



Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



***ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΠΥΡΗΝΙΚΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑ & Ο ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ***

***ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΝΕΠΤΥΓΜΕΝΩΝ ΚΡΑΤΩΝ: Η
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ Η.Π.Α.***

Κωνσταντίνος Αδαμάκης

Επιβλέπον Καθηγητής: Δρ. Φώτιος Πλέσσας

Βόλος: Ιούνιος 2020

Πίνακας Περιεχομένων

<i>Περίληψη</i>	4
<i>Εισαγωγή</i>	6
<i>Ενότητα 1^η: Τα Χαρακτηριστικά του Ενεργειακού Συστήματος των Η.Π.Α.</i>	8
1.1 Τα Χαρακτηριστικά Ενός Ενεργειακού Συστήματος	8
1.2. Το Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.	11
<i>Ενότητα 2^η: Η Πρωτογενής Ενέργεια του Ενεργειακού Συστήματος των Η.Π.Α.</i>	16
2.1. Επισκόπηση Πρωτογενούς Ενέργειας.....	16
2.2 Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας.....	20
2.3 Παραγωγή Πρωτογενούς Ενέργειας.....	28
2.4 Εισαγωγές-Εξαγωγές Πρωτογενούς Ενέργειας	32
<i>Ενότητα 3^η: Ο Ρόλος των Α.Π.Ε. και της Πυρηνικής Ενέργειας στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.</i>	35
3.1 Η Παραγωγή και η Κατανάλωση των Α.Π.Ε. στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.....	35
4.2 Η Πυρηνική Ενέργεια στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.....	40
3.3 Το Μέλλον των Α.Π.Ε. στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.....	44
3.4 Το Μέλλον της Πυρηνικής Ενέργειας στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.	48
3.5 Η Συμβολή των Α.Π.Ε. και της Πυρηνικής Ενέργειας στις Η.Π.Α.	50
<i>Ενότητα 4^η: Ο Αντίκτυπος της Πυρηνικής Ενέργειας και των Α.Π.Ε. στις Εκπομπές CO₂</i>	57
<i>Ενότητα 5: Κατανάλωσης Ενέργειας & Ανάπτυξη</i>	67
5.1 Η Αιτιώδης Σχέση Κατανάλωσης Ενέργειας & Α.Ε.Π.....	67
5.2 Η Αιτιώδης Σχέση Α.Π.Ε., Πυρηνικής Ενέργειας & Α.Ε.Π.	71
<i>Ενότητα 6 : Σχολιασμός – Συμπεράσματα – Προτάσεις</i>	86
6.1 Ανασκόπηση & Σχολιασμός	86
6.2 Συμπεράσματα & Προτάσεις	96
<i>Βιβλιογραφία</i>	99
<i>Ξενόγλωσση</i>	99
<i>Παράρτημα 1: Χάρτες</i>	109
<i>Παράρτημα 2: Διαγράμματα</i>	118
<i>Παράρτημα 3: Πίνακες</i>	147
<i>Παράρτημα Α: Ο Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας των Η.Π.Α.</i>	152
<i>Παράρτημα Β: Ο Αντίλογος στην Υιοθέτηση των R.P.S.</i>	153
<i>Παράρτημα Γ: Νομοθετική Στήριξη Πυρηνικής Ενέργειας</i>	154
<i>Παράρτημα Δ: Η Εξέλιξη της Πυρηνικής Ενέργειας</i>	159
<i>Παράρτημα Ε: Η Καμπύλη Kuznet</i>	160

Κατάλογος Χαρτών

<u>Χάρτης 1:Αγωγοί Μεταφοράς Αργού Πετρελαίου στις Η.Π.Α</u>	108
<u>Χάρτης 2:Αγωγοί Μεταφοράς Προϊόντων Πετρελαίου στις Η.Π.Α</u>	109
<u>Χάρτης 3:Αγωγοί Μεταφοράς Φυσικού Αερίου στις Η.Π.Α</u>	110
<u>Χάρτης 4:Κύριες Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικού Ρεύματος στις Η.Π.Α. (≥ 345 KV)</u>	111
<u>Χάρτης 5:Οι Πολιτείες που Εφαρμόζουν R.P.S. (Ιούλιος 2019)</u>	112
<u>Χάρτης 6:Μονάδες Παραγωγής Πυρηνικής Ενέργειας (2018)</u>	113

Κατάλογος Διαγραμμάτων

<u>Διάγραμμα 1:Επισκόπηση Πρωτογενούς Ενέργειας (1949 – 2019) (QuadrillionBtu)</u>	114
<u>Διάγραμμα 2:Πρωτογενής Ενέργεια Ανά Δολάριο του Πραγματικού Α.Ε.Π. (Η.Π.Α.)</u>	115
<u>Διάγραμμα 3:Αποδοτικότητα Μετατροπής Ενέργειας (Γαϊάνθρακες, Πετρέλαιο, Φυσικό Αέριο, Συνδυασμένων Ορυκτών Καυσίμων)</u>	115
<u>Διάγραμμα 4:Παγκόσμια Ενεργειακή Ένταση (1990-2014)</u>	116
<u>Διάγραμμα 5: Πρωτογενής Κατανάλωση Ενέργειας Ανά Πηγή Ενέργειας (1949 – 2019) (QuadrillionBtu)</u>	117
<u>Διάγραμμα 6: Πρωτογενής Κατανάλωση Ενέργειας Ανά Τομέα (1949 – 2019) (TrillionBtu)</u>	118
<u>Διάγραμμα 7:Διάρθρωση Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας στον Εμπορικό Τομέα (1949-2018) (QuadrillionBtu)</u>	119
<u>Διάγραμμα 8:Διάρθρωση Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας στον Βιομηχανικό Τομέα (1949-2018) (QuadrillionBtu)</u>	120
<u>Διάγραμμα 9: Διάρθρωση Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας στον Τομέα των Μεταφορών (1949-2018) (QuadrillionBtu)</u>	121
<u>Διάγραμμα 10:: Διάρθρωση Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα (1949-2018) (QuadrillionBtu)</u>	122
<u>Διάγραμμα 11:Ροή Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας (%) (2019)</u>	123
<u>Διάγραμμα 12:Κατανάλωσης Ενέργειας στον Κλάδο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (1949-2018) (QuadrillionBtu)</u>	124
<u>Διάγραμμα 13: Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας στους Τομείς: Ηλεκτρικής Ενέργειας, Οικιακό, Εμπορικό, Βιομηχανικό, Μεταφορών</u>	125
<u>Διάγραμμα 14: Συνολική Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας Ανά Άτομο</u>	125
<u>Διάγραμμα 15: Συνολική Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας Ανά Άτομο (1960-2015)</u>	126
<u>Διάγραμμα 16: Ποσοστό Συνολικής Κατανάλωσης Πρωτογενούς Ενέργειας (1960-2015)</u>	126
<u>Διάγραμμα 17: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Ανά Κάτοικο 1966-2016 (Επιλεγμένες Πολιτείες)</u>	127
<u>Διάγραμμα 18: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Ανά Κάτοικο (1960 – 2014)(Επιλεγμένες Χώρες)</u>	127

<u>Διάγραμμα 19: Πρωτογενής Παραγωγή Ενέργειας Ανά Ενεργειακή Μορφή (1949 – 2019)</u>	128
<u>Διάγραμμα 20: Πρωτογενής Καθαρές Ενεργειακές Εισαγωγές (1949 – 2019)</u>	129
<u>Διάγραμμα 21: Πρωτογενείς Ενεργειακές Εισαγωγές ανά Μορφή Ενέργειας (1949 – 2019)</u>	130
<u>Διάγραμμα 22: Πρωτογενείς Ενεργειακές Εξαγωγές ανά Μορφή Ενέργειας (1949 – 2019)</u>	131
<u>Διάγραμμα 23: Παραχθείσα/Καταναλωθείσα Ποσότητα Α.Π.Ε. ανά Ενεργειακή Πηγή</u>	132
<u>Διάγραμμα 24: Προβλεπόμενη και Πραγματοποιηθείσα Παραγωγή Α.Π.Ε. πλην Υδροηλεκτρικής Ενέργειας(2000-2018)</u>	133
<u>Διάγραμμα 25: Χρονοδιάγραμμα Εφαρμογής R.P.S.</u>	134
<u>Διάγραμμα 26-27: Αύξηση Παραγωγής Ηλιακής & Αιολικής Ενέργειας (2000-2016)</u>	135
<u>Διάγραμμα 28: Εκπομπές CO2 Παγκοσμίως (2017)</u>	136
<u>Διάγραμμα 29: Χώρες Παραγωγής Πυρηνικής Ενέργειας (2018)</u>	137
<u>Διάγραμμα 30: Υπόδειγμα Καμπύλης Kuznets</u>	138

Κατάλογος Πινάκων

<u>Πίνακας 1:Λίστα Αναπτυγμένων Χωρών (2019)</u>	139
<u>Πίνακας 2: Συνολική Ενεργειακή Ένταση σε Επιλεγμένα Κράτη 7 Περιοχές (Έτος 2015)</u>	139
<u>Πίνακας 3:Ενεργοί Πυρηνικοί Αντιδραστήρες (Μάρτιος 2020)</u>	140
<u>Πίνακας 4:Οι 15 Χώρες με την Μεγαλύτερη Παραγωγή Πυρηνικής Ενέργειας το 2018</u>	141
<u>Πίνακας 5:Οι Χώρες που Έχουν Συνάψει Συμφωνίες Κατασκευής Πυρηνικών Μονάδων</u>	141
<u>Πίνακας 6:Αιτιώδης Σχέση Κατανάλωσης Ενέργειας & Α.Ε.Π.</u>	142

Περίληψη

Σκοπός της Εργασίας: Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να εξετάσουμε την επίδραση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (εφεξής Α.Π.Ε.) στο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (εφεξής Α.Ε.Π.) των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (εφεξής Η.Π.Α.).

Μεθοδολογία & Συλλογή Δεδομένων: Στην συγκεκριμένη εργασία ακολουθήθηκε η ερευνητική μεθοδολογία της μελέτης περίπτωσης. Η βιβλιογραφία μας βασίστηκε σε άρθρα αξιόπιστων και έγκυρων επιστημονικών περιοδικών (μεταξύ άλλων: The Energy Journal, Renewable Energy, Energy Economics, Environmental Science and Pollution Research) τα οποία συλλέχθηκαν από αξιόπιστες και διεθνώς αναγνωρισμένες ιστοσελίδες (μεταξύ άλλων, Elsevier, Springer, Columbia SIPA | Center of Global Energy Policy). Τα (δευτερογενή) δεδομένα που συμπεριλήφθησαν στην παρούσα εργασία, αντλήθηκαν από αξιόπιστους διεθνείς και αμερικανικούς οργανισμούς (μεταξύ άλλων: World Nuclear Association, United States Energy Information Administration, United States Department of Energy) και αφορούν, κυρίως, το ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. (μεταξύ άλλων: κατανάλωση/παραγωγή ενέργειας, ύψος ενεργειακών εισαγωγών-εξαγωγών κ.α.).

Ευρήματα: Εξετάζοντας την διεθνή βιβλιογραφία καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η αιτιώδης σχέση ανάμεσα στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας, Α.Π.Ε. και του Α.Ε.Π. των Η.Π.Α. δεν είναι σαφής και αποκρυσταλλωμένη. Ωστόσο, οι περισσότερες μελέτες επιβεβαιώνουν την ισχύ της υπόθεσης ουδετερότητας. Τα ασαφή και μεικτά αποτελέσματα οφείλονται σε ενδογενή ζητήματα και χαρακτηριστικά τόσο της υπό εξέταση χώρας, όσο και της εκάστοτε μελέτης.

Πρωτοτυπία & Συνεισφορά: Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι μία από τις λίγες εργασίες, με βάση την γνώση μας, η οποία δεν εξετάζει αποκλειστικά και μόνο τον αντίκτυπο της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και την κατανάλωση των Α.Π.Ε. στην οικονομική ανάπτυξη των Η.Π.Α., αλλά παρουσιάζει και μία συνολική και εμπειριστατωμένη εικόνα του αμερικανικού ενεργειακού συστήματος, καθώς και του ρόλου που διαδραματίζουν οι Α.Π.Ε. και η πυρηνική ενέργεια στο αμερικανικό ενεργειακό σύστημα, στις Η.Π.Α. συνολικά, και τέλος στο περιβάλλον.

Λέξεις Κλειδιά: Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, Ενεργειακό Σύστημα, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια, Οικονομία

Abstract

Purpose of the Thesis: The purpose of this thesis was to examine the effect of nuclear energy consumption and renewable energy sources (hereinafter R.E.S.) on the gross domestic product (hereinafter G.D.P.) of the United States of America (hereinafter U.S.A.).

Methodology & Collecting Data: The survey methodology which has been followed to the specific thesis is the case study. Our literature was based on articles from reliable and valid journals (including The Energy Journal, Renewable Energy, Energy Economics, Environmental Science and Pollution Research), which they were collected from reliable and internationally recognized sites (including, Elsevier, Springer, Columbia SIPA | Center of Global Energy Policy). The (secondary) data included in this paper were obtained from reputable international and American organizations (including: World Nuclear Association, United States Energy Information Administration, United States Department of Energy) and relate mainly to the U.S.A. energy system (among others: energy consumption/production, energy imports-exports, etc.).

Findings: Examining the international literature, we came to the conclusion that causality relationship between nuclear energy consumption, R.E.S. and G.D.P. of U.S.A. it is not clear and crystallized. However, most of the studies support the neutrality hypothesis. The ambiguous and mixed results are due to endogenous issues and characteristics of both the country under consideration and the contextually study.

Originality-Contribution: This thesis is one of the rare papers, based in our knowledge, which does not examine exclusively the impact of nuclear energy consumption and R.E.S. consumption in the economic development of the U.S.A. but it also presents an overall and detailed picture of the U.S.A. energy system, as well as the role of R.E.S. and nuclear energy in the U.S.A. energy system, in the U.S.A. overall, and finally in the environment.

Keywords: United States of America, Energy System, Renewable Energy Sources, Nuclear Energy, Economy

Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και των Α.Π.Ε. στο Α.Ε.Π. των Η.Π.Α..

Πρωταρχικός μας στόχος είναι ο εντοπισμός της αιτιώδους σχέσης ανάμεσα στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας, στην κατανάλωση Α.Π.Ε., και στο Α.Ε.Π. των Η.Π.Α.. Δευτερευόντως, εστιάζουμε στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. και παρουσιάζουμε τα βασικά χαρακτηριστικά αυτού, εμβαθύνοντας, παράλληλα, στις Α.Π.Ε. και στην πυρηνική ενέργεια. Ειδικότερα παρουσιάζουμε:

- Τον ρόλο τους στο αμερικανικό ενεργειακό σύστημα, και την συνολική τους συμβολή στις Η.Π.Α..
- Τους παράγοντες που επηρεάζουν την παρούσα και μελλοντική τους παραγωγική δυναμική
- Τον αντίκτυπό τους στο περιβάλλον

Η επιλογή μας να εξετάσουμε την επίδραση της κατανάλωσης των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας στο Α.Π.Ε. των Η.Π.Α., βασίστηκε στους εξής τρεις λόγους (Menyah&Wolde-Rufael, 2010):

- 1) Οι Η.Π.Α. κατατάσσονται στην δεύτερη θέση της παγκόσμιας κατάταξης των χωρών με τις μεγαλύτερες εκπομπές CO₂. Συνεπώς, η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο εξαρτάται από τις ενεργειακές πολιτικές των Η.Π.Α., και το κατά πόσο είναι εφικτή η μείωση, αυτή, μέσω της μεγαλύτερης ενσωμάτωσης των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό τους σύστημα, με παράλληλη, φυσικά, μείωση των παραδοσιακών ρυπογόνων πηγών ενέργειας (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο)
- 2) Η εξάρτηση των Η.Π.Α. από το εισαγόμενο πετρέλαιο καθιστά ενεργειακά ευάλωτη την χώρα στις μεταβολές της τιμής του πετρελαίου. Επομένως, το ερώτημα εάν η αύξηση της εγχώριας παραγωγής Α.Π.Ε. και πυρηνικής ενέργειας είναι θέση να

αντικαταστήσει το εισαγόμενο πετρέλαιο, είναι εξαιρετικά σημαντικό και αξίζει να διερευνηθείς.

- 3) Τόσο η κατανάλωση των Α.Π.Ε. όσο και της πυρηνικής ενέργειας αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μέρος της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας των Η.Π.Α.. Επομένως, εάν κρίνεται αναγκαία η μεγαλύτερη παραγωγή και κατανάλωση Α.Π.Ε. και πυρηνικής ενέργειας με σκοπό την μείωση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και την αύξηση του ενεργειακού εφοδιασμού των Η.Π.Α., πρέπει να εξεταστεί ο αντίκτυπος της ενεργειακής , αυτής, μετάβασης στο Α.Ε.Π. των Η.Π.Α.

Αναφορικά με την δομή της εργασίας, στην 1^η ενότητα, παρουσιάζουμε τα χαρακτηριστικά του ενεργειακού συστήματος των Η.Π.Α. Στην 2^η ενότητα, επικεντρωνόμαστε στην πρωτογενή ενέργεια του αμερικάνικου ενεργειακού συστήματος, κάνοντας μία αναλυτική περιγραφή και των επιμέρους μεγεθών της, και της κάθε ενεργειακής πηγής. Στην 3^η ενότητα εστιάζουμε στον ρόλο της πυρηνικής ενέργειας και των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α.. Στην 4^η ενότητα, εξετάζουμε τον αντίκτυπο των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας στις εκπομπές CO₂. Στην 5^η ενότητα, παρουσιάζουμε την σχέση κατανάλωσης ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης, ενώ στην 6^η και τελευταία ενότητα, κλείνουμε την μελέτη μας παραθέτοντας τα σχόλια, τα συμπεράσματα και τις προτάσεις μας.

Ενότητα 1^η: Τα Χαρακτηριστικά του Ενεργειακού Συστήματος των Η.Π.Α.

1.1 Τα Χαρακτηριστικά Ενός Ενεργειακού Συστήματος

Η ενέργεια διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην οικονομική και κοινωνική σταθερότητα, στην συνοχή και ανάπτυξη ενός κράτους. Αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας (μεταφορές, υγεία, ασφάλεια κλπ.) και είναι αναγκαία για την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου. Είναι ο βασικός συντελεστής παραγωγής κάθε οικονομικής δραστηριότητας μέσα σε μία οικονομία, και το κλειδί για την οικονομική την κοινωνική ευμάρεια των πολιτών ενός κράτους (Angelis-Dimakisetal., 2012, Moirasgentisetal., 2017, Chenet. al., 2018).

Ο 21ος αιώνας αυξάνει επιταχυνόμενα τον ρυθμό της παγκοσμιοποίησης μεταξύ των οικονομιών του κόσμου, και επιπροσθέτως καθιερώνει ένα όλο και μεγαλύτερο επίπεδο ανταγωνισμού μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών. Ο συνδυασμός και των δύο έχει ως επακόλουθο οι ανεπτυγμένες και οι αναπτυσσόμενες οικονομίες να αλληλοεπιδρούν και να συνδέονται όλο και περισσότερο μεταξύ τους σε στενό οικονομικό, κοινωνικό, πολιτικό, πολιτιστικό και, πλέον, ενεργειακό επίπεδο (Shahbazet. al., 2016).

Οι σύγχρονες οικονομίες εξαρτώνται από τον αξιόπιστο και επαρκή ενεργειακό τους εφοδιασμό. Οι ανεπτυγμένες χώρες, έχοντας ως πρωταρχικό τους στόχο την διατήρηση του αναπτυξιακού τους και βιοτικού τους επιπέδου, και δευτερευόντως την διαρκή βελτίωση αυτού, στηρίζονται και ενισχύουν τον ενεργειακό τους εφοδιασμό. Σε σχέση με τις αναπτυσσόμενες χώρες, οι αναπτυσσόμενες πρέπει να τον εξασφαλίζουν ως προϋπόθεση για την εκβιομηχάνιση τους, προκειμένου να επιτύχουν αύξηση της παραγωγικότητας, αύξηση του εγχώριου παραγόμενου προϊόντος και βελτίωση του βιοτικού τους επιπέδου. Ως εκ τούτου, ο τρόπος διάρθρωσης, οργάνωσης και ανάπτυξης του ενεργειακού τους συστήματος έχει πολλαπλές επιπτώσεις στην οικονομική ανάπτυξη και στην ποιότητα ζωής των κατοίκων μίας χώρας (Angelis-Dimakisetal., 2012, Moirasgentisetal., 2017).

Τα ενεργειακά συστήματα είναι δυναμικά και πάντα βρίσκονται σε μεταβατικό στάδιο. Διέπονται από τους νόμους της φύσης, καθορίζονται από την διαθεσιμότητα και την πρόσβαση σε ενεργειακούς πόρους, συνδέονται με τις υποδομές και την τεχνολογία, έχουν ουσιαστικές και, πολλές φορές, μεγάλες διαφορές στην τελική χρήση της ενέργειας, λειτουργούν με βάση τις προτεραιότητες που θέτουν και τις οικονομικές πολιτικές που ακολουθούν τα κράτη, και, τέλος, επηρεάζονται από τις κοινωνικές συμπεριφορές (Huntington, 2010, I.R.E.N.A., 2017, Saundry, 2019).

Στις αρχές του εικοστού πρώτου αιώνα, τα ενεργειακά συστήματα μετασχηματίζονται ως απάντηση (Saundry, 2019):

1. Στην μετατόπιση και τον μετασχηματισμό του κόστους και τη διαθεσιμότητα ειδικών ενεργειακών πόρων
2. Στην τεχνολογική καινοτομία και εξέλιξη,
3. Στις ανησυχίες της επιστημονικής, και όχι μόνο, κοινότητας αναφορικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις συγκεκριμένων ενεργειακών πρακτικών,
4. Στα δισεκατομμύρια ανθρώπων σε αναπτυσσόμενα έθνη οι οποίοι έχουν πρόσβαση σε σύγχρονες μορφές ενέργειας.

Οι αιτίες της ενεργειακής αυτής μετάβασης, καθώς και η ταχύτητα με την οποία αυτές συντελούνται, είναι απολύτως λογικές και κατανοητές (Saundry, 2019). Ιστορικά, οι συστημικές αλλαγές στα ενεργειακά συστήματα δεν είναι το αποτέλεσμα στιγμιαίων εφευρέσεων ή τυχαίων ανακαλύψεων, αλλά προκύπτουν μέσα από παρατεταμένες περιόδους τεχνολογικής, οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης και προόδου. Εξαρτώνται από πληθώρα παραγόντων και δεν έχουν «γεωγραφική μοναδικότητα», καθώς δημιουργούνται και εξελίσσονται σε πολλές και διάφορες περιοχές ανά την υφήλιο (Geels, 2011, Ulli – Beer, 2014).

Η ταχύτητα των ενεργειακών μεταβολών διαφοροποιείται από περιοχή σε περιοχή. Οι απαιτήσεις υποδομών μεγάλης κλίμακας για την εύρεση και ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών, συντελούν στην ανομοιόμορφη υιοθέτησή τους στα ενεργειακά συστήματα των χωρών παγκοσμίως. Οι ενεργειακές μεταβάσεις περιλαμβάνουν τεχνολογικές καινοτομίες οι οποίες στοχεύουν στην εκπλήρωση των

δημόσιων πολιτικών μέσω των ενεργειακών υπηρεσιών. Ωστόσο, οι πολιτικές εξαρτώνται από την διαθέσιμη τεχνολογία, τις ενεργειακές υποδομές και την οικονομία, και υιοθετούνται στο πλαίσιο των κοινωνικών και πολιτιστικών αξιών, ή εναλλακτικά στα πλαίσια της οικονομικής θεωρίας των «προτιμήσεων των καταναλωτών» (Geels&Schot, 2007, Ulli – Beer, 2014).

Οι κύριοι στόχοι ενός ενεργειακού συστήματος είναι (Moirasgentisetal., 2017):

- 1) Η βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων και η μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων-επιπτώσεων από την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας.
- 2) Η καθιέρωση τιμών στα ενεργειακά προϊόντα που ανέρχονται σε ανεκτά επίπεδα για τις βιομηχανίες, τις επιχειρήσεις και τα νοικοκυριά.
- 3) Η ενεργειακή ασφάλεια και η απεριόριστη πρόσβαση σε ενεργειακούς πόρους σε πιθανούς καταναλωτές.
- 4) Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης και η εκμετάλλευση των εγχώριων ενεργειακών πόρων.

Η επίτευξη αυτών των στόχων σε όρους ενεργειακής απόδοσης εγείρει μια σειρά προβλημάτων για τους φορείς χάραξης ενεργειακής πολιτικής σχετικά με (Moirasgentisetal., 2017):

- 1) Τον συνδυασμό ενεργειακών τεχνολογιών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν τόσο στην παραγωγή ενέργειας όσο και στον τομέα της τελικής κατανάλωσης, λόγω των ιδιαίτερων τεχνικών και οικονομικών χαρακτηριστικών τους. Τα τελευταία χρόνια, η εμπορική καθιέρωση μιας σειράς τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (εφεξής Α.Π.Ε.), ενισχύσει τις δυνατότητες επιλογής, ενώ η πρόοδος των τεχνολογιών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, προσφέρει ολοκληρωμένες λύσεις στο πρόβλημα της διαλείπουσας φύσης των ΑΠΕ, όπως αιολικά και φωτοβολταϊκά συστήματα, εξασφαλίζοντας έτσι την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού.
- 2) Την έκταση των παρεμβάσεων στο επίπεδο της προσφοράς και της ζήτησης ενέργειας. Η εφαρμογή προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας

στους τομείς τελικής κατανάλωσης μειώνει τη ζήτηση ενέργειας και καυσίμων, διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο τη χρήση των πιο αποτελεσματικών τεχνολογιών. Από την άλλη πλευρά, η εφαρμογή μέτρων στον τομέα της ζήτησης απαιτεί τη συμμετοχή μεγάλου αριθμού χρηστών, ο οποίος σε πολλές περιπτώσεις καθιστά αναποτελεσματική την εφαρμογή των προγραμματισμένων παρεμβάσεων. Οι ενεργειακές πολιτικές στην πλευρά της προσφοράς αφορούν μικρότερο αριθμό συμμετεχόντων. Επομένως, αυτό επιτρέπει έναν καλύτερο συντονισμό, αλλά εξακολουθούν να τίθενται εύλογα ερωτήματα σχετικά με τις δυνατότητες και το κόστος ενός ενεργειακού συστήματος που καλείται να καλύψει μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση.

- 3) Το κόστος ενέργειας. Πολλές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα χαρακτηρίζονται μέχρι πρόσφατα ότι έχουν χαμηλότερο κόστος, χωρίς όμως να λαμβάνεται υπόψη οι κρίσιμες επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία, οι οποίες, με τη σειρά τους, συνιστούν το αποκαλούμενο «εξωτερικό κόστος». Στοχευμένες και ουσιαστικές ρυθμίσεις στις περιβαλλοντολογικές νομοθεσίες παγκοσμίως (π.χ. θέσπιση αυστηρών ορίων εκπομπών που απαιτούν την εγκατάσταση δαπανηρών τεχνολογιών κατά της ρύπανσης) και οικονομικές πολιτικές (π.χ. σύστημα εμπορίας εκπομπών) που σταδιακά οδηγούν στην εσωτερίκευση μέρους αυτού του εξωτερικού κόστους, έχουν ως αποτέλεσμα το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα να είναι υψηλότερο.

1.2. Το Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.

Το ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. παρουσιάζει μεγάλες ιδιαιτερότητες και μοναδικά χαρακτηριστικά, τα οποία και το καθιστούν ένα από τα σημαντικότερα και πολυδαίδαλα ενεργειακά συστήματα παγκοσμίως.

Οι Η.Π.Α. είναι ένα ομοσπονδιακό κράτος το οποίο αποτελείται από 50 πολιτείες. Ο συνολικός της πληθυσμός ανέρχεται σε περίπου 333.000.000¹, και η συνολική έκτασή της ισούται με 9.883.517 km² (χερσαία: 9,147,593 km²&

¹July 2020 est.

θαλάσσια: 685,924 km²) (CentralIntelligenceAgency, 2020). Τα μεγέθη αυτά την κατατάσσουν ως την τρίτη μεγαλύτερη χώρα στον κόσμο και κατά μέγεθος (μετά τη Ρωσία και τον Καναδά) και ανά πληθυσμό (μετά την Κίνα και την Ινδία), ενώ με βάση το ύψος του Α.Ε.Π. της συγκαταλέγεται στις ανεπτυγμένες χώρες (UnitedNations, 2019, WorldBank, 2020) (Δείτε Πίνακα 1).

Συνεπώς ο χαρακτηρισμός πολυδαίδαλος μόνο τυχαίος δεν είναι, και «επιβεβαιώνεται» στους ακόλουθους χάρτες στους οποίους και απεικονίζονται:

- 1) Οι αγωγοί μεταφοράς αργού πετρελαίου (crudeoil) (Χάρτης 1)
- 2) Οι αγωγοί μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου (petroleumproduct) (Χάρτης 2)
- 3) Οι αγωγοί μεταφοράς φυσικού αερίου (naturalgas) (Χάρτης 3)
- 4) Οι κύριες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος (electrictransmissionlines \geq 345 KV) (Χάρτης 4)

Εστιάζοντας στους τέσσερεις αυτούς χάρτες διαπιστώνουμε ότι:

- Η μεγαλύτερη συγκέντρωση γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος παρατηρείται στις πόλεις (και περιφερειακά αυτών): Σικάγο, Ντάλας, Χιούστον, Σαν Αντόνιο, Κλίβελαντ, Ντιτρόιτ, Κολούμπια, Σινσινάτι, Ινδιανάπολη, Λούισβιλ, Πίτσμπουργκ, Φοίνιξ, Λος Άντζελες και Πόρτλαντ. Δηλαδή στις πόλεις που βρίσκονται στις όχθες και νοτιοδυτικά της λίμνη Μίσιγκαν και Ήρι (περιοχή των μεγάλων λιμνών), καθώς και στα παράλια, αλλά και βόρεια του Κόλπου του Μεξικού.
- Η μεγαλύτερη συγκέντρωση αγωγών μεταφοράς φυσικού αερίου παρατηρείται στις πόλεις (και περιφερειακά αυτών): Σικάγο, Πίτσμπουργκ, Κλίβελαντ, Κολούμπια, Μπάφαλο, Οκλαχόμα Σίτι, Ντάλας, Χιούστον, Σαν Αντόνιο, Νέα Ορλεάνη και Ελ Πάσο. Πρακτικά στις πόλεις που βρίσκονται στις όχθες και νότια της λίμνη Μίσιγκαν και Ήρι (περιοχή των μεγάλων λιμνών), και κυρίως στα παράλια και βορειοανατολικά του Κόλπου του Μεξικού.

- Η μεγαλύτερη συγκέντρωση αγωγών μεταφοράς προϊόντων πετρελαίου παρατηρείται στις πόλεις (και περιφερειακά αυτών): Σικάγο, Ινδιανάπολη, Φιλαδέλφεια, Σεντ Λούις, Κάνσας Σίτι, Ντάλας, Χιούστον, Σαν Αντόνιο και Νέα Ορλεάνη. Ουσιαστικά στις πόλεις που βρίσκονται στις όχθες και νότια της λίμνη Μίσιγκαν και Ήρι, στην κεντρική Αμερική, καθώς και στα παράλια και βόρεια του Κόλπου του Μεξικού.
- Η μεγαλύτερη συγκέντρωση αγωγών μεταφοράς αργού πετρελαίου παρατηρείται στις πόλεις (και περιφερειακά αυτών): Σικάγο, Σεντ Λούις, ΟκλαχόμαΣίτι, Ελ Πάσο, Ντάλας, Χιούστον, Σαν Αντόνιο και Νέα Ορλεάνη. Δηλαδή στις πόλεις που βρίσκονται στις όχθες και νότια της λίμνη Μίσιγκαν, καθώς και στα παράλια και βορειοανατολικά του Κόλπου του Μεξικού. Αξιοσημείωτο είναι, η ύπαρξη ενός μεγάλου αγωγού ο οποίος διασχίζει κάθετα την πολιτεία της Αλάσκας, και αποτελεί τον μοναδικό αγωγό/γραμμή μεταφοράς ενέργειας του κύριου συστήματος διανομής ενέργειας της χώρας, ο οποίος υπάρχει στην Αλάσκα.
- Η μεγαλύτερη συγκέντρωση και των τεσσάρων δικτύων παρατηρείται στα παράλια και βόρεια του Κόλπου του Μεξικού, καθώς και στις όχθες και νότια της λίμνη Μίσιγκαν και Ήρι.

Το πολίτευμα των Η.Π.Α. είναι η Ομοσπονδιακή Προεδρική Δημοκρατία. Κάθε πολιτεία αποτελεί αυτόνομο κράτος με δικό του Σύνταγμα και δική του πολιτειακή νομοθετική, εκτελεστική και δικαστική εξουσία. Ωστόσο κάθε πολιτεία πρέπει να αναγνωρίζει και να εφαρμόζει το ομοσπονδιακό σύνταγμα και να σέβεται τις αποφάσεις των ομοσπονδιακών δικαστηρίων (CentralIntelligenceAgency, 2020). Συνέπεια της διάρθρωσης αυτής είναι στο ομοσπονδιακό σύστημα των Η.Π.Α. πολλές αποφάσεις που σχετίζονται με την διαχείριση του ενεργειακού συστήματος και της ενέργεια γενικότερα, να ρυθμίζονται σε πολιτειακό επίπεδο. Οι κυβερνήσεις των πολιτειών έχουν σημαντική ισχύ στη λήψη αποφάσεων και στην εφαρμογή ενεργειακών πολιτικών. Έχουν την δυνατότητα είτε να υιοθετήσουν τις πολιτικές και τις αποφάσεις της ομοσπονδιακή κυβέρνησης, είτε να ακολουθήσουν διαφορετική

γραμμή, ή και πολλές φορές να προτείνουν αυτές δικές τους πολιτικές, όταν υπάρχει απουσία αυτών, οι οποίες δύναται να εφαρμοστούν και σε άλλες πολιτείες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι φορολογικές πολιτικές και οι πολιτικές στον τομέα των λιανικών πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας (Ulli-Beer, 2014, Lazar, 2016, Barbose, 2017, Wisheretal., 2017, Saundry, 2019).

Οι σημαντικότερες αλλαγές που συντελούνται στο ενεργειακό αμερικανικό ενεργειακό σύστημα σε ομοσπονδιακό επίπεδο από το 1960 και έπειτα, περνούν από τρία επίπεδα-φάσεις (Geels, 2002, Geels, 2011):

- 1) Μίκρο-επίπεδο: Αλλαγές που αφορούν τεχνολογικές καινοτομίες οι οποίες προωθούνται από πολιτικές πρωτοβουλίες, και λαμβάνουν χώρα μεμονωμένα και σε πολύ περιορισμένο επίπεδο (επίπεδο περιφέρειας ή και δήμου). Παράλληλα, στον ιδιωτικό τομέα η δυνατότητα για επίτευξη υψηλών κερδών, ενισχύουν την επιχειρηματικότητα και συνεπώς τις ενεργειακές επενδύσεις.
- 2) Μέσο-επίπεδο: Οι μεμονωμένες προτάσεις και οι καινοτομίες υιοθετούνται σε μεγάλη κλίμακα με την αρωγή δημόσιων και ιδιωτικών φορέων.
- 3) Μάκρο-επίπεδο: Οι τεχνολογικές καινοτομίες έχουν την απρόσκοπτη αποδοχή και στήριξη της πολιτείας, και υιοθετούνται σε ομοσπονδιακό επίπεδο. Η πολιτεία προχωρεί στην κατασκευή ενεργειακών υποδομών για την στήριξη τους σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα (δεκαετιών), και παράλληλα δημιουργεί μία «ασπίδα» γύρω από αυτές, θέτοντας εμπόδια στον ανταγωνισμό από άλλες τεχνολογίες και πρακτικές.

