα άλλο παρά η εκβιομηχάνιση της χώρας και κατά συνέπεια η ανάπτυξη της βαριάς βιομηχανίας. Βασική προϋπόθεση στη διαδικασία είναι ότι, η εξασφάλιση των διαθέσιμων κεφαλαίων καθώς και οι χρηματοδοτήσεις που θα χρησιμοποιούνταν για την ανάπτυξη του οικονομικού σχεδίου, θα έπρεπε να ήταν διαθέσιμα άμεσα και να βοηθήσουν στην ανάπτυξη της οικονομίας. Η συνεργασία με άλλες χώρες του εξωτερικού θα στηριζόταν στην καλή σχέση συνεργασίας που σκοπό θα είχε να υλοποιηθεί το οικονομικό σχέδιο και μάλιστα χωρίς να υπάρχουν σχέσεις υποτέλειας. Επομένως η πραγματική ανάπτυξη προϋποθέτει πως τα έργα για την εκβιομηχάνιση θα είναι αποτελεσματικά από οικονομική άποψη.

Όλα τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να γνωρίζουμε πόσα είναι τα κεφάλαια σε κάθε χρονική στιγμή. Οι δυνατότητες συμβίωσης οικονομικών μέσων σε όλους του τομείς της οικονομίας είναι πολύ σημαντικές για την πραγματοποίηση του οικονομικού σχεδίου. Με βάση αυτούς θα μπορούμε να τοποθετήσουμε σωστά τα κεφάλαια, σε τέτοιο βαθμό ώστε οι παραγωγικές ανάγκες να καλύπτονται ανάλογα με το οικονομικό σχέδιο για κάθε τομέα της παραγωγής. Βασικό είναι και η ανάπτυξη του οικονομικού δυναμικού και μάλιστα από ασυντήρητους πόρους. Αυτό θα βοηθήσει πολύ στο να μειωθεί η χρησιμοποίηση οικονομικών πόρων από έκτακτες πηγές. Με αυτόν το τρόπο η Ελλάδα θα αυξάνει συνεχώς τα διαθέσιμα κεφάλαια της από την εσωτερική

οικονομική ανάπτυξη, με αποτελέσματα η χρηματοδότηση να γίνει αυτοχρηματοδότηση, σε όλους τους τομείς της οικονομίας.

Οι Πόροι και η Χρηματοδότηση

Για να αρχίσει η εκβιομηχάνιση όπως και η αποκατάσταση της παραγωγικής δραστηριότητας της χώρας χρειάζονται κεφάλαια τα οποία ποικίλουν στο μέγεθος. Το οικονομικό δυναμικό επιτρέπει την τοποθέτηση κεφαλαίων τόσα όσα χρειάζονται, έτσι ώστε τα έργα να έχουν τη μέγιστη απόδοση καθώς επίσης και να αξιοποιηθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Η μετατροπή στην διάρθρωση της οικονομίας, καθώς και η εκβιομηχάνιση της χώρας για να μπορέσουμε να πετύχουμε το ανώτερο παραγωγικό επίπεδο, σίγουρα θα πρέπει να γίνει ταυτόχρονα και μάλιστα σε τέτοιο βαθμό που να μπορεί να είναι εφικτή η πραγματοποίησή του. Αυτό με άλλα λόγια μας λέει ότι μαζί με την ανασυγκρότηση θα πρέπει να πραγματοποιηθεί και η αξιοποίηση του φυσικού πλούτου της χώρας πάντα ανάλογα με την οικονομία εκείνης της χρονικής στιγμής.

Οι κατευθύνσεις για τη λύση του ζητήματος Χρηματοδότησης

Στο πλαίσιο της έρευνας, η παραδοχή του χρηματοδοτικού σχεδίου βασίζεται σε συγκεκριμένα κριτήρια, που εξαρτώνται συνδυαστικά από το Εθνικό Σχέδιο Στρατηγικής Ανάπτυξης και τα περιφερειακά σχέδια, παράλληλα με τα αντίστοιχα κοινοτικά προγράμματα και έργα. Για να εξασφαλίσουμε τους απαραίτητους οικονομικούς πόρους έτσι ώστε να καταστρώσουμε το υπόδειγμα του προγράμματος ανασυγκρότησης θα πρέπει να στηριχθούμε στα εξής: 1) στην παραγωγική κινητοποίηση της παραγωγικής εργασίας, δηλαδή να φτάσουμε όσο μπορούμε στο πραγματοποιήσιμο όριο και 2) στη χρησιμοποίηση των κεφαλαίων και των οικονομικών πόρων με τρόπο ορθολογικό και μάλιστα στον ανώτατο βαθμό.

Αναφορικά με την παραγωγική κινητοποίηση θα πρέπει να συντρέξουν πολιτιστικοί και οικονομικοί όροι. Οι όροι αυτοί είναι που θα εξασφαλίσουν μια κυβέρνηση που έχει εμπιστοσύνη στον λαό καθώς επίσης θα υπάρξει εθνική ανεξαρτησία. Μια πολυκριτηριακή ανάλυση, που επιτρέπει τη χρήση και ποιοτικών χαρακτηριστικών στην έρευνα.

Η χρησιμοποίηση των κεφαλαίων θα πρέπει να αποβλέπει στην εξάλειψη των αριθμητικών στοιχείων της οικονομικής δραστηριότητας και από την άλλη πρέπει να θεμελιωθούν καινούργιες παραγωγικές δυνατότητες για τον κύκλο της παραγωγής, της κατασκευής των αναγκαίων παραγωγικών μέσων.

Η Ελληνική Οικονομία και η Ευρώπη

Το σημαντικό που πρέπει να κάνει η Ελλάδα για να πετύχει την οικονομική ανάπτυξη και φυσικά να κάνει μια ισχυρή βαριά βιομηχανία είναι να συνεργαστεί πρωτίστως με τα Ευρωπαϊκά Κράτη. Ενταγμένη στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στους θεσμούς της είναι πολύ πιο εύκολο να πετύχει τον σκοπό της και εμπορικά αλλά και παραγωγικά. Η συνεργασία μέσα στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής ολοκλήρωσης θα μας δώσει σε πολύ γρήγορο ρυθμό την οικονομική ανάπτυξη. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι στην εταιρική συνεργασία της ΕΕ δεν θα έχουμε οφέλη μόνο από την εκμετάλλευση / εξαγωγή των προϊόντων, αλλά και του ορυκτού πλούτου της.

Η ναυτιλία, η αλιεία, έπαιζαν και θα συνεχίσουν να παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της οικονομίας. Σε αυτό βοηθάει και η γεωγραφική θέση της Ελλάδος στην Μεσόγειο που αποτελεί συγκοινωνιακό θαλάσσιο κόμβο και ταυτόχρονα κόμβο ενεργειακών, τεχνολογικών και πολιτισμικών δικτύων, που θα πρέπει να την αξιοποιούμε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Συμπερασματικά, οι προϋποθέσεις για την εκβιομηχάνιση στην Ελλάδα υπήρχαν και μεταπολεμικά και συνεχίζουν να υπάρχουν και σήμερα. Οι προϋποθέσεις αυτές στηρίζονται στην μετατροπή της διάρθρωσης της οικονομίας έτσι ώστε να μπορέσουμε να αναπτύξουμε τις παραγωγικές δυνάμεις. Στο πλαίσιο αυτό, η εκβιομηχάνιση μπορεί να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις σύγχρονες συνθήκες που διαμορφώνει η οικονομία, όντας μέλος μιας πολιτικής και οικονομικής ολοκλήρωσης, το θεσμικό, εθνικό και κοινοτικό πλαίσιο, η τεχνολογία και να αποτελέσει την βάση για την εξέλιξη της οικονομίας σε ανώτερη κοινωνική μορφή και σε ανώτερο κοινωνικό επίπεδο.

Βάζοντας την βάση, ατενίζουμε το μέλλον με προσδοκίες και επιδιώξεις για μια οικονομία ισχυρή, με ένα κράτος δυνατό και ανεξάρτητο οικονομικά.

2.4 Η Βιομηχανία Ενέργειας στην Ελλάδα και η Εξέλιξή της

2.4.1 Από το Μονοπώλιο στην Απελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Κατά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο υπήρξε κρίση στη διεθνή αγορά άνθρακα που αφορούσε όχι μόνο στις τιμές αλλά και στον ανεφοδιασμό γιατί η μεταφορά του γινόταν με πλοία και τότε λόγω πολέμου ήταν πολύ δύσκολο. Ας μην ξεχνάμε ότι στην Ελλάδα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στηριζόταν αποκλειστικά με την εισαγωγή άνθρακα και αυτό επέφερε προβλήματα [97]. Λόγω αυτών των προβλημάτων που αντιμετώπιζε η

«Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία» το 1918 ζήτησε από το Κράτος να της παρέχει καύσιμη ύλη με πίστωση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την υπογραφή σύμβασης μεταξύ της «Ελληνικής Ηλεκτρικής Εταιρείας» με το δημόσιο και ο τελευταίος απέκτησε όχι μόνο τον οικονομικό έλεγχο αλλά και τον τεχνικό και καθόριζε έτσι την τιμολόγηση πώλησης ηλεκτρικού ρεύματος [89]. Με το τέλος του πρώτου παγκοσμίου πολέμου (1918) μόνο είκοσι μία πόλεις της χώρας διέθεταν εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η «Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία» ηλεκτροδοτούσε το 50% του πληθυσμού της Ελλάδος που είχε πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια. Το 1922 εκδόθηκε ο Νόμος «Περί Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων» με τον οποίο ορίστηκαν οι κατηγορίες των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οι προϋποθέσεις αδειοδότησής τους [93].

Η τομή όμως στην οικονομική πολιτική της χώρας, πραγματοποιήθηκε με την σύμβαση Cooper, που υπεγράφη το Φεβρουάριο του 1940 και στην οποία, η αμερικανική εταιρία Hellenic Hydroelectric and Metallurgical Corporation απέκτησε την αποκλειστικότητα εκμετάλλευσης του ενεργειακού δυναμικού του Αχελώου [104].

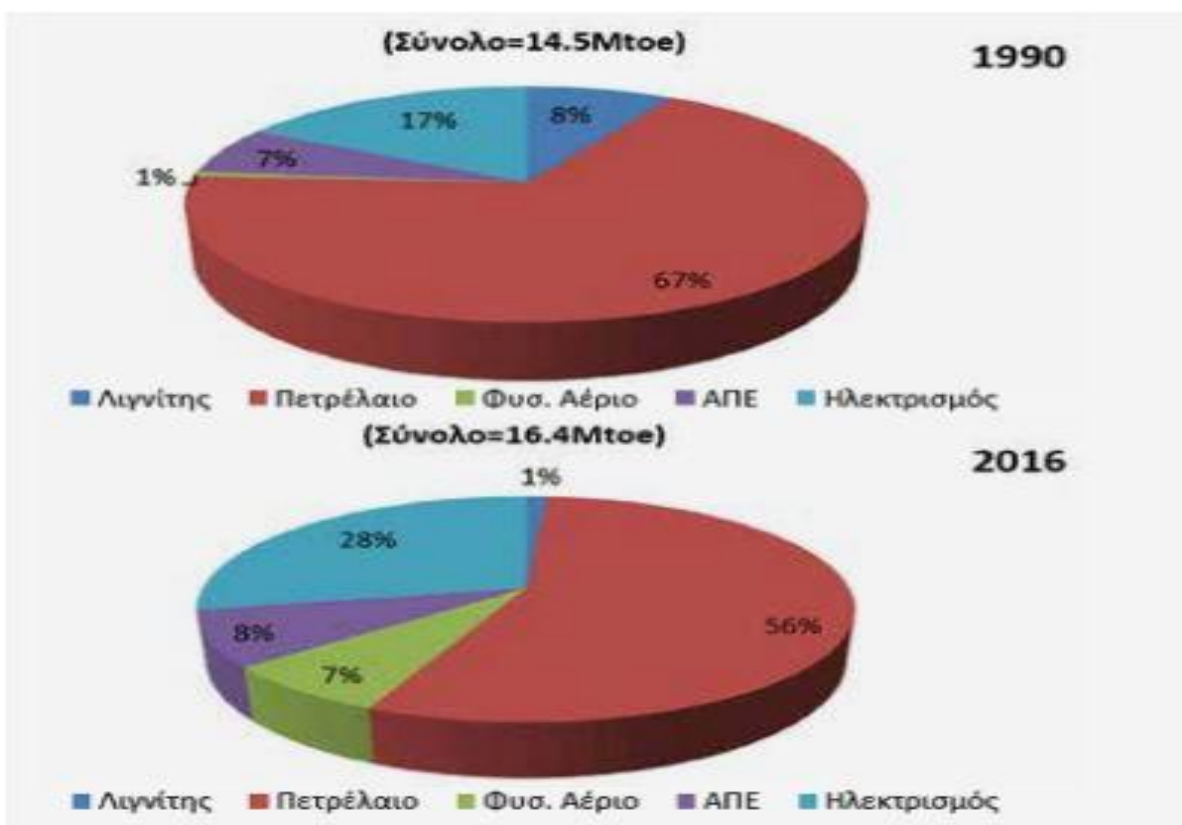
Όπως αναφέραμε, η Δ.Ε.Η. από τη δεκαετία του 1950 βασίστηκε κατά κύριο λόγο, στην αξιοποίηση υδροηλεκτρικών έργων και λιγνιτικών μονάδων, καθώς και στην δημόσια χρηματοδότηση μέσω ενός οικονομικού μοντέλου οριζόντιας και κάθετης ιδιοκτησίας (μονοπωλίου) για την παραγωγή της ενέργειας και την ανάπτυξη – κοστοβόρων - δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας [95]. Ο ηλεκτρισμός στην Ελλάδα «έφτασε» το έτος 1889. Η «Γενική Εταιρεία Εργοληψιών», κατασκεύασε στην Αθήνα, στην οδό Αριστείδου, την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τροφοδοτούσε με ισχύ το σημερινό ιστορικό κέντρο της πόλης. Το πρώτο κτήριο που φωταγωγείται είναι τα Ανάκτορα και πολύ σύντομα ο ηλεκτροφωτισμός επεκτείνεται σε όλη την χώρα [68]. Από την ίδρυσή της, η ΔΕΗ, είχε ως βασικό της στόχο την ηλεκτροδότηση ακόμα και στο πιο απομακρυσμένο μέρος της Ελλάδος. Αυτό θα μπορούσε να το πετύχαινε βελτιώνοντας συνεχώς το δίκτυο και οργανώνοντας την τεχνοοικονομική διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας

Ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) συστάθηκε με τον Ν. 4001/2011 και οργανώθηκε και λειτουργεί ως Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς κατά τις διατάξεις της Οδηγίας 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Έχει σαν σκοπό την λειτουργία, συντήρηση και ανάπτυξη του ΕΣΜΗΕ με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της Ελλάδος με ηλεκτρική ενέργεια με τρόπο όχι μόνο ασφαλή

αλλά και αποδοτικό και αξιόπιστο. Αυτός όμως ο οργανισμός που εφαρμόζει τους κανόνες για την λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και κυρίως αυτός που κάνει τον ημερήσιο ενεργειακό προγραμματισμό είναι ο ΛΑΓΗΕ, δηλαδή ο λειτουργός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

2.4.2 Τάσεις Εξέλιξης του Ενεργειακού Τομέα

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 μέχρι και σήμερα, το ενεργειακό σύστημα της



Σχήμα 2-2 Συνολική Τελική Κατανάλωση Καυσίμων (TFC) στην Ελλάδα, 1990 και 2016 Πηγή: IENE 2019

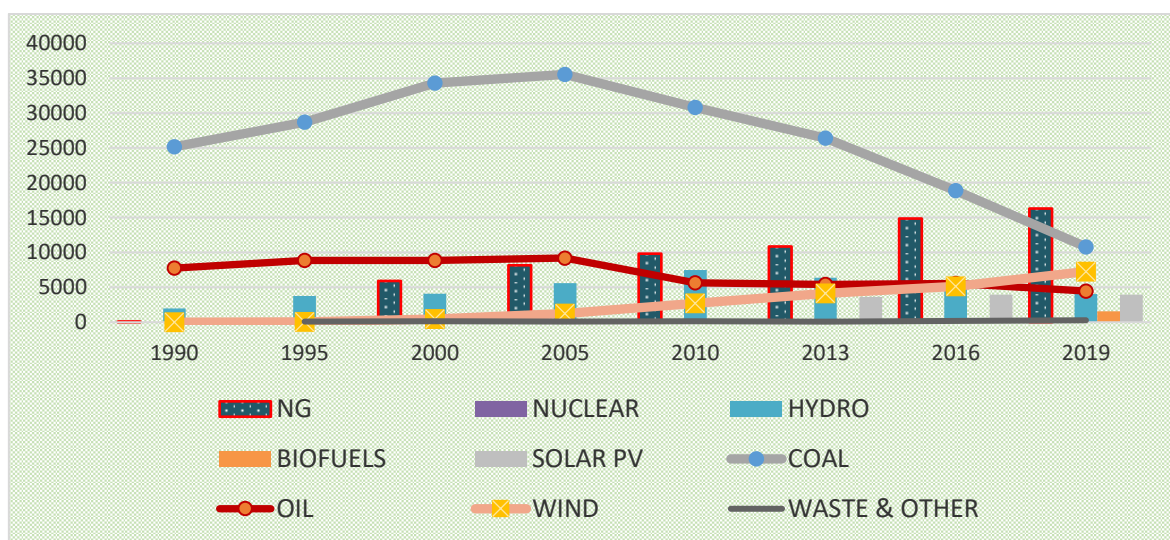
Ελλάδας διαμορφώνεται σύμφωνα με τις εκάστοτε απαιτήσεις της εθνικής οικονομίας, την ανάπτυξη συγκεκριμένων κλάδων και τις καταναλωτικές συνήθειες. Σε αυτό παίζει σημαντικό ρόλο και η ΕΕ που σύμφωνα με τις πολιτικές της για την ενέργεια και το περιβάλλον ρυθμίζει το ενεργειακό σύστημα. Αυτό φαίνεται από το Σχήμα 2-2 όπου το μεγαλύτερο μέρος του ενεργειακού ισοζυγίου της Ελλάδος το 1990, το 67% καλυπτόταν από το πετρέλαιο, όπως και το 2016, ήταν το 56%. Παρατηρούμε ότι στο ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδος είναι σχεδόν μηδενικές οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [91].

Σύμφωνα με την έκθεση του IENE (2019) η πρωτογενείς ενέργεια μειώθηκε κατά 24% από το 2006 έως και το 2016 και αυτό οφειλόταν κυρίως στην παγκόσμια οικονομική κρίση

του 2008. Τότε ακόμα η πρωτογενής παραγωγή στην Ελλάδα χρησιμοποιούσε ως πρωτεύων καύσιμο το πετρέλαιο και μάλιστα αντιπροσώπευε το μισό της συνολικής παροχής πρωτογενούς ενέργειας παρ' όλο που οι εισαγωγές πετρελαίου μειώθηκαν σχεδόν στο ένα τρίτο από το 2006 [91].

Ο λιγνίτης είναι το δεύτερο καύσιμο που χρησιμοποιείται στην πρωτογενή παραγωγή, αντιπροσωπεύοντας το 19% της συνολικής παροχής πρωτογενούς ενέργειας το 2016. Το φυσικό αέριο κατατάσσεται τρίτο, αλλά εισήχθη στο ενεργειακό σύστημα της Ελλάδος το 1990, και κατέχει το 15% της συνολικής παροχής πρωτογενούς ενέργειας [90].

Ο περιορισμός των εκπομπών ρύπων του θερμοκηπίου, μετά την συμφωνία των Παρισίων, καθώς και οι κοινές ευρωπαϊκές πολιτικές στον ενεργειακό τομέα επηρέασαν σημαντικά την διαμόρφωση και τον σχεδιασμό του εθνικού ενεργειακού συστήματος. Τα τελευταία χρόνια και κυρίως την τελευταία 5ετία, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-3, υπάρχει μία αυξανόμενη διείσδυση των ΑΠΕ, ενώ ήδη έχουν εφαρμοστεί μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια αλλά και την ενίσχυση της συμπαραγωγής [91].



Σχήμα 2-3 Greece, Ηλεκτρική Ενέργεια (παραγωγή ανά πηγή, GWh) 1990-2019. IEA.org

Συνοψίζοντας το ενεργειακό σύστημα κατά την τελευταία 20ετία εξελίχθηκε σύμφωνα με τις διεθνείς προσαγές τόσο όσο προς τα μεγέθη της οικονομικής ανάπτυξης, όσο και με τις νέες καταναλωτικές συνήθειες που υιοθετήθηκαν. Η Ελλάδα με την εξάρτησή της από χώρες του εξωτερικού λόγω των εισαγωγών καυσίμων καθώς και οι προβλέψιμες αλλά και οι μη ελεγχόμενες μεταβολές στην τιμή τους, είχαν ως αποτέλεσμα την αβεβαιότητα του σχεδιασμού ενεργειακών πολιτικών.

Όλοι αυτοί οι εξωγενείς παράγοντες που αναφέραμε επηρέασαν άμεσα την ενεργειακή κατανάλωση, διαμορφώνοντας έτσι ένα πεδίο που έπρεπε να ληφθεί υπ' όψιν για τον

σχεδιασμό του ενεργειακού συστήματος. Αυτοί όμως οι εξωγενείς παράγοντες παρ' όλο που επέφεραν μία μείωση της ζήτησης ενέργειας, δημιούργησαν ένα δυναμικό ενεργειακής αποδοτικότητας και αυτό γιατί οι σύνθετες τεχνολογίες που εφαρμόζονται σε πολλούς τομείς δεν επιτυγχάνουν χαμηλή ενεργειακή ένταση, δηλαδή χαμηλότερη τιμή ή κόστος μετατροπής της ενέργειας σε ΑΕΠ[91].

2.4.3 Η δομή της Απελευθερωμένης Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια ως οικονομικό αγαθό και η δομή της αγοράς

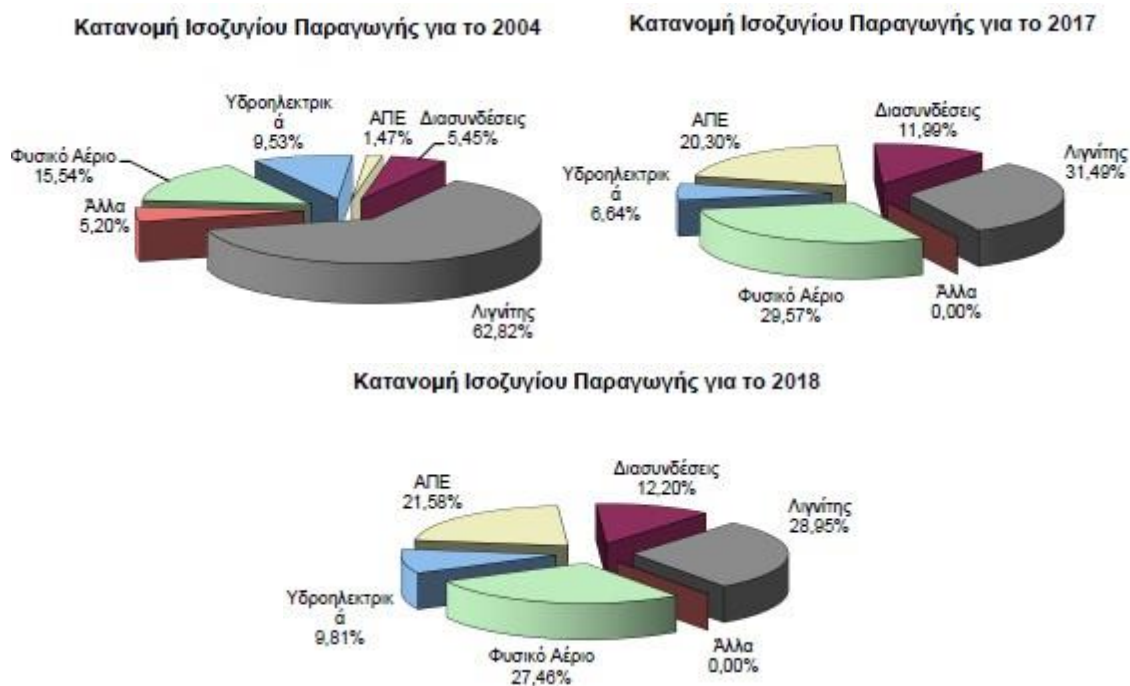
Οι «αγορές» είναι συνυφασμένες με μηχανισμούς μέσω των οποίων διαμορφώνονται οι τιμές αγαθών και υπηρεσιών με βάση την προσφορά και την ζήτηση. Παραγωγή, μεταφορά και διάθεση στο χονδρικό και λιανικό εμπόριο, αποτελούν στάδια των «αγορών», τα οποία επιδρούν στην διαμόρφωση της τελικής τιμής των εμπορευμάτων, είτε πρόκειται για παγκόσμιες αγορές, με διεθνή διακίνηση αγαθών, είτε εθνικές, όπου τα αγαθά παράγονται και διακινούνται κατά βάση εντός των ορίων των κρατών. Αναμφίβολα η ηλεκτρική ενέργεια είναι οικονομικό αγαθό, αφού η «απόκτησή» της έχει σκοπό την άμεση κατανάλωση και αυτό πραγματοποιείται μέσω οικονομικού ανταλλάγματος [93].

Είναι γνωστό σε όλους μας ότι η ηλεκτρική ενέργεια δεν αποθηκεύεται και αυτό από οικονομικής απόψεως καθιστά την σχετική αγορά διαπραγματεύσεως του αγαθού αυτού ιδιαίτερα ευάλωτη σε διακυμάνσεις των τιμών. Για να επιτευχθεί κάποια βασική ισορροπία, οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας είναι οργανωμένες ως αγορές προγραμματισμού και μάλιστα σε ημερησίου ενεργειακού προγραμματισμού (HEP spot market). Παράγεται σε μονάδες παραγωγής που πρέπει να μεταφερθεί με σύστημα αγωγών στους τόπους, όπου θα καταναλωθεί και έτσι μπορούμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες, την παραγωγή, την μεταφορά, την διανομή και τέλος την προμήθεια και εμπορία. Η παραγωγή, όπως και η προμήθεια/εμπορία της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν τις λεγόμενες «ανταγωνιστικές δραστηριότητες», που διαμορφώνουν στο μεγαλύτερο βαθμό τις τιμές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και υπόκεινται στους κανόνες του ελεύθερου ανταγωνισμού. Αντιθέτως, η μεταφορά και η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας, χαρακτηρίζονται ως «μη ανταγωνιστικές δραστηριότητες», διότι έχουν μονοπωλιακά χαρακτηριστικά και αφορούν τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής [93].

Η δομή του ελληνικού συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ο ελληνικός τομέας ενέργειας αποτελείται από δύο διακριτά υποσυστήματα, το κύριο

διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό δίκτυο που καλύπτει την ηπειρωτική χώρα και τα απομονωμένα συστήματα ισχύος των νήσων του Αιγαίου [41]. Στο Σχήμα 2-4 που φαίνεται η κατανομή του ισοζυγίου παραγωγής για το 2004, 2017 και 2018 [83] παρατηρούμε την μεγάλη πτώση παραγωγής ενέργειας από λιγνίτη και την ραγδαία αύξηση από υδροηλεκτρικά εργοστάσια, ΑΠΕ και φυσικό αέριο.



Σχήμα 2-4 Ποσοστιαία κατανομή παραγωγής ενέργειας για τα έτη 2004, 2017 και 2018 (συμπεριλαμβάνεται και η διεσπαρμένη παραγωγή)

Αναφορικά με το ηπειρωτικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται κυρίως από τον λιγνίτη. Βέβαια την τελευταία δεκαετία, το φυσικό αέριο είναι αυτό που παίζει σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό μείγμα της Ελλάδος. Από την άλλη οι ΑΠΕ, και κυρίως η αιολική ενέργεια παρουσιάζει μία αυξητική τάση αλλά παρ' όλο αυτά παραμένει σε πολύ χαμηλά επίπεδα, γνωρίζοντας το δυναμικό που έχει η νησιωτική Ελλάδα, η οποία όμως καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες αποκλειστικά με τον άνθρακα και το πετρέλαιο [91].

Προκλήσεις, Προοπτικές, Στόχοι

Οι προκλήσεις για την εθνική ενεργειακή πολιτική ταυτίζονται με εκείνες της ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής αναφορικά με την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, όπως στην αποτελεσματικότητα της αντιμετώπισης των προβλημάτων, όποια και εάν είναι αυτά. Το κοινό σημείο τους είναι η προστασία του καταναλωτή γιατί, αυτός είναι, ο οποίος θα καθορίσει την ζήτηση και αυτό θα παίζει ρόλο στην προσφορά του προϊόντος έτσι ώστε να βρεθεί το κοινό σημείο μεταξύ τους που είναι η ισορροπία της αγοράς.

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008 και από την άλλη η αβεβαιότητα των οικονομικών συγκυριών, αλλά και ότι από το 2013 επιβαρύνεται με το κόστος εκπομπών CO₂ η ηλεκτροπαραγωγή και επίσης ότι, όλες οι αγορές από το 2015 θα πρέπει να πληρούν τα κριτήρια του «Μοντέλου Στόχου» (Target Model), η Ελλάδα θα πρέπει να τα αντιμετωπίσει όλα αυτά, και σύμφωνα με αυτές τις προκλήσεις να σχεδιάσει την ενεργειακή της πολιτική [91].

Δύο από τις σημαντικότερες παραμέτρους του ενεργειακού σχεδιασμού είναι από την μία η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού και από την άλλη η διαφοροποίηση του ενεργειακού μείγματος μέσω της αξιοποίησης όλων των ενεργειακών εγχώριων πόρων. Βέβαια όλες αυτές οι δράσεις που θα επιτρέψουν την αντιμετώπιση όλων των προκλήσεων που αναφέραμε θα πρέπει να λαμβάνουν υπ' όψιν όλες τις παραμέτρους, με σκοπό το εθνικό συμφέρον και την εθνική οικονομία.

Όσο αφορά τους στόχους της, η Ελλάδα δεν πρέπει να ξεχνάει ότι ο ενεργειακός σχεδιασμός θα πρέπει να μην αποκλίνει από την μείωση των εκπομπών CO₂ όπως έχει δεσμευτεί και από την άλλη η βέλτιστη αξιοποίηση όλων των ΑΠΕ, και οι μεσοπρόθεσμοι στόχοι στον τομέα του ηλεκτρισμού, απαιτούν την ενίσχυση των ηλεκτρικών δικτύων και στο εσωτερικό της χώρας αλλά και στις διασυνοριακές διασυνδέσεις, δημιουργώντας σημαντικά ζητήματα όπως: η δράση για την υιοθέτηση τεχνικών λύσεων ώστε να υπάρχει ισορροπία μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης, η ανάπτυξη μεγάλων αντλητικών υδροηλεκτρικών σταθμών και το βασικότερο, η αποτελεσματικότερη διαχείριση του φορτίου αιχμής. Εδώ σημειώνεται ότι η ανάπτυξη έξυπνων δικτύων (smart grids) καθώς και η επίτευξη μίας λειτουργικής εσωτερικής αγοράς ενέργειας, θα έχουν σαν αποτέλεσμα την μεγάλη αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και θα καλυφθούν ανάγκες εκεί που θα υπάρχουν [91].

Μελλοντικές εκτιμήσεις Μεσοπρόθεσμοι / Μακροπρόθεσμοι στόχοι για το ενεργειακό μείγμα και την ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα

Η Ευρωπαϊκή ενεργειακή πολιτική επικεντρώνεται στην επίτευξη των επιμέρους στόχων, που για την Ελλάδα είναι η μείωση των εκπομπών ρύπων κατά 4% σε όλους τους τομείς εκτός από τον τομέα του εμπορίου σε σχέση με τα επίπεδα του 2005 και σε 18% διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση. Αυτοί οι στόχοι που πρέπει να φέρει εις πέρας η Ελλάδα είναι μέχρι το 2021 και πάντα ο σχεδιασμός του ενεργειακού συστήματος θα είναι υπέρ του καταναλωτή, ο οποίος και θα μπορεί να

χρησιμοποιεί όλες τις βέλτιστες επιλογές για να καλύψει τις ανάγκες του και από την άλλη, θα έχει μια μεγάλη ενεργειακή αγορά για να επιλέξει ένα πλήθος ενεργειακών υπηρεσιών [91].

Ενεργειακά Σενάρια

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την περίοδο 2020 – 2050 έχει αποτυπώσει οδικούς χάρτες για μία οικονομία με χαμηλό άνθρακα, λαμβάνοντας υπ' όψιν όλες τις πολιτικές και τις κατευθυντήριες γραμμές που έχει δώσει [90]. Σύμφωνα με το IENE τα σημαντικότερα σημεία είναι τα εξής:

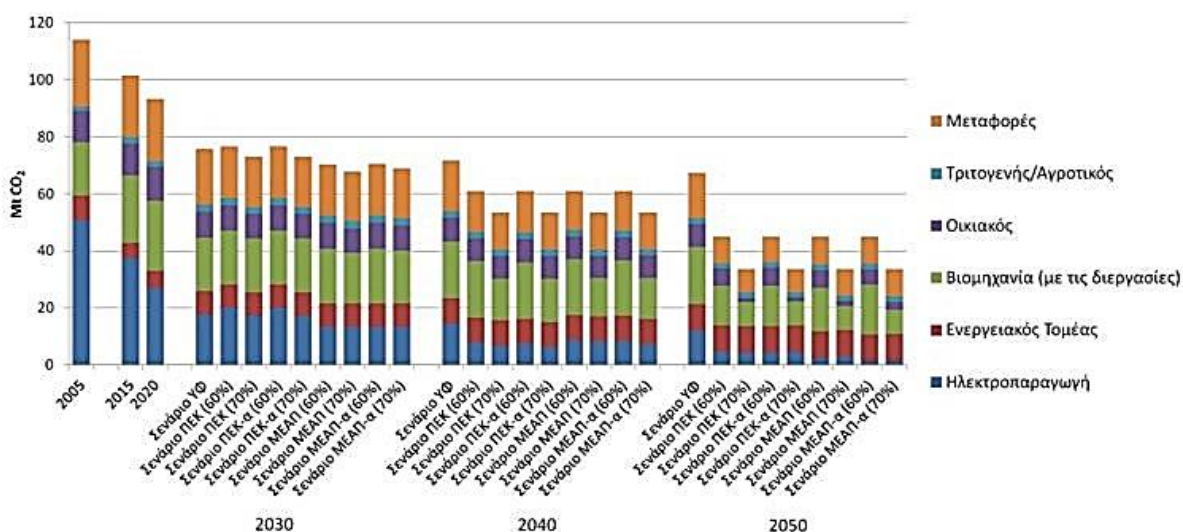
Το Σενάριο «Υφιστάμενων πολιτικών» (Σενάριο ΥΦ) υποθέτει συντηρητική υλοποίηση των πολιτικών και για το περιβάλλον αλλά και για την ενέργεια. Προβλέπεται μέτριες διεισδύσεις των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μέτριο επίπεδο περιορισμού των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050 τουλάχιστον κατά 40% σε σχέση με το 2005 [90].

Το Σενάριο «Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ» (Σενάριο ΜΕΑΠ) υποθέτει τη μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα επίπεδα του 100% στην ηλεκτροπαραγωγή, και αναφορικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίων την μείωση κατά 60%- 70%, με μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και τις μεταφορές. Επίσης εξετάζει το σενάριο εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας φέρνοντας μείωση του κόστους στον τομέα του ηλεκτρισμού, επειδή θα υπάρχουν λιγότερες επενδύσεις αλλά και αγορές ηλεκτρικής ενέργειας σε χαμηλότερες τιμές [90].

Το Σενάριο «Περιβαλλοντικών Μέτρων Ελαχίστου Κόστους» (Σενάριο ΠΕΚ) όπου το μίγμα των ενεργειακών τεχνολογιών επιλέγεται με βάση την πολιτική ελαχίστου κόστους για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70%, ενώ γίνεται μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και τις μεταφορές. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν θα ξεπερνούν το 85% στην ηλεκτροπαραγωγή λόγω του περιορισμού στις απαιτούμενες μονάδες αποθήκευσης. Ειδικά για το Σενάριο ΠΕΚ, μελετάται και ένα εναλλακτικό σενάριο (Σενάριο ΠΕΚ-α), στο οποίο υποθέτουν ότι η περίοδο 2035-2040 εντάσσεται σε δύο από τις υπάρχουσες ατμοηλεκτρικές μονάδες λιγνίτη (ισχύος 1,1GW) τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα (CCS). Αυτό το Σενάριο ΠΕΚ-α εξετάζει την παράταση παραμονή του εγχώριου στερεού καυσίμου στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής. [90].

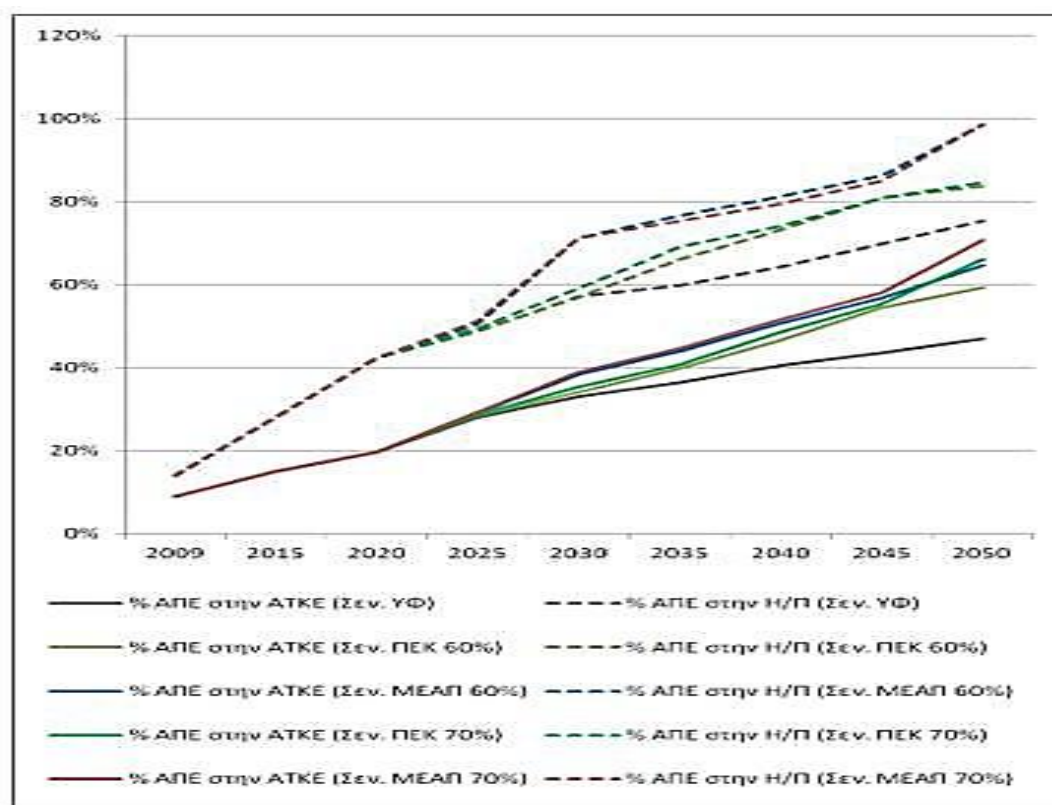
Ο πρωτεύον στόχος για το 2050 είναι η μείωση των εκπομπών αερίων κατά 60%-70% σε σχέση με το 2005 (Σχήμα 2-5), προσπαθώντας να χρησιμοποιηθούν οι ΑΠΕ στις

μεταφορές στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Αυτό θα σήμαινε ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα είχε μηδενικές εκπομπές CO₂, θα μειωνόταν σε μεγάλο βαθμό η εισαγωγή πετρελαίου, με αποτέλεσμα, την μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από τις άλλες χώρες. Αυτές οι πολιτικές περιλαμβάνουν το σενάριο ΜΕΑΠ που ουσιαστικά προβλέπει την χρησιμοποίηση των ΑΠΕ κατά 100% στην ηλεκτροπαραγωγή και 60%-70% την μείωση των εκπομπών CO₂ σε σχέση με το 2005 [90].



Σχήμα 2-5 Εξέλιξη των εκπομπών CO₂ στον ενεργειακό τομέα ανά σενάριο πολιτικής μέχρι το 2050

Εξετάζοντας το σενάριο ΜΕΑΠ-α παραμένουν όλοι οι προαναφερθέντες περιορισμοί αλλά με την διαφορά ότι η εγχώρια ηλεκτροπαραγωγή είναι μικρότερη και καλύπτεται από τις εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη το σενάριο ΠΕΚ έχει τις ίδιες παραδοχές με το σενάριο ΜΕΑΠ αναφορικά με τις εκπομπές CO₂ αλλά αναφορικά με τον υπολογισμό του ποσοστού των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή υπολογίζετε έτσι ώστε να εξασφαλίζεται το ελάχιστο κόστος. Τέλος, αναφορικά με το σενάριο ΠΕΚ-α μιλάμε για μία μείωση 60%-70% εκπομπών αλλά περιλαμβάνει την χρήση της τεχνολογίας CCS εξασφαλίζοντας την παραμονή του λιγνίτη, μίας βέβαια περιορισμένης ποσότητας, στο ηλεκτρικό σύστημα. Σύμφωνα με το Σχήμα 2-6 τα δύο σενάρια ΠΕΚ και ΜΕΑΠ προβλέπουν 85%-100% διεύδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή αλλά με σταδιακό σχηματισμό της μεταφοράς και των συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [90].

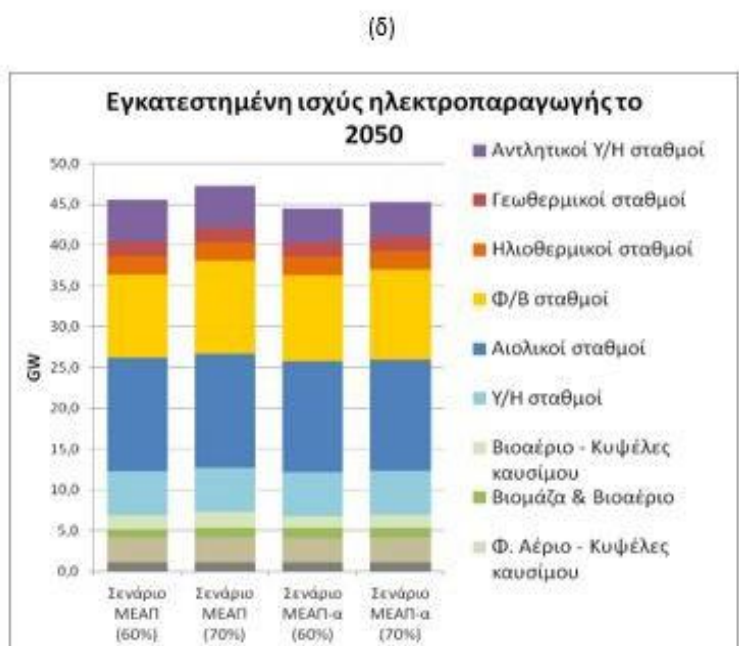
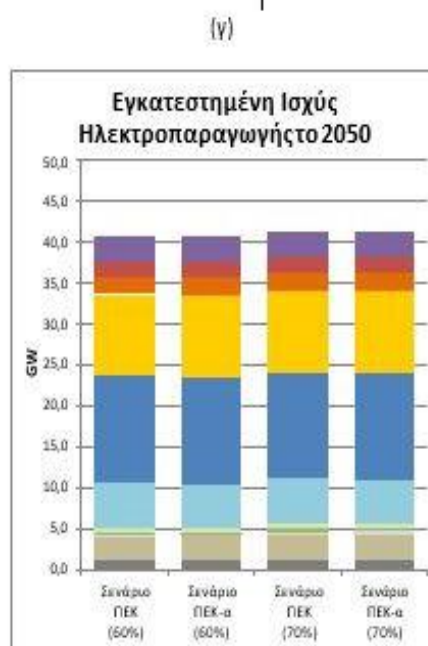
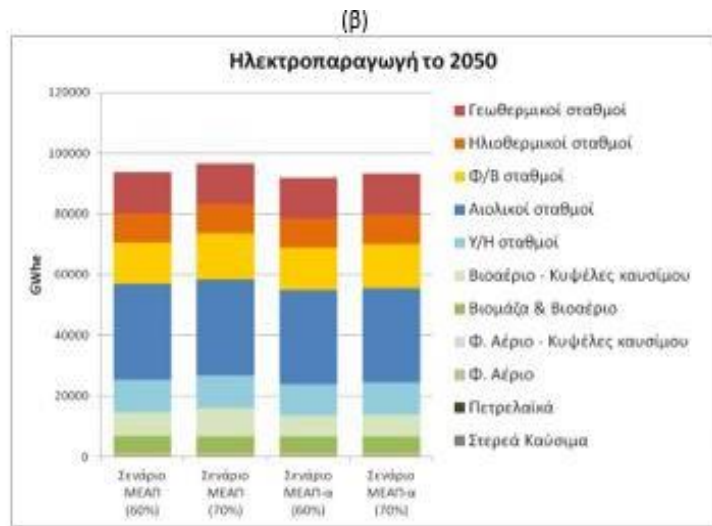
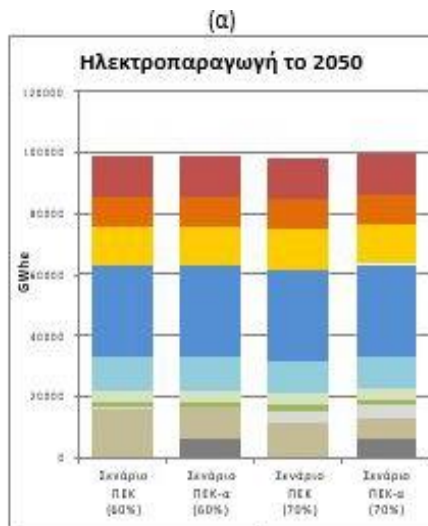


Σχήμα 2-6 Εξέλιξη του μεριδίου ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας και στην ηλεκτροπαραγωγή

Συγκεκριμένα, προβλέπεται ότι το 2050 οι σημερινοί σταθμοί στερεών καυσίμων θα έχουν περιοριστεί στο 1GW, ενώ αντίστοιχα οι σταθμοί φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου θα είναι στα επίπεδα των 3GW. Επίσης προβλέπεται διείσδυση των ελεγχόμενων μονάδων ΑΠΕ, όπου τα φωτοβολταϊκά θα φθάσουν τα 10-11,5GW, ενώ τα αιολικά θα φθάσουν τα 13-14GW (Σχήμα 2-7) [91].

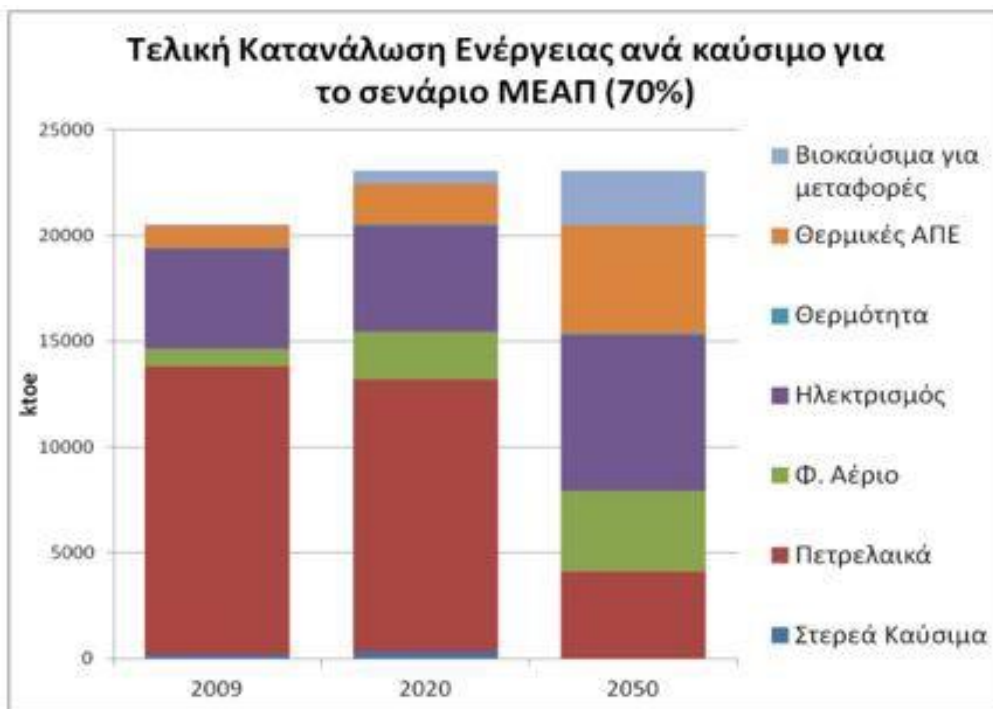
Σύμφωνα με το Σχήμα 2-7 (β) και (δ)) σε ποσοστό μέχρι και 5% δεν φαίνεται να αλλάζει τις βασικές τάσεις ενέργειας αλλά και ισχύος για το σενάριο ΜΕΑΠ, η επίδραση της εισαγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ στο σενάριο ΠΕΚ και στο σενάριο ΠΕΚ-α υπάρχει μία μείωση κατά 30% την χρήση φυσικού αερίου για ηλεκτροπαραγωγή, λόγω της χρήσης τεχνολογίας CCS (Σχήμα 2-7 (α) και (γ)) [90].

Σύμφωνα με τα δύο βασικά σενάρια ενεργειακής πολιτικής, η μελλοντική εικόνα μπορεί να συνοψισθεί σε δύο βασικά σημεία. Το πρώτο είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60% - 70% μέχρι το 2050 σε σχέση με το 2005 και το δεύτερο σημείο είναι η αύξηση κατά 85%-100% ηλεκτροπαραγωγής από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αξιοποιώντας όλο το υφιστάμενο δυναμικό των ΑΠΕ, σε όλη την Ελλάδα.



Σχήμα 2-7 Εξέλιξη της ηλεκτροπαραγωγής ανά καύσιμο για κάθε σενάριο πολιτικής. Πηγή: Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης, Επιτροπή Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού του ΥΠΕΚΑ

Η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επιφέρει μεγάλες διαφοροποιήσεις στο μείγμα των καυσίμων στην τελική κατανάλωση και αυτό φαίνεται στο Σχήμα 2-8. Οι αλλαγές αυτές αφορούν μείωση της χρήση πετρελαίου κατά 50% και τον τριπλασιασμό



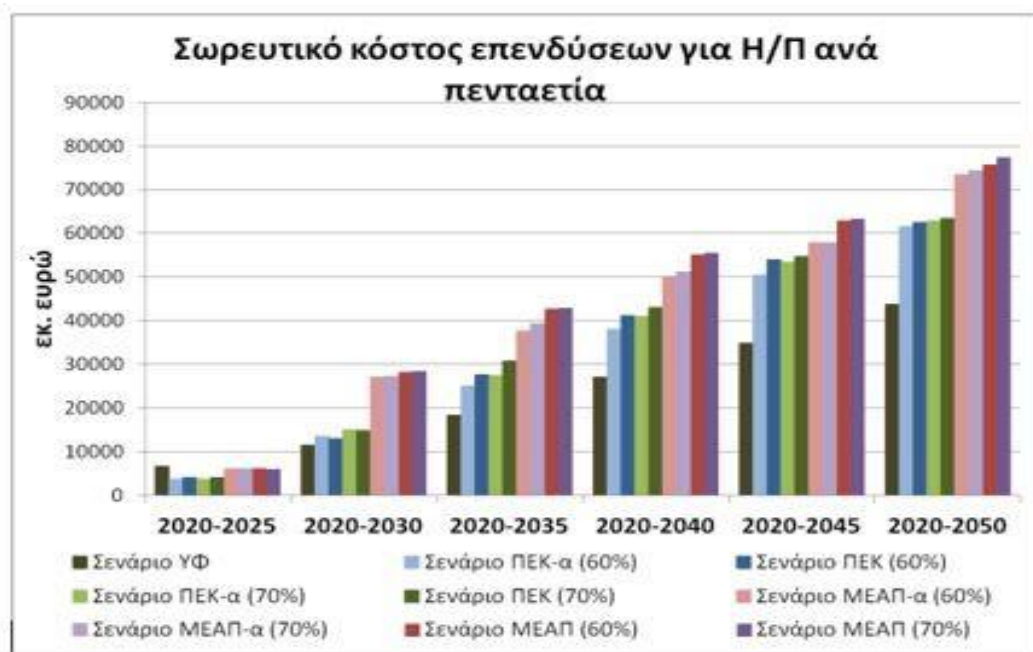
Σχήμα 2-8 Εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο

της χρήσης φυσικού αερίου και θερμικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και την μεγάλη αύξηση των βιοκαυσίμων στις μεταφορές. Στις μεταφορές περιλαμβάνεται η ανάπτυξη του δικτύου και στο νησιωτικό και στο ηπειρωτικό σύστημα μέχρι την περίοδο 2025-2039 και την αύξηση της ικανότητας μεταφοράς των διεθνών διασυνδέσεων πάνω από 3000MW μέχρι το 2050. Η αξιοποίηση του εγχώριου δυναμικού για ηλεκτροπαραγωγή αλλά και από τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ελεγχόμενης εξόδου, θεωρείται ότι θα υπάρξει διείσδυση εγκατεστημένης ισχύος της τάξεων των 1GW σταθμών βιομάζας, βιοαερίου, 1,8GW γεωθερμικών σταθμών υψηλής και μέσης ενθαλπίας, και 2,2GW ηλιοθερμικών σταθμών, κατά το 2050. Ουσιαστικά οι σταθμοί αυτοί θα αντικαταστήσουν τις σημερινές μονάδες ορυκτών καυσίμων [91].

Προοπτικές εξέλιξης ενεργειακού τομέα - Κόστος επενδύσεων ηλεκτροπαραγωγής

Οι επενδύσεις ηλεκτροπαραγωγής θα πραγματοποιηθούν στο πλαίσιο των πολιτικών που θα ακολουθήσουν. Βέβαια αυτές οι πολιτικές θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν μείγματα ενεργειακών τεχνολογιών, έτσι ώστε οι συμβατικοί σταθμοί να αντικατασταθούν από σταθμούς ΑΠΕ.

Όσο αφορά το κόστος επενδύσεων ηλεκτροπαραγωγής, σύμφωνα με το Σχήμα 2-9 είναι



Σχήμα 2-9 Εξέλιξη της τελικής κατανάλωσης ενέργειας ανά καύσιμο

μεγαλύτερο κατά 20% στο σενάριο ΜΕΑΠ, από ότι στο ΠΕΚ κατά την περίοδο 2020-2050 και για μείωση εκπομπών 70%. Παρατηρούμε ότι κατά το έτος 2005, μια πολιτική ηλεκτροπαραγωγής θα πρέπει να έχει μία μέση χρήση φυσικού αερίου, μία χρήση του λιγνίτη της τάξεων 1GW και από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρήση της τάξεως του 85%. Βέβαια δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι αυτή η πολιτική που περιγράψουμε συνδέεται με τους στόχους της μείωσης των εκπομπών τουλάχιστον κατά 60% σε σχέση με τα επίπεδα του 2005.

Συμπεράσματα

Τα σενάρια νέας ενεργειακής πολιτικής ΜΕΑΠ και ΠΕΚ επιτυγχάνουν μεγάλη μείωση των εκπομπών (κατά 60% με 70% σε σχέση με το 2005) με ταυτόχρονη μείωση της εισαγόμενης ενέργειας και με σχετικά πιο συμφέροντες οικονομικούς όρους. Επιτυγχάνεται επίσης μεγάλη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων. Επιπλέον, ανοίγουν προοπτικές για την ανάπτυξη εγχώριας βιομηχανίας ΑΠΕ και εφαρμογών /συστημάτων υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Το σενάριο μέγιστης διείσδυσης των ΑΠΕ αντιστοιχεί σε μία επιπλέον επιβάρυνση του κόστους επένδυσης κατά 20% σε σχέση με το σενάριο ΠΕΚ που προβλέπει διείσδυση της τάξεως των 85%, που με την σειρά του είναι κατά 30% υψηλότερο από αυτό της επέκτασης της υφιστάμενης κατάστασης. Παράλληλα, η εξέλιξη του ενεργειακού συστήματος παρέχει ασφάλεια στον τελικό καταναλωτή ενώ του

ενσωματώνει τις βέλτιστες τεχνολογικές λύσεις και επιλογές ώστε να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας και τελικά μείωση των συνολικών του ενεργειακών δαπανών. Η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, καθώς και εφαρμογών τεχνολογίας αιχμής αποτελούν επιπλέον δυνατότητες και προοπτικές που προκύπτουν από την εφαρμογή των πολιτικών που προτείνονται.

2.5 Ανάλυση Ενεργειακών Πληροφοριών των Ευρωπαϊκών Χωρών Ελλάδας, Γερμανίας, Ιταλίας, Γαλλίας και Βουλγαρίας

Η προηγούμενη δεκαετία παρέχει ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις οικονομικών φαινομένων που αξίζουν επιστημονικής έρευνας και ανάλυσης από μόνοι τους. Παρέχει επίσης ένα πλαίσιο από το οποίο εξάγουμε νέες πληροφορίες και μετρήσεις λήψης αποφάσεων. Ιστορικά, η κατανόηση τέτοιων φαινομένων οδήγησε σε βελτιωμένα εργαλεία πολιτικής, σχεδιασμού και αξιολόγησης, δηλαδή εργαλεία χρήσιμα στη μοντελοποίηση φαινομένων με μακροχρόνιους ορίζοντες. Πιο πρόσφατα, επιδιώκουμε να κατανοήσουμε αυτά τα φαινόμενα προκειμένου να εξαγάγουμε νέα εργαλεία λήψης αποφάσεων που μπορεί να είναι χρήσιμα σε φαινόμενα με βραχυπρόθεσμους ορίζοντες, όπως αυτά που βρίσκονται στη διαχείριση έξυπνης ενέργειας, στο εμπόριο, στα μεγάλα δεδομένα και στις εφαρμογές AI.

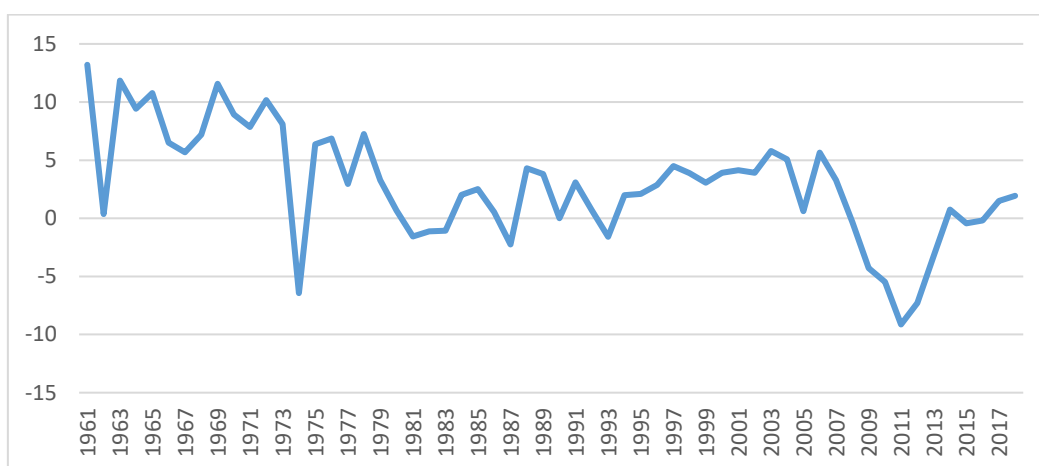
Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατάσταση που παρουσιάζεται με το ευρώ, το νόμισμα της ευρωζώνης και έναν νέο τύπο νομίσματος, που χρησιμοποιείται σε πάνω από το 20% του διεθνούς εμπορίου. Τα παραστατικά νομίσματα fiat απαιτούν μια Κεντρική Τράπεζα και ένα Υπουργείο Οικονομικών να συνεργάζονται υπό την εποπτεία ενός Κράτους, δηλαδή, η νομισματική πολιτική και η εξυπηρετική δημοσιονομική πολιτική, υπό την εγγύηση ενός κυρίαρχου Κράτους. Σε αντίθεση με όλα τα άλλα νομίσματα, το ευρώ έχει μια Κεντρική Τράπεζα (το Ευρωσύστημα) και 19 διαφορετικά Υπουργεία Οικονομικών. Η φερεγγυότητά του δεν εγγυάται η αρχή ενός συγκεκριμένου Κυρίαρχου. Η φερεγγυότητα του νομίσματος διασφαλίζεται ρεαλιστικά από τις αγορές συναλλάγματος, δηλαδή το γεγονός ότι είναι εμπορεύσιμο έναντι του παγκόσμιου αποθεματικού νομίσματος, του δολαρίου ΗΠΑ και ορισμένων Συνθηκών της ΕΕ. Κατά μία έννοια, το κυρίαρχο που εγγυάται την αξιοπιστία της σχέσης μεταξύ νομισματικής και φορολογικής πολιτικής αντικαταστάθηκε από τις Παγκόσμιες Αγορές Συναλλάγματος. Έτσι, η λειτουργία του χρήματος ως αποθήκευσης αξίας συμπληρώνεται από μια αναδυόμενη νέα λειτουργία, το

χρήμα ως πηγή πολύτιμων πληροφοριών. Με άλλα λόγια, η έννοια της ισορροπίας της αγοράς διευρύνεται ώστε να περιλαμβάνει πιο βραχυπρόθεσμα ή παροδικά αποτελέσματα που οδηγούν όχι μόνο στην ανακάλυψη τιμών αλλά και στην εξαγωγή πολύτιμων πληροφοριών χρήσιμων στη λήψη αποφάσεων. Σε αυτό το νέο πλαίσιο και μετά από στενότερη επιθεώρηση των μακροοικονομικών δεδομένων βρίσκουμε σημαντικές αποκλίσεις από τις μακροοικονομικές παραδοχές. Οι διακυμάνσεις του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) που αντικατοπτρίζουν τις συνολικές κινήσεις και τις αλλαγές σε μια σειρά μεταβλητών που διαμορφώνουν την οικονομική δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, της προσφοράς και της ζήτησης, του καταναλωτικού συναισθήματος, των κανονιστικών περιορισμών, της διαθεσιμότητας ενέργειας και των τιμών. Το πραγματικό ΑΕΠ καταγράφει τέτοιες διακυμάνσεις ενώ εξουδετερώνει τις επιπτώσεις του πληθωρισμού. Συγκρίνοντας την κατανάλωση ενέργειας με το ΑΕΠ, μπορούν να εξαχθούν σημαντικές πληροφορίες, χρήσιμες για εργαλεία ποσοτικοποίησης όχι μόνο για το σχεδιασμό και την αξιολόγηση της απόδοσης των φορολογικών συστημάτων, αλλά και για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με έξυπνη χρήση ενέργειας, εφοδιαστική, αλυσίδες εφοδιασμού και εμπορικά ή κατασκευαστικά θέματα.