Εν κατακλείδι, οι Η.Π.Α. έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων κρατών, τα οποία την καθιστούν ικανή να πραγματοποιήσει στενευμένες και συγκεκριμένες ενεργειακές μεταβάσεις με μεγαλύτερη ταχύτητα και αποτελεσματικότητα. Στα κύρια πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται (Saundry, 2019):

- Η ισχυρή της οικονομία.
- Η αφθονία και η πληθώρα ενεργειακών πόρων που διαθέτει στην επικράτειά της, και η δυνατότητα εκμετάλλευσής τους.
- Η τεχνολογική εξέλιξη, η οποία και αποτελεί προϊόν των επενδύσεων σε ενεργειακές τεχνολογίες.

Ωστόσο, η μεγάλη έκτασή της, η πληθώρα καιρικών συνθηκών και γεωμορφολογικών ιδιαιτεροτήτων, η κατανομή της πολιτικής εξουσίας, και οι «ενεργειακές προτιμήσεις», οι οποίες οφείλονται σε πολιτισμικές/κοινωνικές ιδιαιτερότητες (π.χ. η προτίμηση των Αμερικανών για οχήματα μεγάλου κυβισμού), εγείρουν ξεχωριστές προκλήσεις για το ενεργειακό σύστημα, την χάραξη της ενεργειακής πολιτικής και την ταχύτητα των ενεργειακών μεταβάσεων (Huntington, 2010, E.I.A., 2019, Saundry, 2019).

Ενότητα 2^η: Η Πρωτογενής Ενέργεια του Ενεργειακού Συστήματος των Η.Π.Α.

2.1. Επισκόπηση Πρωτογενούς Ενέργειας

Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται μία επισκόπηση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας (TotalPrimaryEnergy, εφεξής Σ.Π.Ε.) των Η.Π.Α. για την περίοδο 1949-2019. Ειδικότερα, στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η συνολική ποσότητα (ΕΙΑ, 2019):

- Της παραγομένης ενέργειας
- Της καταναλωθείσας ενέργειας
- Των εξαγωγών ενέργειας
- Των εισαγωγών ενέργειας.

Εστιάζοντας στο διάγραμμα 1, παρατηρούμε τα ακόλουθα:

- Από το 1949 μέχρι και το 1958 η παραγόμενη και η καταναλωθείσα ενέργεια κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρούμε και για τις εισαγωγές και τις εξαγωγές. Ωστόσο, από το 1960 μέχρι και το 2018 η κατανάλωση είναι σταθερά μεγαλύτερη της παραγωγής, ενώ και οι εισαγωγές ξεπερνούν τις εισαγωγές. Το φαινόμενο αυτό τερματίζεται το 2019 καθώς η παραγωγή είναι μεγαλύτερη της κατανάλωσης, ενώ και οι εξαγωγές ξεπερνούν τις εισαγωγές.
- Για την περίοδο 1949 έως και το 2009 διαφαίνεται ότι τα μεγέθη της κατανάλωσης και των εισαγωγών παρουσιάζουν παρόμοιο ρυθμό μεταβολής.
- Οι εξαγωγές από το 1949 έως και το 2007 παρουσιάζουν ελάχιστες αυξομειώσεις, μένοντας σχεδόν στάσιμες. Ωστόσο, από το 2008 μέχρι και το 2019 παρουσιάζεται μία κατακόρυφη άνοδος στις εξαγωγές ενέργειας.
- Η παραγωγή παρουσιάζει μία συνεχή αύξηση την περίοδο 1949-1970. Κατόπιν μέχρι και το 2009 η τιμή της παραμένει σχεδόν στα ίδια επίπεδα, με πολύ μικρές αυξομειώσεις, ενώ από το 2009 και

έπειτα παρουσιάζει κατακόρυφη άνοδο με αποκορύφωμα το 2019, έτος για το οποίο η παραγωγή λαμβάνει την μέγιστη τιμή της και ξεπερνά για πρώτη φορά την κατανάλωση μετά από εξήντα χρόνια.

- Η κατανάλωση για το μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιόδου παρουσιάζει μία συνεχή αύξηση. Η αύξηση, αυτή, παραμένει σταθερή για την περίοδο 1949-1973, ενώ στην οκταετία 1974-1981 εντοπίζεται μία σημαντική αυξομείωση. Έπειτα, από το 1982 έως και το 2007 το ύψος της κατανάλωσης αυξάνεται σταθερά, ενώ από το 2008 έως και το 2018, έτος για το οποίο λαμβάνει την μεγαλύτερη τιμή της, η κατανάλωση παρουσιάζει αυξομειώσεις.
- Οι εισαγωγές για την περίοδο 1949-1973 έχουν μία σταθερή αυξητική πορεία η οποία διακόπτεται για εννέα χρόνια μέχρι και το 1982, καθώς μετά από μία σημαντική αύξηση οι τιμές που λαμβάνει ανέρχονται σε επίπεδα του 1973. Έπειτα, ακολουθεί μία μακροχρόνια περίοδος συνεχούς σταθερής αύξησης των εισαγωγών μέχρι και το 2007, έτος για το οποίο λαμβάνουν την μέγιστη τιμή τους. Ωστόσο, από το 2008 και έπειτα οι εισαγωγές μειώνονται σημαντικά, φθάνοντας το 2019 τα επίπεδα του 1995.

Συνεχίζοντας με την «αποσύνθεση» της Σ.Π.Ε., για να εξετάσουμε την ενεργειακή αποτελεσματικότητα της αμερικάνικης οικονομίας, χρησιμοποιούμε τον αποτελεσματικότερο και συνηθέστερο δείκτη/μέτρο, αυτόν της ενεργειακής έντασης², ο οποίος και αποτελεί τον (ΤΡΕ ανά δολάριο του Α.Ε.Π.) (Metcalf, 2008, Huntington, 2010, Samuelson, 2014, Saundry, 2019).

² Ενεργειακή Ένταση μίας οικονομίας : Ο λόγος της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας μίας χώρας, ως προς το Α.Ε.Π. αυτής. Οι βελτιώσεις στην ενεργειακή ένταση περιλαμβάνουν βελτιώσεις ενεργειακής απόδοσης και εξοικονόμησης καθώς και διαρθρωτικούς παράγοντες που δεν σχετίζονται με την τεχνολογία, με κυριότερο τις μεταβολές στην εθνική οικονομία. Οι υψηλές εντάσεις ενέργειας δείχνουν μια υψηλή τιμή ή κόστος μετατροπής της ενέργειας σε ΑΕΠ. Η χαμηλή ένταση ενέργειας δείχνει χαμηλότερη τιμή ή κόστος μετατροπής της ενέργειας σε ΑΕΠ.
<<https://www.eia.gov/tools/glossary/index.php>>

Στο διάγραμμα 2 βλέπουμε ότι η συνολική ενεργειακή ένταση των Η.Π.Α. μειώνεται κατά μέσο όρο 1,5% ετησίως τα τελευταία 60 χρόνια, και κατά μέσο όρο 1,7% την περίοδο 2008-2017. Εάν εστιάσουμε στην περίοδο 1985-2004 η συνολική ενεργειακή ένταση μειώνεται κατά 27%. Σύμφωνα με μία εκτενή μελέτη του Υπουργείου Ενέργειας των Η.Π.Α. (στο Huntington, 2010, σελ. 2) οι μεταβολές που προκαλούνται στη σύνθεση της οικονομίας των Η.Π.Α. προκάλεσαν πτώση 17% στη διάρκεια αυτής της περιόδου, ενώ το υπόλοιπο 10% επιτεύχθηκε βελτιώνοντας την ένταση της ενέργειας σε μεμονωμένους τομείς ή βιομηχανίες. Σήμερα ο ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας στις Η.Π.Α. παραμένει βραδύτερος από τον ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ, με επακόλουθο η ένταση της ενέργειας να συνεχίζει την ιστορική της πτώση (Caruano, 2020).

Παράλληλα, σημαντικό ρόλο στην μείωση της ενεργειακής έντασης, διαδραματίζει και η αύξηση της αποδοτικότητας στην παραγωγή ενέργειας. Η μείωση της καύσης γαιανθράκων και η διείδυση του φυσικού αερίου στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, επιφέρει σημαντική αύξηση στην αποδοτικότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Patel, 2018, E.I.A., 2020). Στο διάγραμμα 3 απεικονίζεται η εξέλιξη της απόδοσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Η αύξηση της αποδοτικότητας οφείλεται και σε τεχνολογικούς παράγοντες, μέσω της εγκατάστασης αποδοτικότερων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και σε οικονομικούς, λόγω της χρήσης «φθηνού» φυσικού αερίου (Saundry, 2019, E.I.A., 2020).

Τα αποτελέσματα του Υπουργείου Ενέργειας των Η.Π.Α. έρχονται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της μελέτη του Metcalf (2008), η οποία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η πτώση που συντελείται στην ενεργειακή ένταση οφείλεται, κατά κόρον, στις βελτιώσεις που γίνονται σε κάθε τομέα της οικονομίας και όχι από μετατοπίσεις από ενεργειακούς τομείς. Ειδικότερα, ο ερευνητής πραγματοποιεί μία ευρεία αποσύνθεση της ενεργειακής έντασης στον τομέα τελικής χρήσης (κατοικίες, εμπορικές επιχειρήσεις, βιομηχανίες και μεταφορές) και αποδίδει ένα μερίδιο των βελτιώσεων μεταξύ των επιδράσεων απόδοσης (τομεακές επιδράσεις ειδικών εντάσεων) και των μεταβολών στις οικονομικές δραστηριότητες (αποτελέσματα δομής). Ο Metcalf (2008) διαπιστώνει ότι περίπου τα τρία τέταρτα των βελτιώσεων στην ενεργειακή

ένταση των Η.Π.Α. από το 1970 έως το 2003 προκύπτουν από βελτιώσεις στη ενεργειακή απόδοση, και το υπόλοιπο από διαρθρωτικές αλλαγές στην οικονομία. Παράλληλα, εξετάζοντας τις διακυμάνσεις μεταξύ των κρατών, ο μελετητής εντοπίζει ότι η τιμή της ενέργειας παίζει τον μεγαλύτερο ρόλο στη μείωση της ενεργειακής έντασης, μέσω του καναλιού αποτελεσματικότητας³. Επίσης ο Metcalf(2008) διαπιστώνει ότι η άνοδος των τιμών της ενέργειας που προκαλείται από την πρώτη πετρελαϊκή κρίση (1973-1974) οδηγεί σε σημαντική πρόοδο στην ενεργειακή απόδοση και στην πτώση της ενεργειακής έντασης.

Μία άλλη σημαντική μελέτη στην οποία πραγματοποιείται αποσύνθεση της πρωτογενούς ενέργειας των Η.Π.Α. είναι αυτή του Huntington (2010). Ο ερευνητής προχωρεί σε αποσύνθεση της πρωτογενούς ενέργεια για δύο περιόδους: 1972-2006 (μακροπρόθεσμη περίοδος) και 1997-2006 (βραχυπρόθεσμη περίοδο). Ειδικότερα πραγματοποιεί μία αναλυτική αποσύνθεση για εξήντα πέντε διαφορετικές οικονομικές δραστηριότητες, εξαιρώντας την οικιακή δραστηριότητα και τις ιδιωτικές μεταφορές, των οποίων η καταναλωθείσα ενέργεια δεν παράγει αγαθά. Ο ερευνητής καταλήγει στο συμπέρασμα ότι το 61% της συνολικής πτώσης της έντασης ενέργειας οφείλεται σε κέρδη έντασης (απόδοσης) (intensity gains or efficiency gains)⁴ και το 39% λόγω μεταβολών στην οικονομική δραστηριότητα.

Η μακροπρόθεσμη τάση που παρατηρείται στην ενεργειακή ένταση των Η.Π.Α. αντικατοπτρίζεται σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου (E.I.A., 2020), και έχει τις ρίζες της τόσο στην τεχνολογική πρόοδο όσο και στην διεύρυνση και απελευθέρωση παγκόσμιου οικονομικού συστήματος, η οποία διευκολύνει τις οικονομικές δραστηριότητες με χαμηλότερο ενεργειακό κόστος (Samuelson, 2014, Saundry, 2019). Η παγκόσμια ενεργειακή ένταση μειώνεται διαρκώς με το πέρασμα των ετών (διάγραμμα 4), με επακόλουθο οι συνολικές ενεργειακές

³ Το κανάλι αποδοτικότητας εστιάζει στο πόσο καλά η εταιρεία ελαχιστοποιεί το κόστος που σχετίζεται με την εκτέλεση των απαραίτητων λειτουργιών μίας δραστηριότητας <<https://marketing-dictionary.org/c/channel-efficiency/>>

⁴ Τα κέρδη έντασης ή κέρδη απόδοσης αναφέρονται στην σχέση μεταξύ του κόστους και των κερδών. Αν το κόστος μειωθεί και τα κέρδη είναι αμετάβλητα, ή αν το κόστος είναι παραμείνει αμετάβλητο και τα κέρδη ανεβαίνουν, η εταιρεία πραγματοποίησε κέρδη αποδοτικότητας.

εντάσεις διαφορετικών εθνών να συγκλίνουν με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χωρών (πίνακας 2). Το 2015 η συνολική ενεργειακή ένταση των Ηνωμένων Πολιτειών είναι κατά περίπου 48% υψηλότερη από την Ευρωπαϊκή Ένωση, 5% υψηλότερη από τον παγκόσμιο μέσο όρο και 10% χαμηλότερη από την Κίνα.

Ωστόσο, η συνολική ενεργειακή ένταση της χώρας είναι περιορισμένη, επειδή περιλαμβάνει όλες τις χρήσεις ενέργειας ανεξάρτητα από τη σχέση τους με το Α.Ε.Π., αποκρύπτοντας με αυτόν τον τρόπο τις ουσιαστικές διαφορές στη χρήση ενέργειας στους διάφορους τομείς της οικονομίας. Το αποτέλεσμα είναι να διαστρεβλώνονται τα πραγματικά δεδομένα και να κατευθύνονται σε λάθος πορεία οι υπεύθυνοι χάραξης της ενεργειακής πολιτικής (Samuelson, 2014). Για παράδειγμα, η οικιακή κατανάλωση ενέργειας και η ιδιωτική/προσωπική οδήγηση δεν προστίθενται στο Α.Ε.Π., αλλά είναι αξιοσημείωτα στοιχεία της συνολικής έντασης ενέργειας (Saundry, 2019).

2.2 Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας

Στο διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (Total Primary Energy Consumption) των Η.Π.Α., ανά ενεργειακή πηγή, για την περίοδο 1949-2019. Ειδικότερα, στο διάγραμμα 5 παρουσιάζονται πέντε διαφορετικές πηγές ενέργειας (E.I.A., 2019):

- Πετρέλαιο
- Φυσικό Αέριο
- Γαιάνθρακες
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, υδροηλεκτρική, αιολική, γεωθερμική, βιοκαύσιμα)
- Πυρηνική

Εστιάζοντας στο διάγραμμα 5, παρατηρούμε τα ακόλουθα:

- Το πετρέλαιο είναι το καύσιμο με τη μεγαλύτερη κατανάλωση καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, με μεγάλη διαφορά από τις λοιπές μορφές ενέργειας. Η κατανάλωση πετρελαίου παρουσιάζει μία συνεχή αύξηση την περίοδο 1949-1973. Από το 1974 μέχρι και το 1983 παρατηρείται μεγάλη αυξομείωση, και το 1983 το επίπεδο της κατανάλωσης φθάνει τα επίπεδα του 1971, ενώ το 1976 η κατανάλωση πετρελαίου λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της. Από το 1984 μέχρι και το 2005 η κατανάλωση αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό. Ωστόσο, από το 2006 μέχρι και το 2019 παρουσιάζει μείωση.
- Το φυσικό αέριο αποτελεί το καύσιμο με τη δεύτερη μεγαλύτερη κατανάλωση στην μεγαλύτερη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου, και ειδικότερα στις περιόδους: 1957-1985, 1988-2004, 2006-2019. Αναφορικά με την διακύμανση της κατανάλωσης, παρουσιάζει συνεχή αύξηση από το 1949 μέχρι και το 1972. Το 1973 η αύξηση τερματίζεται, και η κατανάλωση παρουσιάζει, με ορισμένες επιμέρους αυξομειώσεις, μείωση μέχρι και το 1986. Από το 1987 και έπειτα αυξάνεται μέχρι και το 2000, ενώ για την περίοδο 2001-2006 παρουσιάζει ανεπαίσθητη μείωση. Τέλος, από το 2007 μέχρι και το 2019 η κατανάλωση φυσικού αερίου αυξάνεται σημαντικά, και το 2019 λαμβάνει την μέγιστη τιμή της.
- Οι γαιάνθρακες έρχονται, στο μεγαλύτερο μέρος της περιόδου στην τρίτη θέση της κατανάλωσης (1958-1985, 1988-2005, 2007-2018). Από το 1949 μέχρι και το 1962 η κατανάλωση παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις, με πτωτική όμως τάση. Από το 1963 η κατανάλωση γαιανθράκων αυξάνεται σταδιακά και το 2005 λαμβάνει την μέγιστη τιμή της. Ωστόσο, από 2006 μέχρι και το 2019 η παρουσιάζει κατακόρυφη πτώση. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η το ύψος της κατανάλωσης λαμβάνει την ελάχιστη τιμή του το 2019, και όχι στην αρχή της περιόδου, κάτι το οποίο ισχύει με τις λοιπές ενεργειακές πηγές.

- Η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καταλαμβάνει την τέταρτη θέση στο μεγαλύτερο μέρος της εξεταζόμενης περιόδου (1949-1987, 1988, 1996-1997, 2010-2018). Για μεγάλο χρονικό διάστημα (1949-1976) το ύψος της καταναλωθείσας ανανεώσιμης ενέργειας μένει σχεδόν αμετάβλητο. Από το 1977 μέχρι και το 1996, παρόλο που παρουσιάζονται έντονες αυξομειώσεις, δεν παρατηρείται μεγάλη διακύμανση, με το ύψος της κατανάλωσης να είναι σχεδόν το ίδιο στην αρχή και στο τέλος της περιόδου. Από το 1997 και για μία πενταετία η πτώση στην κατανάλωση είναι συνεχής, χωρίς όμως να είναι μεγάλη. Ωστόσο, από το 2002 μέχρι και το 2019, έτος για το οποίο λαμβάνει την μέγιστη τιμή της, η καταναλωθείσα ανανεώσιμη ενέργεια παρουσιάζει σημαντική άνοδο. Να τονίσουμε ότι η κατανάλωση όλων των μορφών Α.Π.Ε.. Η υδροηλεκτρική παρουσιάζει κατανάλωση από το 1949 και έπειτα, η γεωθερμική εμφανίζει θετικό πρόσημο από το 1960, τα βιοκαύσιμα από το 1981, η αιολική από το 1983 και η ηλικιακή από το 1984.

Η πυρηνική ενέργεια στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. βρίσκεται στο μεγαλύτερο μέρος της περιόδου (1949-1987, 1989, 1997, 2010-2019) στην τελευταία θέση της κατανάλωσης. Από το 1949 μέχρι και το 1959, η κατανάλωση είναι μηδενική. Από το 1960 μέχρι και το 1970 η κατανάλωση αποκτά θετικό πρόσημο, αλλά εξακολουθεί να είναι σε εξαιρετικά πολύ χαμηλά επίπεδα. Από το 1971 μέχρι και το 1978 πραγματοποιείται μία κατακόρυφη άνοδος. Για τα επόμενα είκοσι δύο χρόνια παρατηρούνται ορισμένες διακυμάνσεις, χωρίς όμως να φρενάρει η αυξητική της πορεία. Ωστόσο από την αρχή της χιλιετίας μέχρι και το 2019 η κατανάλωση της πυρηνικής ενέργειας παραμένει στάσιμη. Το 2007 λαμβάνει την μέγιστη τιμή της.

Στο διάγραμμα 6 παρουσιάζεται η συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα της οικονομίας:

- Εμπορικός
- Οικιακός
- Βιομηχανικός
- Μεταφορών

Εστιάζοντας στο διάγραμμα 6, καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα

- Καθ' όλη την διάρκεια της περιόδου είναι σαφής και ξεκάθαρη η κατάταξη του κάθε οικονομικού τομέα: Βιομηχανικός, Μεταφορών, Οικιακός, Εμπορικός
- Ο βιομηχανικός κλάδος έχει σημαντική διαφορά στην κατανάλωση με τον κλάδο των μεταφορών, με την ψαλίδα όμως να κλείνει από το 1978 και έπειτα.
- Η διαφορά στην κατανάλωση του τομέα των μεταφορών, τον οικιακό και τον εμπορικό δεν είναι μεγάλη καθ' όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου.
- Η μέγιστη τιμή στην κατανάλωση παρουσιάζεται για τον βιομηχανικό κλάδο το 1989, των μεταφορών το 2007, τον οικιακό το 2010 και τον εμπορικό το 2018.

Συνεχίζοντας με την διάρθρωση της καταναλωθείσας ενέργειας στον κάθε οικονομικό κλάδο, εξετάζουμε τα διαγράμματα 7, 8, 9 και 10. Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε είναι τα ακόλουθα:

- Στον εμπορικό τομέα (διάγραμμα 7) η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο είναι οι δύο κύριες μορφές καταναλωθείσας ενέργειας, με μεγάλη, μάλιστα, διαφορά από τις λοιπές (πετρέλαιο, γαιάνθρακες και Α.Π.Ε.).
- Στον βιομηχανικό τομέα (διάγραμμα 8) το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι οι δύο κύριες μορφές καταναλωθείσας ενέργειας, με το

χάσμα σε σχέση με τις λοιπές μορφές ενέργειας να είναι ξεκάθαρη και μεγάλη. (Ηλεκτρική ενέργεια, γαιάνθρακες και Α.Π.Ε.).

- Στον κλάδο των μεταφορών (διάγραμμα 9) το πετρέλαιο έχει το μονοπώλιο, με την εισαγωγή των Α.Π.Ε. και το φυσικό αέριο να είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο.
- Στον οικιακό τομέα (διάγραμμα 10) το φυσικό αέριο και ο ηλεκτρισμός κατέχουν τα ηνία, με το πετρέλαιο και τις Α.Π.Ε να είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Κατόπιν εξετάζουμε την ροή της καταναλωθείσας ενέργειας για το 2019. Στο διάγραμμα 11 βλέπουμε τα ακόλουθα:

- Η κατανάλωση πετρελαίου και φυσικού αερίου ισοδυναμεί με το 68,8 % της συνολικής καταναλωθείσας ενέργειας.
- Η κατανάλωση Α.Π.Ε., συνολικά, ισοδυναμεί με την κατανάλωση γαιανθράκων (περίπου 11.5 %), με την πυρηνική ενέργεια να μην ξεπερνά το 9%.
- Το μεγαλύτερο ποσοστό του πετρελαίου τροφοδοτεί τον κλάδο των μεταφορών, καθώς και τον βιομηχανικό.
- Το φυσικό αέριο μοιράζεται ισόποσα στον εμπορικό, οικιακό και βιομηχανικό κλάδο, καθώς και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Οι γαιάνθρακες καταναλώνονται αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και η πυρηνική, ενέργεια
- Οι Α.Π.Ε. στο σύνολό τους τροφοδοτούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με εξαίρεση την βιομάζα η οποία χρησιμοποιείται στον βιομηχανικό τομέα και στις μεταφορές.
- Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απορροφά το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτογενούς ενέργειας. Ωστόσο, στην συνέχεια τροφοδοτεί τον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό κλάδο με παρόμοια ποσοστά.

- Το ποσοστό της “αποκρυπτόμενης ενέργειας”⁵ (RejectedEnergy) είναι διπλάσια από το ποσοστό της παρεχόμενης.

Εξετάζοντας συνολικά τα κυριότερα σημεία την σύνθεση της καταναλωθείσας πρωτογενούς ενέργειας, η άνοδος του πετρελαίου, του φυσικού αερίου, των βιοκαυσίμων και της ηλεκτρικής ενέργειας, από ανανεώσιμες πηγές, αντικατοπτρίζεται στις σημαντικές μεταβολές στην κατανάλωση τους.

Το πετρέλαιο παραμένει η σημαντικότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας στις Η.Π.Α. λόγω της μονοπωλιακής του ιδιότητας ως καυσίμου μεταφοράς, με τον τομέα των μεταφορών στις να λαμβάνει το 92% της ενέργειας από πετρέλαιο. Οι δύο πετρελαϊκές κρίσεις, οι παρατεταμένες περίοδοι υψηλών τιμών του πετρελαίου (2005-2014) (E.I.A., 2019), η οικονομική κρίση (2007-2010) και οι δύο πολιτικές για τα πρότυπα κατανάλωσης καυσίμων, συνδράμουν στο να εκτοξευθεί κατανάλωση του πετρελαίου στις Η.Π.Α.. Επίσης, η αύξηση της κατανάλωσης φυσικού αερίου και της ηλεκτρικής ενέργειας, από Α.Π.Ε., έχει ως αποτέλεσμα να εκτοπιστεί η εγχώρια κατανάλωση άνθρακα από τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας.

Εστιάζοντας στην τελική χρήση της καταναλωθείσας ενέργειας, η άνοδος της ηλεκτρικής ενέργειας οφείλεται στην «ευελιξία» της ως πηγής ενέργειας τελικής χρήσης, ικανής να τροφοδοτεί πληθώρα μηχανών και συσκευών και να παρέχει/ικανοποιήσει τις περισσότερες (αλλά όχι όλες) ενεργειακές υπηρεσίες. Το 1970, ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας έγινε ο μεγαλύτερος καταναλωτής πρωτογενούς ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες και διατηρεί τα ηνία μέχρι και σήμερα (δείτε διάγραμμα 13). Ο εκτοπισμός του άνθρακα από το φυσικό αέριο και τις Α.Π.Ε. (δείτε διάγραμμα 12) οδηγεί σε μείωση της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας από τον τομέα ηλεκτρικής ενέργειας κατά 7,8% από το 2007 έως το 2017 (EIA, 2019), διότι οι νέες πηγές ενέργειας παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Πρέπει να επισημάνουμε ότι ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι ο απόλυτος τελικός χρήστης της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει. Επομένως, όταν εξετάζεται η τελική χρήση της

⁵Ημαντικό τμήμα της ενέργειας που καταναλώνεται σε μια ενεργειακή διαδικασία εξέρχεται ως «απορριπτόμενη» θερμότητα στο περιβάλλον.

ενέργειας, είναι χρήσιμο να διανεμηθεί η ενέργεια από τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων όλων των ενεργειακών απωλειών που σχετίζονται με την παραγωγή και την παράδοσή της, μεταξύ των τομέων τελικής χρήσης (Metcalf, 2008, Huntington, 2010).

Η προσέγγιση αυτή καθιστά σαφές τις επικείμενες μακροπρόθεσμες τάσεις στην κατανάλωση ενέργειας από τις Η.Π.Α.. Ειδικότερα (Samuelson, 2014, Saundry, 2019, E.I.A., 2019):

1. Η χρήση της βιομηχανικής ενέργειας υπέστη μακροπρόθεσμη μετάβαση τις τελευταίες πέντε δεκαετίες, η οποία σηματοδοτείται από την ισοπέδωση της κατανάλωσης και από τις απότομες πτώσεις που συνδέονται με τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 1970, καθώς και τις οικονομικές υφέσεις. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ο βιομηχανικός τομέας μερίδιο χρήσης της ενέργειας των Η.Π.Α. μειώνεται από 46% σε 32%.
2. Η κατανάλωση ενέργειας από το οικιακό κλάδο αποτελεί, περίπου, το ένα πέμπτο της τελικής καταναλωθείσας ενέργειας τις τελευταίες έξι δεκαετίες. Το μερίδιο της οικιακής κατανάλωσης από ηλεκτρική ενέργεια αυξήθηκε από 25% το 1957 σε περίπου 70% την τελευταία δεκαετία, με το φυσικό αέριο αντιπροσωπεύει ένα επιπλέον 23% της κατανάλωσης ενέργειας οικιακής χρήσης στις Η.Π.Α. το 2016.
3. Η χρήση ενέργειας από τον εμπορικό τομέα αυξάνεται από το ένα δέκατο της καταναλωθείσας ενέργειας το 1957, σε 18% - 19% κατά την τελευταία δεκαετία. Η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο αντιπροσωπεύουν το 76% (από 40% στα τέλη της δεκαετίας του 1950) και το 18% της χρήσης ενέργειας από τον εμπορικό τομέα αντίστοιχα (έτος αναφοράς 2016).
4. Η χρήση ενέργειας στον τομέα των μεταφορών ακολουθεί μια πολύ παρόμοια τάση με την κατανάλωση πετρελαίου, αντανακλώντας το μονοπώλιο της ως «καύσιμο μεταφοράς». Το μερίδιο ενέργειας του κλάδου των μεταφορών αυξάνεται από 24% σε 29% (έτος αναφοράς 2016).

Αναφορικά με τις κύριες μεταβολές που πραγματοποιούνται στην πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας, εκτός από την κατανάλωση Σ.Π.Ε., ένας σημαντικός δείκτης «μέτρησης» της ενεργειακής ζήτησης είναι η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά κάτοικο. Και τα δύο αυτά μεγέθη υποδεικνύουν ότι στο προσκήνιο εξελίσσονται σημαντικές μακροπρόθεσμες αλλαγές (Huntington, 2010, Saundry, 2019).

Η κατανάλωση Σ.Π.Ε (δείτε διάγραμμα 1) υποχωρεί στα τέλη του εικοστού αιώνα. Έκτοτε, παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις εξαιτίας των οικονομικών κύκλων. Κατά την ίδια περίοδο (1999-2017) το Α.Ε.Π. των Η.Π.Α. αυξάνονται κατά 46 % και ο πληθυσμός κατά 17% (Saundry, 2019).

Αναφορικά με την κατανάλωση Σ.Π.Ε. ανά άτομο (δείτε διάγραμμα 14), κορυφώνεται πριν από τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις της δεκαετίας του 1970 και παρουσιάζει κατακόρυφη πτώση μετά το πέρας τους. Η πτώση συνεχίζεται μέχρι και το 1983, και εν συνεχεία αυξάνεται μέχρι το 2000, χωρίς όμως να ξεπερνά την μέγιστη τιμή του 1979. Από το 2000 και έπειτα η πτώση που συντελείται είναι συνεχής και οφείλεται στις σημαντικές διακυμάνσεις της αμερικανικής οικονομία, καθώς και στο κλίμα έντονου ανταγωνισμού στην πολιτική σκηνή (Saundry, 2019). Το σημερινό επίπεδο της κατανάλωση Σ.Π.Ε. ανά άτομο ισούται με τις τιμές του 1967.

Χώρες οι οποίες παρουσιάζουν μικρότερο βαθμό βιομηχανοποίησης τις δεκαετίες του '50 και του '60, έχουν υποστεί ταχεία αύξηση της κατανάλωσης Σ.Π.Ε. ανά άτομο, η οποία συνδέεται με την αύξηση του Α.Ε.Π. και του πληθυσμού τους (δείτε διάγραμμα 15) (Saundry, 2019). Η εκβιομηχάνιση προσφέρει σε πολλά δισεκατομμύρια ανθρώπων πρόσβαση σε σύγχρονες μορφές ενέργειας, καθώς και τα παρεχόμενα οφέλη αυτών. Όπως αναμένεται, το σχετικό μερίδιο του η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας από τις μεγάλες βιομηχανικές χώρες μειώνεται (δείτε διάγραμμα 16) (Saundry, 2019). Η Ε.Ε. και η Ρωσία παρουσιάζουν σημαντική πτώση, το αμερικανικό μερίδιο της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας μειώνεται κατακόρυφα από το ένα τρίτο το 1960 σε ένα έκτο το 2017, ενώ της Κίνας και της Ινδίας παρουσιάζει κατακόρυφη άνοδο και σταδιακή αύξηση αντίστοιχα.

Μία αξιοσημείωτη ιδιαιτερότητα του ενεργειακού συστήματος των Η.Π.Α., αφορά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα, στο διάγραμμα 17 απεικονίζεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κάτοικο σε επιλεγμένες πολιτείες για την περίοδο 1966-2016. Οι διαφοροποιήσεις στην κατανάλωση μεταξύ των πολιτειών, οφείλεται στις διαφορετικές πολιτειακές ενεργειακές πολιτικές. Εστιάζοντας στο διάγραμμα βλέπουμε τις δραματικές διαφορές μεταξύ των πολιτειών μέχρι και πριν το 2007. Η διαφορά αυτή από το 2007 και έπειτα συρρικνώνεται, εξ' αιτίας της μείωσης στην κατανάλωση, και εν συνεχεία σταθεροποιείται. Συγκρίνοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των πολιτειών με την αντίστοιχη εθνικών κρατών (δείτε διάγραμμα 18), διαπιστώνουμε ότι ορισμένες πολιτείες έχουν συγκρίσιμη και πολλές φορές μεγαλύτερη κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με ορισμένα κράτη.

2.3 Παραγωγή Πρωτογενούς Ενέργειας

Στο διάγραμμα 19 απεικονίζεται η ενεργειακή παραγωγή των Η.Π.Α. ανά πηγή ενέργειας. Αναλύοντας το διάγραμμα παρατηρούμε τα ακόλουθα:

- Οι γαιάνθρακες, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο αποτελούν τις κύριες παραγόμενες μορφές ενέργειας. Ωστόσο, η κατάταξη αυτών παρουσιάζει πολλές μεταβολές καθ' όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. Ειδικότερα, από το 1949 μέχρι και το 1970, την πρωτιά κατέχει η παραγωγή πετρελαίου. Εν' συνέχεια, μετά το ξέσπασμα της πετρελαϊκής χρήσης, το πετρέλαιο μαζί με το φυσικό αέριο αποτελούν τις κύριες παραγόμενες μορφές ενέργειας. Από το 1987, όμως, μέχρι και το 2008 οι γαιάνθρακες αναρριχούνται στην πρώτη θέση. Τέλος, από το 2009 μέχρι και το 2019 η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου παίρνει και πάλι τα ηνία της παραγόμενης μορφής ενέργειας.
- Διαφαίνεται ότι η παραγωγή φυσικού αερίου και πετρελαίου έχουν παρόμοια μεταβολή-πορεία από το 1949 μέχρι και το 1980, καθώς και από το 2005 έως και το 2019.

- Η παραγωγή πετρελαίου παρουσιάζει αύξηση από το 1949 μέχρι και το 1970. Από 1971, με εξαίρεση την δεκαετία 1975-1985 κατά την οποία παραμένει αμετάβλητη, μέχρι και το 2008 η παραγωγή πετρελαίου φθίνει συνεχώς. Ωστόσο από 2008 και έπειτα πραγματοποιείται εκτόξευση στις παραγωγής, με τη μέγιστη τιμή της να εντοπίζεται το 2019.
- Η παραγωγή φυσικού αερίου παρουσιάζει συνεχή και μεγάλη άνοδο από το 1949 έως και το 1972, Για τα επόμενα δέκα χρόνια έχει σημαντική πτωτική τάση, φθάνοντας το 1983 τα επίπεδα παραγωγής του 1965. Από το 1984 έως και το 2005 η παραγωγή παραμένει στάσιμη, και από το 2006 και έπειτα αυξάνεται με σημαντικό ρυθμό, λαμβάνοντας την μέγιστη τιμή της το 2019.
- Η παραγωγή γαιανθράκων έχει συνεχείς αυξομειώσεις καθ' όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. Από το 1649 έως και το 1957 παρουσιάζει πτωτική τάση. Η πορεία αυτή διακόπτεται το 1958, με την ανοδική τάση να συνεχίζεται μέχρι και το 1998, έτος για το οποίο η παραγωγή είναι η μέγιστη της εξεταζόμενης περιόδου. Από το 1999 μέχρι και το 2008 παραμένει στάσιμη, και στη συνέχεια παρουσιάζει σημαντική πτώση μέχρι και το 2019.
- Η παραχθείσα και η καταναλωθείσα ενέργεια των Α.Π.Ε. και της Πυρηνικής ταυτίζονται (ΕΙΑ, 2020).

Εστιάζοντας στους σημαντικότερους παράγοντες που επηρέασαν την πρωτογενή παραγωγή ενέργειας στις Η.Π.Α., το «φτηνό» πετρέλαιο έχει ως αποτέλεσμα την διεύρυνση της εξόρυξης πετρελαίου τη δεκαετία του 1960. Ωστόσο, η πετρελαϊκή κρίση του 1973 οδηγεί σε μακροπρόθεσμη «απομάκρυνση» του, με την ενεργειακή πολιτική να στρέφεται και πάλι στους γαιάνθρακες. Παράλληλα, ενισχύεται η παραγωγή φυσικού αερίου, καθώς η τιμή χονδρικής πώλησης του δεν υπόκειται σε περιορισμούς. Επίσης, τροποποιείται ο νόμος περί ομοσπονδιακής ενέργειας ο οποίος ρυθμίζει τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού κοινής ωφέλειας, με στόχο την μείωση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γαιάνθρακες. Τέλος, ο παραγκωνισμός των γαιανθράκων, ο οποίος έχει ως συνέπεια την μείωση της παραγωγής τους την τελευταία

δεκαετία, οφείλεται στην αύξηση της παραγωγής φυσικού αερίου και της παραγωγή ηλεκτρικής ενέργεια από Α.Π.Ε. (EIA, 2019, Saundry, 2019).

Στην μελέτη τους οι Houseretal. (2017) αποδίδουν το 49% της μείωσης στην παραγωγή γαιανθράκων στις χαμηλότερες τιμές του φυσικού αερίου, το 26% στην χαμηλότερη, από την αναμενόμενη, κατανάλωσης ενέργειας, και το 18% στην χρήση των Α.Π.Ε. για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το υπόλοιπο 7% το αποδύουν στις αυστηρότερες ενεργειακές πολιτικές που ακολουθούνται για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής που καταναλώνουν γαιάνθρακες, οι οποίες αποσκοπούν στην μείωση των εκπομπών CO₂.

Οι τρεις πιο σημαντικές μεταβολές που συντελούνται στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας των Η.Π.Α. τις τελευταίες δύο δεκαετίες είναι: η άνθηση της μη συμβατικής παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου, η αύξηση της χρήσης βιοκαυσίμων και η αύξηση των μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική και ηλιακή) (Tyner, 2008, Gallagheretal., 2016, Houseret. al., 2017).

Η ταχεία διεύρυνση της μη συμβατικής παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου μετά το 2007 στις Η.Π.Α. ανατρέπει την μέχρι τότε πτωτική τους πορεία, και οδηγεί σε νέα ρεκόρ υψηλών επιπέδων παραγωγής. Οι Η.Π.Α. γίνονται ο μεγαλύτερος παραγωγός πετρελαίου παγκοσμίως το 2014, θέση την οποία έχασαν το 1976, καθώς και ο μεγαλύτερος παραγωγός φυσικού αερίου το 2009. Η ταχεία επέκταση της μη συμβατικής παραγωγής φυσικού αερίου στις Η.Π.Α. ρίχνει σε χαμηλά επίπεδα τις τιμές του εγχώριου φυσικού αερίου από το 2009, με αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσής του (EIA, 2019, Capuano, 2020 Saundry, 2019). Η έκρηξη της μη συμβατικής παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης δύο τεχνολογιών: της υδραυλικής διάσπασης (hydraulicfracturing) και των οριζόντιων γεωτρήσεων (horizontaldrilling). Οι δύο αυτές τεχνολογίες αναπτύσσονται επί πολλές δεκαετίες και έχουν την ουσιαστική στήριξη της πολιτείας στα πλαίσια της ανεύρεσης νέων ενεργειακών τεχνολογιών (Montgomery&Smith, 2010, Saundry, 2019). Συνεπώς, η μη συμβατική παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου δύναται να χαρακτηριστεί ως μια νέα τεχνολογία που εφαρμόζεται και

μετασηματίζει μια ήδη υπάρχουσα πηγή ενέργειας. Επιπροσθέτως, η αύξηση της παραγωγής τους επωφελείται και από συγκεκριμένες δημόσιες πολιτικές, οι οποίες τις δίνουν τη δυνατότητα να μην συμπεριλαμβάνονται σε συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς νόμους, παρέχοντας, παράλληλα, πρόσβαση σε ενεργειακούς πόρους και δημόσιες εκτάσεις (Hatzenbuhler&Centner, 2012, Kear, 2018).

Η επέκταση της χρήσης βιοκαυσίμων, όπως η αιθανόλη του καλαμποκιού και το βιοντίζελ, οφείλεται στην αύξηση της τιμής του αργού πετρελαίου, καθώς και στην υιοθέτηση ενός εθνικού προτύπου ανανεώσιμων καυσίμων το 2005. Οι Η.Π.Α. γίνονται ο μεγαλύτερος παγκόσμιος παραγωγός βιοκαυσίμων, με την παραγωγή της να αντιπροσωπεύει το 44% της παγκόσμιας παραγωγής το 2017, ακολουθούμενη από τη Βραζιλία (22%) και την Ευρωπαϊκής Ένωσης (17%). (Gallagheretal., 2016, BP, 2018, E.I.A.,2019,Saundry, 2019). Η άνοδος των βιοκαυσίμων έχει άμεση διασύνδεση με τα οικονομικά κίνητρα της ομοσπονδιακής κυβέρνησης ως απάντηση στην πρώτη πετρελαϊκή κρίση. Η άνοδος προκαλεί αλλαγές σε μικρο-επίπεδο (εξειδικευμένη αγορά), ακολουθούμενη, όμως, από την υιοθέτηση του εθνικού προτύπου ανανεώσιμων καυσίμων σχεδόν τρεις δεκαετίες αργότερα. Η υιοθέτηση επέφερε ευρύτερη εφαρμογή (μεσοπρόθεσμη μετάβαση) στο πλαίσιο του υφιστάμενου συστήματος υδρογονανθράκων. Τα βιοκαύσιμα έχουν επίσης επωφεληθεί από κυβερνητικές επενδύσεις για έρευνα και ανάπτυξη (Tyner, 2008, Gallagheretal., 2016, E.I.A., 2020).

Τέλος, η ανάπτυξη της παραγωγής των μεταβλητών Α.Π.Ε. οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην μακροπρόθεσμη ενεργειακή πολιτική, καθώς και στις δαπάνες για έρευνας και ανάπτυξης σε ομοσπονδιακό, πολιτειακό και τοπικό επίπεδο. Η αύξηση των μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οδηγεί σε αύξηση της παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας. Η αιολική ενέργεια αυξάνεται από 0,15% του συνόλου της παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας το 2000 σε 6,3% το 2017, ενώ η ηλιακή από το 0,01% σε 1,9% την ίδια περίοδο (EIA, 2019). Ωστόσο για τις πολιτικές αυτές θα μιλήσουμε σε επόμενη ενότητα.

Συνοψίζοντας, η αύξηση της παραγωγής των τριών πηγών πρωτογενούς ενέργειας και η καθιέρωσή τους στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α., οφείλεται στην τεχνολογική καινοτομία, στις οικονομικές εξελίξεις και στις πολιτειακές και ομοσπονδιακές ενεργειακές πολιτικές. Οι σημαντικότερες μεταρρυθμίσεις στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α., σημειώνονται όταν οι τεχνολογικές καινοτομίες και οι ενεργειακές πρωτοβουλίες μεταβαίνουν από δραστηριότητες μικρο-επιπέδου, σε μέσο-επιπέδου, και εν συνεχεία μάκρο-επιπέδου. Η παραγωγή πετρελαίου, φυσικού αερίου, αιολικής και ηλιακής ενέργειας, υλοποιείται και βασίζεται σε ενεργειακές πολιτικές σε μικρο-επίπεδο, μέχρι τη δεκαετία του 1990. Η μακροπρόθεσμη χρηματοδοτούμενη από το δημόσιο τομέα έρευνα και ανάπτυξη επιτρέπει στις τεχνολογίες αυτές να εισέρχονται σταδιακά στην αγορά. Εν' συνεχεία κάθε ενεργειακή τεχνολογία προωθείται σε μεσο-επίπεδο με τη βοήθεια δημόσιων και ιδιωτικών φορέων, και τέλος είναι στην κρίση της ομοσπονδιακής κυβέρνησης και, κυρίως, των πολιτειακών κυβερνήσεων να τις υιοθετήσουν όχι (Saundry, 2019).

2.4 Εισαγωγές-Εξαγωγές Πρωτόγεννης Ενέργειας

Στο διάγραμμα 20 απεικονίζονται οι πρωτογενείς καθαρές ενεργειακές εισαγωγές. Οι Η.Π.Α. για εξήντα περίπου χρόνια αποτελούν καθαρό εισαγωγέα ενέργειας (1957-2017). Το γεγονός ότι το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας είναι αρνητικό οφείλεται στο ότι (δείτε διάγραμμα 1) οι εισαγωγές ενέργειας έχουν ανοδική πορεία, ενώ οι εξαγωγές παραμένουν αμετάβλητες σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Εστιάζοντας στις επιμέρους περιόδους, από το 1957 μέχρι και το 1970 η αύξηση των εισαγωγών είναι συνεχής και γραμμική. Από το 1971 μέχρι και το 1977 παρατηρείται μία εκρηκτική άνοδος, η οποία και οφείλεται στην πετρελαϊκή κρίση του 1973. Η άνοδος αυτή τερματίζεται το 1977 και μέχρι το 1981 οι τιμές λαμβάνουν τα επίπεδα του 1970. Από 1982 ακολουθεί το δεύτερο κύμα ανόδου των εισαγωγών, το οποίο και κορυφώνεται το 2005, έτος για το οποίο οι ενεργειακές καθαρές εισαγωγές λαμβάνουν την μέγιστη τιμή τους. Από 2005 και έπειτα η πτώση είναι συνεχής και με αυξανόμενο ρυθμό. Η πτώση κορυφώνεται το 2019, έτος για το οποίο για πρώτη φορά μετά από εξήντα

χρόνια το ενεργειακό ισοζύγιο των Η.Π.Α. είναι θετικό. Η μεταστροφή αυτή οφείλεται και στην μείωση των εισαγωγών αλλά και στην αύξηση των εξαγωγών (δείτε διάγραμμα 1).

Αναφορικά με την σύνθεση των ενεργειακών εισαγωγών, στο διάγραμμα 21 παρατηρούμε ότι το αργό πετρέλαιο αποτελεί το κύριο εισαγόμενο ενεργειακό προϊόν. Εάν μάλιστα συγκρίνουμε την πορεία της καμπύλης των εισαγωγών πετρελαίου και των καθαρών εισαγωγών ενέργειας, διαπιστώνουμε ότι ακολουθούν την ίδια πορεία. Το γεγονός αυτό είναι απολύτως λογικό δεδομένης της συμμετοχής του εισαγόμενου πετρελαίου στις συνολικές εισαγωγές.

Στις λοιπές εισαγωγές, τα προϊόντα πετρελαίου έχουν δύο μέγιστα σημεία, το 1973 και το 2005. Από το 1949 μέχρι και το 1973 παρουσιάζουν μία συνεχή αύξηση. Από το 1974 μέχρι και το 2005 οι εισαγωγές παρουσιάζουν αυξομειώσεις, με την μακροχρόνια, όμως, τάση να είναι σταθερή. Από το 2006 οι εισαγωγές ακολουθούν πτωτική πορεία, ενώ το 2014 αρχίζουν σταδιακά να αυξάνονται. Οι εισαγωγές φυσικού αερίου έχουν θετικό πρόσημο από 1957 και έπειτα, και διατηρούνται στα ίδια επίπεδα μέχρι και το 1986. Από το 1987 μέχρι και το 2007, έτος για το οποίο λαμβάνουν τη μέγιστη τιμή τους, έχουν συνεχή αύξηση, και εν συνεχεία παρουσιάζουν πτώση.

Στο κομμάτι της σύνθεσης των ενεργειακών εξαγωγών (διάγραμμα 22), από το 1949 μέχρι και το 1999 οι κύριες ενεργειακές εξαγωγές είναι οι γαιάνθρακες. Ωστόσο, από το 2000 μέχρι και σήμερα, τα προϊόντα πετρελαίου καταλαμβάνουν την πρώτη θέση. Οι εξαγωγές γαιανθράκων έχουν τρεις «κορυφές», το 1957, το 1981 και το 2012. Επίσης καθ' όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου παρουσιάζουν έντονες αυξομειώσεις, χωρίς όμως οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές να έχουν μεγάλη απόκλιση.

Τα προϊόντα πετρελαίου μέχρι και το 1980 δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις στις ποσότητες των εισαγωγών. Από το 1981 και έπειτα ακολουθούν αυξητική πορεία η οποία και εκτοξεύεται μετά από το 2004, με την μέγιστη τιμή να εντοπίζεται το 2018. Οι εξαγωγές φυσικού αερίου μέχρι και τις

αρχές της χλιετίας είναι σχεδόν μηδενικές, ενώ από το 2001 και έπειτα η άνοδος των εισαγωγών είναι συνεχής και κορυφώνεται το 2019. Τέλος, οι εξαγωγές αργού πετρελαίου παρουσιάζουν κατακόρυφη άνοδο, με τον μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής συγκριτικά με το φυσικό αέριο, τα προϊόντα πετρελαίου και τους γαιάνθρακες, από το 2012 και έπειτα.

Οι τρεις σημαντικές αλλαγές στο κομμάτι της παραγωγής ενέργειας διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στις εξελίξεις που συντελούνται στην αγορά της ενέργειας, και κατ' επέκταση στο ενεργειακό ισοζύγιο των Η.Π.Α.. Ωστόσο, η μη συμβατική παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου επιφέρει το σημαντικότερο αποτέλεσμα, αλλάζοντας τον ρόλο των Η.Π.Α. στις παγκόσμιες αγορές πετρελαίου και φυσικού αερίου, μετατρέποντάς τες από έναν από τους μεγαλύτερους εισαγωγείς ενέργειας, σε μία χώρα που πετυχαίνει την ενεργειακή ισορροπία (Cooperetal., 2015, E.I.A., 2019).

Οι Η.Π.Α. αντιστρέφουν το ρόλο τους στην παγκόσμια αγορά υγρού φυσικού αερίου και θέτουν στέρεα θεμέλια ώστε να αποτελέσουν μελλοντικά σημαντικό προμηθευτή στην παγκόσμια αγορά (Cooperetal., 2015, Saundry, 2019). Αυτό έχει συνέπειες για κράτη, όπως η Κίνα, τα οποία επιδιώκουν να μειώσουν την χρήση γαιανθράκων και να στραφούν στο φυσικό αέριο, έτσι ώστε να βελτιώσουν την ποιότητα της ατμόσφαιράς τους και να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Lu&Qi, 2018).

Η αύξηση των εξαγωγών πρόκειται να διευκολυνθεί από τους νέους τερματικούς σταθμούς εξαγωγής υδροποιημένου φυσικού αερίου, οι οποίοι βρίσκονται υπό κατασκευή. Η αύξηση πιθανολογείται ότι πρόκειται να περιορίσει τη σημαντική διαφορά τιμών στις εγχώριες και διεθνής αγορές φυσικού αερίου. Ωστόσο, οι εξαγωγές δεν θα τερματίσουν την διαφορά στο ύψος των τιμών, λόγω των εγγενών δαπανών υδροποίησης, μεταφοράς και αεριοποίησης (Maxwell&Zhu, 2011, Cooperetal., 2015, E.I.A., 2019).

Ενότητα 3^η: Ο Ρόλος των Α.Π.Ε. και της Πυρηνικής Ενέργειας στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.

3.1 Η Παραγωγή και η Κατανάλωση των Α.Π.Ε. στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.

Η κατανάλωση/παραγωγή⁶ των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. (δείτε διάγραμμα 5) παραμένει σε χαμηλά επίπεδα για πενήντα περίπου χρόνια (1950-2000). Από την αρχή της χιλιετίας μέχρι και σήμερα παρουσιάζει σημαντική και συνεχή άνοδο, με αποκορύφωμα το 2019, έτος κατά το οποίο η κατανάλωση των Α.Π.Ε. ξεπερνά αυτή των γαιανθράκων, λαμβάνοντας τη μέγιστή τιμή της, καθιερώνοντας τις Α.Π.Ε. ως την τρίτη μεγαλύτερη πηγή καταναλωθείσας ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α..

Η υδροηλεκτρική ενέργεια (δείτε διάγραμμα 23) είναι μέχρι και τις αρχές του 2000 η Α.Π.Ε. με τη μεγαλύτερη παραγωγή, με μεγάλη μάλιστα διαφορά από τις υπόλοιπες. Η διαφορά αυτή συρρικνώνεται από το 2000 και έπειτα, εξ' αιτίας και της μακροχρόνιας στασιμότητας της παραχθείσας υδροηλεκτρικής ενέργειας, και, κυρίως, λόγω της εκτόξευσης της παραγωγής των βιοκαυσίμων και της αιολικής. Η υδροηλεκτρική καταλαμβάνει για 60 περίπου χρόνια την πρώτη θέση στην παραγωγή των Α.Π.Ε., θέση την οποία και χάνει από την αιολική το 2019. Η ηλιακή ενέργεια παρουσιάζει και αυτή άνοδο, από το 2011 και έπειτα, με μικρότερο, όμως, ρυθμό συγκριτικά με τα βιοκαύσιμα και την αιολική, ενώ η γεωθερμική παραμένει σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα μέχρι και σήμερα.

Η πλειοψηφία των Α.Π.Ε. χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ τα βιοκαύσιμα καταναλώνονται στον τομέα των μεταφορών (E.I.A., 2020). Το 2019 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιστοιχούν στο 11% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στις Η.Π.Α. Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας αντιπροσωπεύει το 2019 περίπου το 56% της συνολικής κατανάλωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και περίπου

⁶Η καταναλωθείσα ποσότητα των Α.Π.Ε. ταυτίζεται με την παραχθείσα (E.I.A., 2020)
<https://www.eia.gov/totalenergy/data/browser/index.php?tbl=T02.01#/?f=A&start=1949&end=2019&charted=3-6-9-12>

το 17% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η κατανάλωση βιοκαυσίμων και άλλων μη υδροηλεκτρικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις Η.Π.Α. υπερδιπλασιάζεται από το 2000 έως και το 2019 (E.I.A., 2020).

Ειδικότερα, οι υδροηλεκτρικές μονάδες παράγουν περίπου το 7% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Η.Π.Α. και περίπου το 38% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2019. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες χρησιμοποιούν την δύναμη του νερού για να περιστρέψουν μια τουρμπίνα συνδεδεμένη με μια γεννήτρια (E.I.A., 2020). Η αιολική ενέργεια είναι η πηγή περίπου του 7% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Η.Π.Α. και περίπου το 42% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2019. Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική (E.I.A., 2020). Η ηλιακή ενέργεια παρέχει περίπου το 2% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας των Η.Π.Α. το 2019. Η φωτοβολταϊκή (PV) και η ηλιακή-θερμική ισχύς είναι οι δύο κύριοι τύποι τεχνολογιών παραγωγής ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας. Η φωτοβολταϊκή μετατροπή παράγει ηλεκτρισμό απευθείας από το ηλιακό φως σε τη χρήση φωτοβολταϊκής κυψέλης. Τα περισσότερα συστήματα ηλιακής-θερμικής ενέργειας χρησιμοποιούν ατμοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (E.I.A., 2020). Η βιομάζα είναι η πηγή περίπου του 1% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Η.Π.Α. το 2019. Η βιομάζα καίγεται απευθείας σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς ή μπορεί να μετατραπεί σε αέριο το οποίο χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε γεννήτριες ατμού, στροβίλους αερίου ή γεννήτριες με κινητήρα εσωτερικής καύσης (E.I.A., 2020). Οι γεωθερμικοί σταθμοί παράγουν περίπου το 0,5% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις Η.Π.Α. το 2019. Οι γεωθερμικοί σταθμοί χρησιμοποιούν ατμοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (E.I.A., 2020).

Η αύξηση η οποία συντελείται στην παραγωγή των Α.Π.Ε. από το 2000 και έπειτα οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στις απαιτήσεις και τα κίνητρα της πολιτείας και της ομοσπονδιακής κυβέρνησης για χρήση Α.Π.Ε. (Payne, 2009, Lyon&Yin, 2010, Barbose, 2019, Clacketal., 2017, Wisheret. al., 2017, Saundry, 2019, E.I.A., 2020). Στις κύριες ομοσπονδιακές και πολιτειακές πολιτικές συγκαταλέγονται (Payne, 2009, Barbose, 2019, Saundry, 2019)⁷:

- Τέλη Άνθρακα
- Πιστώσεις φόρου και φόρο-απαλλαγές για την δημιουργία εγκαταστάσεων παραγωγής Α.Π.Ε.
- Εκπτώσεις για την εγκατάσταση συστημάτων Α.Π.Ε. για νοικοκυριά και μικρές επιχειρήσεις
- Πρότυπα χαρτοφυλάκια ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (RenewablePortfolioStandards, εφεξής R.P.S.)

Κυριότερη πολιτική εκ' των τριών είναι τα R.P.S. (Lyon&Yin, 2010, Shrimali et al., 2015, Clack et al., 2017, Barbose, 2019, Saundry, 2019).

Από τις αρχές της νέας χιλιετίας σημειώνεται μια εκτεταμένη υιοθέτηση, από τις πολιτειακές κυβερνήσεις των Η.Π.Α., των R.P.S. ως εργαλείο προώθησης των Α.Π.Ε. για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Lyon&Yin, 2010, Barbose, 2019). Τα R.P.S. «υποχρεώνουν τους προμηθευτές λιανικής ηλεκτρικής ενέργειας να παράξουν ένα ελάχιστο ποσοστό ή ποσότητα φορτίου λιανικής από συγκεκριμένες πηγές Α.Π.Ε.» (στο Barbose, 2019, σελ. 7). Τα R.P.S., επομένως, διασφαλίζουν την ενσωμάτωση των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό χαρτοφυλάκιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αυξάνοντάς την με το πέρασμα των ετών, ενισχύοντας την χρηματοδότηση και για την κατασκευή εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, καθώς και για έρευνα & ανάπτυξη με σκοπό την αποδοτικότερη παραγωγή και χρήση τους (Lyon&Yin, 2010, Shrimali et al., 2015, Barbose, 2019, Wisheret. al., 2017).

⁷ Ορισμένες από τις πολιτικές οι οποίες προωθούν την πυρηνική ενέργεια, έχουν εφαρμογή και για την προώθηση των Α.Π.Ε. (δείτε παράρτημα Β)

Σε ομοσπονδιακό επίπεδο, εκτιμάται ότι από το 2000 και έπειτα οι πολιτικές των R.P.S. διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην μεγαλύτερη εισχώρηση των Α.Π.Ε. στον ενεργειακό τομέα, παρέχοντας μια σταθερή πηγή ζήτησης για νέες κατασκευές μονάδων παραγωγή Α.Π.Ε. (Barbose, 2019). Το 50% της πραγματοποιηθείσας αύξησης στην παραγωγή Α.Π.Ε. αποδίδεται στην υιοθέτηση των προβλεπόμενων απαιτήσεων των R.P.S.. Η συνολική παραγωγή, πλην της παραγωγής από υδροηλεκτρική ενέργεια, αυξάνεται κατά 371 TWh, υπερδιπλάσια από την προβλεπόμενη (δείτε διάγραμμα 24). Η αύξηση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ετήσια αύξηση της παραγωγής Α.Π.Ε. η οποία δεν αποδίδεται στα R.P.S.. Η συμβολή τους στην κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής μειώνεται από το 60%, την περίοδο 2008-2014, σε λιγότερο από 30% το 2018. Παρόλη τη μείωση, η υιοθέτηση των R.P.S. εξακολουθεί να αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα της αύξησης της παραγωγής των Α.Π.Ε. (Barbose, 2019).

Το 2019 είκοσι εννέα πολιτείες (δείτε χάρτη 5) και η Ουάσιγκτον εφαρμόζουν τα R.P.S., με το 56% των συνολικών λιανικών πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας τον Ιούλιο του 2019 να προέρχεται από τα R.P.S.. Τα R.P.S. ποικίλουν και παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ πολιτειών, με τον χρονικό ορίζοντα εφαρμογής των περισσότερων να είναι τουλάχιστον τα δέκα έτη, με συνεχείς, όμως, προσθήκες και αναθεωρήσεις αυτών (μέχρι και το 2019) (δείτε διάγραμμα 25). Περισσότερες από τις μισές πολιτείες που υιοθετούν τα R.P.S. έχουν πραγματοποιήσει αυξήσεις στον συνολικό στόχο των R.P.S.. Ορισμένες, μάλιστα, στοχεύουν στην πλήρη ενσωμάτωση των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με πλήρη απαγκίστρωση από τους γαιάνθρακες (Barbose, 2019). Για την κάλυψη της μελλοντικής ζήτησης των R.P.S. εκτιμάται ότι μέχρι το 2030 η παραγωγή των Α.Π.Ε. πρόκειται να αυξηθεί κατά 50% (Barbose, 2019).

Την περίοδο 2000-2012 η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα R.P.S. (δείτε διαγράμματα 26-27) στηρίζεται στην αιολική ενεργεία, Από το 2012 και έπειτα, τα R.P.S. διαδραματίζουν σημαντικότερο ρόλο στην αύξηση της ηλιακής ενέργειας, με την αύξηση της αιολικής να είναι ανεξάρτητη από την εφαρμογή τους (Barbose, 2019). Η «κυριαρχία» της αιολικής ενέργειας οφείλεται στα οικονομικά πλεονεκτήματα αυτής έναντι άλλων μορφών ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας (Moneetal., 2015, Thomson&Kempton, 2018). Στον αντίποδα, η αύξηση της ηλιακής ενέργειας οφείλεται στην επιλογή πολλά R.P.S. να δώσουν προτεραιότητα στην αύξηση αυτής (Saudre, 2019). Η προώθηση της αιολικής και, μετέπειτα, της ηλιακής ενέργειας οφείλεται και στην σημαντική μείωση του κόστους. Το ισοσταθμισμένο κόστος της ενέργειας⁸ (Levelized Cost of Electricity, εφεξής: LCOE) της αιολικής ενέργειας μειώνεται κατά 67% μεταξύ 2009 και 2017, και των ηλιακών φωτοβολταϊκών κατά 86% (Lazard, 2017, Thomson&Kempton, 2018).

Αναφορικά με τα βιοκαύσιμα, η προσπάθεια της ομοσπονδιακής πολιτείας για μείωση του πετρελαίου, και αύξηση των βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών, αντικατοπτρίζεται στα πρότυπα ανανεώσιμων καυσίμων (Renewable Fuel Standards, εφεξής R.F.S.). Τα R.F.S. προβλέπουν την ανάμιξη μεγαλύτερου όγκου βιοκαυσίμων με τα «παραδοσιακά» ορυκτά καύσιμα με την πάροδο του χρόνου, γεγονός το οποίο δικαιολογεί την αύξηση της παραγωγής/κατανάλωσης βιοκαυσίμων που προαναφέραμε. Οι Η.Π.Α., εξ' αίτιας του μονοπωλίου του πετρελαίου στον τομέα των μεταφορών, μέσω των R.F.S. επιχειρούν να διαφοροποιήσουν το μονοπώλιο αυτό, και παράλληλα να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Tyner, 2008, B.P., 2018, Stock, 2018, U.S.A. Department of Energy, 2020, U.S.A. Geological Survey, 2020).

⁸ Το LCOE: 1) Μετρά το κόστος ζωής διαιρούμενο με την παραγωγή ενέργειας. 2) Υπολογίζει την παρούσα αξία του συνολικού κόστους κατασκευής και λειτουργίας μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας για μια υποτιθέμενη διάρκεια ζωής. 3) Επιτρέπει τη σύγκριση διαφορετικών τεχνολογιών (π.χ. ηλιακό, φυσικό αέριο) άνισου χρόνου ζωής, μέγεθος έργου, διαφορετικό κόστος κεφαλαίου, κίνδυνο, απόδοση και ικανότητα. Είναι πολύ σημαντικό για τη λήψη τεκμηριωμένης απόφασης για να προχωρήσουμε στην ανάπτυξη μιας εγκατάστασης, ενός κοινοτικού ή εμπορικού έργου.
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/08/f25/LCOE.pdf>

4.2 Η Πυρηνική Ενέργεια στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.

Η παραγωγή πυρηνικής ενέργειας (δείτε διάγραμμα 5) στο αμερικανικό ενεργειακό σύστημα παρουσιάζει σημαντική και συνεχή αύξηση από 1970 έως και το 2000, ενώ από το 2001 και έπειτα η παραγωγή παραμένει στάσιμη, χωρίς να παρουσιάζει ουσιώδεις μεταβολές. Η παραχθείσα πυρηνική ενέργεια καταναλώνεται αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Sharp&Kuczynski, 2016, Shea&Hartman, 2017, Scott, 2018, E.I.A., 2020, N.E.I., 2020).

Η πυρηνική ενέργεια παρέχει σταθερά το ένα πέμπτο της αμερικανικής ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία 30 χρόνια, με τον μέσο όρο ζωής των αντιδραστήρων να φθάνει, στο τέλος του 2017, τα 37 έτη (Scott, 2018, E.I.A., 2020, NEI., 2020). Σήμερα βρίσκονται σε λειτουργία 57 μονάδες παραγωγής (Δείτε Πίνακα 3), με την πιο πρόσφατη προσθήκη στον ενεργειακό στόλο να πραγματοποιείται το 2016, ενώ η δεύτερη είκοσι χρόνια πριν, το 1996. Τέλος, μόνο δύο νέοι αντιδραστήρες βρίσκονται υπό κατασκευή στις Η.Π.Α.⁹(Scott, 2018, E.I.A., 2020, I.A.E.A., 2020).

Το 2018, από τα 60 πυρηνικά εργοστάσια (δείτε χάρτη 6), τα 31 παράγουν και πωλούν ηλεκτρική ενέργεια σε απορρυθμισμένες (δηλαδή εμπορικές) αγορές χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας, στις οποίες ανταγωνίζονται σε ενδο-ομοσπονδιακό και ενδο-περιφερειακό επίπεδο την παρεχόμενη/παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια των λοιπών μορφών ενέργειας: των Α.Π.Ε., του φυσικού αερίου και των γαιανθράκων. Το αποτέλεσμα της διάρθρωσης αυτής είναι ο κάθε σταθμός να έχει το δικό του «περιβάλλον τιμολόγησης». Το περιβάλλον, αυτό, σε συνδυασμό με το μοναδικό λειτουργικό κόστος του κάθε σταθμού, έχουν ως συνέπεια οι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας να δραστηριοποιούνται σε ιδιαίτερες «χρηματοοικονομικές συνθήκες»(Scott,

⁹Οι νέοι εμπορικοί πυρηνικοί σταθμοί αδειοδοτούνται από την Πυρηνική Ρυθμιστική Επιτροπή (NRC) για 40 χρόνια. Επειδή πολλές πυρηνικές εγκαταστάσεις έχουν ηλικία άνω των 40 ετών, σχεδόν το 90% των πυρηνικών σταθμών που λειτουργούν έχουν ήδη λάβει την επιπρόσθετη άδεια λειτουργίας των 40 ετών ή έχουν υποβάλει αίτηση για ανανέωση άδειας. Οι φορείς εκμετάλλευσης εγκαταστάσεων μπορούν να υποβάλουν αίτηση για μεταγενέστερες ανανεώσεις αδειών για να συνεχίσουν να λειτουργούν για επιπλέον 20 χρόνια (συνολική μέγιστη λειτουργία 80 έτη)E.I.A., 2017: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=31192>

2018). Στις συνθήκες αυτές το μεγαλύτερο και ουσιαστικότερο πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζουν οι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας είναι η οικονομική βιωσιμότητα των μονάδων παραγωγής (Sharp&Kuczynski, 2016, Scott, 2018, E.I.A., 2020, NEI., 2020).

Η λειτουργία ενός πυρηνικού εργοστασίου είναι μία εξαιρετικά σύνθετη, πολύπλοκη και κοστοβόρος διαδικασία, ιδιαίτερου κοστολογικού χαρακτήρα. Οι πυρηνικοί σταθμοί λειτουργούν επί εικοσιτετράωρου βάσεως, το οποίο συνεπάγεται υψηλό λειτουργικό κόστος, κόστος συντήρησης και κόστος σε επενδύσεις κεφαλαιουχικού εξοπλισμού, συν το επιπρόσθετο κόστος ανεφοδιασμού (ανάπτυξη ενός εναλλακτικού συστήματος ψύξης: πύργοι ψύξης νερού κλειστού κύκλου). Τα προαναφερθέντα κόστη έχουν ως αποτέλεσμα τα πυρηνικά εργοστάσια να παράγουν ένα δυσανάλογα μεγάλο ύψος παραγωγής σε σύγκριση με το μερίδιό τους στην αγορά παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Apergis&Payne, 2009, Sharp&Kuczynski, 2016, Scott, 2018, E.I.A., 2020)

Σημαντικό εμπόδιο για την λειτουργία των πυρηνικών μονάδων, αποτελούν και οι συνθήκες της αγοράς, καθώς ο ανταγωνισμός για την ενεργειακή πηγή με την οποία θα παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια είναι πολύ υψηλός. Η πολύ χαμηλή τιμή του φυσικού αερίου δίνει στους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας την επιλογή/δυνατότητα να παράξουν με εξαιρετικά χαμηλό κόστος. Παράλληλα, η πτώση η οποία συντελείται σε ορισμένες αγορές από το 2007 έως το 2016, η οποία αγγίζει το 40% στις τιμές χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και η στασιμότητα της ζήτησης σε πολλές άλλες, σε συνδυασμό με την προώθηση των Α.Π.Ε. (αιολικής και της ηλιακής ενέργειας) μέσω των R.P.S., αυξάνουν ακόμα περισσότερο τον ανταγωνισμό, αναγκάζοντας τους προμηθευτές να μειώσουν τις τιμές χονδρικής της παραχθείσας, από πυρηνική ενέργεια, ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι ώστε να καταστεί ανταγωνιστική. Επομένως, οι πυρηνικοί σταθμοί οι ανταγωνίζονται σε χαμηλότερες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας, από αυτές που μπορούν να προσφέρουν (Sharp&Kuczynski, 2016, Scott, 2018, E.I.A., 2020).

Με βάση λοιπόν, όλα τα προαναφερθέντα, διαπιστώνουμε ότι το υψηλό κόστος παραγωγής, το οποίο οδηγεί σε υψηλό ανά μονάδα κόστος παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό με την μείωση της ζήτησης, την προώθηση των Α.Π.Ε. και την χαμηλή τιμή του φυσικού αερίου, τα οποία οδηγούν σε χαμηλή ανά μονάδα κόστους παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν ως αποτέλεσμα η λειτουργία των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να καθίσταται οικονομικά ασύμφορη, και οι μονάδες οικονομικά μη βιώσιμες. Οι πυρηνικοί σταθμοί παράγουν «ακριβό» ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο δεν μπορούν να πωλήσουν σε μία «φθηνή» αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Το γεγονός, μάλιστα, ότι η πλειοψηφία των μονάδων παραγωγής είναι μικρής δυναμικότητας/παραγωγικότητας κάνει ακόμα μεγαλύτερο το πρόβλημα οικονομικής βιωσιμότητας, διότι η κερδοφόρα λειτουργία των μικρότερων μονάδων στις εμπορικές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας είναι πιο ευαίσθητη στις χαμηλότερες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας, σε σύγκριση με τις μεγαλύτερες μονάδες οι οποίες δραστηριοποιούνται σε ρυθμιζόμενες αγορές¹⁰ (Sharp&Kuczynski, 2016, Scott, 2018). Λύση στο πρόβλημα της οικονομικής βιωσιμότητας των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνική ενέργεια καλούνται να δώσουν οι ομοσπονδιακές κυβερνήσεις.