Το πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ και η κατανάλωση ενέργειας είναι συχνά, αλλά όχι πάντα, συσχετισμένες μεταβλητές. Η συγκριτική ανάλυση των αντίστοιχων χρονοσειρών τους προσφέρει νέες πληροφορίες και νέες μετρήσεις λήψης αποφάσεων. Κατά τη διάρκεια της Μεγάλης Ύφεσης, η Ελλάδα αντιμετώπισε μια ξαφνική και δραματική μείωση του ΑΕΠ και μια παρατεταμένη κρίση χρέους που τροφοδοτήθηκε από διαρθρωτικά ζητήματα και σοβαρά μέτρα λιτότητας. Ενώ όλες οι άλλες ευρωπαϊκές οικονομίες ανέκαμψαν και παρουσίασαν αύξηση του ΑΕΠ, η Ελλάδα συνέχισε να μειώνεται. Ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας μειώθηκε σε ολόκληρη την Ευρώπη ανεξάρτητα από την αύξηση του ΑΕΠ. Οι τάσεις, ποιοι ήταν οι βασικοί παράγοντες, αναφορικά με την ενεργειακή συμπεριφορά της οικονομίας όχι μόνο της Ελλάδος αλλά και της Γερμανίας, Ιταλίας, Γαλλίας και Βουλγαρίας, αποτυπώνεται παρακάτω.

Κατά την περίοδο 2000-2008 παρατηρούμε θετική αύξηση του ΑΕΠ στην Ελλάδα, παρατηρώντας το Σχήμα 2-10, ενώ το 2008-2010 το ΑΕΠ μειώνεται -5,5% (Παγκόσμια Τράπεζα, 2020), (Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία, 2020). Η διεθνής χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 που προκάλεσε η Lehman Brothers κυρίως στον χρηματοπιστωτικό και τραπεζικό τομέα έπαιξε σημαντικό ρόλο σε αυτό. Την επόμενη δεκαετία 2010-2020, το

πραγματικό ΑΕΠ στην Ελλάδα παρουσίασε άνευ προηγουμένου πτώση, ενώ οι περισσότερες άλλες οικονομίες της Ευρωζώνης παρουσίασαν ανάπτυξη. Μια σειρά από γεγονότα στις αρχές του 2010 έβγαλε τη χώρα από τις διεθνείς αγορές ομολόγων με αποτέλεσμα την αδυναμία εξυπηρέτησης του εθνικού χρέους και σε πολλές ετήσιες μειώσεις του ΑΕΠ, μειώνοντας -9,1% το 2011 και συνεχίζοντας προς τα κάτω από τότε και μέχρι το 2016. Από το 2017 σημάδια ανάκαμψης άρχισαν να εμφανίζονται με μέτρια αύξηση του ΑΕΠ κατά 1,4% και η Ελλάδα άρχισε να έχει περιορισμένη πρόσβαση στις διεθνείς αγορές ομολόγων που κινείται σε μια σταθερή, αλλά εύθραυστη, φάση ανάκαμψης.

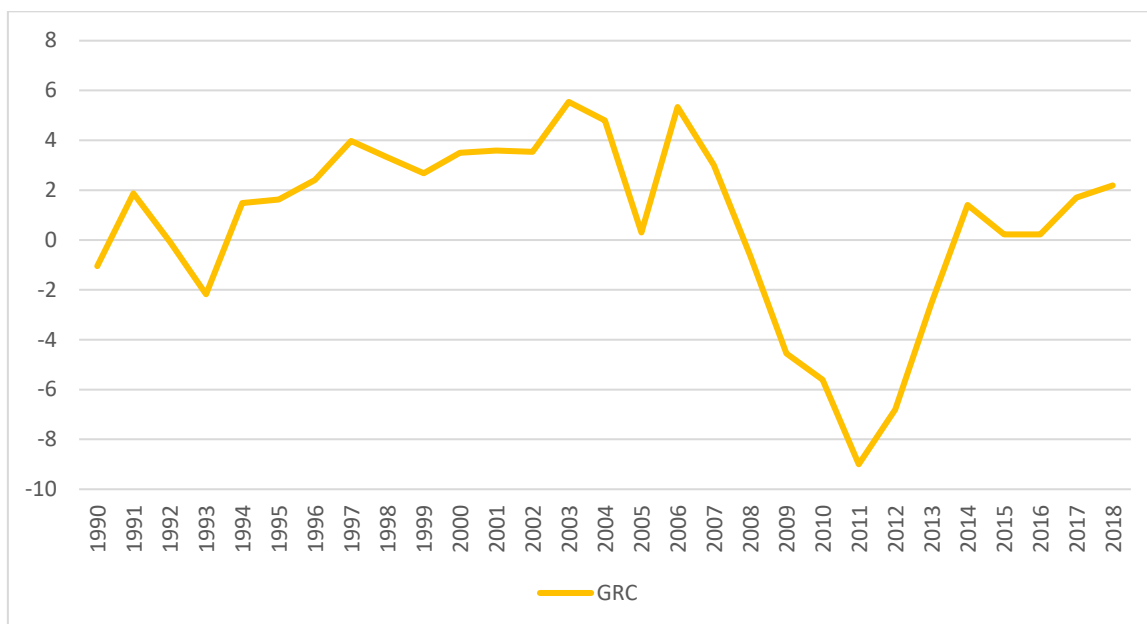


Σχήμα 2-10 Αύξηση του ΑΕΠ ετήσια% Ελλάδα από το 1961 έως το 2017. Στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας και αρχεία δεδομένων εθνικών λογαριασμών του ΟΟΣΑ

Η ανάλυση της κρίσης του ευρώ δείχνει πώς επηρεάστηκε αρνητικά η Ελλάδα αλλά και πώς επέδειξε ανθεκτικότητα των θεσμικών και κοινωνικών ρυθμίσεων. Η ισορροπία των αποδεικτικών στοιχείων παρέχει κίνητρο για την κατανόηση όχι μόνο των εξωγενών παραγόντων (Lehman Brothers, ΔΝΤ, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα), αλλά και οι υποκείμενες ενδογενείς ρυθμίσεις που οδήγησαν την Ελλάδα στη μεγαλύτερη οικονομική παρακμή της ειρήνης αλλά και την επιτυχή ανάκαμψη.

Το πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ είναι ένα σημαντικό οικονομικό μέτρο της οικονομικής απόδοσης μιας χώρας. Σύμφωνα με στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας, η αύξηση του ελληνικού ΑΕΠ το 1990 ήταν -1,1% και το 1991 έφτασε το 1,9%. Σύμφωνα με το Σχήμα 2-11 από το 1990 έως το 1993, το ΑΕΠ στην Ελλάδα μειώθηκε -2,2%. Το 1992, με την υπογραφή της Συνθήκης του Μάαστριχτ, δημιουργήθηκε ένα νέο θεσμικό περιβάλλον για τη διεξαγωγή της οικονομικής πολιτικής στην Ευρώπη, ένα πλαίσιο που θα πρέπει να υιοθετήσουν όλα τα κράτη μέλη για να μπορέσουν να ενταχθούν στην Οικονομική και

Νομισματική Ένωση. Από το 1993, ο ρυθμός αύξησης του ΑΕΠ αυξήθηκε, φτάνοντας το 4% το 1997.



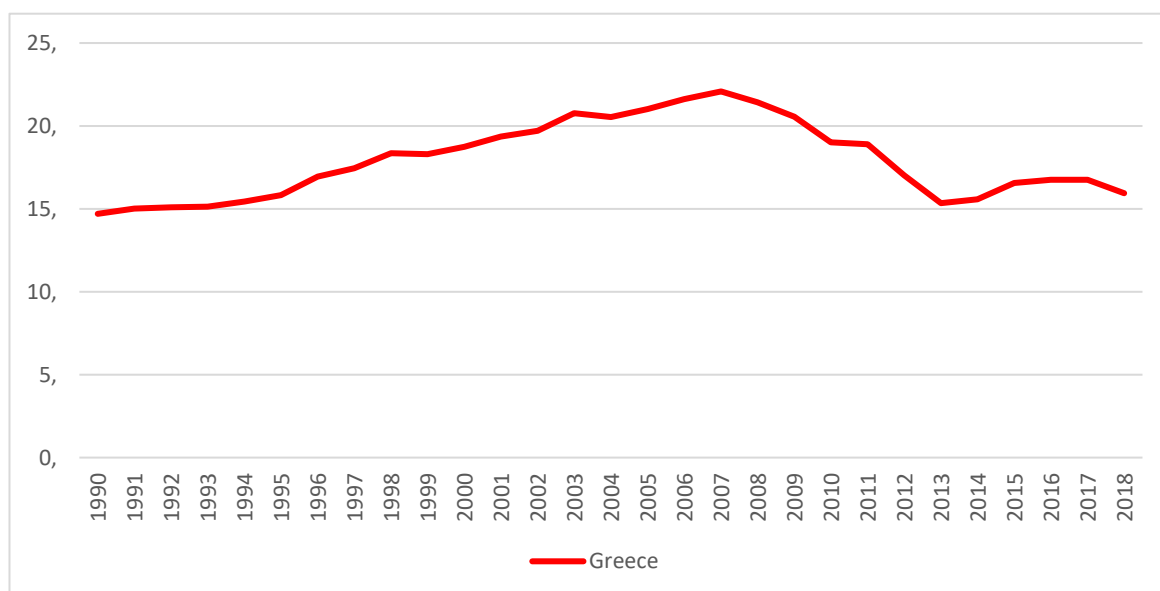
Σχήμα 2-11 Ανάπτυξη κατά κεφαλήν ΑΕΠ% Ελλάδα από το 1990 έως το 2018 (στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας)

Κατά την περίοδο από το 1998 έως το 2007 σημειώθηκε αύξηση του ΑΕΠ 3,3%. Η ελληνική οικονομία τροφοδοτήθηκε από μεγάλα έργα υποδομής και επενδύσεις που σχετίζονται με τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004, καθώς και από διαρθρωτικά ταμεία της ΕΕ που προέβλεπαν αγροτική και περιφερειακή ανάπτυξη και βελτιώσεις στην ποιότητα ζωής. Από το 2010, σημειώθηκε σημαντική μείωση του ΑΕΠ που έφτασε στο τέλος του 2011 με πρωτοφανή -9%. Τα μεγάλα ελλείμματα του προϋπολογισμού και τα επίπεδα χρέους ήταν σημαντικοί παράγοντες. Επιπλέον, η Ελλάδα επηρεάστηκε από τη διεθνή χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 που προκλήθηκε από την Lehman Brothers και τα μέτρα λιτότητας που επέβαλαν οι πιστωτές της, δηλαδή η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ΕΚΤ), το ΔΝΤ και οι αρχές της ΕΕ. Μετά από πέντε χρόνια, η αύξηση του ΑΕΠ έγινε θετική, 1,4% το 2014 και από το 2017 η Ελλάδα παρουσίασε σταθερή αλλά εύθραυστη ανάπτυξη, ανακτώντας πρόσβαση στις διεθνείς αγορές ομολόγων [53].

2.5.1 Πραγματικό κατά Κεφαλή ΑΕΠ και Κατανάλωση Ενέργειας

Το πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ σχετίζεται με την κατανάλωση ενέργειας με τρόπους που εξαρτώνται από το επίπεδο ωριμότητας μιας οικονομίας και από ποιοτικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, μια προηγμένη οικονομία υψηλού εισοδήματος βασίζεται

περισσότερο στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια είναι η υψηλότερη ποιότητα ενέργεια, ενώ οι οικονομίες χαμηλού εισοδήματος καταναλώνουν πιο άμεσα μη επεξεργασμένα καύσιμα. Παρατηρούνται μεταβολές στην κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα και επιπλέον, καθώς μια οικονομία κινείται προς υψηλότερα επίπεδα κατά κεφαλήν ΑΕΠ, ενδέχεται να απαιτείται λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή μιας δεδομένης μονάδας οικονομικής παραγωγής, καθώς υπάρχει συχνά ταυτόχρονη μετατόπιση προς τις υπηρεσίες και λιγότερη εξάρτηση από την κατασκευή και τη γεωργία που τείνουν να είναι οικονομικότερες δραστηριότητες με περισσότερη ενέργεια. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2-12, από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 και μέχρι το 2007 η τελική κατανάλωση ενέργειας της Ελλάδας βρίσκεται σε ανοδική τάση, ανεβαίνοντας από 14,7 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΟΕ) φθάνοντας τους 22,08 [50].

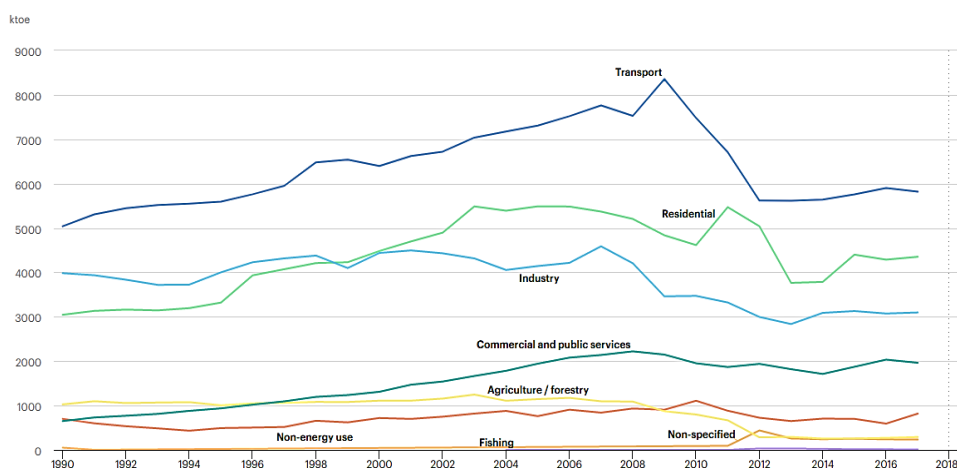


Σχήμα 2-12 Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (Ευρώπη 2020-2030). Εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΟΕ) από το 1990 έως το 2018 (EUROSTAT 2020)

Οι κύριοι λόγοι για τη σταθερή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται σε, ποιοτικές οικονομικές και αναπτυξιακές αλλαγές που σχετίζονται με την υπέρβαση του μεσαίου εισοδήματος, τη μετάβαση προς τις υπηρεσίες, τις αλλαγές στις συνήθειες των καταναλωτών και τις ευρωπαϊκές οδηγίες σχετικά με τους ενεργειακούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Η οικονομική κρίση του 2008 με την πτώχευση του Lehman και η μετάδοση αυτής της κρίσης αργότερα στην Ευρώπη δεν άφησαν την Ελλάδα ανεπηρέαστη. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο παρατηρείται μείωση

κατά την περίοδο από το 2008 έως το 2014, φτάνοντας στο τέλος της περιόδου των 15,58 εκατομμυρίων τόνων ισοδύναμου πετρελαίου (TOE).

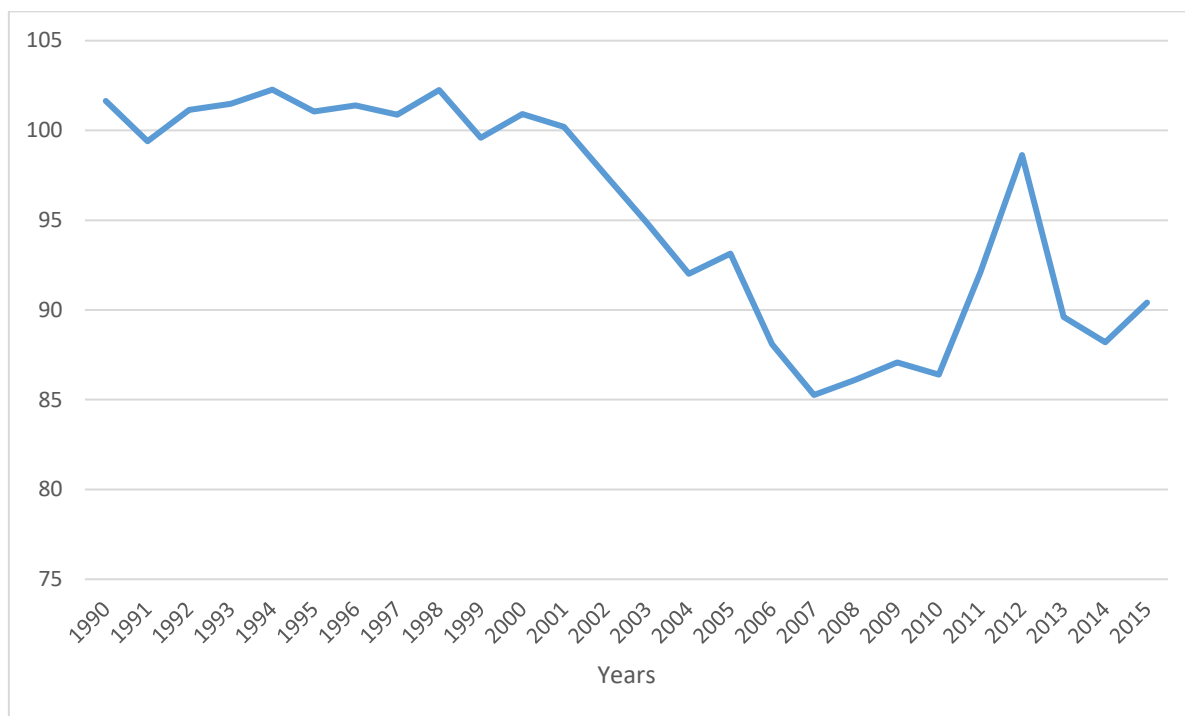
Ο μεγαλύτερος τομέας που συμμετέχει στην κατανάλωση ενέργειας, αντιπροσωπεύοντας το 35% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας, είναι οι μεταφορές. Στη δεύτερη θέση σε μέγεθος έρχεται ο τομέας κατοικιών με 27%, τρίτος είναι ο βιομηχανικός τομέας με 23% και ο εμπορικός τομέας με 15%, έρχεται τέταρτος. Αυτά φαίνεται στο Σχήμα 2-13, το οποίο παρατηρώντας το βλέπουμε ότι σε αυτήν την δεκαετία όλοι οι τομείς έχουν συρρικνωθεί αναλογικά εκτός από τη βιομηχανία, η οποία έχει μειωθεί περισσότερο, κατά 29% από το υψηλότερο σημείο του, το 2007. Κατά την περίοδο 2009 έως 2011 ο ρυθμός ανάπτυξης του ΑΕΠ έχει μεγάλη πτώση φτάνοντας στο -9% [50].



Σχήμα 2-13 Κατανάλωση ενέργειας Συνολική ετήσια κατανάλωση TFC ανά τομέα από το 1990 έως το 2018 (IEA World Energy Balances 2019)

Εξετάζοντας τα στοιχεία από το 1990 έως και το 2015 υπάρχουν αρκετές διακυμάνσεις στη χρήση ενέργειας (σε kg ισοδύναμου πετρελαίου) ανά \$1000 ΑΕΠ που κυμαίνεται από 102 έως 101 κατά την περίοδο από το 1990 έως το 2001. Μετά το 2001, η μείωση είναι πολύ σημαντική, σύμφωνα με το Σχήμα 2-14, και αυτό οφείλεται κυρίως στην εισροή επενδύσεων στο χρηματιστήριο καθώς στην ανάπτυξη υπηρεσιών και τουρισμού, οι οποίες δεν χρειάζονται μεγάλες εισροές ενέργειας. Επομένως, το ποσό που απαιτείται για την παραγωγή \$1000 ΑΕΠ δεν είναι μεγάλο, με αποτέλεσμα μια απότομη πτώση που φτάνει τα 85 κιλά ισοδύναμου πετρελαίου ανά \$1000 ΑΕΠ. Από το 2007, σημειώθηκε απότομη άνοδο το 2012 σε 99 κιλά ισοδύναμου πετρελαίου ανά παραγωγή \$1.000 ΑΕΠ. Αν και η χρηματοπιστωτική κρίση άρχισε να ξεσπά με τα μέτρα λιτότητας του ΔΝΤ και της

Ευρωπαϊκής Τράπεζας, η απαιτούμενη ενέργεια εκείνη την εποχή είχε αυξηθεί κατά 14 κιλά ισοδύναμου πετρελαίου ανά \$1000 ΑΕΠ.

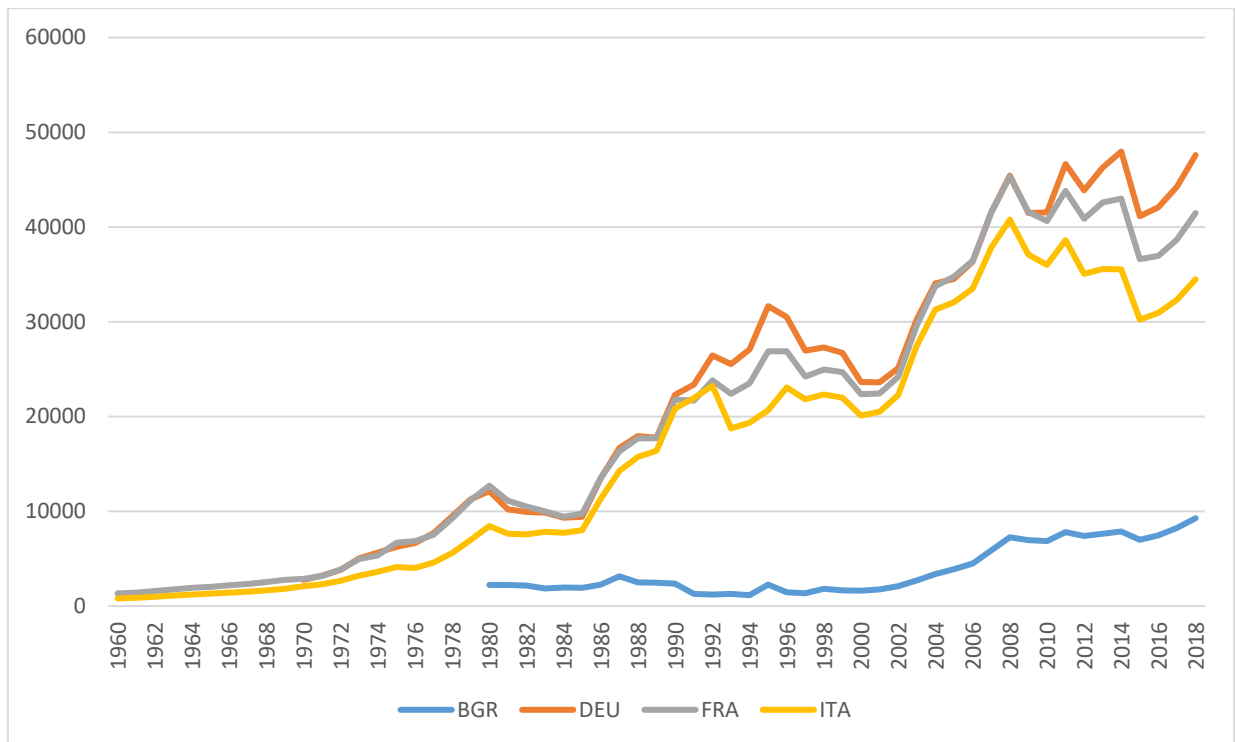


Σχήμα 2-14 Χρήση ενέργειας (κιλά ισοδύναμου πετρελαίου) ανά 1.000 \$ ΑΕΠ Ελλάδα από το 1990 έως το 2015 (στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας)

2.5.2 Πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ των τεσσάρων Ευρωπαϊκών Χωρών και η Σχέση του με την Κατανάλωση Ενέργειας

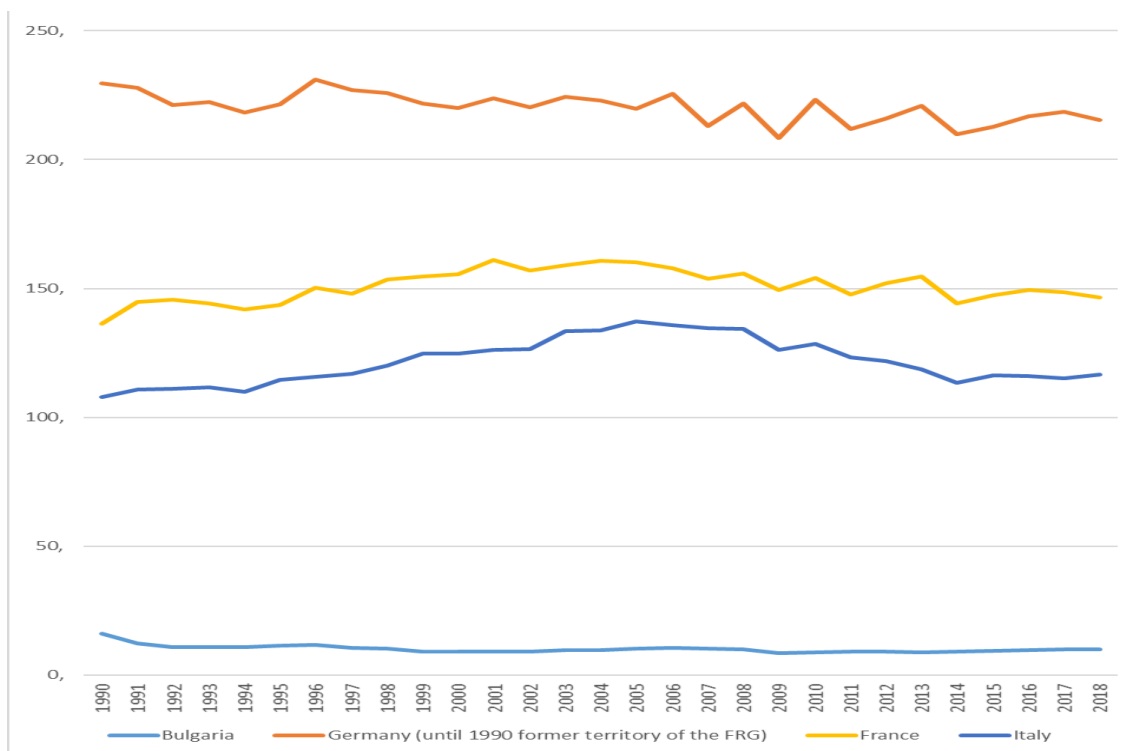
Παρατηρήσαμε πώς η Ελλάδα χρησιμοποίησε την ενέργεια (κιλά ισοδύναμου πετρελαίου ανά \$1000 ΑΕΠ) από το 1990 έως και το 2015. Για να μπορέσουμε να δούμε ποιος είναι ο ρόλος της ενέργειας στην οικονομία θα συγκρίνουμε την κατανάλωση της ενέργειας της Ελλάδος με τέσσερα Ευρωπαϊκά Κράτη που ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά έχουν ομοιότητες και διαφορές ως προς το κλίμα, το μέγεθος, τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες. Αυτές οι χώρες είναι η Γερμανία (DEU), η Γαλλία (FRA), η Ιταλία (ITA) και η Βουλγαρία (BGR).

Η Βουλγαρία είναι μια οικονομία χαμηλού εισοδήματος που μεταβαίνει προς τα μεσαία έσοδα. Από το 1980 έως το 2000 σημειώνει συνεχή αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, αλλά με μέτριο ρυθμό σε σύγκριση με τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες, φθάνοντας τα \$1609 το 2000 όταν άλλες χώρες ήταν κατά σειρά: Γερμανία - \$23695, η Γαλλία δεύτερη με \$ 22364 και η τρίτη Ιταλία με \$20087 (Σχήμα 2-15)[75], [76].



Σχήμα 2-15 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ (τρέχοντα δολάρια ΗΠΑ) Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία Βουλγαρία από το 1960 έως το 2018 (στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας)

Ωστόσο, κατά την περίοδο από το 2000 έως το 2018, παρατηρείται αστάθεια στην ετήσια αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ. Μεταξύ 2001 και 2007, η οικονομία αναπτύχθηκε με ετήσιο ρυθμό μεταξύ 1% και 3%. Ταυτόχρονα, η Βουλγαρία σημείωσε σταθερή αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, σπάζοντας τα επίπεδα των 5000 και έφτασε τα \$7261 το 2008. Κατά την περίοδο 2008-2015, η συνολική οικονομία της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρουσίασε μείωση κατά 4% του κατά κεφαλήν ΑΕΠ το 2009, και περαιτέρω σε μια μικρότερη μείωση το 2012. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε το 2015 στη Γερμανία, τη Γαλλία και την Ιταλία, περίπου 12%, που προκλήθηκε κυρίως από τη μεγάλη οικονομική κρίση του 2008. Το παράδοξο είναι ότι στη Βουλγαρία η πτώση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ ήταν σχεδόν μηδενική, δείχνοντας ότι η αναπτυσσόμενη οικονομία της συνέχισε να αυξάνεται, χωρίς να επηρεάζεται από την κρίση του 2008. Έκτοτε, η οικονομία ανέκαμψε σταδιακά περίπου +2% κατά την περίοδο 2015 έως 2018 και με τη Βουλγαρία να φτάσει τα \$10000 κατά κεφαλήν ΑΕΠ [75], [76].



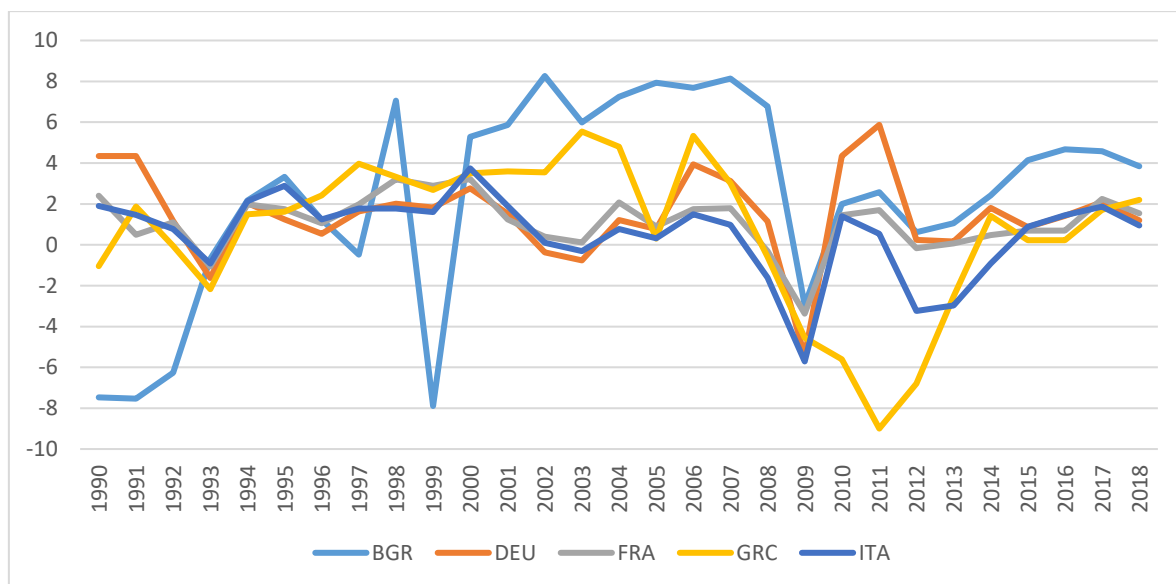
Σχήμα 2-16 Τελική κατανάλωση ενέργειας (εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου) Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία Βουλγαρία από το 1990 έως το 2018 (EUROSTAT 2020)

Η Γερμανία έχει την υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με τις άλλες χώρες (230 εκατομμύρια τόνους ισοδυναμού πετρελαίου). Από την άλλη πλευρά, η Γαλλία δεν υπερβαίνει τους 160 εκατομμύρια τόνους ισοδυναμού πετρελαίου και στην Ιταλία ανέρχεται σε περίπου 140 εκατομμύρια τόνους ισοδυναμού πετρελαίου (Σχήμα 2-16). Από το 2007, η κατανάλωση ενέργειας άρχισε να μειώνεται, με το 2008 να είναι το έτος αναφοράς και η πτωτική τάση συνεχίζεται μέχρι το 2014, όταν άρχισε να έχει σταθερή ανοδική τάση. Η χρηματοπιστωτική κρίση επηρέασε επίσης την κατανάλωση ενέργειας, καθώς υπήρξε μικρή αγοραστική δύναμη λόγω της μείωσης των εισοδημάτων, χωρίς μεγάλα κατασκευαστικά έργα και γενικά, λόγω της «στάσιμης» οικονομίας [24].

2.5.3 Η κατανάλωση Ενέργειας και το κατά Κεφαλή ΑΕΠ της Ελλάδος σε Σύγκριση με τις πέντε Ευρωπαϊκές χώρες

Κατά την περίοδο 1990-2000 (Σχήμα 2-17) ο μέσος ρυθμός αύξησης του ΑΕΠ στην Ελλάδα, τη Γερμανία, τη Γαλλία και την Ιταλία ήταν θετικός και φτάνει περίπου το 4%. Αντίθετα, στη Βουλγαρία την ίδια περίοδο υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις και το 1999 το κατά κεφαλήν ΑΕΠ (ετήσιο%) μειώνεται κατά -7,893%, ενώ το 1998 ήταν +7,061%. Αυτές οι διακυμάνσεις και η απότομη πτώση του πραγματικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ προκλήθηκαν από

την κατάρρευση των κομμουνιστικών οικονομιών της Ανατολικής Ευρώπης και τη μετάβασή τους στις οικονομίες της αγοράς. Από το 2000 έως το 2008, η Βουλγαρία είχε τους υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης σε σύγκριση με τους άλλους τέσσερις, κυρίως λόγω του χαμηλού επιπέδου οικονομικής δραστηριότητας – επιπέδου βάσης, από την οποία ξεκίνησε [77].



Σχήμα 2-17 Ανάπτυξη κατά κεφαλήν ΑΕΠ (ετήσιο %) Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία, Ελλάδα και Βουλγαρία από το 1990 έως το 2018 (στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας)

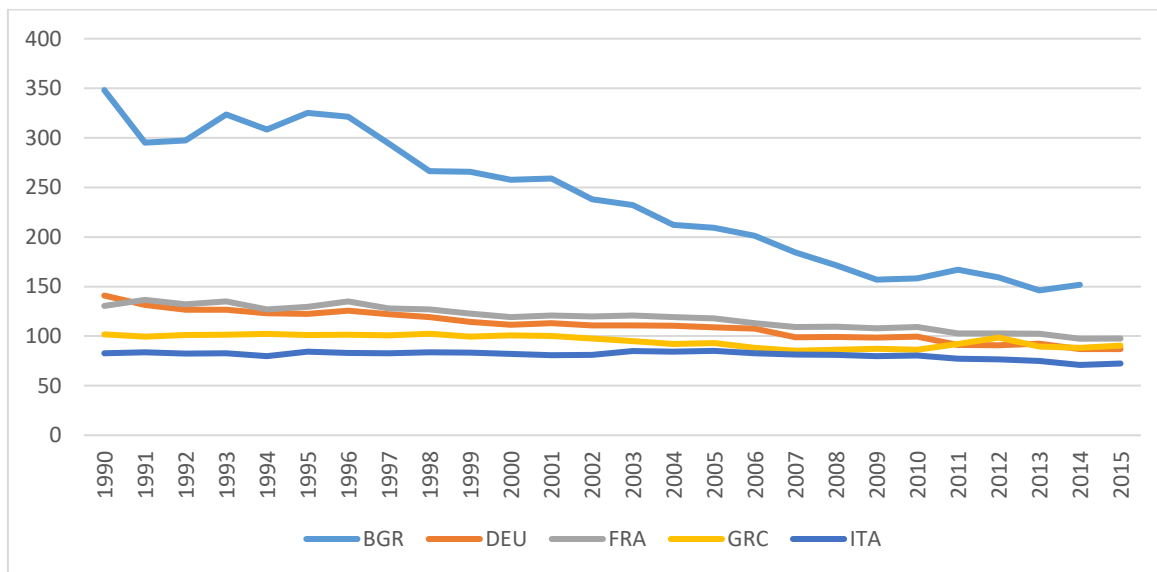
Κατά τη Μεγάλη Ύφεση του 2008, και οι πέντε χώρες επηρεάστηκαν από τη μεγαλύτερη πτώση (στο κατά κεφαλήν ΑΕΠ) και ο ρυθμός ανάπτυξής τους ήταν αρνητικός, φθάνοντας (-) 2,9% το 2009 στη Βουλγαρία, (-) 5,7% στην Ιταλία, (-) 5,4% στη Γερμανία, (-) 4,5% στην Ελλάδα και (-) 3,3% στην Ιταλία. Το επόμενο έτος, ωστόσο, όλες οι χώρες ανακάμπτουν από την οικονομική κρίση με εξαίρεση την Ελλάδα. Μετά την κατάρρευση των Lehman Brothers και τα μέτρα λιτότητας που επέβαλαν οι πιστωτές της, δηλαδή η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ΕΚΤ), το ΔΝΤ και οι Αρχές της ΕΕ, το ΑΕΠ έπεσε στο χαμηλότερο σημείο το 2011(-) 8,9% μείωση, ενώ η Ιταλία βιώνει επίσης (-) 3,2% πτώση του ΑΕΠ το 2012 [77].

ΑΕΠ vs κατανάλωση ενέργειας

Η υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας παρατηρείται στη Γερμανία και η χαμηλότερη στη Βουλγαρία. Η κατανάλωση ενέργειας σε όλες τις χώρες δεν ακολουθεί τις διακυμάνσεις του κατά κεφαλήν ΑΕΠ. Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από το 2008 ήταν σημαντική στις χώρες με υψηλό εισόδημα, αλλά σταδιακά επέστρεψε στα προηγούμενα επίπεδα. Η Γερμανία, η οποία είναι μια από τις μεγαλύτερες ευρωπαϊκές οικονομίες στη χρήση ενέργειας, ξεκίνησε με 141 κιλά ισοδυνάμου πετρελαίου ανά \$1000 ΑΕΠ με συνεχή πτωτική

τάση και το 2015 έφτασε τα 87 κιλιά ισοδύναμου πετρελαίου, αντικατοπτρίζοντας την ισχυρή παρουσία της βιομηχανίας στην οικονομία της [78].

Παρόμοιες τάσεις ισχύουν στη Γαλλία, όπου η χρήση ενέργειας ήταν αρχικά 130,5 κιλιά ισοδύναμου πετρελαίου ανά \$1000 ΑΕΠ, φθάνοντας τα 97,5 κιλιά ισοδύναμου πετρελαίου το 2015. Στη Γαλλία, σχεδόν το 80% της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από πυρηνική ενέργεια με πολύ χαμηλό κόστος, ειδικά στην ενέργεια-εντατικές δραστηριότητες μετάλλων, διύλισης και ναυπηγικής [78].



Σχήμα 2-18 Χρήση ενέργειας (kg ισοδύναμου πετρελαίου) ανά 1.000 \$ ΑΕΠ Ελλάδα, Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία Βουλγαρία από το 1990 έως το 2015 (στοιχεία εθνικών λογαριασμών της Παγκόσμιας Τράπεζας)

Στην Ιταλία, η χρήση ενέργειας ξεκίνησε από 82,8 κιλιά ισοδύναμου πετρελαίου ανά \$1000 ΑΕΠ φθάνοντας το 2015 στα 72,267, λαμβάνοντας υπόψη ότι το ΑΕΠ της χώρας προέρχεται κυρίως από υπηρεσίες. Η μεγαλύτερη πτώση ήταν στη βιομηχανία, όπου η κατανάλωση ενέργειας μειώθηκε κατά περίπου 15% μεταξύ 2005 και 2013. Οι κύριοι λόγοι αυτής της μείωσης είναι η μεγάλη οικονομική κρίση του 2008. Οι κύριοι λόγοι αυτής της μείωσης είναι η μεγάλη οικονομική κρίση του 2008 καθώς και μέτρα για την καλύτερη αποδοτικότητα της ενέργειας. Στην Ελλάδα, ωστόσο, η ενέργεια χρήσης είχε μια πορεία που είναι σχεδόν σταθερή εκτός από την περίοδο από το 2010 έως το 2012. Είχε αύξηση της χρήσης ενέργειας από τα 86,4 κιλιά ισοδύναμου πετρελαίου στα 99 κιλιά ισοδύναμου πετρελαίου ανά \$1000 ΑΕΠ, που μπορεί να αποδίδεται στο γεγονός ότι το ΑΕΠ μειώθηκε εκείνη την εποχή λόγω της οικονομικής κρίσης και των μέτρων λιτότητας που έπληξαν ιδιαίτερα την κατανάλωση [56].

Η Βουλγαρία (που δεν ανήκει στην Ευρωζώνη - EZ) παρουσιάζει μειωμένα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας, ωστόσο, εξακολουθεί να είναι πολύ υψηλά, σε σύγκριση με τις

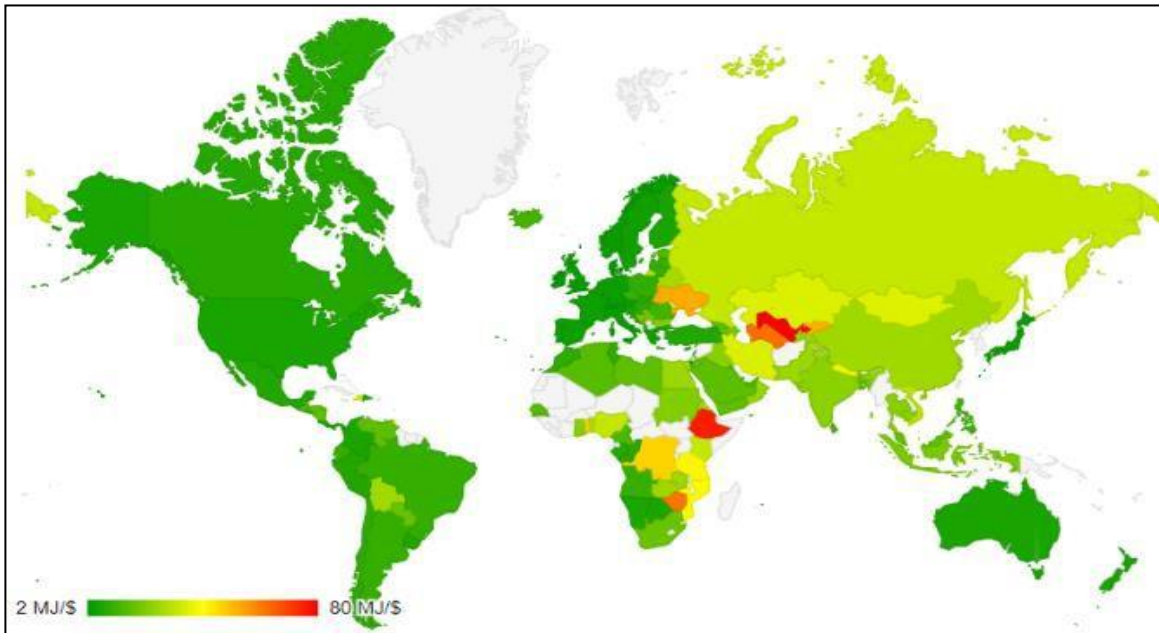
άλλες τέσσερις χώρες. Στο Σχήμα 2-18, παρατηρείται ότι η τιμή εκκίνησης το 1990 είναι 348 κιλά ισοδύναμου πετρελαίου ανά \$1000 ΑΕΠ, υψηλή τιμή αν συγκρίνουμε με τις χώρες της ΕΖ που μελετάμε στις οποίες η αντίστοιχη τιμή δεν ξεπέρασε τα 140 κιλά ισοδύναμου πετρελαίου ανά \$1000 ΑΕΠ. Στη συνέχεια, το ΑΕΠ αυξάνεται, η χώρα μεταμορφώνεται σε οικονομία της αγοράς, αντλώντας άμεσες ξένες επενδύσεις και δημιουργώντας παράγοντες βελτίωσης στο βιοτικό επίπεδο του λαού της. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο πληθυσμός της Βουλγαρίας μειώθηκε κατά 17% με αποτέλεσμα την αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ και τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας [78].

2.5.4 Ενεργειακή Ένταση (Energy Intensity)

Αναφέραμε ότι το πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ και η κατανάλωση ενέργειας είναι συχνά, αλλά όχι πάντα συσχετισμένες μεταβλητές. Κατά τη διάρκεια της Μεγάλης Ύφεσης, η Ελλάδα αντιμετώπισε μία ξαφνική και δραματική μείωση του ΑΕΠ και μια παρατεταμένη κρίση χρέους που τροφοδοτήθηκε από διαρθρωτικά ζητήματα και σοβαρά μέτρα λιτότητας.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθούμε και σε έναν οικονομικό δείκτη, ο οποίος εκφράζει την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας μίας οικονομίας σε σχέση με το παραγόμενο ΑΕΠ της και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον χαρακτηρισμό της οικονομίας. Ο όρος αυτός είναι η ενεργειακή ένταση (Energy Intensity - EI), ο οποίος εκφράζεται ως **Μονάδες Ενέργειας προς Μονάδες ΑΕΠ**, π.χ. KGOE/thousand €, περιγράφοντας ουσιαστικά το ποσό της ενέργειας που χρησιμοποιείται προς όφελος της οικονομίας. Επομένως η ενεργειακή ένταση είναι άμεσα συνδεδεμένη με το κατά κεφαλήν ΑΕΠ. Το κατά κεφαλήν ακαθάριστο εγχώριο προϊόν αποτελεί, ουσιαστικά, τον παρονομαστή του δείκτη της οικονομικής απόδοσης και είναι αντιπροσωπευτικό δείγμα του βιοτικού επιπέδου μιας χώρας.

Στον παγκόσμιο χάρτη βλέπουμε ποιες χώρες μπορούμε να τις χαρακτηρίσουμε ως ενεργειακά αποδοτικές. Στο Σχήμα 2-19 παρουσιάζεται για κάθε χώρα του κόσμου, η ενεργειακή τους ένταση με κλίμακα από 2 MJ/\$έως 80 MJ/\$. Οι χώρες με έντονο πράσινο χρώμα χαρακτηρίζονται ως ενεργειακά αποδοτικές, σε αντιθέσει με τις χώρες που έχουν κόκκινο χρώμα που έχουν υψηλό κόστος μετατροπής της ενέργειας σε μονάδες ΑΕΠ.

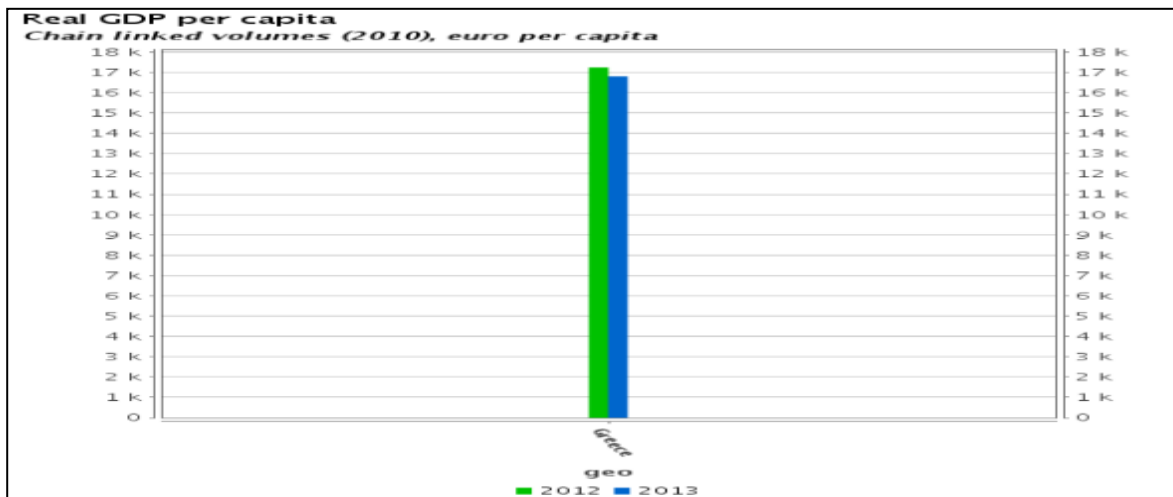


Σχήμα 2-19 Χάρτης των ενεργειακών αποδόσεων για κάθε χώρα σε παγκόσμιο επίπεδο

Η ενεργειακή ένταση μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες, όπως η βιομηχανική ανάπτυξη, το βιοτικό επίπεδο και η οικονομική κατάσταση. Όταν μιλάμε για ενεργειακή ένταση λαμβάνουμε υπ' όψιν όλες τις πρωτογενείς μορφές ενέργειας, περιλαμβανομένης και των εισαγωγών, που χρησιμοποιεί η χώρα για την κάλυψη των αναγκών.

Η σχέση που δείχνει οικονομική ευημερία και ανάπτυξη για μία χώρα, είναι το υψηλό ΑΕΠ κατά κεφαλήν και η χαμηλή ενεργειακή ένταση. Στο Σχήμα 2-20 παρουσιάζεται σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat η μεταβολή του κατά κεφαλήν ΑΕΠ για την Ελλάδα την κρίσιμη χρονική περίοδο 2012- 2013. Την περίοδο αυτήν, η ενεργειακή ένταση της Ελλάδας, από 153,93 kg of oil equivalent per 1000€ το 2012, μειώθηκε σε 141,09 kg of oil equivalent per 1000€ το 2013, δηλαδή μία μείωση ίση με 8,34%. Ταυτόχρονα, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ελλάδας από 17240€ που ήταν το 2012, μειώθηκε και αυτό με τη σειρά του σε 16800 € το 2013, δηλαδή ακολούθησε μία πτωτική πορεία κατά 2,55%.

Στο χρονικό αυτό διάστημα παρατηρείται μία ταυτόχρονη μείωση και των δύο παραπάνω συντελεστών, που σημαίνει πως μειώθηκε η ποσότητα όλων των πρωτογενών καυσίμων, δηλαδή της ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε στη χώρα για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών.



Σχήμα 2-20 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ Ελλάδας για την περίοδο 2012-2013 Πηγή Eurostat

Με άλλα λόγια, κατά το χρονικό αυτό διάστημα σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του ΙΝΕ, οι εξαγωγές μειώθηκαν, η εγχώρια ζήτηση αγαθών μειώθηκε και αυτή σημαντικά, και η παραγωγικότητα ακολούθησε μία πτωτική πορεία. Οι βιομηχανικές περιοχές της χώρας έχασαν ισχυρές μονάδες, μερικές από τις οποίες εγκαταστάθηκαν σε χώρες του εξωτερικού, ενώ άλλες μπήκαν σε κατάσταση υπολειτουργίας. Όλα τα παραπάνω είχαν σαν αποτέλεσμα την δυσμενή κατάσταση της χώρα, εκείνης της περιόδου, με αποτέλεσμα το «πάγωμα» των επενδύσεων οδηγώντας την παραγωγική δυνατότητα της Ελλάδος σε κατάσταση υποδιέγερσης [92].

Η Ενεργειακή ένταση είναι ένα μέγεθος που δείχνει σε μια χώρα, το πώς θα εξελιχθεί η οικονομία της και γι' αυτό γίνεται προσπάθεια μείωσης της τιμής της, μέσω αποτελεσματικότερων ενεργειακών υποδομών και βιομηχανιών, καθώς και νέων τρόπων εξόρυξης των πρωτογενών μορφών ενέργειας [81].

2.5.5 Μελέτη της Ενεργειακής Έντασης των πέντε Ευρωπαϊκών Χωρών

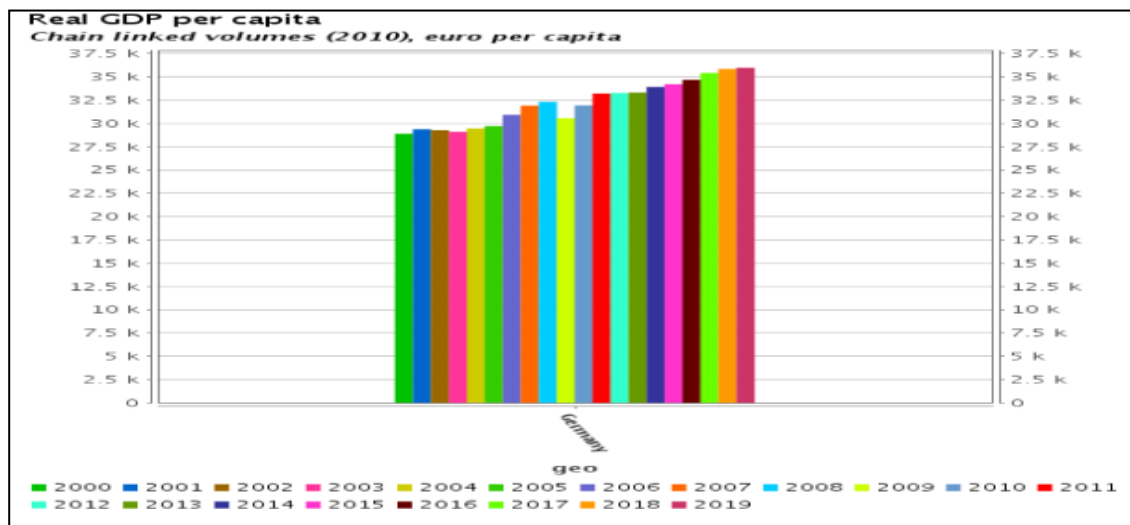
Όπως αναφέραμε η ενεργειακή ένταση επηρέασε την οικονομική κατάσταση όχι μόνο της Ελλάδος αλλά και άλλων κρατών και για το λόγω αυτό μελετήσαμε την ενεργειακή ένταση (Kilograms of oil equivalent /χιλιάδες €) της Ελλάδος σε σχέση με τις τέσσερες χώρες της Ευρωπαϊκή Ένωσης (Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία και Βουλγαρία), με διαφορές στην κοινωνικοπολιτική τους εξέλιξης και σε διαφορετικό γεωγραφικό επίπεδο κατά την περίοδο 1990 έως το 2017.

Πίνακας 2-4 Ενεργειακή ένταση των πέντε χωρών για την περίοδο 1990-2013
(KGOE per thousand euro)

ΧΩΡΑ / ΕΤΟΣ	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	-	-	-	-	-	882.85	798.72	864.79
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	-	171.89	165.43	165.74	161.09	160.03	163.99	159.83
ΕΛΛΑΔΑ	-	-	-	-	-	170.15	166.82	164.95
ΓΑΛΛΙΑ	160.06	167.24	162.01	165.62	155.73	158.85	165.49	157.05
ΙΤΑΛΙΑ	-	-	-	-	-	116.11	114.34	114.02
ΧΩΡΑ / ΕΤΟΣ	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	794.02	786.61	766.21	778.63	715.08	695.01	635.44	627.74
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	155.77	149.51	146.11	147.80	144.60	145.57	144.79	143.17
ΕΛΛΑΔΑ	168.15	162.26	165.06	162.38	157.33	152.01	147.08	146.87
ΓΑΛΛΙΑ	156.22	151.12	146.92	148.56	147.21	149.56	147.92	146.06
ΙΤΑΛΙΑ	115.51	115.06	113.26	111.58	112.18	117.53	116.54	117.60
ΧΩΡΑ / ΕΤΟΣ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	604.86	552.86	515.27	470.19	470.02	493.03	472.90	437.16
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	142.00	130.77	130.48	129.57	130.74	119.78	119.79	121.75
ΕΛΛΑΔΑ	140.44	136.50	137.42	137.04	136.57	146.67	153.93	141.09
ΓΑΛΛΙΑ	140.56	136.01	136.23	134.84	136.32	130.93	130.58	130.32
ΙΤΑΛΙΑ	114.45	112.62	112.34	110.86	112.07	107.63	106.43	104.19
ΧΩΡΑ / ΕΤΟΣ	2014	2015	2016	2017				
ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ	449.41	453.86	427.51	426.18				
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	114.80	113.60	112.15	110.65				
ΕΛΛΑΔΑ	138.20	138.82	136.38	140.84				
ΓΑΛΛΙΑ	124.04	124.65	121.14	118.69				
ΙΤΑΛΙΑ	98.36	101.23	99.38	101.06				

Η Γερμανία αποτελεί την δεύτερη μεγαλύτερη σε πληθυσμό χώρα της Ευρώπης και μία από τις σημαντικότερες χώρες στον τομέα της βιομηχανίας και της ανάπτυξης γενικότερα. Βρέθηκε στην 4η θέση της παγκόσμιας κατάταξης χωρών το 2019, με κατά κεφαλήν ΑΕΠ \$47662 και πληθυσμό 83 εκατομμύρια περίπου. Η συγκεκριμένη χώρα, αποτελεί ένα τεράστιο οικονομικό μέγεθος με πολύ υψηλή τεχνολογική ανάπτυξη. Σύμφωνα με τον Πίνακα 2-4 η ενεργειακή ένταση της Γερμανίας παρουσιάζει μία γενικά σταθερά πτωτική πορεία για όλα τα έτη και το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της μία σταθερά ανοδική πορεία, με εξαίρεση το 2009 (Σχήμα 2-21). Αυτές οι αντίθετες κατευθύνσεις μεταβολών των παραπάνω ποσοτήτων, δείχνουν μία χώρα που συνεχώς επενδύει βιομηχανικά και τεχνολογικά, μετατρέπει όλο και με μικρότερο κόστος την πρωτογενή ενέργειά της σε ΑΕΠ και έτσι εξασφαλίζει ένα πολύ υψηλό βιοτικό επίπεδο ζωής για τους πολίτες της. Αποτελεί, δηλαδή, μία χώρα ενεργειακά

αποδοτική και μία οικονομία ναυαρχίδα του παγκόσμιου οικονομικού ιστού.