Παρόλο που η πρωταρχική εποπτεία των πυρηνικών εγκαταστάσεων εμπίπτει στην Πυρηνική Ρυθμιστική Επιτροπή (NRC), και οι δραστηριότητες χονδρικής αγοράς ρυθμίζονται από την Ομοσπονδιακή Ρυθμιστική Επιτροπή Ενέργειας (F.E.R.C.), οι πολιτειακοί νομοθέτες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη πολιτικών που μπορούν να επηρεάσουν τη βιωσιμότητα της πυρηνικής ενέργειας(δείτε παράρτημα Α) (Sharp&Kuczynski, 2016, Shea&Hartman, 2017). Οι πολιτείες στην προσπάθειά τους να καταστήσουν οικονομικά βιώσιμες τις μονάδες παραγωγής, υιοθετούν πολιτικές με τις οποίες στηρίζουν πυρηνικά εργοστάσια τα οποία πρόκειται να σταματήσουν την δραστηριότητά τους. Στις κυριότερες πολιτικές συγκαταλέγονται (Sharp&Kuczynski, 2016, Shea&Hartman, 2017, Scott, 2018, E.I.A., 2020): οι

¹⁰Τα πυρηνικά εργοστάσια μικρότερης δυναμικότητας έχουν υψηλότερο μοναδιαίο κόστος, επειδή το σταθερό τους κόστος κατανέμεται σε λιγότερες παραγόμενες μονάδες ενέργειας, συγκριτικά με τις μεγαλύτερες μονάδες. Οι κάτοχοι των μονάδων δεν μπορούν να επιτύχουν οικονομίες κλίμακος και να διεκδικήσουν συμβάσεις υπηρεσιών και καυσίμων από τους ιδιοκτήτες που διαθέτουν μεγαλύτερες και πολλαπλάσιες μονάδες παραγωγής (Scott, 2018)

συμφωνίες αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (PowerPurchaseAgreements: P.P.A.), οι πιστώσεις μηδενικών εκπομπών (ZeroEmissionsCredits: Z.E.C.), φορολογικές πιστώσεις, χρηματοδοτήσεις και εγγυητικές δανείων, κ.α. (Δείτε Παράρτημα Γ). Οι πολιτείες του Ιλινόις και της Νέας Υόρκης, αποτελούν τα κυριότερά παραδείγματα πολιτειών που έλαβαν σχετικά μέτρα.

Τέλος, εκτός από τα εμπόδια οικονομικής βιωσιμότητας, σημαντικό ρόλο στην λειτουργία μία πυρηνικής μονάδας διαδραματίζουν ζητήματα ασφαλείας καθώς και περιβαλλοντολογικά ζητήματα. Παρόλο που η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργεια από την πυρηνική δεν οδηγεί σε εκπομπές CO₂ και αέριων του θερμοκηπίου, εντούτοις το ατύχημα στο «ThreeMileIsland», και φυσικά στο Τσέρνομπιλ, δημιουργεί έντονες ανησυχίες αναφορικά με την ασφάλεια των μονάδων και τον αντίκτυπο της λειτουργίας τους στην δημόσια υγεία. Δυσμενείς συμπεριφορές απέναντι στην πυρηνική ενέργεια προέρχονται από τις ανησυχίες σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους κατάρρευσης των αντιδραστήρων, καταστροφικές οικολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις, ανεπίλυτα ζητήματα που σχετίζονται με τη διάθεση πυρηνικών αποβλήτων, πιθανά προβλήματα κατά την διαδικασία της παραγωγικής λειτουργίας (σχάση πυρήνα κλπ.) και τέλος και τις προκαταλήψεις του κοινού για την σχέση μεταξύ πυρηνικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και πυρηνικών όπλων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα περιβαλλοντολογικών προβλημάτων αποτελούν οι πολιτείες της Νέα Υόρκης και της Καλιφόρνιας οι οποίες αναφέρουν περιβαλλοντικούς περιορισμούς που θα αποκλείσουν τη συνεχιζόμενη χρήση του ποταμού και της θάλασσας ως μέσω ψύξης των αντιδραστήρων (Adamantiades&Kessides , 2009, Payne&Taylor, 2010, Scott, 2018, E.I.A., 2020).

3.3 Το Μέλλον των Α.Π.Ε. στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.

Από το 2000 και έπειτα οι Α.Π.Ε., και κυρίως η ηλιακή και αιολική ενέργεια, παρουσιάζουν σημαντική και συνεχή αύξηση μέχρι και σήμερα. Οι μεταβλητές Α.Π.Ε. «επωφελούνται» από τις ενεργειακές πολιτικές, σε ομοσπονδιακό και πολιτειακό επίπεδο, στις οποίες και αποδίδεται το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης αυτής.

Παρόλο που οι Α.Π.Ε. κερδίζουν συνεχώς σημαντικό μερίδιο της αγοράς έναντι των εναλλακτικών μορφών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η εισοδός τους στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι ακόμα περιορισμένη. Η αιολική ενέργεια έχει σημαντικό μερίδιο στην αγορά, με τα επίπεδα παραγωγής της ηλιακής ενέργειας την περίοδο 2014-2017, να αντιστοιχούν στα επίπεδα της αιολικής την περίοδο 2006-2009 (Thomson&Kempton, 2018, E.I.A., 2020). Οι Α.Π.Ε. δεν έχουν καταφέρει να εδραιωθούν, καθώς το φυσικό αέριο και, δευτερευόντως, οι γαιάνθρακες, κατέχουν τα πρωτεία στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πρακτικά, ο τομέας ηλεκτρικής ενέργειας των Η.Π.Α. παραμένει μέχρι και σήμερα εξαρτημένος από τα ορυκτά καύσιμα, με την χρήση τους να μην έχει καταστεί, ακόμα, βασική (Thomson&Kempton, 2018, Kellyetal., 2019, Saundry, 2019). Παράλληλα στον τομέα των μεταφορών το πετρέλαιο κατέχει το μονοπώλιο ως το κύριο καύσιμο μεταφοράς, με την ενεργειακή πολιτική των Η.Π.Α. να στοχεύει στην προώθηση των βιοκαυσίμων. Μέχρι στιγμής, όμως, τα βιοκαύσιμα έχουν εξαιρετικά μικρό ποσοστό διείσδυσης στην αγορά.

Οι παράγοντες οι οποίοι θα καθορίσουν το μέλλον των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. είναι πολλοί και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα οικονομικών, τεχνολογικών, πολιτικών και πολιτισμικών παραγόντων (Clacketal.,2017, Houseretal., 2017, I.R.E.N.A., 2017, Thomson&Kempton, 2018, Kellyetal., 2019, Hartetal., 2018, Patel, 2018, Saundry 2019, E.I.A., 2020, UnitedStatesGeologicalSurvey, 2020, UnitedStatesDepartmentofEnergy, 2020).

Οι γαιάνθρακες και το φυσικό αέριο έχουν καταφέρει να εδραιωθούν μέχρι και σήμερα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος παραγωγή του φυσικού αερίου, λόγω των νέων τεχνολογιών παραγωγής του (υδραυλική διάσπαση), έχει μειωθεί σημαντικά, παρέχοντάς του ένα πολύ σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά ενέργειας ως καύσιμο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών μη συμβατικής παραγωγής φυσικού αερίου πιθανότατα θα επηρεάσει τα μετέπειτα χρόνια εκτός από το κόστος παραγωγής και την παραχθείσα ποσότητα, με αποτέλεσμα να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα του φυσικού αερίου έναντι των μεταβλητών Α.Π.Ε., επιβραδύνοντας την ανάπτυξή τους (Saundry 2019, United States Geological Survey, 2020, United States Department of Energy, 2020). Παράλληλα, οι γαιάνθρακες παρόλο που παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια κατακόρυφη πτώση, έχουν αγοραστικό και τεχνολογικό πλεονέκτημα έναντι των Α.Π.Ε., καθώς αποτελούν, για πάνω από εκατό χρόνια, το κύριο καύσιμο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (E.I.A., 2020). Η ηλιακή και αιολική είναι και οι δύο πολύ «καινούργιες» μορφές ενέργειας στον ενεργειακό στίβο των Η.Π.Α, και δεν έχουν ακόμη «επικρατήσει» έναντι του άνθρακα, αλλά και του φυσικού αερίου (Houser et al., 2017, Saundry 2019).

Στα πλαίσια του ενεργειακού ανταγωνισμού σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η πυρηνική ενέργεια. Όπως προαναφέραμε η βιωσιμότητα των πυρηνικών μονάδων είναι εξαιρετικά δύσκολη χωρίς την αναγκαία νομοθετική στήριξη. Συνεπώς, ο βαθμός στον οποίον η πολιτείες θα στηρίξουν νομοθετικά τη μετέπειτα λειτουργία των πυρηνικών μονάδων, θα επηρεάσει σημαντικά και την ζήτηση των Α.Π.Ε.. Επίσης και οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας θα έχουν σημαντικό αντίκτυπο (Sharp & Kuczynski, 2016, Shea & Hartman, 2017).

Σημαντικό ρόλο στην προώθηση των Α.Π.Ε. παίζει και η ενεργειακή ζήτηση. Π.χ. μία ενδεχόμενη πτώση της ζήτησης θα έχει σημαντική επίδραση στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, οδηγώντας την σε πτώση, και άρα σε «πάγωμα» των επενδύσεων σε Α.Π.Ε. καθώς δεν θα υπάρχει ανάγκη για αύξηση της παραγωγής, με την επιπλέον παραγωγή να είναι οικονομικά ασύμφορη.

Επιπροσθέτως, η εξέλιξη των Α.Π.Ε. θα εξαρτηθεί και από τις τεχνολογικές εξελίξεις στο κομμάτι της παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Σημαντικές δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις στην έρευνα και ανάπτυξη μεγάλης κλίμακας παραγωγής παγκοσμίως, οδηγούν σε μείωση του κόστους παραγωγής. Κύριος στόχος είναι να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της διαλείπουσας φύσης της αιολικής και ηλιακής ενέργειας, μέσω της οικονομικά συμφέρουσας αποθήκευσης της παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας. Η ανάπτυξη των τεχνολογιών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα οδηγήσει σε αποθήκευση ενέργειας χαμηλού κόστους, και η ταχύτητα αυτής θα καθορίσει σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη και την ενσωμάτωση των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό σύστημα. (Clacketal. 2017, I.R.E.N.A., 2017, Hartetal., 2018, Patel, 2018, Saundry 2019). Στα πλαίσια της τεχνολογικής εξέλιξης εμπίπτει η επέκταση και εξέλιξη του ήδη υπάρχοντος δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να είναι εφικτή και αποτελεσματική η μεταφοράς ενέργειας από τις νέες μονάδες παραγωγής στα κέντρα ζήτησης. Ωστόσο, μεγάλα έργα υποδομών, όπως αυτά, αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις στο πλαίσιο του ομοσπονδιακού συστήματος των Η.Π.Α., στο οποίο μεμονωμένες πολιτείες μπορούν να ασκήσουν βέτο και να μπλοκάρουν σημαντικά έργα τα οποία διασχίζουν την επικράτειά τους (Saundry 2019).

Στον τομέα των μεταφορών η κατανάλωση πετρελαίου κατέχει το μονοπώλιο. Ωστόσο, δύο αναδυόμενες τεχνολογίες, τα ηλεκτρικά οχήματα και τα αυτόνομα οχήματα οδήγησης μπορούν να επιφέρουν πολύ σημαντικές αλλαγές τις επόμενες δεκαετίες, στα πλαίσια μείωσης των εκπομπών CO₂. Ανάλογα με το χρονοδιάγραμμα της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος και τον τρόπο ενσωμάτωσης των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο, ενδέχεται τα ηλεκτρικά οχήματα να επιταχύνουν την ανάπτυξη της αιολικής και ηλιακής ενέργειας για την κάλυψη της επιπρόσθετης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Πρακτικά, αντίκτυπος των ηλεκτρικών οχημάτων θα είναι η διαφοροποίηση της καταναλωθείσας ενέργειας στον τομέας των μεταφορών, καθώς πιθανότατα θα προκληθεί μείωση της κατανάλωσης πετρελαίου και αύξησης της ηλεκτρικής, το οποίο πιθανότατα να επιφέρει σημαντική μείωση και των εκπομπών CO₂ (E.I.A., 2017, Brown, 2018, Keshavarzmohammadianetal., 2017).

Ωστόσο, το μέλλον των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. εξαρτάται κυρίως από τις ενεργειακές πολιτικές που πρόκειται να υιοθετηθούν. Τα R.P.S. (Δείτε Παράρτημα Β), τα R.F.S. και τα φορολογικά κίνητρα για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, θα αποτελέσουν τις σημαντικότερες ενεργειακές πολιτικές των οποίων η διεύρυνση και η επέκτασή τους θα μειώσει την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων, αυξάνοντας την παραγωγή των Α.Π.Ε. (Lyon&Yin, 2010, Clacketal., 2017, Feng&Figliozzi, 2017, U.S. Department of Energy, 2018, Barbose, 2019, Saundry 2019).

Τέλος, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν, και θα συνεχίσουν να διαδραματίζουν, οι ενστάσεις και η διαφωνίες απέναντι στην υιοθέτηση πολιτικών που προωθούν τις Α.Π.Ε.. Οι αιτίες των ενστάσεων και των διαφωνιών αυτών οφείλονται (Pasqualetti, 2011):

1. Στους τεχνολογικούς περιορισμούς, καθώς οι περισσότερες τεχνολογίες των Α.Π.Ε. δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους.
2. Στις εμπορικές και πολιτικές διαφωνίες για την ανάπτυξη των Α.Π.Ε.. Οι διαφωνίες αφορούν τις βιομηχανίες και τις εταιρείες οι οποίες δραστηριοποιούνται για πολλά χρόνια στο τομέα της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Για αυτές τις επιχειρήσεις δεν είναι προς το συμφέρον τους η προώθηση των Α.Π.Ε., καθώς δεν επιθυμούν να προσαρμόσουν τα τρέχοντα ενεργειακά τους χαρτοφυλάκια και τα τους επιχειρηματικά μοντέλα ώστε να συμπεριλάβουν τις Α.Π.Ε. σε αυτά.
3. Στις οικονομικές ανησυχίες αναφορικά με το υψηλότερο κόστος των Α.Π.Ε. έναντι των συμβατικών ορυκτών καυσίμων. Το φυσικό αέριο και οι γαιάνθρακες έχουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των Α.Π.Ε. και λόγω του χαμηλότερου κόστους παραγωγής τους, καθώς και εξαιτίας της σχέσης κόστους οφέλους έναντι των Α.Π.Ε. (βραχυχρόνια και μακροχρόνια). Παράλληλα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα δεν απαιτεί την επένδυση σε νέες εγκαταστάσεις.

4. Περιβαλλοντολογικές ανησυχίες αναφορικά με τον οικολογικό αντίκτυπο των νέων εγκαταστάσεων Α.Π.Ε. στα οικοσυστήματα και στις περιοχές που οικοδομούνται.
5. Ανησυχίες αναφορικά με τον οικονομικό αντίκτυπο στις περιοχές όπου κλείνουν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα (αύξηση ανεργίας, μείωση του Α.Ε.Π. της πολιτείας κλπ.)

3.4 Το Μέλλον της Πυρηνικής Ενέργειας στο Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.

Η πυρηνική ενέργεια διανύει μία μεταβατική περίοδο, καθώς βρίσκεται αντιμέτωπη μεσημαντικές προκλήσεις οι οποίες θα καθορίσουν το μέλλον της στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. (Sharp&Kuczynski, 2016).

Η οικονομική βιωσιμότητα των πυρηνικών μονάδων είναι το μείζων πρόβλημα για τους ιθύνοντες χάραξης της ενεργειακής πολιτικής, και φυσικά για τους κατόχους των μονάδων. Η οικονομικά ασύμφορη λειτουργία των μονάδων οφείλεται στο γεγονός ότι τα πυρηνικά εργοστάσια παράγουν «ακριβή» ηλεκτρική ενέργεια σε μία «φθηνή» αγορά. Το φυσικό αέριο αποτελεί τον βασικότερο ανταγωνιστή, ενώ και οι Α.Π.Ε. μετατρέπονται τις τελευταίες δύο δεκαετίες σε σημαντικό ανταγωνιστή. Η στήριξη, επομένως, της πολιτείας κρίνεται επιτακτική για την μελλοντική δραστηριότητα των πυρηνικών μονάδων (Sharp&Kuczynski, 2016, Shea&Hartman, 2017, Scott, 2018, E.I.A., 2020).

Η αναγκαιότητα νομοθετικών ρυθμίσεων στήριξης της πυρηνικής ενέργειας είναι μεγάλη και καθοριστικής σημασίας, και η απουσία αυτών, ή η υιοθέτηση άστοχων και λανθασμένων, θα καταστήσουν το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας δυσοίωνο. Ορισμένες από τις πολιτικές που στοχεύουν στην μείωση των εκπομπών CO₂, στηρίζουν την προώθηση και της πυρηνικής ενέργειας, αλλά και των Α.Π.Ε.. Εκτός των R.P.S., τα οποία αφορούν αποκλειστικά τις μεταβλητές Α.Π.Ε., υπάρχουν πολιτικές (δείτε παράρτημα Γ, π.χ. τέλη άνθρακα) οι οποίες να μεν προωθούν την πυρηνική ενέργεια, αλλά ευνοούν περισσότερο την ανάπτυξη των Α.Π.Ε.. Συνεπώς η ενεργειακή πολιτική

πρέπει να είναι καθαρά στενευμένη στην ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας (Sharp&Kuczynski, 2016, Shea&Hartman, 2017, Scott, 2018).

Παράλληλα, η συνδρομή της πολιτείας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο μέλλον της πυρηνικής ενέργειας και στο κομμάτι των επενδύσεων για έρευνα και ανάπτυξη. Το υψηλό κόστος ανανέωσης και συντήρησης του κεφαλαίου των πυρηνικών σταθμών δύναται να μειωθεί μέσα από τις τεχνολογικές ανακαλύψεις. Ανακαλύψεις οι οποίες θα προκύψουν και με κρατική πρωτοβουλία, αλλά και ιδιωτική, με την ιδιωτική να προωθείται μέσα από κρατικές οικονομικές και φορολογικές ελαφρύνσεις. Η δημιουργία και ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογικά αντιδραστήρων, θα οδηγήσει σε σημαντική μείωση του λειτουργικού και κεφαλαιακού τους κόστους, καθιστώντας περισσότερο ανταγωνιστικούς της πυρηνικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Adamantiades&Kessides, 2009, Sharp&Kuczynski, 2016, Scott, 2018).

Ο τομέας της ασφάλειας και του περιβαλλοντολογικού κινδύνου των πυρηνικών μονάδων βρίσκονται πάντα στο προσκήνιο, και αντικείμενο αντιπαράθεσης μεταξύ υποστηρικτών και επικριτών της πυρηνικής ενέργειας. Οι προοπτικές για μελλοντική ανάπτυξη της πρόκειται να δημιουργήσουν έντονες ανησυχίες και ενστάσεις αναφορικά με την λειτουργική ασφάλεια των σταθμών, την διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων και τον κίνδυνο διάδοσης και παράνομης εμπορίας πυρηνικών υλικών (Adamantiades&Kessides, 2009, Apergis&Payne, 2009, Sharp&Kuczynski, 2016). Επομένως, η τεχνολογική εξέλιξη και η νομοθετική στήριξη των μονάδων, δεν πρέπει να εστιάζει αποκλειστικά και μόνο στο πως θα καταστεί πιο ανταγωνιστικό το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, αλλά και στο πως η παραγωγή αυτή, μέσα από αυστηρή νομοθετική και συνεχή κρατική επίβλεψη, θα γίνεται με ασφάλεια και σεβασμό στο περιβάλλον, αλλάζοντας, παράλληλα, και την άποψη της κοινής γνώμης για την πυρηνική ενέργεια (Adamantiades&Kessides, 2009, Payne&Taylor, 2010, Apergis&Payne, 2009, Sharp&Kuczynski, 2016).

Επιπροσθέτως, για τις κυβερνήσεις των πολιτειών σημαντικό κίνητρο για την διατήρηση των πυρηνικών σταθμών που βρίσκονται σε λειτουργία αποτελούν οι οικονομικές και περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις από την αναστολή της λειτουργίας ή το κλείσιμο των μονάδων. Το κλείσιμο ενός

πυρηνικού εργοστασίου θα οδηγήσει εκατοντάδες εργαζομένους στην ανεργία, με καταστροφικές συνέπειες για την περιοχή όπου δραστηριοποιούταν η μονάδα. Παράλληλα, το «ενεργειακό κενό» που αφήνει η μονάδα, θα καλυφθεί άμεσα και «φθηνά» από το φυσικό αέριο, αυξάνοντας και την ενεργειακή εξάρτηση της πολιτείας από το φυσικό αέριο, καθώς και τις εκπομπές CO₂ (Adamantiades&Kessides, 2009, Sharp&Kuczynski, 2016).

Το γεγονός ότι οι πολιτικές μείωσης των εκπομπών CO₂ βλέπουν την πυρηνική ενέργεια ως λύση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής, δημιουργεί πρόσφορο έδαφος για την μελλοντική προώθηση και την ανάπτυξη της. Ωστόσο, η οικονομικότερη εναλλακτική λύση των Α.Π.Ε., καθιστά αβέβαιη την μελλοντική ανάπτυξη της χωρίς την κατάλληλη νομοθετική στήριξη.

3.5 Η Συμβολή των Α.Π.Ε. και της Πυρηνικής Ενέργειας στις Η.Π.Α.

Από οικονομικής σκοπιάς το ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α., και κυρίως ο τομέας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να εστιάσει, πρωτίστως, στην καύση φυσικού αερίου και, δευτερευόντως, γαιανθράκων. Το «φθινό» φυσικό αέριο αποτελεί την βέλτιστη επιλογή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο, όντας για πολλές δεκαετίες μέχρι και σήμερα η κύρια ενεργειακή πηγή, όχι μόνο για τις Η.Π.Α. αλλά και για ολόκληρο τον κόσμο, έχουν την δυνατότητα λόγω των εγκαταστάσεων, των μονάδων παραγωγής και της υπάρχουσας τεχνογνωσίας, να παρέχουν άμεσα, γρήγορα και φθηνά ενέργεια. Ωστόσο, η προώθηση των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας παρόλο που βραχυχρόνια είναι οικονομικά ασύμφορη, σε σχέση με τις προαναφερθείσες επιλογές, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην (Liu, X., 2005, Richmond&Kaufmann, 2006, Ang, 2007, Soytaetal., 2007, Adamantiades&Kessides, 2009, Apergis&Payne, 2009, Apergisetal., 2010, Menyah&Wolde-Rufael, 2010, Pao&Tsai, 2010, Paoetal., 2011, Chu&Chang, 2012, Iwataetal., 2012, Baek&Kim, 2013, Baek, 2015, 2016, Jaforullah&King, 2015, Yi, 2015, Shahbazetal., 2016, Sharp&Kuczynski, 2016, Dogan&Ozturk, 2017, Clacketal., 2017, Kellyetal., 2019, Saundry, 2019:

1) Αντιμετώπιση Περιβαλλοντολογικών Προβλημάτων

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική
Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

- 2) Διασφάλιση Ενεργειακού Εφοδιασμού
- 3) Στήριξη & Εξέλιξη Πυρηνικής Βιομηχανίας

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στο οποίο καλούνται να δώσουν λύση οι Η.Π.Α, καθώς και οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες οι οποίες εξαρτώνται από τις ενεργειακές εισαγωγές, είναι το πως θα εξασφαλιστεί η κάλυψη των όλο και μεγαλύτερων ενεργειακών τους αναγκών, μειώνοντας ταυτόχρονα τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Adamantiades&Kessides, 2009, Apergisetal., 2010, Menyah&Wolde-Rufael, 2010, Shahbazetal., 2016, Kellyetal., 2019, Saundry, 2019).

Η επιστημονική κοινότητα καθιστά σαφές ότι το πρόβλημα της υπερθέρμανσης του πλανήτη γίνεται όλο και μεγαλύτερο με την πάροδο του χρόνου, με το CO₂ να αποτελεί τον σημαντικότερο και βασικότερο ρύπο (δευτερευόντως μεθάνιο και οξείδιο του αζώτου) που ευθύνεται για τον φαινόμενο του θερμοκηπίου (Soytasetal., 2007, Jaforullah&King, 2015, Shahbazetal., 2016, Dogan&Ozturk, 2017, Houseretal., 2017, Saundry, 2019). Η λήψη μέτρων για τον σημαντικό και άμεσο περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κρίνεται επιτακτική, διότι η αύξηση της μέσης θερμοκρασία του πλανήτη δεν θα επιφέρει μόνο περιβαλλοντολογικά προβλήματα, αλλά και οικονομικά (Jaforullah&King, 2015, Shahbazet. al. 2016 Menyah&Wolde-Rufael, 2010, Dogan&Ozturk 2017). Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων¹¹ (ερημοποίηση περιοχών, αύξηση της στάθμης της θάλασσας κ.α.) δύναται να επηρεάσει αρνητικά το βιοτικό επίπεδο και την ποιότητα ζωής των πολιτών (μόλυνση εδάφους, αέρα και υδάτινων πόρων), και παράλληλα να επιβραδύνει, η και ακόμη να μειώσει, τον ρυθμό οικονομικής ανάπτυξης, κυρίως, των βιομηχανικών χωρών, μακροπρόθεσμα (Adamantiades&Kessides, 2009, Apergis&Payne, 2009, Apergisetal., 2010, Baek, 2015, 2016, Shahbazet. al. 2016).

¹¹Η αρνητική, αυτή, επίδραση σχετίζεται με τα έμμεσα ή εξωτερικά κόστη, τα οποία προκαλεί η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, και αφορούν την περιβαλλοντολογική υποβάθμιση, η οποία μακροπρόθεσμα έχει οικονομικά κόστη τα οποία δεν συνυπολογίζονται στο κόστος κατανάλωσης του καυσίμου. Ειδικότερα, η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα, του υπεδάφους και η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλούν, μεταξύ άλλων, βλάβες στην ανθρώπινη υγεία και μείωση ή καταστροφή της αγροτικής παραγωγής. Συνεπώς, μακροχρόνια έχουμε αύξηση των δαπανών στην υγεία καθώς και μείωση του Α.Ε.Π. (Kelly et al., 2019)

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αυξάνονται κατά περίπου 84% παγκοσμίως την περίοδο 1980–2013, με το μεγαλύτερο ποσοστό των εκλυόμενων ρύπων να οφείλεται στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων (Richmond&Kaufmann, 2006, Jaforullah&King, 2015, Yi, 2015, Dogan&Ozturk, 2017). Οι Η.Π.Α. παράγουν το 15% των παγκόσμιων εκπομπών (το 2017), καταλαμβάνοντας τη δεύτερη θέση, πίσω από την Κίνα (με μεγάλη μάλιστα διαφορά, στην παγκόσμια κατάταξη των χωρών με τις μεγαλύτερες εκπομπές CO₂ (Δείτε Διάγραμμα 28) Ειδικότερα, οι Η.Π.Α. παράγουν το 2017 μεγαλύτερη ποσότητα εκπομπών CO₂ από ότι όλες οι χώρες της Ε.Ε. μαζί το ίδιο έτος (Dogan&Ozturk, 2017). Παρόλο που οι Η.Π.Α. διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια αγορά ενέργειας και είναι υπεύθυνες για σημαντικό μέρος της παγκόσμιας παραγωγής και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, δεν προχώρησαν στην υλοποίηση των δεσμεύσεων που προβλέπονταν στην συνθήκη του Κιότο¹², ενώ, στα πλαίσια της συνθήκης του Παρισιού¹³, παρόλο που σημειώνεται τα τελευταία χρόνια μείωση των εκπομπών¹⁴, δεν έχουν δεσμευτεί για την εφαρμογή ενεργειακών πολιτικών περιορισμού των εκπομπών. Στις Η.Π.Α. ο κύριος τομέας εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι ο τομέας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Yi, 2015, Shahbazet. al., 2016, Dogan&Ozturk, 2017, Kellyetal., 2019, Saundry, 2019, E.I.A., 2020).

Το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι ενεργειακές πολιτικές μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οφείλουν να στοχεύουν στον περιορισμό της καύσης «παραδοσιακών» μορφών ενέργειας (πετρέλαιο, γαιάνθρακες, φυσικό αέριο), και στην προώθηση τόσο των Α.Π.Ε. όσο και της πυρηνικής ενέργειας (Adamantiades&Kessides, 2009, Menyah&Wolde-Rufael, 2010, Baek, 2015, 2016, Yi, 2015, Kellyetal., 2019, Saundry, 2019). Ωστόσο, η υιοθέτηση και εφαρμογή τέτοιων πολιτικών στο

¹² Το Πρωτόκολλο του Κιότο καθόριζε για το 2012 ένα επίπεδο εκπομπών ύψους 7% χαμηλότερο από τα επίπεδα εκπομπών του 1990. Ωστόσο, οι Η.Π.Α. όχι μόνο δεν κατάφεραν να επιτύχουν αυτόν τον στόχο παρά τις σημαντικές μειώσεις εκπομπών κατά την περίοδο δέσμευσης, αλλά οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου 2012 ήταν ακόμη μεγαλύτερες από τα αντίστοιχα επίπεδα του 1990, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται από πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα (Kelly et al., 2019)

¹³ Στο πλαίσιο της Συμφωνίας του Παρισιού του 2015, προβλέπεται οι Η.Π.Α. να μειώσουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μέχρι το 2025 κατά 26-28%, σε σχέση με τα επίπεδα του 2005 (Saundry, 2019)

¹⁴ Το 2016, οι καθαρές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν περίπου 12% χαμηλότερες από ό,τι το 2005 (Saundry, 2019)

ομοσπονδιακό σύστημα των Η.Π.Α. εξαρτάται από ένα εύρη φάσμα τεχνολογικών, οικονομικών, κοινωνικών και πολιτικών παραγόντων, καθιστώντας την καθολική τους εφαρμογή εξαιρετικά δύσκολη (Saundry, 2019). Εκτός, όμως, από την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, οι Α.Π.Ε. και η πυρηνική ενέργεια, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και στον ενεργειακό εφοδιασμό των Η.Π.Α. (Gnansounou, 2008, Adamantiades&Kessides, 2009, Apergis&Payne, 2009, Menyah&Wolde-Rufael, 2010, Apergis et al., 2010, Clacket al., 2017, Kelly et al., 2019).

Το πρόβλημα της ενεργειακής ασφάλειας είναι ένα ζήτημα το οποίο απασχολεί κάθε κράτος, και κυρίως τις ανεπτυγμένες οικονομίες. Πολλά κράτη βλέπουν τις Α.Π.Ε. και την πυρηνική ενέργεια ως τις εναλλακτικές λύσεις έναντι των ορυκτών καυσίμων, έτσι ώστε και να καλύψουν την όλο και μεγαλύτερη ζήτηση σε ενέργεια, και παράλληλα να απαγκιστρωθούν από το εισαγόμενο πετρέλαιο, καλύπτοντας τις ενεργειακές τους ανάγκες από εγχώριες πηγές. Το γεγονός ότι η πλειοψηφία των αποθεμάτων πετρελαίου βρίσκονται στις χώρες της Μέσης Ανατολής, αφήνει τις χώρες εισαγωγής πετρελαίου εκτεθειμένες στις μεταβολές των τιμών του αργού πετρελαίου, και συνεπάγεται κινδύνους όσον αφορά την αξιοπιστία του ενεργειακού τους εφοδιασμού, κυρίως λόγω της πολιτικής αβεβαιότητας και αστάθειας των πετρελαιοπαραγωγών κρατών. Επίσης, σημαντικός παράγοντας για την «απομάκρυνση» από τα ορυκτά καύσιμα, αποτελεί το γεγονός ότι, τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων, παρόλο που θα χρειαστούν πολλές δεκαετίες, θα εξαντληθούν (Richmond&Kaufmann, 2006, Gnansounou, 2008, Apergis&Payne, 2009, Menyah&Wolde-Rufael, 2010, Jaforullah&King, 2015). Οι Η.Π.Α. αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα αναπτυγμένης οικονομίας η οποία είναι καθαρός εισαγωγέας πετρελαίου. Συνεπώς η υιοθέτηση ενεργειακών πολιτικών που προωθούν τις επενδύσεις σε Α.Π.Ε. και σε πυρηνική ενέργεια, μειώνουν την εξάρτηση των Η.Π.Α. από το εισαγόμενο πετρέλαιο και παρέχουν στην χώρα σταθερή και ασφαλή παροχή ενέργειας (Adamantiades&Kessides, 2009, Apergis&Payne, 2009, Menyah&Wolde-Rufael, 2010, Apergis et al., 2010, Jaforullah&King, 2015).

Στα πλαίσια των περιβαλλοντολογικών προβλημάτων, εκτός από την υπερθέρμανση του πλανήτη, συγκαταλέγεται και ηκατανάλωση/απόσυρση νερού¹⁵ (Onatetal., 2018, Kelly et al., 2019).Ο τομέας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προκαλεί έμμεσα τη χρήση υδάτινων πόρων σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής άνθρακα¹⁶. Το γεγονός ότι το νερό δεν καταναλώνεται πλήρως, έχει ως αποτέλεσμα το εναπομείναν να απορρίπτεται στο περιβάλλον. Το νερό, αυτό, δύναται να προκαλέσει περιβαλλοντολογικά προβλήματα, τα οποία πρόκειται να είναι ιδιαίτερος σημαντικά σε περιοχές όπου το πόσιμο νερό είναι σπάνιο. Οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τις Α.Π.Ε. απαιτούν σημαντικά λιγότερη ποσότητα νερού, συγκριτικά με μία μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τον άνθρακα. Επιπροσθέτως, το νερό το οποίο απορρίπτεται στο περιβάλλον μετά την χρήση του, δεν επιβαρύνει το υπέδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα (π.χ. χρήση νερού για τον καθαρισμό φωτοβολταϊκών) (Kellyetal., 2019). Οι Η.Π.Α. είναι σταθερά η δεύτερη χώρα, μετά την Κίνα, με την μεγαλύτερη ένταση νερού στον κόσμο (Ο.Ο.Σ.Α., 2020), με την παραγωγή ενέργειας με βάση τον άνθρακα να είναι υπεύθυνη για, περίπου, το 50% της συνολικής απόσυρσης νερού στην χώρα¹⁷ (Onatetal., 2018).Η μεγάλη ποσότητα νερού η οποία καταναλώνεται στον ενεργειακό τομέα, οφείλεται στην εκτεταμένη χρήση ορυκτών καυσίμων (Onatetal., 2018, Kellyetal., 2019).

Τέλος, σημαντικό κίνητρο για την προώθηση της πυρηνικής ενέργειας αποτελεί η στήριξη & εξέλιξη της πυρηνικής βιομηχανίας των Η.Π.Α., η οποία πρόκειται να έχει θετικό αντίκτυπο για τις Η.Π.Α., σε ζητήματα τόσο εντός όσο και εκτός των συνόρων της (Sharp&Kuczynski, 2016). Εντός των συνόρων της, η στήριξη της πυρηνικής βιομηχανίας, μέσω των επενδύσεων σε έρευνα και ανάπτυξη, θα οδηγήσει στην εξέλιξη της πυρηνικής τεχνολογίας και στην

¹⁵Η απόσυρση νερού ή η υδροληψία (Water withdrawal) ορίζεται ως η συνολική ποσότητα γλυκού νερού που λαμβάνεται από επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα, είτε μόνιμα είτε προσωρινά, και μεταφέρεται σε τόπο χρήσης. Οι μετρήσεις αυτού του αποσυρμένου νερού βοηθούν στην αξιολόγηση των απαιτήσεων από οικιακούς, βιομηχανικούς και γεωργικούς χρήστες.

<https://data.oecd.org/water/water-withdrawals.htm>

¹⁶Σε συμβατικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας η κύρια χρήση του νερού αποσύρεται για ψύξη, παραγωγή ατμού και απομάκρυνση ατμοσφαιρικών ρύπων (Onat et al., 2018, Kelly et al., 2019).

¹⁷ Την τριάδα των κυριότερων αιτίων απόσυρσης νερού συμπληρώνουν η άρδευση και η δημοτική χρήση νερού (Kelly et al., 2019)

ασφαλέστερη και οικονομικότερη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το μοναδιαίο κόστος της παραγόμενης ενέργειας θα μειωθεί, οι περιβαλλοντολογικοί ρύποι από την λειτουργία των μονάδων θα περιοριστούν, και ο κίνδυνος ενός πυρηνικού ατυχήματος θα γίνει ακόμη χαμηλότερος. Παράλληλα, η στήριξη των πυρηνικών μονάδων θα διασφαλίσει την οικονομική βιωσιμότητά τους, και κατ' επέκταση την λειτουργία τους, στηρίζοντας χιλιάδες εργαζομένους καθώς και τις οικονομίες των πολιτειών όπου και δραστηριοποιούνται οι μονάδες παραγωγής, αποσοβώντας τον αντίκτυπο μίας αναστολής ή παύσης λειτουργίας των μονάδων παραγωγής (Sharp&Kuczynski, 2016).

Εκτός των συνόρων της, οι καινοτομίες και η τεχνολογική εξέλιξη της πυρηνικής βιομηχανίας αποτελούν ένα ισχυρό χαρτί για της Η.Π.Α. μεγάλης γεωπολιτικής σημασίας. Ο κατάλογος των χωρών που κατασκευάζουν ή πρόκειται να κατασκευάσουν πυρηνικούς αντιδραστήρες συνεχώς αυξάνεται, και περιέχει χώρες οι οποίες έχουν ελάχιστη εμπειρία και διαθέσιμη τεχνολογία για την λειτουργία των μονάδων (World Nuclear Association, 2020) (Δείτε Παράρτημα Δ). Οι Η.Π.Α., παρόλο που κατατάσσονται στην πρώτη θέση των χωρών με τη μεγαλύτερη παραγωγή πυρηνικής ενέργειας παγκοσμίως (Δείτε Πίνακα 4& Διάγραμμα 29), υστερούν στην ικανότητά εξόρυξης και εμπλουτισμού ουρανίου, δίνοντας στην Κίνα και την Ρωσία (Δείτε Παράρτημα Δ) την δυνατότητα να κυριαρχήσουν τις επόμενες δεκαετίες στην αγορά πυρηνικής ενέργειας, και να καθιερωθούν ως οι κορυφαίοι προμηθευτές πυρηνικής τεχνολογίας. Η Ρωσία και η Κίνα χρησιμοποιούν την πυρηνική ενέργεια ως μέσο άσκησης γεωπολιτικής επιρροής. Οι Η.Π.Α. αναπτύσσοντας ένα ισχυρό εγχώριο πυρηνικό πρόγραμμα και εξαγοντάς την πυρηνική της τεχνολογία στην παγκόσμια αγορά, μπορούν να αποκομίσουν γεωπολιτικά οφέλη και να διαδραματίσουν, ξανά, πρωταγωνιστικό ρόλο στην παγκόσμια τεχνολογική και οικονομική ανάπτυξη (Sharp&Kuczynski, 2016).

Ενότητα 4^η: Ο Αντίκτυπος της Πυρηνικής Ενέργειας και των Α.Π.Ε. στις Εκπομπές CO₂

Το γεγονός ότι η πυρηνική ενέργεια και οι Α.Π.Ε. έχουν μηδενικές εκπομπές CO₂, τις καθιστά τις βέλτιστες εναλλακτικές επιλογές έναντι των ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακες, φυσικό αέριο και πετρέλαιο), στα πλαίσια της μείωσης των ρύπων που συμβάλλουν στην διατήρηση και διόγκωση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Baek&Pride, 2014, Ozcana&Ari, 2015, Dogan&Ozturk, 2017, Saundry, 2019). Παρόλο που η εύλογη λύση στο πρόβλημα του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι η διεύρυνση και η μεγαλύτερη ενσωμάτωση των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α., και κάθε κράτους γενικότερα, στην πράξη η σχέση μεταξύ Α.Π.Ε. πυρηνικής ενέργειας και εκπομπών CO₂ δεν είναι τόσο ξεκάθαρη (Jaforullah&King, 2015).

Οι μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφία οι οποίες εξετάζουν τους παράγοντες που συμβάλλουν στην μείωση των εκπομπών CO₂, εστιάζουν στην επίδραση των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας στις εκπομπές CO₂, καθώς και στην διερεύνηση της ισχύς ή μη της υπόθεσης Kuznets.

Στην μελέτη του ο Baek (2016) εξετάζει τον αντίκτυπο της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και Α.Π.Ε. στις εκπομπές CO₂ στις Η.Π.Α. για την περίοδο 1960-2010. Ο ερευνητής διαπιστώνει ότι η κατανάλωση ενέργειας έχει αρνητικό αντίκτυπο στη μείωση των εκπομπών τις CO₂, βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Ωστόσο η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας οδηγεί βραχυχρόνια και μακροχρόνια στη μείωση των εκλυόμενων ρύπων CO₂, ενώ οι Α.Π.Ε. έχουν μόνο βραχυχρόνια θετικό αντίκτυπο. Παράλληλα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος οδηγεί σε αύξηση των εκπομπών μακροπρόθεσμα, απορρίπτοντας την υπόθεση Kuznets.

Οι Baek&Pride (2014) εξετάζουν την σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ εισοδήματος, εκπομπών CO₂ και πυρηνικής ενέργειας για έξι χώρες, οι οποίες αποτελούν σημαντικοί παραγωγοί πυρηνικής ενέργειας (Η.Π.Α.: 1970-2007, Γαλλία: 1965-2007, Ιαπωνία: 1966-2007, Νότια Κορέα: 1977-2007, Καναδάς: 1970-2007 και Ισπανία: 1969-2007). Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι η πυρηνική ενέργεια και οι εκπομπές CO₂ έχουν μακροπρόθεσμη αρνητική σχέση, το οποίο συνεπάγεται ότι η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας συμβάλει στη μείωση των εκλυόμενων ρύπων CO₂. Η σχέση αυτή ισχύει για πέντε εκ των έξι κρατών (Η.Π.Α., Ισπανία, Καναδάς, Γαλλία και Ιαπωνία), με την μεγαλύτερη επίδραση να παρουσιάζεται για τις Η.Π.Α., τη Γαλλία, την Ιαπωνία και τον Καναδά¹⁸, ενώ για την Ισπανία η επίδραση είναι μη στατιστικά σημαντική. Αναφορικά με την αύξηση του εισοδήματος και την επίδρασή τους στις εκπομπές CO₂, βρίσκουν μεικτά αποτελέσματα, καθώς εντοπίζουν αρνητική μακροχρόνια σχέση για τις Η.Π.Α. και τη Γαλλία, και θετική για την Ιαπωνία και την Ισπανία.

Η έρευνα των Dogan&Ozturk (2017) διερευνά την επίδραση του πραγματικού Α.Ε.Π., της κατανάλωσης Α.Π.Ε. και της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) στις εκπομπές CO₂ για την περίοδο 1980-2014 στις Η.Π.Α. Οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της κατανάλωσης Α.Π.Ε. μετριάζει τις εκπομπές CO₂, ενώ η αύξηση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων θα επιφέρει το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα. Παράλληλα, διαπιστώνουν ότι η μεταβολή του εισοδήματος δεν συσχετίζεται τις εκπομπές CO₂, απορρίπτοντας την υπόθεση Kuznets. Από την πλευρά της ενεργειακής πολιτικής, οι ερευνητές προτείνουν ότι οι υπεύθυνοι χάραξης της ενεργειακής πολιτικής θα πρέπει να εστιάσουν στην αύξηση της κατανάλωσης Α.Π.Ε., και μείωση των «παραδοσιακών» πηγών ενέργειας. Επιπροσθέτως, τονίζουν ότι η υιοθέτηση φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών Α.Π.Ε. στον τομέα της βιομηχανίας είναι σημαντική για την μείωση των εκπομπών, ενώ απαραίτητη κρίνεται και η ενημέρωση/ευαισθητοποίηση

¹⁸ Για παράδειγμα, στις χώρες όπου ο συντελεστής είναι πολύ σημαντικός, εάν πραγματοποιηθεί αύξηση κατά 1% στην ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από πυρηνική ενέργεια, οδηγεί σε μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 0,5% έως 1,8% (Baek&Pride, 2014).

των πολιτών για τις Α.Π.Ε. και την προστασία του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να αναπτυχθεί και να βελτιωθεί η περιβαλλοντολογική παιδεία των πολιτών.

Η μελέτη των Menyah&Wolde-Rufael (2010) εξετάζει για την περίοδο 1960-2007 τον αντίκτυπο της κατανάλωσης των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας στις εκπομπές CO₂, για τις Η.Π.Α.. Τα ευρήματα υποδεικνύουν την ύπαρξη αρνητικής σχέσης μεταξύ της καταναλωθείσας πυρηνικής ενέργειας και των εκλυόμενων ρύπων CO₂, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών CO₂. Στην περίπτωση των Α.Π.Ε., οι ερευνητές δεν εντόπισαν συσχέτιση με τις εκπομπές CO₂. Οι Menyah&Wolde-Rufael (2010) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι Η.Π.Α. μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ αυξάνοντας την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας. Επιπροσθέτως, επισημαίνουν ότι η μη συμβολή των Α.Π.Ε. στη μείωση των εκπομπών CO₂ οφείλεται στο γεγονός ότι, μέχρι στιγμής, η κατανάλωση Α.Π.Ε. δεν έχει φτάσει σε επίπεδα όπου μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών.

Στην μελέτη τους οι Apergis et al. (2010) εξετάζουν την αιτιώδη σχέση ανάμεσα στις εκπομπές CO₂, στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας, στην κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την οικονομικής ανάπτυξης, για μια ομάδα 19 ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών για την περίοδο 1984-2007. Οι ερευνητές διαπιστώνουν ότι η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας παίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών CO₂, ενώ η κατανάλωση ανανεώσιμης ενέργειας δεν συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών. Ωστόσο, επισημαίνουν ότι η μη συμβολή των Α.Π.Ε. οφείλεται στην έλλειψη επαρκούς τεχνολογίας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, για την αντιμετώπιση των προβλημάτων ενεργειακού εφοδιασμού, τα οποία προκύπτουν λόγω της διαλείπουσας φύσης των Α.Π.Ε..

Στην μελέτη του ο Al-mulali (2014) διερευνά την επίδραση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας στην αύξηση του Α.Ε.Π. και των εκπομπών CO₂ για 30 χώρες που καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα πυρηνικής ενέργεια, για την περίοδο 1990-2010. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας έχει μόνο βραχυπρόθεσμη επίδραση στις εκπομπές CO₂, και θετική μακροπρόθεσμη επίδραση στην αύξηση του Α.Ε.Π.. Επιπλέον, η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα οδηγεί σε αύξηση του Α.Ε.Π., μεγαλύτερη από αυτή της πυρηνικής ενέργειας, καθώς και σε αύξηση των εκπομπών CO₂ μακροπρόθεσμα. Ο ερευνητής προτείνει οι χώρες που συμπεριλαμβάνονται στην μελέτη του να αυξήσουν τις επενδύσεις σε εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας, με στόχο την διεύρυνση του μεριδίου της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό του σύστημα, λόγω της θετικής μακροπρόθεσμης σχέσης Α.Ε.Π. και πυρηνικής ενέργειας. Οι Iwataetal. (2012) εξετάζουν στην έρευνά τους την ισχύ ή μη της υπόθεσης Kuznets για 11 χώρες του Ο.Ο.Σ.Α., καθώς και την επίδραση της πυρηνικής ενέργειας στις εκπομπές CO₂. Οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμά ότι η πυρηνική ενέργεια έχει θετικό αντίκτυπο στην μείωση των εκπομπών CO₂ μόνο σε ορισμένες χώρες. Ειδικότερα, εκτός από τις περιπτώσεις της Φινλανδίας, της Ιαπωνίας, της Νότιας Κορέας και της Ισπανία, τα αποτελέσματα των εκτιμήσεών τους δεν παρέχουν στοιχεία για την συμβολή της πυρηνικής ενέργειας στη μείωση των εκπομπών CO₂. Παράλληλα οι ερευνητές καταλήγουν ότι έχουν περιορισμένα στοιχεία για την ισχύ της υπόθεσης Kuznets σε ορισμένες μόνο χώρες της μελέτης τους.

Στην μελέτη του ο Baek (2015) εξετάζει τις επιπτώσεις της κατανάλωσης ενέργειας και της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας στις εκπομπές CO₂ σε δώδεκα χώρες μεγάλης παραγωγής πυρηνικής ενέργειας. Ο ερευνητής διαπιστώνει τον θετικό αντίκτυπο της πυρηνικής ενέργειας στην μείωση των CO₂, χωρίς ωστόσο να υποστηρίζει την ισχύ της υπόθεσης Kuznets, παρόλο που οι εκπομπές CO₂ τείνουν να μειώνονται με την αύξηση του εισοδήματος. Τέλος, διαπιστώνει ότι η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας έχει επιζήμια επίδραση στο περιβάλλον.

Οι Jaforullah&King (2015) αναφέρουν ότι η πλειοψηφία των μελετών καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας συμβάλει στην μείωση των εκπομπών CO₂, ενώ η χρήση των Α.Π.Ε. δεν συμβάλει. Το γεγονός ότι τα αποτελέσματα των ερευνών τάσσονται υπέρ της συμβολής της πυρηνικής ενέργειας, και όχι των Α.Π.Ε., οφείλεται, σύμφωνα με τους Apergisetal. (2010) και Menyah&Wolde-Rufael, (2010) σε τρεις παράγοντες:

- 1) Η περίοδο κατά την οποία διενεργείται η δειγματοληψία των μελετών
- 2) Οι Α.Π.Ε. δεν έχουν ενσωματωθεί σε επαρκή βαθμό στο ενεργειακό σύστημα της κάθε χώρας, ώστε να μειώσουν τις εκπομπές CO₂.
- 3) Η διαλείπουσα φύση των περισσότερων Α.Π.Ε., καθιστά δύσκολο, με την δεδομένη τεχνολογία, την αποθήκευση του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος. Ως εκ' τούτου, καθώς ο ενεργειακός εφοδιασμός από Α.Π.Ε. δεν μπορεί να καλύψει την ζήτηση την περίοδο όπου αυτή κορυφώνεται, είναι απαραίτητη μια εφεδρική πηγή ενέργειας, η οποία στις περισσότερες τω περιπτώσεων είναι τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό συνεπάγεται, ότι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν μπορεί να μειώσει τις εκπομπές.

Ωστόσο, οι Jaforullah&King (2015) εκφράζουν τις ενστάσεις και τις επιφυλάξεις τους και για τους τρεις προαναφερθέντες παράγοντες. Εστιάζοντας στον δεύτερο παράγοντα διερωτώνται για το κατά πόσο υπάρχει ένα τέτοιο όριο για τις Α.Π.Ε., και γιατί δεν υπάρχει ένα αντίστοιχο όριο για την πυρηνική ενέργεια, τονίζοντας ότι οι Apergisetal. (2010) και Menyah&Wolde-Rufael, (2010) δεν παραθέτουν κάποια αιτιολόγηση για την ύπαρξη/απουσία αυτού του ορίου για τις Α.Π.Ε. και την πυρηνική ενέργεια. Αναφορικά με τον τρίτο παράγοντα, επισημαίνουν ότι ακόμη και όταν δεν είναι πρακτικό να αντικατασταθούν πλήρως τα ορυκτά καύσιμα με Α.Π.Ε., κάθε επιπρόσθετη μονάδα ενέργειας που λαμβάνεται από Α.Π.Ε. ενδέχεται να εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει μια μονάδα που δεν χρειάζεται να δημιουργείται από την καύση ορυκτών καυσίμων.

Οι Jaforullah&King (2015) τονίζουν ότι οι έρευνες οι οποίες εξετάζουν τους καθοριστικούς παράγοντες των εκπομπών CO₂ και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών, ενώ η αύξηση της χρήσης Α.Π.Ε. δεν είναι αποτελεσματική, δεν θεωρούν τις τιμές της ενέργειας ως μεταβλητή η οποία επηρεάζει την ζήτηση ενέργειας, και κατ' επέκταση των εκπομπών. Οι ερευνητές, προσθέτοντας, μεταξύ άλλων, την τιμή της ενέργειας στο μοντέλο τους, εξετάζουν για την περίοδο 1965-2012 την σχέση εκπομπών CO₂, πυρηνικής ενέργειας, Α.Π.Ε. και τιμών ενέργειας, και καταλήγουν στα εξής συμπεράσματα:

- Δεν βρίσκουν στοιχεία τα οποία υποδηλώνουν ότι η ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας στις Η.Π.Α. έχει μειώσει σημαντικά τις εκπομπές CO₂. Ωστόσο βρίσκουν στοιχεία για μια αρνητική σχέση μεταξύ της κατανάλωσης Α.Π.Ε. και των εκπομπών CO₂.
- Η υιοθέτηση πολιτικών που αποσκοπούν στην μεγαλύτερη ενσωμάτωση των Α.Π.Ε. στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. είναι πιο πιθανό να συμβάλουν περισσότερο σε μελλοντικές μειώσεις των εκπομπών CO₂, συγκριτικά με πολιτικές που στοχεύουν στην διεύρυνση του τομέα της πυρηνικής ενέργειας.
- Η σημαντική αρνητική σχέση που παρατηρείται μεταξύ των τιμών της ενέργειας και των εκπομπών CO₂ υποδηλώνει ότι ένας φόρος επί της ενέργειας θα είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τη μείωση των εκπομπών CO₂. Στην πραγματικότητα, ένας φόρος επί του άνθρακα θα μπορούσε να είναι ακόμη πιο αποτελεσματικός από την άποψη αυτή, δεδομένου ότι θα πρέπει να ενθαρρύνει την ανάπτυξη Α.Π.Ε., καθώς και την αύξηση της μέσης τιμής της ενέργειας. Ωστόσο, ενέχει τον κίνδυνο η επιβολή φόρου άνθρακα για τον περιορισμό των εκπομπών CO₂, να έχει αρνητικές συνέπειες στην οικονομική ανάπτυξη.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο Οργανισμός Πυρηνικής Ενέργειας (Nuclear Energy Agency) (2002) υποστηρίζει ότι από το 1960 μέχρι και την αρχή της χιλιετίας οι πυρηνικοί σταθμοί έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μείωση της ποσότητας των παραγόμενων αερίων θερμοκηπίου από τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. (Apergis et al., 2010, Menyah&Wolde-Rufael, 2010). Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις τους οι πυρηνικοί σταθμοί εξοικονομούν ετησίως περίπου 1.200 εκατομμύρια τόνους CO₂ ή περίπου το 10% των συνολικών εκπομπών CO₂ από τη χρήση ενέργειας στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α. (Apergis et al., 2010, Menyah&Wolde-Rufael, 2010). Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Ένωση (2006) αναφέρει ότι η Ευρώπη δεν θα μπορούσε να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη μείωση των εκπομπών CO₂ χωρίς να βασίζεται στην πυρηνική ενέργεια (Apergis et al., 2010, Menyah&Wolde-Rufael, 2010)

Οι Sharp&Kuczynski, 2016 υποστηρίζουν ότι η επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης και η απομάκρυνση από τις παραδοσιακές ρυπογόνες πηγές ενέργειας, δεν δύναται να επιτευχθεί χωρίς την ύπαρξη της πυρηνικής ενέργειας στην ενεργειακή ατζέντα. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι ένας κόσμος χωρίς πυρηνική ενέργεια θα απαιτούσε μια απίστευτη και πιθανώς μη ρεαλιστική ποσότητα ανανεώσιμων πηγών για την επίτευξη των κλιματικών στόχων. Τονίζουν πως η περιβαλλοντική κοινότητα πρέπει να αντιληφθεί ότι η επιδίωξη μία βαθιάς απεξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα δεν δύναται να υλοποιηθεί μόνο μέσω των Α.Π.Ε., και χωρίς την ηχηρή παρουσία της πυρηνικής ενέργειας. Οι ερευνητές καθιστούν σαφές ότι η μετάβαση στην νέα ενεργειακή εποχή, πρέπει να μειώσει σημαντικά αλλά όχι να εξαλείψει τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, καθώς καμία πηγή ενέργειας (ούτε η πυρηνική, το φυσικό αέριο, η ηλιακή και αιολική) δεν είναι σε θέση να παρέχει το 100% της καθαρής ενέργειας που θα χρειαστούν οι Η.Π.Α. τις επόμενες δεκαετίες.

Την θέση των Sharp&Kuczynski (2016) υποστηρίζουν και οι Clacketal. (2017). Οι ερευνητές προσθέτουν ότι πολλές μελέτες που υποστηρίζουν την απομάκρυνση των ορυκτών καυσίμων από το ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α., παρουσιάζουν την αιολική και την ηλιακή ενέργεια ως βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις. Ωστόσο, τονίζουν ότι είναι εξαιρετικά δύσκολο, έως και απίθανο, να επιτευχθεί πλήρης απομάκρυνση των ορυκτών καυσίμων από το ενεργειακό

σύστημα των Η.Π.Α., ακόμη και εάν χρησιμοποιηθεί κάθε τρέχουσα διαθέσιμη τεχνολογία των Α.Π.Ε..

Εστιάζοντας στις μελέτες οι οποίες εξετάζουν την σχέση εισοδήματος και εκπομπών CO₂, οι Martinez-Zarzoso & Bengochea-Morancho (2004) διερευνούν την ισχύ ή μη της υπόθεσης Kuznets για μια ομάδα 22 χωρών του Ο.Ο.Σ.Α., για την περίοδο 1975-1998. Οι ερευνητές διαπιστώνουν ότι οι εκπομπές CO₂ τείνουν να μειώνονται όταν το εισόδημα αυξάνεται μέχρι ενός ορισμένου επιπέδου. Όταν η τιμή του εισοδήματος ξεπεράσει αυτό το επίπεδο (υψηλότερα εισοδήματα) παρουσιάζεται αύξηση των εκπομπών, απορρίπτοντας την υπόθεση Kuznets.

Η έρευνα των Soytaş et. al., (2007) εστιάζει στον αντίκτυπο του εισοδήματος και κατανάλωσης ενέργειας στις εκπομπές CO₂ για τις Η.Π.Α., κατά την περίοδο 1960-2004. Τα αποτελέσματά της έρευνά τους συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Μακροπρόθεσμα η κύρια (στατιστικά σημαντική) αιτία των εκπομπών CO₂ στις Η.Π.Α. είναι η κατανάλωση ενέργειας.
- Δεν φαίνεται να υπάρχει σχέση ανάμεσα στη μείωση των εκπομπών και της αύξησης του εισοδήματος στις Η.Π.Α.. Ως εκ τούτου, οι Η.Π.Α. δεν χρειάζεται να αποδεχθούν μείωση των επιπέδων εισοδήματος για τη μείωση των εκπομπών.
- Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας θα μειώσει τις εκπομπές άνθρακα. Δεδομένου ότι δεν φαίνεται να υπάρχει αιτιώδης σχέση μεταξύ της χρήσης ενέργειας και του εισοδήματος, οι Η.Π.Α. ενδέχεται να θεωρήσουν τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ως μια σοβαρή περιβαλλοντική πολιτική που δεν έχει αρνητικές επιδράσεις στις μακροπρόθεσμες προοπτικές ανάπτυξης.
- Η σχέση μεταξύ εισοδήματος, χρήσης ενέργειας και εκπομπών μπορεί να αλλάξει με το χρόνο, δεδομένης της εξέλιξης των τεχνολογιών των Α.Π.Ε. και της Πυρηνικής ενέργειας.

Η έρευνα των Pao&Tsai (2010) αναλύει τους καθοριστικούς παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση των εκπομπών CO₂, στις χώρες του BRIC (Βραζιλία, Ινδία, Ρωσία και Κίνα) για την περίοδο 1971–2005¹⁹. Οι ερευνητές με τα ευρήματά τους επιβεβαιώνουν την υπόθεση Kuznets, προτείνοντας στους υπεύθυνους χάραξης της ενεργειακής πολιτικής την αύξηση των επενδύσεων τόσο για την βελτίωση ενεργειακού εφοδιασμού όσο και της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και την ενίσχυση των πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας με σκοπό τη μείωση της περιττής σπατάλης ενέργειας.

Για την περίπτωση της Νοτίου Κορέας, οι Baek&Kim (2013) χρησιμοποιούν δεδομένα για την περίοδο 1978–2007, για να εξετάσουν την ύπαρξη ή μη της υπόθεσης Kuznets. Οι ερευνητές επιβεβαιώνουν την ισχύ της υπόθεσης. Παράλληλα διαπιστώνουν ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα επηρεάζουν αρνητικά τις εκπομπές CO₂, ενώ η πυρηνική ενέργεια, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα, έχει ευεργετική επίδραση στην ποιότητα του περιβάλλοντος, καθώς μειώνει τις εκπομπές CO₂.

Στην μελέτη των Lau et al. (2019) εξετάζεται η εγκυρότητα της υπόθεσης Kuznets, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας 18 χωρών του Ο.Ο.Σ.Α. για την περίοδο 1995-2015, διερευνώντας τις επιπτώσεις της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνική ενέργεια και από γαιάνθρακες στις εκπομπές CO₂. Τα αποτελέσματα της μελέτης καταδεικνύουν την ισχύ της υπόθεσης Kuznets στις χώρες του Ο.Ο.Σ.Α., κυρίως στις χώρες στις οποίες η πυρηνική ενέργεια διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό τους σύστημα. Τονίζουν ότι η πυρηνική ενέργεια, ως «καθαρή» πηγή ενέργειας, συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, μειώνοντας τις εκπομπές CO₂. Παράλληλα, διαπιστώνουν ότι η καύση γαιανθράκων έχει αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον, καθώς αυξάνει τις εκπομπές CO₂.

¹⁹ Για την Ρωσία η εξεταζόμενη περίοδος είναι 1990-2005

Οι Ozokcu&Ozdemir (2017) διερευνούν την σχέση μεταξύ εισοδήματος και εκπομπών CO₂ για 26 χώρες υψηλού εισοδήματος και 52 αναπτυσσόμενες οικονομίες για την περίοδο 1960-2010. Οι ερευνητές δεν βρίσκουν αιτιώδη σχέση μεταξύ εισοδήματος και εκπομπών CO₂, απορρίπτοντας της υπόθεσης Kuznets και για τις δύο ομάδες χωρών.

Τα μεικτά και ασαφή αποτελέσματα τα οποία παρατηρούνται για την ισχύ η μη της υπόθεσης Kuznet, όχι μόνο στις υπό εξέταση μελέτες της παρούσας εργασίας, αλλά και στη διεθνή βιβλιογραφία συνολικά, οφείλονται τόσο σε ενδογενή προβλήματα των μελετών, όσο και της ίδιας της υπόθεσης (δείτε παράρτημα Ε). Συνεπώς, το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγουμε είναι ότι υψηλότερες τιμές του κατά κεφαλήν Α.Π.Ε. δεν συνεπάγονται, απαραίτητα, μεγαλύτερες προσπάθειες για τον περιορισμό των εκλυόμενων ρύπων (Shahbazet. al., 2016). Ωστόσο, υπάρχουν ερευνητές οι οποίοι υποστηρίζουν ότι τα αποτελέσματα της εκάστοτε μελέτης πρέπει να συγκρίνονται μόνο μελέτες οι οποίες εξετάζουν την ισχύ του φαινομένου για την ίδια χώρα, και όχι για διαφορετικές χώρες. Τονίζουν πως λόγω της ποικιλομορφίας μεταξύ των χωρών (κυριότερες εκ' των διαφορών οι διαφορές: στο ενεργειακό σύστημα/πολιτική, στην δομή της οικονομίας, στο στάδιο της οικονομικής ανάπτυξης, στα κοινωνικά πρότυπα & χαρακτηριστικά), της διαφορετικής μεθοδολογικής προσέγγισης και, κυρίως, της χρονικής περιόδου που καλύπτει η μελέτη, καθιστούν την η ισχύ ή μη της υπόθεσης Kuznet μία εξαιρετικά πολύπλοκη διαδικασία, η οποία πρέπει να εξετάζεται για κάθε χώρα μεμονωμένα, καθώς μία γενίκευση των συμπερασμάτων αναιρεί την εγκυρότητά των αποτελεσμάτων (Δείτε Παράρτημα Ε).

Κλείνοντας, για την πυρηνική ενέργεια διαπιστώνουμε, μέσα από τα αποτελέσματα των υπό εξέταση μελετών, ότι ο βαθμός ενσωμάτωσης και χρήσης της στο ενεργειακό σύστημα μίας χώρας, επηρεάζει τον αντίκτυπο αυτής στους εκλυόμενους ρύπους CO₂, καθώς σε χώρες όπου η παραγωγή πυρηνικής ενέργειας είναι μεγάλη (Η.Π.Α., Γαλλία, Καναδά), ο αντίκτυπος της καταναλωθείσας πυρηνικής ενέργειας στους εκλυόμενους ρύπους CO₂, είναι σημαντικός.

Ενότητα 5: Κατανάλωσης Ενέργειας & Ανάπτυξη

5.1 Η Αιτιώδης Σχέση Κατανάλωσης Ενέργειας & Α.Ε.Π.

Η αιτιώδης σχέση ανάμεσα στην κατανάλωση ενέργειας και την οικονομική ανάπτυξη είναι ένα ζήτημα το οποίο έχει μελετηθεί εκτενώς στην διεθνή βιβλιογραφία (Adamantiades&Kessides, 2009, Payne&Taylor, 2010, Ozcan&Ari, 2015, Singhetal., 2019).

Ο πρωταγωνιστικός ρόλος που διαδραματίζει η ενέργεια, τόσο στα πλαίσια της οικονομίας, ως μοχλός ανάπτυξης και εξέλιξης, όσο και της ίδιας της καθημερινότητας και του τρόπου ζωής δισεκατομμυρίων ανθρώπων, ως εγγυητής της προόδου και της ευημερίας, φέρνει την αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης στο επίκεντρο πολλών ερευνητών. Η σημασία της κατανάλωσης ενέργειας έχει εστιάσει την προσοχή στον εμπειρικό εντοπισμό της φύσης των σχέσεων αιτιότητας μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης, καθώς είτε η ύπαρξη είτε η έλλειψη αιτιότητας έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη και εφαρμογή «υγιών» ενεργειακών πολιτικών (Chiou-Wei et al., 2008, Chu&Chang, 2012, Ozcan&Ari, 2015)

Στο πέρασμα των ετών το ερώτημα της αιτιώδους σχέσης εξακολουθεί να αποτελεί το κύριο ζητούμενο των ερευνών. Ωστόσο έχουν προστεθεί νέες μεταβλητές, οι οποίες αποτελούν απόρροια των νέων ζητημάτων και προβλημάτων που ανακύπτουν από την όλο και μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Οι μεταβλητές αυτές «τροποποιούν» και κάνουν πιο σύνθετη την διερεύνηση της αιτιότητας (Zachariadis, 2007, Bowden&Payne, 2010, Nazlioglu et al., 2011, Payne&Taylor, 2010, Ozcan&Ari, 2015, Shahbaz et al., 2018). Η ανάγκη για περιορισμό των εκπομπών του θερμοκηπίου και η εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού των χωρών, επιτάσσουν την τροποποίηση του ήδη υπάρχοντος ενεργειακού μοντέλου, το οποίο βασίζεται στους γαιάνθρακες και το πετρέλαιο, μέσω της σταδιακής απομάκρυνσης των παραδοσιακών και ρυπογόνων πηγών ενέργειας, και την προσθήκη νέων, οι οποίες θα είναι σε θέση

και να αντιμετωπίσουν τα δύο προαναφερθέντα ζητήματα και, παράλληλα, να εξασφαλίσουν την αειφόρο ανάπτυξη²⁰, καλύπτοντας τις όλο και μεγαλύτερες ενεργειακές ανάγκες (Payne, 2009, Adamantiades&Kessides, 2009, Yildirimetal., 2012, Al-mulali, 2014, Naser, 2015, Singhetal., 2019). Ο ενεργειακός ανεφοδιασμός και η περιβαλλοντολογική κρίση στρέφουν την προσοχή των ερευνητών στο εάν και κατά πόσο οι Α.Π.Ε. και η πυρηνική ενέργεια μπορούν να αποτελέσουν την λύση στα δύο, αυτά, ζητήματα, και παράλληλα να στηρίξουν την οικονομία των χωρών στην ενεργειακή αυτή μετάβαση, καλύπτοντας την ενεργειακή ζήτηση χωρίς να παραγκωνίζεται η οικονομική ανάπτυξη. Η αιτιώδης σχέση μεταξύ κατανάλωσης ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης παραμένει στο προσκήνιο, αλλά διερευνώνται οι σχέσης αιτιότητας της πυρηνικής ενέργειας και των Α.Π.Ε. με την οικονομική μεγέθυνση (Chiou-Wei et al., 2008, Chu&Chang, 2012, Ozcan&Ari, 2015, Shahbaz et al., 2018). Ο καθορισμός της αιτιότητας μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και οικονομικής δραστηριότητας είναι ζωτικής σημασίας για την επιλογή της κατάλληλης ενεργειακής πολιτικής (Payne, 2009, Ozcan&Ari, 2015 Bowden&Payne, 2010, Payne&Taylor, 2010, Mbarek&Khairallah, 2015, Ozcan&Ari, 2015, Shahbaz et al., 2018)

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν τέσσερις υποθέσεις αναφορικά με την αιτιότητα που αναπτύσσεται μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και της κατανάλωσης ενέργειας (Payne, 2009, Bowden&Payne, 2010, Payne&Taylor, 2010, Mbarek&Khairallah, 2015, Ozcan&Ari, 2015, Shahbaz et al., 2018):

- 1) Υπόθεση Ανάπτυξης (Growth Hypothesis)
- 2) Υπόθεση Διατήρησης (Conservation Hypothesis)
- 3) Υπόθεση Ανατροφοδότησης (Feedback Hypothesis)
- 4) Υπόθεση Ουδετερότητας (Neutrality Hypothesis)

²⁰Η αειφόρος ανάπτυξη μπορεί να οριστεί ως: «η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες» (Yildirim et al., 2012, σελ. 6770)

Η Υπόθεση Ανάπτυξης υποστηρίζεται όταν υπάρχει μονοκατευθυντική αιτιότητα από την κατανάλωση ενέργειας προς το πραγματικό Α.Ε.Π./εισόδημα. Η ισχύς της υπόθεσης ανάπτυξης συνεπάγεται ότι κατανάλωση ενέργειας συμβάλει άμεσα στην οικονομική ανάπτυξη, λειτουργώντας ως συμπλήρωμα των παραγωγικών συντελεστών, εργασίας και κεφαλαίου, κατά την παραγωγική διαδικασία. Μία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας θα προκαλέσει αύξηση του πραγματικού εισοδήματος, δηλαδή του πραγματικού Α.Ε.Π., και θα οδηγήσει σε οικονομική ανάπτυξη, καθώς η οικονομία της υπό εξέταση χώρας εξαρτάται από την κατανάλωση ενέργειας. Από την σκοπιά της ενεργειακής πολιτικής, η ισχύς της υπόθεσης συνεπάγεται ότι οι πολιτικές οι οποίες προσανατολίζονται στην εξοικονόμηση ενέργειας, ενδέχεται να έχουν επιζήμια επίδραση στην οικονομική ανάπτυξη, διότι η κατανάλωση ενέργειας αποτελεί δομικό συστατικό της οικονομίας, και βασικό παράγοντα της οικονομικής ανάπτυξης.