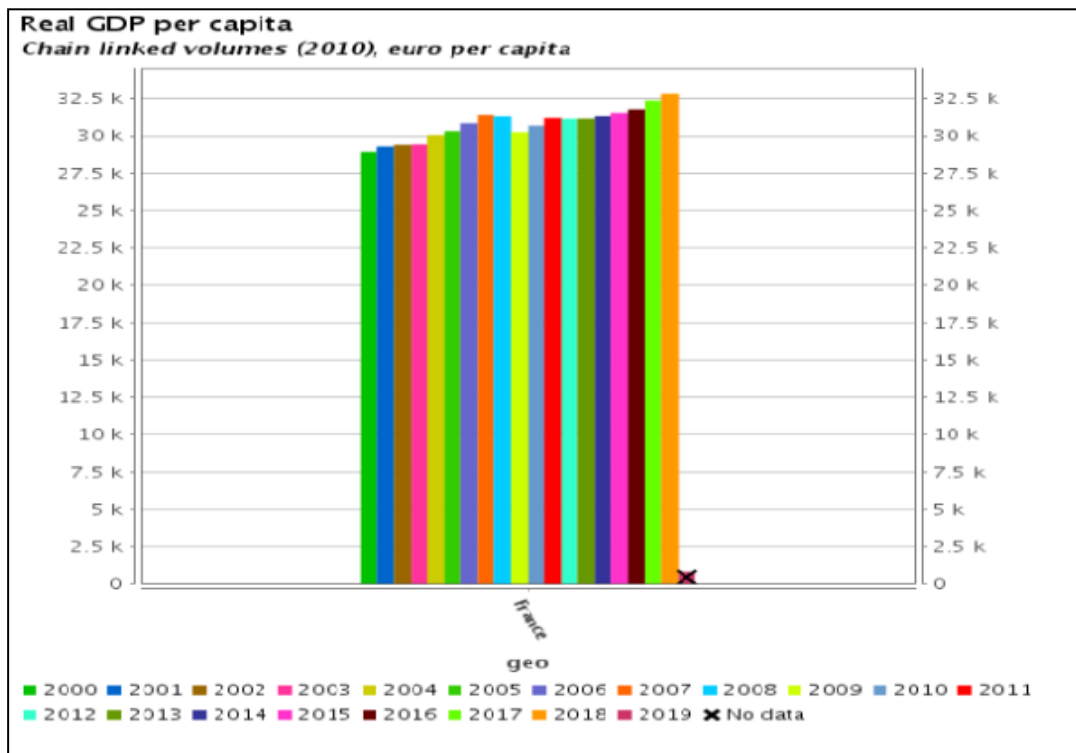


Σχήμα 2-21 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Γερμανίας για την περίοδο 2000-2019. Πηγή Eurostat

Στη συνέχεια η Γαλλία αποτελεί μία χώρα με 67 εκατομμύρια πληθυσμό και χαρακτηρίστηκε ως η έβδομη μεγαλύτερη οικονομία του κόσμου το 2019 με κατά κεφαλήν ΑΕΠ \$41761. Ενδιαφέρον παρουσιάζει πως, με βάση επίσημα στοιχεία του 2017, το 1,7% του ΑΕΠ της προήλθε από τη γεωργία, το 19,5% από την βιομηχανία και το 78% από την παροχή υπηρεσιών [54].

Στην περίπτωση της Γαλλίας, η πορεία της ενεργειακής έντασης και του κατά κεφαλήν ΑΕΠ είναι παρόμοια με την αντίστοιχη της Γερμανίας, αλλά παρουσιάζει κάποιες αντίθετες μεταβολές κατεύθυνσης σε μεμονωμένα έτη. Αυτό σημαίνει ότι πρόκειται για μία ενεργειακά αποδοτική χώρα, με πολύ υψηλό και γενικώς αυξανόμενο ΑΕΠ, με κάποιες ανοχές όμως ως προς την συνέπεια και την ομοιομορφία των μεταβολών της, όπως για παράδειγμα την περίοδο 1995 – 1997, όπου παρατηρείται σε 3 χρόνια αρχικά αύξηση και έπειτα μείωση της ενεργειακής έντασης. Σε γενικότερη εικόνα, πρόκειται για ένα κράτος με οικονομική ευρωστία και ευημερία, κυρίως από το 2011 και μετά (Σχήμα 2-22).

Η Ιταλία διαθέτει μια στιβαρή οικονομία, η οποία κατατάσσεται 3η στην Ευρωπαϊκή Ένωση και 8η στον κόσμο, με πληθυσμό περίπου 60 εκατομμύρια κατοίκους και κατά κεφαλήν ΑΕΠ \$40470 για το 2019. Με βάση στοιχεία του 2017, 2,1% του ΑΕΠ προήλθε από τη γεωργία, 23,9% από τη βιομηχανία και 73,9% από την παροχή υπηρεσιών [54].

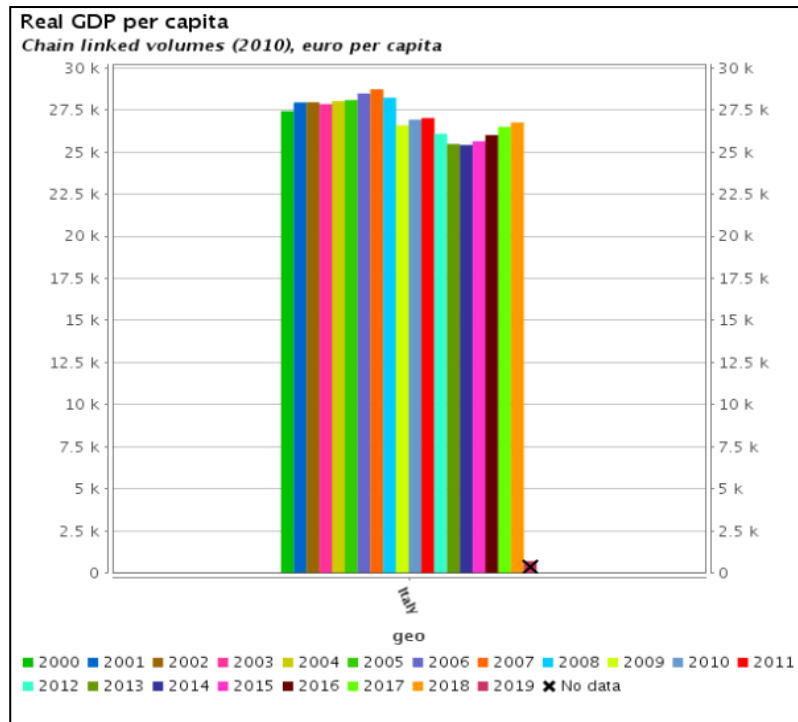


Σχήμα 2-22 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Γαλλίας για την περίοδο 2000-2018

Η ενεργειακή ένταση της Ιταλίας παρουσιάζει, γενικά, πτωτική πορεία, με κάποιες αυξήσεις στο μέσο της δεκαετίας του 2000 και του 2010. Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της (Σχήμα 2-23) παρουσιάζει αύξηση κατά το διάστημα 2000 – 2007, ακολουθεί πτωτική πορεία μέχρι το 2014, ενώ στη συνέχεια αυξάνεται σταδιακά.

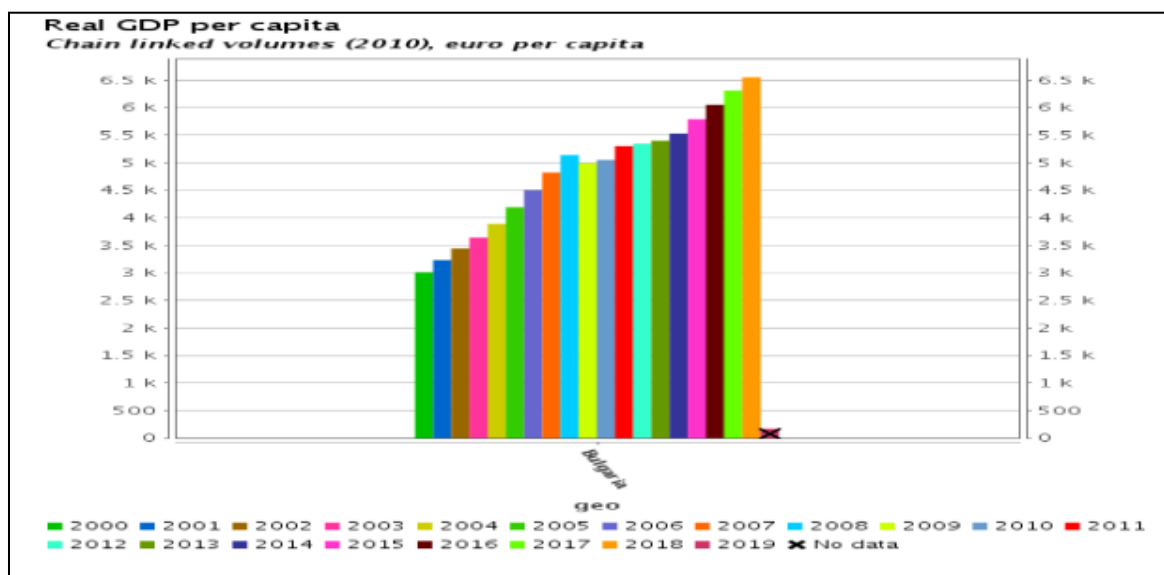
Τα τελευταία χρόνια, η οικονομία της Ιταλίας αντιμετωπίζει προβλήματα, με σοβαρή αύξηση του δημόσιου χρέους και ύφεση κατά τα τέλη της δεκαετίας του 2000, ενώ η αύξηση του ΑΕΠ της και η ανάπτυξη γίνονται με αργό ρυθμό. Παρατηρείται, επίσης, χάσμα στο βιοτικό επίπεδο των κατοίκων μεταξύ Βορρά και Νότου, ενώ σημαντικό είναι και το ποσοστό της ανεργίας.

Η τελευταία Ευρωπαϊκή χώρα η Βουλγαρία είναι μια χώρα των 7 εκατομμυρίων κατοίκων με κατά κεφαλήν ΑΕΠ \$9314 το 2018. Με βάση στοιχεία του 2017, 5,1% του ΑΕΠ προήλθε από τη γεωργία, 27,5% από τη βιομηχανία και 67,4% από την παροχή υπηρεσιών [64]. Η ενεργειακή της ένταση παρουσιάζει πτωτική πορεία κατά το διάστημα αυτό, αλλά παραμένει ακόμα υψηλή, συγκριτικά με τις υπόλοιπες χώρες που αναλύθηκαν προηγουμένως.



Σχήμα 2-23 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ιταλίας για την περίοδο 2000-2018

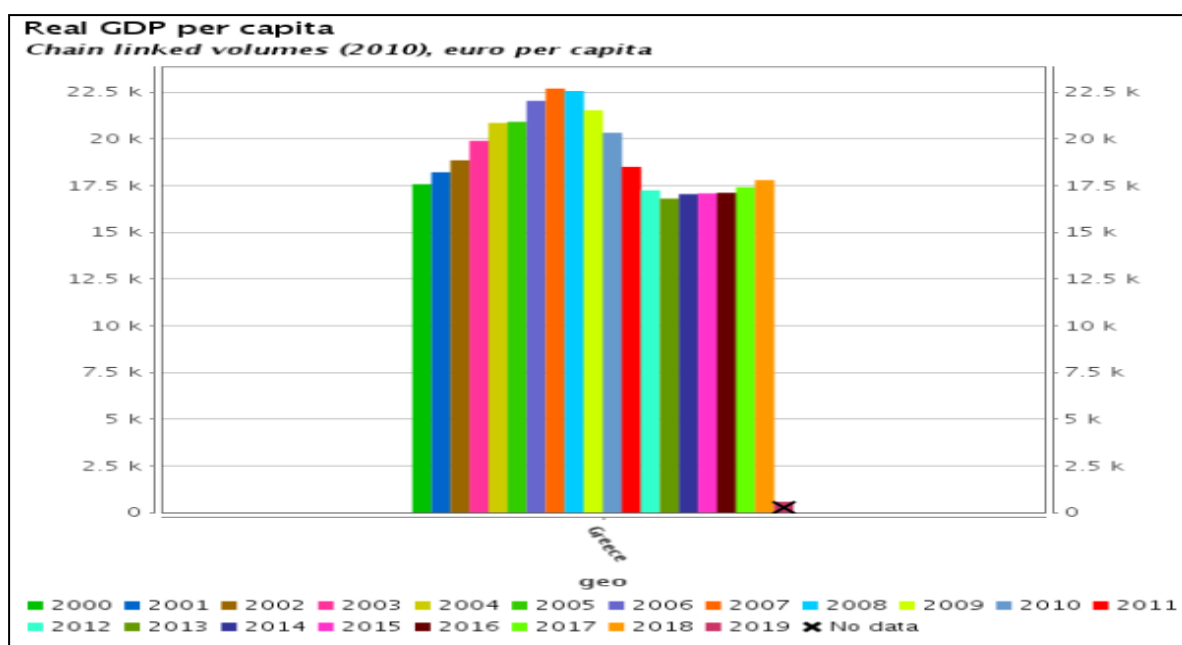
Όπως είναι αναμενόμενο λόγω της πτωτικής πορείας των τιμών της ενεργειακής έντασης, το Κατά Κεφαλήν ΑΕΠ της Βουλγαρίας (Σχήμα 2-24) παρουσιάζει αυξητική τάση για το διάστημα 2000 – 2017, γεγονός που απορρέει στην μετάβαση της χώρας στην οικονομία της ελεύθερης αγοράς και στην προσέλκυση επενδύσεων, ενώ έχει αντίκτυπο και στη σταδιακή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων της. Ένα ακόμη γεγονός που βοηθάει την μεγάλη μείωση της ενεργειακής έντασης και την αύξηση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Βουλγαρίας, χωρίς να είναι οικονομικός παράγοντας, είναι και η μείωση του πληθυσμού της κατά 17% στα χρόνια τα οποία μελετώνται.



Σχήμα 2-24 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Βουλγαρίας για την περίοδο 2000-2018

Τελειώνοντας η Ελλάδα αποτελεί μία από τις ιστορικότερες χώρες του κόσμου, με πολιτισμό που έχει ασκήσει επιρροές σε κράτη διαφορετικών Ηπείρων από την αρχαιότητα. Ως σύνολο, αποτελεί μία χώρα με πληθυσμό περίπου στα 11 εκατομμύρια κατοίκους και κατά κεφαλή ΑΕΠ το 2019 ίσο με \$20930 (Σχήμα 2-25), γεγονός που την κατατάσσει στην 38η θέση παγκοσμίως. Η οικονομική κρίση που βίωσε και ακόμη βιώνει η Ελλάδα, έχει συμβάλλει ώστε να αποδυναμωθεί οικονομικά και κοινωνικά σε όλα τα επίπεδα [85].

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός, πως από 2009 και μετά που η Ελλάδα μπήκε στην οικονομική κρίση – με αποκορύφωση την ανακοίνωση του τότε Πρωθυπουργού Γιώργου Παπανδρέου στις 10 Απριλίου 2010 για την ένταξη της χώρας στον μηχανισμό στήριξης, δηλαδή το μνημόνιο – παρατηρείται μία συνεχής μείωση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ μέχρι την περίοδο 2013 – 2014, όπου έγινε μία προσπάθεια να βγει η χώρα ξανά στις αγορές και να σταματήσει η μέχρι τότε λιτότητα. Σχετικά με την ενεργειακή ένταση την περίοδο 1995–2017, μπορεί κανείς να παρατηρήσει γενικά πως τα χαμηλά επίπεδα διακύμανσής της, τα οποία συγκρίνονται με αυτά της Γερμανίας, οφείλονται στο γεγονός ότι το κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ελλάδας είναι πολύ μικρό, σε σχέση με άλλες ανεπτυγμένες χώρες που μελετήθηκαν παραπάνω και τα πρωτογενή καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν όλα αυτά τα χρόνια ήταν μικρού βαθμού.

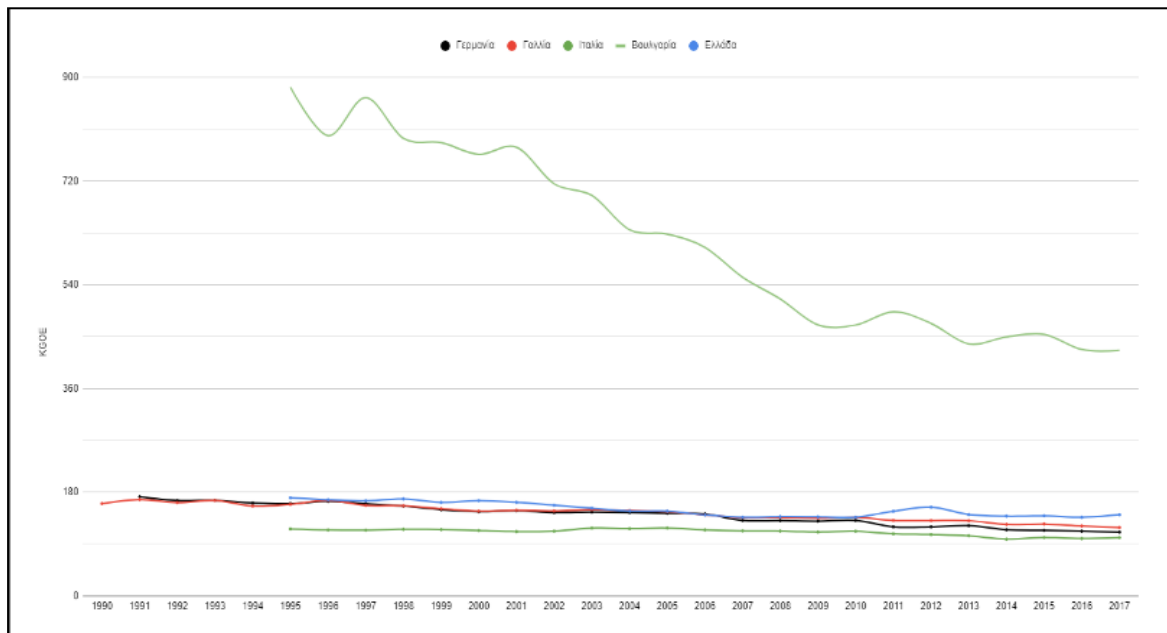


Σχήμα 2-25 Κατά κεφαλήν ΑΕΠ της Ελλάδας για την περίοδο 2000-2018

Η Ελλάδα πρόκειται, ουσιαστικά, για μία χώρα με περιορισμένη βιομηχανική δυνατότητα, περιορισμένη τεχνολογία παραγωγής, η οποία βασίζεται κυρίως στον πρωτογενή τομέα της γεωργίας.

2.5.6 Σύγκριση της Ενεργειακής Έντασης των πέντε Ευρωπαϊκών Χωρών

Εξετάζοντας τις ενεργειακές εντάσεις των πέντε χωρών Γερμανία, Ιταλία, Γαλλία, Βουλγαρία και Ελλάδα, αρχικά παρατηρείται η μεγάλη διαφορά της ενεργειακής έντασης της Βουλγαρίας, σε σχέση με των υπολοίπων χωρών. Η ενεργειακή ένταση της Βουλγαρίας, αν και μειώνεται με ταχείς ρυθμούς κατά τα περισσότερα χρόνια, έχει καταφέρει το 2017 να βρίσκεται στα 426.18 KGOE/thousand€, ενώ οι υπόλοιπες χώρες σε αυτά τα είκοσι επτά χρόνια βρίσκονται κάτω από τα 172 KGOE/thousand€. Αυτό οφείλεται, κυρίως, στην μικρής κλίμακας βιομηχανία σε σχέση με τον πληθυσμό της, ενώ αποτυπώνεται και σε άλλους δείκτες, όπως το κατά κεφαλήν ΑΕΠ, το οποίο είναι πολλαπλάσια μικρότερο σε σχέση με τα κατά κεφαλήν ΑΕΠ των υπολοίπων χωρών.

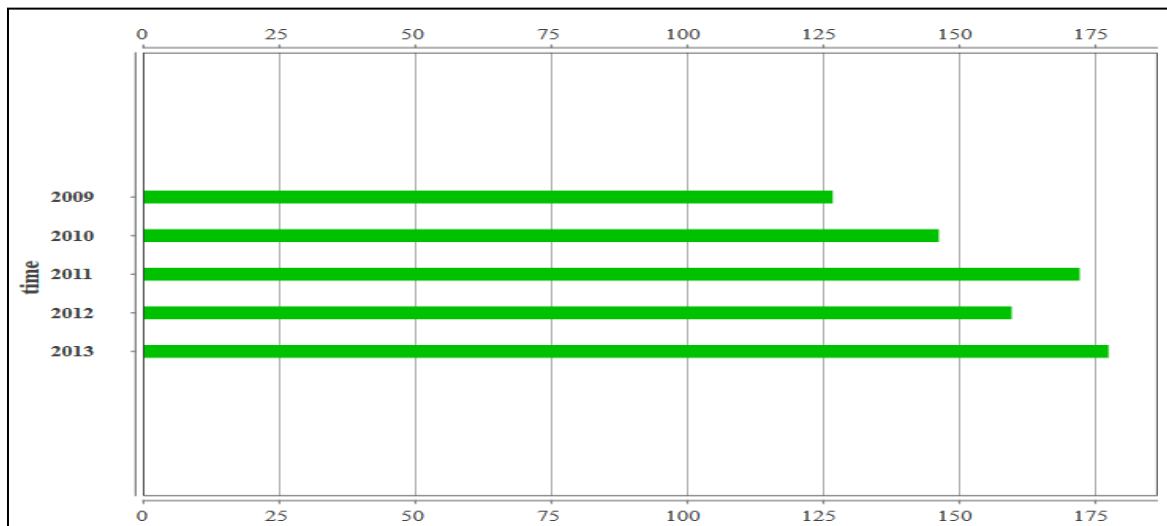


Σχήμα 2-26 Ενεργειακή απόδοση Γερμανίας, Γαλλίας, Ιταλίας, Βουλγαρίας και Ελλάδας για την περίοδο 1990-2017

Για τις υπόλοιπες χώρες, η ενεργειακή ένταση βρίσκεται σε παρόμοια επίπεδα, με μια μικρή διαφορά στην Ιταλία, όπου φαίνεται ότι κατά τα προηγούμενα χρόνια παρουσιάζεται ως ενεργειακά αποδοτικότερη. Το τελευταίο δεν μπορεί να θεωρηθεί απόλυτα ακριβές, καθώς εάν συγκριθεί με τη Γερμανία, πρέπει να επισημανθεί προηγουμένως ότι η Γερμανία έχει 35% περισσότερο πληθυσμό. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι, αν και στο Σχήμα 2-26 η ενεργειακή ένταση της Ελλάδας σε παρόμοια επίπεδα με της Γερμανίας, της Γαλλίας και της Ιταλίας, δεν δύναται, σε καμία περίπτωση, να συγκριθεί με τον βιομηχανικό τομέα των χωρών αυτών. Η Ελλάδα έχει κατά πολλές φορές λιγότερο πληθυσμό από τις τρεις αυτές χώρες και έτσι με πολύ μικρότερο ΑΕΠ και παρόμοια τεχνολογία μπορεί να κρατάει ευκολότερα την ενεργειακή έντασή της σχετικά χαμηλά.

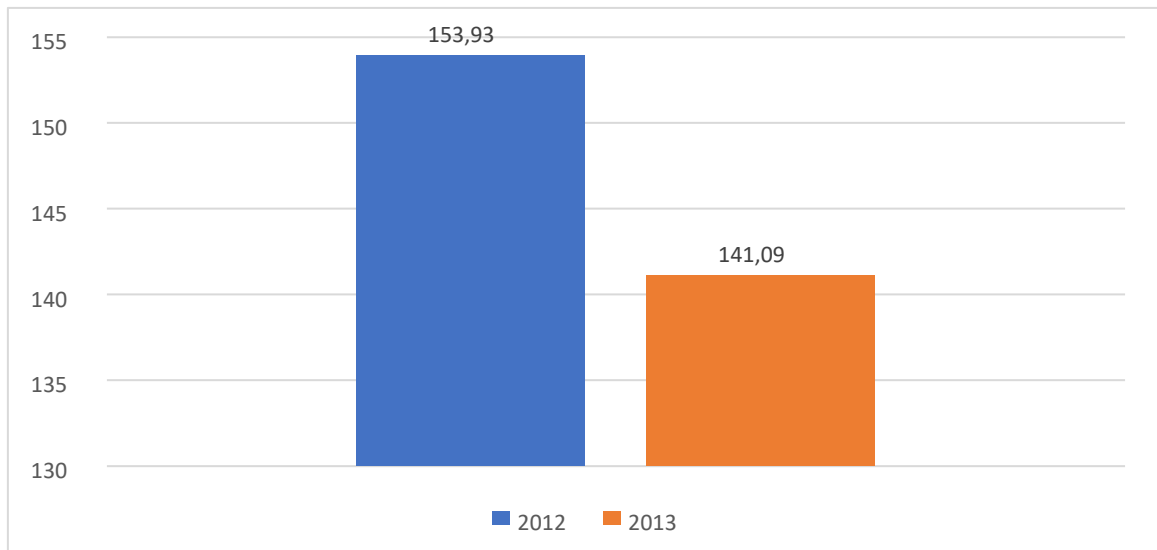
2.5.7 Σχέση Ενεργειακής Έντασης και Δημοσίου Χρέους

Το δημόσιο χρέος της Ελλάδας τη χρονική περίοδο 2010-13 (Σχήμα 2-27) παρουσίασε κάποιες χαρακτηριστικές μεταβολές που είχαν σαν αποτέλεσμα μια απότομη μείωση του energy intensity την περίοδο 2012-13. Το 2010 με την εμφάνιση της οικονομικής κρίσης στη χώρα το δημόσιο χρέος εκτινάχθηκε κατά 20 ποσοστιαίες μονάδες από το 126,70% στο 146,20%. Λόγω της βίαιης προσαρμογής στα νέα οικονομικά δεδομένα, καθώς και με την περαιτέρω μείωση του ΑΕΠ, το χρέος συνέχισε να αυξάνεται και το 2011 στο 172,10% ως ποσοστό του ΑΕΠ. Το 2012 η χώρα φάνηκε να προσαρμόζεται στις νέες συνθήκες και το δημόσιο χρέος ως ποσοστό του ΑΕΠ μειώθηκε σημαντικά στο 159,6%, λόγω και της αναδιάρθρωσης του χρέους του ιδιωτικού τομέα και του επίσημου τομέα (PSI και OSI). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εξυπηρέτηση του χρέους με πολύ μικρότερο κόστος το 2013. Παρόλο που σαν ποσοστό το χρέος ανέβηκε στο ιλιγγιώδες 177,4% το μέσο επιτόκιο μειώθηκε στο 2,1% [23].



Σχήμα 2-27 Ποσοστό δημοσίου χρέους ως προς το GDP

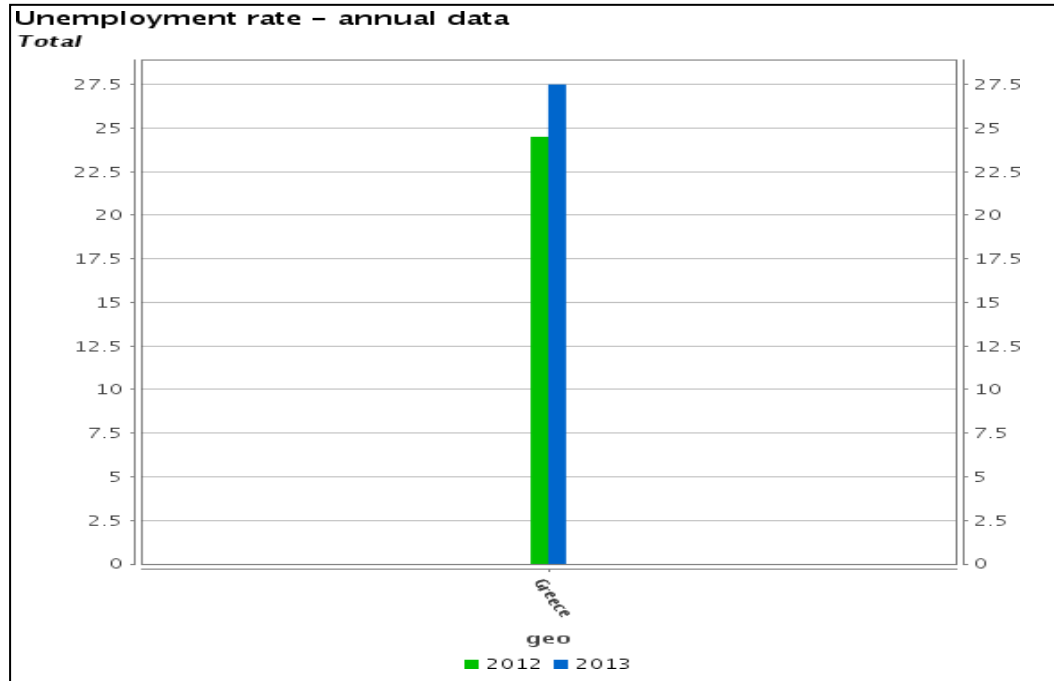
Αντίστοιχη πορεία είχε και το energy intensity, όπως φαίνεται και από το ραβδόγραμμα του Σχήματος 2-28. Αυτό συνέβη διότι το ποσοστό χρέους αυξήθηκε, η παραγωγική ικανότητα της χώρας παρέμεινε χαμηλή και το ΑΕΠ μειώθηκε περαιτέρω ενώ μειώθηκε και το μέσο επιτόκιο. Παρόλο που το δημόσιο χρέος δεν σχετίζεται άμεσα με την ενεργειακή απόδοση, και τα δυο εκφράζονται ως ποσοστό του ΑΕΠ [23].



Σχήμα 2-28 Ενεργειακή απόδοση της Ελλάδος 2012-2013

2.5.8 Σχέση Ενεργειακής Έντασης και Ανεργίας – Εργασίας

Η περίοδος 2012 – 2013 ήταν αρκετά δύσκολη για τον τομέα της εργασίας στην Ελλάδα. Η ελληνική οικονομία, το διάστημα αυτό, βρισκόταν καθηλωμένη σε ιστορικά χαμηλό ποσοστό παραγωγής και ανεργίας, γεγονός το οποίο εξάντλησε τις δυναμικές ιδιότητες του παραγωγικού συστήματος, την ικανότητά του, δηλαδή, να ανακάμψει αυθόρμητα. Οι ονομαστικές αποδοχές των μισθωτών μειώθηκαν δραστικά (16,3% το 2010 – 2013), ενώ είναι σημαντικό να επισημανθεί η αυξημένη άμεση και έμμεση φορολόγηση της μισθωτής εργασίας, καθώς και η μείωση της αγοραστικής δύναμης των αποδοχών του συνόλου των μισθωτών. Η μακρά περίοδος ύφεσης, από το 2008 και έπειτα, οδήγησε σε μείωση του όγκου της παραγωγής κατά 23,5% και μείωση της απασχόλησης κατά 18,2%, το διάστημα 2008 – 2013. Σημαντική είναι, επίσης, η αύξηση του ποσοστού της ανεργίας. Το διάστημα 2012 – 2013, η ανεργία στην Ελλάδα αυξήθηκε από 24,5% σε 27,5% (Σχήμα 2-29), γεγονός που απορρέει από την υποχώρηση της παραγωγικής διαδικασίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι, ενώ το 2008 – 2009 ο αριθμός των εργαζομένων ανερχόταν στα 4,8 εκατομμύρια, το 2013 είχε, πλέον, υποχωρήσει σε μόλις 3,9 εκατομμύρια. Σημαντική είναι, επίσης, η έξαρση της αδήλωτης και ανασφάλιστης εργασίας, το ποσοστό της οποίας το 2012 υπερέβαινε το 36%.



Σχήμα 2-29 Ποσοστό ανεργίας Ελλάδας για την περίοδο 2012-2013

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι η πορεία επιβράδυνσης που ακολουθεί η παραγωγικότητα της εργασίας στην Ελλάδα, ήδη από το 2004, επιβράδυνση που οφείλεται στην παραγωγή χαμηλής έντασης κεφαλαίου και όχι σε παραγωγικές επενδύσεις, οδήγησε, εκτός από την αύξηση της ανεργίας, σε μια μείωση της ενεργειακής έντασης της Ελλάδας. Η μειωμένη παραγωγή, πολλών τομέων της οικονομίας, είχε άμεσο αντίκτυπο στη ζήτηση πρωτογενών πηγών ενέργειας για τις παραγωγικές διαδικασίες, γεγονός που συμπaréσυρε την ενεργειακή ένταση σε πτωτική πορεία, από 153,93 KGOE/thousand € το 2012, σε 141,09 KGOE/thousand € το 2013 [26], [82].

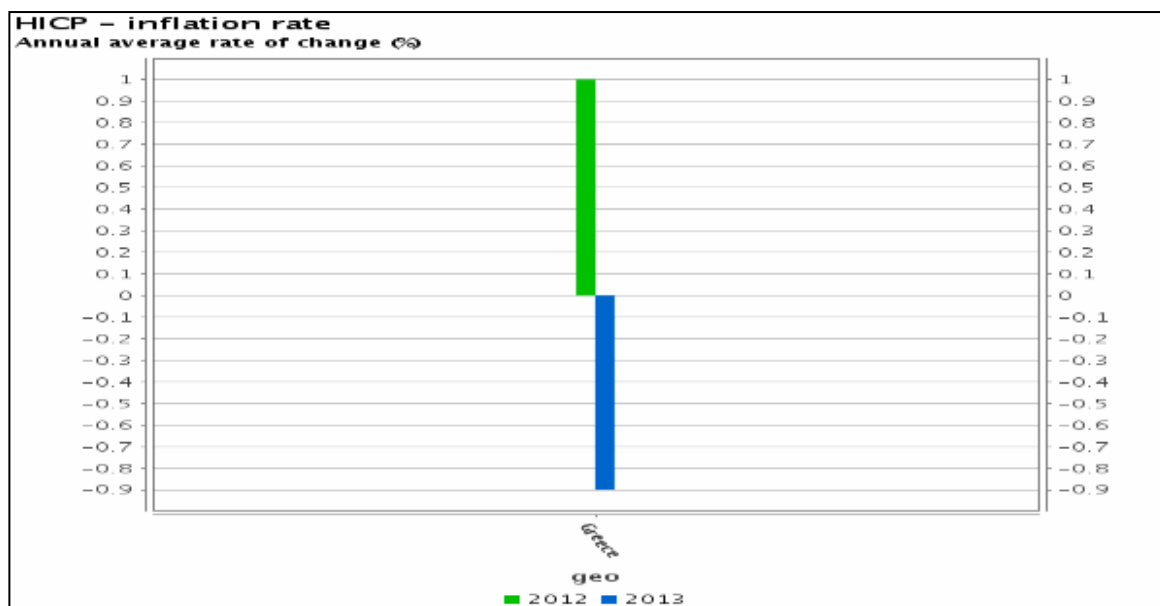
2.5.9 Σχέση Ενεργειακής Έντασης και Πληθωρισμού

Ένας άλλος δείκτης που συνδέεται με την ενεργειακή ένταση μιας χώρας είναι ο πληθωρισμός. Ο πληθωρισμός υπολογίζεται συνήθως από την ποσοστιαία (%) μεταβολή του δείκτη τιμών καταναλωτή (ΔΤΚ) στη διάρκεια του χρόνου, ο οποίος παρακολουθεί ένα δείγμα αγαθών και υπηρεσιών και όχι το σύνολο που είναι διαθέσιμα στην αγορά.

Κατά την περίοδο 2012-2013, η ενεργειακή ένταση της Ελλάδας μειώθηκε από 153,93 kg of oil equivalent per 1000 € το 2012 σε 141,09 kg of oil equivalent per 1000 € το 2013, δηλαδή μία μείωση ίση με 8,34 %. Παράλληλα όμως, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2-30, κατά την περίοδο 2012-2013 ο πληθωρισμός της Ελλάδας παρουσίασε μια αρνητική μεταβολή της

τάξης των 2 %, δηλαδή μειώθηκε από 1 μονάδα που ήταν το 2012 στις -0.9 μονάδες το 2013. Παρουσιάστηκε δηλαδή το φαινόμενο του αποπληθωρισμού (ή αρνητικού πληθωρισμού). Όταν παρουσιάζεται αυτό το φαινόμενο η αγοραστική δύναμη αυξάνεται [25].

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο πληθωρισμός στην Ελλάδα το 2013 κατέγραψε τη μεγαλύτερη πτώση από το 1959. Σημαντικό ρόλο σε αυτό έπαιξε το γεγονός ότι οι τιμές είχαν πτωτικές τάσεις σε εννέα από τις 12 κατηγορίες αγαθών και υπηρεσιών, όπως προκύπτει από τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ.



Σχήμα 2-30 Πληθωρισμός της Ελλάδας για την περίοδο 2012-2013

2.5.10 Συμπεράσματα

Η παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008 και η επακόλουθη κρίση χρέους στην Ελλάδα, οδήγησε σε απότομη πτώση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ στη χώρα. Στο πλαίσιο αυτό, η κατανάλωση ενέργειας μειώθηκε με ρυθμούς διαφορετικούς ρυθμούς από άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, με διαφορετικά κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά και βιοτικό επίπεδο. Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και στα πέντε κράτη συγκρίνεται με την κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας, στην Ελλάδα στην περίοδο της δημοσιονομικής προσαρμογής λόγω των μνημονίων. Τα δεδομένα της Ελλάδας δείχνουν μια απόκλιση από την ισορροπία. Τα δεδομένα για την κατανάλωση ενέργειας συμπληρώνουν συμμετρικά τις μετρήσεις μας για τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο.

Ο δείκτης της ενεργειακής έντασης (energy intensity) είναι πολύ βασικός παράγοντας και συνδέεται με το γενικότερο οικονομικό και βιοτικό επίπεδο ενός έθνους. Η Ενεργειακή Ένταση (EI) αν εξαιρέσουμε ακραίες περιπτώσεις χωρών με παράγοντες οι οποίοι αποκλίνουν από τον μέσο όρο, αποτυπώνει την γενικότερη εικόνα της οικονομίας ενός κράτους σε

συνδυασμό και με τους υπόλοιπους δείκτες της. Ένα κράτος ενεργειακά αποδοτικό, παρουσιάζει συνήθως υψηλό κατά κεφαλήν ΑΕΠ, γεγονός που δείχνει ότι το οικονομικό, κοινωνικό αλλά και τεχνολογικό του σύστημα έχει μία ισχυρή ευρωστία και ποιοτικούς δείκτες ανάπτυξης. Όλα τα παραπάνω οδηγούν σε μειωμένες ενεργειακές ανάγκες με αποτέλεσμα χαμηλή ΕΙ, και σε σοβαρές ενδείξεις ανθεκτικότητας της ελληνικής οικονομίας.

Κεφάλαιο 3 Ενέργεια – Ισοζύγιο Τρεχουσών Συναλλαγών

3.1 Συνολικό Κόστος Καυσίμων με το Ισοζύγιο Τρεχουσών Συναλλαγών για την Περίοδο 1990-2017

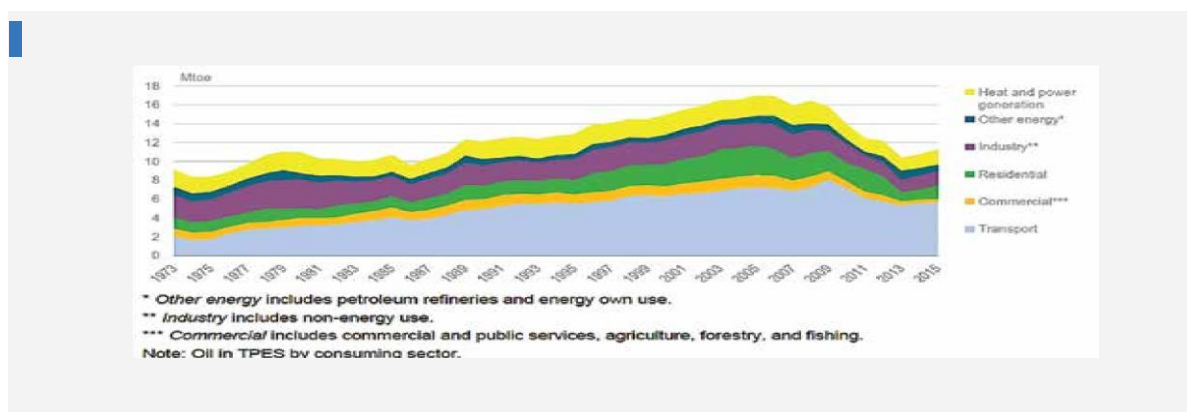
3.1.1 Η Ενεργειακή Αγορά Στην Ελλάδα

Όπως έχουμε αναφερθεί το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδος διαμορφώνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις του εθνικού οικονομικού συστήματος αλλά και των καταναλωτών που συνεχώς αλλάζουν και υιοθετούν νέες συνήθειες. Εξετάσαμε το ενεργειακό σύστημα το 1990 και το 2016 και συμπεράναμε ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και το φυσικό αέριο απουσίαζαν παντελώς, ενώ περίπου το 50% καλυπτόταν από τις εισαγωγές πετρελαίου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να υπάρχει μία αβεβαιότητα στον σχεδιασμό των ενεργειακών πολιτικών, αφού δεν υπήρχαν προβλέψιμες και ελεγχόμενες μεταβολές στις τιμές του πετρελαίου. Παρ' όλα αυτά η συμβολή της Ελλάδος στον οδικό χάρη για την ενδυνάμωση της εγχώριας ενεργειακής αγοράς και την ελάττωση της ενεργειακής της εξάρτησης, είναι πολύ μεγάλη. Γι' αυτό και τα τελευταία χρόνια η Ελλάδα διαμορφώνει το ενεργειακό της σύστημα οδηγώντας το στην ενεργειακή ασφάλεια [91].

3.1.2 Εισαγόμενα Καύσιμα

Πετρέλαιο

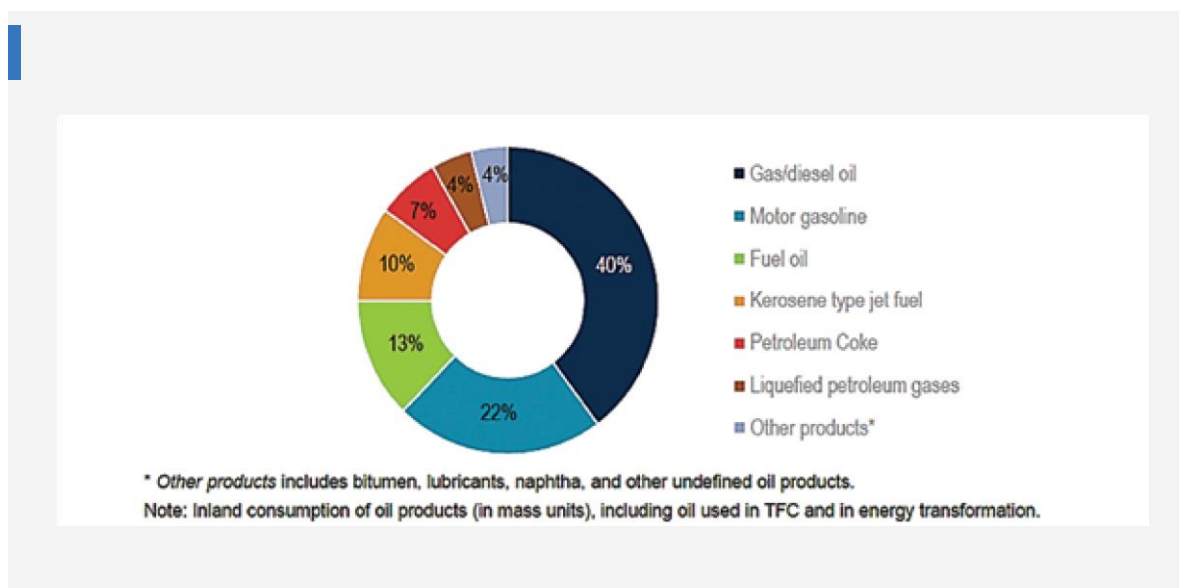
Το πετρέλαιο είναι το πιο σημαντικό καύσιμο για τη Ελλάδα, αφού καλύπτει σχεδόν το 50% της παροχής πρωτογενούς ενέργειας το 2016, παρ' όλο που είχε μειωθεί ο εφοδιασμός του κατά το ένα τρίτο από το 2005-2015 λόγω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης του 2008 (Σχήμα 3-1).



Σχήμα 3-1 Εισαγωγές αργού πετρελαίου της Ελλάδας ανά χώρα 2007-2016 Πηγή IEA (2017)

Ο κλάδος των μεταφορών και κυρίως οι οδικές μεταφορές είναι που καταναλώνουν ενέργεια με την χρησιμοποίηση πετρελαίου ή πετρελαϊκών προϊόντων. Επίσης στα Ελληνικά νησιά η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται μέσω της χρήσης πετρελαίου από αυτόνομες μονάδες και αυτό γιατί ακόμα δεν έχει ολοκληρωθεί η σύνδεσή τους με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της Ηπειρωτικής χώρας (Σχήμα 3-2). Βέβαια με την διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και του φυσικού αερίου αναμένεται να υπάρξει μείωση της χρήσης πετρελαίου στην ηλεκτροπαραγωγή [91].

Σύμφωνα με την έκθεση του IENE (2019) το Ιράκ είναι ο μεγαλύτερος προμηθευτής αργού πετρελαίου της Ελλάδος με 9,7Mt, δηλαδή το 41% των συνολικών εισαγωγών της Ελλάδος το 2016, και ακολουθεί το Καζακστάν με 3,4Mt. Το Ιράν έρχεται τρίτο με 3,1Mt [91].



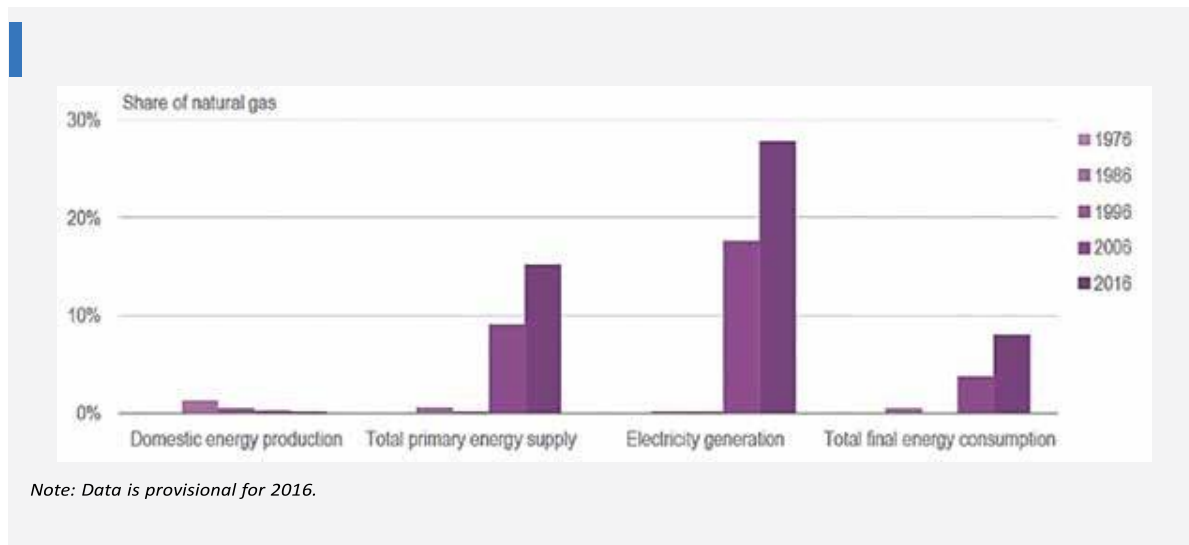
Σχήμα 3-2 Κατανάλωση Πετρελαίου ανά προϊόν, 2016 Πηγή IEA 2017

Φυσικό Αέριο

Το φυσικό αέριο είναι για την Ελλάδα μία νέα μορφή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που το πρώτο βήμα έγινε το 1987. Ο τότε πρωθυπουργός της χώρας Γεώργιος Παπανδρέου μαζί με τον υπουργό της ενέργειας Α. Πεπονή υπέγραψαν συμφωνία μεταξύ της Ελλάδος και της Σοβιετικής Ένωσης για προμήθεια φυσικού αερίου στη χώρα μας. Αυτή η συμφωνία πραγματοποιήθηκε γιατί θεωρήθηκε ότι η Ελλάδα θα έπρεπε να απεγκλωβιστεί από τις εισαγωγές πετρελαίου, να ενισχυθεί η ανταγωνιστικότητα της οικονομίας της και να προστατευτεί το περιβάλλον, με άλλα λόγια να εκσυγχρονιστεί το ενεργειακό σύστημα της

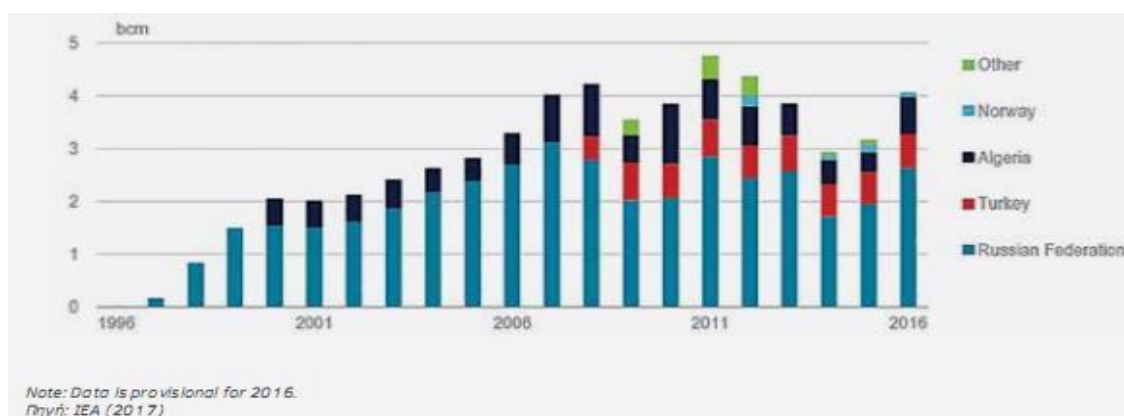
Ελλάδος.

Η Ελλάδα είναι πολύ νέα στην αγορά του φυσικού αερίου σε σχέση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες. Όμως ο στόχος της είναι να διεισδύσει όσο το δυνατόν περισσότερο στο ενεργειακό σύστημα της και να χρησιμοποιηθεί ως πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σχεδόν σε όλους τους βασικούς κλάδους κατανάλωσης. Αυτό φαίνεται στο Σχήμα 3-3 που το 2016 έχει αυξήσει στο 28% την χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή και στο 15% στην συνολική πρωτογενή παραγωγή ενέργειας [91].



Σχήμα 3-3 Μερίδιο Φυσικού Αερίου της Ελλάδας σε Διάφορους Κλάδους, 1976-2016 Πηγή IEA 2017

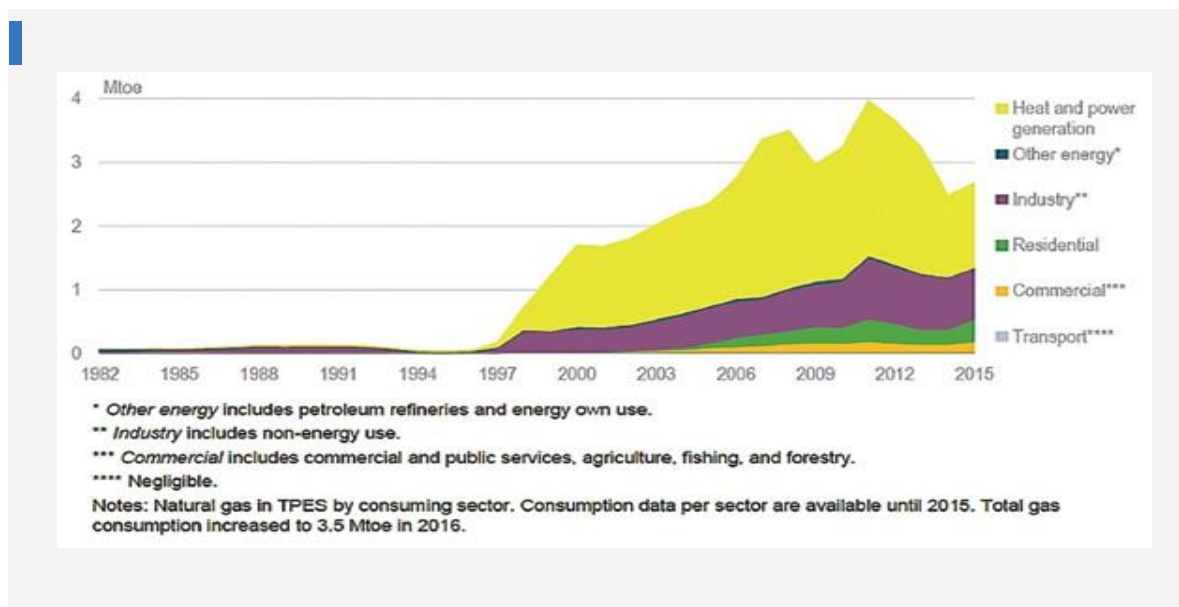
Η παραγωγή φυσικού αερίου στην Ελλάδα το 2016 ήταν 0,009 δισ. κυβικά μέτρα (bcm), το οποίο είναι ελάχιστο σε σχέση με την συνολική κατανάλωση των 4,1 bcm. Αυτό σημαίνει ότι η Ελλάδα θα πρέπει να εισάγει μεγάλη ποσότητα φυσικού αερίου (Σχήμα 3-4).



Σχήμα 3-4 Εισαγωγές φυσικού αερίου της Ελλάδας ανά χώρα 1995-2016

Ο μεγαλύτερος προμηθευτής είναι η Ρωσία που συνεισφέρει το 65% το 2016, ενώ η Αλγερία καλύπτει το 17% και τρίτη χώρα σε προμήθεια φυσικού αερίου είναι η Τουρκία με 16%

Η κατανάλωση φυσικού αερίου είχε ραγδαία αύξηση το 2011 στα 4,0 Mtoe, σε σχέση με σχεδόν μηδενικά επίπεδα το 1997. Κατόπιν υπάρχει μία μικρή κάμψη αλλά αρχίζει να ανακάμπτει το 2017 φτάνοντας στα 4,1 Mtoe (Σχήμα 3-5) [91].



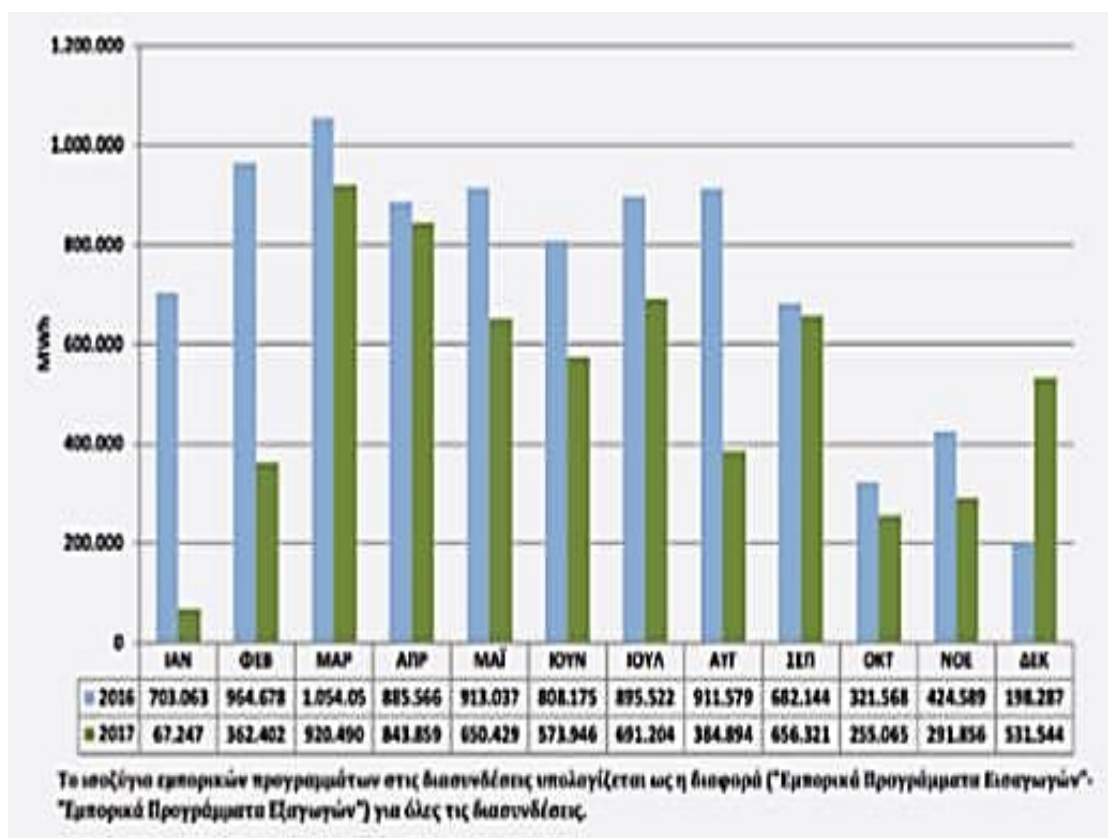
Σχήμα 3-5 Κατανάλωση Φυσικού Αερίου της Ελλάδας ανά Κλάδο, 1982-2015 Πηγή ΙΕΑ 2017

Ηλεκτρική Ενέργεια

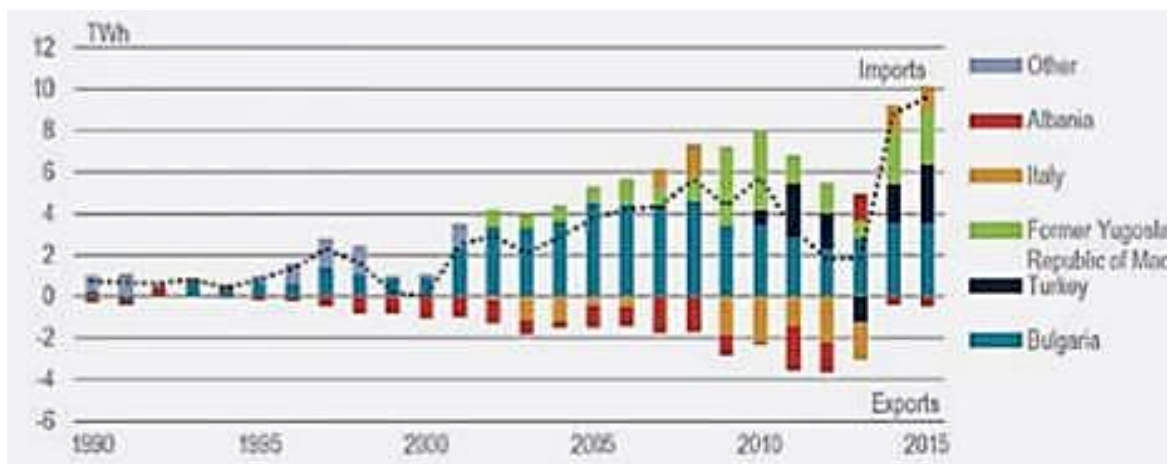
Το σημαντικότερο μερίδιο στην ηλεκτροπαραγωγή είναι οι λιγνιτικοί σταθμοί, όπως και τα διάφορα πετρελαϊκά προϊόντα που στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα κατέχουν, όπως ήδη έχουμε αναφέρει και αναλύσει, το υψηλότερο ποσοστό. Όμως τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια αύξησης του ποσοστού ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λόγω των δεσμεύσεων της χώρας μας για την διείσδυση των ΑΠΕ στο ελληνικό ενεργειακό σύστημα και την χρησιμοποίηση εγχώριου δυναμικού.

Το πρόβλημα είναι ότι δεν μπορούμε να αποθηκεύσουμε την ηλεκτρική ενέργεια και για αυτό καταναλώνετε ταυτόχρονα με την παραγωγή της ή αποθηκεύεται αφού πρώτα μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας (π.χ. χημική, δυναμική κλπ.). Αυτή η ανάγκη της άμεσης κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας έχει οδηγήσει στην κατασκευή ενός παγκόσμιου πλέγματος ηλεκτρικών δικτύων, έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρεται εύκολα, από το σημείο παραγωγής της, στο σημείο κατανάλωσης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση με συντονισμένες προσπάθειες προωθεί την δημιουργία μιας ενιαίας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, που παράλληλα στοχεύει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που οδηγούν στον ριζικό μετασχηματισμό του ηλεκτρικού συστήματος, έτσι τόσο η αγορά όσο και τα ηλεκτρικά δίκτυα βρίσκονται σε μετάβαση.

Η Ελλάδα εκτός από την εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εισάγει ηλεκτρική ενέργεια για να καλύψει τις ανάγκες της κυρίως από γειτονικές χώρες. Σύμφωνα με τα Σχήματα 3-6 και 3-7 οι εισαγωγές ηλεκτρικές ενέργειας είχαν μία αύξηση των νέων διασυνδέσεων το 2017 που έφθασαν στο 8,9 TWh, κυρίως το 35,0% από τη Βουλγαρία, το 23,2% από την Ιταλία και το 22,9% από την Βόρεια Μακεδονία. Αντίστοιχα, οι εξαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα το 2017 ανήλθαν σε 2,8 TWh, κυρίως προς τη ΠΓΔΜ σε ποσοστό 32,6%, στην Αλβανία σε ποσοστό 30,6% και στην Ιταλία 26,9%. Η Ελλάδα είναι καθαρός εισαγωγέας ηλεκτρικής ενέργειας με συνολικές καθαρές εισαγωγές να ανέρχονται σε περίπου 6,2 TWh το 2017, σύμφωνα με στοιχεία του ΛΑΓΗΕ. Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι θα υπάρξει και μία δεύτερη διασύνδεση με την Βουλγαρία αλλά θα ολοκληρωθεί στο τέλος του 2023 [91].