Η Υπόθεση Διατήρησης υποστηρίζεται όταν υπάρχει μονοκατευθυντική αιτιότητα από το πραγματικό Α.Ε.Π. προς την κατανάλωση ενέργειας. Η ισχύς της υπόθεσης διατήρησης συνεπάγεται ότι η οικονομική ανάπτυξη θα προκαλέσει αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, και υποδηλώνει ότι η οικονομία της χώρας δεν εξαρτάται από την κατανάλωση ενέργειας. Από την σκοπιά της ενεργειακής πολιτικής, η υιοθέτηση πολιτικών εξοικονόμησης και περιορισμού της καταναλωθείσας ενέργειας, οι οποίες στοχεύουν στην μείωση των εκπομπών και των αποβλήτων που είναι δυσμενή για το περιβάλλον, και της κατανάλωσης ενέργειας γενικότερα, δεν θα επηρεάσουν και δεν θα επιδράσουν αρνητικά την οικονομική ανάπτυξη. Αντιθέτως, η διακύμανση στο Α.Π.Ε. είναι αυτή που θα προκαλέσει μεταβολές στην κατανάλωση ενέργειας.

Η Υπόθεση Ανατροφοδότησης υποστηρίζεται όταν υπάρχει αμφίδρομη αιτιότητα μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και του πραγματικού εισοδήματος. Η ισχύς της υπόθεσης της ανατροφοδότησης συνεπάγεται ότι η οικονομική ανάπτυξη και η κατανάλωση ενέργειας είναι αλληλεξαρτώμενες και αλληλένδετες. Μία αύξηση (μείωση) της κατανάλωσης ενέργειας (του εισοδήματος) θα προκαλέσει αύξηση (μείωση) του πραγματικού εισοδήματος (της κατανάλωσης ενέργειας). Από την σκοπιά της ενεργειακής πολιτικής, η

υιοθέτηση πολιτικών εξοικονόμησης και περιορισμού της καταναλωθείσας ενέργειας, θα οδηγήσουν σε μείωση του πραγματικού Α.Ε.Π. και θα επιβραδύνουν την οικονομική ανάπτυξη.

Η Υπόθεση Ουδετερότητας υποστηρίζεται όταν δεν υπάρχει καμία αιτιώδης σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και του πραγματικού εισοδήματος. Η οικονομική ανάπτυξη και η κατανάλωση ενέργειας δεν επηρεάζουν η μία την άλλη, διότι η κατανάλωση ενέργειας διαδραματίζει μικρό ρόλο ως μοχλός ανάπτυξης, και ασκεί μικρή επιρροή στο πραγματικό Α.Ε.Π., με αποτέλεσμα η οικονομία της χώρας να μην εξαρτάται από την κατανάλωση ενέργειας. Συνεπώς η υιοθέτηση τόσο περιοριστικών όσο και επεκτατικών ενεργειακών πολιτικών δεν θα έχουν αντίκτυπο στην οικονομική ανάπτυξη. Αντίστοιχα η συρρίκνωση ή η μεγέθυνση της οικονομίας, δεν θα προκαλέσει μεταβολές στην κατανάλωση ενέργειας.

Παρόλες, όμως, τις μελέτες, από τέλη της δεκαετίας του 1970, και την μελέτη των Kraft&Kraft (1978) η οποία και αποτέλεσε την πρώτη μελέτη διερεύνησης της αιτιώδους σχέσης κατανάλωσης ενέργειας και Α.Ε.Π. στις Η.Π.Α., και έπειτα, δεν υπάρχει μία σαφής και αποκρυσταλλωμένη απάντηση στο ερώτημα της ύπαρξης και της κατεύθυνσης της αιτιώδους σχέσης (Menyah&Wolde-Rufael, 2010, Payne & Taylor, 2010, Ozcan&Ari, 2015, Shahbazetal., 2018)

Το γεγονός ότι στην διεθνή βιβλιογραφία δεν έχει οριστικοποιηθεί η κατεύθυνση της αιτιότητας, τόσο για τις Η.Π.Α. όσο και για άλλες χώρες, οφείλεται (Zachariadis, 2007, Bowden&Payne, 2010, Payne&Taylor, 2010, Nazliogluetal., 2011, Ozcan&Ari, 2015, Shahbazetal., 2018) στις ενδογενείς ιδιομορφίες και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τόσο των υπό εξέταση χωρών (κυρίως: δομή της οικονομίας, φάση οικονομικού κύκλου, κοινωνικές και πολιτιστικές ιδιαιτερότητες και πρότυπα, ενεργειακές πολιτικές, δομή και χαρακτηριστικά ενεργειακού συστήματος, κλιματολογικές συνθήκες), όσο και της ίδιας της μελέτης (χρονικός ορίζοντας δεδομένων, μεταβλητές που συμπεριλαμβάνονται/δεν συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο, η επιλεγθείσα οικονομετρική μεθοδολογία). Αναφορικά με τις μελέτες, σημαντικό ρόλο στην

ανομοιομορφία των αποτελεσμάτων κατεύθυνσης αιτιότητας διαδραματίζει το εάν στην μελέτη εξετάζεται η συνολική κατανάλωση ή συγκεκριμένη/ες μορφές ενεργειακής κατανάλωσης, καθώς η σημασία μίας ενεργειακής πηγής διαφοροποιείται και αλλάζει με την πάροδο των ετών (Chiou-Wei et al., 2008, Chu & Chang, 2012, Naser, 2015, Singh et al., 2019).

Εστιάζοντας στα συμπεράσματα της βιβλιογραφίας αναφορικά με την αιτιώδη σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης, στον πίνακα 6 παρουσιάζονται αποτελέσματα ερευνών τα οποία εξετάζουν την αιτιώδη σχέση συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και Α.Ε.Π. σε ανεπτυγμένες χώρες, με την πλειοψηφία των μελετών να αφορούν τις Η.Π.Α.. Για την περίπτωση των Η.Π.Α. οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι περισσότερες μελέτες καταδεικνύουν την ύπαρξη της Υπόθεσης Ουδετερότητας (Payne, 2009, Bowden & Payne, 2010, Payne & Taylor, 2010, Mbarek & Khairallah, 2015, Singh et al., 2019).

5.2 Η Αιτιώδης Σχέση Α.Π.Ε., Πυρηνικής Ενέργειας & Α.Ε.Π.

Αναφορικά με την αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης Α.Π.Ε., πυρηνικής ενέργειας και Α.Ε.Π., εστιάζουμε, αρχικά, στο αμερικανικό ενεργειακό σύστημα και στην μελέτη του Payne (2009), ο οποίος στην έρευνα του χρησιμοποιεί ετήσια δεδομένα από το 1949 έως και το 2006, εξετάζοντας την αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ανανεώσιμης και μη ανανεώσιμης ενέργειας, και του πραγματικού Α.Π.Ε., αντίστοιχα. Ο Payne (2009) καταλήγει στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει αιτιώδης σχέση μεταξύ κατανάλωσης ανανεώσιμων και μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και του πραγματικού Α.Ε.Π., υποστηρίζοντας την ύπαρξη της υπόθεσης ουδετερότητας.

Οι Payne & Taylor (2010) εξετάζουν της αύξησης της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και της αύξησης του πραγματικού Α.Ε.Π. για τις Η.Π.Α., χρησιμοποιώντας ετήσια δεδομένα από το 1957 έως το 2006. Τα αποτελέσματα της έρευνά τους δείχνουν την απουσία αιτιότητας μεταξύ της αύξησης της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και της αύξησης του πραγματικού Α.Ε.Π.. Τα ευρήματα τους υποστηρίζουν την υπόθεση ουδετερότητας. Οι Payne & Taylor

(2010) επισημαίνουν ότι οι πρόσφατες ανησυχίες σχετικά με την εξάρτηση από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, καθώς και τα περιβαλλοντικά ζητήματα ρύπανσης και εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, ενδέχεται να αλλάξουν μελλοντικά σε μεγάλο βαθμό την αντίληψη του κοινού για τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας στο μέλλον, και κατ' επέκταση την σχέση ουδετερότητας.

Οι Yildirimetal. (2012) εξετάζουν την σχέση αιτιότητας ανάμεσα στην κατανάλωση Α.Π.Ε., καθώς και των επιμέρους μορφών της, και του πραγματικού εισοδήματος για τις Η.Π.Α.. Το χρονικό διάστημα των μεταβλητών της κατανάλωσης Α.Π.Ε. έχει ως εξής:

- 1949-2010: συνολική κατανάλωση Α.Π.Ε., κατανάλωση βιομάζας, κατανάλωση ενέργειας από υδροηλεκτρική ενέργεια και κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ξύλο βιομάζας,
- 1960-2010 για κατανάλωση γεωθερμικής ενέργειας
- 1970-2010 για κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από βιομάζα.

Οι Yildirimetal. (2012) διαπιστώνουν την απουσία αιτιώδους σχέσης για όλες τις επιμέρους μορφές ανανεώσιμης ενέργειας, πλην της βιομάζας, για την οποία εντοπίστηκε μονοκατευθυντική αιτιώδης σχέση από την κατανάλωση βιομάζας προς το πραγματικό Α.Ε.Π.. Οι ερευνητές τονίζουν την σημασία και το ενδιαφέρον των ευρυμάτων τους, καθώς η βιομάζα αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό καταναλωθείσας ενέργειας στις Η.Π.Α. Το 2012 μόνο το 6% της συνολικής κατανάλωσης ανανεώσιμης ενέργειας, ενώ το 2019 το ποσοστό της βιομάζας στην συνολική κατανάλωση των Η.Π.Α. ανέρχεται, επίσης, σε 6%. Οι Yildirimetal. (2012) προτείνουν οι Η.Π.Α. να επικεντρωθούν μελλοντικά στην παραγωγή ενέργειας από απόβλητα, ως εναλλακτική πηγή ενέργειας. Προσθέτουν ότι πολλές ανεπτυγμένες χώρες προσπαθούν να απομακρύνουν τα απορρίμματά τους στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες. Ωστόσο, η συσσώρευση απορριμμάτων στις χώρες δημιουργεί σοβαρά περιβαλλοντικά και υγειονομικά προβλήματα, καθώς οι χώρες δεν διαθέτουν την απαραίτητη τεχνολογία και τεχνογνωσία για την ασφαλή επεξεργασία τους.

Στην μελέτη του ο Al-mulali (2014) διερευνά την επίδραση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας στην αύξηση του Α.Ε.Π. και των εκπομπών CO₂ για 30 χώρες που καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα πυρηνικής ενέργεια, για την περίοδο 1990-2010. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας έχει μόνο βραχυπρόθεσμη επίδραση στις εκπομπές CO₂, και θετική μακροπρόθεσμη επίδραση στην αύξηση του Α.Ε.Π.. Επιπλέον, η κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα οδηγεί σε αύξηση του Α.Ε.Π. καθώς και σε αύξηση των εκπομπών CO₂ μακροπρόθεσμα. Ο ερευνητής προτείνει οι χώρες που συμπεριλαμβάνονται στην μελέτη του να αυξήσουν τις επενδύσεις σε εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας, με στόχο την διεύρυνση του μεριδίου της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό του σύστημα, λόγω της θετικής μακροπρόθεσμης σχέσης Α.Ε.Π. και πυρηνικής ενέργειας.

Στην μελέτη τους οι Bowden&Payne (2010) εντοπίζουν την αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης Α.Π.Ε., μη Α.Π.Ε., και του πραγματικού Α.Π.Ε., εστιάζοντας στον κάθε τομέα της οικονομίας των Η.Π.Α., χρησιμοποιώντας ετήσια δεδομένα από το 1949 έως το 2006. Αναφορικά με την κατανάλωση Α.Π.Ε., οι ερευνητές διαπιστώνουν την απουσία αιτιότητας ανάμεσα στον τον εμπορικό και βιομηχανικό τομέα, την κατανάλωση Α.Π.Ε. και του πραγματικού Α.Ε.Π., υποστηρίζοντας την υπόθεση ουδετερότητας για τους δύο αυτούς κλάδους. Συνεπώς, η μεγαλύτερη χρήση Α.Π.Ε. σε αυτούς τους τομείς της οικονομίας δεν θα έχει να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο πραγματικό Α.Ε.Π.. Για τον οικιακό κλάδο, εντοπίζουν την ύπαρξη μονοκατευθυντικής αιτιότητας, από την κατανάλωση προς το Α.Ε.Π., υποστηρίζοντας την υπόθεση διατήρησης για αυτόν τον κλάδο. Επομένως, η αυξημένη χρήση Α.Π.Ε. από τους οικιακούς καταναλωτές θα περιορίσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, οδηγώντας παράλληλα και σε αύξηση του Α.Ε.Π., καθώς και στην την ανάπτυξη και εξέλιξη των τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας. Αναφορικά με την κατανάλωση μη Α.Π.Ε., τα αποτελέσματα της αιτιότητας είναι αρκετά διαφορετικά. Οι Bowden&Payne (2010) εντοπίζουν την ύπαρξη αμφίδρομους αιτιότητας μεταξύ της κατανάλωσης μη Α.Π.Ε. και Α.Ε.Π. για τον εμπορικό και οικιακό κλάδο, υποστηρίζοντας την υπόθεση ανατροφοδότησης. Οι μελετητές τονίζουν ότι στους δύο αυτούς τομείς η εφαρμογή πολιτικών εξοικονόμησης ενέργειας

πρέπει να πραγματοποιηθεί με μεγάλη προσοχή, ώστε να μην επηρεαστεί αρνητικά το πραγματικό Α.Ε.Π.. Ωστόσο, για τον βιομηχανικό τομέα παρουσιάζεται η ύπαρξη αρνητικής μονοκατευθυντικής αιτιότητας από την κατανάλωση προς το Α.Ε.Π.. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι παρόλο που υποστηρίζεται η υπόθεση της ανάπτυξης, η αρνητική σχέση μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της υπερβολικής κατανάλωσης ενέργειας από Α.Π.Ε. σε έναν σχετικά μη παραγωγικό τομέα.

Στην μελέτη τους οι Chu&Chang (2012), διερευνούν για το χρονικό διάστημα 1979-2010 το εάν η κατανάλωση πετρελαίου και πυρηνικής ενέργειας προάγουν την οικονομική ανάπτυξη για την ομάδα χωρών των G-6. Αναφορικά με την επίδραση της πυρηνικής ενέργειας, οι ερευνητές διαπιστώνουν ότι η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας συμβάλει στην οικονομική ανάπτυξη των οικονομιών της Ιαπωνίας και του Ηνωμένου Βασιλείου, ενώ για τον Καναδά, τη Γαλλία και τη Γερμανία δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στην κατανάλωση και την οικονομική ανάπτυξη. Για τις Η.Π.Α. διαπιστώνουν αμφίδρομη αιτιότητα μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας. Συνεπώς, οι ερευνητές καταλήγουν ότι για το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιαπωνία ισχύει η υπόθεση της ανάπτυξης, για τις Η.Π.Α. η υπόθεση της ανατροφοδότησης, ενώ για τον Καναδά, τη Γαλλία και τη Γερμανία η υπόθεση της ουδετερότητας.

Οι Omrietal. (2015) διενεργούν μία μελέτη για 17 ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες οικονομίες, στην οποία εξετάζουν τον αντίκτυπο της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και Α.Π.Ε. στην οικονομική ανάπτυξη των 17 κρατών, για την περίοδο 1990-2011. Τα αποτελέσματα των ερευνών είναι τα ακόλουθα:

- Για την αιτιώδη σχέση ανάμεσα στην κατανάλωση πυρηνική ενέργεια και της οικονομικής ανάπτυξη για το σύνολο των χωρών:
 - ❖ Ύπαρξη μονοκατευθυντικής αιτιότητας από την κατανάλωση προς την οικονομία για το Βέλγιο και την Ισπανία (Υπόθεση Ανάπτυξης).

- ❖ Ύπαρξη μονοκατευθυντικής αιτιότητας από την οικονομική ανάπτυξη προς την κατανάλωση για την Βουλγαρία, τον Καναδά, την Ολλανδία και τη Σουηδία (Υπόθεση Διατήρησης).
- ❖ Ύπαρξη αμφίδρομης σχέσης για την Αργεντινή, τη Βραζιλία, τη Γαλλία, το Πακιστάν και τις Η.Π.Α. (Υπόθεση Ανατροφοδότησης)
- ❖ Απουσία αιτιότητας για την Φινλανδία, την Ουγγαρία, την Ινδία, την Ιαπωνία, την Ελβετία και το Ηνωμένο Βασίλειο (Υπόθεση Ουδετερότητας)
- Για την αιτιώδη σχέση ανάμεσα στην κατανάλωση Α.Π.Ε. και της οικονομικής ανάπτυξη, για την κάθε χώρα:
 - ❖ Ύπαρξη μονοκατευθυντικής αιτιότητας από την κατανάλωση προς την οικονομία για την Ουγγαρία, την Ινδία, την Ιαπωνία, τις Κάτω Χώρες και τη Σουηδία (Υπόθεση Ανάπτυξης).
 - ❖ Ύπαρξη μονοκατευθυντικής αιτιότητας από την οικονομική ανάπτυξη προς την κατανάλωση για την Αργεντινή, την Ισπανία και την Ελβετία (Υπόθεση Διατήρησης).
 - ❖ Ύπαρξη αμφίδρομης σχέσης για το Βέλγιο, τη Βουλγαρία, τον Καναδά, τη Γαλλία, το Πακιστάν και τις ΗΠΑ (Υπόθεση Ανατροφοδότησης)
 - ❖ Απουσία αιτιότητας για την Φινλανδία, την Ουγγαρία, τη Βραζιλία, τη Φινλανδία και τη Σουηδία (Υπόθεση Ουδετερότητας).
- Για το σύνολο των χωρών:
 - ❖ Ύπαρξη αμφίδρομης αιτιότητας ανάμεσα στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης (Υπόθεση Ανατροφοδότησης)
 - ❖ Ύπαρξη μονοκατευθυντικής αιτιότητας από την οικονομική ανάπτυξη προς την κατανάλωση Α.Π.Ε. (Υπόθεση Διατήρησης)

Εστιάζοντας, μεμονωμένα, στις Η.Π.Α., βλέπουμε πως οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ισχύει η υπόθεση της ανατροφοδότησης για την κατανάλωση και της πυρηνικής ενέργειας και των Α.Π.Ε. Συνεπώς η

υιοθέτηση πολιτικών αύξηση της κατανάλωσης και των δύο πηγών ενέργειας θα συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη, *ceteris paribus*. Παράλληλα, η οικονομική ανάπτυξη θα οδηγήσει με την σειρά της στην αύξηση της κατανάλωσης και των δύο πηγών ενέργειας.

Στο σύνολο των χωρών, η σχέση ανατροφοδότησης που παρατηρείται, ανάμεσα στην πυρηνική ενέργεια και την οικονομική ανάπτυξη θα επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα που προαναφέραμε για τις Η.Π.Α.. Ειδικότερα, οι Omrietal. (2015) τονίζουν πως η αμφίδρομη, αυτή, σχέση ενισχύει περαιτέρω τη βιωσιμότητα του τομέα της πυρηνικής ενέργειας παγκοσμίως. Παράλληλα, επισημαίνουν ότι τα αποτελέσματα παρέχουν πρόσθετη υποστήριξη για τον ισχυρισμό ότι η πυρηνική ενέργεια μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη μακροπρόθεσμων ενεργειακών και περιβαλλοντικών στρατηγικών, οι οποίες ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες παγκόσμιες ενεργειακές απαιτήσεις. Τονίζουν, ότι προκειμένου να μην επηρεαστεί αρνητικά η οικονομική ανάπτυξη, πρέπει να καταβληθούν προσπάθειες για την ενθάρρυνση των κυβερνήσεων και των βιομηχανιών να αυξήσουν τις επενδύσεις στον πυρηνικό ενεργειακό εφοδιασμό και να ξεπεράσουν τους περιορισμούς, τις ανησυχίες και τις όποιες ενστάσεις για την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας.

Επιπροσθέτως, οι Omrietal. (2015) αναφέρουν πως η σχέση «διατήρησης» που αναπτύσσεται ανάμεσα στις Α.Π.Ε. και την οικονομική ανάπτυξη, συνεπάγεται ότι οι οικονομικές πολιτικές που ενισχύουν την οικονομική ανάπτυξη θα οδηγήσουν σε αύξηση της κατανάλωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αν και αυτό δεν συνεπάγεται ότι η κατανάλωση ενέργειας δεν είναι ζωτικής σημασίας για την οικονομία, θα μπορούσε να αναφερθεί ότι ο ρόλος της κατανάλωσης ανανεώσιμης ενέργειας είναι σχετικά μικρότερος από την πυρηνική ενέργεια. Επίσης, αυτό το αποτέλεσμα έχει ζωτικές συνέπειες όσον αφορά την πολιτική, καθώς υποδηλώνει ότι οι περιορισμοί των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν φαίνεται να βλάπτουν την οικονομική ανάπτυξη.

Στην μελέτη τους οι Changetal. (2015) την αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης Α.Π.Ε. και της οικονομικής ανάπτυξης για τις χώρες-μέλη των G7,

χρησιμοποιώντας ετήσια στοιχεία για την περίοδο 1990-2013. Τα εμπειρικά αποτελέσματα υποστηρίζουν την μονοκατευθυντικής αιτιώδους σχέσης από την κατανάλωση Α.Π.Ε. προς την οικονομική ανάπτυξη (Υπόθεση Ανάπτυξης) Ωστόσο, εξετάζοντας τα μεμονωμένα αποτελέσματα για κάθε χώρα, διαπιστώνουν ότι:

- Η Υπόθεση Ουδετερότητας ισχύει για την Γερμανία, την Ιταλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τις ΗΠΑ.
- Η Υπόθεση Ανάπτυξης για τη Γαλλία, τον Καναδά και την Ιαπωνία

Στα πλαίσια της μελλοντικής ενεργειακής πολιτικής, οι ερευνητές επισημαίνουν ότι για την Γερμανία, την Ιταλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τις Η.Π.Α., η προώθηση των Α.Π.Ε. δεν θα έχει ουσιαστικό αντίκτυπο στην οικονομική ανάπτυξη, ενώ το αντίθετο θα συμβεί για την Γαλλία, τον Καναδά και την Ιαπωνία.

Η έρευνα των Singhetal. (2019) εξετάζει τις σχέσεις μεταξύ της παραγωγής Α.Π.Ε. και της οικονομικής ανάπτυξης είκοσι χωρών, 10 ανεπτυγμένων και 10 αναπτυσσόμενων, για την περίοδο 1995-2016. Οι ερευνητές διαπιστώνουν ότι η παραγωγή Α.Π.Ε. έχει θετική και στατιστικά σημαντική σχέση με την οικονομική ανάπτυξη, τόσο για τις ανεπτυγμένες όσο και για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ο θετικός αντίκτυπος της παραγωγής Α.Π.Ε. στην οικονομική ανάπτυξη είναι υψηλότερος στις αναπτυσσόμενες οικονομίες, σε σύγκριση με τις ανεπτυγμένες οικονομίες. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν την ύπαρξη της υπόθεσης ανάπτυξης, η οποία συνεπάγεται ότι η παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορεί να προσφέρει ένα περιβαλλοντικά βιώσιμο μέσο της μελλοντικής οικονομική ανάπτυξη, καθώς πολιτικές προώθησης των Α.Π.Ε. συμβάλλουν στην αύξηση του Α.Ε.Π.. Επιπροσθέτως, για τις ανεπτυγμένες χώρες, η παραγωγή Α.Π.Ε. έχει στατιστικά σημαντικό αντίκτυπο στην μεταβλητή του εργατικού δυναμικού. Ωστόσο, δεν έχει σημαντικό αντίκτυπο στη δημιουργία κεφαλαίων.

Ο Naser (2015) εξετάζει την αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και της οικονομική ανάπτυξη, για τέσσερις βιομηχανικές

χώρες (τις ΗΠΑ, τον Καναδά, την Ιαπωνία και Γαλλία) για την περίοδο 1965-2010. Ο ερευνητής καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η Υπόθεση της Ανάπτυξης ισχύει για την Ιαπωνία, γεγονός το οποίο συνεπάγεται ότι η υιοθέτηση ενεργειακής πολιτικής η οποία στοχεύει στην μείωση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την οικονομική ανάπτυξη. Στον αντίποδα, ο μελετητής διαπιστώνει την ισχύ της Υπόθεσης της Ουδετερότητας για τις Η.Π.Α. και τον Καναδά, ενώ για την Γαλλία ισχύ η Υπόθεση της Διατήρησης.

Επιπροσθέτως στην μελέτη του O Naser (2015) χρησιμοποιεί στο υπόδειγμά του ως μεταβλητή και τις τιμές του πετρελαίου. Διαπιστώνει την ύπαρξη αιτιώδους δεσμού αναμεσά στην καταναλωθείσα πυρηνική ενέργεια και τις τιμές του πετρελαίου. Η σχέση αυτή εντοπίζεται για τις Η.Π.Α., την Ιαπωνία και τη Γαλλία, και συνεπάγεται ότι η αβεβαιότητα που υπάρχει στην παγκόσμια αγορά πετρελαίου παίζει βασικό ρόλο στον καθορισμό της ζήτησης για πυρηνική ενέργεια. Από πλευράς ενεργειακής πολιτικής, ο Naser (2015) προτείνει για τις τρεις αυτές χώρες να υπερκεράσουν και να ξεπεράσουν τις ανησυχίες και τα εμπόδια που θέτουν στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας, έτσι ώστε να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν τυχόν αναμενόμενες αυξήσεις στις τιμές του πετρελαίου, διευρύνοντας και εξασφαλίζοντας τον ενεργειακό τους εφοδιασμό έναντι του πετρελαίου, οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την οικονομική ανάπτυξη των κρατών οι οποίες είναι καθαροί εισαγωγείς πετρελαίου, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις Η.Π.Α.

Οι Lee&Chiu (2011) εξετάζουν τη σχέση ανάμεσα στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας, την πραγματική τιμή του πετρελαίου, την κατανάλωση πετρελαίου και του πραγματικού Α.Ε.Π. για έξι κορυφαίες βιομηχανικές χώρες (Η.Π.Α., Ηνωμένο Βασίλειο, Καναδάς, Ιαπωνία, Γαλλία, Γερμανία). Τα ευρήματα των μελετητών καταδεικνύουν ότι αναπτύσσεται σχέση υποκατάστασης μεταξύ της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και του πετρελαίου για τις Η.Π.Α. και τον Καναδά, ενώ η σχέση είναι συμπληρωματική στη Γαλλία, την Ιαπωνία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι για τις Η.Π.Α. και τον Καναδά η υιοθέτηση ενεργειακών πολιτικών υποκατάστασης του πετρελαίου από την πυρηνική ενέργεια είναι εφικτή. Στα ευρήματα τους προστίθενται ότι η

μακροπρόθεσμη εισοδηματική ελαστικότητα της πυρηνικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη της μονάδας, πράγμα που δείχνει ότι η πυρηνική ενέργεια είναι ένα αγαθό πολυτέλειας. Επιπροσθέτως, η ελαστικότητα εισοδήματος της ζήτησης πυρηνικής ενέργειας είναι σημαντικά θετική, γεγονός το οποίο συνεπάγεται ότι οι βιομηχανικές χώρες θα αυξήσουν τη ζήτηση πυρηνικής ενέργειας καθώς αυξάνεται το εισόδημά τους. Συνολικά, η ζήτηση πυρηνικής ενέργειας σε αυτές τις χώρες επηρεάζεται όχι μόνο από την αύξηση του πραγματικού εισοδήματος, αλλά και από την τιμή του πετρελαίου και την κατανάλωση πετρελαίου. Η αιτιώδης συνάφεια μεταξύ της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και του πραγματικού εισοδήματος δεν είναι ομοιόμορφη μεταξύ των χωρών. Ειδικότερα, τα αποτελέσματα των Lee&Chiu (2011) δείχνουν την ύπαρξη μονοκατευθυντικής αιτιότητας από την οικονομική ανάπτυξη προς την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας στην Ιαπωνία, υποστηρίζοντας την υπόθεση διατήρησης. Παράλληλα εντοπίζεται η ύπαρξη αμφίδρομης αιτιότητας για τον Καναδά, τη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ για την Γαλλία και τις Η.Π.Α. ισχύει η υπόθεση της ουδετερότητας καθώς, δεν υπάρχει σχέση αιτιότητας για τη Γαλλία και τις Η.Π.Α. Επιπλέον, οι ερευνητές εντοπίζουν ενδείξεις αιτιότητας που προέρχονται από την πραγματική τιμή του πετρελαίου προς την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας για τον Καναδά, την Ιαπωνία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Η σχέση αυτή συνεπάγεται ότι οι αυξήσεις των τιμών του πετρελαίου έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας στις πέντε αυτές χώρες. Παράλληλα, στοιχεία για την ισχύ μονοκατευθυντικής αιτιότητας από την κατανάλωση πετρελαίου προς την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας για τον Καναδά, την Ιαπωνία και το Ηνωμένο Βασίλειο, υποδηλώνουν ότι ο ελλιπής εφοδιασμός πετρελαίου μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας σε αυτές τις χώρες. Οι ερευνητές προσθέτουν ότι ο αντίκτυπος της πραγματικής τιμής του πετρελαίου είναι σχετικά μεγαλύτερος σε σύγκριση με το πραγματικό εισόδημα στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας, για τον Καναδά, τη Γερμανία, την Ιαπωνία και τις Η.Π.Α. μακροπρόθεσμα. Στη Γαλλία, τη Γερμανία και την Ιαπωνία, το σοκ μίας μεταβολής της τιμής του πετρελαίου στην πυρηνική ενέργεια είναι υψηλότερο από την μεταβολή που θα επιφέρει η μεταβολή της τιμής πυρηνικής ενέργειας στην τιμή του πετρελαίου, γεγονός που υποδηλώνει τον αντίκτυπο της αύξησης

των τιμών του πετρελαίου στην ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας στις χώρες αυτές. Τέλος, οι Lee&Chiu (2011) καταλήγουν ότι για όλες τις χώρες της μελέτης, ο αντίκτυπος της πραγματικής τιμής του πετρελαίου στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας είναι μακροπρόθεσμα μεγαλύτερος από ότι βραχυπρόθεσμα, πράγμα που σημαίνει ότι μακροπρόθεσμα υπάρχει μια σχετικά μεγάλη επίδραση της διεθνούς αύξησης των τιμών του αργού πετρελαίου στην ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας. Μακροπρόθεσμα, ο αντίκτυπος της πραγματικής τιμής του πετρελαίου είναι σχετικά μεγαλύτερος σε σύγκριση με το πραγματικό εισόδημα στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας για τον Καναδά, τη Γερμανία, την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ.

Στην εργασία των Ozcan&Ari (2015) διερευνάται η αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης για 15 χώρες του ΟΟΣΑ {Βέλγιο (1980-2012), Ισπανία (1980-2012), Ελβετία (1980-2012), Καναδάς (1980-2012), Σουηδία (1980-2012), Φινλανδία (1980-2012), Γαλλία (1980-2012), ΗΒ (1980-2012), Νότια Κορέα (1980-2012), Γερμανία (1970-2012), ΗΠΑ (1980-2012), Τσεχική Δημοκρατία (1990-2012), Κάτω Χώρες (1980-2012), Ιαπωνία (1970-2012), Μεξικό (1990-2012)}. Τα αποτελέσματα της μελέτης υποστηρίζουν την υπόθεση ουδετερότητας για 10 από τις 15 χώρες του δείγματος. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι για τις δέκα, αυτές, χώρες, η πυρηνική ενέργεια μπορεί να είναι ένα σχετικά μικρό συστατικό της συνολικής παραγωγής και δεν έχει αντίκτυπο στην οικονομική ανάπτυξη. Ωστόσο, για τις άλλες πέντε χώρες, εμφανίζεται μια σημαντική αιτιότητα μεταξύ της ανάπτυξης και της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας (Υπόθεση Ανάπτυξης). Ειδικότερα, υπάρχει μια μονοκατευθυντική αιτιότητα από την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας έως την οικονομική ανάπτυξη για το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Φινλανδία και το Μεξικό. Για αυτές τις τρεις χώρες, επιβεβαιώνεται η υπόθεση για την ανάπτυξη και, ως εκ τούτου, οι πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας ενδέχεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στους ρυθμούς οικονομικής ανάπτυξης αυτές τις τρεις χώρες. Ωστόσο, για τις Η.Π.Α. και την Τσεχία, υποστηρίζεται η μονοκατευθυντική αιτιότητα από την οικονομική ανάπτυξη έως την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας και επιβεβαιώνεται η Υπόθεση Διατήρησης. Σε αυτήν την περίπτωση, οι πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας

ενδέχεται να μην έχουν αρνητικές επιπτώσεις στις διαδικασίες οικονομικής ανάπτυξης των ΗΠΑ και της Τσεχίας.

Οι Wolde-Rufaela&Menyah (2010) εξετάζουν την αιτιώδη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και του πραγματικού Α.Ε.Π. για εννέα ανεπτυγμένες χώρες για την περίοδο 1971-2005, χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικές οικονομετρικές προσεγγίσεις. Κατά την πρώτη προσέγγιση οι ερευνητές διαπιστώνουν την ύπαρξη μονοκατευθυντικής αιτιότητας που κυμαίνεται από την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας προς την οικονομική ανάπτυξη, για την Ιαπωνία, τις Κάτω Χώρες και την Ελβετία (Υπόθεση Ανάπτυξης), ενώ εντόπισαν την αντίθετη αιτιότητα από την οικονομική ανάπτυξη έως την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας στον Καναδά και τη Σουηδία (Υπόθεση Διατήρησης). Σε αντίθεση με τον Καναδά, στη Σουηδία η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας συνδέεται αρνητικά με την οικονομική ανάπτυξη, γεγονός το οποίο συνεπάγεται ότι υπάρχει ανάγκη να καταστεί ο τομέας της πυρηνικής ενέργειας πιο αποτελεσματικός. Για την Γαλλία, την Ισπανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τις Ηνωμένες Πολιτείες εντοπίστηκε η παρουσία αμφίδρομης αιτιότητας μεταξύ της οικονομικής ανάπτυξης και της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας

Κατά την δεύτερη προσέγγιση, στην Ισπανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και τις Η.Π.Α., η αύξηση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας προκάλεσε αύξηση της οικονομικής ανάπτυξης, υποδηλώνοντας ότι πολιτικές εξοικονόμησης ενέργειας ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την οικονομική ανάπτυξη. Στη Γαλλία, την Ιαπωνία, τις Κάτω Χώρες και την Ελβετία η αύξηση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας προκαλεί μειώσεις στην οικονομική ανάπτυξη, υποδηλώνοντας ότι πολιτικές που επιδιώκουν την μείωση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας μπορεί να συμβάλουν στον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων, λόγω της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας, στην οικονομική ανάπτυξη. Στον Καναδά και τη Σουηδία τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που λαμβάνονται για τη μείωση της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας ενδέχεται να μην βλάψουν την οικονομική ανάπτυξη.

Στόχος της μελέτης των Nazlioglu et al. (2011) σκοπός είναι να προσδιοριστεί την κατεύθυνση της αιτιότητας μεταξύ της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης των 14 χωρών του Ο.Ο.Σ.Α., κατά την περίοδο 1980-2007. Τα ευρήματα δείχνουν ότι δεν υπάρχει αιτιότητα μεταξύ της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης σε έντεκα από τις δεκατέσσερις περιπτώσεις, υποστηρίζοντας την υπόθεση ουδετερότητας. Ειδικότερα, για την Ουγκαρία υποστηρίζεται η Υπόθεση Ανάπτυξης, για το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ισπανία η Υπόθεση Διατήρησης, ενώ για τις λοιπές έντεκα χώρες η Υπόθεση Ουδετερότητας.

Οι Marques & Fuinhas (2012) εξετάζοντας τον αντίκτυπο των διαφόρων πηγών ενέργειας στην οικονομική ανάπτυξη 24 ευρωπαϊκών χωρών για την περίοδο 1990-2007, διαπιστώνουν ότι η χρήση Α.Π.Ε. έχει αρνητικό αντίκτυπο στην οικονομική ανάπτυξη. Παράλληλα, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η οικονομική ανάπτυξη δεν συμβάλλει στην αύξηση της κατανάλωσης ανανεώσιμης ενέργειας. Οι ερευνητές αποδίδουν την αρνητική αυτή σχέση στο υψηλό κόστος προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, το οποίο, πιθανότατα, βαρύνει υπερβολικά την οικονομία, καθώς αυξάνοντας το κόστος των τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας, προκαλείται επιβράδυνση της οικονομικής δραστηριότητας.

Στην περίπτωση της Γαλλίας, οι Mbarek & Khairallah (2015) χρησιμοποιούν τριμηνιαία δεδομένα από το 2001Q1 έως το 2012Q3, για να εξετάσουν την σχέση ανάμεσα στις Α.Π.Ε., την πυρηνική ενέργεια και την οικονομική ανάπτυξη. Οι ερευνητές επιβεβαιώνουν την Υπόθεση της Ανάπτυξης για την κατανάλωση και της πυρηνικής ενέργειας και των Α.Π.Ε.. Ωστόσο, επισημαίνουν ότι για τις Α.Π.Ε. το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας είναι πολύ πιο χαμηλό από αυτό της πυρηνικής ενέργειας. Για αυτό το λόγο υποστηρίζουν ότι η πυρηνική ενέργεια είναι σημαντική για κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της Γαλλίας, και είναι εξαιρετικά δύσκολο να αντικατασταθεί από έναν άλλο ενεργειακό πόρο, όπως οι Α.Π.Ε. Οι ερευνητές επισημαίνουν το γεγονός ότι η Γαλλία αποτελεί χώρα εξαγωγής πυρηνικής ενέργειας, και τον μεγαλύτερο καθαρό εξαγωγέα ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο, λόγω του πολύ χαμηλού κόστους παραγωγής και των υψηλών κερδών.

Προσθέτουν πως η παραγωγή πυρηνικής ενέργειας στη Γαλλία είναι μια τεχνολογική επανάσταση που στοχεύει στη βελτίωση της οικονομικής ανάπτυξης. Μακροοικονομικά, η πυρηνική ενέργεια δεν πρέπει να αφαιρεθεί και, αναμφίβολα, θα πρέπει να συνδυαστεί με άλλες πηγές ενέργειας, οι ποιες θα λειτουργούν συμπληρωματικά, λόγω της ισχυρής συσχέτισης μεταξύ του Α.Ε.Π. και της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας. Οι ερευνητές προτείνουν οι περιβαλλοντικές και ενεργειακές πολιτικές να στοχεύουν στην διατήρηση και προώθηση της πυρηνικής ενέργειας, ως μοχλός οικονομικής ανάπτυξης της Γαλλικής οικονομίας.

Από τα αποτελέσματα των προαναφερθέντων ερευνών, καταλήγουμε στο συμπέρασμα και η αιτιώδης σχέση μεταξύ της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας, Α.Π.Ε. και Α.Ε.Π. δεν είναι σαφής, ξεκάθαρη και αποκρυσταλλωμένη, τόσο για τις Η.Π.Α. όσο και για τις λοιπές ανεπτυγμένες χώρες. Όπως διαπιστώνουμε από την παρούσα βιβλιογραφία, τα αποτελέσματα των μελετών αιτιότητας είναι μεικτά, τόσο για τις Η.Π.Α. όσο και για τις υπόλοιπες χώρες. Ωστόσο, εστιάζοντας στις Η.Π.Α., βλέπουμε πως η πλειοψηφία των μελετών καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι μεταξύ του Α.Ε.Π. και της κατανάλωσης Α.Π.Ε., καθώς και μεταξύ του Α.Ε.Π. και της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας, ισχύει η Υπόθεση Ουδετερότητας.

Από την πλευρά της ενεργειακής πολιτικής, η ισχύ της υπόθεσης ουδετερότητας συνεπάγεται ότι η υιοθέτηση είτε περιοριστικών είτε επεκτατικών ενεργειακών πολιτικών, δεν θα επιφέρει σημαντική μεταβολή στο Α.Ε.Π. των Η.Π.Α., καθώς δεν αναπτύσσεται αιτιώδης σχέση ανάμεσα στην κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας, Α.Π.Ε., και Α.Ε.Π.. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα για τις δύο επιμέρους ενεργειακές πηγές, διαπιστώνουμε ότι οι μελέτες οι οποίες εξετάζουν την αιτιώδη σχέση συνολικής καταναλωθείσας ενέργειας και Α.Ε.Π., καταλήγουν επίσης, στην πλειοψηφία τους, στο συμπέρασμα ότι ισχύει η υπόθεση της ουδετερότητας. Παρόλο όμως που με βάση την υπόθεση ουδετερότητας, δεν υπάρχει διάκριση ανάμεσα στην συνεισφορά των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας, η πλειοψηφία των μελετών καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η προώθηση της πυρηνικής ενέργειας, έναντι

των Α.Π.Ε., κρίνεται επιτακτικής στο μέλλον, διότι οι Η.Π.Α. θα επιτύχουν μέσω της πυρηνικής ενέργειας:

- 1) Μεγαλύτερη ενεργειακή αυτονομία
- 2) Μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου
- 3) Ανάπτυξη της πυρηνικής τεχνολογίας, η οποία θα καταστήσει την παραγωγή πυρηνικής ενέργειας οικονομικά συμφέρουσα, και θα ισχυροποιήσει την θέση των Η.Π.Α. παγκοσμίως, ως πρωτοπόρος δύναμη της πυρηνικής τεχνολογίας.

Ωστόσο, μελλοντικά το ενεργειακό υστέρημα των Η.Π.Α. δεν πρέπει να επικεντρωθεί μόνο στην διεύρυνση της πυρηνικής ενέργειας. Ο στόχος των μελλοντικών ενεργειακών πολιτικών θα πρέπει να είναι ο περιορισμός της κατανάλωσης των ρυπογόνων ενεργειακών πηγών (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο), και η μεγαλύτερη ενσωμάτωση των Α.Π.Ε. και, κυρίως, της πυρηνικής ενέργειας. Η προώθηση της πυρηνικής ενέργειας δεν θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εις βάρος των Α.Π.Ε., καθώς οι επενδύσεις σε τεχνολογίες Α.Π.Ε., θα δώσουν, λογικά, λύσεις στο ζήτημα της μακροχρόνιας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Επιπροσθέτως, εξετάζοντας την παρούσα βιβλιογραφία, διαπιστώνουμε ότι για την κατεύθυνση της αιτιώδους σχέσης Α.Π.Ε. και Α.Ε.Π., σημαντικό ρόλο διαδραματίζει το εάν η μελέτη εξετάζει την επίδραση του συνόλου της καταναλωθείσας ανανεώσιμης ενέργειας, ή των επιμέρους μορφών της, καθώς συνολικά η κατανάλωση δύναται να παρουσιάζει διαφορετικά αποτελέσματα αιτιότητας από ότι μία επιμέρους ενεργειακή πηγή.

Παράλληλα, για την κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας και την αιτιώδη σχέση της με το συνολική εισόδημα, οι ερευνητές επισημαίνουν ότι σημαντικό ρόλο σε αυτήν διαδραματίζει η τιμή του πετρελαίου. Η επίδραση της τιμής του πετρελαίου οφείλεται στο γεγονός ότι εντοπίζουν την ύπαρξη συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών ενεργειακών μεγεθών/πηγών. Συνεπών μία αύξηση (μείωση) της τιμής του πετρελαίου, θα αυξήσει (μείωση) την κατανάλωση της πυρηνικής ενέργειας.

Επίσης, και για τις δύο ενεργειακές πηγές, συμπεραίνουμε ότι τα αποτελέσματα αιτιότητας διαφοροποιούνται για τον κάθε τομέα της οικονομίας. Επομένως, η εξέταση της αιτιότητας στους επιμέρους τομείς της οικονομίας δύναται να παρουσιάζει διαφορετική σχέση αιτιότητας, συγκριτικά με το συνολικό εισόδημα. Παράλληλα, εντοπίζουμε ότι η σχέση αιτιότητας διαφοροποιείται όταν εξετάζουμε την κατεύθυνση αυτής σε βραχυχρόνιο και μακροχρόνιο ορίζοντα.

Κλείνοντας, στην βιβλιογραφία αναφέρεται διαρκώς από τους ερευνητές ότι η σημασία της κατανάλωσης ενέργειας, και κυρίως της κατανάλωσης μίας ενεργειακής μορφής, διαφοροποιείται και αλλάζει με το πέρασμα των ετών. Συνεπώς, η αιτιότητα μεταξύ κατανάλωσης ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης είναι ένα ζήτημα το οποίο θα πρέπει να εξετάζεται διαρκώς, έτσι ώστε να εφαρμόζονται οι κατάλληλες ενεργειακές πολιτικές, όταν παρατηρείται αλλαγή της αιτιότητας, τόσο λόγω οικονομικών όσο και ενεργειακών μεταβολών.

Ενότητα 6 : Σχολιασμός – Συμπεράσματα – Προτάσεις

6.1 Ανασκόπηση & Σχολιασμός

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, βασική μας επιδίωξη αποτέλεσε η διερεύνηση της επίδρασης της κατανάλωσης πυρηνικής ενέργειας και των Α.Π.Ε. στο Α.Ε.Π. των Η.Π.Α., μέσω της διερεύνησης της αιτιώδους σχέσης.

Αρχικά, μελετήσαμε το ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. και διαπιστώσαμε ότι αποτελεί ένα εξαιρετικά σύνθετο και πολύπλοκο ενεργειακό σύστημα. Η μεγάλη έκταση, ο πληθυσμός, η πληθώρα των καιρικών συνθηκών και των γεωμορφολογικών ιδιαιτεροτήτων σε συνδυασμό με την ισχυρή οικονομία, την πληθώρα των ενεργειακών πόρων και την διαθέσιμη ενεργειακή τεχνολογία των Η.Π.Α., εγείρουν ξεχωριστές προκλήσεις για το ενεργειακό τους σύστημα, την χάραξη της ενεργειακής τους πολιτικής και την ταχύτητα των ενεργειακών τους μεταβάσεων. Η κατανομή της πολιτικής εξουσίας διαδραματίζει τον σημαντικότερο και καθοριστικότερο ρόλο στην υιοθέτηση των εκάστοτε ενεργειακών πολιτικών στο ομοσπονδιακό σύστημα των Η.Π.Α.. Πολλές αποφάσεις, οι οποίες σχετίζονται με την διαχείριση του ενεργειακού συστήματος και της ενέργειας γενικότερα, ρυθμίζονται σε πολιτειακό επίπεδο, με αποτέλεσμα οι κυβερνήσεις των πολιτειών να έχουν σημαντική ισχύ στη λήψη αποφάσεων και στην εφαρμογή των ενεργειακών πολιτικών.

Εν συνεχεία, εστίασαμε στην πρωτογενή ενέργεια του συστήματος, παρουσιάζοντας ξεχωριστά τα τέσσερα κύρια μεγέθη αυτού (κατανάλωση, παραγωγή εισαγωγές & εξαγωγές), την κάθε ενεργειακή πηγή (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια, Α.Π.Ε.) και τον κάθε ενεργειακό και οικονομικό τομέα (οικιακός, βιομηχανικός, μεταφορών, εμπορικός, ηλεκτροπαραγωγής).

Τα τελευταία 50, περίπου, χρόνια η διαρκώς αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας καλύπτεται από τις εισαγωγές. Ωστόσο, το έτος 2019 αποτέλεσε ορόσημο για τις Η.Π.Α., καθώς για πρώτη φορά μετά από 1957 οι εξαγωγές ξεπερνούν τις εισαγωγές, και η παραγωγή την κατανάλωση, με την τάση να υποδεικνύει ότι η σχέση αυτή θα συνεχιστεί και τα μετέπειτα έτη. Το ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. στηρίζεται από το 1949 έως και σήμερα στην καύση κυρίως του πετρελαίου και δευτερευόντως του φυσικού αερίου. Παράλληλα, οι γαιάνθρακες παρουσιάζουν κατακόρυφη πτώση και το φυσικό αέριο σημαντική άνοδο από το 2005 και έπειτα, οι Α.Π.Ε. έχουν σημαντική αύξηση από το 2000 και μετά, και, τέλος, η πυρηνική ενέργεια παραμένει στάσιμη τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Ο τομέας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από 1970 έως και σήμερα, είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής πρωτογενούς ενέργειας στις Η.Π.Α.. Για δεκαετίες η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται στην καύση γαιανθράκων. Ωστόσο, από το 2008 οι γαιάνθρακες αντικαθίστανται από το φυσικό αέριο και τις Α.Π.Ε., οι οποίες παρουσιάζουν σημαντική άνοδο. Ο βιομηχανικός τομέας, μεταξύ των τεσσάρων τομέων της οικονομίας, έχει το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση συνολικής πρωτογενούς ενέργειας, καταναλώνοντας κυρίως πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Ο εμπορικός και οικιακός τομέας βασίζονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, ενώ στον τομέα των μεταφορών το πετρέλαιο κατέχει το μονοπώλιο στην κατανάλωση. Εστιάζοντας στην ροή πρωτογενούς ενέργειας, το 2019 οι Α.Π.Ε. (πλην της βιομάζας), η πυρηνική ενέργεια και οι γαιάνθρακες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία στη συνέχεια κατανέμεται ομοιόμορφα στον οικιακό, εμπορικό και βιομηχανικό τομέα. Το φυσικό αέριο τροφοδοτεί κυρίως την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τον βιομηχανικό τομέα, ενώ το πετρέλαιο καταναλώνεται κυρίως στον τομέα των μεταφορών, καθώς και στον βιομηχανικό τομέα. Τέλος η βιομάζα τροφοδοτεί κυρίως τον βιομηχανικό τομέα.

Στο κομμάτι της παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας, το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο και οι γαιάνθρακες αποτελούν τις κυριότερες πηγές παραχθείσας ενέργειας. Οι γαιάνθρακες παρουσιάζουν κατακόρυφη πτώση από το 2008 και έπειτα, ενώ το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο παρουσιάζουν κατακόρυφη άνοδο

από το 2005 και 2008, αντίστοιχα. Η ταχεία διεύρυνση της μη συμβατικής παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου, ρίχνει σε χαμηλά επίπεδα τις τιμές του εγχώριου φυσικού αερίου, αυξάνοντας την παραγωγή του, καθώς και την παραγωγή του πετρελαίου. Το αποτέλεσμα αυτής της επέκτασης είναι οι Η.Π.Α. να γίνουν ο μεγαλύτερος παραγωγός φυσικού αερίου το 2009, καθώς και ο μεγαλύτερος παραγωγός πετρελαίου παγκοσμίως το 2014. Η πτώση της παραγωγής γαιανθράκων οφείλεται στην αύξηση της παραγωγής φυσικού αερίου και στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργεια από Α.Π.Ε. Οι Α.Π.Ε. αυξάνονται με σταθερό ρυθμό από το 2000 και έπειτα, ενώ η παραγωγή πυρηνικής ενέργειας παραμένει στάσιμη τα τελευταία 20 χρόνια.

Εστιάζοντας στο ενεργειακό ισοζύγιο, όπως προαναφέραμε, το 2019 το ενεργειακό ισοζύγιο των Η.Π.Α. λαμβάνει για πρώτη φορά, μετά από το 1957, αρνητική τιμή. Το πετρέλαιο αποτελεί το κύριο εισαγόμενο ενεργειακό προϊόν τα τελευταία 45, περίπου, χρόνια. Μέχρι και το 1997 οι γαιάνθρακες καταλαμβάνουν την πρώτη θέση στις ενεργειακές εξαγωγές, θέση την οποία χάνουν από τα προϊόντα πετρελαίου. Παράλληλα, το πετρέλαιο παρουσιάζει τεράστια αύξηση από το 2013 και έπειτα, και καθιερώνεται ως το δεύτερο εξαγόμενο ενεργειακό προϊόν. Επίσης, παρουσιάζεται σημαντική αύξηση των εξαγωγών φυσικού αερίου από το 2000 έως και σήμερα. Τέλος, η ενεργειακή ένταση των Η.Π.Α. παρουσιάζει συνεχή και σημαντική πτώση από το 1969 μέχρι και σήμερα. Η πτώση αυτή οφείλεται τόσο στην αύξηση της αποδοτικότητας στην παραγωγή ενέργειας, όσο και σε διαθρωτικές αλλαγές στην οικονομία.

Κατόπιν, εμβαθύναμε στις Α.Π.Ε. και στην πυρηνική ενέργεια και συγκεκριμένα στον ρόλο τους στο αμερικανικό ενεργειακό σύστημα, στους παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την παρούσα και μελλοντική παραγωγική δυναμική, στην γενικότερη συνεισφορά τους στις Η.Π.Α. και, τέλος, στην επίδραση τους στο περιβάλλον.

Εστιάζοντας στην κατανάλωση/παραγωγή, οι Α.Π.Ε. παρουσιάζουν σημαντική άνοδο από το 2000 και έπειτα. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μέχρι και τις αρχές του 2000 η Α.Π.Ε. με τη μεγαλύτερη παραγωγή, με μεγάλη μάλιστα διαφορά από τις υπόλοιπες. Η διαφορά αυτή συρρικνώνεται από το 2000 και έπειτα, εξ' αιτίας και της μακροχρόνιας στασιμότητας της παραχθείσας υδροηλεκτρικής ενέργειας, και, κυρίως, λόγω της εκτόξευσης της παραγωγής των βιοκαυσίμων και της αιολικής. Η υδροηλεκτρική καταλαμβάνει για 60 περίπου χρόνια την πρώτη θέση στην παραγωγή των Α.Π.Ε., θέση την οποία και χάνει από την αιολική το 2019. Η ηλιακή ενέργεια παρουσιάζει και αυτή άνοδο, από το 2011 και έπειτα, με μικρότερο, όμως, ρυθμό συγκριτικά με τα βιοκαύσιμα και την αιολική, ενώ η γεωθερμική παραμένει σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα μέχρι και σήμερα. Η αύξηση, η οποία συντελείται στην παραγωγή των Α.Π.Ε. και των βιοκαυσίμων, από το 2000 και έπειτα οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στις απαιτήσεις και τα κίνητρα των πολιτειών και της ομοσπονδιακής κυβέρνησης για μεγαλύτερη χρήση τους. Αναφορικά με τις Α.Π.Ε., κυριότερη πολιτική αποτέλεσαν τα R.P.S.. Τα R.P.S. υιοθετούνται από ορισμένες πολιτειακές κυβερνήσεις των Η.Π.Α. και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην μεγαλύτερη εισχώρηση τους, καθώς το 50% της πραγματοποιηθείσας αύξησης στην παραγωγή αποδίδεται στην υιοθέτηση των προβλεπόμενων απαιτήσεων των R.P.S.. Οι κυριότερες μορφές Α.Π.Ε., οι οποίες προωθούνται μέσω των R.P.S. είναι η ηλιακή και αιολική ενέργεια. Αναφορικά με τα βιοκαύσιμα, κυριότερη πολιτική αποτέλεσαν τα R.F.S., τα οποία και αυξάνουν την παραγωγή βιοκαυσίμων, λόγω του ότι υποχρεώνουν την ανάμιξη μεγαλύτερου όγκου βιοκαυσίμων με τα «παραδοσιακά» ορυκτά καύσιμα, με την πάροδο του χρόνου,

Αναφορικά με την κατανάλωση/παραγωγή της πυρηνικής ενέργειας, η παραγωγή παρουσιάζει σημαντική και συνεχή αύξηση από 1970 έως και το 2000, ενώ από το 2001 και έπειτα παραμένει στάσιμη, χωρίς να παρουσιάζει ουσιώδεις μεταβολές. Η παραχθείσα πυρηνική ενέργεια καταναλώνεται αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η πυρηνική ενέργεια παρέχει σταθερά το ένα πέμπτο της αμερικανικής ηλεκτρικής ενέργειας τα τελευταία 30 χρόνια. Η στασιμότητα η οποία παρατηρείται οφείλεται, κυρίως, στο γεγονός ότι οι πυρηνικοί σταθμοί παράγουν «ακριβό» ηλεκτρικό ρεύμα το

οποίο δεν μπορούν να πωλήσουν σε μία «φθηνή» αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Το υψηλό κόστος παραγωγής των πυρηνικών εργοστασίων, το οποίο οδηγεί σε υψηλό ανά μονάδα κόστος παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό με την μείωση της ζήτησης, την προώθηση των Α.Π.Ε. και την χαμηλή τιμή του φυσικού αερίου, τα οποία οδηγούν σε χαμηλή ανά μονάδα κόστους παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν ως αποτέλεσμα η λειτουργία των πυρηνικών μονάδων να καθίσταται οικονομικά ασύμφορη και οι μονάδες οικονομικά μη βιώσιμες. Λύση στο πρόβλημα της οικονομικής βιωσιμότητας καλούνται να δώσουν οι πολιτειακές κυβερνήσεις. Οι κυβερνήσεις στην προσπάθειά τους να καταστήσουν οικονομικά βιώσιμες τις πυρηνικές μονάδες παραγωγής, υιοθετούν πολιτικές με τις οποίες στηρίζουν πυρηνικά εργοστάσια τα οποία πρόκειται να σταματήσουν την δραστηριότητά τους. Σημαντικό, επίσης, ρόλο στην στασιμότητα της παραγωγής πυρηνικής ενέργειας διαδραματίζουν και μη οικονομικά ζητήματα. Τα ζητήματα ασφάλειας, τα περιβαλλοντολογικά ζητήματα, καθώς και η άποψη της κοινής γνώμης για την πυρηνική ενέργεια, γενικότερα, αποτελούν εξίσου σημαντικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την λειτουργία των πυρηνικών μονάδων.

Στην συνέχεια, εξετάσαμε τους παράγοντες οι οποίοι θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο μέλλον την πυρηνικής ενέργειας και των Α.Π.Ε. στο αμερικανικό ενεργειακό σύστημα. Οι παράγοντες οι οποίοι θα καθορίσουν το μέλλον των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας στο ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α. είναι πολλοί και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα οικονομικών, τεχνολογικών, πολιτικών και πολιτισμικών παραγόντων.

Εστιάζοντας στους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την μελλοντική παραγωγή τόσο των Α.Π.Ε., όσο και την πυρηνικής ενέργεια, το φυσικό αέριο αποτελεί τον κύριο ανταγωνιστή τους στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τεχνολογίες και οι μέθοδοι μη συμβατικής παραγωγής φυσικού αερίου, μειώνουν σημαντικά το κόστος παραγωγής του, και κατ' επέκταση την τιμή του στην αγορά, παρέχοντάς του ένα πολύ σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των λοιπών μορφών ενέργειας. Παράλληλα, οι γαιάνθρακες, παρόλο που παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια κατακόρυφη πτώση, έχουν αγοραστικό και τεχνολογικό πλεονέκτημα έναντι των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας, καθώς

αποτελούν, για πάνω από εκατό χρόνια, το κύριο καύσιμο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και για το πετρέλαιο, το οποίο, αν και δεν παρουσιάζει μείωση την κατανάλωσή του, κατέχει στο μονοπώλιο στον τομέα των μεταφορών. Επίσης, υπάρχει και ανταγωνισμός ανάμεσα στις Α.Π.Ε. και την πυρηνική ενέργεια, και το ποια θα υπερτερήσει έναντι της άλλης.

Οι ενεργειακές πολιτικές που θα υιοθετηθούν για τις Α.Π.Ε. και την πυρηνική ενέργεια, θα καθορίσουν σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό ενσωμάτωσής τους στο ενεργειακό σύστημα, μελλοντικά. Οι Α.Π.Ε. τα τελευταία 20 χρόνια έχουν την νομοθετική «στήριξη» αρκετών πολιτειών, η οποία έχει αυξήσει σημαντικά το ποσοστό συμμετοχής τους στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη, οι νομοθετικές ρυθμίσεις για την πυρηνική ενέργεια μέχρι στιγμής επιτυγχάνουν την διατήρηση των ήδη υπαρχόντων μονάδων παραγωγής, λόγω των προβλημάτων βιωσιμότητας που αντιμετωπίζουν. Συνεπώς, η μεγαλύτερη ή όχι νομοθετική στήριξη των Α.Π.Ε. και κυρίως της πυρηνικής ενέργειας, θα αποτελέσει σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη και των δύο μορφών ενέργειας.

Οι τεχνολογικές εξελίξεις θα διαδραματίσουν εξίσου σημαντικό ρόλο στην προώθηση των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας. Η δυνατότητα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για τις Α.Π.Ε., η μείωση του κόστους παραγωγής για τις μονάδες πυρηνικής ενέργειας, και η επέκταση και εξέλιξη του ήδη υπάρχοντος δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούν τους κύριους τεχνολογικούς παράγοντες οι οποίοι θα μειώσουν το κόστος παραγωγής τους, καθιστώντας περισσότερο ανταγωνιστικές στην αγορά ενέργειας. Επίσης, οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των ηλεκτρικών οχημάτων, σε συνδυασμό πάντα, με τις προτιμήσεις των καταναλωτών για τα ηλεκτρικά οχήματα, θα μειώσει το ποσοστό συμμετοχής του πετρελαίου, αυξάνοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η επιπρόσθετη αυτή κατανάλωση εξαρτάται από ποια ενεργειακή πηγή θα παραχθεί.

Σημαντικός παράγοντας στην παρούσα αλλά και μετέπειτα προώθηση των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας, αποτελούν οι ενστάσεις και οι

διαφωνίες απέναντι στην υιοθέτηση πολιτικών προώθησής τους. Οι παραγωγοί οι οποίοι δραστηριοποιούνται για πολλές δεκαετίες στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, έρχονται αντιμέτωποι με ενεργειακές αλλαγές και μεταβάσεις, από τις οποίες δεν θα βγουν οικονομικά ωφελημένοι. Επίσης, η ζήτηση ενέργειας θα επηρεάσει την προώθηση ή μη των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας.

Εστιάζοντας στους παράγοντες που επηρεάζουν την μελλοντική παραγωγή πυρηνικής ενέργειας, η οικονομική βιωσιμότητα των μονάδων παραγωγής αποτελεί το μείζον ζήτημα και πρόβλημα. Ωστόσο, την λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα θα δώσουν, όπως προαναφέραμε, και οι μελλοντικές τεχνολογικές εξελίξεις και οι ενεργειακές πολιτικές. Κάτι αντίστοιχο παρουσιάζεται και στον τομέα ασφάλειας και περιβαλλοντικού κινδύνου, οι οποίοι βρίσκονται πάντα στο προσκήνιο, και αντικείμενο αντιπαράθεσης μεταξύ υποστηρικτών και επικριτών της πυρηνικής ενέργειας. Οι προοπτικές για μελλοντική ανάπτυξη της πρόκειται να δημιουργήσουν έντονες ανησυχίες και ενστάσεις αναφορικά με την λειτουργική ασφάλεια των σταθμών, την διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων και τον κίνδυνο διάδοσης και παράνομης εμπορίας πυρηνικών υλικών. Επομένως, και σε αυτήν την περίπτωση, η τεχνολογική εξέλιξη και η νομοθετική στήριξη των μονάδων αποτελεί την λύση, καθώς δεν πρέπει να εστιάζει αποκλειστικά και μόνο στο πως θα καταστεί πιο ανταγωνιστικό το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, αλλά και στο πως η παραγωγή αυτή, μέσα από αυστηρή νομοθετική και συνεχή κρατική επίβλεψη, θα γίνεται με ασφάλεια και σεβασμό στο περιβάλλον, αλλάζοντας, παράλληλα, και την άποψη της κοινής γνώμης για την πυρηνική ενέργεια.

Έχοντας ολοκληρώσει την διερεύνηση των παραγόντων οι οποίοι θα επηρεάσουν την μελλοντική παραγωγή των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας, συνεχίσαμε με την συνεισφοράς τους στις Η.Π.Α.. Η Προώθηση των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε τρία βασικά και σημαντικά ζητήματα για τις Η.Π.Α.:

- Στην Αντιμετώπιση των Περιβαλλοντικών Προβλημάτων
- Στην Διασφάλιση του Ενεργειακού Εφοδιασμού
- Στην Στήριξη & Εξέλιξη της Πυρηνικής Τεχνολογίας

Οι Α.Π.Ε. και η πυρηνική ενέργεια μπορούν να συμβάλουν στην μείωση των εκπομπών CO₂, καθώς και των λοιπών ρύπων που προκαλούν υπερθέρμανση του πλανήτη, στην μείωση της κατανάλωσης/απόσυρσης νερού, και στην γενικότερη υποβάθμιση του περιβάλλοντος από την κατανάλωση ορυκτών καύσιμων. Παράλληλα, δίνουν την δυνατότητα στις Η.Π.Α. να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες πετυχαίνοντας μείωση των εισαγωγών (κυρίως του πετρελαίου), ικανοποιώντας την ενεργειακή ζήτηση μέσω εγχώριας παραγωγής, εξασφαλίζοντας την ενεργειακή ασφάλεια και αυτάρκεια του αμερικανικού συστήματος ενέργειας.

Σημαντικό κίνητρο για την προώθηση της πυρηνικής ενέργειας αποτελεί η στήριξη & εξέλιξη της πυρηνικής βιομηχανίας των Η.Π.Α., η οποία πρόκειται να έχει θετικό αντίκτυπο για τις Η.Π.Α., σε ζητήματα τόσο εντός όσο και εκτός των συνόρων της. Εντός των συνόρων της, η στήριξη της πυρηνικής βιομηχανίας, μέσω των επενδύσεων σε έρευνα και ανάπτυξη, θα οδηγήσει στην εξέλιξη της πυρηνικής τεχνολογίας και στην ασφαλέστερη και οικονομικότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το μοναδιαίο κόστος της παραγόμενης ενέργειας θα μειωθεί, οι περιβαλλοντολογικοί ρύποι από την λειτουργία των μονάδων θα περιοριστούν, και ο κίνδυνος ενός πυρηνικού ατυχήματος θα γίνει ακόμη χαμηλότερος. Παράλληλα, η στήριξη των πυρηνικών μονάδων θα διασφαλίσει την οικονομική βιωσιμότητά τους, και κατ' επέκταση την λειτουργία τους, στηρίζοντας χιλιάδες εργαζομένους καθώς και τις οικονομίες των πολιτειών όπου και δραστηριοποιούνται οι μονάδες παραγωγής, αποσοβώντας τον κίνδυνο ενός τερματισμού της λειτουργίας τους. Εκτός των συνόρων της, οι καινοτομίες και η τεχνολογική εξέλιξη της πυρηνικής βιομηχανίας αποτελούν ένα ισχυρό χαρτί για της Η.Π.Α. μεγάλης γεωπολιτικής σημασίας. Οι Η.Π.Α. αναπτύσσοντας ένα ισχυρό εγχώριο πυρηνικό πρόγραμμα και εξαγοντας την πυρηνική της τεχνολογία στην παγκόσμια αγορά, η οποία παρουσιάζει μεγάλη ζήτηση, μπορούν να αποκομίσουν γεωπολιτικά οφέλη και να διαδραματίσουν,

ξανά, πρωταγωνιστικό ρόλο στην παγκόσμια τεχνολογική και οικονομική ανάπτυξη.

Εν συνεχεία, εστίασαμε στο αντίκτυπο της πυρηνικής ενέργειας και των Α.Π.Ε., στις εκπομπές CO₂. Το γεγονός ότι οι δύο ενεργειακές μορφές έχουν μηδενικές εκπομπές CO₂, τις καθιστά τις βέλτιστες εναλλακτικές επιλογές έναντι των ορυκτών καυσίμων. Ωστόσο, για την περίπτωση των Η.Π.Α. η πλειοψηφία των μελετών καταλήγει συμπέρασμα ότι μόνο η πυρηνική ενέργεια έχει σημαντικά θετικό αντίκτυπο στην μείωση των εκπομπών CO₂. Ο βαθμός ενσωμάτωσης και χρήσης της στο ενεργειακό σύστημα μίας χώρας, επηρεάζει τον αντίκτυπο αυτής στους εκλυόμενους ρύπους CO₂, καθώς σε χώρες όπου η παραγωγή πυρηνικής ενέργειας είναι μεγάλη (Η.Π.Α., Γαλλία, Καναδά), ο αντίκτυπος της καταναλωθείσας πυρηνικής ενέργειας στους εκλυόμενους ρύπους CO₂, είναι σημαντικός. Η μη συνεισφορά των Α.Π.Ε. αποδίδεται, κυρίως, στο γεγονός ότι δεν έχουν ενσωματωθεί στο ενεργειακό σύστημα στον βαθμό εκείνο στον οποίο η κατανάλωσή τους να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη μείωση των εκπομπών CO₂.

Εκτός από την επίδραση των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας, διερευνήσαμε το εάν το επίπεδο του εισοδήματος επηρεάζει το επίπεδο των εκλυόμενων ρύπων CO₂, και το κατά πόσο ισχύ η υπόθεση Kuznets. Τα μεικτά και ασαφή αποτελέσματα τα οποία παρατηρούνται για την ισχύ η μη της υπόθεσης Kuznet, όχι μόνο για τις Η.Π.Α. αλλά και για λοιπές ανεπτυγμένες χώρες, οφείλονται τόσο σε ενδογενή προβλήματα των ίδιων των μελετών, όσο και της ίδιας της υπόθεσης. Συνεπώς, διαπιστώσαμε ότι υψηλότερες τιμές του κατά κεφαλήν Α.Π.Ε. δεν συνεπάγονται, απαραίτητα, μεγαλύτερες προσπάθειες για τον περιορισμό των εκλυόμενων ρύπων.