Σχήμα 3-6 Ισοζύγιο Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh) στις διασυνδέσεις της Ελλάδας, 2016-2017. Πηγή: μελέτη IENE 2019



Σχήμα 3-7 Εισαγωγές και εξαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ανά χώρα, 1990-2015.
Πηγή: Μελέτη IENE (2019)

Βιοκαύσιμα

Το βιοκαύσιμο είναι το υγρό ή αέριο καύσιμο που παράγεται από βιομάζα και κυρίως από βιοντίζελ το πετρέλαιο βιολογική προέλευσης, βιοαιθανόλη, βιοαέριο, βιομεθανόλη, μεθανόλη που παράγεται από βιομάζα, βιοδιμεθυλαιθέρας, βιο-ETBE, Βιο-MTB, συνθετικά βιοκαύσιμα, βιοϋδρογόνο και καθαρά φυτικά έλαια, που παράγονται από ελαιούχα φυτά μέσω συμπίεσης, έκθλιψης ή ανάλογων μεθόδων. Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι τα βιοκαύσιμα διακρίνονται σε υγρά και αέρια και μάλιστα ο διαχωρισμός αυτός αναφέρεται γιατί αυτές οι δύο ομάδες έχουν διαφορετικές προοπτικές ως προς την χρήση τους.

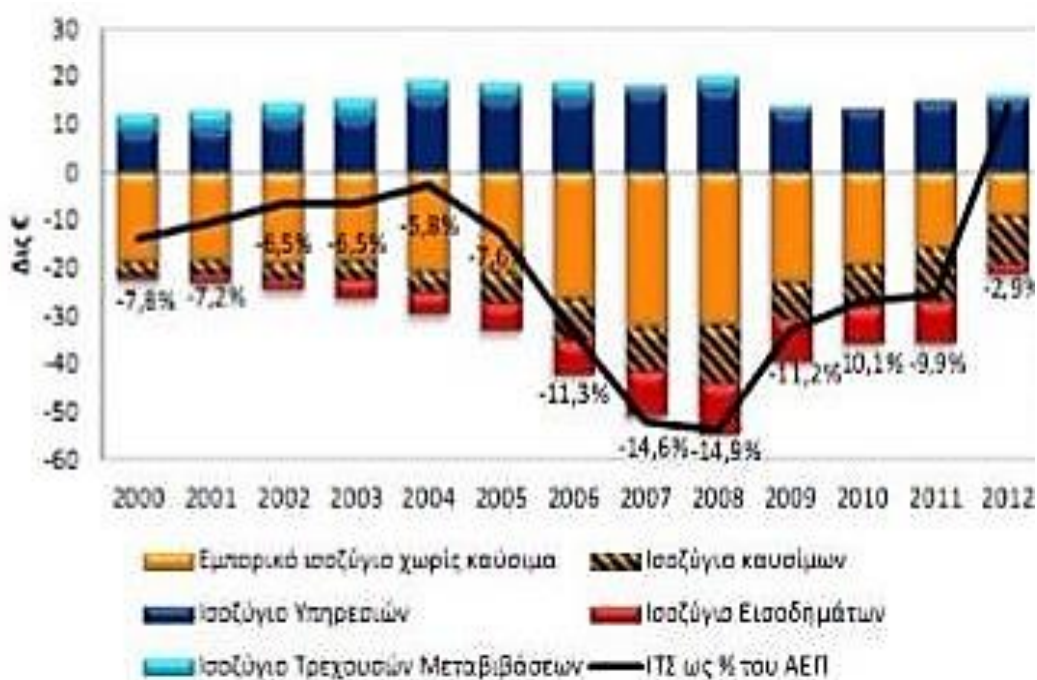
Τα υγρά βιοκαύσιμα όπως η βιοαιθανόλη, το βιοντίζελ χρησιμοποιούνται κυρίως στην κίνηση των οχημάτων, με ανάμειξη των συμβατικών καυσίμων. Η παγκόσμια κοινότητα όμως στρέφεται στα αέριο βιοκαύσιμα και ειδικότερα προς την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού από το syngas (θερμομηχανική αεριοποίηση βιομάζας). Το βιοαέριο από αναερόβιους χωνευτήρες και ΧΥΤΑ, και σε μικρότερο βαθμό σήμερα από το βιοϋδρογόνο, που φαίνεται να αξιοποιείται στο μέλλον τόσο για ηλεκτροπαραγωγή σε μικρή κλίμακα όσο και για την κίνηση οχημάτων μέσω των κυψελών καυσίμου (fuelcells) και μάλιστα θεωρείται το καύσιμο του μέλλοντος.

3.1.3 Σύγκριση Συνολικού Κόστους Εισαγομένων Καυσίμων με το Ισοζύγιο Τρεχουσών Συναλλαγών

Το Ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών (Current account balance) αναφέρεται σε ένα Πίνακα που παρουσιάζει την διαφορά μεταξύ της αξίας των αγαθών και των υπηρεσιών που εισάγει μια χώρα σε σχέση με την αξία αυτών που εξάγει. Το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών έχει μεγάλη σημασία για την οικονομία μίας χώρας, αφού μας δείχνει την

οικονομική θέση της συγκεκριμένης χώρας. Το ισοζύγιο τρεχουσών συναλλαγών μπορεί να είναι είτε θετικό δηλαδή η χώρα να έχει πλεόνασμα είτε αρνητικό δηλαδή να έχει έλλειμμα. Το ενεργειακό ισοζύγιο της Ελλάδας, με όλη την αναφορά που έχουμε κάνει, μας δείχνει ότι είναι ένας καθαρός εισαγωγές πετρελαίου, ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου, ενώ ο λιγνίτης και ο άνθρακας βρίσκονται σε αφθονία τα οποία και εξάγει στα Βαλκάνια και στην Ανατολική Μεσόγειο.

Η εξάρτηση όμως της Ελλάδος από το πετρέλαιο είναι τόσο μεγάλη που μάλιστα αυξάνεται συνεχώς με ταχύτερο ρυθμό μεταξύ των χωρών της ζώνης του ευρώ. Οι εισαγωγές του πετρελαίου είναι ανελαστικές δηλαδή μικρότερης της μονάδας σε σχέση με την τιμή του, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η άνοδος της τιμής του πετρελαίου να αυξάνει το έλλειμμα του εμπορικού ισοζυγίου και κατ' επέκταση και του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών. Επίσης με την αύξηση της τιμής του πετρελαίου υπάρχει μία μείωση του εισοδήματος της χώρας έτσι ώστε να χρειάζονται περισσότερες εξαγωγές για να καλύψουν το κόστος του εισαγόμενου πετρελαίου (Σχήμα 3-8, Σχήμα 3-9).



Σχήμα 3-8 Σύγκριση ITZ με συνολικό κόστος εισαγόμενων καυσίμων. Πηγή : ΤτΕ, ΕΛΣΤΑΤ

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ΑΕΠ (εκ. €, τρέχουσες τιμές)	222.151	208.532	195.018	180.654	178.656	177.258	176.488
Καθαρές Εισαγωγές Καυσίμων (Net) (σε δις €)*	8,60	11,13	10,22	6,91	6,27	4,21	2,83
Εξαγωγές Καυσίμων (σε δις €)	-4,90	6,19	7,43	9,49	9,05	6,71	6,16
Εισαγωγές Καυσίμων (σε δις €)**	13,50	17,31	17,65	16,4	15,32	10,92	8,99
Ισοζύγιο Τρεχουσών Συναλλαγών (σε εκατ. €)	-22.506,0	-20.633,5	-4.615,0	1.088,5	-2.912,6	-404,5	-1.872,0
Ακαθάριστη Εγχώρια Κατανάλωση Πετρελαίου (σε μετρικούς τόνους)	9.395.572	8.550.958	7.787.887	6.557.485	6.654.744	7.045.817	7.272.58
Ακαθάριστη Εγχώρια Κατανάλωση Πετρελαίου (σε βαρέλια την ημέρα)	188.684	171.722	156.398	131.689	133.642	141.495	146.045

* Εσωτερικές καταναλώσεις.
** Περιλαμβάνουν συλλογικές παραδόσεις στα Διαλιτοτήρια. 1 μετρικός τόνος=7,33 βαρέλια πετρελαίου

Σχήμα 3-9 Σύγκριση ΙΤΣ με συνολικό κόστος εισαγόμενων καυσίμων.
Πηγές: Ετήσιες Εκθέσεις του Διοικητή της ΤτΕ, ΕΛΣΤΑΤ

3.1.4 Συμπεράσματα

Οι εισαγωγές πετρελαίου επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την κατάσταση της ελληνικής οικονομίας την περίοδο αυτή. Ένα σημαντικό μέρος του ελλείμματος του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών είναι σταθερά ανελαστικό λόγω της υψηλής εξάρτησης της χώρας από τα εισαγόμενα καύσιμα (δηλ. πετρέλαιο και φυσικό αέριο). Ως εκ τούτου, η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας θα μπορούσε να παίξει καταλυτικό παράγοντα σε μία μακροπρόθεσμη μείωση του ελλείμματος του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών.

Η παραδοσιακή εξάρτηση της οικονομίας από τις εισαγωγές πετρελαίου είναι και αυτή μέρος του δημοσιονομικού προβλήματος της χώρας. Η αβεβαιότητα για την ασφάλεια του εφοδιασμού και το κόστος από τις υψηλές εκπομπές CO₂, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για τη δημιουργία μιας εθνικής ενεργειακής στρατηγικής που θα μεριμνά για τη μείωση της συμμετοχής των υδρογονανθράκων στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε όλους τους τομείς της οικονομίας αλλά και την εξέταση νέων πηγών φτηνής και σταθερής παραγωγής ενέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί τον χρονικά αμεσότερο και οικονομικότερο τρόπο με τον οποίο η Ελλάδα μπορεί να μειώσει δραστικά τις δαπάνες για εισαγωγές και να βελτιώσει το εμπορικό ισοζύγιο, προωθώντας παράλληλα επενδύσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και ασφάλειας, καθώς και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

3.2 Οικονομικά Στοιχεία και Δείκτες

Έξυπνα εργαλεία φέρουν την ανάλυση των ενεργειακών δεδομένων από την Ελλάδα κατά την περίοδο 2010-20. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου παρατηρείται ένα παράδοξο φαινόμενο, δηλαδή, αύξηση της παραγωγικότητας της ενέργειας εν μέσω άνευ προηγουμένου οικονομικής παρακμής, όπως υπολογίζεται από το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ). Τα αποτελέσματα εντοπίζουν βελτιώσεις στη συνολική αποδοτικότητα του κεφαλαίου λόγω της κατάρρευσης της ζήτησης μετά από δρακόντεια μέτρα λιτότητας. Το υπόβαθρο, οι κατευθύνσεις και οι τάσεις αναλύονται, εξετάζονται εναλλακτικές λύσεις πολιτικής και προτείνεται ένα νέο μέτρο αξιοποίησης της ενέργειας με πιθανές εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο.

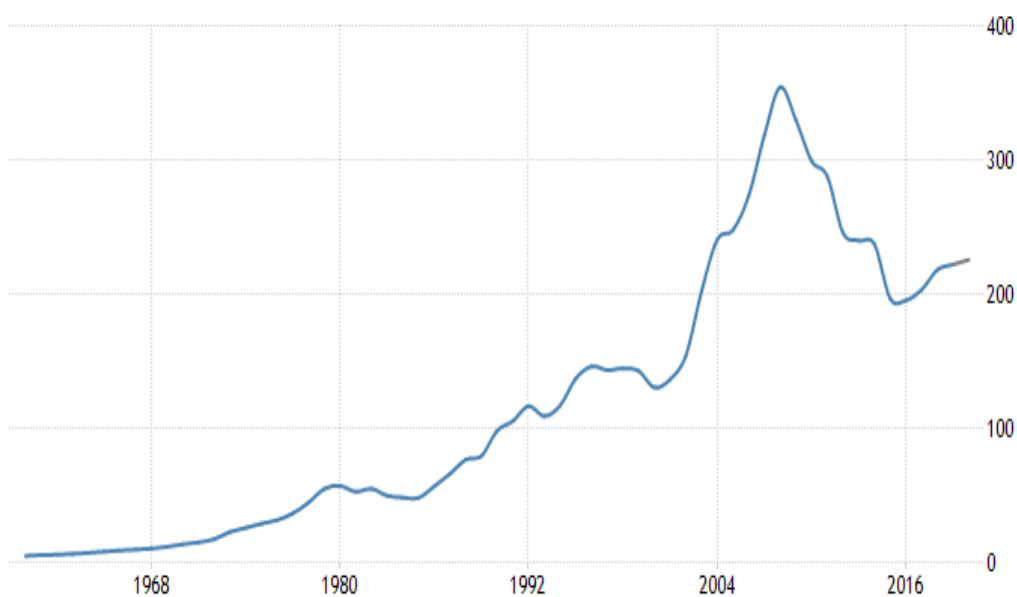
Η Ελλάδα έγινε το παιδί της κρίσης της Ευρωζώνης όταν η Μεγάλη Ύφεση που προκλήθηκε από την Lehman, έπληξε ιδιαίτερα μια ομάδα χωρών της Ευρωζώνης που αναφέρονταν από τα μέσα ενημέρωσης ως PIGS (Πορτογαλία, Ιρλανδία, Ιταλία, Ελλάδα, Ισπανία). Η κρίση μεταμορφώθηκε από πρόβλημα χρέους σε πρόβλημα Grexit [40]. Για να αποφευχθεί η χρεοκοπία, η Ελλάδα έλαβε δάνεια και σε αντάλλαγμα οι πιστωτές της επέβαλαν δρακόντεια λιτότητα που μείωσε τους μισθούς και τις συντάξεις κατά σχεδόν 40%. Το μέγεθος της ελληνικής οικονομίας συρρικνώθηκε κατά περισσότερο από το ένα τέταρτο, (-) 25%. Αν και η κρίση κυριάρχησε στα διεθνή πρωτοσέλιδα για αρκετά χρόνια, τα προηγούμενα, η αιτιότητα, οι πολιτικές επιτυχίες και αποτυχίες και οι επακόλουθες συνέπειες παραμένουν μάλλον ανεξερεύνητες από επιστημονική άποψη [56]. Στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, οι κύριες δημοσιονομικές υποχρεώσεις της Ελλάδας πέραν των εγχώριων δαπανών ήταν 60 δισεκατομμύρια χρέος, λήξης το 2010 και 45 δισεκατομμύρια το 2011. Οι κακές πολιτικές αποφάσεις στις αρχές του 2010 οδήγησαν στην ταχεία υποβάθμιση της Ελλάδας σε ανεπιθύμητη βαθμολογία, η οποία «έκλεισε την πόρτα» στη χώρα από τις διεθνείς αγορές ομολόγων.

Στα μέσα του 2010, οργανώθηκε ένα πακέτο διάσωσης όπου οι χώρες της Ευρωζώνης έπρεπε να εκδώσουν ομόλογα το καθένα ανάλογα με τη συνεισφορά τους στο ΑΕΠ της Ευρωζώνης και να δανείσουν το αντίστοιχο ποσό στην Ελλάδα. Η φύση των ρυθμίσεων, η συγκλονιστική λιτότητα, ο δημόσιος θυμός, η πολιτική αστάθεια και η ταπείνωση κατά την εφαρμογή του προγράμματος μέσω εξωτερικής εποπτείας από μια τρικόα θεσμών - της ΕΚΤ, της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του ΔΝΤ οδήγησαν σε μια συνδυασμένη κατάρρευση του ΑΕΠ κατά 25%. Από το 2017 η ελληνική οικονομία έχει εισέλθει σε μια σταθερή αλλά

εύθραυστη φάση και πιο πρόσφατα έχει πρόσβαση για άλλη μια φορά στις διεθνείς αγορές ομολόγων. Από την άλλη πλευρά, η πικρή εμπειρία της τελευταίας δεκαετίας, έδειξε την ανθεκτικότητα της Ελλάδας, μιας χώρας που μπορεί να περάσει από βαθιές πολιτικές και οικονομικές κρίσεις και να καταφέρει να αντέξει και να διατηρήσει την κοινωνική της συνοχή και δύναμη. Επιπλέον, προσφέρει ευκαιρίες για μοναδικές οικονομικές παρατηρήσεις και case studies για το πώς μια προηγμένη οικονομία υπό πίεση, μπορεί να στραφεί στην καινοτομία και να επωφεληθεί από αυτήν. Η φαινομενικά παράδοξη παρατήρηση μιας ταυτόχρονης αύξησης της ενεργειακής έντασης κατά τη διάρκεια τεράστιων μειώσεων του κατά κεφαλήν ΑΕΠ φαίνεται ξεκάθαρα και μπορεί να προσφέρει σημαντικές μετρήσεις για την εκτίμηση της χρήσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο σε διαφορετικές κλίμακες.

Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) είναι ίσως ο πιο σημαντικός και ευρέως χρησιμοποιούμενος δείκτης της υγείας μιας οικονομίας. Πρόκειται για ένα μέτρο της συνολικής δραστηριότητας που ορίζει τη νομισματική αξία όλων των τελικών αγαθών και υπηρεσιών που παράγονται σε μια χώρα ή περιοχή σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, συνήθως ένα έτος [8]. Το ΑΕΠ ορίζεται με βάση τις δαπάνες ως εξής: $ΑΕΠ = C + I_g + G + NX$ [7].

Οι προσωπικές καταναλωτικές δαπάνες, οι ακαθάριστες ιδιωτικές εγχώριες επενδύσεις, οι κρατικές δαπάνες και οι καθαρές εξαγωγές είναι οι τέσσερις παράγοντες που περιλαμβάνουν το ΑΕΠ μιας χώρας και περιλαμβάνει οτιδήποτε παράγεται από τους



Σχήμα 3-10 GDP of Greece from 1960 to 2019 (TRADINGECONOMICS.COM)

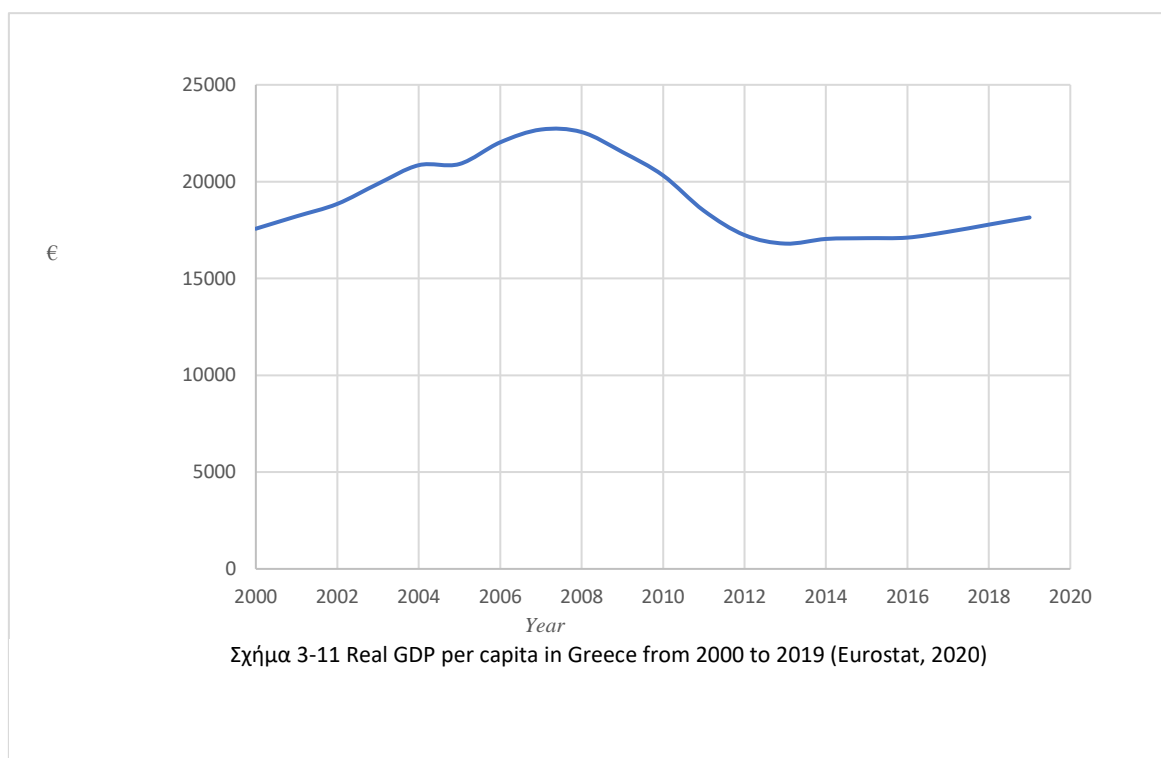
πολίτες και τους ξένους της χώρας εντός των συνόρων της, καθώς και εισροές κεφαλαίων που εισέρχονται ως επενδύσεις. Το Σχήμα 3-10 δείχνει την εξέλιξη του ελληνικού ΑΕΠ σε δολάρια ΗΠΑ από το 1960. Όπως παρατηρήθηκε, το ελληνικό ΑΕΠ κυμαίνεται γύρω στα 50 δισεκατομμύρια δολάρια κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 και έχει ανοδική τάση αλλά δεν υπερβαίνει τα 100 δισεκατομμύρια δολάρια κατά την περίοδο 1980-1990.

Ο ελληνικός στρατηγικός στόχος ήταν η ένταξη στην Ευρωζώνη ως πλήρες μέλος, συλλέγοντας έτσι πολλαπλά οφέλη ανάπτυξης και εκσυγχρονισμού για την ελληνική οικονομία και κοινωνία [56]. Το 2000, η Ελλάδα προσχώρησε στην Ευρωζώνη και την 1η Ιανουαρίου 2001, η συναλλαγματική ισοτιμία της δραχμής με το ευρώ καθορίστηκε σε 1 ευρώ = 340,75 δραχμές. Ως αποτέλεσμα, το ΑΕΠ της χώρας αυξήθηκε δραματικά υπερδιπλασιάστηκε την επόμενη δεκαετία.

Το Σχήμα 3-11 δείχνει το πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ στην Ελλάδα, κατά την περίοδο 2000-2019. Το πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ, είναι ένας δείκτης που μετράει με βάση το επίπεδο τιμών της περιόδου βάσης και χρησιμοποιείται για να συγκρίνει το βιοτικό επίπεδο μεταξύ των χωρών διαχρονικά και υπολογίζεται [3]:

$$\text{Πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ} = \frac{\text{Πραγματικό ΑΕΠ}}{\text{Πληθυσμός}}$$

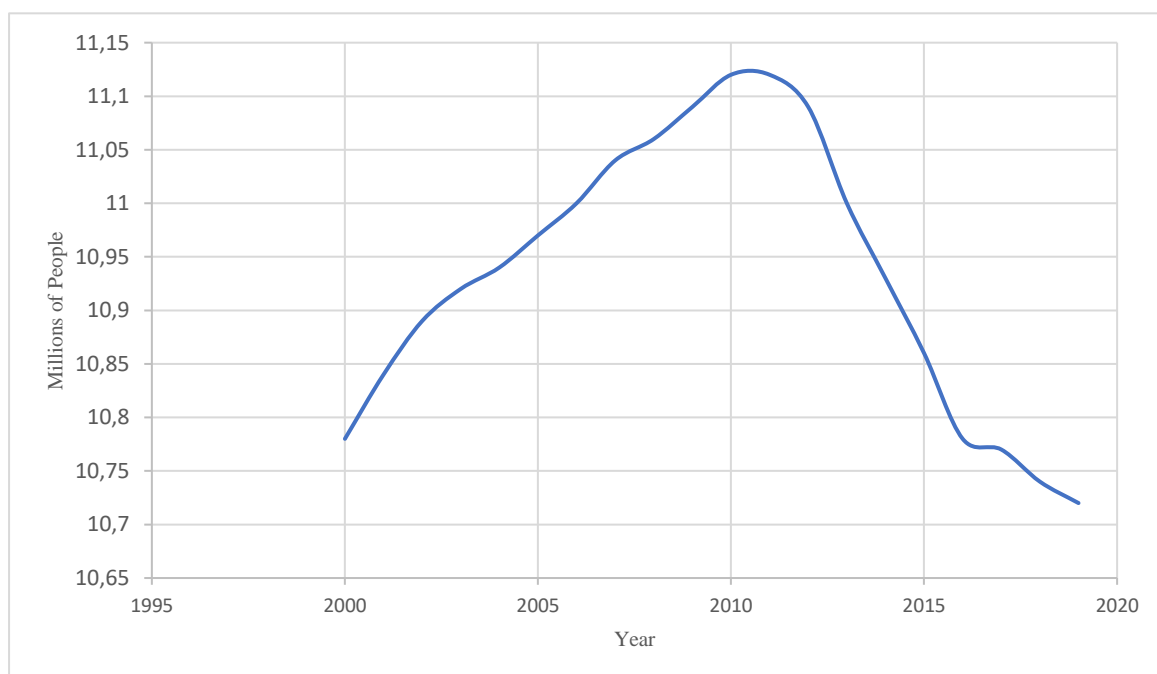
Πρέπει να σημειωθεί ότι η αύξηση του ΑΕΠ στην Ελλάδα κατά την περίοδο 2000-2008 είναι σημαντικά υψηλότερη από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο (ο οποίος ήταν κατά μέσο όρο



περίπου 2%) λόγω των μεγάλων επενδύσεων σε υποδομές που σχετίζονται με τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004 και της έντονης καταναλωτικής δαπάνης.

Όμως από το 2008 έως το 2013 η Ελλάδα είχε μια πτωτική πορεία και η οικονομία πέρασε σε μία βαθιά οικονομική κρίση. Βασικός παράγοντας της οικονομικής κρίσης της Ελλάδος ήταν ότι η Lehman Brothers, τον Σεπτέμβριο του 2008, πτώχευσαν, προκαλώντας οικονομικές αναταραχές και για τους επόμενους μήνες υπήρχε μια τεράστια ύφεση όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και σε όλο τον κόσμο.

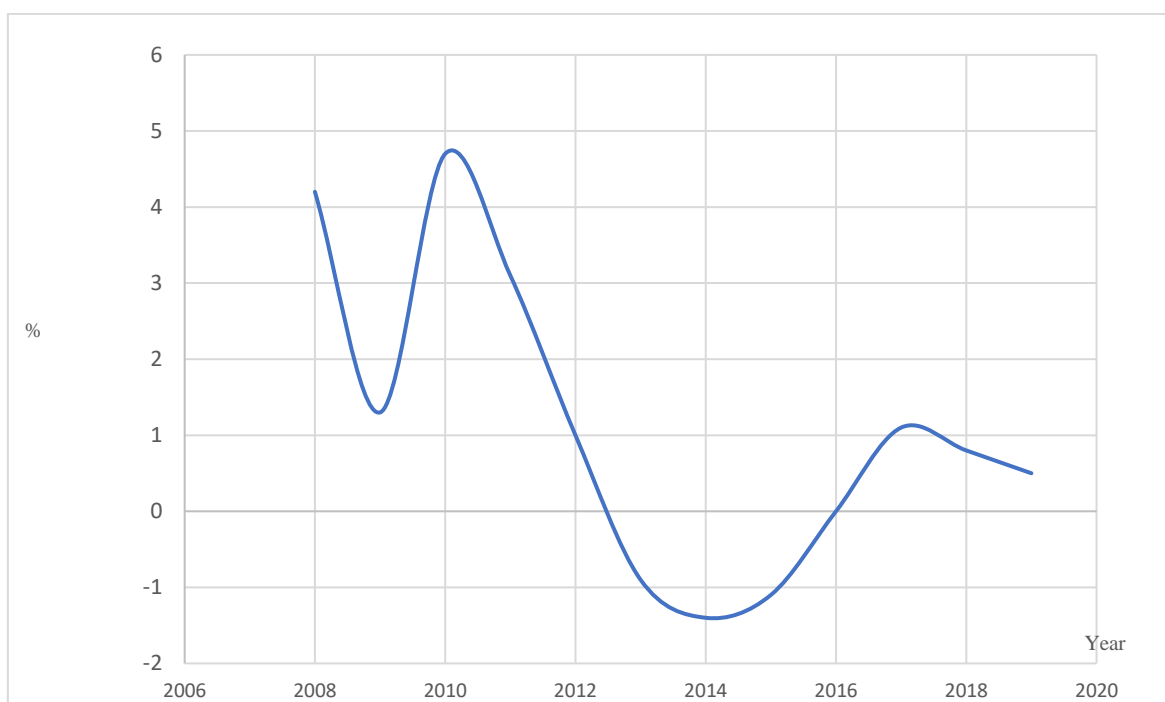
Η Ελλάδα, η Ιρλανδία και άλλες χώρες που οι οικονομίες τους δεν είχαν ενισχυθεί αντιμετώπισαν το πρόβλημα σχεδόν αμέσως. Η Ελλάδα επλήγη από ύφεση η οποία μετατράπηκε σε κρίση χρέους με μία πολύ σημαντική μείωση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ. Μέχρι το τέλος του 2009, ήταν σαφές ότι η Ελλάδα θα ζητούσε κεφάλαια από το ΔΝΤ και τους Ευρωπαίους πιστωτές. Κατά την περίοδο 2010-2013, η μείωση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη μείωση του πληθυσμού αντικατοπτρίζει μια χώρα που εισέρχεται σε σημαντικά οικονομικά προβλήματα. Τέλος, από το 2013 και μετά, παρατηρείται αργή αύξηση του ΑΕΠ και μείωση του πληθυσμού, αλλά με φθίνουσα ταχύτητα μετά το 2016.



Σχήμα 3-12 Πληθυσμός της Ελλάδας από το 2000 έως το 2019 (Eurostat, 2020)

Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 3-12 μετά το 2013 αρχίζει να σταθεροποιείται το ΑΕΠ και η Ελλάδα πλέον αναζητά τρόπους ανάπτυξης και ισορροπίας. Σύμφωνα με τον κανόνα του

70 [6] που δείχνει το διπλασιασμό ενός οικονομικού δείκτη με βάση την ετήσια ανάπτυξη, η Ελλάδα εμφανίζει σημαντικές οικονομικές βελτιώσεις κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Από το 2012, ωστόσο, παρατηρούμε μια μείωση του πληθυσμού της χώρας που μπορεί εν μέρει να είναι αποδίδεται στην οικονομική κρίση κυρίως λόγω της μετανάστευσης από τη χώρα σε αναζήτηση ευκαιριών.



Σχήμα 3-13 Ποσοστό πληθωρισμού στην Ελλάδα, 2008 έως 2019 (Eurostat, 2020)

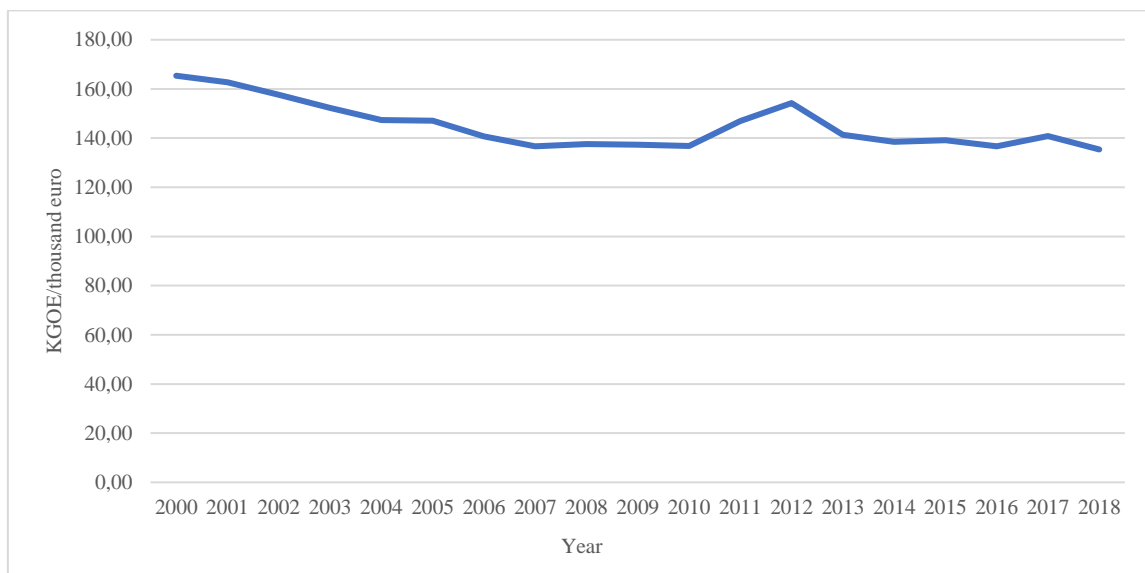
Αυτό που επηρέασε πολύ το κατά κεφαλήν ΑΕΠ ήταν και ο δείκτης του πληθωρισμού, δηλαδή η συνεχής αύξηση του γενικού επιπέδου τιμών των αγαθών και των υπηρεσιών σε μια οικονομία για μια περίοδο. Ο αυξανόμενος πληθωρισμός αντικατόπτριζε τη μείωση της αγοραστικής δύναμης ανά μονάδα χρήματος απώλεια πραγματικής αξίας στο μέσο ανταλλαγής και μονάδα λογαριασμού στην οικονομία [10], [12].

Πίνακας 3-1 Πληροφορίες Ελλάδος από 2008 έως 2019 (EUROSTAT, 2020)

Έτος	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ρυθμός Πληθωρισμού [%]	4.2	1.3	4.7	3.1	1	-0.9
Έτος	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ρυθμός Πληθωρισμούς [%]	-1.4	-1.1	0	1.1	0.8	0.5

Στον Πίνακα 3-1 και στο Σχήμα 3-13 παρατηρούμε ότι από το 2010 έως το 2014 παρατηρείται ταυτόχρονη μείωση τόσο του πληθωρισμού όσο και του κατά κεφαλήν ΑΕΠ

(το 2014 το κατά κεφαλήν ΑΕΠ αυξάνεται ελαφρώς), γεγονός που αντικατοπτρίζει σε μεγάλο βαθμό τη σημαντική μείωση της ζήτησης των καταναλωτών. Πιο συγκεκριμένα, από τα μέσα του 2012 έως το 2016, υπάρχει ένα σημαντικό φαινόμενο αποπληθωρισμού, όπου επικρατεί η αδυναμία δανεισμού και αναβολής των δαπανών, καθώς και η σημαντική μείωση της ρευστότητας και η κατάρρευση της ζήτησης. Από το 2016 και μετά, βλέπουμε ταυτόχρονη αύξηση και στους δύο δείκτες, η οποία δείχνει αύξηση της ζήτησης και απόπειρα της οικονομίας να επιστρέψει στην ομαλότητα. Αυτό που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι το ΑΕΠ, που χρησιμοποιείται ως μέτρο μακροοικονομικής ανάλυσης, παίζει σημαντικό ρόλο στην ενέργεια. Βλέποντας το Σχήμα 3-14 και τον Πίνακα 3-2 παρατηρούμε ότι κατά τη δεκαετία 2000-2010 η ένταση της ενέργειας μειώθηκε σημαντικά, γεγονός που καταδεικνύει τη σχετική σταθερότητα της οικονομίας της Ελλάδας και βελτιώσεις που εφαρμόστηκαν όσον αφορά την ενσωμάτωση της ενεργειακής καινοτομίας ή με άλλα λόγια όσον αφορά τη βελτίωση της ενεργειακής έντασης [28]. Η οικονομική κρίση, που ξεκίνησε το 2010, έδειξε τον αντίκτυπό της στην ένταση της ενέργειας κατά τα πρώτα δύο χρόνια (2010-2012), όταν οι περισσότερες επιχειρήσεις υπέστησαν σημαντικές αλλαγές. Τα μέτρα λιτότητας οδήγησαν σε τεράστια αποεπένδυση καθώς οι βαριές βιομηχανίες είτε μείωσαν την παραγωγή τους είτε έφυγαν εντελώς από τη χώρα. Ο δείκτης βιομηχανικής παραγωγής ήταν σε ελεύθερη πτώση.



Σχήμα 3-14 Ελληνική ενεργειακή ένταση (Eurostat, 2020)

Αυτά τα γεγονότα είχαν άμεσο αντίκτυπο στην ένταση της ενέργειας. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-14, η ενεργειακή ένταση αυξήθηκε κατά 7,4% τον πρώτο χρόνο και 5% το δεύτερο

έτος της κρίσης. Σε αυτό το σημείο λαμβάνει χώρα ένα παράδοξο φαινόμενο, καθώς η διαδρομή της ενεργειακής έντασης έχει αρνητική στροφή κατά 8,3% το 2013 και μέχρι το τέλος του 2014 η ενεργειακή ένταση φτάνει σχεδόν στην τιμή πριν από την κρίση παρά την συνεχή πτώση του δείκτη βιομηχανικής παραγωγής.

Πίνακας 3-2 Ελληνική Ενεργειακή Ένταση (EUROSTAT, 2020)

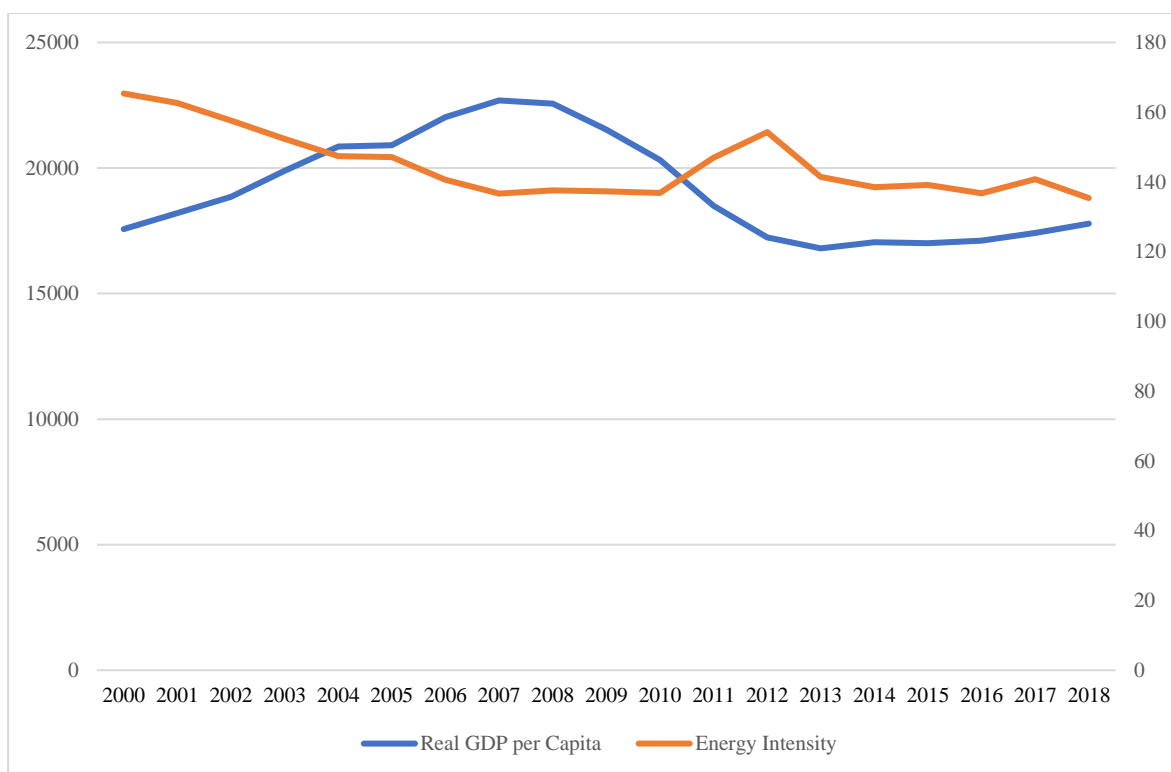
Year	2000	2001	2002	2003	2004
KGOE/ thousand euro	165,36	162,68	157,63	152,32	147,37
Year	2005	2006	2007	2008	2009
KGOE/ thousand euro	147,14	140,65	136,62	137,61	137,28
Year	2010	2011	2012	2013	2014
KGOE/ thousand euro	136,82	146,96	154,24	141,41	138,53
Year	2015	2016	2017	2018	
KGOE/ thousand euro	139,16	136,72	140,84	135,38	

Με την οικονομία που υποφέρει από το πρόγραμμα διάσωσης, οι πιστωτές θα έπρεπε να έχουν εκδώσει ομόλογα για κάθε χώρα, σύμφωνα με τη συνεισφορά της στο συνολικό ΑΕΠ της Ευρωζώνης, προκειμένου να δανειστεί το αντίστοιχο ποσό στην Ελλάδα. Από την άλλη πλευρά, τα μέτρα λιτότητας, ο δημόσιος θυμός, η πολιτική αστάθεια, αρκεί η εποπτεία της τρόικας προς την ελληνική κυβέρνηση να εκδώσει τις μεταρρυθμίσεις και τα μέτρα του προγράμματος φαινόταν να μειώνονται και να φαίνεται η ανθεκτικότητα της οικονομίας [44]. Ο ρυθμός πληθωρισμού κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου αυξήθηκε από 3,1 το 2011 σε 1 το 2012, -0,9 το 2013 και -1,4 το 2014. Παρά τις απώλειες παραγωγής και τις απώλειες περιουσιακών στοιχείων που ακολούθησαν τον τραυματισμό, για την οικονομία, το πρώτο εξάμηνο του 2015 ο ρυθμός πληθωρισμού ήταν ακόμη αρνητικός (-1.1) και η ένταση της ενέργειας σημείωσε μικρή αύξηση. Τα επόμενα χρόνια η ενεργειακή ένταση φαίνεται να είναι σταθερή με μικρά σκαμπανεβάσματα.

3.2.1 Οικονομικοί Δείκτες και Ενέργεια

Αναφέραμε τους οικονομικούς δείκτες και πώς συνδέονται με την ενεργειακή ένταση. Θα πρέπει όμως να ελέγξουμε πώς επηρεάζουν την συμπεριφορά το κατά κεφαλήν ΑΕΠ, η τελική κατανάλωση ενέργειας και ο δείκτης βιομηχανικής παραγωγής και ανθεκτικότητας, την ενεργειακή ένταση.

Το Σχήμα 3-15 δείχνει τη συσχέτιση μεταξύ του πραγματικού κατά κεφαλήν ΑΕΠ και της ενεργειακής έντασης στην Ελλάδα τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Όπως σημειώθηκε, αυτοί οι δείκτες ακολουθούν κυρίως μια αντίθετη πορεία κατά τη διάρκεια των ετών, όταν μειώνεται το ΑΕΠ, η ένταση της ενέργειας αυξάνεται και το αντίστροφο [16]. Η μεγαλύτερη απόκλιση από την ομαλότητα είναι κατά την περίοδο μεταξύ 2012 και 2014 όταν και οι δύο μειώνονται.



Σχήμα 3-15 Ένταση ενέργειας έναντι πραγματικού ΑΕΠ κατά κεφαλή

Χρησιμοποιώντας τον γραμμικό συντελεστή συσχέτισης R μεταξύ του συνόλου δεδομένων του κατά κεφαλήν ΑΕΠ και της έντασης ενέργειας, που βλέπουμε στον παρακάτω Πίνακα, μπορούμε να διαπιστώσουμε τα εξής:

Πίνακας 3-3 Γραμμικός συντελεστής συσχέτισης R κατά τη διάρκεια 2000-2018

Period	2000-2004	2004-2007	2007-2010	2010-2012	2012-2014	2014-2018
R	-0,99493	-0,99986	0,219817	-0,99995	0,732321	-0,40644

Από την αρχή της εξεταζόμενης περιόδου έως το 2004 η ελληνική οικονομία ήταν σε πλήρη ανάπτυξη. Η Ελλάδα είχε ενταχθεί στην τρίτη φάση της Οικονομικής και

Νομισματικής Ένωσης (ONE) και κατασκευάστηκαν μεγάλα δημόσια έργα λόγω των επερχόμενων Ολυμπιακών Αγώνων στην Αθήνα. Το ΑΕΠ σχεδόν διπλασιάστηκε και η ενεργειακή ένταση μειώθηκε. Η γραμμική συσχέτιση τους είναι πολύ κοντά στο μείον ένα (-0,99726) που δείχνει μια σχεδόν τέλεια αρνητική σχέση μεταξύ τους.

Τα επόμενα έτη 2004-2007, ακολουθώντας τον ρυθμό ανάπτυξης, η οικονομία της χώρας φάνηκε να αναπτύσσεται με παρόμοιο τρόπο. Το πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ συνεχίζει να αυξάνεται και η ενεργειακή ένταση συνεχίζει να μειώνεται. Η γραμμική συσχέτιση μεταξύ τους είναι ακόμη πιο κοντά στο μείον ένα (-0,99986), αποδεικνύοντας ότι η οικονομία της χώρας ήταν σταθερή πριν από την κρίση και η εξωτερική παρέμβαση στα οικονομικά της.

Όμως το 2007 έως το 2010, η τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης είναι 0,219817, γεγονός που δείχνει την απουσία γραμμικής συσχέτισης μεταξύ του κατά κεφαλήν ΑΕΠ και της έντασης ενέργειας. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ στην Ελλάδα άρχισε να μειώνεται σταδιακά, κάτι που είναι ένα από τα πρώτα σημάδια της επερχόμενης οικονομικής κρίσης. Από την άλλη πλευρά, η ένταση της ενέργειας παρέμεινε σχεδόν σταθερή.

Στην επόμενη διετία δηλαδή από το 2010 έως το 2012, η τιμή του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης είναι σχεδόν ίση με το 1 (-0,99995), το οποίο δείχνει μια τέλεια γραμμική συσχέτιση μεταξύ του κατά κεφαλήν ΑΕΠ και της έντασης ενέργειας. Αυτή η περίοδος ήταν τα πρώτα δύσκολα χρόνια της οικονομικής κρίσης, περίοδος μεγάλης μείωσης του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, σημαντική αύξηση των τιμών της ενεργειακής έντασης και μεγάλη συρρίκνωση της ελληνικής οικονομικής δραστηριότητας,

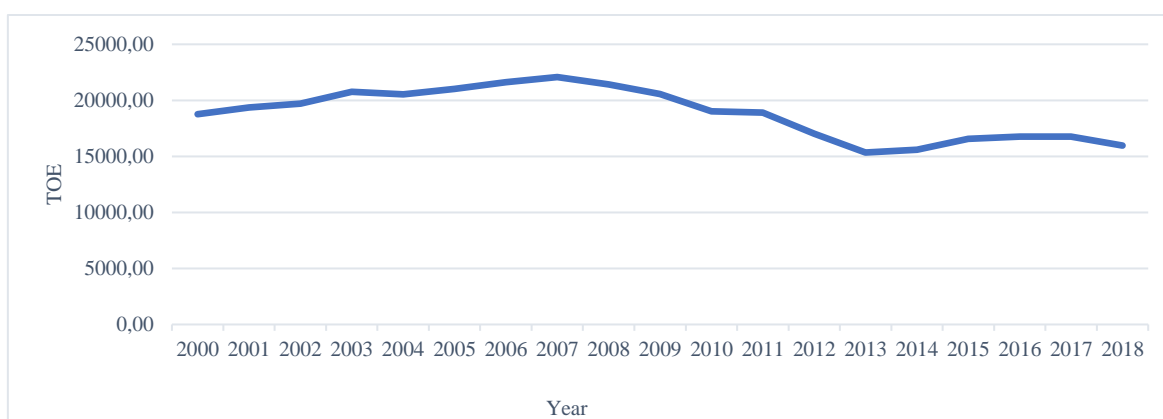
Κατά την περίοδο 2012-2014, ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης είναι 0,732321, γεγονός που δείχνει ισχυρή γραμμική συσχέτιση μεταξύ του κατά κεφαλήν ΑΕΠ και της έντασης ενέργειας και επιβεβαιώνει το παράδοξο φαινόμενο της ελληνικής οικονομίας. Η κοινή πτωτική τάση στους παραπάνω δείκτες οφείλεται στα τυπικά μέτρα λιτότητας του δεύτερου μνημονίου, τα οποία εξασθένησαν την ελληνική οικονομία και μείωσαν τη βιομηχανική παραγωγή και την τελική κατανάλωση ενέργειας, όπως θα δούμε παρακάτω.

Τέλος κατά την περίοδο 2014-2018 παρατηρείται ασθενής γραμμική συσχέτιση, με τον συντελεστή να είναι -0.40644. Αυτό το μέγεθος αντικατοπτρίζει τις προσπάθειες της χώρας να εισέλθει στις αγορές, να επιστρέψει στην ανάπτυξη και να επιστρέψει σε επίπεδα πριν

από την κρίση. Επομένως, παρατηρείται επιστροφή στην κανονική αρνητική συσχέτιση αυτών των δύο δεικτών.

Ο πρώτος οικονομικός δείκτης, που θα εξετάσουμε είναι η τελική κατανάλωση ενέργειας της Ελλάδας, κατά την περίοδο 2000-2018. Και όταν μιλάμε για τελική κατανάλωση ενέργειας αναφερόμαστε στη συνολική ενέργεια που καταναλώνουν οι τελικοί χρήστες, όπως νοικοκυριά, βιομηχανία και γεωργία. Η τελική κατανάλωση ενέργειας αποκλείει την ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον ενεργειακό τομέα, συμπεριλαμβανομένων των παραδόσεων και του μετασχηματισμού. Ορισμένες από τις κατηγορίες χρηστών, που περιλαμβάνονται σε αυτόν τον οικονομικό δείκτη, είναι ιδιωτικά νοικοκυριά, βιομηχανία, γεωργία, υπηρεσίες και μεταφορές [24].

Πριν από την έναρξη της οικονομικής κρίσης, μεταξύ 2000 και 2007, όταν η Ελλάδα βρισκόταν σε οικονομική ανάπτυξη, η αξία της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της χώρας αυξανόταν συνεχώς, από το 18749,394 TOE (Τόνοι Oil Equivalent) το 2000 σε 22075,929 TOE το 2007 (Σχήμα 3-16).



Σχήμα 3-16 Τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ελλάδα (Eurostat, 2020)

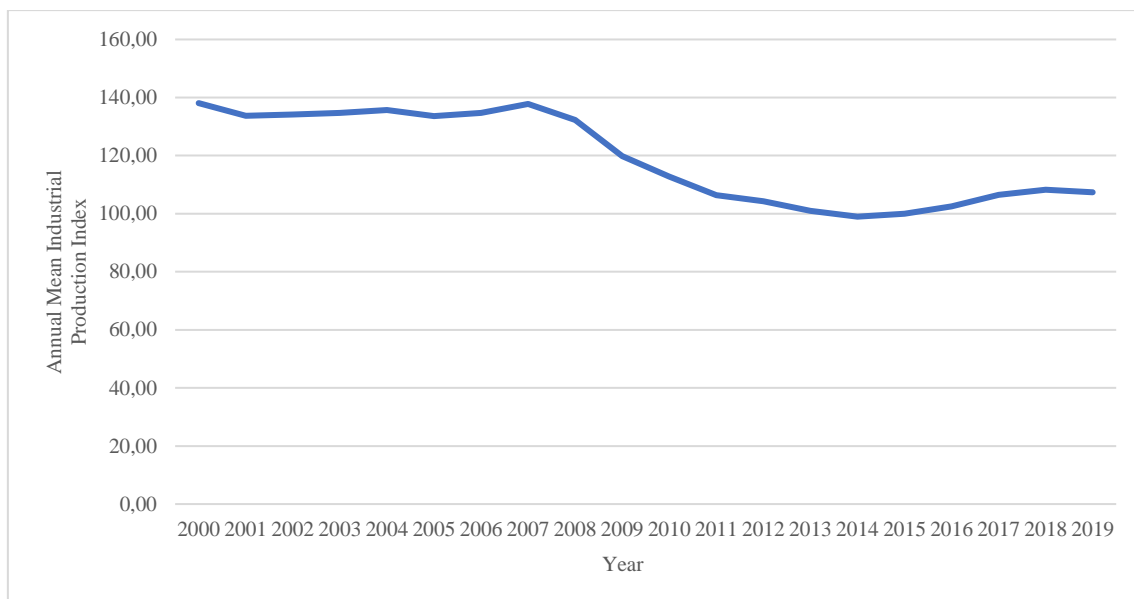
Από το 2007 έως το 2010, για πρώτη φορά, είναι ορατή μια πτώση της τιμής, σε 19022,084 TOE το 2010. Από την αρχή της οικονομικής κρίσης, κατά την περίοδο 2010-2013 αναφέρεται μια πτώση στις τιμές της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της Ελλάδας, από το 19022,084 TOE το 2010 σε 15342,068 το 2013. Μετά το 2013 ακολουθεί μια μικρή αύξηση της αξίας της, παραμένοντας σχεδόν σταθερή και το 2018 σχηματίζεται στο 15952,554 TOE [24].

Γίνεται προφανές ότι, μετά το ξέσπασμα της ελληνικής κρίσης χρέους, ειδικά κατά τα πρώτα χρόνια, η πτώση της τελικής αξίας κατανάλωσης ενέργειας ήταν τόσο σημαντική που, μέχρι το 2018, δεν είχε φτάσει ακόμη στις προ της κρίσης τιμές. Αυτό είναι επειδή η

μακροχρόνια οικονομική κρίση οδήγησε σε περιορισμό και πιο ορθολογική χρήση ενέργειας, όχι μόνο από τα νοικοκυριά, αλλά και από πολλούς άλλους τομείς της ελληνικής οικονομικής δραστηριότητας. Η πτώση της Τελικής Κατανάλωσης Ενέργειας κατά τη διάρκεια αυτής της δύσκολης δεκαετίας για την Ελλάδα συνέβαλε, όπως αναμενόταν, στις χαμηλές τιμές ενεργειακής έντασης.

Ο Ελληνικός Δείκτης Βιομηχανικής Παραγωγής είναι επίσης ένας παράγοντας, ο οποίος έχει σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση της ενεργειακής έντασης της χώρας. Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, ο δείκτης αυτός εκφράζει, σε μηνιαία βάση, την παραγωγή όλων των μεγάλων κλάδων της ελληνικής βιομηχανίας, μαζί με ορυχεία και ηλεκτρικό ρεύμα. Η τελευταία αναθεώρηση του δείκτη χρησιμοποιεί το έτος 2015 ως έτος βάσης για τον σχηματισμό του, που έχει την τιμή 100 [20].

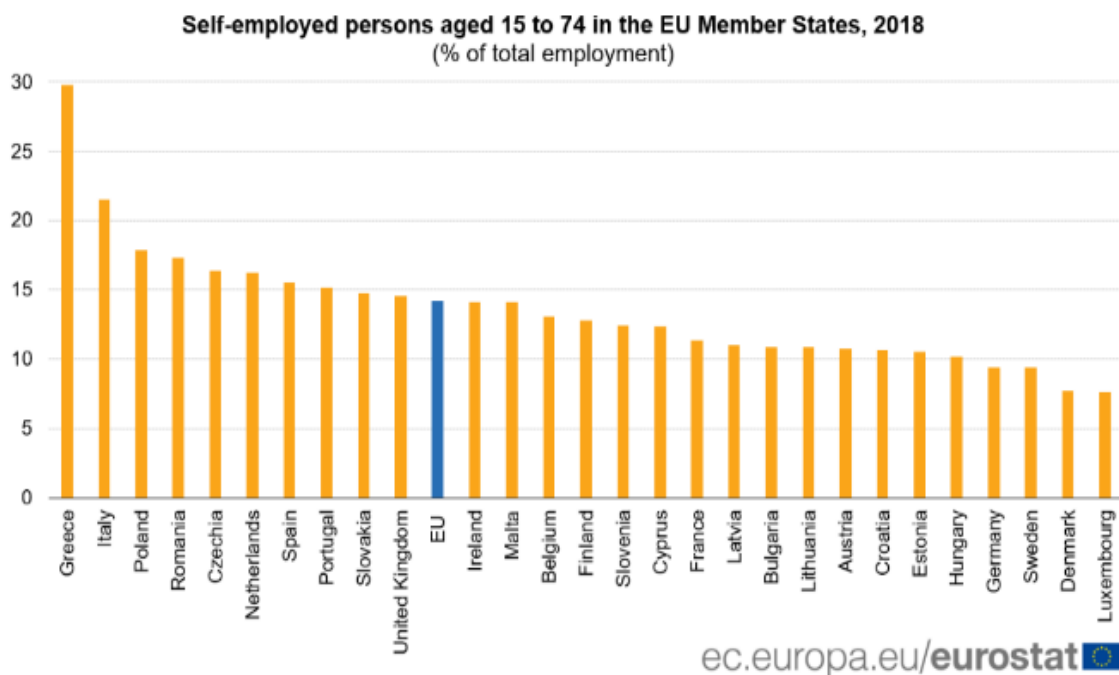
Κατά τα έτη 2000-2007, ο Δείκτης Βιομηχανικής Παραγωγής παρέμεινε σχεδόν σταθερός, με μικρές διακυμάνσεις και πήρε τη μέγιστη τιμή του το 2007 (137,77) (Σχήμα 3-17). Από το 2007, ακόμη και πριν από το ξέσπασμα της οικονομικής κρίσης, έως το 2014, η βιομηχανική παραγωγή μειώθηκε ραγδαία, σε 98,97 το 2014. Αυτό οφείλεται όχι μόνο στις σοβαρές οικονομικές συνθήκες, όπου οι μεγάλες βιομηχανίες μείωσαν την παραγωγή τους ή έπαψαν να λειτουργούν, αλλά και λόγω του ραγδαίου ρυθμού αποβιομηχάνισης της χώρας. Από το 2014 και μετά, ο δείκτης βιομηχανικής παραγωγής έχει μικρότερη άνοδο στην αξία του (107,40 το 2019), αλλά δεν έχει φτάσει ακόμη στις τιμές πριν από την κρίση. Όλα αυτά τα γεγονότα επηρέασαν τη διαμόρφωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια αυτών των ετών (αύξηση 2000-2007, πτώση το 2007-2013, μικρή άνοδος 2013-2018). Αυτός ο αντίκτυπος είναι επίσης εμφανής στις χαμηλές τιμές του Δείκτη Έντασης Ενέργειας κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης, εκτός από την αρχή της διετούς περιόδου 2010-2012 [19].



Σχήμα 3-17 Ελληνικός δείκτης βιομηχανικής παραγωγής (ΕΛΣΤΑΤ, 2020)

3.2.2 Ανθεκτικότητα της Ελληνικής Οικονομίας

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, είναι ασφαλές να συνδέσετε αυτά τα ευρήματα με την ικανότητα της χώρας να συμμορφωθεί και να φτάσει στην ανθεκτικότητα [1]. Το χαμηλό επίπεδο ανισότητας και κυρίως η ικανότητα των νοικοκυριών να εξομαλύνουν τα εισοδήματα είναι το κλειδί για την κατανόησή του [44]. Η μείωση της βιομηχανικής παραγωγής και ο περιορισμός των δραστηριοτήτων του κατασκευαστικού τομέα έως το τέλος της δεκαετίας του 2000, και η ίδια η κρίση, οδήγησαν σε ταχεία μείωση του ΑΕΠ και μείωση της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Αυτά τα γεγονότα, σε συνδυασμό με την περαιτέρω ενίσχυση του τουρισμού, ιδίως κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης (αύξηση αφίξεων, εγκαταστάσεων και κλινών), συνέβαλαν στην περαιτέρω μετατροπή της ελληνικής οικονομίας σε οικονομία υπηρεσιών. Επιπλέον, ένας άλλος παράγοντας που βοηθά τις οικονομίες να προσαρμοστούν καλύτερα στις εμπορικές διαταραχές είναι η αυτοαπασχόληση. Σύμφωνα με το Σχήμα 3-18, η Ελλάδα είναι η πρώτη χώρα στην Ευρώπη και στην πραγματικότητα με σχεδόν διπλάσιο τον ευρωπαϊκό μέσο όρο το 2018 σε έναν αριθμό αυτοαπασχολούμενων [27]. Το υψηλότερο μερίδιο των αυτοαπασχολούμενων εργαζομένων σε μια κομητεία συνδέεται αναμφισβήτητα με μεγαλύτερη ανθεκτικότητα της οικονομίας [42]. Μετά από δέκα χρόνια οικονομικής ισορροπίας που ακολουθούνται από δέκα χρόνια βαθιάς χρηματοπιστωτικής κρίσης, είναι προφανές ότι, παρόλο που το ελληνικό κράτος έχει χαμηλό οικονομικό σύστημα διαφοροποίησης, είναι προσαρμοστικό και οι πυλώνες της κοινωνίας μπορούν να αντισταθούν σε ατυχίες.



Σχήμα 3-18 Αυτοαπασχολούμενοι ηλικίας 15 έως 74 ετών στα κράτη μέλη της ΕΕ, 2018 (Eurostat, 2019)

Η εξέταση σημαντικών οικονομικών δεδομένων δείχνει ότι οι παγκόσμιες οικονομικές και πολιτικές συνθήκες έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην ελληνική οικονομική κρίση της τελευταίας δεκαετίας. Το πραγματικό κατά κεφαλήν ΑΕΠ μειώθηκε σημαντικά, ο πληθυσμός μειώθηκε και οι μεγάλες επιχειρήσεις είτε εγκατέλειψαν τη χώρα είτε έπρεπε να κάνουν μεγάλες απολύσεις, λόγω των υψηλών οικονομικών επιβαρύνσεων, της φορολογίας και του αυξανόμενου κόστους της ενέργειας.

Ενώ η συνολική ενεργειακή ένταση κατά την περίοδο 2000-2010 μειώνεται, η ενεργειακή ένταση δείχνει μια ενδιαφέρουσα συμπεριφορά: αύξηση για μερικά χρόνια και στη συνέχεια πτώση, προτού γίνει πάλι σταθερή, επιστρέφοντας στα προ της κρίσης επίπεδα. Αυτό το φαινομενικό παράδοξο οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως, μεταξύ άλλων, χαμηλή τελική κατανάλωση ενέργειας, μείωση της βιομηχανικής παραγωγής και αναλογική ενίσχυση του τομέα των υπηρεσιών, ιδίως στον τουρισμό και την αυτοαπασχόληση. Όλα τα παραπάνω οδηγούν σε μειωμένες ενεργειακές ανάγκες με αποτέλεσμα χαμηλή ενεργειακή ένταση (ΕΙ), ενώ ταυτόχρονα αποκαλύπτεται η ανθεκτικότητα της ελληνικής οικονομίας.

Η διαφορά μεταξύ των δύο (ΕΙ και ΑΕΠ κατά κεφαλή ή κάποιο ισοδύναμο δείκτη οικονομικού δείκτη) μπορεί να προσφέρει μια νέα μέτρηση για την κατανάλωση ενέργειας με πιθανές εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Μπορεί να αποκαλύψει την ενεργειακή χρήση σε έξυπνα κτίρια και έξυπνες πόλεις και να είναι χρήσιμη για αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων σε έξυπνα δίκτυα.

3.3 Net Zero By 2050

Οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) φαίνεται να ενισχύουν την αύξηση του ΑΕΠ, ιδίως στις ανεπτυγμένες χώρες. Επενδύοντας σε ΑΠΕ, οι χώρες ανταποκρίνονται στις δεσμεύσεις για το Net-Zero έως το 2050 και επιταχύνουν την ανάπτυξη με τρόπους που παράγουν ευρύτερα οφέλη για μια οικονομία. Στην Ελλάδα, η πρωτογενής ενέργεια από ΑΠΕ διπλασιάστηκε κατά τη δεκαετία 2006-2016 συμβάλλοντας έτσι σε ένα αυξανόμενο μερίδιο των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η συνεισφορά των ΑΠΕ τριπλασιάστηκε ως ποσοστό της συνολικής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας [48].

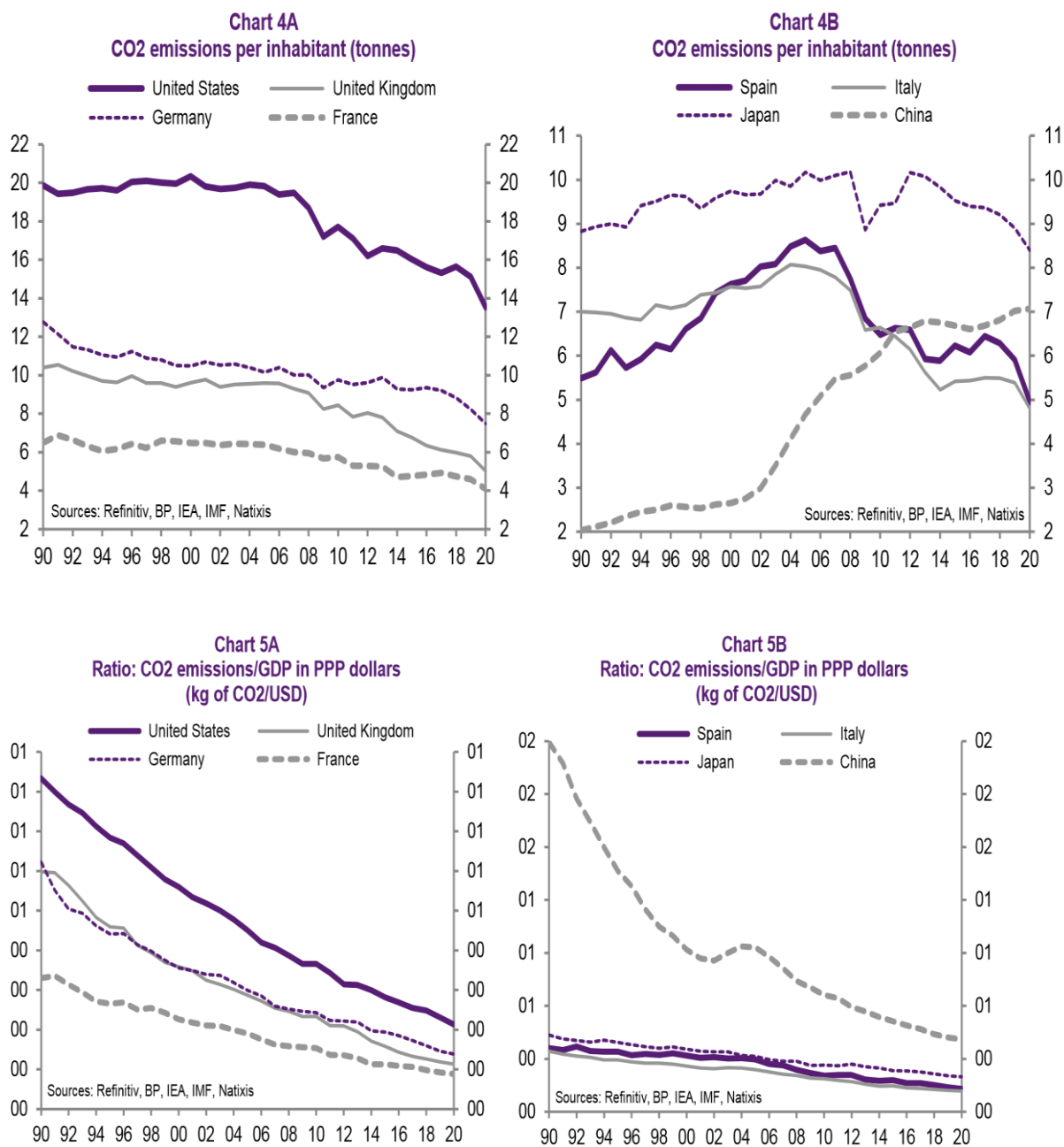
Η Ελλάδα πέρασε από μια ταραχώδη δεκαετία, γνωστή ως περίοδος της ελληνικής κρίσης χρέους, η οποία παρέχει άφθονα δεδομένα και πληροφορίες για το πώς μια προηγμένη οικονομία μπορεί να πέσει σε μια παρατεταμένη ύφεση, η οποία από όλους τους λογαριασμούς εμφανίστηκε ως οικονομική ανωμαλία μια απρόβλεπτη μοναδικότητα που εμφανίστηκε με μικρή προειδοποίηση και τρομερές συνέπειες. Ένα βασικό ζήτημα του προβλήματος, που επηρεάζεται από τις μακροοικονομικές μεταβλητές, είναι η κατανάλωση ενέργειας της χώρας και τα σχετικά ερωτήματα, δηλαδή ποιο πρέπει να είναι το κατάλληλο ενεργειακό μείγμα για να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις μιας οικονομίας που υφίσταται επικίνδυνο κύλινδρο αλλαγών, καθώς προσπαθούν να επιβιώσουν από την κρίση. Σε αυτό το πλαίσιο βρίσκουμε ευκαιρίες για μοντελοποίηση μοναδικών φαινομένων και πιθανώς για την απόκτηση έγκυρων εργαλείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποτροπή μελλοντικών κρίσεων, καθώς και για την πρόοδο των μελλοντικών οικονομικών αποφάσεων, ιδίως ενόψει των νέων υποδομών που βασίζονται όλο και περισσότερο σε AI και ML, αυτοματοποιημένες αποφάσεις που εντοπίζονται στη ζήτηση με γνώμονα τις τιμές σε έξυπνα ενεργειακά συστήματα (IES). Καθώς τα συστήματα τροφοδοσίας συνδέονται με το Διαδίκτυο σε διαφορετικές κλίμακες, το IES παρουσιάζει καινοτομίες που περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται σε αυτές, SCADA, έξυπνες πόλεις, έξυπνα σπίτια, ηλεκτρικά αυτοκίνητα και ευκαιρίες για να απελευθερώσουν τον άνθρακα και να μειώσουν τη χρήση υδρογονανθράκων [48].

Εκτός από την απώλεια σχεδόν ενός τετάρτου του ΑΕΠ καθ' όλη τη διάρκεια της δεκαετούς ύφεσης, η Ελλάδα έχασε περισσότερο από περίπου 10% του ΑΕΠ λόγω της πανδημίας Covid-19. Σε απόλυτους νομισματικούς όρους, το ελληνικό ΑΕΠ μειώθηκε κατά σχεδόν 64 δισεκατομμύρια ευρώ. Υπενθυμίζεται ότι το ελληνικό ΑΕΠ το 2008 ήταν 232 δισεκατομμύρια ευρώ. Ως εκ τούτου, με οποιοδήποτε μέτρο, η σωρευτική απώλεια για την

ελληνική οικονομία λόγω της ελληνικής κρίσης του χρέους και της πανδημίας Covid-19 είναι ένα συγκλονιστικό 28%-30% του ΑΕΠ, αριθμός συγκρίσιμος μόνο με ζημίες που προκλήθηκαν από έναν μεγάλο πόλεμο. Η ανάκτηση του 30% του χαμένου εθνικού εισοδήματος απαιτεί έναν σημαντικό στρατηγικό επαναπροσανατολισμό που οδηγείται σε μεγάλο βαθμό από ορθολογικές εκτιμήσεις και σενάρια εγχώριων παραγωγικών ικανοτήτων καθώς και από το διεθνές μακρο-περιβάλλον τις επόμενες δεκαετίες. Για τους λόγους αυτούς, η Ελλάδα προσάρμοσε την παγκόσμια πρωτοβουλία Net Zero έως το 2050, την οποία αγκαλιάζει η ΕΕ και οι πλουσιότερες χώρες που συμμετέχουν αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 70% της παγκόσμιας κατανάλωσης [48].

Ο αγώνας για την απομάκρυνση του άνθρακα στην παγκόσμια οικονομία μπορεί να γίνει το κύριο έργο της ανθρωπότητας στις επόμενες δεκαετίες. Η διεθνής συναίνεση σχετικά με την ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή έχει δημιουργήσει έναν σκληρό επιστημονικό στόχο, που είναι ένα πλαφόν αύξησης της θερμοκρασίας 2°C σε σύγκριση με τα προ-βιομηχανικά επίπεδα. Για να το επιτύχουμε, υπάρχει ανάγκη εξάλειψης περίπου 35 δισεκατομμυρίων τόνων εκπομπών CO₂ ετησίως εντός των επόμενων τριών δεκαετιών. Πολλές σχετικές καινοτομίες βρίσκονται σε εξέλιξη, οι οποίες περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται σε αυτές, νέες πυρηνικές γεννήτριες, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έξυπνα δίκτυα, ηλεκτροκίνηση μεταφορών, έξυπνες κατοικίες και έξυπνες πόλεις. Ο τρόπος με τον οποίο η Ελλάδα μπορεί να συμμετάσχει στην ανάπτυξη καινοτομιών IES και να συμβάλει στην παγκόσμια προσπάθεια του Net-Zero έως το 2050 απαιτεί αυστηρή επιστημονική ανάλυση των φαινομένων που εμπλέκονται στην περίοδο της ελληνικής κρίσης χρέους. Σε αυτήν την περίοδο, η μετατροπή ενέργειας σε ΑΠΕ έχει δείξει πιθανές εναλλακτικές λύσεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την προσέλκυση επενδύσεων υπό συνθήκες λιτότητας, ενώ δημιουργεί ανθρώπινο κεφάλαιο και υποδομές για το Net Zero έως το 2050 [48].

Αυτό που θέλουμε να τονίσουμε είναι ότι πολλές χώρες του ΟΟΣΑ όπως η Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, η Ευρωπαϊκή Ένωση, η Ιαπωνία, το Ηνωμένο Βασίλειο αποφάσισαν να έχουν εκμηδενισμό της χρήσης υδρογονανθράκων έως το 2050 ενώ για την Κίνα ως το 2060. Τα σχεδιαγράμματα chart4A, chart4B, chart5A και chart5B, στο Σχήμα 3-19 δείχνουν ότι οι περισσότερες εκπομπές υδρογονανθράκων κατά κεφαλήν έχουν η ΗΠΑ, Γερμανία, Ιαπωνία και ανά μονάδα ΑΕΠ έχουν η ΗΠΑ, Κίνα και Ιαπωνία [48].



Σχήμα 3-19 Εκπομπές υδρογονανθράκων κατά κεφαλή ΑΕΠ

Καταλαβαίνουμε ότι εάν μία χώρα ξεκινάει από υψηλό επίπεδο εκπομπών υδρογονανθράκων ανά μονάδα ΑΕΠ ή με το ΑΕΠ per capita έχουν μεγαλύτερο οικονομικό κόστος σε σχέση με άλλες χώρες που δεν έχουν υψηλά επίπεδα υδρογονανθράκων. Στις συγκεκριμένες χώρες θα υπάρξει καταστροφή κεφαλαίου κυρίως σε τομείς που παράγουν ή χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα, οι απώλειες αγοραστικής δύναμης θα είναι μεγάλη. Επίσης θα υπάρξει μείωση θέσεων εργασίας στον συγκεκριμένο τομέα, αλλά θα αυξηθεί στον τομέα παραγωγής πράσινης ενέργειας. Αυτό κάποιος θα θεωρούσε ότι είναι το ίδιο

πράγμα αλλά δεν ισχύει κάτι τέτοιο. Οι νέες θέσεις εργασίας είναι όμως τελείως διαφορετικές από τις παλιές. Θα υπάρχουν φορολογικές ελαφρύνσεις που θα απαιτηθούν για τη χρηματοδότηση μίας δίκαιης μετάβασης, δηλαδή μίας μετάβασης που δεν θα επηρεάζει οικονομικά τους φτωχότερους. Το βασικό είναι ότι όταν μία χώρα προσπαθεί να εκμηδενίσει τους υδρογονάνθρακες επενδύει αρκετά στην μετάβασή της στην ανανεώσιμη ενέργεια με αποτέλεσμα οι άλλες επενδύσεις να υποστούν ζημιές [48].

Κεφάλαιο 4 Η Κρίση της Ελλάδας – Ευφυής Ανάλυση Δεδομένων από την Ενεργειακή Οικονομία

4.1 Οικονομικές Επιπτώσεις στο Ισοζύγιο Πληρωμών της Ελλάδας λόγω της Ενεργειακής Κρίσης

Εκτιμώντας τις οικονομικές επιπτώσεις στο ισοζύγιο πληρωμών της Ελλάδας (Balance of Payments (BOP) λόγω της ενεργειακής κρίσης, καθώς και τις επιπτώσεις του στο διαθέσιμο εισόδημα των Ελλήνων καταναλωτών για την περίοδο 2000 έως 2010, τα αποτελέσματα αποκάλυψαν το μέγεθος των κρατικών δαπανών για εισαγωγές υδρογονανθράκων καθώς και η μείωση του διαθέσιμου εισοδήματος των Ελλήνων καταναλωτών, λόγω αγοράς ορυκτών καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κρατικές δαπάνες για την περίοδο 2000 έως 2010 ήταν 79 δισεκατομμύρια ευρώ για εισαγωγές αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου, ενώ 120 δισεκατομμύρια ευρώ δαπανήθηκαν για την αγορά βενζίνης, υπολειπόμενου μαζούτ και ηλεκτρικής ενέργειας. Υπήρξε μια απότομη αύξηση των κρατικών δαπανών κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου για εισαγωγές υδρογονανθράκων και επιδείνωση του διαθέσιμου εισοδήματος των καταναλωτών, υποδεικνύοντας σημαντική αύξηση του ελλείμματος BOP της Ελλάδας και σημαντική μείωση του βιοτικού επιπέδου των Ελλήνων πολιτών. Ουσιαστικά, εδώ δείχνουμε ότι η Ελλάδα υπέστη όχι μόνο μια κοινωνικοοικονομική κρίση αλλά και μια ενεργειακή κρίση, επιδεινώνοντας τις οικονομικές δυσκολίες της χώρας. Επικεντρώνουμε στις ενεργειακές οικονομικές επιπτώσεις στο BOP της Ελλάδας και στο διαθέσιμο εισόδημα των Ελλήνων καταναλωτών για την περίοδο 2000 έως 2010 λόγω της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης και της αύξησης των τιμών των ορυκτών καυσίμων. Προκειμένου να εκτιμηθούν οι ενεργειακές οικονομικές επιπτώσεις στις δαπάνες της ελληνικής κυβέρνησης και στο διαθέσιμο εισόδημα των Ελλήνων πολιτών, όλοι οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν μέσω μιας διαδικασίας προσέγγισης, λαμβάνοντας υπόψη την υπόθεση ότι η Ελλάδα δεν παράγει καμία μορφή υδρογονανθράκων και ότι όλοι οι παράγοντες παραγωγής ενέργειας εισάγονται. Μέσα από αυτήν την προσέγγιση, θα προσδιοριστούν οι ποσοτικές επιπτώσεις στο ΑΕΠ της Ελλάδας και στο διαθέσιμο εισόδημα των Ελλήνων καταναλωτών.

4.1.1 Εισαγωγή

Το πετρέλαιο, όπως όλα τα ορυκτά καύσιμα, θεωρείται σπάνιος πόρος, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχουν πεπερασμένα αποθέματα σε όλο τον κόσμο τα οποία πρέπει να διαχειρίζονται αποτελεσματικά και σοφά. Σήμερα, το πετρέλαιο χρησιμοποιείται ως πρώτη

ύλη για σχεδόν κάθε προϊόν που υπάρχει σε οποιαδήποτε αγορά. Όμως, η προσφορά πετρελαίου μετατράπηκε από ελαστική σε ανελαστική [59], με αποτέλεσμα τις μεταβολές των τιμών λόγω της υπερβολικής ζήτησης. Η αιτία αυτής της αλλαγής στην ελαστικότητα της προσφοράς είναι ότι τα αποθέματα πετρελαίου που είναι άμεσα διαθέσιμα για παραγωγικές χρήσεις μειώνονται μέρα με τη μέρα και τα νέα αποθέματα πετρελαίου ενδέχεται να κοστίζουν περισσότερο ή να χρειαστούν περισσότερο χρόνο για να αντληθούν [59]. Άλλοι πόροι ορυκτών καυσίμων ή εναλλακτικές μορφές ενέργειας (όπως η ηλιακή ενέργεια) δεν μπορούν να αποτελέσουν άμεση εναλλακτική λύση για τυχόν μελλοντικές ελλείψεις εφοδιασμού σε πετρέλαιο, καθώς δεν είναι ακόμη τόσο οικονομικά αποδοτικές όσο το πετρέλαιο [59]. Αυτή η έλλειψη πετρελαίου και η έλλειψη υποκατάστατων μπορεί να σημαίνει ότι επικρατεί ενεργειακή κρίση με την έννοια ότι οι κυβερνήσεις ή/και οι καταναλωτές θα πρέπει να αναλάβουν υψηλότερο κόστος για τις ενεργειακές τους χρήσεις. Μια λύση σε μια τέτοια απειλή θα ήταν η απομάκρυνση από τα ορυκτά καύσιμα και η μετάβαση σε μη συμβατικά ορυκτά καύσιμα ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το πρόβλημα με μια τέτοια μετάβαση είναι ότι το κόστος της απαραίτητης τεχνολογίας είναι υψηλό και ακόμη και αν υπήρχε μια φθηνή μέθοδος ανάπτυξης, θα χρειαζόνταν δεκαετίες προετοιμασίας για έναν τέτοιο μετασχηματισμό [59]. Η παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου φτάνει στο αποκορύφωμά της στο εγγύς μέλλον, ενώ τα πιο σημαντικά πετρελαϊκά κοιτάσματα σε όλο τον κόσμο έχουν ήδη φτάσει στο ανώτατο επίπεδο παραγωγής τους [13]. Για λόγους διευκρίνισης, η παραγωγή λαδιού μπορεί να συγκριθεί με τις φάσεις παραμόρφωσης ενός μεταλλικού υλικού. Ένα υλικό υπό τάση εφελκυσμού αρχικά θα παραμορφωθεί ελαστικά, όπου η τάση είναι ανάλογη της καταπόνησης και το υλικό μπορεί να ανακάμψει από αυτήν την παραμόρφωση. Μόλις ξεπεραστεί το επίπεδο τάσης απόδοσης, η ελαστική παραμόρφωση μετατρέπεται σε πλαστική παραμόρφωση, όπου η παραμόρφωση στο υλικό είναι μόνιμη και μη ανακτήσιμη. Επιπλέον, εάν η τάση συνεχίσει να αυξάνεται μετά από αυτό το σημείο, θα εμφανιστεί ρωγμή στο υλικό και τελικά θα λάβει χώρα θραύση [9]. Οι φάσεις παραμόρφωσης των μετάλλων, μπορούν να συγκριθούν με τις φάσεις παραγωγής πετρελαίου, καθώς η παραγωγή πετρελαίου βρίσκεται επί του παρόντος σε φάση πλαστικής παραμόρφωσης και έχει ήδη συμβεί, αφού τα σημαντικότερα κοιτάσματα πετρελαίου έχουν κορυφώσει τα επίπεδα παραγωγής τους. Ωστόσο, το σημείο που θα γίνει η «κατάρρευση» δεν είναι ακόμα βέβαιο, αλλά είναι στο εγγύς μέλλον, χώρες

που πλήττονται περισσότερο από τις επιπτώσεις των ευρέων διακυμάνσεων της τιμής του πετρελαίου είναι αυτές που βασίζονται στις εισαγωγές για τις ενεργειακές τους ανάγκες.

Η Ελλάδα, όπως σχεδόν κάθε χώρα της Νότιας Ευρώπης, εξαρτάται από το εισαγόμενο πετρέλαιο [59]. Αυτό σημαίνει ότι τυχόν απότομες μεταβολές των τιμών του πετρελαίου έχουν καταστροφικές συνέπειες στην εγχώρια οικονομία, βλάπτοντας όχι μόνο τον κρατικό προϋπολογισμό αλλά και το εισόδημα των πολιτών. Επιπλέον, το πετρέλαιο χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή άλλων μορφών ενέργειας, όπως η ηλεκτρική ενέργεια, στην παραγωγή των απαραίτητων εμπορευμάτων καθώς και στο δημόσιο και ιδιωτικό σύστημα μεταφορών. Ως εκ τούτου, οι απότομες μεταβολές των τιμών του πετρελαίου, ενδέχεται να έχουν πιέσει περαιτέρω το ήδη συρρικνωμένο διαθέσιμο εισόδημα των Ελλήνων καταναλωτών και να έχουν προκαλέσει επιδείνωση του δημόσιου χρέους. Οποιαδήποτε τέτοια ευρήματα θα δείξουν ότι το κόστος της τιμής του πετρελαίου μπορεί να έχει οδηγήσει σε μεγάλη μείωση του επιπέδου απωλειών στην Ελλάδα, ενώ μπορεί επίσης να επιδεινώσει το δημοσιονομικό έλλειμμα.

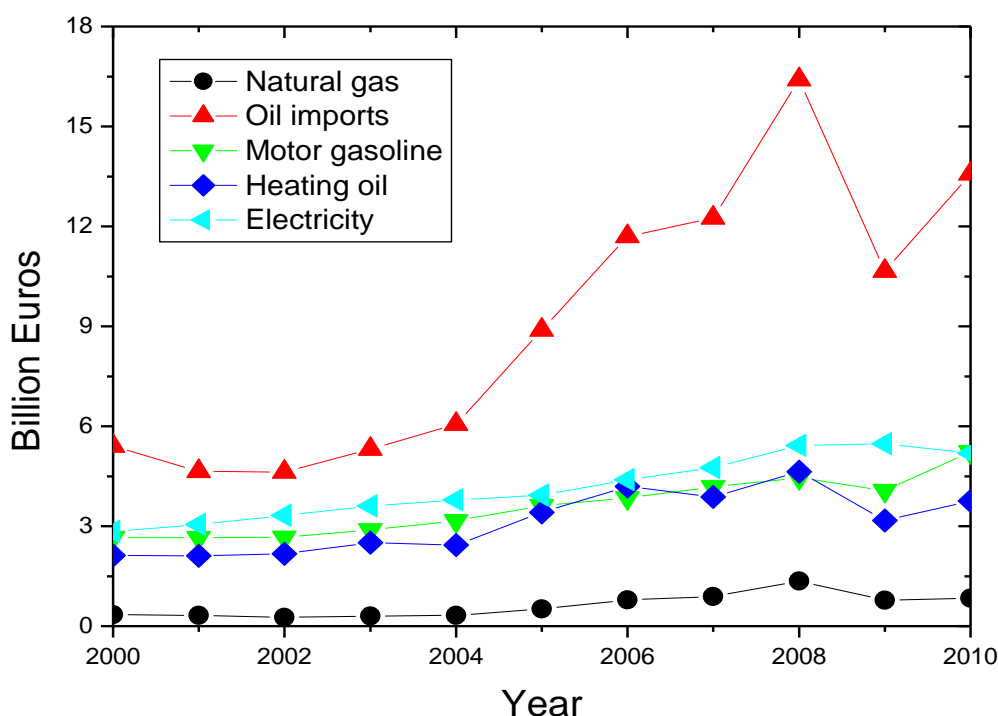
Η Ελλάδα εισάγει αργό πετρέλαιο κυρίως από τις χώρες του ΟΠΕΚ, όπως η Σαουδική Αραβία, το Κουβέιτ, το Ιράκ και το Ιράν [66]. Οι τιμές του πετρελαίου επηρεάζονται πολύ από οποιαδήποτε δυσμενή κατάσταση σε αυτές τις χώρες, όπως ο πόλεμος μεταξύ των ΗΠΑ και του Ιράκ. Αυτός ο πόλεμος διήρκεσε 9 χρόνια, από τον Μάρτιο του 2003 έως τον Οκτώβριο του 2011, και αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα στις απότομες μεταβολές των τιμών του πετρελαίου παγκοσμίως [55]. Το φυσικό αέριο εισάγεται κυρίως από τη Ρωσία μέσω δικτύου αγωγών που διασχίζει όλη την Ευρώπη και την Τουρκία [66].

Η Ελλάδα αναγκάστηκε να ζητήσει οικονομική βοήθεια από τη λεγόμενη «τρίκα», δηλαδή την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), την Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα (ΕΚΤ) και το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο (ΔΝΤ) το 2010 [37] προκειμένου να αποφύγει μια χρεωκοπία. Το πρόγραμμα διάσωσης περιλάμβανε χρηματοδότηση σε μετρητά έναντι μέτρων για τη μείωση του ελλείμματος της χώρας [37]. Ως αποτέλεσμα, υπήρξε μείωση των δημόσιων δαπανών, καθώς η ελληνική κυβέρνηση έπρεπε να μειώσει τις δαπάνες της και επίσης υπήρξε πτώση των εγχώριων και ξένων επενδύσεων. Εν τω μεταξύ, η ελληνική κυβέρνηση συνέχισε να εισάγει πετρέλαιο και φυσικό αέριο για τις ενεργειακές της ανάγκες. Αυτή η μελέτη θα προσπαθήσει να αξιολογήσει εάν οι εισαγωγές υδρογονανθράκων συνέβαλαν περισσότερο ή λιγότερο στην επιδείνωση του δημόσιου χρέους της Ελλάδας και πρόσθεσαν στην οικονομική επιβάρυνση που υπέστησαν οι Έλληνες πολίτες κατά την περίοδο 2000-

2010. Για το σκοπό αυτό, η μελέτη αναλύει τα δεδομένα των τιμών του πετρελαίου και τις τιμές εισαγωγής στο υπό εξέταση χρονικό διάστημα, προκειμένου να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις των υδρογονανθράκων στις δαπάνες της Ελλάδας και στο βιοτικό επίπεδο των πολιτών.

4.1.2 Αποτελέσματα

Μια σειρά υπολογισμών, οδήγησαν στα ακόλουθα συμπεράσματα, τα οποία περιγράφουν τους αρνητικούς εξωγενείς παραμέτρους των αυξημένων τιμών ενέργειας για το ελληνικό δημόσιο και τους καταναλωτές.



Σχήμα 4-1 Το μέσο ετήσιο ενεργειακό κόστος για φυσικό αέριο, εισαγωγές πετρελαίου, βενζίνη κινητήρων, πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρική ενέργεια στην Ελλάδα για την περίοδο 2000-2010

Το Σχήμα 4-1 αναφέρει το ετήσιο μέσο ενεργειακό κόστος για φυσικό αέριο, εισαγωγές πετρελαίου, βενζίνη κινητήρα, πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρικό ρεύμα στην Ελλάδα για την περίοδο 2000 έως 2010. Το ετήσιο μέσο κόστος για αυτά αυξάνεται κατά την περίοδο 2000-2008 με εξαίρεση το 2009 όταν η ύφεση αντιστρέψει την τάση. Εξαίρεση αποτελεί το ετήσιο μέσο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας που παρουσιάζει καθυστέρηση και μειώνεται το 2010.

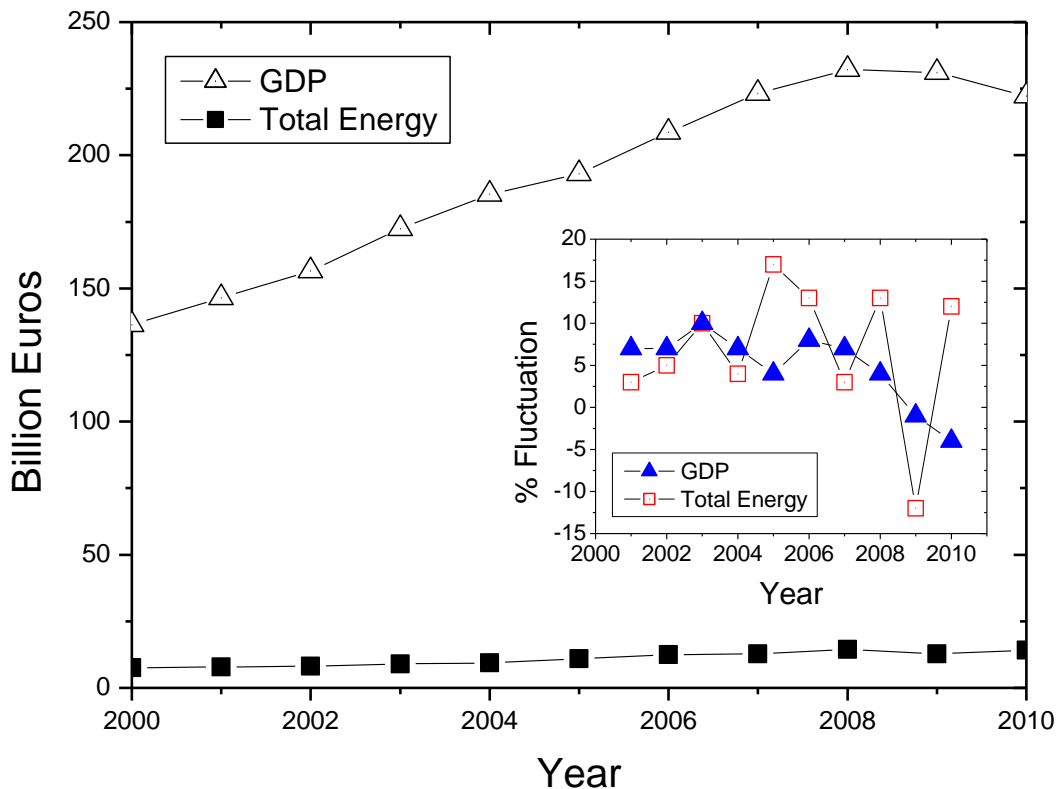
Οι ετήσιες συνολικές δαπάνες της Ελληνικής Κυβέρνησης για υδρογονάνθρακες κατά την περίοδο 2000 έως 2004 δεν ξεπέρασαν τα 5,3 δισεκατομμύρια ευρώ. Μεταξύ 2005 και 2008

σημειώθηκε απότομη αύξηση των ετήσιων συνολικών δαπανών για υδρογονάνθρακες, κορυφώνοντας το 2008 σε 12,3 δισεκατομμύρια ευρώ. Οι κύριοι παράγοντες που συνέβαλαν σε αυτή την απότομη αύξηση ήταν οι υψηλές -ρεκόρ μέσες τιμές αργού πετρελαίου Brent και φυσικού αερίου (103\$/βαρέλι και 474\$/TCM αντίστοιχα), οι οποίες εξισορρόπησαν από τη συναλλαγματική ισοτιμία του Ευρώ έναντι του δολαρίου ΗΠΑ το 2008. Οι συνέπειες της παγκόσμιας ύφεσης παρατηρούνται το 2009, όταν το ετήσιο συνολικό κόστος για τους υδρογονάνθρακες μειώθηκε στα 7,7 δισεκατομμύρια ευρώ.

Διακυμάνσεις. Το Σχήμα 4-2 αναφέρει το ΑΕΠ και το μέσο ετήσιο συνολικό κόστος ενέργειας στην Ελλάδα για την περίοδο 2000 έως 2010. Το μέσο ετήσιο συνολικό κόστος ενέργειας αναφέρεται στο άθροισμα του μέσου ετήσιου κόστους για βενζίνη κινητήρα, πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό έχει άμεση επίδραση στο διαθέσιμο εισόδημα των Ελλήνων. Όπως ήταν αναμενόμενο, υπάρχει μια ανοδική τάση στο ετήσιο συνολικό κόστος ενέργειας, με τα αποτελέσματα της ύφεσης να εμφανίζονται το 2009. Είναι ενδιαφέρον ότι το 2010 καθώς η ύφεση κερδίζει έδαφος (όπως αντικατοπτρίζεται από την απώλεια του ΑΕΠ κοντά στα 10 δις. Ευρώ μεταξύ 2008 και 2010) υπάρχει πολύ ισχυρή αναπήδηση του συνολικού ενεργειακού κόστους που ανακτά τις περισσότερες απώλειές τους από το 2008.

Για να ποσοτικοποιήσουμε αυτά τα ζητήματα εισάγουμε την έννοια της Διακύμανσης που συνδέει ουσιαστικά την ετήσια % μεταβολή του ΑΕΠ ή το μέσο ετήσιο συνολικό ενεργειακό κόστος. Η διακύμανση ορίζεται εδώ με $(A_{n+1}-A_n)/A_n$ όπου A είναι το ΑΕΠ (ή μέσο ετήσιο συνολικό κόστος ενέργειας) και n είναι το έτος.

Το ένθετο του Σχήματος 4-2 αναφέρει την ετήσια διακύμανση του ΑΕΠ και το μέσο ετήσιο συνολικό κόστος ενέργειας κατά την περίοδο ενδιαφέροντος. Παρατηρείται ότι η διακύμανση των δύο συμπεριφέρεται ομαλά μέχρι το 2004, ωστόσο, στη συνέχεια υπάρχουν απότομες μεταβολές στο συνολικό κόστος ενέργειας.



Σχήμα 4-2 Το ΑΕΠ και το μέσο ετήσιο συνολικό ενεργειακό κόστος στην Ελλάδα για την περίοδο 2000 έως 2010. Το μέσο ετήσιο συνολικό ενεργειακό κόστος αναφέρεται στο άθροισμα του μέσου ετήσιου κόστους για βενζίνη κινητήρων, πετρέλαιο θέρμανσης και ηλεκτρική ενέργεια. Η διακύμανση αναφέρεται στην ετήσια % μεταβολή του ΑΕΠ ή της συνολικής ενέργειας

Είναι χαρακτηριστικό ότι η κορυφαία αρνητική διακύμανση του συνολικού ενεργειακού κόστους παρατηρείται το πρώτο έτος της ύφεσης (2009) αλλά ανακάμπτει το επόμενο έτος αν και η ύφεση συνεχίζεται. Εάν διατίθενται περαιτέρω δεδομένα, τα ποσοτικά χαρακτηριστικά αυτού του συστήματος μπορούν να αναλυθούν μέσω του νέου πεδίου σύνθετων συστημάτων. Ειδικότερα, θα είναι ενδιαφέρον να συσχετισθεί η διακύμανση του συνολικού ενεργειακού κόστους στα οικονομικά γεγονότα με τρόπο ανάλογο με τα φυσικά φαινόμενα [14] [16][101].

Σε κάθε περίπτωση, οι διακυμάνσεις του ενεργειακού κόστους μπορούν να έχουν πολύ σημαντικό αντίκτυπο στην οικονομία και πρέπει να περιοριστούν. Συγκρίνοντας τα έτη 2007 και 2010 (σε αυτά τα χρόνια το ΑΕΠ ήταν παρόμοιο) το συνολικό ενεργειακό κόστος αυξήθηκε κατά σχεδόν 1,4 δισεκατομμύρια ευρώ. Αυτές οι αυξανόμενες δαπάνες ενέργειας διέυρναν σημαντικά την ύφεση. Για παράδειγμα, η ελληνική οικονομία δεν θα ήταν σε ύφεση το 2009 (έτος που οδήγησε στα δραστικά οικονομικά μέτρα του 2010) εάν το

ενεργειακό κόστος εκείνου του έτους ήταν χαμηλότερο κατά περίπου 1,1 δισ. ευρώ, δηλαδή λιγότερο από το 9% του μέσου ετήσιου συνόλου ενεργειακό κόστος του 2009.

Σωρευτικό κόστος ενέργειας. Ο Πίνακας 4-1 αναφέρει το υπολογισμένο σωρευτικό ενεργειακό κόστος για την περίοδο 2000 έως 2010 και το ποσοστό τους στο συνολικό ΑΕΠ. Το σωρευτικό κόστος του αθροίσματος της βενζίνης κινητήρα, του πετρελαίου θέρμανσης και της ηλεκτρικής ενέργειας είναι 119 δισεκατομμύρια ευρώ ή 5,64% του ΑΕΠ κατά την περίοδο 2000-2010. Το σωρευτικό κόστος ηλεκτρικής ενέργειας την ίδια περίοδο έφτασε τα 46 δισεκατομμύρια ευρώ.

Πίνακας 4-1 Το υπολογιζόμενο σωρευτικό ενεργειακό κόστος (δισ €) στην Ελλάδα για την περίοδο 2000 έως 2010 και το ποσοστό τους στο συνολικό ΑΕΠ για αυτήν την περίοδο.

Η συνολική ενέργεια αναφέρεται στο κόστος του αθροίσματος βενζίνης κινητήρων, πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας.

	Cumulative cost	% GDP
Natural gas	8	0.38
Brent crude oil	83	3.94
Motor gasoline	39	1.85
Heating oil	34	1.61
Electricity	46	2.32
Total energy	119	5.64

Η Ελλάδα εξαρτάται κυρίως από το αργό πετρέλαιο Brent με το σωρευτικό κόστος να είναι 83 δισεκατομμύρια ευρώ (ή 3,94% κατά την περίοδο 2000-2010), ενώ το σωρευτικό κόστος για τις εκθέσεις φυσικού αερίου ήταν μόνο 8 δισεκατομμύρια ευρώ (ή 0,38% του ΑΕΠ).

Κοινωνικός αντίκτυπος. Πριν από την οικονομική κρίση του 2008, η πλειοψηφία του πληθυσμού στην Ελλάδα ανήκε στα μεσαία και χαμηλά στρώματα της κοινωνίας, ενώ οι κύριες πηγές εισοδήματος της χώρας ήταν η ναυτιλία, ο τουρισμός και η γεωργία. Μετά το 2008, η περίοδος ύφεσης ήταν εμφανής στην Ελλάδα και η μεσαία τάξη πληγώθηκε περισσότερο σε αυτήν την περίοδο. Οι άγριες μεταβολές στην τιμή του πετρελαίου και των ορυκτών καυσίμων έβλαψαν ακόμη περισσότερο την ήδη προσκολλημένη οικονομική κατάσταση της χώρας. Επιπλέον, χρησιμοποιείται ένα προοδευτικό σύστημα φορολόγησης στην Ελλάδα για τη φορολόγηση του προσωπικού εισοδήματος των φυσικών προσώπων

[8]. Η αύξηση της τιμής των υδρογονανθράκων μπορεί να θεωρηθεί ως ένας επιπλέον «φόρος ενέργειας» που επιβάλλεται στο εισόδημα των καταναλωτών. Αυτός ο επιπλέον φόρος μεταφέρθηκε στην οικονομία ως αύξηση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης, των καυσίμων κινητήρων και των αναγκών. Ανεξάρτητα από το προσωπικό εισόδημα, όλοι πρέπει να πληρώσουν περισσότερα χρήματα για αγαθά που παράγονται με ακριβότερη ενέργεια και έτσι οι τιμές τους αυξάνονται. Επιπλέον, η αύξηση της τιμής της ενέργειας, η οποία θεωρείται πρώτη ύλη, επηρέασε αρνητικά τη ναυτιλιακή βιομηχανία και μείωσε την προσφορά αγροτικών προϊόντων. Ως αποτέλεσμα, το διαθέσιμο εισόδημα των Ελλήνων καταναλωτών συρρικνώθηκε περαιτέρω, μειώνοντας το βιοτικό επίπεδο της χώρας.

4.1.3 Συμπεράσματα

Υπολογίσαμε τις ενεργειακές οικονομικές επιπτώσεις στα βασικά μεγέθη του ισοζυγίου πληρωμών και στο διαθέσιμο εισόδημα των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν από διαφορετικές πηγές όπως Index Mundi, Eurostat, IEA, Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η Τράπεζα της Ελλάδος και άλλοι διεθνείς αρχές και οργανισμοί. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν παρουσιάζουν την εξέλιξη του μεγέθους των κρατικών δαπανών για εισαγωγές υδρογονανθράκων καθώς και την αντίστοιχη μείωση του διαθέσιμου εισοδήματος των Ελλήνων καταναλωτών, λόγω αγοράς ορυκτών καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας. Δείξαμε ότι η Ελλάδα υπέστη όχι μόνο μια κοινωνικοοικονομική κρίση, αλλά και μια ενεργειακή κρίση, επιδεινώνοντας τις οικονομικές δυσκολίες της χώρας.

Από την ανάλυση των οικονομικών και ενεργειακών δεικτών, η Ελλάδα εξαρτάται αποκλειστικά από τις εισαγωγές υδρογονανθράκων. Κατά την περίοδο 2000 - 2010 η ελληνική κυβέρνηση δαπάνησε συνολικά 79 δισεκατομμύρια ευρώ μόνο για εισαγωγές αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επιπλέον, σε σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, η Ελλάδα πλήρωσε 40% υψηλότερη τιμή στην Gazprom προκειμένου να εισάγει φυσικό αέριο, καθώς η μέση ευρωπαϊκή τιμή ήταν \$380/TCM [43]. Από την άλλη πλευρά, οι Έλληνες πολίτες αντιμετώπισαν σωρευτικό βάρος 120 δισ. Ευρώ για την κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης, βενζίνης και ηλεκτρικής ενέργειας. Οι αριθμοί είναι εκπληκτικοί, υποδεικνύοντας ότι το ελληνικό ΑΕΠ επηρεάστηκε σημαντικά από τις εισαγωγές υδρογονανθράκων, δυσχεραίνοντας το ήδη επιδεινούμενο χρέος του. Ταυτόχρονα, τα στοιχεία δείχνουν ότι το βιοτικό επίπεδο των Ελλήνων πρέπει να έχει υποβαθμιστεί λόγω

κυρίως του κόστους κατανάλωσης. Η οικονομία της Ελλάδας, που συνεχίζει να βρίσκεται σε αστάθεια, μπορεί να πληγεί από το ενεργειακό κόστος της χώρας.

Οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας από ορυκτά καύσιμα ή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν είναι μια άμεσα διαθέσιμη «φθηνή» λύση. Δεν μπορούν να χρησιμεύσουν ως υποκατάστατα καθώς είναι πιο ακριβά από τους υδρογονάνθρακες και μπορεί να χρειαστούν χρόνια πριν φτάσουν σε ένα στάδιο για να είναι μια φθηνή εναλλακτική λύση στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η Ελλάδα, ωστόσο, θα πρέπει ακόμα να εισαγάγει υδρογονάνθρακες για τις ανάγκες της και ως εκ τούτου θα εξαρτηθεί από τις τιμές τους ό,τι και να γίνει (καθώς και την τυχαιότητα της συγκυρίας που δημιουργεί απρόβλεπτες καταστάσεις, από τις επιπτώσεις της πανδημίας στα logistics και τις μεταφορές, από το βαθμό κλιμάκωσης κρίσεων σε περιοχές ενεργειακών πόρων και τα γεωπολιτικά ρίσκα). Ένα τέτοιο τεράστιο κόστος θα συνεχίσει να προσθέτει στο ήδη επιβαρυσμένο χρέος της χώρας και να επιδεινώνει το βιοτικό επίπεδο των πολιτών της. Ίσως, η Ελλάδα θα πρέπει να εξετάσει την εναλλακτική λύση της χρήσης άνθρακα για τις ενεργειακές της ανάγκες, μέχρι ένα σημείο που διευκολύνει τη «Δίκαια Μετάβαση», όχι απότομα και χωρίς σχέδιο Β στις περιοχές που πλήττονται και στην σταθερότητα και επάρκεια ισχύος στο peak της ζήτησης, με το ξεδίπλωμα έργων που σταδιακά – τονίζεται η λέξη: σταδιακά και με προοπτική θα εντάξουν τις νέες τεχνολογίες και πηγές στο έξυπνο, διασυνδεδεμένο και σταθερό σύστημα / δίκτυο. Ο άνθρακας, υπό αυτές τις προϋποθέσεις θα μπορούσε προσωρινά να αποτελέσει ένα φθηνότερο υποκατάστατο, το οποίο ωστόσο θα μπορούσε να φέρει αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις, όπως η ρύπανση του περιβάλλοντος. Αν δεν βρεθεί φθηνότερη λύση για τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας, το ισοζύγιο πληρωμών της Ελλάδας θα συνεχίσει να εξαρτάται αρνητικά από τις τιμές εισαγωγής υδρογονανθράκων.

4.1.4 Μεθοδολογική προσέγγιση εκτίμησης στην οικονομία της Ελλάδας

Η ερευνητική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε, περιλάμβανε τη συλλογή τιμών δεδομένων και μεγεθών κατανάλωσης για εισαγόμενους υδρογονάνθρακες για την περίοδο 2000-2010, προκειμένου να προσεγγίσει το συνολικό κόστος τους στο ελληνικό ΑΕΠ και το βιοτικό επίπεδο των καταναλωτών. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από επίσημες διεθνείς πηγές όπως η Energy Information Administration (EIA), Index Mundi και οι εγχώριες αρχές όπως η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ELSTAT) και η Public Power Corporation (PPC ή ΔΕΗ). Τα μεγέθη ενεργειακής κατανάλωσης χρησιμοποιήθηκαν για την προσέγγιση του κόστους στο ελληνικό δημόσιο και στο διαθέσιμο εισόδημα των Ελλήνων, λαμβάνοντας υπόψη ότι η

χώρα εισάγει τους υδρογονάνθρακες. Μερικές δυσκολίες αντιμετώπισαν στη συλλογή των σχετικών δεδομένων. Οι τιμές εισαγωγής αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου που πληρώνει η ελληνική κυβέρνηση δεν είναι δημόσια διαθέσιμες (καθώς καθορίζονται από συμβάσεις που έχουν υπογραφεί μεταξύ της ελληνικής κυβέρνησης και των διεθνών εξαγωγικών εταιρειών). Σε μια προσπάθεια να ξεπεραστεί το πρόβλημα και να προσεγγιστεί το κόστος των υδρογονανθράκων που πλήρωνε η ελληνική κυβέρνηση για τις εισαγωγές τους, χρησιμοποιήθηκαν προσεγγίσεις με βάση τις ευρωπαϊκές τιμές εισαγωγής.

Η προσέγγιση των δαπανών της ελληνικής κυβέρνησης για εισαγόμενους υδρογονάνθρακες βασίστηκε στο κόστος του εισαγόμενου αργού πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Για τη συλλογή δεδομένων αργού πετρελαίου, χρησιμοποιήθηκαν μηνιαίες τιμές ευρωπαϊκής εισαγωγής πετρελαίου Brent σε USD ανά βαρέλι και ετήσιοι αριθμοί κατανάλωσης σε βαρέλια. Προκειμένου να γίνει καλύτερη προσέγγιση του κόστους του εισαγόμενου αργού πετρελαίου για την ελληνική κυβέρνηση, χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή Brent ανά μήνα. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για το εισαγόμενο φυσικό αέριο περιείχαν τη μηνιαία μεσοσταθμική τιμή εισαγωγής σε Ευρώ/MWh και μεγέθη ετήσιας κατανάλωσης [24], [98].

Η προσέγγιση του ποσού του διαθέσιμου ελληνικού εισοδήματος που χάθηκε λόγω εισαγωγών ενέργειας από υδρογονάνθρακες βασίστηκε στο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, βενζίνης κινητήρα και πετρελαίου θέρμανσης που πρέπει να πληρώσουν οι Έλληνες καταναλωτές. Για την προσέγγιση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας, τα ετήσια έξοδα νοικοκυριού ήταν άμεσα διαθέσιμα από τη ΔΕΗ. Για την προσέγγιση του κόστους της βενζίνης στα ελληνικά νοικοκυριά, χρησιμοποιήθηκαν μηνιαίες τιμές σε Ευρώ ανά λίτρο και η κατανάλωση σε χιλιάδες βαρέλια ημερησίως. Η συλλογή δεδομένων πετρελαίου θέρμανσης περιείχε μηνιαίες τιμές πετρελαίου θέρμανσης σε ευρώ ανά χίλια λίτρα και μεγέθη κατανάλωσης σε χιλιάδες βαρέλια ημερησίως.

Όλες οι πηγές παρείχαν ακατέργαστα δεδομένα για τις τιμές των καυσίμων και τα μεγέθη κατανάλωσης. Επομένως, υπήρχε ανάγκη να προχωρήσουμε σε υπολογισμούς προκειμένου να αντλήσουμε το τελικό κόστος για το Ελληνικό Δημόσιο καθώς και τους Έλληνες καταναλωτές. Η μόνη εξαίρεση ήταν τα δεδομένα που προέρχονταν από τη ΔΕΗ τα οποία παρείχαν τελικές τιμές κόστους, άμεσα διαθέσιμες. Οι τιμές των δεδομένων κάθε φορά αναφέρονταν σε δολάρια, οι τελικές τιμές μετατράπηκαν σε ευρώ χρησιμοποιώντας

τις κατάλληλες συναλλαγματικές ισοτιμίες της ΕΚΤ για κάθε έτος. Επιπλέον, όλες οι μονάδες μέτρησης των μεγεθών κατανάλωσης μετατράπηκαν κάθε φορά σε μονάδες SI.

Τέλος, για τον υπολογισμό του κόστους για το ελληνικό δημόσιο και τους Έλληνες καταναλωτές, υπολογίστηκε η μέση ετήσια τιμή για κάθε καύσιμο που σχετίζεται με υδρογονάνθρακες. Αυτές οι ετήσιες μέσες τιμές πολλαπλασιάστηκαν στη συνέχεια με τα ετήσια μεγέθη κατανάλωσης κάθε καυσίμου, προκειμένου να προκύψουν τα τελικά στοιχεία κόστους που δαπανήθηκαν από την ελληνική κυβέρνηση και τους Έλληνες καταναλωτές.

4.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Αντίκτυπος στην Ανάπτυξη του ΑΕΠ

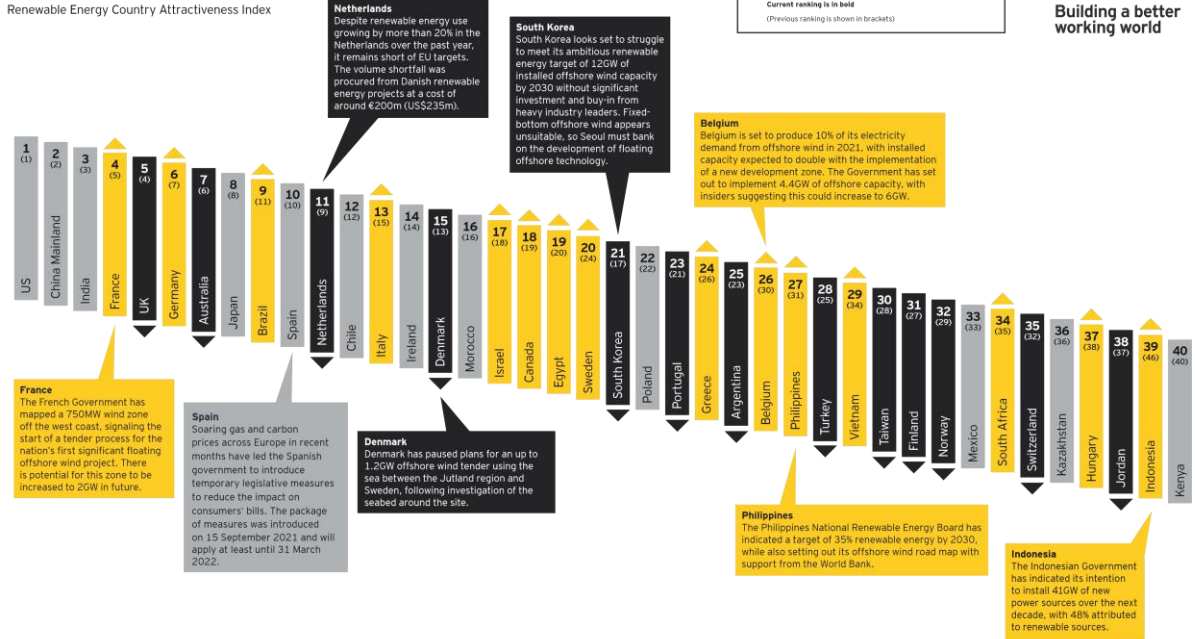
4.2.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ένας καινούργιος κλάδος για την παραγωγή ενέργειας. Από την μία δεν χρειάζεται κόστος εξόρυξης ή άντλησης, αφού εκμεταλλευόμαστε απευθείας την ενέργεια της φύσης, όπως ο άνεμος και από την άλλη δεν δημιουργεί περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η χώρα μας λόγω της γεωγραφικής της θέσης και του κλίματός της θα μπορούσε από πολύ νωρίς να εισέλθει στην παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ. Από την άλλη όμως όπως αναφέραμε και προηγουμένως, ο μεγάλος πλούτος κοιτασμάτων κυρίως σε λιγνίτη, δεν την άφησε να στραφεί σε τέτοιες πηγές ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια και κυρίως από το 1970 άρχισε παγκοσμίως να υπάρχει μία στροφή προς τις ΑΠΕ λόγω των πετρελαϊκών κρίσεων, την αλλοίωση του περιβάλλοντος και του τρόπου ζωής από την χρήση των συνηθισμένων μορφών παραγωγής ενέργειας. Αυτό ώθησε όλη την παγκόσμια κοινωνία να στραφεί προς αυτήν την κατεύθυνση και να φτάσει σε ένα σημείο που οι επενδύσεις για παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ να φθάνει το \$303,5 δις, το 2020, αύξηση 2%, το μεγαλύτερο ποσό μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με την ρυθμιστική αρχή ενέργειας και όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 4-3 κατέχει την 26^η θέση στον δείκτη RECAI, παραμένοντας η Αμερική στην πρώτη θέση ακολουθώντας η Ινδία και η Κίνα.

Methodology
The index was recalibrated in September 2021, with all underlying datasets fully refreshed. To see a description of our methodology, visit ey.com/recai.

LEGEND

- ▲ Increased attractiveness compared with previous index
- ▼ Decreased attractiveness compared with previous index
- No change in attractiveness since previous index
- Current ranking is in bold
- (Previous ranking is shown in brackets)



Σχήμα 4-3 Επενδύσεις για παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ. Πηγή Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

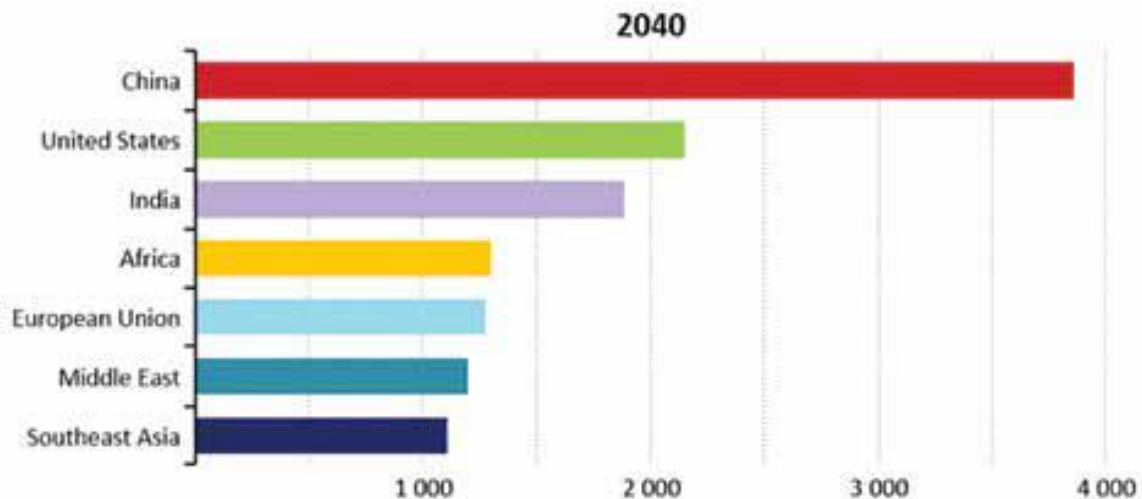
Πίνακας 4-2 RECAL Issue 58: index scores. Πηγή RECAI top 40 ranking

					Technology-specific scores						
Rank	Previous rank	Movement on previous index	Country/region	RECAI score	Onshore wind	Offshore wind	Solar PV	Solar CSP	Biomass	Geothermal	Hydro
1	1	●	US	72.8	58.3	59.8	57.9	46.3	43.3	46.3	39.9
2	2	●	China Mainland	70.7	54.8	56.8	60.2	53.9	50.8	28.3	54.3
3	3	●	India	70.2	54.3	28.8	62.4	49.6	45.1	25.1	46.2
4	5	▲	France	67.4	54.8	51.9	53.1	22.7	45.9	39.0	40.6
5	4	▼	UK	67.3	57.1	61.4	46.5	14.8	54.1	28.7	38.7
6	7	▲	Germany	67.0	51.3	51.4	52.4	16.8	49.3	40.3	34.3
7	6	▼	Australia	66.9	53.3	33.1	56.1	41.5	38.5	17.4	26.6
8	8	●	Japan	65.4	50.1	51.3	49.6	19.3	55.6	44.5	40.0
9	11	▲	Brazil	61.9	54.0	31.0	52.4	21.8	47.9	12.9	45.7
10	10	●	Spain	61.2	47.8	26.1	51.0	28.0	36.6	14.6	22.4
11	9	▼	Netherlands	61.0	48.3	44.8	46.3	15.0	44.4	18.4	21.2
12	12	●	Chile	60.8	50.4	20.4	48.6	44.5	41.4	46.3	44.0
13	15	▲	Italy	59.7	44.7	31.2	48.8	41.3	38.9	42.2	44.9
14	14	●	Ireland	59.6	47.5	41.3	43.9	18.7	41.8	18.2	22.2
15	13	▼	Denmark	59.3	49.4	49.0	43.5	15.2	40.1	14.3	17.0
16	16	●	Morocco	58.1	45.0	17.2	50.4	49.6	25.8	13.7	33.7
17	18	▲	Israel	58.0	40.1	14.4	54.4	40.2	28.1	13.9	16.9
18	19	▲	Canada	57.9	51.8	26.7	43.9	18.3	33.6	17.9	45.6
19	20	▲	Egypt	57.8	48.2	15.4	54.5	35.3	20.4	12.0	23.6
20	24	▲	Sweden	57.7	49.3	39.2	40.9	14.6	42.6	17.2	33.0
21	17	▼	South Korea	57.6	38.1	39.6	50.0	17.9	47.6	13.8	33.4
22	22	●	Poland	57.5	44.5	33.8	47.5	12.9	40.2	17.0	32.5
23	21	▼	Portugal	56.9	42.1	22.5	46.5	36.5	37.7	22.9	35.9
24	26	▲	Greece	56.7	46.6	28.3	45.5	40.8	39.3	24.4	36.5
25	23	▼	Argentina	56.7	49.4	23.5	48.3	31.9	36.0	15.4	26.7
26	30	▲	Belgium	56.2	48.5	27.6	41.3	17.7	41.5	22.1	26.5
27	31	▲	Philippines	55.8	41.9	17.8	47.1	20.1	39.0	43.1	40.3
28	25	▼	Turkey	55.8	47.2	21.1	47.9	28.0	37.4	43.6	44.1
29	34	▲	Vietnam	55.7	44.2	42.9	46.9	16.8	37.1	13.0	46.1
30	28	▼	Taiwan	55.7	39.9	45.6	45.4	17.5	33.6	27.3	31.3
31	27	▼	Finland	55.7	55.9	30.7	33.4	14.9	50.4	14.9	22.3
32	29	▼	Norway	54.7	50.1	39.3	37.6	13.7	27.9	16.2	44.8
33	33	●	Mexico	54.3	42.8	19.0	47.7	23.9	34.8	42.7	32.2
34	35	▲	South Africa	54.2	46.1	17.6	47.4	44.2	30.1	12.0	24.8
35	32	▼	Switzerland	54.0	40.5	18.0	42.9	17.9	36.5	18.8	38.9
36	36	●	Kazakhstan	53.5	45.6	13.6	45.1	17.4	26.5	14.4	37.2
37	38	▲	Hungary	51.9	39.1	11.0	45.1	19.9	28.4	31.2	20.4
38	37	▼	Jordan	51.5	39.9	13.8	44.2	30.3	20.2	13.3	15.9
39	46	▲	Indonesia	51.4	38.2	18.2	45.3	17.1	42.2	57.6	45.9
40	40	●	Kenya	51.1	40.8	14.9	43.3	21.1	30.1	53.0	36.3

Ο δείκτης [Renewable Energy Country Attractiveness Index](#) (RECAI), θεωρεί ότι θα πρέπει να υπάρξουν επιπλέον επενδύσεις της τάξης των \$5,2 τρις για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, τονίζοντας τον ρόλο των θεσμικών επενδυτών για την χρηματοδότηση αυτής της μετάβασης [21].

Η ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια αντιπροσωπεύει περίπου το ήμισυ της παγκόσμιας κατανάλωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τα τρία τέταρτα της ετήσιας ανάπτυξης [49].

Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA), το 2040 η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα μπορεί να αυξηθεί κατά περίπου 4000 TWh (σε σύγκριση με το 2016, Σχήμα 4-4). Πρόκειται για μια εντυπωσιακή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, περίπου ισοδύναμη με την προσθήκη 50 νέων μεγάλων μονάδων άνθρακα ετησίως για 25 χρόνια (τυπικές μονάδες εγκατεστημένης ισχύος 1000 MW). Σε συνδυασμό με την Ινδία, τις ΗΠΑ, την ΕΕ και την Αφρική, το διάγραμμα δείχνει ότι η αναμενόμενη παγκόσμια αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι τεράστια. Ωστόσο, από την πλευρά του εφοδιασμού, ένας συνδυασμός κλιματικών κινδύνων και προβλημάτων παραγωγής (ειδικά στο συμβατικό πετρέλαιο) απαιτεί επείγοντως την απαλλαγή από τον άνθρακα. Αυτή είναι η ουσία του Net Zero έως το 2050 [51], [52].

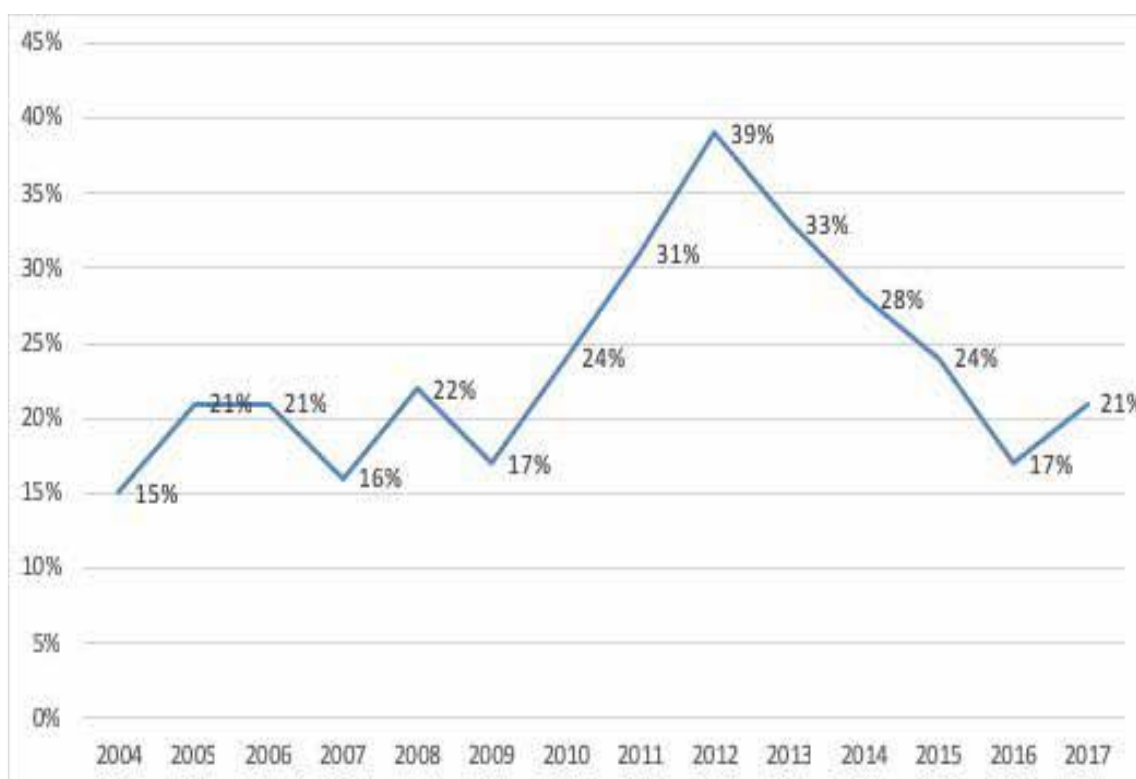


Σχήμα 4-4 Παγκόσμια αύξηση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (TWh) ανά χώρα το 2040. Πηγή: IEA (2018)

Όσον αφορά την Ελλάδα, το Σχήμα 4-5 αναφέρεται στην εξέλιξη του ισοζυγίου πληρωμών της χώρας με την πάροδο του χρόνου, σε σχέση με το συνολικό ισοζύγιο πληρωμών της χώρας. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτού του διαγράμματος, το ισοζύγιο καυσίμων έφτασε το 39% του εμπορικού ισοζυγίου της χώρας το 2012, αν και με την πάροδο

του χρόνου κυμαίνεται σε τιμές που είναι περίπου 20%. Σημειώνεται ότι το εμπορικό ισοζύγιο αγαθών είναι ένας ειδικός λογαριασμός που καταγράφει τη διαφορά μεταξύ των εξαγωγών αγαθών μιας χώρας και των αντίστοιχων εισαγωγών της. Η μείωση του υπολοίπου κατά την περίοδο από το 2012 έως το 2015 είναι αποτέλεσμα όχι μόνο της ύφεσης που προκλήθηκε από την ελληνική κρίση χρέους, αλλά και της σημαντικής μείωσης των διεθνών τιμών πετρελαίου. Από το 2016, παρατηρείται ανοδική τάση καθώς η Ελλάδα αρχίζει να ανακάμπτει οικονομικά με αργό αλλά σταθερό ρυθμό [4].

Αν το δούμε συνολικά, το ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα, ειδικά κατά τα πρώτα χρόνια του 21ου αιώνα, έχει αλλάξει σημαντικά. Υπάρχει μια αισθητή στροφή προς τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως λόγω των υψηλών φόρων που επιβάλλονται στη βενζίνη (λόγω μέτρων λιτότητας) που χρησιμοποιούνται για θέρμανση στο σπίτι. Η θέρμανση κατοικιών και γραφείων με ηλεκτρισμό αντί βενζίνης έχει ενισχύσει τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, από το 1998 το φυσικό αέριο (NG) εισήχθη όλο και περισσότερο στον βιομηχανικό τομέα. Το φυσικό αέριο NG εισάγεται βάσει ρήτρας play-or-pay (δηλαδή πληρώνεται ακόμη και αν δεν χρησιμοποιείται), κάτι που φάνηκε ιδιαίτερα στη διάρκεια της κρίσης [4], [63].



Σχήμα 4-5 Συμμετοχή ισοζυγίου καυσίμου ως ποσοστό του εμπορικού ισοζυγίου βάσει αναθεωρημένων δεδομένων ΒοG. Πηγή: Τράπεζα της Ελλάδος, 2018

Όσον αφορά τις ΑΠΕ, πρέπει να σημειωθεί ότι τα φωτοβολταϊκά και τα αιολικά πάρκα έλαβαν άδεια για το 2018 στο πλαίσιο ενός νέου καθεστώτος στήριξης, στο οποίο η ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές πωλείται συνήθως σε αγορές spot και οι παραγωγοί ΑΠΕ λαμβάνουν premium στην τιμή αγοράς της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το 2019 σχεδιάστηκε η εγκατάσταση νέων αιολικών πάρκων με στόχο την προσθήκη τουλάχιστον 400MW νέας εγκατεστημένης ισχύος. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανέμου υπερβαίνει σήμερα τα 3.000MW και αυξάνεται (σε συνολική εγκατεστημένη ισχύ 14.000MW) [63].

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία, οι τιμές των συνεχώς βελτιωμένων τεχνολογιών ΑΠΕ, είναι αρκετά χαμηλές και καταφέρνουν να είναι ανταγωνιστικές με μια εξαιρετικά διεσπαρμένη παραγωγή που μετασχηματίζει σημαντικά το υπάρχον δίκτυο, ενώ οι αγορές πιέζουν τις εταιρείες ηλεκτρισμού να αλλάξουν το επιχειρηματικό τους μοντέλο. Το ηλεκτρικό δίκτυο μεταβάλλεται σταδιακά ενσωματώνοντας την αυξανόμενη διείσδυση των ΑΠΕ με υψηλή απόδοση, αξιοπιστία και νέες υπηρεσίες στους καταναλωτές, ενώ η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας αναδιοργανώνει και αναζητά νέα εργαλεία για την αντιμετώπιση των προκλήσεων αξιοπιστίας [63].

Μεταξύ των κρατών της ΕΕ, η Σουηδία έχει μακράν το υψηλότερο μερίδιο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα με ποσοστό 54,6%. Η Φινλανδία έρχεται δεύτερη με 41,2%, ενώ η Ελλάδα κατέχει τη 13η θέση με ποσοστό 18%. Η Σουηδία και η Φινλανδία είναι οικονομίες με το υψηλότερο κατά κεφαλήν ΑΕΠ το 2016. Λόγω του υψηλότερου εισοδήματός τους, είναι ευκολότερο για αυτούς να διαθέσουν επιπλέον κεφάλαια για να επιτύχουν αυτό που η ΕΕ έχει συλλογικά συμφωνήσει να επιδιώξει ως Στόχοι Αειφόρου Ανάπτυξης 2030 (SDG2030). Σύμφωνα με αυτήν τη συμφωνία, τα κράτη μέλη δεσμεύονται να μειώσουν το αποτύπωμα άνθρακα ενώ ταυτόχρονα εναρμονίζουν τους στόχους οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής ανάπτυξης. Η αειφόρος ανάπτυξη που βασίζεται σε επενδύσεις σε ΑΠΕ έχει αποδειχθεί ότι παράγει σημαντικές και ποικίλες αποδόσεις της οικονομικής ανάπτυξης [61].

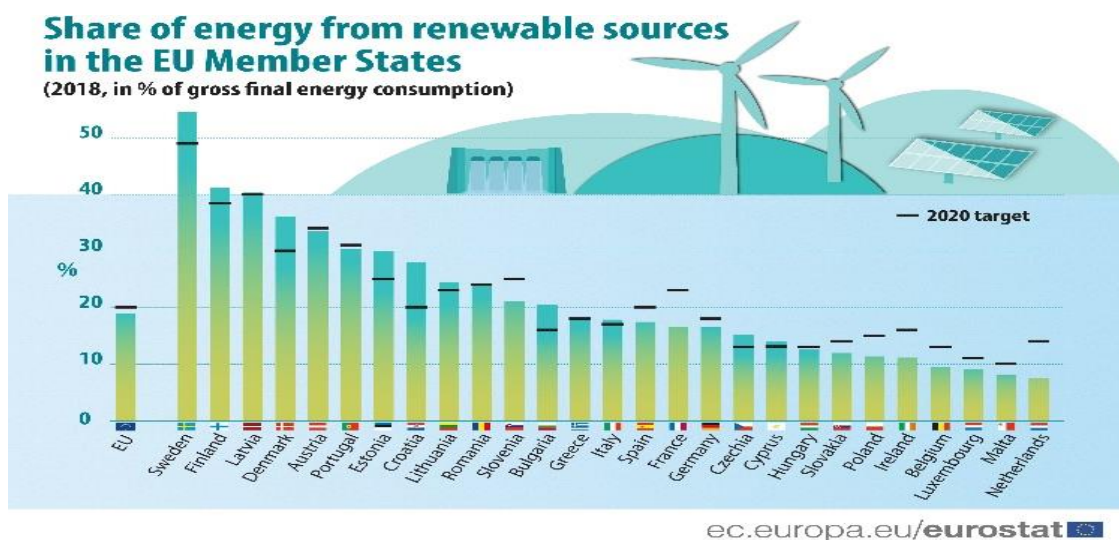
Παρά την απώλεια 30% του ΑΕΠ τα τελευταία δέκα χρόνια, η Ελλάδα παραμένει στην κατηγορία των χωρών με υψηλό εισόδημα, το κατά κεφαλήν ΑΕΠ ανέρχεται σήμερα στα \$20000. Ως εκ τούτου, ακολουθώντας τη στρατηγική SDG2030, θα αναμενόταν ότι ως χώρα υψηλού εισοδήματος θα υπήρχαν λιγότερο αισθητές επιπτώσεις από τις πράσινες

επενδύσεις από τα κράτη μέλη της ΕΕ μεσαίου εισοδήματος όπως η Βουλγαρία και η Ρουμανία.

Στο Lyeonov et al [61] έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει στατιστική θετική συσχέτιση (αν και όχι πάντα ισχυρή) μεταξύ πράσινων επενδύσεων, κατά κεφαλήν ΑΕΠ, εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) και του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα απαιτεί πρόσθετους οικονομικούς πόρους και μια ανάλυση κόστους-οφέλους θα μπορούσε να φωτίσει τη φύση και το μέγεθος της απόδοσης της επένδυσης. Έτσι, ανέλυσαν τη στατιστική σημασία μεταξύ του κατά κεφαλήν ΑΕΠ, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, της κατανάλωσης ανανεώσιμης ενέργειας και του επιπέδου των πράσινων επενδύσεων. Χρησιμοποιώντας εμπειρικά δεδομένα και οικονομετρική μοντελοποίηση, η μελέτη δείχνει ότι οι πράσινες επενδύσεις έχουν θετικό οικονομικό αποτέλεσμα, ωθώντας την αύξηση του ΑΕΠ κατά 6,4%, μειώνοντας παράλληλα τις εκπομπές GHG κατά 3,08%, όταν το μερίδιο των ΑΠΕ στο συνολικό ενεργειακό μείγμα αυξήθηκε κατά 5,6%.

Ορισμένες χώρες με υψηλό εισόδημα, όπως η Γαλλία και οι Κάτω Χώρες, αντιμετώπισαν δυσκολίες να αποκτήσουν σημαντικά οφέλη (μονάδα πράσινων επενδύσεων). Τα δεδομένα από το 2018 δείχνουν ότι οι στόχοι για τη Γαλλία και τις Κάτω Χώρες απαιτούν αύξηση των ΑΠΕ κατά τουλάχιστον 6,4 και 6,6 ποσοστιαίες μονάδες στο ενεργειακό μείγμα αντίστοιχα. Προφανώς, η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας απαιτεί σημαντικά υψηλότερους οικονομικούς πόρους.

Αντίθετα, δώδεκα κράτη μέλη της ΕΕ είχαν ήδη ξεπεράσει τον στόχο τους έως το 2020. Ο βαθμός υπέρβασης των στόχων ήταν ιδιαίτερα υψηλός, με απόκλιση 5,0 έως 8,0 ποσοστιαίες μονάδες στην Κροατία, τη Σουηδία, τη Δανία και την Εσθονία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020) (Σχήμα 4-6) [22].



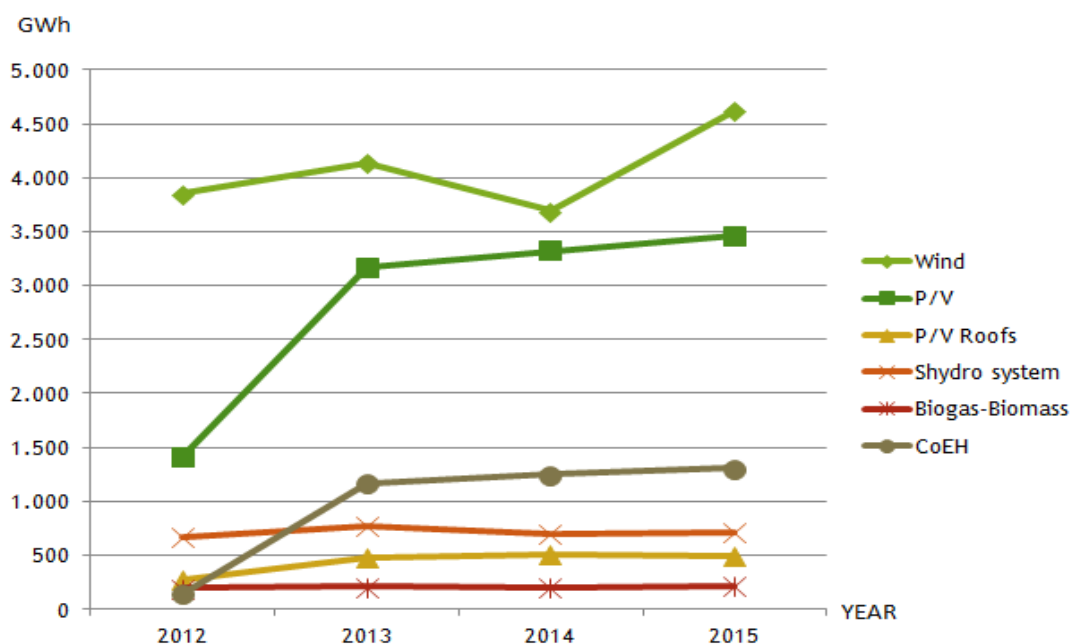
Σχήμα 4-6 Μεριδίο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στα κράτη μέλη της ΕΕ, σε% της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης ενέργειας, 2018 Πηγή European Commission (2020. Renewable energy statistics)

4.2.2 Πληρωμές και Παραγωγή ΑΠΕ ανά Έτος 2012-2016

Η τιμολόγηση για ΑΠΕ δεν είναι απλή υπόθεση. Με βάση τα στοιχεία που παρέχονται από την Ελληνική Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-7, τα αιολικά πάρκα προσφέρουν το μεγαλύτερο μερίδιο παραγωγής ΑΠΕ που κυμαίνεται από 4000GWh έως 4600GWh (η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα είναι 54000GWh). Η μεγαλύτερη και απότομη αύξηση παρατηρείται μετά το 2014, όπου η αιολική ενέργεια έφτασε τα 4600GWh.

Το κόστος της παραγόμενης αιολικής ηλεκτρικής ενέργειας κατά την περίοδο 2012-2016 ήταν χαμηλότερο από την εισαγόμενη βενζίνη, η οποία εκείνη τη στιγμή υπέστη ραγδαίες αυξήσεις τιμών μετά την κατάρρευση των τιμών του πετρελαίου το φθινόπωρο του 2008 όταν ξεκίνησε η παγκόσμια οικονομική κρίση. Εκείνη την περίοδο (2012-2016) η Ελλάδα πέρασε από τη βαθύτερη ύφεση στην κρίση του χρέους.

Από την άλλη πλευρά, κατά την ίδια περίοδο η ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στην Ελλάδα παρουσίασε επίσης σημαντική αύξηση από το 2012 έως το 2013 ξεκινώντας από 1500GWh και έφτασε τα 3500GWh έως το 2015.

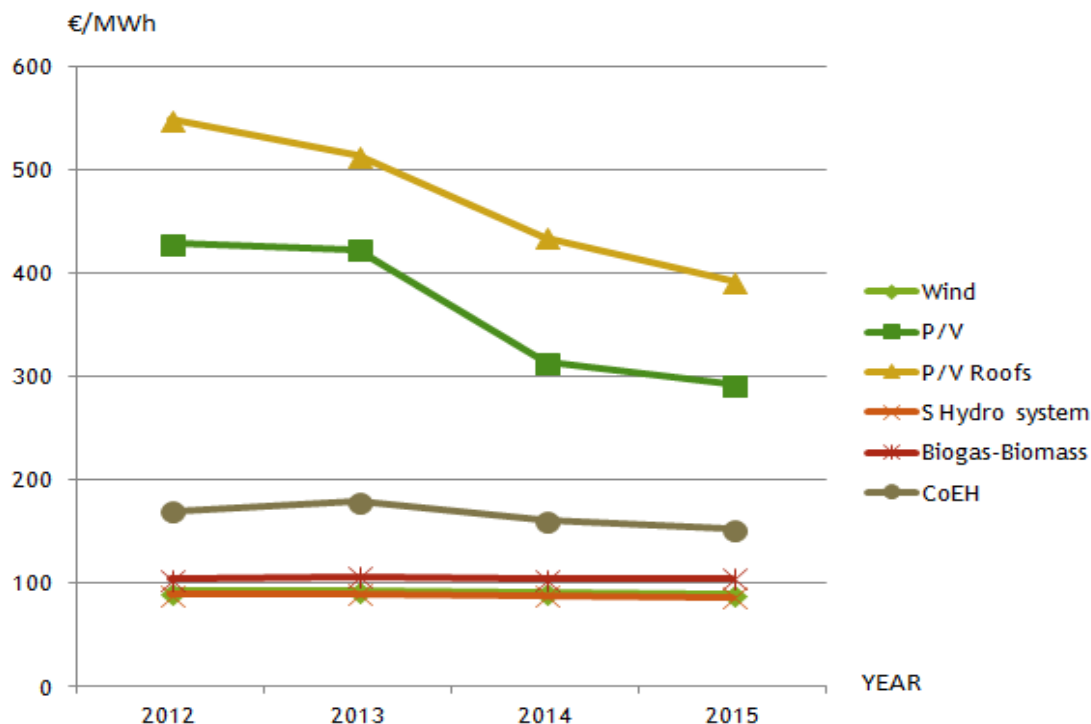


Σχήμα 4-7 Παραγωγή Ενέργειας (GWh) μονάδων ΑΠΕ / ΣΙΘΥΑ για τα έτη 2012-2015
Πηγή: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, 2015

Επιπλέον, κατά την περίοδο 2012-2015, οι μικρές υδροηλεκτρικές μονάδες παραγωγής παράγουν σταθερά περίπου 800GWh και αποτελούν την τρίτη από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [18], [68].

Σύμφωνα με τα στοιχεία που φαίνονται στο Σχήμα 4-8, η τιμή της μονάδας ενέργειας από μικρά υδροηλεκτρικά έργα μαζί με την τιμή της μονάδας ενέργειας από βιομάζα και αιολικά πάρκα παραμένει η χαμηλότερη με την πάροδο του χρόνου, περίπου 100 ευρώ ανά MWh, με το χαμηλότερο περιθωριακό τιμή μονάδας που βρίσκεται στη βιομάζα.

Από την άλλη πλευρά, τα φωτοβολταϊκά είτε αναφέρονται σε πάρκα είτε σε στέγες αποτελούν τις πιο ακριβές τιμές, αν και με την πάροδο του χρόνου υπάρχει μια πτωτική τάση. Αυτή η μεγάλη διαφορά στην τιμή των φωτοβολταϊκών θα πρέπει να σχετίζεται με την ύπαρξη συμβάσεων που έχουν συναφθεί για την προώθησή τους [16], [68].



Σχήμα 4-8 Μέση τιμή ενέργειας (€ / MWh) ΑΠΕ / ΣΙΘΥΑ για τα έτη 2012-2015. Πηγή: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, 2015

4.2.3 Τριμηνιαία Δεδομένα για το Συνολικό Κόστος Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και τη Σχέση των με τα Τριμηνιαία Δεδομένα ΑΕΠ

Μια στατιστική εξέταση των τριμηνιαίων στοιχείων για τις τιμές και την παραγωγή ενέργειας, που παρουσιάζονται στους πίνακες 4-3, 4-4 και 4-5, για την περίοδο 2012-2015 αποκαλύπτει ενδιαφέροντα γεγονότα που επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι οι πράσινες επενδύσεις μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη, εκπληκτικά ακόμη και σε χώρες με υψηλό εισόδημα. Συγκρίνοντας την παραγωγή ΑΠΕ με το ΑΕΠ της Ελλάδας χρησιμοποιώντας το στατιστικό πρόγραμμα SPSS. Τα αποτελέσματα της συσχέτισης παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-6. Σύμφωνα με τα στοιχεία στον Πίνακα 4-6, όλοι οι συσχετισμοί του ΑΕΠ και ο ρυθμός μεταβολής του από τρίμηνο σε τρίμηνο είναι στατιστικά ασήμαντοι, με εξαίρεση τη θετική γραμμική σχέση μεταξύ του ΑΕΠ και ενός μέσου όρου τιμή MWh, η οποία στη συνέχεια διερευνάται με την εκτέλεση γραμμικής παλινδρόμησης όπως φαίνεται στον Πίνακα 4-7. Πιο συγκεκριμένα, ο συσχετισμός είναι μέτριας έντασης, καθώς η τιμή του συντελεστή συσχέτισης είναι 0,511 [18], [68].

Πίνακας 4-3 Τριμηνιαία στοιχεία για την παραγωγή ενέργειας, τη συνολική αξία και τη μέση τιμή ανά MWh

Τρίμηνο	Παραγωγή ενέργειας (σε GWh)	Συνολική αξία παραγόμενης ενέργειας (σε χιλιάδες ευρώ)	Μέση τιμή ενέργειας τριμήνου (€/MWh)
A2012	1999	290.800	145,175
B 2012	1678	305.300	185,8
C 2012	1638	344.500	220,95
D 2012	1829	368.500	189,25
A2013	2301	369.800	170,55
B 2013	2539	572.900	223,5
C 2013	2598	580.500	237,2
D2013	2503	543.200	206,425
A 2014	2325	431.900	182,75
B 2014	2540	464.300	184,725
C 2014	2516	481.800	186,85
D 2014	2319	367.100	152,875
A 2015	2560	360.500	147,225
B 2015	2728	477.500	176,075
C 2015	2884	514.900	173,075
D 2015	2588	397.300	153,4333

Πίνακας 4-4 Τριμηνιαία στοιχεία σχετικά με τις μεταβολές στην παραγωγή ενέργειας, τη συνολική αξία και τη μέση τιμή της

Τρίμηνο	Μεταβολή στην παραγωγή ενέργειας (%)	Μεταβολή στη συνολική αξία παραγόμενης ενέργειας (%)	Μεταβολή μέσης τιμής ενέργειας τριμήνου (%)
A 2012	-16,1%	12,8%	18,9%
B 2012	-2,4%	12,8%	18,9%
C 2012	11,7%	7,0%	-14,3%
D 2012	25,8%	0,4%	-9,9%
A 2013	10,3%	54,9%	31,0%
B 2013	2,3%	1,3%	6,1%
C 2013	-3,7%	-6,4%	-13,0%
D 2013	-7,1%	-20,5%	-11,5%
A 2014	9,2%	7,5%	1,1%
B 2014	-0,9%	3,8%	1,2%
C 2014	-7,8%	-23,8%	-18,2%
D 2014	10,4%	-1,8%	-3,7%

A 2015	6,6%	32,5%	19,6%
B 2015	5,7%	7,8%	-1,7%
C 2015	-10,3%	-22,8%	-11,3%
D 2015	-16,1%	5,0%	28,0%

Πίνακας 4-5 Τριμηνιαία στοιχεία για το ΑΕΠ και τις τριμηνιαίες μεταβολές της κατά την περίοδο 2012-2015. Πηγή: ELSTAT, 2020

Τρίμηνο	Πραγματικό ΑΕΠ (σε χιλιάδες ευρώ)	Τριμηνιαία μεταβολή (%)
A2012	45.124.836	
B 2012	48.329.650	7,10%
C 2012	49.747.484	2,93%
D 2012	48.001.938	-3,51%
A2013	42.277.423	-11,93%
B 2013	45.866.212	8,49%
C 2013	47.731.889	4,07%
D2013	44.778.753	-6,19%
A 2014	40.831.989	-8,81%
B 2014	44.595.251	9,22%
C 2014	48.115.276	7,89%
D 2014	45.113.963	-6,24%
A 2015	40.716.301	-9,75%
B 2015	44.697.347	9,78%
C 2015	46.710.014	4,50%
D 2015	45.134.694	-3,37%

Πίνακας 4-6 Συσχέτιση του ΑΕΠ με την παραγωγή ενέργειας, με τη συνολική του αξία και τη μέση τιμή του MWh

Correlations					
		GDP	Energy production in GWh	Total production value	Average quarterly price €/MWh
Quarterly percentage change €/MWh	Pearson Correlation	0,511*	-0,092	0,602*	1
	Sig. (2-tailed)	0,043	0,735	0,014	
	N	16	16	16	16
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).					
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					

Στον Πίνακα 4-7 δείχνει το μονό μοντέλο παλινδρόμησης που χρησιμοποιείται για την ανάλυση, το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό και στην πραγματικότητα, η αλλαγή στη μέση τιμή της ενεργειακής μονάδας, εξηγεί στατιστικά σχεδόν το 21% της μεταβολής στο τριμηνιαίο ΑΕΠ, ενώ η γραμμική σχέση μεταξύ των δύο φαίνονται στα Σχήματα 4-9 και 4-10 που παρατίθεται παρακάτω:

Πίνακας 4-7 Ανάλυση παλινδρόμησης SPSS

Model Summary(Μοντέλο απλής παλινδρόμησης) ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,511 ^a	0,261	0,208	2333493,40948

a. Predictors (Προβλέψεις): (Constant/ συνεχής), Μέση τιμή τριμήνου €/MWh

b. Dependent Variable(Εξαρτημένη μεταβλητή): ΑΕΠ

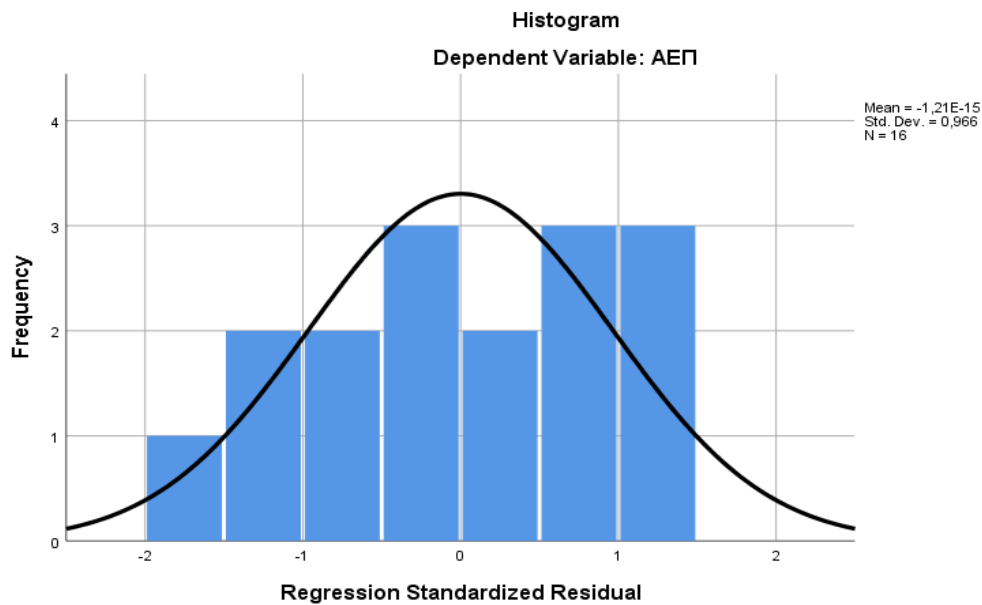
ANOVA(Ανάλυση Διακύμανσης) ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	26956420729932,0	1	26956420729932,0	4,951	0,043 ^b
		16		16		
	Residual	76232680889250,9	14	5445191492089,35		
		70		5		
	Total	103189101619182,980	15			

a. Dependent Variable(Εξαρτημένη μεταβλητή): ΑΕΠ

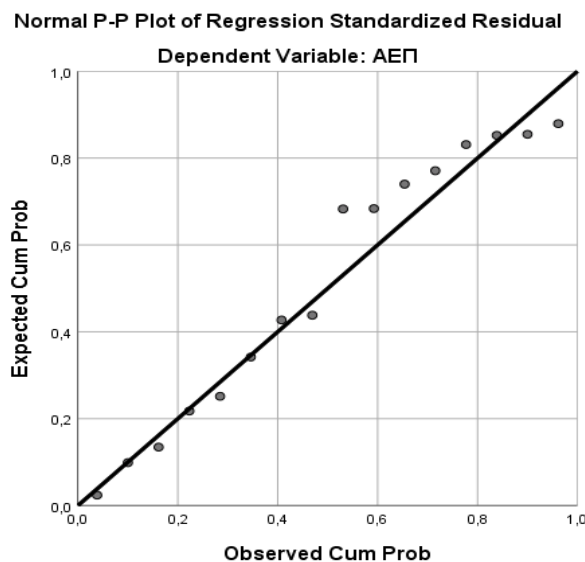
b. Predictors(Προβλέψεις): (Constant/ συνεχής), Μέση τιμή τριμήνου €/MWh

Coefficients(Συντελεστές) ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	36571557,222	4048707,213		9,033	0,000
	Μέση τιμή τριμήνου €/MWh	48581,399	21834,612	0,511	2,225	0,043

a. Dependent Variable(Εξαρτημένη μεταβλητή): ΑΕΠ



Σχήμα 4-9 Διάγραμμα ανάλυσης παλινδρόμησης



Σχήμα 4-10 Διάγραμμα ανάλυσης παλινδρόμησης

Υπάρχει αμφίδρομη σχέση μεταξύ κατανάλωσης ΑΠΕ και αύξησης του ΑΕΠ. Παρατηρούμε ότι χώρες με υψηλό ΑΕΠ έχουν επίσης υψηλότερη κατανάλωση ΑΠΕ. Η Ελλάδα μετά το 2013 εισήλθε στο βαθύτερο μέρος της ύφεσης που είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του ΑΕΠ. Δεν προκαλεί έκπληξη, ότι παρατηρείται επίσης μείωση της κατανάλωσης ΑΠΕ [65].

4.2.4 Συμπεράσματα

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ήταν ένας σχετικά νέος τομέας της οικονομίας που συνδέεται με τις έννοιες της αιεφόρου ανάπτυξης, της πράσινης οικονομίας και της

πράσινης ανάπτυξης. Αν και αυτές οι έννοιες δεν αποσαφηνίζονται πλήρως, έχουν αποτελέσει αντικείμενο συνεχιζόμενων συζητήσεων σχετικά με τις ενεργειακές στρατηγικές σε πολλές χώρες. Μέσα σε αυτό το ευρύτερο πλαίσιο και κατά τη διάρκεια μιας σοβαρής και παρατεταμένης ύφεσης που είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ΑΕΠ κατά 30%, η Ελλάδα κάνει μια σκόπιμη στρατηγική μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ελπίζοντας να επανεκκινήσει την οικονομία της και να επαναπροσανατολίσει τις επενδύσεις της σε παραγωγικές δραστηριότητες υψηλής προστιθέμενης αξίας. Η ανάλυση των δεδομένων και οι οικονομετρικοί υπολογισμοί επιβεβαιώνουν ότι οι επενδύσεις ΑΠΕ μπορούν να τονώσουν την αύξηση του ΑΕΠ με σημαντικούς πολλαπλασιαστές ακόμη και σε χώρες υψηλού εισοδήματος όπως η Ελλάδα.

Τα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας από την περίοδο της ελληνικής κρίσης χρέους φαίνεται να συμπληρώνουν αρκετά καλά τα δημοσιονομικά πρότυπα και έτσι ανοίγουν το δρόμο για νέες μετρήσεις πληροφοριών χρήσιμες για τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο του τύπου χρήσιμες για την ανταπόκριση στη ζήτηση σε έξυπνα δίκτυα ισχύος καθώς και δίκτυα διανομής στο νερό και το αέριο [36].

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε προκειμένου να επισημανθεί η σχέση μεταξύ του ΑΕΠ της χώρας και της εξέλιξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το πρώτο φαίνεται να συσχετίζεται θετικά (αν και όχι έντονα) με τη μέση τριμηνιαία τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ/MWh), Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης, η τελευταία ερμηνεύει τη διακύμανση των τριμηνιαίων τιμών του ΑΕΠ κατά 20% [65], [68], [69].

Μια μελλοντική εργασία μπορεί να περιλαμβάνει πιο προηγμένες οικονομετρικές μοντελοποιήσεις και στατιστικές αναλύσεις που εστιάζουν στην περίπλοκη σχέση μεταξύ ΑΠΕ και ΑΕΠ ανά τομέα της οικονομίας. Η μελέτη αυτή μπορεί να είναι διαχρονική, συγκριτική και να συμπεριλάβει διάφορες χώρες της ΕΕ, του ΕΕΧ, εντός και εκτός της ΕΖ, προκειμένου να κατανοήσει πιθανές παροδικές επιπτώσεις της δημοσιονομικής τόνωσης της οικονομίας μέσω επενδύσεων σε ΑΠΕ, μέσω κοινών κανόνων και προγραμμάτων και επενδυτικών χρηματοδοτικών γραμμών που διασφαλίζει το ευρωπαϊκό νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο για την ενέργεια και δε τις ΑΠΕ και να εξετάσει τη συμβολή τους στους στόχους μακροπρόθεσμης βιώσιμης ανάπτυξης.

Κεφάλαιο 5 Χρήση της Θεωρίας Ασαφούς Λογικής σε Απελευθερωμένες Αγορές Ισχύος

5.1 Εποπτεία Επιπέδου Μέγιστου Ρεύματος με Χρήση Θεωρίας Ασαφούς Λογικής σε Απελευθερωμένες Αγορές Ισχύος

Η ανάπτυξη της προτεινόμενης μεθόδου βασίζεται στη θεωρία ασαφούς λογικής για την ακριβή και αποτελεσματική παρακολούθηση μιας φάσης ρεύματος ή/και μιας γραμμής διανομής σχετικά με το επίπεδο της χωρητικότητάς της (το Ampacity που ορίζεται ως το μέγιστο ρεύμα σε έναν αγωγό που δεν οδηγεί σε αστοχία αγωγιμότητας).. Αυτό είναι καθοριστικής σημασίας για την υγεία του συστήματος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά σε απελευθερωμένες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας, όπου η ζήτηση διαμορφώνεται με βάση της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούμε προέρχονται από την πλατφόρμα προσομοίωσης GridLAB -D, ενώ ο αλγόριθμος ασαφούς λογικής έχει εφαρμοστεί και δοκιμαστεί χρησιμοποιώντας την εργαλειοθήκη ασαφούς λογικής του Matlab. Πρόκειται για έναν πιθανό τρόπο εποπτείας και ελέγχου προσαρμοσμένο στην μεταβλητότητα των απελευθερωμένων αγορών ενέργειας και την βελτίωση της τεχνολογίας SCADA [35].

5.1.1 Εισαγωγή

Η κύρια αποστολή του συστήματος ενέργειας είναι να παρέχει συνεχώς υψηλής ποιότητας ισχύ στους τελικούς χρήστες. Κάθε πτυχή των καθημερινών μας δραστηριοτήτων, που κυμαίνονται από την ψυχαγωγία έως κρίσιμες λειτουργίες, όπως χειρουργικές επεμβάσεις, βασίζεται στην ηλεκτρική ενέργεια. Ζούμε στην εποχή που η δυνατότητα να έχουμε φωτισμό ή να μαγειρέψουμε με την απλή περιστροφή ενός διακόπτη λαμβάνεται ως δεδομένη. Σε αντίθετη περίπτωση, οι οικονομικές συνέπειες για κάθε εμπλεκόμενο, ειδικά σε περίπτωση μακροχρόνιου μπλακ άουτ, θα είναι τεράστιες. Είναι πλέον περισσότερο από προφανές ότι η εποπτεία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και την πρόληψη ανεπιθύμητων καταστάσεων είναι υψίστης σημασίας.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η διαδικασία της εποπτείας βασιζόταν στον λεγόμενο κανόνα του αντίχειρα. Οι άνθρωποι γνώριζαν εμπειρικά τις κρίσιμες στιγμές ή τα γεγονότα που θα μπορούσαν να θέσουν το σύστημα σε κίνδυνο. Με βάση αυτό ήταν σε θέση να λάβουν μέτρα. Ωστόσο, η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η αναδιάρθρωση και ο διαχωρισμός της κάθετα ολοκληρωμένης οργάνωσης του

τομέα της ενέργειας έχουν ως αποτέλεσμα οι πρακτικές αυτές να θεωρούνται ξεπερασμένες. Ευτυχώς, η εισαγωγή της πληροφορικής στον τομέα της ενέργειας μας δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθούμε στενά και αποτελεσματικά το ηλεκτρικό σύστημα με μια πληθώρα νέων εργαλείων.

Προς το σκοπό αυτό, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες σχετικά με εφαρμογές εποπτείας και πρόβλεψης. Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και πιο συγκεκριμένα τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ) έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες εργασίες [30], [31] [32], για να προσδιορισθεί η συμφόρηση, με όρους υπερφόρτωσης της γραμμής, σε πραγματικό χρόνο.

Εστιάζοντας στη χρήση της ασαφούς λογικής (fuzzy logic) στα συστήματα ισχύος, οι συγγραφείς [80] ανέπτυξαν μια ασαφή μέθοδο διαχείρισης συμφόρησης για τον προσδιορισμό του βέλτιστου μεγέθους και της θέσης ενός Ενιαίου Ελεγκτή Ροής Ισχύος Unified Power Flow Controller (UPFC) σε επίπεδο μετάδοσης. Οι Ray & al. [67] συνδυάζουν ένα ασαφές λογικό σύστημα και μετασχηματισμός κυματιδίων για να εκτελέσουν ταξινόμηση σφαλμάτων μιας γραμμής μεταφοράς. Πιο συγκεκριμένα, ταξινομούνται 11 πιθανοί τύποι βλαβών μέσω ενός ασαφούς λογικού συστήματος. Πιο κοντά στις προθέσεις μας είναι το έργο μας [58]. Οι συγγραφείς προσπαθούν να αντιμετωπίσουν θέματα συμφόρησης, με τους όρους της γραμμής υπερφόρτωση, στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας κατευθύνοντας την προσοχή τους στο επίπεδο της μεταφοράς ενέργειας.

Με βάση την ασαφή λογική και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση ασαφών μοντέλων, θα αναπτυχθεί μια μέθοδος για τον προσδιορισμό της Διαθέσιμης Ικανότητας Μεταφοράς βασισμένη σε τρεις μεταβλητές εισόδου. Συγκεκριμένα τις sink bus injection, the neighboring bus injection and the loading index. Η πιο κοινή χρήση της ασαφούς λογικής στα συστήματα ισχύος σχετίζεται με την εφαρμογή ελεγκτών που ονομάζονται ασαφείς ελεγκτές. Ο Rezaei και ο Esmaeili [70] αναπτύσσουν έναν ασαφή ελεγκτή για τον έλεγχο της άεργης ισχύος που παράγεται από φωτοβολταϊκές και αιολικές μονάδες. Ένας ασαφής λογικής ελεγκτής έχει ήδη εφαρμοστεί στην [47] όσον αφορά την ενεργό εισαγωγή μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής για την αντιμετώπιση του προβλήματος της πτώσης τάσης. Ο έλεγχος του μετατροπέα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος μέσω ενός ασαφούς ελεγκτή προτείνεται επίσης και από τους Basaran & Cetin στο [5]. Οι συγγραφείς στο [74] εστιάζουν την προσοχή τους σε ένα μικροδίκτυο εξοπλισμένο με φωτοβολταϊκά συστήματα και αιολικής ενέργειας, καθώς και αποθήκευση

μπαταριών. Προτείνουν μια προσέγγιση ελέγχου ασαφούς βάσης, για την αποτελεσματική κατανομή της ισχύος. Το πρόγραμμά τους δοκιμάζεται τόσο σε συνθήκες απομόνωσης όσο και σε συνθήκες σύνδεσης με το χερσαίο δίκτυο. Οι Selim et al. στο [72] αντιμετωπίζουν με την πρόβλημα της συγκέντρωσης και ενεργού ελέγχου ισχύος των ηλεκτρικών οχημάτων στο επίπεδο της διανομής. Προτείνεται ένας ασαφής λογικής ελεγκτής χρησιμοποιώντας σαν είσοδο παραμέτρων την τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, το μέγιστο χρόνο φόρτισης του οχήματος, καθώς και την αρχική κατάσταση της μπαταρίας του κάθε οχήματος. Ένας συνδυασμός δύο AI τεχνικών, δηλαδή νευρωνικά δίκτυα και ασαφής λογική, προτείνονται και τους Dong et al. στο [17]. Οι συγγραφείς αναπτύσσουν και αξιολογούν μια προσέγγιση ασαφούς νευρωνικού δικτύου για την πρόβλεψη αιολικής ενέργειας. Τα αποτελέσματα της μελέτης κατέδειξαν την αποτελεσματικότητα της προσέγγισης καθώς επίσης και τη βελτιωμένη, σε σύγκριση με συμβατικές προσεγγίσεις, ακρίβεια πρόβλεψης.

Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να αναπτύξει και να αξιολογήσει μια μέθοδο εποπτείας, με βάση την ασαφή λογική θεωρία, να εντοπίσει αποτελεσματικά και αποδοτικά τη συμφόρηση, από την πλευρά της υπερφόρτωσης της γραμμής σε πραγματικό χρόνο. Εστιάζεται η προσοχή στην εποπτεία του επιπέδου μέγιστο ρεύμα (ampacity) σε κάθε φάση μιας γραμμής διανομής ξεχωριστά. Όπως εξηγήθηκε νωρίτερα σε αυτό το τμήμα, είναι μια υψίστης σημασίας διαδικασία για τη σταθερότητα του δικτύου και την καλή λειτουργία των μερών του. Ειδικά στην εποχή των ανταγωνιστικών αγορών ηλεκτρικής ενέργειας όπου η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας διαμορφώνεται με βάση μόνο το επίπεδο της ισχύουσας τιμής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε συγκεκριμένη χρονική στιγμή [46], [33], [38]. Επιπλέον, η θεωρία της ασαφούς λογικής είναι μια έννοια πολύ κοντά στον ανθρώπινο συλλογισμό και πολύ μακριά από τις αυστηρές γλώσσες προγραμματισμού όπου όλα πρέπει να καθοριστούν με σαφήνεια και συνεκτικότητα. Η εξέταση της ικανότητας αυτής της συγκεκριμένης θεωρίας σε τέτοιου είδους εφαρμογές είναι μια πρόκληση από μόνη της. Το δίκτυο διανομής, καθώς και τα δεδομένα τόσο για τις παραμέτρους εισόδου όσο και για την αξιολόγηση της μεθόδου, υλοποιήθηκαν στην πλατφόρμα προσομοίωσης GridLAB -D [58], ενώ ο αλγόριθμος ασαφούς λογικής έχει εφαρμοστεί και δοκιμαστεί χρησιμοποιώντας την εργαλειοθήκη ασαφούς λογικής του Matlab.

5.1.2 Μεθοδολογία

Αρχικά, παρουσιάζονται ορισμένες βασικές έννοιες της θεωρίας ασαφούς λογικής ακολουθούμενη από μια λεπτομερή περιγραφή της πειραματικής διαμόρφωσης του τρέχοντος έργου.

Προκαταρκτικά για την ασαφή λογική

Η ασαφής λογική θεμελιώθηκε βασικά το 1965 όταν η θεωρία για τα ασαφή σύνολα εισήχθη για πρώτη φορά από τον Δρ. Lofti A. Zadeh. Η κλασική θεωρία συνόλων λέει ότι ένα στοιχείο ανήκει αυστηρά σε ένα σύνολο ή όχι. Στην ασαφή λογική, όμως, ένα στοιχείο t μπορεί να ανήκει σε περισσότερα από ένα σύνολα σε διαφορετικό βαθμό. Υπό αυτή την έννοια, η ασαφής λογική είναι πιο κοντά στην ανθρώπινη λογική αφού όταν θα κληθεί να απαντήσει κάποιος σχετικά με το ύψος ενός άλλου ανθρώπινου για παράδειγμα, έχουμε απαντήσεις του τύπου *ψηλός, κοντός, πολύ κοντός* κλπ. Με άλλα λόγια, είναι πολύ ενστικτώδες για μας να ορίζουν ασαφή σύνολα που ονομάζονται *ψηλός, κοντός, πολύ κοντός* και ούτω καθεξής, όπου κάθε αριθμητική τιμή ύψους ανήκει σε ένα βαθμό.

Πιο συγκεκριμένα, στη σαφή θεωρία συνόλων ένα στοιχείο ανήκει αυστηρά σε ένα σύνολο ή όχι. Αυτό μπορεί να μοντελοποιηθεί χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση, που ονομάζεται χαρακτηριστική συνάρτηση, όπως απεικονίζεται στην εξίσωση (1).

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \notin A \\ 1, & x \in A \end{cases} \quad (1)$$

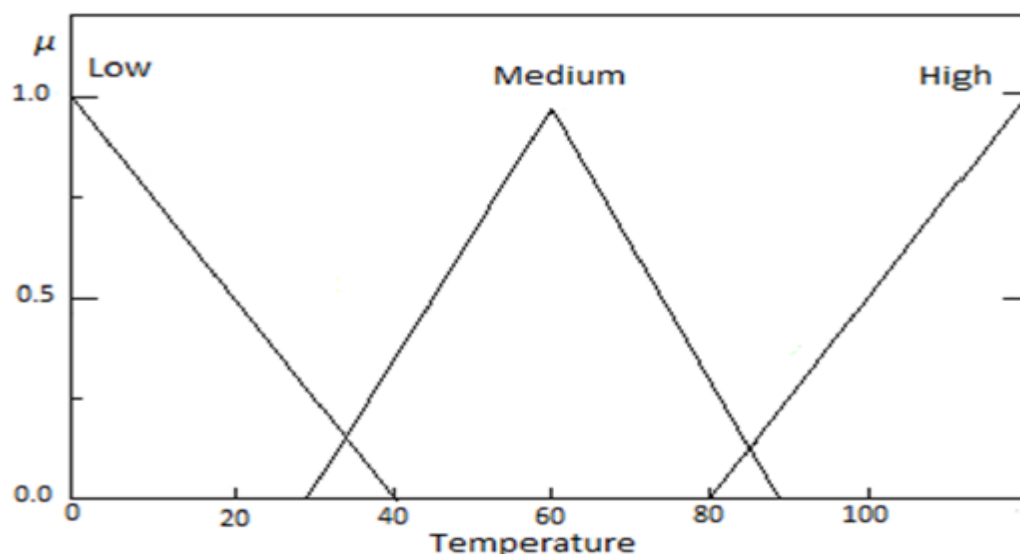
Στο (1) το A είναι ένα καθαρό σύνολο και το x είναι ένα στοιχείο. Η αντίστοιχη εξίσωση στη θεωρία της ασαφούς λογικής, που αναφέρεται στην εξίσωση (2) είναι η λεγόμενη συνάρτηση ιδιότητας που αποδίδει σε κάθε στοιχείο έναν βαθμό συμμετοχής σε κάθε ασαφές σύνολο και αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της ασαφούς λογικής.

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

όπου μ είναι η συνάρτηση συμμετοχής, A είναι ένα ασαφές σύνολο, x είναι το στοιχείο για το οποίο αναζητούν το βαθμό της ένταξης στο ασαφές σύνολο A , ενώ X συμβολίζει το καθολικό σετ.

Τέλος, για να ακολουθήσουμε τη σημειογραφία που χρησιμοποιείται στην κλασική θεωρία συνόλων, η εξίσωση (1) μπορεί να μετατραπεί στην (3):

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \notin A \\ \mu_A(x), & x \in A \\ 1, & x \in A \end{cases} \quad (3)$$



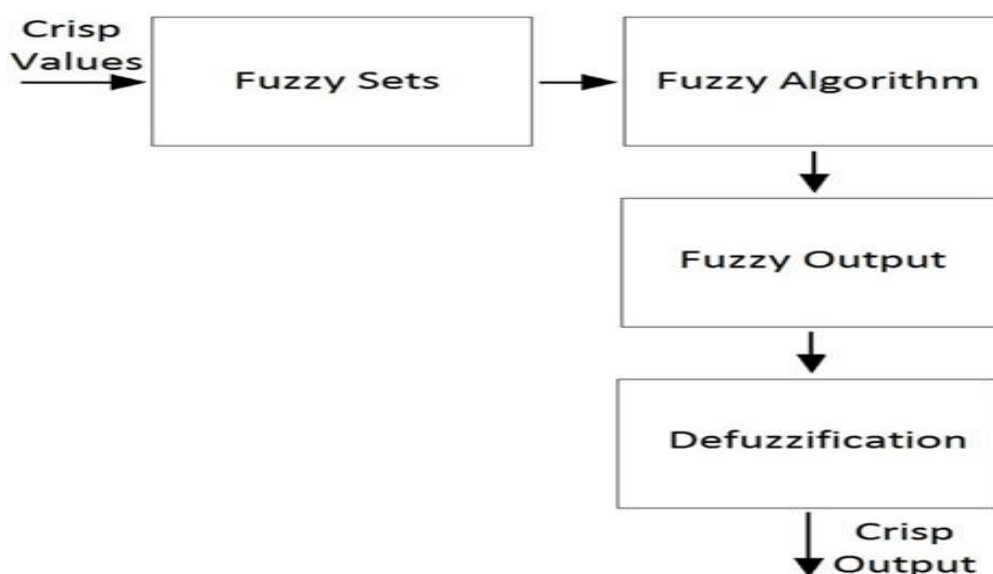
Σχήμα 5-1 Λειτουργίες συμμετοχής σε τριγωνικό Σχήμα που μοντελοποιούν τη θερμοκρασία

Γραφικά, υπάρχουν διαφορετικές αναπαραστάσεις της συνάρτησης ιδιότητας μέλους, συμπεριλαμβανομένου του τριγωνικού Σχήματος, του τραπεζοειδούς Σχήματος, του Σχήματος Gauss και ούτω καθεξής. Η επιλογή εξαρτάται από το πρόβλημα καθώς και από την προσωπική διαίσθηση του ειδικού που σχεδιάζει το σύστημα. Στο Σχήμα 5-1 υπάρχουν τρεις τριγωνικές συναρτήσεις ιδιότητας μέλους για τη μοντελοποίηση της ασαφούς μεταβλητής της θερμοκρασίας σε τρία ασαφή σύνολα, συγκεκριμένα "Χαμηλό", "Μεσαίο" και "Υψηλό".

Στο Σχήμα 5-1, ο χ-άξονας αντιπροσωπεύει την θερμοκρασία σε βαθμούς Φαρενάιτ, ενώ ο γ-άξονας το βαθμό των μελών κάθε συγκεκριμένη αριθμητική τιμή της θερμοκρασίας σε κάθε ασαφές σύνολο. Μια τιμή 60 βαθμούς Κελσίου για παράδειγμα, ανήκει στο ασαφές σύνολο «μέσο» με 1,0 βαθμούς μέλους (το μέγιστο) και 0 βαθμούς μέλους (το ελάχιστο) με τις άλλες δύο ομάδες. Περαιτέρω εξήγηση αυτών των εννοιών είναι εκτός του πεδίου έρευνας αυτής της εργασίας. Στην αναφορά [79] υπάρχουν αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με τη θεωρία της ασαφούς λογικής και τη χρήση της στη μηχανική.

Εμπειρική διανοητική διαμόρφωση

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα στην εισαγωγή, ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να αναπτυχθεί μια μέθοδος κοντά στον ανθρώπινο συλλογισμό, δηλαδή χρησιμοποιώντας τη θεωρία της ασαφούς λογικής, για την εποπτεία του επιπέδου έντασης σε κάθε φάση της γραμμής διανομής, δεδομένου ότι, στο Σχήμα 5-2 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του τις ενέργειες που χρειάζονται για να αναπτυχθεί ένα ασαφές σύστημα εποπτείας.



Σχήμα 5-2 Διάγραμμα ροής δράσεων ενός ασαφούς συστήματος εμπειρογνομόνων

Όπως μπορεί να φανεί, οι εισοδοί της μεθόδου θα είναι καθαρές τιμές. Οι επιλεγμένες παράμετροι εισόδου για αυτή τη μελέτη είναι η "θερμοκρασία", η "ώρα" της ημέρας και τέλος η "τιμή" της ενέργειας τη συγκεκριμένη ώρα. Η χρήση των παραμέτρων «θερμοκρασία» και «τιμή» είναι περισσότερο ή λιγότερο προφανής δεδομένου ότι θα εστιάσουμε την προσοχή μας σε μια ανταγωνιστική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, όπου η λειτουργία των συσκευών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή.

Φυσικά, σε περίπτωση σοβαρών καιρικών συνθηκών οι άνθρωποι θα χρησιμοποιούν θέρμανση ή ψύξη ανεξάρτητα από το ύψος της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση της παραμέτρου «χρόνου» για την άλλη πλευρά είναι λόγω της ανάγκης για την προσομοίωση της παρουσίας των κατοίκων στις κατοικίες τους και κατά συνέπεια, τη χρήση του θερμοσίφωνα κυρίως, καθώς και άλλων συσκευών.

Στη συνέχεια, σχεδιάζονται διαφορετικά ασαφή σύνολα για κάθε παράμετρο. Για την ασαφή παράμετρο "θερμοκρασία" έχουμε τα ασαφή σύνολα "VeryLow", "MediumLow", "Low", "Comfort" και "High". Κάθε ασαφές σύνολο έχει διαφορετική γκάμα και εναπόκειται στον σχεδιαστή και την προσωπική του διαίσθηση να σχεδιάσει σωστά το καθένα από αυτά. Ομοίως, για την ασαφή παράμετρο "χρόνος" το αντίστοιχα ασαφή σύνολα είναι το "morning", "lateMorning", "aroundNoon", "afternoon", "earlyNight" και "night". Για την ασαφή μεταβλητή "τιμή" τα αντίστοιχα ασαφή σύνολα είναι τα πολύ "veryLow", "low", "moderate", "high", and "veryHigh". Με τον ίδιο τρόπο, έχουμε σχεδιάσει τα ασαφή σύνολα της εξόδου, που ονομάζεται «συμφόρηση». Τα σχεδιασμένα ασαφή σύνολα σε αυτήν την περίπτωση είναι τα "veryLow", "low", "limit", "lowCongestion", "congestion" and "highCongestion". Τα τρία πρώτα δείχνουν απουσία συμφόρησης, δηλ. το επίπεδο μέγιστο ρεύμα (ampacity) είναι κάτω από το θερμικό όριο της φάσης. Αν και το ασαφές καθορισμένο "limit" δείχνει ότι το επίπεδο μέγιστο ρεύμα (ampacity) πλησιάζει το θερμικό όριο και ακόμη και αν δεν αντιμετωπίσουμε συμφόρηση, πρέπει να ληφθούν κάποια προληπτικά μέτρα. Τα τελευταία τρία ασαφή σύνολα δείχνουν την παρουσία της συμφόρησης. Το επίπεδο μέγιστο ρεύμα (ampacity) είναι πέρα από το θερμικό όριο της γραμμής και άμεσα πρέπει να πρέπει να λαμβάνονται μέτρα πριν από τη συνολική κατάρρευση της γραμμής.

Αυτές οι παράμετροι στη συνέχεια ασαφοποιούνται μέσω συναρτήσεων συμμετοχής. Οι σχέσεις των παραμέτρων εισόδου και τους βαθμό ένταξης στην προκαθορισμένα ασαφή σύνολα καθορίζεται με αυτόν τον τρόπο. Λαμβάνοντας ως παράδειγμα το Σχήμα 5-1, υπάρχουν τρεις συναρτήσεις συμμετοχής που ασαφοποιούν την παράμετρο "θερμοκρασία" σε τρία διαφορετικά ασαφή σύνολα, συγκεκριμένα "Low", "Medium" and "High". Η διαδικασία ασαφοποίησης πραγματοποιείται με τη χρήση ενός τελεστή implication. Υπάρχουν περισσότεροι από 40 διαφορετικοί τελεστές implication [79]. Στην παρούσα μελέτη επιλέγεται το mandani-min implication operator όπως δίδεται στην εξίσωση (4):

$$\Phi_c [\mu_A (x), \mu_B (y)] = \mu_A (x) \wedge \mu_B (y) \quad (4)$$

Στην εξίσωση (4) τα A και B είναι δύο ασαφή σύνολα, ενώ τα μ_A και μ_B είναι οι αντίστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής τους.

Ο πυρήνας της διαδικασίας είναι ο ασαφής αλγόριθμος με βάση τον οποίο προσδιορίζεται η ασαφής έξοδος. Αποτελείται από ασαφείς γλωσσικές περιγραφές που

υλοποιούνται μέσω *if/then* στη συνέχεια ασαφών κανόνων με τη μορφή που δίνεται παρακάτω.

Αν (σύνολο συνθηκών) τότε (σύνολο συμπερασμάτων)

If (set of conditions) *then* (set of inferences)

Το σύνολο των συμπερασμάτων, δηλαδή η έξοδος του συστήματος είναι ασαφής στην αρχή. Με ασαφής έξοδος εννοούμε τον προσδιορισμό του βαθμού ένταξης της εξόδου σε προκαθορισμένα έξοδα και είναι παρόμοια με τα ασαφή σύνολα εισόδου.

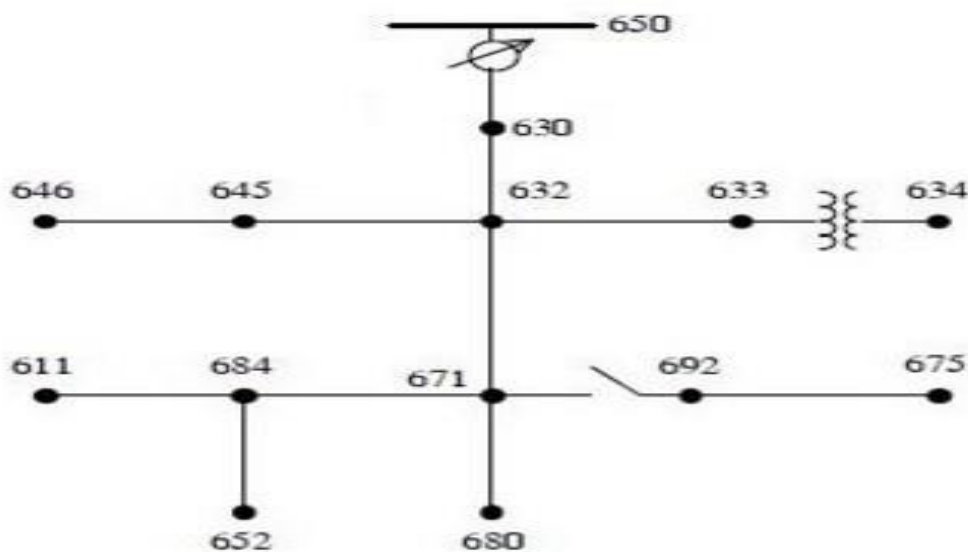
Δεδομένου ότι θέλουμε η μέθοδος εποπτείας μας να παράγει μια αριθμητική τιμή ως έξοδο, δηλαδή το επίπεδο ογκομέτρησης της φάσης, και όχι κάτι ασαφές, το τελευταίο βήμα αποσαφηνίσουμε την ασαφή έξοδο. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται αποσυμπίεση. Είναι παρόμοια με τη διαδικασία fuzzification και υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις ανάλογα με την ακρίβεια που κάποιος θέλει να επιτύχει. Επιλέξαμε τη μέθοδο centroid όπως παρουσιάζεται στο (5):

$$\mu^* = \frac{\int \mu_A(x) \cdot x dx}{\int \mu_A(x) \cdot dx} \quad (5)$$

Στο (5) μ^* σημαίνει την ευκρινή έξοδο, το x σημαίνει την ασαφή έξοδο και $\mu_A(x)$ για τη συνάρτηση ιδιότητας μέλους.

Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι σχεδιάστηκαν δύο διαφορετικά ασαφή συστήματα εποπτείας. Ένα για το καλοκαίρι και ένα για τις υπόλοιπες εποχές. Ο λόγος για αυτό είναι ότι υπάρχουν πολλές διαφορές μεταξύ του καλοκαιριού και όλων των άλλων εποχών κυρίως κατά τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και δευτερευόντως στο ύψος της τιμής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, έχουμε να αντιμετωπίσουμε δύο κρίσιμες, από την άποψη της γραμμής, υπερφορτώσεις, περιόδους κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το πρωί όπου οι άνθρωποι ξυπνούν και προετοιμάζονται να πάνε στη δουλειά τους και το απόγευμα όταν επιστρέφουν. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, από την άλλη πλευρά, αντιμετωπίζουμε μόνο μία. Το απόγευμα όπου η θερμοκρασία φτάνει τις μέγιστες τιμές της.

Το δίκτυο διανομής, η ανταγωνιστική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας που αναφέρεται στην εισαγωγή, καθώς και τα δεδομένα τόσο για τις παραμέτρους εισόδου όσο και για την αξιολόγηση της μεθόδου, υλοποιήθηκαν στην πλατφόρμα προσομοίωσης GridLAB -D [11].



Σχήμα 5-3 IEEE-13 Radial distribution feeder

Ο προσομοιωμένος τροφοδότης διανομής που χρησιμοποιείται σε αυτή τη μελέτη είναι ο τροφοδότης ακτινικής διανομής IEEE-13 [15] με 1306 κατοικίες όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 5-3. Κάθε κατοικία καταλαμβάνεται από τέσσερα άτομα με ελαφρώς διαφορετικά πρότυπα χρήσης ενέργειας. Οι ενεργειακές ανάγκες κάθε κατοικίας αποτελούνται από έναν θερμοσίφωνα, ένα σύστημα θέρμανσης και κλιματισμού (HVAC) και φωτισμό. Επιπλέον, ο τροφοδότης περιέχει 4 κατανεμημένες γεννήτριες ισχύος. Η γεννήτρια 1 έχει ισχύ 244 kW και οριακό κόστος 0,3 \$/kWh. Η γεννήτρια 2 έχει ισχύ 500 kW και οριακό κόστος παραγωγής πραγματικής ισχύος 0,11 \$/kWh, ενώ η γεννήτρια 3 και 4 έχουν ισχύ 400 και 100 kW και οριακό κόστος 0,25 και 0,15 \$/kWh αντίστοιχα.

Αναφορικά με τη μορφή της ανταγωνιστικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη, είναι μια αγορά που βασίζεται στη δημοπράτηση, όπου αγοραστές και πωλητές υποβάλλουν προσφορές για αγορά ή πώληση πραγματικής ισχύος στο πλαίσιο που ορίζεται από τον William W. Hogan στο [46]. Αυτό το είδος της αγοράς υλοποιείται σε GridLAB -D μέσω αυτοματοποιημένων ελεγκτών που υποβάλλουν προσφορές για λογαριασμό των αγοραστών για ένα ορισμένο ποσό της πραγματικής ισχύος σε μια ορισμένη τιμή, με βάση προκαθορισμένα όρια. Αυτά τα όρια στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύουν τη βούληση του κάθε αγοραστή να επιτρέπουν στις συσκευές της κατοικίας να λειτουργούν ανάλογα με την αγορά των τιμών, καθώς επίσης και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε δεδομένη στιγμή. Επιπλέον, ο ελεγκτής είναι υπεύθυνος για την προσαρμογή της ρύθμισης των συσκευών ως απάντηση στο ύψος της τιμής αγοράς. Η επιθυμητή τιμή θέρμανσης του HVAC συστήματος θα πρέπει να αυξηθεί σε περίπτωση

υψηλών τιμών, για παράδειγμα, ή το αντίθετο στην περίπτωση των χαμηλών τιμών. Αυτές οι δράσεις στοχεύουν να αξιοποιήσουν την τιμή αγοράς για το όφελος του αγοραστή. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτήν την έννοια μπορείτε να βρείτε εδώ [39].

5.1.3 Αποτελέσματα

Αυτή η ενότητα είναι αφιερωμένη στην παρουσίαση των πειραματικών αποτελεσμάτων. Επικεντρώνουμε την προσοχή μας στη φάση A της γραμμής διανομής 630-632 (Σχήμα 5-3) όπου μειώσαμε σκόπιμα το θερμικό όριο της γραμμής (περίπου 20%) προκειμένου να δημιουργήσει υπερφόρτωση. Στην αρχή σας παρουσιάζουμε υπερβολικές ώρες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Δεδομένου ότι οι ώρες αιχμής είναι το απόγευμα και κατά συνέπεια οι πιθανές συμφορήσεις, μόνο αυτές οι ώρες απεικονίζονται εδώ. Με το ίδιο τρόπο παρουσιάζονται οι συμφορήσεις, για τις υπόλοιπες εποχές. Κατά τη διάρκεια αυτών των μηνών παρατηρούμε κορυφές το πρωί και το απόγευμα. Πρέπει να αναφερθεί ότι λόγω του ανταγωνιστικού χαρακτήρα της αγοράς, δεν υπάρχει συγκεκριμένο μοτίβο παρουσίας συμφόρησης. Εξαιτίας αυτού και επίσης λόγω έλλειψης χώρου, παρουσιάζονται μόνο ορισμένα επιλεγμένα αποτελέσματα. Επίσης, προσπαθώντας να δημιουργήσουμε ρεαλιστικά σενάρια, δεν μειώσαμε το θερμικό όριο πάρα πολύ και έτσι έχουμε μόνο λίγες ημέρες με συμφόρηση.

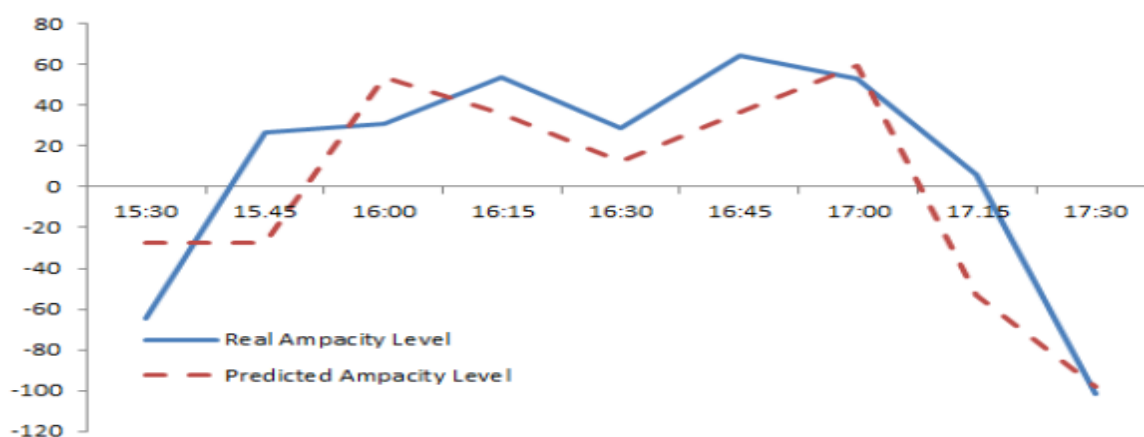
A. Καλοκαίρι

Στον Πίνακα 5-1 φαίνεται μια σύγκριση μεταξύ του πραγματικού, όπως έχει ληφθεί από την πλατφόρμα προσομοίωσης GridLAB -D, και των προβλεπόμενων, όπως λαμβάνονται με την εφαρμογή της μεθόδου μας στη φάση A της γραμμής 630-632. Σε αυτόν τον Πίνακα παρουσιάζονται τέσσερις διαφορετικές ημέρες και συγκεκριμένα η 20^η-23^η-24 Ιουλίου και η 6^η Αυγούστου. Η πρώτη στήλη του Πίνακα αντιστοιχεί στην ημέρα και τον μήνα, η δεύτερη στη θερμοκρασία, η τρίτη στην ώρα ενώ η τέταρτη στην επικρατούσα τιμή χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας εκείνη την εποχή. Οι τελευταίες δύο στήλες του Πίνακα περιέχουν το πραγματικό και το προβλεπόμενο επίπεδο ampacity.

Επιπλέον, στο Σχήμα 5-4 παρουσιάζεται μια γραφική αναπαράσταση της ολόκληρης της περιόδου συμφόρησης για την 20^η Ιουλίου. Ο άξονας γ αντιπροσωπεύει το επίπεδο ampacity, ενώ ο άξονας x την ώρα της ημέρας. Η μπλε συμπαγής γραμμή αντιπροσωπεύει το πραγματικό επίπεδο μέγιστο ρεύμα (ampacity), ενώ η κόκκινη διακεκομμένη γραμμή την

προβλεπόμενη. Προφανώς, μια θετική τιμή είτε στον Πίνακα 5-1 είτε στο Σχήμα 5-4 υποδηλώνει υπερφόρτωση γραμμών, δηλαδή συμφόρηση.

Όπως μπορεί να δει κανείς, είτε από τον Πίνακα είτε από το Σχήμα, η μέθοδος μας είναι σε θέση να ακολουθήσει το πραγματικό επίπεδο ampacity για την φάση και το πιο σημαντικό, είναι σε θέση να προσδιορίσει σωστά την υπερφόρτωση γραμμής. Ακόμα και όταν παραλείπεται να προσδιοριστεί η υπερφόρτωση ή προσδιορίζεται ψευδώς η ύπαρξή της, είναι πολύ περιθωριακό φαινόμενο. Και στις δύο περιπτώσεις, τα μέτρα για την ανακούφιση του συστήματος πρέπει να ληφθούν όταν όντως υπάρχει μια υπερφόρτωση της γραμμής και όταν η μέθοδος δείχνει ότι δεν υπάρχει, αλλά είναι επικίνδυνα κοντά στο όριο της γραμμής ή το αντίθετο.



Σχήμα 5-4 Πραγματικό ενάντια προβλεπόμενο επίπεδο ampacity για τις 20 Ιουλίου για το σύνολο της περιόδου συμφόρησης αυτής της ημέρας

Πίνακας 5-1 Προβλεπόμενο σε σχέση με το πραγματικό επίπεδο μέγιστου ρεύματος ampacity στη φάση A (καλοκαίρι)

ΜΗΝΑΣ/ ΗΜΕΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ	ΤΙΜΗ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ AMPACITY	ΠΡΟΒΛΕΠΟ ΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ AMPACITY
07/20	82,5	15:30	21,78	-64,46	-27,5
07/20	82,51	15.45	21.48	27.02	-27,5
07/20	82,27	16:00	21.18	31.08	53,9
07/20	81.63	16.15	20,88	53,81	36.2
07/20	80,71	16.30	20,58	28,53	12.8
07/20	77,59	17.15	19.65	5,88	-53.4
07/20	76,46	17:30	19,34	-102	-98,4
23/07	81.38	15.30	21.21	-67	-65.2

23/07	80,87	15:45	20.91	-61	-77,3
23/07	80,41	16:00	20.60	-31	-4,93
23/07	80.05	16:15	20:30	-18	21.7
23/07	79,95	16:30	19.99	39	59.5
23/07	78,87	17:15	19.04	-24,32	-26,6
23/07	78.09	17:30	18,72	-35,39	-31.1
24/07	83,47	15:30	26,88	7,94	3.27
24/07	83,16	15.45	26,63	27.12	-18,8
24/07	82.98	16:00	26,39	47.03	59.5
24/07	83.06	16.15	26.15	90,54	59.7
24/07	83,58	16.30	25,90	94,74	59.7
24/07	84.04	17.15	25.10	106,88	59,8
24/07	83,95	17:30	24,80	64,78	59,8
08/06	82.72	15:30	23.04	-23,32	-23.2
08/06	82.49	15.45	22,75	-48,88	-26,7
08/06	82.20	16:00	22,47	-13,57	60
08/06	81.77	16.15	22.18	-18,63	19.5
08/06	81,28	16.30	21,89	-9,76	23.3
08/06	80,78	16:45	21,60	10.59	12.7
08/06	79,86	17.15	21.01	-17.3	-26,6
08/06	79,43	17:30	20,71	-86,40	-27

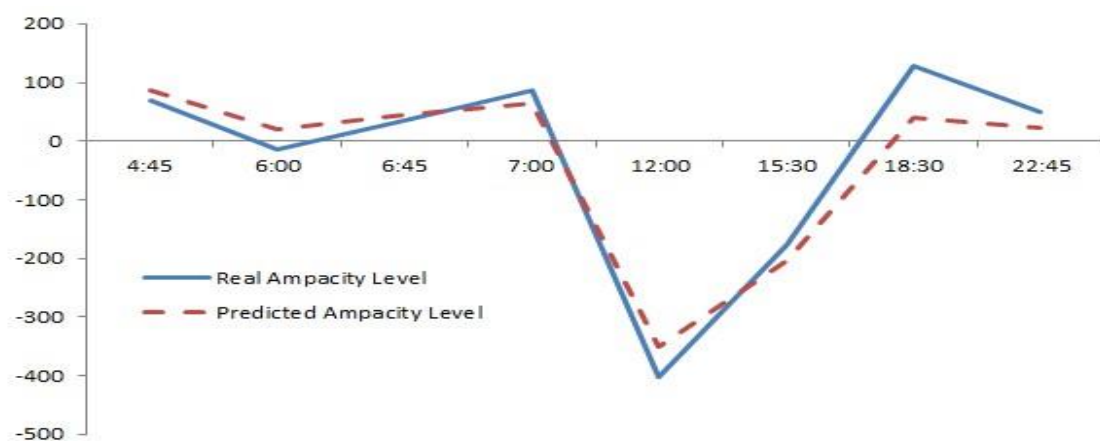
B. Χειμώνας, άνοιξη, φθινόπωρο

Τα ίδια ευρήματα παρουσιάζονται για τις υπόλοιπες εποχές στο Σχήμα 5-5 και στον Πίνακα 5-2. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου της το χρόνο, ειδικά κατά τη διάρκεια του χειμώνα, μπορούμε να αντιμετωπίσουμε υπερφόρτωση γραμμής είτε το πρωί ή το απόγευμα και ίσως νωρίς το βράδυ. Δεδομένου ότι προσομοιώνουμε μια κατοικημένη περιοχή, αυτές τις ώρες της ημέρας οι κάτοικοι είναι παρόντες στα σπίτια τους. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει συμφόρηση γύρω στο μεσημέρι αφού οι περισσότεροι άνθρωποι εργάζονται εκείνη τη στιγμή.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αποδεικνύουν τα ευρήματα και τα συμπεράσματα που αποκομίσαμε προηγουμένως. Η μέθοδος είναι σε θέση, στις περισσότερες των περιπτώσεων, να εντοπίσει σωστά την υπερφόρτωση γραμμών, όταν

υπάρχει πραγματικά και όταν δεν υπάρχει να προσομοιώσει το πραγματικό επίπεδο έντασης. Και εδώ επαναλαμβάνεται η διαπίστωση ότι η οποιαδήποτε απόκλιση από το πραγματικό επίπεδο ampacity είναι πολύ μικρή. Με άλλα λόγια, η μέθοδος είναι ικανή να υποδεικνύει επικίνδυνες χρονικές περιόδους όπου πρέπει να ληφθούν προληπτικά μέτρα.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί, ότι ο κύριος λόγος για οποιαδήποτε λανθασμένη πρόβλεψη, σχετικά με το ύψος του επιπέδου ampacity, σχετίζεται με το σχεδιασμό των ασαφών συνόλων που σχετίζονται με την ασαφή παράμετρο της «τιμής» και πιο συγκεκριμένα στο εύρος ορισμού των ασαφών συνόλων. Σε αυτή τη μελέτη, αυτές οι περιοχές διατηρούνται σταθερά όλα το χρόνο. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, την άνοιξη και το φθινόπωρο το ασαφές σύνολο που ονομάζεται «very Low» κυμαίνεται 42,1 έως 44,0 cents / kWh. Το ίδιο ισχύει και για όλες τις άλλες ομάδες. Το πρόβλημα είναι ότι το ύψος των τιμών διαφέρει από μέρα σε μέρα. Κατά συνέπεια, μια τιμή που θεωρείται ως υψηλή για μια ημέρα μπορεί να είναι μέση ή ακόμα και χαμηλή για μια άλλη ημέρα. Αυτή η διαφορά είναι η πηγή των ανακολουθιών και η κύρια αιτία σφαλμάτων στις προβλέψεις. Μια λύση για αυτό το πρόβλημα θα ήταν η εφαρμογή ενός δυναμικού συστήματος εποπτείας όπου το εύρος των ασαφών συνόλων αλλάζει από μέρα σε μέρα ακολουθώντας τη δυναμική του συστήματος.



Σχήμα 5-5 Πραγματικό ενάντια προβλεπόμενο επίπεδο ampacity για την 2^η Ιανουαρίου

Πίνακας 5-2 Προβλεπόμενο σε σχέση με το πραγματικό επίπεδο μέγιστου ρεύματος (ampacity) στη φάση Α (χειμώνας, άνοιξη, φθινόπωρο)

ΜΗΝΑΣ/ ΗΜΕΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ	ΤΙΜΗ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ (AMPACITY)	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜ ΕΝΟΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΓΙΣΤΟ ΡΕΥΜΑ (AMPACITY)

01/02	27.15	6:45	46,84	34,70	44.3
01/02	37,75	12:00	46.04	-401.74	-350
01/02	31.13	18:30	44,81	128	40.3
01/02	30.24	22:45	43,81	50	22.3
12/10	30.18	6:45	16.94	-48	0
12/10	31.05	7:30	46,71	-103	-21,5
12/10	34.09	17:30	44,97	51	87.7
12/10	32.03	20:00	44,42	-1	3.82
12/10	30,99	21:15	44.13	21.7	11.9
12/11	26,79	6:45	47,39	20.35	69
12/11	26,71	7:30	47,31	19.47	55,6
12/11	33,84	16:30	46.10	53,19	55.4
12/11	30.03	23:00	44,8	12.53	-17,8
30/01	37.04	6:00	46,91	-210,66	-238
30/01	36,93	7:30	46,71	-225,20	-135
30/01	35.06	21:15	44,19	-75,21	-21,5
30/01	34.52	18:30	44,81	6,94	32.5
03/01	35,69	17:45	45.07	273.3	13.4
03/01	35.07	20:00	44,48	4.54	-21,6
03/01	33,50	6:45	46,81	-152,78	-127
03/01	33,55	23:00	43,75	-98,67	-131
03/01	35.06	18:30	44,81	-55,82	32,9
18/11	30,92	6:00	46,91	34,14	11.9
18/11	30,57	6:15	46,88	24,61	11.9

18/11	30,27	6:30	46,84	-1,09	11,9
18/11	42,94	12:00	46,04	-397	-359
18/11	34,18	21:45	44,06	-35,83	-91,6

5.1.4 Συμπεράσματα

Ο σκοπός ήταν η ανάπτυξη και η αξιολόγηση μίας μεθόδου εποπτείας φάσης βασισμένη στη θεωρία ασαφούς λογικής για την εποπτεία και την έγκαιρη προειδοποίηση σχετικά με την υπερφόρτωση της (μέγιστο ρεύμα, ampacity, στο σύστημα διανομής). Η χρήση μιας μεθόδου τόσο κοντά στον ανθρώπινο συλλογισμό και μακριά από τις αυστηρές γλώσσες προγραμματισμού είναι από μόνη της πολύ δύσκολη. Επιπλέον, η ασαφής λογική έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό για σκοπούς ελέγχου, αλλά ελάχιστα για καθαρές εφαρμογές πρόβλεψης.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται δείχνουν ότι η χρήση ασαφούς λογικής σε αυτόν τον τομέα είναι χρήσιμη. Η προτεινόμενη μέθοδος προσδιόρισε σωστά την υπερφορτωμένη φάση στην πλειονότητα των περιπτώσεων. Παρότι, δεν ήταν σε θέση να παρακολουθεί πλήρως το πραγματικό επίπεδο μέγιστο ρεύμα (ampacity) καθ' όλη την διάρκεια της προσομοιωμένης χρονικής περιόδου (ημέρα και νύχτας), παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο χρήσιμες πληροφορίες σε όλους τους υπεύθυνους για την ασφάλεια του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα και όταν η υπερφόρτωση έχει λανθασμένα εντοπιστεί, ή το αντίθετο, αφορούσε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Έτσι, ήταν σε θέση να φτάσει την τάση του επιπέδου ampacity και σωστά να αναφέρει μια επικίνδυνη κατάσταση, όπου απαιτούνται προληπτικά μέτρα.

Όπως αναφέρθηκε επίσης, ο πρώτος λόγος για τις περισσότερες εσφαλμένες προβλέψεις ήταν η στατική φύση των ασαφών συνόλων που σχετίζονται με την ασαφή παράμετρο «τιμή». Το εύρος αυτών των ασαφών συνόλων διατηρήθηκε σταθερό για όλη την προσομοίωση. Αντίθετα, το ύψος των τιμών διαφέρει από μέρα σε μέρα. Αυτές οι διαφορές είναι η κύρια αιτία εσφαλμένων προβλέψεων.

5.2 Διαχείριση Φορτίου Ηλεκτρικών Οχημάτων Φόρτισης σε Αγορές Ισχύος Νέας Γενιάς με βάση την Ασαφή Λογική και την έννοια του Εικονικού Προϋπολογισμού

Ο στόχος της τρέχουσας μελέτης είναι η ανάπτυξη και η αξιολόγηση ενός πλήρως αυτοματοποιημένου ελεγκτή βασισμένου σε ασαφή λογική για τον έλεγχο του χρόνου

φόρτισης των Ηλεκτρικών Οχημάτων (EVs) με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη και την συμφόρηση στο δίκτυο. Αυτό είναι υψίστης σημασίας για τη σταθερότητα και την ασφάλεια της υποδομής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω του υπερβολικού φορτίου που εισάγεται με την έλευση των ηλεκτρικών οχημάτων και της ραγδαία αυξανόμενης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στη σύγχρονη κοινωνία. Όλες οι προσομοιώσεις και τα πειράματα προσεγγιστήκαν χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα προσομοίωσης GridLAB -D.

5.2.1 Εισαγωγή

Η εξάρτηση της σύγχρονης κοινωνίας από τη συνεχή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητη. Οι άνθρωποι πρέπει να τροφοδοτούν τις ηλεκτρικές συσκευές τους 24/7. Το μεγαλύτερο ζήτημα είναι ότι ενώ οι ενεργειακές ανάγκες των καταναλωτών σε καθημερινή βάση αυξάνονται ραγδαία, η επέκταση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και η κατασκευή νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την υποστήριξη αυτής της αυξανόμενης ζήτησης είναι πολύ πιο αργή. Τα επερχόμενα ηλεκτρικά οχήματα προσθέτουν περισσότερο φόρτο σε ένα ήδη υπερφορτωμένο ηλεκτρικό δίκτυο. Επιπλέον, η προσθήκη του φορτίου των EV δεν διαφοροποιείται πολύ χρονικά. Οι καταναλωτές εγκαταλείπουν τα σπίτια τους και επιστρέφουν από την εργασία, λίγο πολύ, ταυτόχρονα. Κατά συνέπεια, η ζήτηση για τη φόρτιση των ηλεκτρικών τους οχημάτων συγκεντρώνεται στα ίδια χρονικά διαστήματα.

Μέχρι τώρα, η διαχείριση φορτίου γινόταν εμπειρικά από τους χειριστές του συστήματος που ήταν υπεύθυνοι για την ασφάλεια του ηλεκτρικού δικτύου. Γνώριζαν εκ των προτέρων τις εποχές ή τις ημέρες όπου το σύστημα θα παρουσιάσει συμφόρηση και έλαβαν αποφάσεις για την ομαλή λειτουργία του με αποστολή ή μη μονάδων ισχύος. Ωστόσο, η αναδιάρθρωση της κάθετης ολοκληρωμένης φύσης του συστήματος ισχύος [46], κατέστησε αυτές τις πρακτικές παρωχημένες. Επιπλέον, για να καλυφθεί η ζήτηση σε ώρες αιχμής, οι φορείς εκμετάλλευσης έπρεπε να προβλέψουν περίσσεια μονάδων προκειμένου να δημιουργήσουν ένα «ασφαλές» περιθώριο μεταξύ της ζήτησης και της προσφερόμενης ισχύος. Οι μονάδες ισχύος έχουν μια εγγενή αδράνεια, πράγμα που σημαίνει ότι δεν μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί η παραγωγή ενέργειας κατά βούληση. Κατά συνέπεια, η σπατάλη ενέργειας, καθώς και οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις είναι τεράστιες.

Η λύση βρίσκεται στην πρόοδο που έχει σημειωθεί στον τομέα της πληροφορικής. Οι αλγόριθμοι και οι μέθοδοι της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI), όπως τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα Artificial Neural Networks (ANNs) και η Ασαφής Λογική Fuzzy Logic (FL) [79], μας

παρέχουν όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την εποπτεία καθώς και τη διαμόρφωση του φορτίου σε πραγματικό χρόνο. Το ασαφές λογικό σύστημα καθώς και οι μετασχηματισμοί κυματιδίων χρησιμοποιούνται για ταξινόμηση σφαλμάτων γραμμής μεταφοράς σε [67]. Οι Hossain et al. εστιάζουν την προσοχή τους, στο πρόβλημα της πτώσης τάσης που σχετίζεται με την ενεργό εισαγωγή φωτοβολταϊκών (ΦΒ) μονάδων ισχύος. Για το σκοπό αυτό προτείνεται και εφαρμόζεται ένας ελεγκτής βασισμένος σε ασαφή λογική [47]. Μια προσέγγιση ελέγχου για την κατανομή ισχύος βασισμένη σε ασαφή λογική σε ένα μικροδίκτυο που περιέχει αιολικές και φωτοβολταϊκές μονάδες ισχύος προτείνεται στο [74] από τους Surararaju και Pillai. Οι συγγραφείς δοκιμάζουν επίσης την προσέγγισή τους σε δύο διαφορετικά σενάρια, συνδεδεμένο στο χερσαίο δίκτυο καθώς και στο νησιωτικό. Μια προσέγγιση διαχείρισης συμφόρησης που βασίζεται σε ασαφή λογική προτείνεται και από τους Uma et al. στο [80]. Το βέλτιστο μέγεθος, καθώς και η βέλτιστη θέση ενός Ενιαίου Ελεγκτή Ροής Ισχύος (UPFC) που βρίσκεται στο επίπεδο μετάδοσης, είναι το κύριο μέλημά τους. Μια μέθοδος ελέγχου ασαφούς λογικής που σχετίζεται με τον μετατροπέα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος παρουσιάζεται από τους Basaran και Cetin στο [5]. Οι Ρεζαΐ και Esmaeili στο [70] προτείνουν έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής για τον έλεγχο της αέργου ισχύος που σχετίζονται με την αιολική ενέργεια και φωτοβολταϊκά μονάδες ισχύος. Το πρόβλημα του ενεργού ελέγχου ισχύος που σχετίζεται με τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι το κύριο μέλημα των Selim et al. στο [72]. Για το σκοπό αυτό, οι συγγραφείς αναπτύσσουν και παρουσιάζουν έναν ελεγκτή βασισμένο σε ασαφή λογική που χρησιμοποιεί τον μέγιστο χρόνο φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, την τιμή ηλεκτρικής ενέργειας και την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας με αξιοσημείωτα αποτελέσματα. Οι Schouten et al. στο [71] έχουν αναπτύξει έναν ασαφή λογικό ελεγκτή που χρησιμοποιεί τις προτιμήσεις του οδηγού, την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας και την ταχύτητα του κινητήρα ή της γεννήτριας των Υβριδικών Οχημάτων (HV). Σκοπός της έρευνας είναι ο διαχωρισμός αυτών των δύο μονάδων ισχύος προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη οικονομία καυσίμου μαζί με την απόδοση του κινητήρα. Στο [73], οι Singh et al. αναπτύξαν και παρουσιάζουν δύο ασαφείς λογικούς ελεγκτές που στοχεύουν στην αντιμετώπιση δύο βασικών ζητημάτων που σχετίζονται με την εμφάνιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Το πρώτο σχετίζεται ομαλοποίηση της στον αντίστοιχο κατανεμημένο κόμβο. Το επιτυγχάνουν με τον κατάλληλο συντονισμό φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Το δεύτερο σχετίζεται με τη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων ως συσκευών αποθήκευσης ενέργειας με την έννοια ότι

εάν τα ηλεκτρικά οχήματα είναι πλήρως φορτισμένα, τότε η πλεονάζουσα ενέργεια μπορεί να σταλεί πίσω στο δίκτυο με συντονισμένο τρόπο. Οι Datta & Senjyu στο [15] αντιμετωπίζουν το ζήτημα του ελέγχου της συχνότητας στα σύγχρονα δίκτυα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι εξοπλισμένα με διανεμητές φωτοβολταϊκών πάνελ και EVs. Για το σκοπό αυτό, προτείνεται και προσομοιώνεται ένα σύστημα ελέγχου συχνοτήτων βασισμένο σε ασαφή βάση σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα, τους φωτοβολταϊκούς μετατροπείς και τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (ESS). Οι Hemi et al. στο [45] παρουσιάζουν έναν ασαφή λογικό ελεγκτή για τη διαχείριση ισχύος των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και την προστασία υπερφόρτισης της μπαταρίας που σχετίζεται με την ενέργεια που συσσωρεύτηκε λόγω φρεναρίσματος του οχήματος. Στο [60], οι Li & Lie ασχολούνται επίσης με το θέμα των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων με στόχο τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας του οχήματος καθορίζοντας τον βαθμό υβριδισμού (DOH) καθώς και αναπτύσσοντας μια νέα προσέγγιση που σχετίζεται με τον έλεγχο ισχύος του αυτοκινήτου. Προτείνει μια νέα προσέγγιση η οποία βασίζεται στην ασαφή λογική και είναι σε θέση να εγγυηθεί την συνολική απόδοση, καθώς το καύσιμο οικονομία του οχήματος. Τέλος, οι Ma and Mohammed στο [62] παρουσιάζουν την ανάπτυξη ενός ασαφούς ελεγκτή λογικής χρησιμοποιώντας την έξοδο των PVs που τοποθετούνται σε ένα γκαράζ, τη ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων που σταθμεύουν σε αυτό το γκαράζ και την τιμή της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να εξισορροπήσει το φορτίο από το κύριο δίκτυο καθώς και το κόστος που προκύπτει για τους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων.

Το επίκεντρο της τρέχουσας έρευνας είναι η ανάπτυξη καθώς και η αξιολόγηση ενός ελεγκτή βασισμένου σε ασαφή λογική με στόχο να βοηθήσει στις ενέργειες που πραγματοποιεί ο Διαχειριστής Συστήματος Διανομής (DSO) προκειμένου να διαχειριστεί το υπερβολικό φορτίο που εισάγεται σε έναν τροφοδότη διανομής με την έλευση των EVs. Το συγκεκριμένο φορτίο αναμένεται να αυξηθεί ακόμη περισσότερο στο εγγύς μέλλον καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα γίνονται πιο προσιτά και οι πηγές ορυκτών καυσίμων εξαντλούνται γρήγορα. Επιπλέον, με τη διαχείριση του φορτίου που χρειάζεται ο τροφοδότης, μπορούμε να μειώσουμε την εξάρτηση του τροφοδότη στο κεντρικό δίκτυο και, κατά συνέπεια την ευπάθεια του για βλάβες στο επίπεδο μεταφοράς. Το καθήκον του ελεγκτή είναι να προγραμματίσει το χρόνο φόρτισης EV ανάλογα με την ασφάλεια του δικτύου και φυσικά με τις προτιμήσεις του χρήστη. Ευτυχώς, ο ανταγωνιστικός σχεδιασμός της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας όπως περιγράφεται από τον William W. Hogan στο [46] καθώς και οι

εξελίξεις που γίνονται στην τεχνητή νοημοσύνη, μας δίνουν τα απαραίτητα εργαλεία για τη διαχείριση του φορτίου σε πραγματικό χρόνο, σεβόμενοι ταυτόχρονα τις στιγμιαίες προτιμήσεις των πελατών, όπως αντανακλάται στην προθυμία τους να πληρώσουν τις τιμές χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε δεδομένη στιγμή.

Με άλλα λόγια, παρόλο που μιλάμε για ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα, ο τελικός χρήστης είναι ο μόνος υπεύθυνος για τον προγραμματισμό του χρόνου φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων με στόχο την ελαχιστοποίηση του χρηματικού ποσού που καταβάλλεται για τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Για το σκοπό αυτό, ο προτεινόμενος ελεγκτής θα χρειαστεί μόνο δύο παραμέτρους για να εκτελέσει το έργο του, συγκεκριμένα (α) την ώρα της ημέρας που είναι συνδεδεμένο το EV και (β) το χρηματικό ποσό που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο χρήστης, με παρόμοιο τρόπο με αυτόν που παρουσίασαν οι Alamaniotis et al [2]. Όσον αφορά την προθυμία του χρήστη να πληρώσει τις τιμές χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, η έννοια του "εικονικού προϋπολογισμού" εισάγεται και επεξεργάζεται στην επόμενη ενότητα.

5.2.2 Μεθοδολογία

Η τρέχουσα ενότητα είναι αφιερωμένη στην εισαγωγή στη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται σε αυτήν την εργασία. Πρώτα παρουσιάζονται κάποιες προκαταρκτικές ιδέες και έννοιες της ασαφούς λογικής, ακολουθούμενες από ένα εκτενές περίγραμμα της πειραματικής διαμόρφωσης της μελέτης.

Προκαταρκτικά ασαφούς λογικής

Η έννοια της «Ασαφούς Λογικής -Fuzzy Logic» εισάχθηκε από τον Dr Lofti A. Zadeh το 1965 και έκτοτε έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές. Ειδικά σε εκείνες που σχετίζονται με τον έλεγχο και τη λήψη αποφάσεων λόγω της διαισθητικής φύσης της που είναι πιο κοντά στην ανθρώπινη λογική. Έτσι διαφοροποιείται από την κλασική θεωρία συνόλων, με την έννοια ότι ένα καθολικό στοιχείο μπορεί να ανήκει σε διαφορετικές ομάδες την ίδια στιγμή και σε διαφορετικό βαθμό, στην περίπτωση μας ομάδες είναι τα ασαφή σύνολα. Το πιο απλό παράδειγμα για να γίνει κατανοητό, είναι το παράδειγμα μιας καρέκλας και ενός τραπεζιού. Σύμφωνα με την κλασική θεωρία συνόλων, αυτά τα δύο στοιχεία ανήκουν σε δύο ξεχωριστά σύνολα ανάλογα με τη χρήση τους, δηλαδή να κάθεται σε μια καρέκλα και να τρώτε σε ένα τραπέζι. Από την άλλη πλευρά μπορούμε επίσης να καθίσουμε στο τραπέζι. Αυτός ο τρόπος σκέψης, που είναι πολύ συνηθισμένος στον

ανθρώπινο συλλογισμό, δεν απεικονίζεται στην κλασική θεωρία συνόλων. Στη θεωρία ασαφών συνόλων όμως, όπως εξηγήθηκε νωρίτερα, αυτά τα δύο στοιχεία μπορούν να ανήκουν στο ίδιο σύνολο σε διαφορετικό βαθμό που δίνεται από μια συνάρτηση μέλους όπως απεικονίζεται στην εξίσωση. (1):

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

όπου μ είναι η συνάρτηση μέλους, το A σημαίνει το ασαφές σύνολο, το x είναι το στοιχείο που μας ενδιαφέρει, ενώ το X αντιπροσωπεύει το καθολικό πεδίο. Η αντίστοιχη εξίσωση, η οποία ονομάζεται χαρακτηριστική συνάρτηση, στην κλασική θεωρία συνόλων, δίνεται στην εξίσωση. (2):

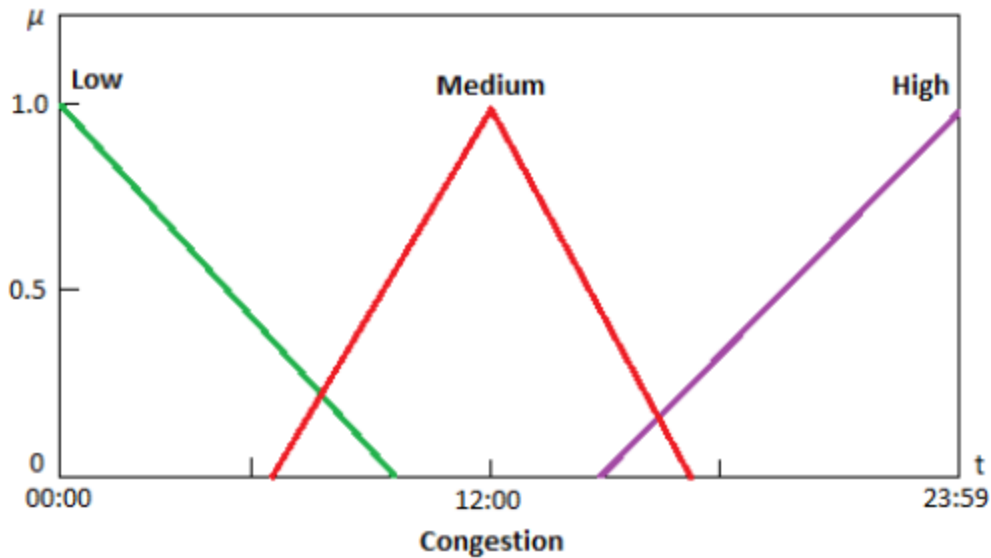
$$f(x) = f(x) = \begin{cases} 0, & x \notin A \\ 1, & x \in A \end{cases} \quad (2)$$

όπου το x αντιπροσωπεύει το στοιχείο ενδιαφέροντος και το A σημαίνει το καθαρό σύνολο. Σύμφωνα με την εξ. (2), $f(x)$ είναι 1 αν το στοιχείο x ανήκει στο σύνολο A και 0 αν όχι. Τέλος, η εξίσωση (2) μετατρέπεται στην εξίσωση (3) και αντιπροσωπεύει τις νέες σχέσεις που ισχύουν στη θεωρία ασαφών συνόλων.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \notin A \\ \mu_A(x), & x \in A \\ 1, & x \in A \end{cases} \quad (3)$$

Όπως φαίνεται, το $f(x)$ ισούται με 1 αν το στοιχείο x ανήκει στο σύνολο A , 0 αν όχι και έχει μια τιμή που κυμαίνεται από 0 έως 1, στην περίπτωση που ανήκει σε περισσότερα από ένα σύνολα, που δίνεται από τη συνάρτηση ιδιότητας $\mu_A(x)$.

Επιστρέφοντας στη περιγραφή της συνάρτησης *συνάρτηση συμμετοχής* ή ιδιότητας μέλους, αυτή μπορεί να πάρει οποιοδήποτε γνωστό τύπο, δηλαδή τραπεζοειδή, γκαουσιανό, τριγωνικό κ.λπ. Εξαρτάται από τη λειτουργικότητα που πρέπει να εκτελεί η εφαρμογή καθώς και από τη διαίσθηση του σχεδιαστή. Στο Σχήμα 5-6 φαίνεται μια γραφική αναπαράσταση μιας συνάρτησης μέλους τριγωνικού σχήματος που μοντελοποιεί τη συμφόρηση ενός τροφοδότη διανομής σε 24ωρη βάση.

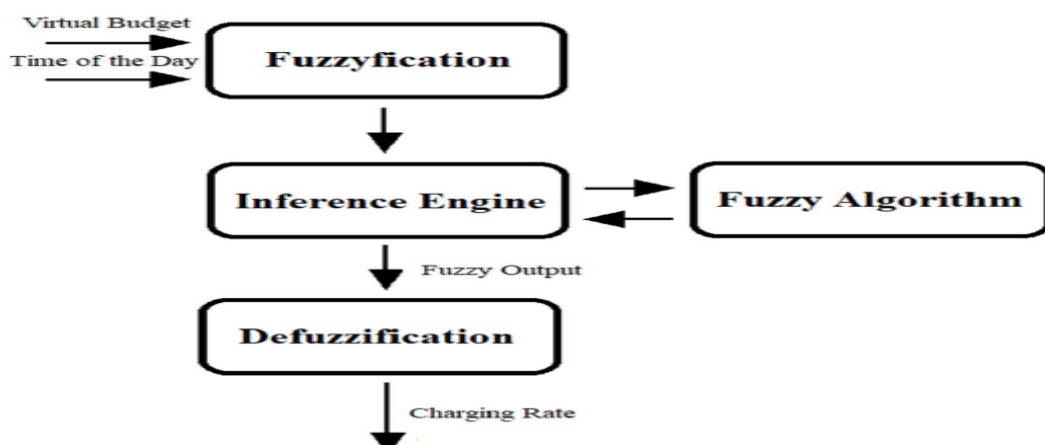


Σχήμα 5-6 Μοντελοποίηση συμφόρησης μέσω συνάρτησης ιδιότητας μέλους

Στο Σχήμα 5-6, υπάρχουν τρία διαφορετικά ασαφή σύνολα, συγκεκριμένα "Low", "Medium" and "High", που αντιπροσωπεύουν τη συμφόρηση που επικρατεί κάθε συγκεκριμένη ώρα της ημέρας. Ο άξονας x αντιπροσωπεύει την ώρα της ημέρας σε ώρες και λεπτά. Τέλος, ο άξονας y σημαίνει βαθμό συμμετοχής κάθε συγκεκριμένης ώρας στα συγκεκριμένα ασαφή σύνολα συμφόρησης.

Πειραματική διαμόρφωση

α) Σύστημα συμπερασμάτων ασαφούς λογικής. Όπως προαναφέραμε, ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι να αναπτύξει και να αξιολογήσει έναν πλήρως αυτοματοποιημένο ελεγκτή



Σχήμα 5-7 Σύστημα συμπερασμάτων ασαφούς λογικής για ελεγκτή EV

με βάση την ασαφή λογική, προκειμένου να προγραμματίσει το χρόνο φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων που βρίσκονται σε έναν τροφοδότη διανομής. Η ανάπτυξη αυτή θα

οδηγήσει σε έναν τροφοδότη ανθεκτικό σε σφάλματα και προβλήματα συμφόρησης. Ο ελεγκτής δέχεται δύο ευκρινείς τιμές ως παραμέτρους εισόδου, συγκεκριμένα "Time_of_the_Day" και "Virtual_Budget" και καθορίζει το ρυθμό φόρτισης του EV σε μια διαδικασία που απεικονίζεται στο Σχήμα 5-7.

Ο όρος "εικονικός προϋπολογισμός" χρησιμοποιείται για να δηλώσει όχι το συγκεκριμένο χρηματικό ποσό που μπορεί να πληρώσει ο χρήστης για τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά το ποσό των χρημάτων που είναι διατεθειμένος να πληρώσει. Για το σκοπό αυτό, ο "εικονικός προϋπολογισμός" κάθε χρήστη δεν είναι δεσμευτικός για τον ελεγκτή. Αντ' αυτού, ο ελεγκτής θα προσπαθήσει να διατηρήσει την τελική μηνιαία χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας περίπου σε αυτό το ποσό. Η παράμετρος "time of_the_day" από την άλλη χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει τη συμφόρηση στον τροφοδότη διανομής. Ενώ η συμφόρηση είναι κάτι χειροπιαστό ο χρόνος εμφάνισής της δεν είναι, αν και μπορεί υπάρξει κάποια αίσθηση αυτή την παράμετρο. Ειδικές εκδηλώσεις όπως το νέο έτος, ο τελικός του πρωταθλήματος Super Bowl και στην περίπτωση μας, ο χρόνος που οι χρήστες αποφασίζουν να φορτίσουν τα EV οχήματά τους μπορεί να προκαλέσει υπερβολική ζήτηση με καταστροφικές συνέπειες για το σύστημα.

Αυτές οι δύο παράμετροι συγχωνεύονται σε δύο διαφορετικά ασαφή σύνολα μέσω της εξίσωσης (4):

$$\Phi_c[\mu_A(x), \mu_B(y)] = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) \quad (4)$$

όπου μ_A και μ_B αντιπροσωπεύουν τις συναρτήσεις συμμετοχής ή συναρτήσεις μέλους, ενώ το A και B υποδηλώνουν τα δύο ασαφή σύνολα. Και τα δύο ασαφή σύνολα που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μελέτη ακολουθούν τη μορφή που απεικονίζεται στο Σχήμα 5-6. Για το σκοπό αυτό, έχουμε τα ασαφή σύνολα "Very_Low", "Low", "High" και "Very_High" για την παράμετρο εισόδου "Time_of_the_Day" που συσχετίζουν τον χρόνο που ο χρήστης συνδέει το EV του με την συμφόρηση. Αντίστοιχα, τα ασαφή σύνολα "Very_Small", "Small", "Medium" και "Big" έχουν χρησιμοποιηθεί για την παράμετρο εισόδου "virtual_budget" για να δηλώσουν το χρηματικό ποσό που είναι διατεθειμένος να πληρώσει ο χρήστης για ηλεκτρική ενέργεια. Επιστρέφοντας στην εξίσωση (4), αυτή αντιπροσωπεύει έναν έμμεσο τελεστή, που στην περίπτωση μας είναι ένας mandani-min τελεστής, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η διαδικασία ασαφοποίησης. Υπάρχουν περίπου 40 διαφορετικοί τελεστές στη βιβλιογραφία. Η επιλογή του κατάλληλου είναι στη

διακριτική ευχέρεια του σχεδιαστή και εξαρτάται από τη λειτουργικότητα της εφαρμογής [79].

Η καρδιά του ασαφούς συστήματος, είναι ο ασαφής αλγόριθμος ο οποίος είναι ο τόπος όπου παράγεται η ασαφής έξοδος. Έχει τη μορφή κανόνων "εάν... τότε...if...then", που ονομάζονται γλωσσικές περιγραφές, όπως απεικονίζεται στο (5):

Αν (σύνολο συνθηκών) τότε (σύνολο συμπερασμάτων) (5)

Όπως υπονοεί ο όρος ασαφής έξοδος, αυτή η έξοδος είναι και πάλι ο βαθμός συμμετοχής σε προκαθορισμένα ασαφή σύνολα. Στην περίπτωση μας αυτά τα ασαφή σύνολα, με τη μορφή τριγωνικού σχήματος που περιεγράφηκε προηγουμένως, υποδεικνύουν το βαθμό της προσαρμογής που πρέπει να γίνει στο ποσοστό χρέωσης κάθε EV για τη σωστή διαχείριση της ζήτησης, δηλαδή "Nothing", "Small", "Medium", "Big" and "Very_Big". Τέλος, το καθαρό ποσό της προσαρμογής γίνεται υπολογιστικά από μια διαδικασία που ονομάζεται defuzzification. Ομοίως, η διαδικασία fuzzification έχει περισσότερες από μία προσεγγίσεις ανάλογα με τη λειτουργικότητα της εφαρμογής [79]. Η μέθοδος centroid που απεικονίζεται στην εξίσωση (6) και έχει επιλεγεί στην παρούσα μελέτη.

$$\mu^* = \frac{\int \mu_A(x) \cdot x dx}{\int \mu_A(x) \cdot dx} \quad (6)$$

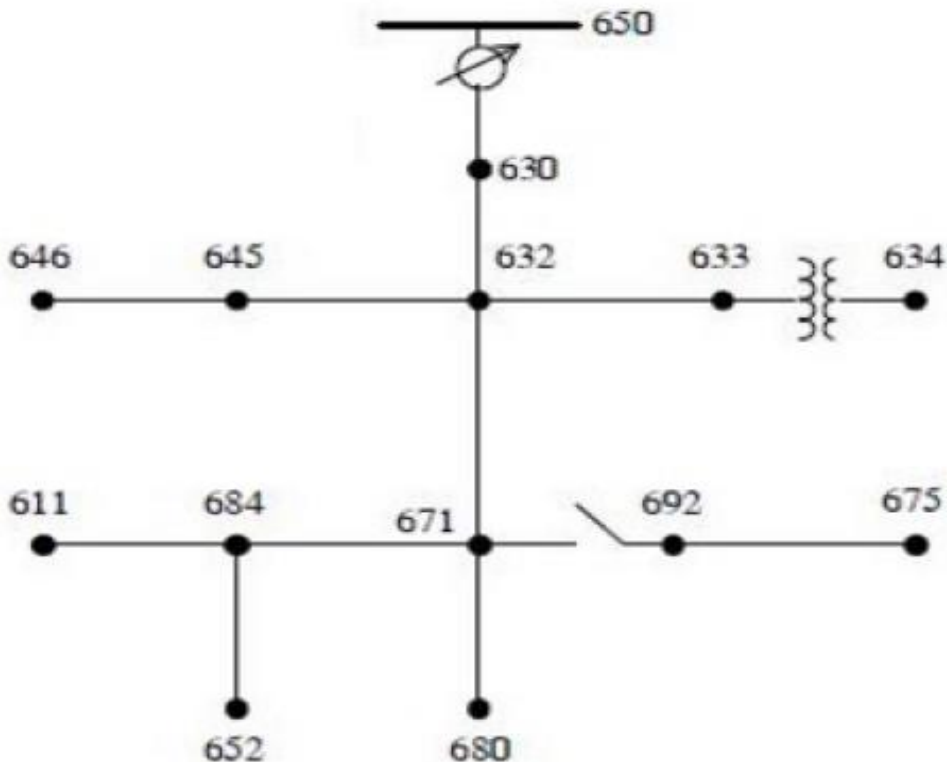
Όπου μ^* αντιπροσωπεύει την ευκρινή έξοδο, το x ισχύει για την ασαφή έξοδο, ενώ $\mu_A(x)$ είναι η συνάρτηση ιδιότητας μέλους για το ασαφές σύνολο A.

Πλατφόρμα προσομοίωσης και σύστημα διανομής

Η εφαρμογή του ασαφούς λογικού ελεγκτή, καθώς και όλες οι προσομοιώσεις και τα πειράματα αυτής της μελέτης διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα προσομοίωσης GridLAB-D [11]. Είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που εφαρμόζεται σε C++ και αναπτύσσεται σε ενότητες με διαφορετικές λειτουργίες. Η πιο σημαντική από αυτές είναι η ενότητα Powerflow που μας επιτρέπει να λύσουμε με ακρίβεια τις εξισώσεις ροής ισχύος και της αγοράς, και μας επιτρέπουν να προσομοιώσουμε ένα περιβάλλον αγοράς, όπου οι παραγωγοί και οι καταναλωτές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για να διαμορφώσουν την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος. Πιο συγκεκριμένα, οι παραγωγοί προσφέρουν την ισχύ που παράγουν σε τιμή που αντιπροσωπεύει το οριακό κόστος παραγωγής της προσφερόμενης ποσότητας και οι καταναλωτές υποβάλλουν προσφορές που αντικατοπτρίζουν την προθυμία τους να πληρώσουν προκειμένου να τροφοδοτήσουν τις συσκευές τους. Οι συσκευές ελέγχονται από ελεγκτές που προσφέρουν για λογαριασμό τους και προσαρμόζουν τα σημεία λειτουργίας τους για να αντικατοπτρίζουν τη

συμπεριφορά τους στις νέες συνθήκες της αγοράς που διαμορφώνονται μετά τη διαδικασία δημοπρασίας. Πρέπει να αναφερθεί εδώ ότι οι συσκευές που υποβάλλουν προσφορές σε τιμή χαμηλότερη από την εκκαθαρισμένη, δεν διακόπτον. Λειτουργούν για λιγότερο ή περισσότερο χρόνο σε μια προσπάθεια να ελαχιστοποιήσουν ή να μεγιστοποιήσουν την απώλεια ή το όφελος του πελάτη αντίστοιχα. Η περαιτέρω επεξεργασία είναι εκτός του πεδίου εφαρμογής αυτής της εργασίας [39].

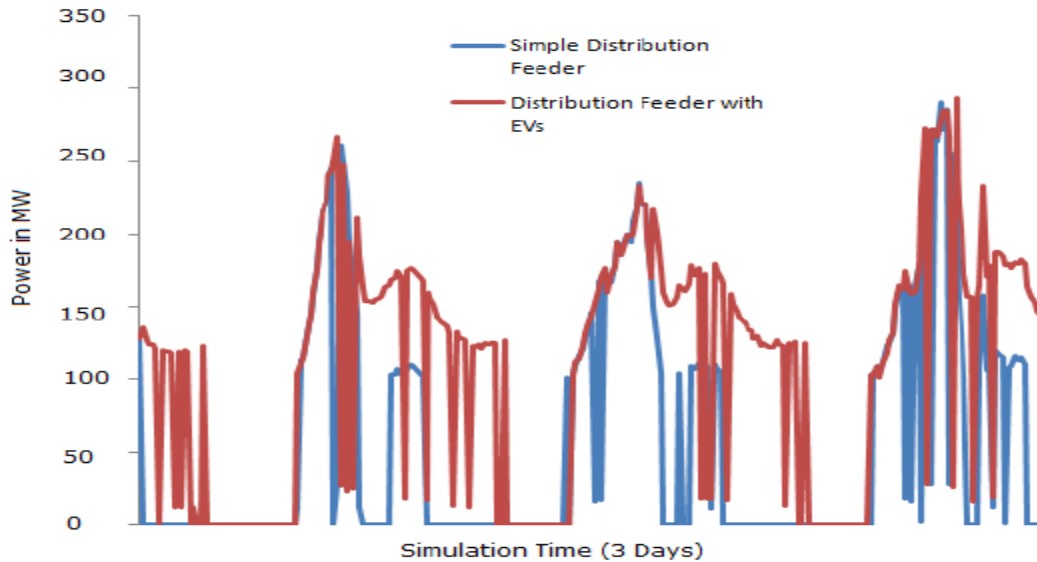
Σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο τροφοδότης ακτινικής διανομής 13 κόμβων IEEE [57] με 1247 κατοικίες που απεικονίζονται στο Σχήμα 5-8. Κάθε κατοικία είναι εξοπλισμένη με θερμοσίφωνα, σύστημα εξαερισμού και κλιματισμού θέρμανσης (HVAC) και φώτα με ελαφρώς διαφορετικά χρονοδιαγράμματα για να διαμορφώσουν τις ενεργειακές ανάγκες των κατοίκων τους. Κάθε κατοικία φιλοξενεί τέσσερα άτομα, ενώ 559 από αυτούς έχουν και ένα ηλεκτρικό όχημα. Ο τροφοδότης είναι επίσης εξοπλισμένος με 4 κατανεμημένες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με δυναμικότητα παραγωγής 244, 500, 400 και 100 kW που προσφέρονται στο την τιμή του 0,3, 0,11, 0,25 και 0,15 \$/kWh, αντίστοιχα.



Σχήμα 5-8 Τροφοδότης ακτινωτής διανομής 13 κόμβων IEEE

5.2.3 Αποτελέσματα

Πριν συζητήσουμε τα αποτελέσματα, δίνεται το ακόλουθο Σχήμα για να υποδειχθεί η αναγκαιότητα λήψης μέτρων διαχείρισης φορτίου παρουσίας ηλεκτρικών οχημάτων.

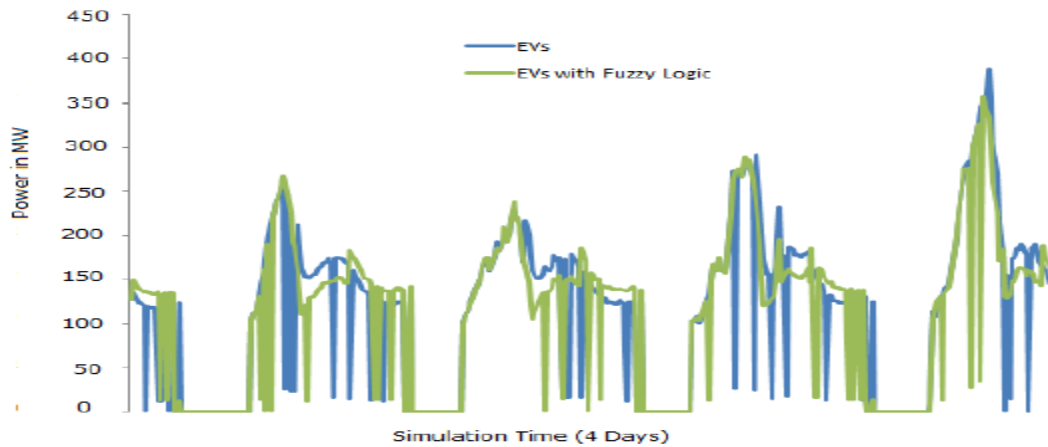


Σχήμα 5-9 Μετρημένη πραγματική ισχύς με και χωρίς ηλεκτρικά οχήματα

Το Σχήμα 5-9 δείχνει τη μετρημένη πραγματική ισχύ του τροφοδότη διανομής που απεικονίζεται στο Σχήμα 5-8 με και χωρίς την παρουσία ηλεκτρικών οχημάτων. Όλες οι μετρήσεις έχουν ληφθεί στον κόμβο 632. Αυτός ο κόμβος τοποθετείται στη γραμμή που συνδέει τον τροφοδότη με το επίπεδο μετάδοσης και έτσι έχουμε μια σαφή εικόνα του φορτίου ολόκληρου του τροφοδότη. Ο άξονας x αντιπροσωπεύει τον χρόνο προσομοίωσης, ενώ ο άξονας y τη ζήτηση σε MW. Η μπλε γραμμή αντιπροσωπεύει το φορτίο του τροφοδότη χωρίς ηλεκτρικά οχήματα, ενώ η κόκκινη γραμμή το αντίθετο.

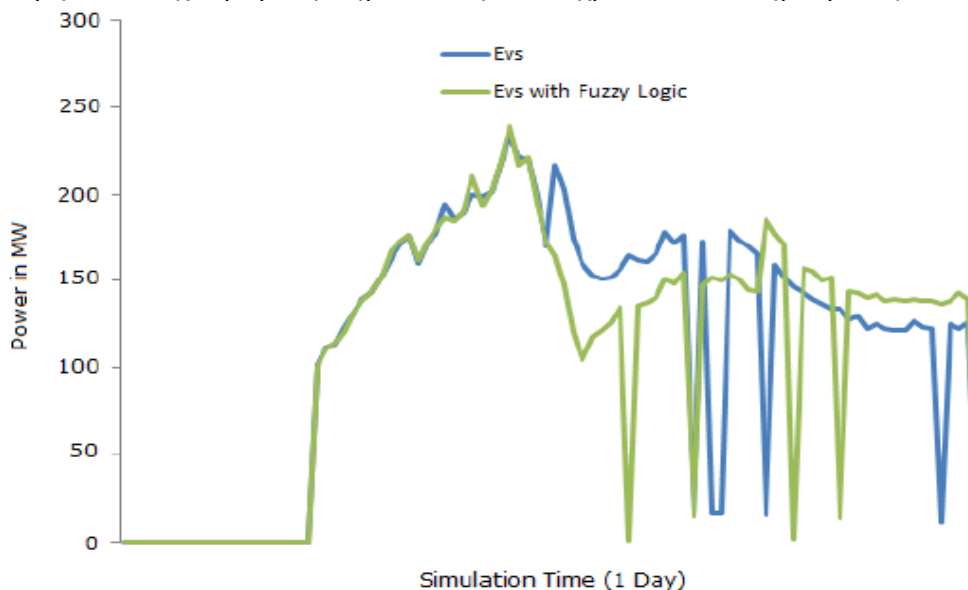
Είναι σαφές ότι με την παρουσία των ηλεκτρικών οχημάτων μια νέα κορυφή αρχίζει να σχηματίζεται στις 5:00 μ.μ. λίγο μετά την ήδη σχηματισμένη κορυφή γύρω στις 13:45 μ.μ. Επιπλέον, αρχίζει να σχηματίζεται μια μεγάλη ζήτηση μέχρι τις 4:30 το πρωί, που δεν υπήρχε πριν, όταν οι άνθρωποι αποσυνδέουν τα ηλεκτρικά τους οχήματα για να πάνε στη δουλειά τους. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι σε αυτό το πείραμα μόνο ένα μέρος του συνόλου του πληθυσμού διαθέτει EVs 559 από 4.988 άτομα. Σαφώς, στο εγγύς μέλλον μετά την επέκταση των ηλεκτρικών οχημάτων αυτή η παρατήρηση θα έχει μεγαλύτερη σημασία.

Στο Σχήμα 5-10 περιλαμβάνεται μια σύγκριση της μετρημένης πραγματικής ισχύος του τροφοδότη όταν τα ηλεκτρικά οχήματα φορτίζονται με τον τυπικό τρόπο χωρίς καμία εξωτερική παρέμβαση και όταν εφαρμόζεται η ασαφής προσέγγιση που περιγράφεται στην προηγούμενη ενότητα για τις πρώτες 4 ημέρες του Αυγούστου. Στο Σχήμα 5-11, μόνο η 2η ημέρα του ίδιου μήνα παρουσιάζεται για λόγους σαφήνειας. Και στα δύο Σχήματα η μπλε γραμμή αντιπροσωπεύει το φορτίο του τροφοδότη όταν τα ηλεκτροκίνητα φορτίζονται κατά βούληση, ενώ η πράσινη γραμμή όταν η διαδικασία φόρτισης ελέγχεται μέσω του προτεινόμενου ασαφούς λογικού ελεγκτή.



Σχήμα 5-10 Πραγματική ισχύς από μετρήσεις, με ηλεκτρικά οχήματα που ελέγχονται από ασαφή λογικό ελεγκτή (πράσινη γραμμή) και χωρίς έλεγχο (μπλε γραμμή) για τις 4 πρώτες ημέρες του Αυγούστου

Όπως φαίνεται, η ζήτηση που σχηματίστηκε στις 5:00 μ.μ. και διήρκεσε μέχρι τις 11:00 μ.μ. διαχειρίζεται σωστά, καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν προγραμματιστεί να φορτίζουν μετά τις 11:00 μ.μ., όταν η συνολική ζήτηση στον τροφοδότη είναι πολύ χαμηλότερη. Αυτό έχει μεγάλη σημασία αφού το χρονικό διάστημα μεταξύ 5:00 μ.μ. και

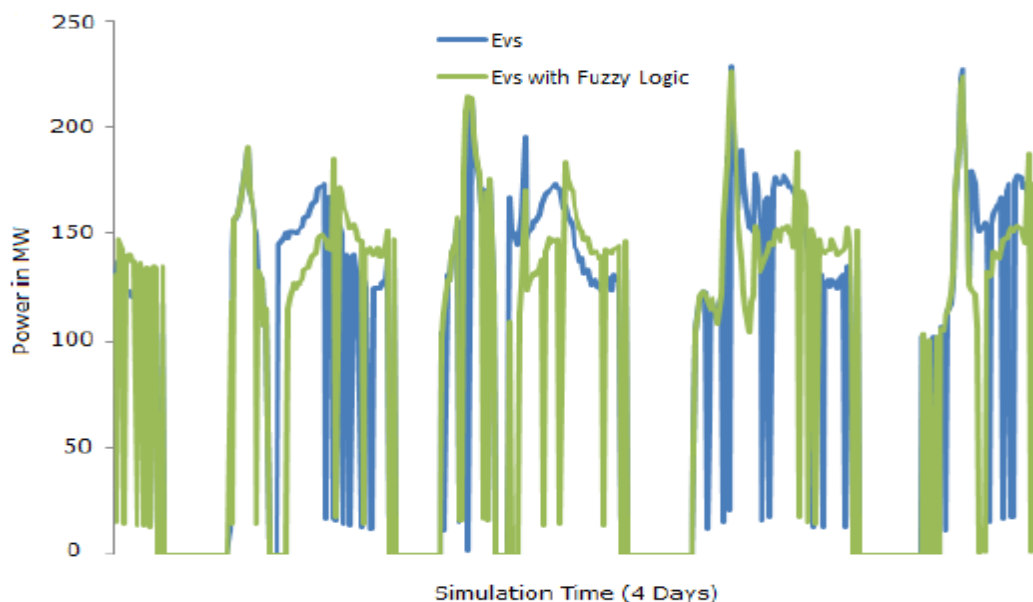


Σχήμα 5-11 Πραγματική ισχύς από μετρήσεις, με ηλεκτρικά οχήματα που ελέγχονται από ασαφή λογικό ελεγκτή (πράσινη γραμμή) και χωρίς έλεγχο (μπλε γραμμή) για τη 2^η ημέρα του Αυγούστου

11:00 μ.μ. είναι η ώρα που οι άνθρωποι επιστρέφουν στο σπίτι, συνδέουν τα ηλεκτρικά τους οχήματα και φυσικά χρησιμοποιούν τις ηλεκτρικές συσκευές της κατοικίας για να μαγειρεύουν, να ψύχουν το σπίτι τους κ.λπ. Είναι σαφές ότι με την εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων στο εγγύς μέλλον αυτή η χρονική περίοδος θα είναι ένα κρίσιμο σημείο συμφόρησης για το σύστημα. Αξίζει να αναφερθεί ότι δεν υπήρχε κανένα EV που απέτυχε να φορτίσει και να εξυπηρετήσει τον σκοπό του, δηλαδή τη μεταφορά του χρήστη του. Οι κανόνες ασαφούς λογικής, βάσει των οποίων ο ελεγκτής εκτελεί το έργο του, διαμορφώθηκαν με τρόπο που εξισορροπεί και κατανέμει ομοιόμορφα το χρόνο φόρτισης. Με άλλα λόγια, το ποσό της ζήτησης που μειώθηκε κατά τη διάρκεια των κρίσιμων περιόδων αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της κρίσιμης περιόδου.

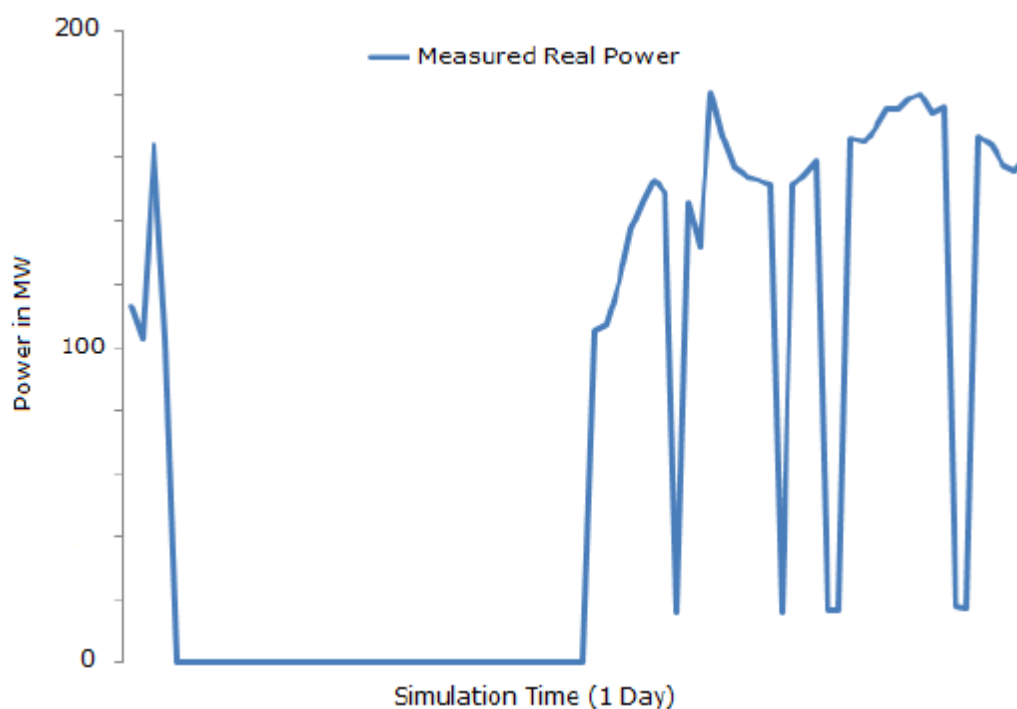
Τα ίδια ευρήματα παρατηρήθηκαν για ολόκληρη την προσομοίωση. Λόγω της έλλειψης χώρου μόνο οι πρώτες 4 ημέρες του Ιουλίου παρουσιάζονται επίσης παρακάτω, στο Σχήμα 5-12. Αυτές οι δύο περιπτώσεις, επιλέχθηκαν λόγω της υπερβολικής ζήτησης που παρατηρήθηκε κατά τη θερινή περίοδο.

Πρέπει να αναφερθεί ότι υπήρχαν λίγες ημέρες, ας τις ονομάσουμε «ειδικές», όπου το πρότυπο κατανάλωσης δεν ακολουθούσε ακριβώς το συνηθισμένο μοτίβο διανομής "τύπου Gauss Gaussian type".



Σχήμα 5-12 Πραγματική ισχύς από μετρήσεις, με ηλεκτρικά οχήματα που ελέγχονται από ασαφή λογικό ελεγκτή (πράσινη γραμμή) και χωρίς έλεγχο (μπλε γραμμή) για τις 4 πρώτες ημέρες του Ιουλίου

Αυτές είχαν μια σταθερή κορύφωση για μεγάλο χρονικό διάστημα όπως αυτή που απεικονίζεται στο Σχήμα 5-13. Σε αυτές τις συγκεκριμένες ημέρες η συμμόρφωση ήταν μικρότερη από τις δύο περιπτώσεις που παρουσιάστηκαν νωρίτερα, και κατά συνέπεια δεν παρατηρήθηκαν προβλήματα. Από την άλλη πλευρά και λόγω του συγκεκριμένου τύπου κανόνων "αν... τότε..." ο ελεγκτής δεν λειτούργησε όπως αναμενόταν. Εξάλλου, δεν υπήρχε ούτε ένα σημείο υπερβολικής ζήτησης για ομοιόμορφη κατανομή σε περιόδους με λιγότερη συμμόρφωση και επομένως, δεν υπάρχει ανάγκη για κανενός είδους προγραμματισμό.



Σχήμα 5-13 Μετρημένη πραγματική ισχύς για τις ειδικές ημέρες

5.2.4 Συμπεράσματα

Ο στόχος της τρέχουσας μελέτης απέβλεπε στην ανάπτυξη και η αξιολόγηση ενός ασαφούς λογικού ελεγκτή προκειμένου να προγραμματιστεί ο χρόνος φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων σε αγορά ενέργειας με μεταβαλλόμενες τιμές. Αυτό έχει μεγάλη σημασία αφού, όπως παρατηρήθηκε, η αυξημένη ζήτηση που εισάγεται από τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σε θέση να δημιουργήσει συμμόρφωση σε περιόδους όπου προηγουμένως δεν είχαν παρατηρηθεί. Επιπλέον, σκοπός μας ήταν η ανάπτυξη ενός πλήρως αυτοματοποιημένου ελεγκτή όπου η μόνη ευθύνη του χρήστη είναι να καθορίσει την προθυμία του να πληρώσει για τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, εισήχθη και αναλύθηκε η έννοια του "εικονικού προϋπολογισμού".

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αποδεικνύουν την ικανότητα της ασαφούς λογικής να είναι χρήσιμη σε πραγματικό χρόνο. Ο ανεπτυγμένος ελεγκτής μπόρεσε να διαχειριστεί σωστά την υπερβολική ζήτηση κατά τη διάρκεια του κρίσιμου χρόνου και να προγραμματίσει τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων σε περιόδους με λιγότερη συμφόρηση. Επιπλέον, αποδείχθηκε ότι όλα τα ηλεκτρικά οχήματα ήταν αρκετά φορτισμένα για να μεταφέρουν με ασφάλεια τους χρήστες στις καθημερινές τους δραστηριότητες.

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα

Οι αρχές και οι προτεραιότητες που έθεσε ο Μπάτσης για ένα πλάνο συνολικής (κοινωνικοοικονομικής) ανάπτυξης μέσω της εκβιομηχάνισης της Ελλάδας συνεχίζουν να υπάρχουν και σήμερα. Οι ειδικές απαιτήσεις, προδιαγραφές και συνθήκες, η ενεργειακή και οικονομική βάση στηρίζονται στην μετατροπή της κλαδικής διάρθρωσης της οικονομίας έτσι ώστε να μπορέσουμε να αναπτύξουμε πολυπλεύρως τις παραγωγικές δυνάμεις, δημιουργώντας μια οικονομία ισχυρή, ένα κράτος δυνατό και ανεξάρτητο.

Η παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008 και η επακόλουθη κρίση χρέους στην Ελλάδα, οδήγησε σε απότομη πτώση του κατά κεφαλήν ΑΕΠ στη χώρα. Στο πλαίσιο αυτό, η κατανάλωση ενέργειας μειώθηκε με ρυθμούς διαφορετικούς από άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Στην παρούσα μελέτη, αναλύουμε τα ενεργειακά και οικονομικά δεδομένα της Ελλάδας και τα συγκρίνουμε με τα αντίστοιχα δεδομένα τεσσάρων ευρωπαϊκών χωρών (Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία και Βουλγαρία) με διαφορετικά κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά και βιοτικό επίπεδο. Το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και στα πέντε κράτη συγκρίνεται με την κατανάλωση ενέργειας. Παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας, στην Ελλάδα στην περίοδο της δημοσιονομικής προσαρμογής λόγω των μνημονίων. Τα δεδομένα της Ελλάδας δείχνουν μια απόκλιση από την ισορροπία. Τα δεδομένα για την κατανάλωση ενέργειας συμπληρώνουν συμμετρικά τις μετρήσεις μας για τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο.

Στην τελευταία δεκαετία, το πραγματικό κατά κεφαλή ΑΕΠ μειώθηκε σημαντικά, όπως και ο πληθυσμός της χώρας και παρατηρήθηκε το φαινόμενο επιχειρήσεις να εγκαταλείπουν την χώρα ή να κάνουν απολύσεις λόγω των υψηλών οικονομικών επιβαρύνσεων, της φορολογίας και του αυξανόμενου κόστους της ενέργειας. Ενώ η συνολική ενεργειακή ένταση κατά την περίοδο 2000-2010 μειώνεται, η ενεργειακή ένταση δείχνει μια ενδιαφέρουσα συμπεριφορά: αύξηση για μερικά χρόνια και στη συνέχεια πτώση, προτού γίνει πάλι σταθερή, επιστρέφοντας στα προ της κρίσης επίπεδα. Αυτό το φαινομενικό παράδοξο οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως, μεταξύ άλλων, χαμηλή τελική κατανάλωση ενέργειας, μείωση της βιομηχανικής παραγωγής και αναλογική ενίσχυση του τομέα των υπηρεσιών, ιδίως στον τουρισμό και την αυτοαπασχόληση.

Ο δείκτης της ενεργειακής έντασης (energy intensity) είναι πολύ βασικός παράγοντας και συνδέεται με το γενικότερο οικονομικό και βιοτικό επίπεδο ενός έθνους. Η Ενεργειακή Ένταση (EI) αν εξαιρέσουμε ακραίες περιπτώσεις χωρών με παράγοντες οι οποίοι

αποκλίνουν από τον μέσο όρο, αποτυπώνει την γενικότερη εικόνα της οικονομίας ενός κράτους σε συνδυασμό και με τους υπόλοιπους δείκτες της. Ένα κράτος ενεργειακά αποδοτικό, παρουσιάζει συνήθως υψηλό κατά κεφαλήν ΑΕΠ, γεγονός που δείχνει ότι το οικονομικό, κοινωνικό αλλά και τεχνολογικό του σύστημα έχει μία ισχυρή ευρωστία και ποιοτικούς δείκτες ανάπτυξης. Όλα τα παραπάνω οδηγούν σε μειωμένες ενεργειακές ανάγκες με αποτέλεσμα χαμηλή ΕΙ, και σε σοβαρές ενδείξεις ανθεκτικότητας της ελληνικής οικονομίας.

Υπολογίσαμε τις ενεργειακές οικονομικές επιπτώσεις στα βασικά μεγέθη του ισοζυγίου πληρωμών και στο διαθέσιμο εισόδημα των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν από διαφορετικές πηγές όπως Index Mundi, Eurostat, IEA, Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), η Τράπεζα της Ελλάδος και άλλοι διεθνείς αρχές και οργανισμοί. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν παρουσιάζουν την εξέλιξη του μεγέθους των κρατικών δαπανών για εισαγωγές υδρογονανθράκων καθώς και την αντίστοιχη μείωση του διαθέσιμου εισοδήματος των Ελλήνων καταναλωτών, λόγω αγοράς ορυκτών καυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας. Δείξαμε ότι η Ελλάδα υπέστη όχι μόνο μια κοινωνικοοικονομική κρίση, αλλά και μια ενεργειακή κρίση, επιδεινώνοντας τις οικονομικές δυσκολίες της χώρας.

Στην παρούσα εργασία, αναλύσαμε ενεργειακούς και οικονομικούς δείκτες κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης. Εξετάζοντας το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και την ΕΙ παρατηρούμε μια παράδοξη συμπεριφορά. Η συσχέτισή τους προσφέρει έναν νέο δείκτη μέτρησης της κατανάλωσης ενέργειας με πιθανές εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Η χρήση του δείκτη μπορεί να είναι χρήσιμη σε εφαρμογές αυτοματοποιημένων λήψεων αποφάσεων σε έξυπνα δίκτυα, κτήρια, πόλεις, βιομηχανικές υποδομές και επιχειρήσεις, δίκτυα διανομής νερού και φυσικού αερίου[34].

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε προκειμένου να επισημανθεί η σχέση μεταξύ του ΑΕΠ της χώρας και της εξέλιξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το πρώτο φαίνεται να συσχετίζεται θετικά (αν και όχι έντονα) με τη μέση τριμηνιαία τιμή ηλεκτρικής ενέργειας (ευρώ / MWh), Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης, ερμηνεύεται η διακύμανση των τριμηνιαίων τιμών του ΑΕΠ κατά 20%.

Οι εισαγωγές πετρελαίου επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την κατάσταση της ελληνικής οικονομίας την περίοδο αυτή. Ένα σημαντικό μέρος του ελλείμματος του ισοζυγίου

τρεχουσών συναλλαγών είναι σταθερά ανελαστικό λόγω της υψηλής εξάρτησης της χώρας από τα εισαγόμενα καύσιμα (δηλ. πετρέλαιο και φυσικό αέριο). Ως εκ τούτου, η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας θα μπορούσε να παίξει καταλυτικό παράγοντα σε μία μακροπρόθεσμη μείωση του ελλείμματος του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών.

Η παραδοσιακή εξάρτηση της οικονομίας από τις εισαγωγές πετρελαίου είναι και αυτή μέρος του δημοσιονομικού προβλήματος της χώρας. Η αβεβαιότητα για την ασφάλεια του εφοδιασμού και το κόστος από τις υψηλές εκπομπές CO₂, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για τη δημιουργία μιας εθνικής ενεργειακής στρατηγικής που θα μεριμνά για τη μείωση της συμμετοχής των υδρογονανθράκων στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε όλους τους τομείς της οικονομίας αλλά και την εξέταση νέων πηγών φτηνής και σταθερής παραγωγής ενέργειας. Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί τον χρονικά αμεσότερο και οικονομικότερο τρόπο με τον οποίο η Ελλάδα μπορεί να μειώσει δραστικά τις δαπάνες για εισαγωγές και να βελτιώσει το εμπορικό ισοζύγιο, προωθώντας παράλληλα επενδύσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και ασφάλειας, καθώς και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Κατά τη διάρκεια μιας σοβαρής και παρατεταμένης ύφεσης που είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ΑΕΠ κατά 30%, η Ελλάδα κάνει μια σκόπιμη στρατηγική μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ελπίζοντας να επανεκκινήσει την οικονομία της και να προσανατολίσει τις επενδύσεις σε παραγωγικές δραστηριότητες υψηλής προστιθέμενης αξίας. Η ανάλυση των δεδομένων και οι οικονομετρικοί υπολογισμοί επιβεβαιώνουν ότι οι επενδύσεις σε ΑΠΕ μπορούν να τονώσουν την αύξηση του ΑΕΠ με σημαντικούς πολλαπλασιαστές ακόμη και σε χώρες υψηλού εισοδήματος όπως η Ελλάδα.

Τα σενάρια νέας ενεργειακής πολιτικής ΜΕΑΠ και ΠΕΚ επιτυγχάνουν μεγάλη μείωση των εκπομπών (κατά 60% με 70% σε σχέση με το 2005) με ταυτόχρονη μείωση της εισαγόμενης ενέργειας και με σχετικά πιο συμφέροντες οικονομικούς όρους. Επιτυγχάνεται επίσης μεγάλη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας από εισαγωγές ορυκτών καυσίμων. Επιπλέον, ανοίγουν προοπτικές για την ανάπτυξη εγχώριας βιομηχανίας ΑΠΕ και εφαρμογών /συστημάτων υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Το σενάριο μέγιστης διείσδυσης των ΑΠΕ αντιστοιχεί σε μία επιπλέον επιβάρυνση του κόστους επένδυσης κατά 20% σε σχέση με το σενάριο ΠΕΚ που προβλέπει διείσδυση της τάξεως των 85%, που με την σειρά του είναι κατά 30% υψηλότερο από αυτό της επέκτασης της υφιστάμενης κατάστασης. Παράλληλα, η εξέλιξη του ενεργειακού συστήματος παρέχει ασφάλεια στον τελικό καταναλωτή ενώ του ενσωματώνει τις βέλτιστες τεχνολογικές λύσεις και επιλογές ώστε να επιτύχει

εξοικονόμηση ενέργειας και τελικά μείωση των συνολικών του ενεργειακών δαπανών. Η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας, η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, καθώς και εφαρμογών τεχνολογίας αιχμής αποτελούν επιπλέον δυνατότητες και προοπτικές που προκύπτουν από την εφαρμογή των πολιτικών που προτείνονται.

Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) είναι μια θεμελιώδης υποδομή παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόκειται για ένα σύστημα υψηλής πολυπλοκότητας και ετερογένειας καθώς αποτελείται από πολλά διαφορετικά διασυνδεδεμένα υποσυστήματα που αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Τα υποσυστήματα ελέγχονται με κατάλληλες αυτοματοποιημένες μεθόδους προκειμένου αφενός μεν να αποφεύγονται τυχόν αστάθειες, αφετέρου να γίνεται έξυπνη διαχείριση της ενέργειας, καθοριστικής σημασίας για την αξιοπιστία του συστήματος. Σε αυτό το πλαίσιο, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην ανάλυση μιας νέας αυτοματοποιημένης μεθόδου, του Εικονικού Προϋπολογισμού (ΕΠ). Η μέθοδος αυτή ενσωματώνει την πρόβλεψη του φορτίου και της τιμής ενέργειας με τη δυναμική βελτιστοποίηση, προκειμένου να προσδιορίσει ένα βέλτιστο πρότυπο κατανάλωσης φορτίου. Τα πλεονεκτήματα του Εικονικού Προϋπολογισμού είναι η ελάχιστη παρέμβαση του καταναλωτή στη διαδικασία της μορφοποίησης του φορτίου.

Στο πρότυπο αυτό, οι χρήστες εισάγουν τρεις μεταβλητές που εκφράζουν τη στρατηγική συναλλαγής και τη ζώνη της οικονομικής τους άνεσης. Ο ΕΠ ακολουθεί έναν ανθρώπινο τρόπο σκέψης για να πετύχει κόστος όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς το μέγιστο ανεκτό κόστος που έχει θέσει ο χρήστης. Είναι σημαντική και ιδιαίτερα ωφέλιμη η ενσωμάτωση του Εικονικού Προϋπολογισμού στους διαχειριστές (μετρητές) των ευφυών δικτύων.

Από την ανάλυση των οικονομικών και ενεργειακών δεικτών παρουσιάζεται σημαντική εξάρτηση της Ελλάδας από τις εισαγωγές υδρογονανθράκων. Κατά την περίοδο 2000 - 2010 δαπανήθηκαν συνολικά 79 δισεκατομμύρια ευρώ για εισαγωγές αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επιπλέον, σε σύγκριση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, η Ελλάδα πλήρωσε 40% υψηλότερη τιμή στην Gazprom προκειμένου να εισάγει φυσικό αέριο. Από την άλλη πλευρά, οι Έλληνες αντιμετώπισαν σωρευτικό βάρος 120 δισ. ευρώ για την κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης, βενζίνης και ηλεκτρικής ενέργειας. Οι αριθμοί είναι εκπληκτικοί, υποδεικνύοντας ότι το ελληνικό ΑΕΠ επηρεάστηκε σημαντικά από τις εισαγωγές υδρογονανθράκων, δυσχεραίνοντας το ήδη επιδεινούμενο χρέος του. Ταυτόχρονα, τα στοιχεία δείχνουν ότι το βιοτικό επίπεδο των Ελλήνων πρέπει να έχει υποβαθμιστεί λόγω

κυρίως του κόστους κατανάλωσης. Η οικονομία της Ελλάδας, που συνεχίζει να βρίσκεται σε αστάθεια μπορεί να πληγεί από το ενεργειακό κόστος της χώρας.

Οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας από ορυκτά καύσιμα ή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν είναι μια άμεσα διαθέσιμη «φθηνή» λύση. Δεν μπορούν να χρησιμεύσουν ως υποκατάστατα καθώς είναι πιο ακριβά από τους υδρογονάνθρακες και μπορεί να χρειαστούν χρόνια πριν φτάσουν σε ένα στάδιο για να είναι μια φθηνή εναλλακτική λύση στο πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η Ελλάδα, ωστόσο, θα πρέπει ακόμα να εισαγάγει υδρογονάνθρακες για τις ανάγκες της και ως εκ τούτου θα εξαρτηθεί από τις τιμές τους ό,τι και να γίνει (και την τυχαιότητα της συγκυρίας που δημιουργεί απρόβλεπτες καταστάσεις, από τις επιπτώσεις της πανδημίας στα logistics και τις μεταφορές, από το βαθμό κλιμάκωσης κρίσεων σε περιοχές ενεργειακών πόρων και τα γεωπολιτικά ρίσκα). Ένα τέτοιο τεράστιο κόστος θα συνεχίσει να προσθέτει στο ήδη επιβαρυνόμενο χρέος της χώρας και να επιδεινώνει το βιοτικό επίπεδο των πολιτών της. Ίσως, η Ελλάδα θα πρέπει να εξετάσει την εναλλακτική λύση της χρήσης άνθρακα για τις ενεργειακές της ανάγκες, μέχρι ένα σημείο που διευκολύνει τη «Δίκαια Μετάβαση», όχι απότομα και χωρίς σχέδιο Β στις περιοχές που πλήττονται και στην σταθερότητα και επάρκεια ισχύος στο peak της ζήτησης, με το ξεδίπλωμα έργων που σταδιακά – τονίζεται η λέξη: σταδιακά και με προοπτική θα εντάξουν τις νέες τεχνολογίες και πηγές στο έξυπνο, διασυνδεδεμένο και σταθερό σύστημα / δίκτυο). Ο άνθρακας, υπό αυτές τις προϋποθέσεις θα μπορούσε προσωρινά να αποτελέσει ένα φθηνότερο υποκατάστατο, το οποίο ωστόσο θα μπορούσε να φέρει αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις, όπως η ρύπανση του περιβάλλοντος. Αν δεν βρεθεί φθηνότερη λύση για τις ενεργειακές ανάγκες της χώρας, το ισοζύγιο πληρωμών θα συνεχίζει να εξαρτάται αρνητικά από τις τιμές εισαγωγής υδρογονανθράκων.

Από την πλευρά των εργαλείων ο πρώτος μας στόχος απέβλεπε στην ανάπτυξη και αξιολόγηση μιας μεθόδου εποπτείας βασισμένη στη θεωρία ασαφούς λογικής για την έγκαιρη προειδοποίηση σχετικά με την υπερφόρτωση της (μέγιστο ρεύμα, ampacity, στο σύστημα διανομής). Η χρήση μιας μεθόδου τόσο κοντά στον ανθρώπινο συλλογισμό και μακριά από τις αυστηρές γλώσσες προγραμματισμού είναι από μόνη της πολύ δύσκολη. Επιπλέον, η ασαφής λογική έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό για σκοπούς ελέγχου, αλλά ελάχιστα για καθαρές εφαρμογές πρόβλεψης.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται δείχνουν ότι η χρήση ασαφούς λογικής σε αυτόν τον τομέα είναι χρήσιμη. Η προτεινόμενη μέθοδος προσδιόρησε σωστά την

υπερφορτωμένη φάση στην πλειονότητα των περιπτώσεων. Παρότι δεν ήταν σε θέση να παρακολουθεί πλήρως το πραγματικό επίπεδο μέγιστου ρεύματος (ampacity) καθ' όλη την διάρκεια της προσομοιωμένης χρονικής περιόδου (ημέρας και νύχτας) παρέχει με αυτόν τον τρόπο χρήσιμες πληροφορίες σε όλους τους υπεύθυνους για την ασφάλεια του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα και όταν η υπερφόρτωση έχει λανθασμένα εντοπιστεί, ή το αντίθετο, αφορούσε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Έτσι, ήταν σε θέση να φτάσει την τάση του επιπέδου ampacity και σωστά να αναφέρει μια επικίνδυνη κατάσταση, όπου απαιτούνται προληπτικά μέτρα.

Όπως αναφέρθηκε επίσης, ο πρώτος στόχος για τις περισσότερες εσφαλμένες προβλέψεις ήταν η στατική φύση των ασαφών συνόλων που σχετίζονται με την ασαφή παράμετρο «τιμή». Το εύρος αυτών των ασαφών συνόλων διατηρήθηκε σταθερό για όλη την προσομοίωση. Αντίθετα, το ύψος των τιμών διαφέρει από μέρα σε μέρα. Αυτές οι διαφορές είναι η κύρια αιτία εσφαλμένων προβλέψεων.

Ο δεύτερος στόχος απέβλεπε στην ανάπτυξη και την αξιολόγηση ενός ασαφούς λογικού ελεγκτή προκειμένου να προγραμματιστεί ο χρόνος φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων σε αγορά ενέργειας με μεταβαλλόμενες τιμές. Αυτό έχει μεγάλη σημασία αφού, όπως παρατηρήθηκε, η υπερβολική ζήτηση που εισάγεται από τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σε θέση να δημιουργήσει συμφόρηση σε περιόδους όπου προηγουμένως δεν είχαν παρατηρηθεί. Επιπλέον, σκοπός μας ήταν η ανάπτυξη ενός πλήρως αυτοματοποιημένου ελεγκτή όπου η μόνη ευθύνη του χρήστη είναι να καθορίσει την προθυμία του να πληρώσει για τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, εισήχθη και αναλύθηκε η έννοια του "εικονικού προϋπολογισμού".

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αποδεικνύουν την ικανότητα της ασαφούς λογικής να είναι χρήσιμη σε πραγματικό χρόνο. Ο ανεπτυγμένος ελεγκτής μπόρεσε να διαχειριστεί σωστά την υπερβολική ζήτηση κατά τη διάρκεια του κρίσιμου χρόνου και να προγραμματίσει τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων σε περιόδους με λιγότερη συμφόρηση του δικτύου. Επιπλέον, αποδείχθηκε ότι όλα τα ηλεκτρικά οχήματα ήταν αρκετά φορτισμένα για να μεταφέρουν με ασφάλεια τους χρήστες στις καθημερινές τους δραστηριότητες.

Κλείνοντας, επισημαίνουμε κάποια από τα βασικά σημεία για μελλοντική έρευνα.

A. Τα μοντέλα που δημιουργούνται μέσω μηχανικής μάθησης, όπου οι αυξανόμενοι όγκοι ενεργειακών δεδομένων και τεχνητής νοημοσύνης θα μπορούσαν να αποδειχθούν

χρήσιμοι στη σύζευξη του Διαδικτύου με το ΣΗΕ, τα logistics, τις μεταφορές και την υγεία. Ενώ η κατανόησή μας για τα οικονομικά φαινόμενα βασίζεται σε εργαλεία σχεδιασμού και αξιολόγησης φαινομένων που εκτυλίσσονται σε μακροχρόνιους ορίζοντες, αυτά τα νέα εργαλεία λήψης αποφάσεων θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα για την λήψη αποφάσεων, προγραμματισμού και ελέγχου σε πραγματικό χρόνο. Μέσω της μηχανικής μάθησης θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε αλγοριθμικά μοντέλα τα οποία, εκπαιδευόντάς τα με τα μεγα-δεδομένα μπορούν να προβλέψουν αλλαγές στην ενεργειακή συμπεριφορά σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και έτσι να λαμβάνονται αυτόματες αποφάσεις σχετικές με την κατανάλωση ενέργειας και την αποδοτικότητα έξυπνων κτιρίων, επιχειρήσεων, πόλεων, περιοχών και χωρών.

Β. Μια πιο διακριτή έρευνα, μπορεί να περιλαμβάνει πιο προηγμένες οικονομετρικές μοντελοποιήσεις και στατιστικές αναλύσεις που εστιάζουν στην περίπλοκη σχέση μεταξύ ΑΠΕ και ΑΕΠ ανά τομέα της οικονομίας. Η μελέτη αυτή μπορεί να είναι διαχρονική, συγκριτική και να συμπεριλάβει διάφορες χώρες της ΕΕ, του ΕΕΧ, εντός και εκτός της ΕΖ, προκειμένου να κατανοήσει πιθανές παροδικές επιπτώσεις της δημοσιονομικής τόνωσης της οικονομίας μέσω επενδύσεων σε ΑΠΕ, μέσω κοινών κανόνων και προγραμμάτων και επενδυτικών χρηματοδοτικών γραμμών που διασφαλίζει το ευρωπαϊκό νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο για την ενέργεια και δη τις ΑΠΕ και να εξετάσει τη συμβολή τους στους στόχους μακροπρόθεσμης βιώσιμης ανάπτυξης.

Γ. Αναφορικά με τα εργαλεία, μελλοντικά μπορούμε να διερευνήσουμε τις πιθανές αρχιτεκτονικές και παραμέτρους ευφυών συστημάτων, που θα είναι σε θέση να προσαρμόζουν το εύρος κάθε ασαφούς συνόλου και να παρακολουθούν κατ' αυτόν τον τρόπο τις αλλαγές στη δυναμική της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και των πηγών της, με προοπτική βέλτιστης χρήσης στην αγορά ενέργειας και στην οικονομία.

Δημοσιεύσεις:

Journals:

[J1:] Karasimou, Dassyras, J., M., Goulatis, I., Chroneos, A., Tsoukalas, L.H., **“Dynamics of the Greek Debt Crisis: An Energy Crisis in Disguise”**, *Energy Policy*, 2022 (accepted).

CONFERENCES:

[C1:] M. D. Karasimou, O. Mousiari and L. H. Tsoukalas, **"Renewable Energy Sources and Impact on GDP Growth,"** *2021 12th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)*, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/IISA52424.2021.9555574.

[C2:] M. D. Karasimou, V. Antonenas, V. Laitzos, V. Polychronides and L. H. Tsoukalas, **"Comparative Energy Information Analytics of Five European Economies,"** *2020 11th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/IISA50023.2020.9284351.

[C3:] M. D. Karasimou, V. Antonenas, V. Laitzos, V. Polychronides and L. H. Tsoukalas, **"Intelligent Data Analytics from the Energy Economics of the Greek Debt Crisis,"** *2020 11th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, 2020, pp. 1-7, doi: 10.1109/IISA50023.2020.9284368.

[C4:] R. Fainti, M. Karasimou, I. Tsionas, L. H. Tsoukalas and M. Alamaniotis, **"Load Management of Electric Vehicles Charging in New Generation Power Markets Based on Fuzzy Logic and the Concept of Virtual Budget,"** *2018 9th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/IISA.2018.8633621.

[C5:] R. Fainti, M. Alamaniotis, L. H. Tsoukalas, M. Karasimou and I. Tsionas, **"Ampacity level monitoring utilizing fuzzy logic theory in deregulated power markets,"** *2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)*, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/IISA.2017.8316374.

[C6:] Fainti, R., Alamaniotis, M., Tsoukalas, L.H., Karasimou, M., and Tsionas, I., **“Consumers’ Partitioning Using Hierarchical Clustering Algorithm”**, *in the proceedings of 8th International Conference on Information, Systems and Applications IISA 2017*, pp. 1-6., Larnaca, Cyprus, August 2017.

Βιβλιογραφία

- [1] Aiginger K., "Strengthening the Resilience of an Economy", *Interconomics*, October 2009 (in the link: <http://www.oecd.org/economy/growth/43558031.pdf>)
- [2] Alamaniotis M., Gatsis N., Tsoukalas L. H., "Virtual Budget: Integration of electricity load and price anticipation for load morphing in price- directed energy utilization", *2018 Electric Power Systems Research*, 158, pp. 284-296, 2018
- [3] Amadeo Kimberly, "Real GDP Per Capita, How to Calculate It, and Data Since 1947", *The Balance*, April 13, 2020 (in the link: <https://www.thebalance.com/real-gdp-per-capita-how-to-calculate-data-since-1946-3306028>)
- [4] Bank of Greece. (2018). Report of the Governor for the Year 2017. (In the link: [https://www.bankofgreece.gr/BogEkdoseis/ekthdkth2017.pdf.\[1/6/2020](https://www.bankofgreece.gr/BogEkdoseis/ekthdkth2017.pdf.[1/6/2020)
- [5] Basaran K. and Cetin N.S., "Designing of a fuzzy controller for grid connected photovoltaic system's converter and comparing with pi controller", *2016 IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2016*, pages 102–106, 2016
- [6] Beggs J., "Understanding the Impact of Growth Rate Differences", *ThoughtCo*, February 18, 2018, (in the link: <https://www.thoughtco.com/economic-growth-and-the-rule-of-70-1147521>)
- [7] Bondarenko Peter, *Encyclopedia Britannica*, "Gross domestic product", 2016
- [8] Callen Tim, "FINANCE & DEVELOPMENT" *International Monetary Fund*, 2020
- [9] Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2010). *Mechanical Properties of Metals. Materials science and engineering: an introduction (8th ed.,)*. New York: Wiley
- [10] Chappelow Jim, "Deflation", *Investopedia*, 2019
- [11] Chassin D.P., Schneide K. r and Gerkenmeyer C., "Gridlab-d: An open- source power systems modelling and simulation environment", *Transmission and*

Distribution Exposition Conference, IEEE PES Powering Toward the Future, PIMS, 2008

- [12] Chen James, "Inflation", Investopedia, 2020
- [13] Connor, S. (2009, August 3). Warning: Oil supplies are running out fast. The Independent. Retrieved May 14, 2014, from <http://www.independent.co.uk/news/science/warning-oil-supplies-are-running-out-fast-1766585.html>
- [14] Contoyiannis, Y. F., Potirakis, S. M., and Eftaxias, K.: The Earth as a living planet: human-type diseases in the earthquake preparation process, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 125–139, <https://doi.org/10.5194/nhess-13-125-2013>, 2013
- [15] Datta M., Senjyu T., "Fuzzy Control of Distributed PV Inverters/Energy Storage Systems/Electric Vehicles for Frequency Regulation in a Large Power System", 2013 IEEE Transactions on Smart Grid, 4 (1), pp. 479 – 488, 2013
- [16] Deichman U, Reuter A., Vollmer S., Zhang F., "Relationship Between Energy Intensity and Economic Growth", *World Bank Group*, January 2018 (in the link http://documents.worldbank.org/curated/en/162011517329890816/pdf/WPS8322.pdf?fbclid=IwAR2kiPuFISQT_ivO-Blnrd_UODEFe7N74YDCaAbIDFJYED6bhBQgG4PG eq c)
- [17] Dong Q., Sun Y., and Li P., "A novel forecasting model based on a hybrid processing strategy and an optimized local linear fuzzy neural network to make wind power forecasting: A case study of wind farms in china", *Renewable Energy*, 102:241–257, 2017
- [18] ELSTAT, (2020) Gross domestic Product. (In the link: <https://www.statistics.gr/el/statistics>)
- [19] ELSTAT, Monthly evolution of the industrial production index (IPI), 2020
- [20] ELSTAT, Note for the revision of Industrial Production Index 2019
- [21] Ernst & Young Global Limited 2021, Renewable Energy Country Attractiveness Index (RECAI) (in the link [Renewable Energy Country Attractiveness Index](#))

[\(ey.com\)](#))

- [22] European Commission. (2020). Renewable energy statistics. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Renewable_energy_statistics. [14/7/2020]
- [23] Eurostat, General government gross debt - annual data, 2018-08-17, (in the link <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/teina225/default/table?lang=en>)
- [24] Eurostat 2020 Final energy consumption (in the link: <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>)
- [25] Eurostat, Harmonised Index of Consumer Prices (HICP) - inflation rate, 2018 (in the link <https://ec.europa.eu/eurostat/web/hicp>)
- [26] Eurostat, Unemployment rate - annual data, Last update: 16/01/20, (in the link <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lfs/data/database>)
- [27] Eurostat, 2019, Self-employed persons, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/EDN-20190430-1>
- [28] Eurostat, 2020, Energy Intensity https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_ei&lang=en&fbclid=IwAR0r-Yt_B1KyoZ5f5MiCtke7CIVcFQXee1K6bcdcjyQfVsX1cNvoZXqxmqc
- [29] Eurostat, Energy Intensity, (in the link: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview Last update: 23/5/2019)
- [30] Fainti R., Alamaniotis M., and Tsoukalas L.H., “Backpropagation Neural Network for interval prediction of three-phase ampacity level in power systems”, International Journal of Monitoring and Surveillance Technologies Research (IJMSTR), 4 (3), pp. 1-20, 2016
- [31] Fainti R., Alamaniotis M., and Tsoukalas L.H., “Distribution Congestion Prediction Using Artificial Neural Networks for Big Data”, Proceedings of the 10th Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and

Energy Conversion, 2016

- [32] Fainti R., Alamaniotis M., and Tsoukalas L.H., "Three-phase congestion prediction utilizing artificial neural networks," *Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)*, pp.1-6, 2016
- [33] Fainti R., Nasiakou A., Tsoukalas E. and Vavalis M. "Design and early simulations of next generation intelligent energy systems", *International Journal of Monitoring and Surveillance Technologies Research (IJMSTR)*, 2(2), pp. 58-82, 2014
- [34] Fainti, R., Alamaniotis, M., Tsoukalas, L.H., Karasimou, M., and Tsionas, I., "Consumers' Partitioning Using Hierarchical Clustering Algorithm", in the proceedings of 8th International Conference on Information, Systems and Applications IISA 2017, pp. 1-6., Larnaca, Cyprus, August 2017
- [35] Fainti, R., M. Alamaniotis, L. H. Tsoukalas, M. Karasimou and I. Tsionas, "Ampacity level monitoring utilizing fuzzy logic theory in deregulated power markets," *2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)*, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/IISA.2017.8316374
- [36] Fainti, R., M. Karasimou, I. Tsionas, L. H. Tsoukalas and M. Alamaniotis, "Load Management of Electric Vehicles Charging in New Generation Power Markets Based on Fuzzy Logic and the Concept of Virtual Budget," *2018 9th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/IISA.2018.8633621
- [37] Financial assistance to Greece. (n.d.). - European Commission. Retrieved May 14, 2014, from http://ec.europa.eu/economy_finance/assistance_eu_ms/greek_loan_facility/
- [38] Foti M. and Vavalis M., "Intelligent Bidding in Smart Electricity Markets", *International Journal of Monitoring and Surveillance Technologies Research (IJMSTR)*, 3(3), 68-90, 2015
- [39] Fuller J.C., Schneider K.P., and Chassin P.D., "Analysis of residential demand

response and double-auction markets," IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2011

- [40] Galois, C-H., Phillips, A., Coronavirus is Edging the Eurozone towards Collapse, The Telegraph, April 3, 2020 (in the link: <https://www.telegraph.co.uk/politics/2020/04/03/coronavirus-edging-us-towards-eurozones-collapse/>)
- [41] Georgiou Paraskevas N, Mavrotas George, and Diakoulaki Danae. "The effect of islands' interconnection to the mainland system on the development of renewable energy sources in the greek power sector". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(6):2607–2620, 2011
- [42] Goetz, S.J., Flemming-Munoz, D.A., Han, Y., "What Makes one Economy more Resilient than Another?," *The Conversation*, March 7, 2016 (in the link: <https://theconversation.com/what-makes-one-economy-more-resilient-than-another-54374>)
- [43] Greece: Tax System. (n.d.). Greek tax system. Retrieved May 14, 2014, from <https://en.santandertrade.com/establish-overseas/greece/tax-system>
- [44] Hallegatte St., "Economic Resilience Definition and Measurement", *The World Bank*, May 2014 (in the link: https://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-6852?fbclid=IwAR1MzxWqNGWTiG2S4aQc_1WGylFV0lg6g4QsgOE0JJuox8R1XqLbP-HVtuw&)
- [45] Hemi H., Ghouili J., Cheriti A., "A real time fuzzy logic power management strategy for a fuel cell vehicle", 2014 Energy Conversion and Management, 80, pp. 63-70, 2014
- [46] Hogan W. W., "Competitive electricity markets: A whole sale primer", 1998, <http://www.hks.harvard.edu/fs/whogan/empr1298.pdf>
- [47] Hossain M.K. and Ali M.H., "Fuzzy logic controlled power balancing for low voltage ride-through capability enhancement of large-scale gridconnected pv plants", IEEE Texas Power and Energy Conference, TPEC 2017, 2017

- [48] IEA (2021) Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector ((In the link: <https://www.iea.org/reports/tracking-sdg7-the-energy-progress-report-2021>)
- [49] IEA (2021) Tracking SDG7: The energy progress Report. (In the link: <https://www.iea.org/reports/tracking-sdg7-the-energy-progress-report-2021>)
- [50] IEA Data and Statistics Total final consumption (TFC) by sector, Greece 1990-2015 ([https://www.iea.org/data-and-statistics?country=GREECE&fuel=Energy%20consumption&indicator=Total%20final%20consumption%20\(TFC\)%20by%20sector](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=GREECE&fuel=Energy%20consumption&indicator=Total%20final%20consumption%20(TFC)%20by%20sector))
- [51] IEA. (2018). Addressing climate change Policies and measures database. (In the link <https://www.iea.org/reports/world-energy-model/policies-database>. [20/7/2020])
- [52] IEA. (2018). World Energy Outlook 2018. Available at: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2018>. [12/7/2020]
- [53] IENE Energy Institute (annual report 2019) (in the link: <https://www.iene.gr/articlefiles/file/meletes/iene-meleti-2019.pdf>)
- [54] International Monetary Fund. (IMF) "World Economic Outlook Database, October 2019" (in the link: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2019/October>)
- [55] Iraq War. (2014). In *Encyclopedia Britannica*. Retrieved from <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/870845/Iraq-War>
- [56] Karasimou, M., Dassyras, J., M., Goulatis, I., Chroneos, A., Tsoukalas, L.H., "Dynamics of the Greek Debt Crisis: An Energy Crisis in Disguise", *Energy Policy*, 2021 (in press)
- [57] Kerting W.H., "Radial distribution test feeders," IEEE distribution planning working group report. *IEEE Transactions on Power Systems*, 6(3):975–985,1991
- [58] Khairuddin A.B., Ahmed S.S., Mustafa M.W., Zin A.A.M., and Ahmad H., "A novel method for atc computations in a large-scale power system", *IEEE Transactions*

on Power Systems, 19(2):1150– 1158, 2004

- [59] King, D., & Murray, J. Climate policy: Oil's tipping point has passed. *Nature*, 481, 433-435. Retrieved May 14, 2014, from <http://dx.doi.org/10.1038/481433a>
- [60] Li C.Y., Liu G.P., "Optimal fuzzy power control and management of fuel cell/battery hybrid vehicles", 2009 Journal of Power Sources, 192 (2), pp. 525-533, 2009
- [61] Lyeonov S, Pimonenko T, Bilan Y, Štreimikienė D, Mentel G. Assessment of Green Investments' Impact on Sustainable Development: Linking Gross Domestic Product Per Capita, Greenhouse Gas Emissions and Renewable Energy. *Energies*. 2019; 12(20):3891 <https://doi.org/10.3390/en12203891>
- [62] Ma T., Mohammed O. A., "Optimal Charging of Plug-in Electric Vehicles for a Car-Park Infrastructure", 2014 IEEE Transactions on Industry Applications, 50 (4), pp. 2323 – 2330, 2014
- [63] Mezartasoglou, D., Stampolis, K., Koutroumousis, A. & Perellis, A. (2020). The Greek Energy Sector Annual Report 2020. SE Europe Energy Institute (IENE). (In the link: https://www.iene.gr/articlefiles/iene_meleti_2020_final1.pdf)
- [64] National Statistical Institute "Gross Domestic Product for the Second Quarter of 2017 (Flash Estimates) | National statistical institute». Retrieved 3 September 2017
- [65] Ntanos S, Skordoulis M, Kyriakopoulos G, Arabatzis G, Chalikias M, Galatsidas S, Batzios A, Katsarou A. Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from European Countries. *Sustainability*. 2018; 10(8):2626. <https://doi.org/10.3390/su10082626>
- [66] Oil & Gas Security Emergency Response of IEA Countries: Greece. (2011). Retrieved May 14, 2014, from http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/greece_2010.pdf
- [67] Ray P., Mishra D.P. and Mohaptra S., "Fault classification of a transmission line

using wavelet transform & fuzzy logic”, 1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems, ICPEICES 2016

- [68] Regulatory authority for Energy. (2013). Monthly Special Account Bulletin of APE & SITHYA LAGIE SA. (In the link: http://www.rae.gr/site/categories_new/renewable_power/monreport.csp. [14/7/2020].)
- [69] Regulatory authority for Energy RAE. (2013). Monthly Special Account Bulletin of APE & SITHYA- LAGIE SA. (In the link: http://www.rae.gr/site/categories_new/renewable_power/monreport.csp. [14/7/2020])
- [70] Rezaei F. and Esmaeili S., "Decentralized reactive power control of distributed pv and wind power generation units using an optimized fuzzybased method", International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 87:27–42, 2017
- [71] Schouten N.J., Salman M.A., Kheir N.A., "Fuzzy logic control for parallel hybrid vehicles", 2002 IEEE Transactions on Control Systems Technology, 10 (3), pp. 460-468, 2002
- [72] Selim A., Abdel-Akher M., and Aly M.M., "Plug-in hybrid electric vehicles aggregation and real- time active power control simulation analysis in distribution systems", 2016 18th International Middle-East Power Systems Conference, MEPCON 2016 - Proceedings, pages 723– 728, 2016
- [73] Singh M., Kumar P., Kar I., "Implementation of Vehicle to Grid Infrastructure Using Fuzzy Logic Controller", 2012 IEEE Transactions on Smart Grid, 3 (1), pp. 565-577, 1012
- [74] Suraparaju K.R. and Pillai G., "Type 2 fuzzy logic–based robust control strategy for power sharing in microgrids with uncertainties in operating conditions", International Transactions on Electrical Energy Systems, 27(4), 2017
- [75] The World Bank, 2020 (in the link: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.ZG?end=2018&locations=GR&start=1990&view=chart>)
- [76] The World Bank, 2020 (in the link: <https://data.worldbank.org/indicator/NY>.

[GDP.PCAP.CD?end=2018&locations=BG-DE-FR-IT&start=1960&view=chart](https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?end=2018&locations=BG-DE-FR-IT&start=1960&view=chart))

- [77] The World Bank, 2020 (in the link: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2018&locations=BG-DE-FR-IT-GR&start=1990>)
- [78] The World Bank, 2020 (in the link: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.GD.PP.KD?locations=BG-DE-FR-IT-GR>)
- [79] Tsoukalas L.H. and Uhrig R., Fuzzy and Neural Approaches in Engineering, New York, NY: Wiley, 1997
- [80] Uma V., Lakshmi P., and Anunciya J.D., “Congestion management in deregulated power system by fuzzy based optimal location and sizing of upfc”, WSEAS Transactions on Power Systems, 9:258–266, 2014
- [81] UNIVERSITY OF CALGARY, Energy Intensity, ENERGY EDUCATION, (in the link: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Energy_productivity)
- [82] Varotsos, Panayiotis Sarlis Nicholas V., Skordas Efthimios S., Uyeda Seiya, Kamogawa Masashi “Kamogawa Masashis S.on.ca /encyclopediaencyclopedia /Energy_productivity", 9:258–266, 2014.tems," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Pa
- [83] ΑΔΜΗΕ (2019) Μελέτη Επάρκειας Ισχύος 2020-2030 (στον σύνδεσμο [ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΙΣΧΥΟΣ \(admie.gr\)](https://www.admie.gr/))
- [84] Αργυράκης Ι. Γ. (2018) «Οι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί της ΔΕΗ ΑΕ και η συμβολή τους στη κάλυψη των Ενεργειακών Αναγκών της Χώρας», 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φραγμάτων (in the link: [2008_11_synedrio_fragmaton_-oi_ydroilektrikoi_stathmoi_tis_dei - i. g. argyraki.pdf \(ypethe.gr\)](https://www.yperthe.gr/2008_11_synedrio_fragmaton_-oi_ydroilektrikoi_stathmoi_tis_dei_-_i._g._argyraki.pdf))
- [85] ΕΛΣΤΑΤ, δημοσίευμα Η Ελληνική Οικονομία, 19 Ιουλίου 2019) (in the link: https://www.statistics.gr/documents/20181/14477706/greek_economy_19_07_2019.pdf/d94448bb-e577-5e59-f5ce-6b901a9a23d9?t=1563536132251)
- [86] Ευρετήριο Οικονομικών Όρων, Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Gross domestic product (GDP)),(in the link: <https://www.euretirio.com/>)

- [87] Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2019), ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ, ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, COM/2019/640 final (στον σύνδεσμο <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX:32009L0072>)
- [88] Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2009) Οδηγία 2009/72/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Ιουλίου 2009, σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και για την κατάργηση της οδηγίας 2003/54/ΕΚ (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ) (στον σύνδεσμο <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX:32009L0072>)
- [89] Εφημερίς της Κυβερνήσεως. Νόμος 1356/28.4.1918 «Περί προσωρινής υπερτιμήσεως του ηλεκτρικού ρεύματος ή αερίου προς φωτισμόν και βιομηχανικήν κίνησιν των εν τω Κράτει εγκατεστημένων επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ή αερίου», Απρίλιος 1948. Φύλλον 20
- [90] Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης, Επιτροπή Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού του ΥΠΕΚΑ. Ενεργειακός σχεδιασμός για το 2050 στην Ελλάδα (in the link <http://www.iene.gr>)
- [91] Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (IENE) “Investing in Greece’s Energy Sector” (in the link <https://www.iene.gr/articlefiles/file/meletes/ienemeleti-2019.pdf>)
- [92] Ινστιτούτο Εργασίας Γ.Σ.Ε.Ε., Ετήσια Έκθεση 2013 : «Η ελληνική οικονομία και η απασχόληση» (in the link: <https://www.inegsee.gr/etisia-ekthesi2013-i-elliniki-ikonomia-ke-iapascholisi/>)
- [93] Λύτρας Θεόδωρος Σ (2017). Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και η σύμβαση προμήθειας
- [94] Μπάτσης Δημήτρης, (1947), Η Βαρεία Βιομηχανία στην Ελλάδα, Β Έκδοση,

ΚΕΔΡΟΣ, Αθήνα 2004, ISBN13 9789600419375

- [95] Ντοκόπουλος Πέτρος. Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας Τόμος Ι. Θεσσαλονίκη: ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ, 1986
- [96] Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας, Λιγνιτικά κοιτάσματα (στον σύνδεσμο [Λιγνιτικά κοιτάσματα - Τμήμα Γεωλογίας Σχολή Θετικών Επιστημών, Department of Geology, University of Patras \(upatras.gr\)](http://www.upatras.gr/department/geology/))
- [97] Παντελάκης Νίκος «Ο εξηλεκτρισμός της Ελλάδας. Από την ιδιωτική πρωτοβουλία στο κρατικό μονοπώλιο (1889-1956)». Μ.Ι.Ε.Τ., Αθήνα, 1991
- [98] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας ΡΑΕ, Μεσοσταθμική Τιμή Εισαγωγής Φυσικού Αερίου (in the link http://www.rae.gr/site/categories_new/gas/market/wholesale_gr.csp)
- [99] Σταθάκης Γιώργος, Το Δόγμα Τρούμαν και το Σχέδιο Μάρσαλ, Η ιστορία της αμερικάνικης βοήθειας στην Ελλάδα, εκδ. Βιβλιόραμα, Αθήνα 2004
- [100] Συνδέσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων Ελλάδος (Σ.Μ.Ε.) σε συνεργασία και επιστημονική επιμέλεια της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. και του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Ε.Κ.Π.Α., Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΣΤΟΝ 20ο ΑΙΩΝΑ (στον σύνδεσμο [Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΣΤΟΝ 20ο ΑΙΩΝΑ \(orykta.gr\)](http://www.orykta.gr/))
- [101] Τσοτσορός Ν. Στάθης, Ενέργεια και ανάπτυξη στη μεταπολεμική περίοδο, Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού 1950 – 1992, εκδ. Κέντρο Νεοελληνικών Ερευνών Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών, Αθήνα 1995
- [102] ΤτΕ Τράπεζα της Ελλάδος 2009 «Η ΚΡΙΣΗ ΤΟΥ 1929 ΚΑΙ Η ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΡΙΣΗ: ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ» (in the link [1/SYMBOLIIO/FEB/2007/AGGL \(bankofgreece.gr\)](http://www.bankofgreece.gr/1/SYMBOLIIO/FEB/2007/AGGL))
- [103] ΤτΕ Τράπεζα της Ελλάδος 2011 «ΝΟΜΙΣΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΡΙΣΗ Η ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΗΣ ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ, 1929-1941» (in the link [75 YEARS NEW NEW \(bankofgreece.gr\)](http://www.bankofgreece.gr/75YEARS_NEW_NEW))

- [104] Χατζηιωσήφ Χρήστος Απόψεις γύρω από τη βιωσιμότητα της Ελλάδας και το ρόλο της βιομηχανίας. Ρέθυμνο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1986