Τέλος, στην παρούσα διπλωματική εργασία, εξετάσαμε τον αντίκτυπο της κατανάλωσης Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας στον Α.Ε.Π. των Η.Π.Α. Διαπιστώσαμε ότι τόσο για την συνολική κατανάλωση, όσο και για την κατανάλωση των επιμέρους δύο ενεργειακών μορφών, η διεθνής βιβλιογραφία καταλήγει σε μεικτά αποτελέσματα αιτιότητας, τόσο για την περίπτωση των Η.Π.Α., όσο και για λοιπές ανεπτυγμένες χώρες. Συνολικά, οι κύριες αιτίες στις

οποίες οφείλονται τα μεικτά αποτελέσματα αιτιότητας, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, και περιλαμβάνουν μια πληθώρα παραγόντων. Οι κυριότεροι είναι οι ακόλουθοι:

- Αιτίες που σχετίζονται με την υπό εξέταση χώρα:
 - ❖ Δομή και διάρθρωση της οικονομίας (π.χ. σε ποιους τομείς βασίζεται η οικονομία, η ενεργειακή ένταση του κάθε τομέα, νομισματική πολιτική, συναλλαγματική ισοτιμία κ.α.)
 - ❖ Φάση οικονομικού κύκλου (ανάπτυξη, ύφεση)
 - ❖ Κοινωνικά και πολιτιστικά χαρακτηριστικά & πρότυπα (π.χ. προτίμηση για αγορά οχημάτων μεγάλου κυβισμού)
 - ❖ Πολιτικά χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες (π.χ. ενεργειακές πολιτικές, δημοσιονομικές πολιτικές, διάκριση των εξουσιών κ.α.)
 - ❖ Γεωγραφική θέση και γεωμορφολογία
 - ❖ Έκταση και πληθυσμός
 - ❖ Κλιματολογικές συνθήκες
- Αιτίες που σχετίζονται με την διάρθρωση της μελέτης:
 - ❖ Οικονομικό μοντέλο
 - ❖ Επιλεχθείσες μεταβλητές
 - ❖ Επιλεχθείς τομείς της οικονομίας (συνολικό Α.Ε.Π. ή για τον κάθε τομέα ξεχωριστά)
 - ❖ Υπό εξέταση ενεργειακή πηγή (Συνολική κατανάλωση ή τις επιμέρους ενεργειακές μορφές, συνολική κατανάλωση Α.Π.Ε. ή τις επιμέρους ενεργειακές μορφές)
 - ❖ Χρονικός ορίζοντας μελέτης (βραχυχρόνια/μακροχρόνια επίδραση)
 - ❖ Επιλεχθείσα χρονική περίοδος των υπό εξέταση μεταβλητών
 - ❖ Τιμή λοιπών ενεργειακών μορφών

Παρόλη, όμως, την ασάφεια, η πλειοψηφία των μελετών, τόσο για την συνολική κατανάλωση, όσο και για την κατανάλωση των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας, υποστηρίζει την ισχύ της Υπόθεσης Ουδετερότητας.

6.2 Συμπεράσματα & Προτάσεις

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία καταλήξαμε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Αναφορικά με το Ενεργειακό Σύστημα των Η.Π.Α.:

- 1) Το ενεργειακό σύστημα των Η.Π.Α βρίσκεται σε ένα μεταβατικό στάδιο, κατά το οποίο ενισχύεται η αυτονομία και αυτάρκεια του, μέσω της αύξησης της παραγωγής και των εξαγωγών, και την μείωση των εισαγωγών. Παρόλη, όμως, την αύξηση της εγχώριας παραγόμενης ενέργειας, το αμερικανικό ενεργειακό σύστημα εξακολουθεί να στηρίζεται στις παραδοσιακές ρυπογόνες ενεργειακές πηγές, με το ποσοστό ενσωμάτωσης της πυρηνικής ενέργειας και των Α.Π.Ε. να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα.
- 2) Η πολιτειακή στήριξη των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας διαδραμάτισε τον καθοριστικότερο ρόλο στην αύξηση της παραγωγής των Α.Π.Ε., και στην διατήρηση της παραγωγής της πυρηνικής ενέργειας. Χωρίς αυτήν την στήριξη ο βαθμός ενσωμάτωσης και των δύο θα ήταν εξαιρετικά χαμηλότερος.
- 3) Κύρια εμπόδια στην εξέλιξη των Α.Π.Ε. αποτελούν η διαλείπουσα φύση τους, η τεχνολογική αδυναμία (προς το παρόν) για μακροχρόνια αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας και ο ενεργειακός ανταγωνισμός με το φυσικό αέριο.
- 4) Για την περίπτωση των πυρηνικών, τα εμπόδια είναι περισσότερα και μεγαλύτερα. Κύριο εμπόδιο αποτελεί η οικονομικά μη βιώσιμη λειτουργία των πυρηνικών μονάδων παράγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα, τα ζητήματα ασφαλείας, τα περιβαλλοντικά ζητήματα, η αρνητική εικόνα της πυρηνικής ενέργειας στην κοινή γνώμη, και ο ενεργειακός ανταγωνισμός, θέτουν επιπρόσθετα εμπόδια στην εξέλιξη της. Τα περισσότερα εμπόδια στην περίπτωση της πυρηνικής ενέργειας δικαιολογούν και το γεγονός ότι στην περίπτωση των Α.Π.Ε. η πολιτειακή στήριξη είναι μεγαλύτερη και αποτελεσματικότερη, καθώς η κατανάλωση

αυξάνεται, ενώ για την πυρηνική ενέργεια τα επίπεδα παραγωγής διατηρούνται σταθερά.

- 5) Η μεγαλύτερη προώθηση των Α.Π.Ε. έναντι της πυρηνικής ενέργειας, πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι βραχυχρόνια τα οικονομικά οφέλη είναι από την προώθηση τους είναι μεγαλύτερα, από αυτά της πυρηνικής ενέργειας. Επιπροσθέτως, το γεγονός ότι η πυρηνική ενέργεια έχει μία αρνητική εικόνα στους Αμερικανούς πολίτες-ψηφοφόρους, οδηγεί τις κυβερνήσεις των πολιτειών να προωθήσουν και να στηρίξουν την ενεργειακή πηγή η οποία έχει την μεγαλύτερη αποδοχή από την κοινή γνώμη, δηλαδή τις Α.Π.Ε..
- 6) Η συμβολή της πυρηνικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη από αυτήν των Α.Π.Ε. αναφορικά με τις εκπομπές CO₂. Ωστόσο, μελλοντικά, και εφόσον αυξηθεί περαιτέρω η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., οι Α.Π.Ε. δύναται να διαδραματίσουν και αυτές σημαντικό ρόλο στην μείωση των εκπομπών.
- 7) Με βάση τα οφέλη τα οποία προσφέρουν οι Α.Π.Ε. και η πυρηνική ενέργεια μακροπρόθεσμα, η πυρηνική ενέργεια είναι προτιμότερη και περισσότερο αποτελεσματική από τις Α.Π.Ε. Ωστόσο, η «προτίμηση» αυτή δεν συνεπάγεται ότι θα πρέπει να παραγκωνιστεί η τεχνολογική εξέλιξη και η προώθηση των Α.Π.Ε., αλλά θα πρέπει και οι δύο ενεργειακές πηγές να αποτελέσουν μελλοντικά τους πυλώνες του αμερικανικού ενεργειακού συστήματος.
- 8) Η τεχνολογική εξέλιξη αποτελεί το κλειδί και για τις δύο ενεργειακές πηγές, έτσι ώστε να καταστούν οικονομικά και ενεργειακά βιώσιμες και ωφέλιμες, χωρίς να είναι απαραίτητη η νομοθετική στήριξη των πολιτειών για την ανάπτυξή τους.

Αναφορικά με την διερεύνηση της αιτιώδους σχέσης:

- 9) Η διερεύνηση της αιτιώδους σχέσης ανάμεσα στην κατανάλωση ενέργειας και την οικονομική ανάπτυξη ενός κράτους, είναι εξαιρετικά σύνθετο και πολυπαραγοντικό ζήτημα, γεγονός το οποίο και δικαιολογεί τα μεικτά και ασαφή αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
- 10) Η σύγκριση των αποτελεσμάτων αιτιότητας προσφέρει χρήσιμα και εποικοδομητικά αποτελέσματα εφόσον συγκρίνονται δύο κράτη τα οποία όχι μόνο έχουν κοινά οικονομικά χαρακτηριστικά (ανεπτυγμένες/αναπτυσσόμενες χώρες), αλλά παρόμοια δομή και διάρθρωση του ενεργειακού τους συστήματος.
- 11) Η σημασία της κατανάλωσης ενέργειας, και κυρίως της κατανάλωσης μίας ενεργειακής μορφής, διαφοροποιείται και αλλάζει με το πέρασμα των ετών. Συνεπώς, η αιτιότητα μεταξύ κατανάλωσης ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης είναι ένα ζήτημα το οποίο θα πρέπει να εξετάζεται διαρκώς, έτσι ώστε να εφαρμόζονται οι κατάλληλες ενεργειακές πολιτικές, όταν παρατηρείται αλλαγή της αιτιότητας, τόσο λόγω οικονομικών όσο και ενεργειακών μεταβολών.

Όσον αφορά τις προτάσεις μας για μελλοντική έρευνα, πιστεύουμε ότι στο μέλλον θα μπορούσε να διερευνηθεί οικονομικά η συνεισφοράς της κάθε ενεργειακής πηγής ξεχωριστά στην οικονομική ανάπτυξη, και κυρίως των Α.Π.Ε. και των επιμέρους ενεργειακών της μορφών. Με αυτόν τον τρόπο θα προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η δυναμική και η σχέση αιτιότητας της κάθε ενεργειακής πηγής, καθιστώντας την ενεργειακή πολιτική πιο στενευμένη και ακριβής. Επιπροσθέτως, θα μπορούσε να εξεταστεί εκτενέστερα η συσχέτιση των Α.Π.Ε. και της πυρηνικής ενέργειας με τις λοιπές ενεργειακές μορφές, και όχι μόνο με το Α.Ε.Π..

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

Άρθρα

- 1) Adamantiades, A., Kessides, I., 2009, Nuclear power for sustainable development: Current status and future prospects, *Energy Policy*, 37 (12), σελ. 5149–5166, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421509005436>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 2) Ajmi, A., El Montasser, G., Nguyen, D., 2013, ***Testing the relationships between energy consumption and income in G7 countries with nonlinear causality tests***, *Economic Modelling*, 35 (2013), σελ. 126-133, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999313002459>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 3) Ang, J., 2007, ***CO2 emissions, energy consumption, and output in France***, *Energy Policy*, 35(10), σελ. 4772-4778, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421507001498>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 4) Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., Assimacopoulos, D., 2012, ***Monitoring the sustainability of the Greek energy system***, *Energy for Sustainable Development*, 16 (1), σελ. 51-56, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082611000810?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 5) Apergis, N., Payne, J., 2009, ***A panel study of nuclear energy consumption and economic growth***, *Energy Economics*, 32 (3), σελ. 545-549, διαθέσιμο στην: <https://econpapers.repec.org/article/eeeeneeco/v_3a32_3ay_3a2010_3ai_3a3_3ap_3a5_45-549.htm> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 6) Apergis, N., Payne, J., Menyah, K., Wolde-Rufael, Y., 2010, ***On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth***, *Ecological Economics*, 69(11), σελ. 2255-2260, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800910002399?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 7) Baek, J., Kim, H., S., 2013, ***Is economic growth good or bad for the environment? Empirical evidence from Korea***, *Energy Economics*, 36(1), σελ. 744-749, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988312003180>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 8) Baek, J., Pride, D., 2014, ***On the income-nuclear energy-CO2 emissions nexus revisited***, *Energy Economics*, 43(3), σελ. 6-10, διαθέσιμο στην: <https://econpapers.repec.org/article/eeeeneeco/v_3a43_3ay_3a2014_3ai_3a3_3ap_3a6-10.htm> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 9) Baek, J., 2015, ***A panel cointegration analysis of CO2 emissions, nuclear energy and income in major nuclear generating countries***, *Applied Energy*, 145(1), σελ. 133-138, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261915001105>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 10) Baek, J., 2016, ***Do nuclear and renewable energy improve the environment? Empirical evidence from the United States***, *Ecological Indicators*, 66(1), σελ. 352-356, διαθέσιμο στην:

- <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X16300139>>
[Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 11) Baek, J., Pride, D., 2014, *On the income–nuclear energy–CO2 emissions nexus revisited*, *Energy Economics*, 43(3), σελ. 6-10, διαθέσιμη στην:
<<https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v43y2014icp6-10.html>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
 - 12) Barbose, G., 2019, U.S., *Renewables Portfolio Standards 2019 Annual Status Report*, Annual Report 2019, [pdf], online, *Lawrence Berkeley National Laboratory*, διαθέσιμη στην:
<<https://emp.lbl.gov/publications/us-renewables-portfolio-standards-2>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
 - 13) B.P., 2018, *B.P. Statistical Review of World Energy*, Annual Report 2018, [pdf], online, διαθέσιμη στην: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
 - 14) Brown, M., *What will be the true impact of electric vehicles*, [pdf], online, *Power Engineering International*, διαθέσιμη στην:
<<https://www.powerengineeringint.com/renewables/solar/what-will-be-the-true-impact-of-electric-vehicles/>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
 - 15) Bushnell, J., Peterman, C., Wolfram, C., 2007, *LOCAL SOLUTIONS TO GLOBAL PROBLEMS: POLICY CHOICE AND REGULATORY JURISDICTION*, [pdf], online, *National Bureau of Economic Research*, διαθέσιμη στην:
<<https://www.nber.org/papers/w13472.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
 - 16) Capuano, L., 2020, *Annual Energy Outlook 2020*, Annual Report 2020, [pdf] online, *International Renewable Energy Agency: Washington, DC*, , διαθέσιμη στην:
<https://www.eia.gov/pressroom/presentations/capuano_01292020.pdf> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
 - 17) Chen, J., Wu, Y., Xu, C., 2018, *Global non-fossil fuel consumption: driving factors, disparities, and trends*, *Management Decision*, 57 (4), σελ. 791-810, διαθέσιμη στην:
<<https://www.emerald.com/insight/publication/issn/0025-1747>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
 - 18) Chiou-Wei, S., Chen, C., Zhu, Z., 2008, *Economic growth and energy consumption revisited—Evidence from linear and nonlinear Granger causality*, *Energy Economics*, 36(6), σελ. 3063-3076, διαθέσιμη στην:
<<https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v30y2008i6p3063-3076.html>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
 - 19) Chu, P., H., Chang, T., 2012, *Nuclear energy consumption, oil consumption and economic growth in G-6 countries: Bootstrap panel causality test*, *Energy Policy*, 48(3) διαθέσιμη στην:
<<https://econpapers.repec.org/article/eeeene/pol/v3a483ay3a20123ai3ac3ap3a762-769.htm>> [Τελευταία Επίσκεψη: 4/6/2020]
 - 20) Clack, C., Staffan, A., Apt, J., Bazilian, M., Brandt, A., Caldeira, K., Davis, S., Diakov, V., Handschy, M., Hines, P., Jaramillo, P., Kammen, D., Long, J., Morgan, M., Reed, A., Sivaram, V., Sweeney, J., Tynan, G., Victor, D., Weyant, J., Whitacre, J., 2017, *Evaluation of a proposal for reliable low-cost grid power with 100% wind, water, and solar*, *PNAS*, 114 (26), σελ. 6722–6727, διαθέσιμη στην:
<<https://www.pnas.org/content/suppl/2017/06/16/1610381114.DCSupplemental>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
 - 21) Copeland, B., Taylor, S., 2004, *Trade, Growth, and the Environment*, *Journal of Economic Literature*, 42, (1), σελ. 7-71, διαθέσιμη στην:
<<http://www.owlnet.rice.edu/~econ480/notes/Trade.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]

- 22) Cooper, A., Kleiman, M., Livermore, S., Kenneth, M., 2015, ***The Macroeconomic Impact of Increasing U.S. LNG Exports***, Annual Report 2015, [pdf], online, *Leonardo Technologies, Inc. for U.S. Department of energy*, διαθέσιμο στην: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/12/f27/20151113_macro_impact_of_lng_exports_0.pdf> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 23) Destek, M., Sarkodie, S., 2019, Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: The role of energy and financial development, *Science of The Total Environment*, 650(2), σελ. 2483-2489, διαθέσιμο στην: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718338907?casa_token=9KqpieO1zloAAAAA:DKa2guXLOaG0RqWGOj2NOXybYok9ZTGZ9XnuZEwqzYgilhNGID2jzmt8CiN1jLlpy4sKXmYOnQ> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 24) Dogan, E., Ozturk, I., 2017, ***The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO2 emissions in the USA: evidence from structural break tests***, *Environmental Science and Pollution Research*, 24(1), σελ. 10846-10854, διαθέσιμο στην: <https://www.researchgate.net/publication/315050018_The_influence_of_renewable_and_non-renewable_energy_consumption_and_real_income_on_CO2_emissions_in_the_USA_evidence_from_structural_break_tests> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 25) Engel, K., Orbach, B., 2008, ***Micro-Motives and State and Local Climate Change Initiatives***, *Harvard Law & Policy Review*, 2(1), σελ. 119-137, διαθέσιμο στην: <[https://www.scrip.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=675538](https://www.scrip.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=675538)> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 26) Gallagher, P., Yee, W., Baumes, H., 2016, ***2015 energy balance for the corn-ethanol industry***, Annual Report 2015, [pdf], online, Office of Energy Policy and New Uses, United States Department of Agriculture, διαθέσιμο στην: <<https://www.usda.gov/oce/reports/energy/2015EnergyBalanceCornEthanol.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 27) Feng, W., Figliozzi, M., 2013, ***An economic and technological analysis of the key factors affecting the competitiveness of electric commercial vehicles: A case study from the USA market***, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 26 (1), διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X12000897?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 28) Geels, F., 2002, ***Technological transitions as evolutionary configuration processes: A multi-level perspective and a case-study***, *Research Policy*, 31 (8-9), σελ. 1257-1274, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733302000628?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 29) Geels, F., 2011, ***Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study***, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1 (1), σελ. 24-40, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210422411000050?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 30) Geels, F., Schot, J., 2007, ***Typology of sociotechnical transition pathways***, *Research Policy*, 36 (3), διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733307000248?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 31) Gnansounou, E., 2008, ***Assessing the energy vulnerability: Case of industrialized countries***, *Energy Policy*, 36(10), σελ. 3734-3744, διαθέσιμο στην: <<https://econpapers.repec.org/article/eeenepol/v3a36/3ay3a20083ai3a103ap3a3734-3744.htm>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 32) Hart, D., Bonvillian, W., Austin, N., 2018, ***Energy Storage for the Grid: Policy Options for Sustaining Innovation***, [pdf], online, *MIT Energy Initiative: Cambridge*, διαθέσιμο στην:

- <<http://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2018/04/MITEI-WP-2018-04.pdf>>
[Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 33) Hatzenbuehler, H., Centner, T., 2012, *Regulation of water pollution from hydraulic fracturing in horizontally-drilled Wells in the Marcellus shale region, USA*, *Water*, 4 (4), σελ. 983-994, διαθέσιμη στην:
<https://www.researchgate.net/publication/277463413_Regulation_of_Water_Pollution_from_Hydraulic_Fracturing_in_Horizontally-Drilled_Wells_in_the_Marcellus_Shale_Region_USA> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 34) Huntington, H., 2010: *Structural change and U.S. energy use: recent patterns*, *The Energy Journal*, 31 (3), σελ. 25-40, διαθέσιμη στην:
<<https://ideas.repec.org/a/aen/journl/2010v31-03-a02.html>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 35) Houser, T., Bordoff, J., Marsters P., 2017, *Can coal make a comeback?*, [e-book], New York: Center on Global Energy Policy, Columbia University, διαθέσιμη στην:
<<https://www.earth.columbia.edu/projects/view/200>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 36) International Renewable Energy Agency, 2017, *Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030*, [pdf], online, διαθέσιμη στην: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 37) Iwata, H., Okada, K., Samreth, S., 2011, *Empirical study on the determinants of CO2 emissions: evidence from OECD countries*, *Applied Economics*, 44(27), σελ. 3513-3519, διαθέσιμη στην:
<<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036846.2011.577023>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 38) Jaforullah, M., King, A., 2015, *Does the use of renewable energy sources mitigate CO2 emissions? A reassessment of the US evidence*, *Energy Economics*, 49(3), σελ. 711-717, διαθέσιμη στην:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988315001280?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 39) Kalkuhl, M., Edenhofer, O., Lessmanna, K., 2013, *Renewable energy subsidies: Second-best policy or fatal aberration for mitigation?*, *Resource and Energy Economics*, 35(1), σελ. 217-234, διαθέσιμη στην: <https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/pdf/Publikationen/Kalkuhl_Edenhofer_Lessmann_Renewable_energy_subsidies_2013.pdf> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 40) Kear, A., 2018, *Natural gas policy path: built to boom*, *Journal Policy History*, 30 (2), σελ. 334-365, διαθέσιμη στην: <<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-policy-history/article/natural-gas-policy-path-built-to-boom/F0E2674635CB66D688B9C1F436228D51>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 41) Kelly, C., Onat, N., C., Tatari, O., 2019, *Water and carbon footprint reduction potential of renewable energy in the United States: A policy analysis using system dynamics*, *Journal of Cleaner Production*, 228 (1), σελ. 910-926, διαθέσιμη στην:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619313599?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 42) Keshavarzmohammadian, A., Henze, D., Milford, J., 2017, *Emission impacts of electric vehicles in the US transportation sector following optimistic cost and efficiency projections*. *EnvironSciTechnol*, 51(12), σελ. 6665-6673, διαθέσιμη στην:
<https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acs.est.6b04801/suppl_file/es6b04801_si_001.pdf> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 43) Kirsten, E., Orbach, B., 2008, *Micro-Motives for State and Local Climate Change Initiatives*, *Harvard Law & Policy Review*, 2, σελ. 119-137, διαθέσιμη στην:

- <https://www.researchgate.net/publication/228219050_Micro-Motives_for_State_and_Local_Climate_Change_Initiatives> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 44) Lau, L., Choong, C., Ng, C., Liew, F., 2019, *Ching, S., Is nuclear energy clean? Revisit of Environmental Kuznets Curve hypothesis in OECD countries*, *Economic Modelling*, 77(3), σελ. 12-20, διαθέσιμο στην: <<https://ideas.repec.org/a/eee/ecmode/v77y2019icp12-20.html>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 45) Lazar, J., 2016, *Electricity Regulation in the US: A Guide, Second Edition*, [e-book], Washington: The Regulatory Assistance Project, διαθέσιμο στην: <<https://www.raponline.org/knowledge-center/electricity-regulation-in-the-us-a-guide-2/>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 46) Lazar, J., 2017, Levelized Cost of Energy Analysis-Version 11.0, [pdf], online, διαθέσιμο στην: <<https://www.lazard.com/media/450784/lazards-levelized-cost-of-energy-version-120-vfinal.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 47) Lee, C., Chiu, Y., 2011, *Nuclear energy consumption, oil prices, and economic growth: Evidence from highly industrialized countries*, *Energy Economics*, 33(2), σελ. 236-248. διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014098831000109X>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 48) Liu, X., 2005, Explaining the relationship between CO2 emissions and national income—The role of energy consumption, *Economics Letters* 87 (3), σελ. 325-328. διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016517650500056X>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 49) Lu, J., Qi, Y., 2018, *U.S. gas to China: Positive energy for bilateral relations*, *Brookings Institute*, [pdf], online, διαθέσιμο στην: <<https://www.brookings.edu/2018/05/31/u-s-gas-to-china-positive-energy-for-bilateral-relations/>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 50) Lyon, T., Yin, H., 2010, *Why Do States Adopt Renewable Portfolio Standards?, An Empirical Investigation*, *The Energy Journal*, 31, (3), σελ. 133-157, διαθέσιμο στην: <<http://webuser.bus.umich.edu/tplyon/PDF/Published%20Papers/Lyon%20Yin%20RPS%20Energy%20Journal%20Proofs.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 51) Martínez-Zarzoso, I., Bengochea-Morancho, A., 2004, *Pooled mean group estimation of an environmental Kuznets curve for CO2*, *Economics Letters*, 82(1), σελ. 121-126, διαθέσιμο στην: <https://econpapers.repec.org/article/eeeecolet/v_3a82_3ay_3a2004_3ai_3a1_3ap_3a12_1-126.htm> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 52) Maxwell, D., Zhu, Z., 2011, *Natural gas prices, LNG transport costs, and the dynamics of LNG imports*, *Energy Economics*, 33 (2), σελ. 217-226, διαθέσιμο στην: <https://econpapers.repec.org/article/eeeeneeco/v_3a33_3ay_3a2011_3ai_3a2_3ap_3a2_17-226.htm> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 53) Menyah, K., Wolde-Rufael, Y., 2010, *CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US*, *Energy Policy*, 38(6), σελ. 2911-2915, διαθέσιμο στην: <https://econpapers.repec.org/article/eeeeneepol/v_3a38_3ay_3a2010_3ai_3a6_3ap_3a29_11-2915.htm> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 54) Metcalf, G., 2008, *An Empirical Analysis of Energy Intensity and Its Determinants at the State Level*, *The Energy Journal*, 29 (3), σελ. 1-26, διαθέσιμο στην: <<https://econpapers.repec.org/article/aenjournal/2008v29-03-a01.htm>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 55) Moirasgentis, S., Sarafidis, G., Georgopoulou, E., 2017, *Long Term Plan for the Greek Energy System*, Annual Report, [e-book] *Environmental Organization WWF Greece – Institute for Environmental Research & Sustainable Development*, διαθέσιμο στην:

- <<https://www.wwf.gr/images/pdfs/EnergyReportFinal.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 56) Mone, C., Hand, M., Bolinger, M., Rand J., Heimiller, D., Ho, J., 2015, *Cost of Wind Energy Review*, Annual Report 2015, [pdf], online, *National Renewable Energy Laboratory*, διαθέσιμο στην: <<https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/66861.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 57) Montgomery, C., Smith, M., 2010, *Hydraulic fracturing—history of an enduring technology*, *J Petrol Technol*, 62 (12), σελ. 80–85. διαθέσιμο στην: <<https://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2013/07/Hydraulic.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 58) Nazlioglu, S., Lebe, F., Kayhan, S., 2011, *Nuclear energy consumption and economic growth in OECD countries: Cross-sectionally dependent heterogeneous panel causality analysis*, *Energy Policy*, 39(10), σελ. 6615-6621, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511006045>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 59) Onat, N., Kucukvar, M., Tatari, O., 2018, *Well-to-wheel water footprints of conventional versus electric vehicles in the United States: A state-based comparative analysis*, *Journal of Cleaner Production*, 204(3), σελ. 788-802, διαθέσιμο στην: <<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900038582>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 60) Organisation for Economic Co-operation and Development, 2020, *Water withdrawals Data*, [online], διαθέσιμο στην: <<https://data.oecd.org/water/water-withdrawals.htm>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 61) Özokcu, S., Özdemir, Ö., 2017, *Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72(2017), σελ. 639-647, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117300692?via%3Dihub>>
- 62) Palmer, K., Burtraw, D., 2005, *Cost-effectiveness of renewable electricity policies*, *Energy Economics*, 27(6), σελ. 873–894., διαθέσιμο στην: <https://econpapers.repec.org/article/eeeeneeco/v_3a27_3ay_3a2005_3ai_3a6_3ap_3a873-894.htm> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 63) Ozcana, B., Ari, A., 2015, *Nuclear Energy Consumption-Economic Growth Nexus in OECD: A Bootstrap Causality Test*, *ScienceDirect*, (30) 2015, διαθέσιμο στην: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjXzbPLI8_pAhW6RhUIHYoUD_kQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fpii%2FS221256711501271X&usq=A0vVaw25_cSjzUcN69SldFVzAT- [Τελευταία Επίσκεψη: 4/6/2020]
- 64) Pao H., T., Tsai, C., M., 2010, *CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries*, *Energy Policy*, 38(12), σελ. 7850-7860, διαθέσιμο στην: <https://www.researchgate.net/publication/227415233_CO2_emissions_energy_consumption_and_economic_growth_in_BRIC_countries> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 65) Pao, H., T., Yu, H., C., Yang Y., H., 2011, *Modeling the CO2 emissions, energy use, and economic growth in Russia*, 36(8), σελ. 5094-5100, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544211003811?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 66) Pasqualetti, M., 2011, *Social barriers to renewable energy landscapes*, *Geographical Review*, 101(2), σελ. 101-123, διαθέσιμο στην: <https://www.researchgate.net/publication/265643668_Social_barriers_to_renewable_energy_landscapes> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 67) Patel, S., 2018, *The Big Picture: Energy Storage Mandates*, *Power Magazine*, [pdf], online, διαθέσιμο στην: <<https://www.powermag.com/the-big-picture-energy-storage-mandates/>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]

- 68) Patel, S., 2018, *GE HA Turbine Snags Another World Record for CCGT Efficiency*, *Power Magazine*, [pdf], online, διαθέσιμο στην: <<https://www.powermag.com/ge-ha-turbine-snags-another-world-record-for-ccgt-efficiency/>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 69) Payne, J., 2009, *On the dynamics of energy consumption and output in the US*, *Applied Energy*, 86(4), σελ. 575-577, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261908001724>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 70) Richmond, A., Kaufmann, R., 2006, *Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions?*, *The Energy Journal*, 27(4), σελ. 157-180, διαθέσιμο στην: <<https://www.jstor.org/stable/23297037?seq=1>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 71) Ritchie, H., Roser, M., 2018, *Our World in Data: Energy Data*, [online], *Oxford Martin School*, διαθέσιμο στην: <<https://ourworldindata.org/energy>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 72) Samuelson, R., 2014, *The unexpected challenges of using energy intensity as a policy objective: Examining the debate over the APEC energy intensity goal*, *Energy Policy*, 64 (0) σελ. 373 --381, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513009440?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 73) Saundry, P., 2019, *Review of the United States energy system in transition*, *Energy, Sustainability and Society*, 9 (4), διαθέσιμο στην: <<https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-018-0178-8>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 74) Scott, M., 2018, *Nuclear Power Outlook: Annual Energy Outlook 2018*, *Annual Report*, [online], *U.S. Energy Information Administration*, διαθέσιμο στην: <<https://www.eia.gov/outlooks/aeo/npo.php>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 75) Shahbaz, M., Mahalik, M., K., Shad, S., H., Sato, J., R., 2016, *Time-varying analysis of CO₂ emissions, energy consumption, and economic growth nexus: Statistical experience in next 11 countries*, *Energy Policy*, 98 (2016), σελ. 33-48, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030142151630427X?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 76) Shahbaz, M., Zakaria, M., Jawad, S., Shahzad, H., Mahalik, M., 2018, *The energy consumption and economic growth nexus in top ten energy-consuming countries: Fresh evidence from using the quantile-on-quantile approach*, *Energy Economics*, 71(2018), σελ. 282-301, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988318300860?via%3Dihub>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 77) Shahbaz, M., Sinha, A., 2019, *Environmental Kuznets curve for CO₂ emissions: a literature survey*, *Journal of Economic Studies*, 46(1). σελ. 106-168, διαθέσιμο στην: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JES-09-2017-0249/full/html?casa_token=CZ-t-ifaCAAAAAA:XD_v9YCO56iQcPhrSGEQ4pY0brPhEHCng0A9lMRhR8UXj9H7PKPwaQR-d45qb6H9F1YvYys6PCySYA9mEGb6mBdkZ37xRt3SAAdgzBXWFzSlwm_YB4K4> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 78) Sharp, P., Kuczynski, S., 2016, *The Future of Nuclear Energy in the United States*, 2016 FORUM ON THE FUTURE OF NUCLEAR ENERGY, *Aspen Institute*, [pdf], online, διαθέσιμο στην: <<https://assets.aspeninstitute.org/content/uploads/2017/02/2016-Nuclear-Energy-Forum-1-30-17.pdf>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 79) Shea, D., Hartman, K., 2017, *STATUS OF U.S. NUCLEAR REACTORS*, [online], *National Conference of State legislatures*, διαθέσιμο στην:

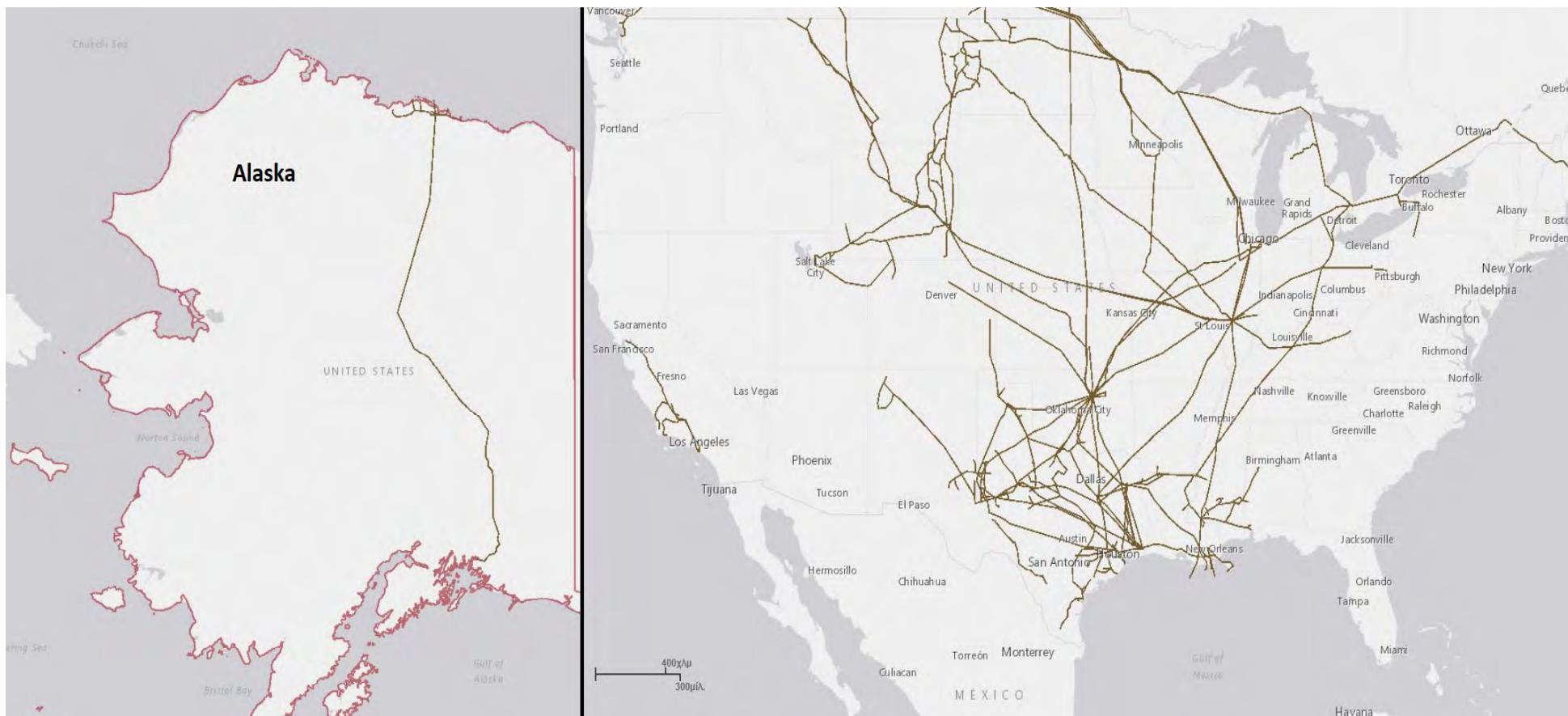
- <<https://www.ncsl.org/research/energy/state-action-in-support-of-nuclear-generation.aspx>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 80) Shrimali, G., Chan, G., Jenner, S., Groba, F., Indvik, J., 2015. *Evaluating renewable portfolio standards for in-staterenewable deployment: accounting for policy heterogeneity*, *Economics of Energy & Environmental Policy*, 4(1), σελ. 1-16, διαθέσιμη στην: <https://www.researchgate.net/publication/273178604_Evaluating_Renewable_Portfolio_Standards_for_In-State_Renewable_Deployment_Accounting_for_Policy_Heterogeneity/link/57625f8a08ae2b8d20ed6e71/download> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 81) Singh, N., Nyuur, R., Richmond, B., 2019, *Renewable Energy Development as a Driver of Economic Growth: Evidence from Multivariate Panel Data Analysis*, *MDPI*, 11(8), σελ. 1-18, διαθέσιμο στην: <<https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v11y2019i8p2418-d225381.html>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 82) Soytas, U., Sarib, R., Ewingc, B., 2007, *Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States*, *Ecological Economics*, 62(3-4), σελ. 482-489, διαθέσιμη στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800906003430>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 83) Soytas, U., Sari, R., 2006, *Energy consumption and income in G-7 countries*, *Journal of Policy Modeling*, 28 (7), σελ. 739-750, διαθέσιμο στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161893806000226>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 84) Stern, D., 2004, *The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve*, *World Development*, 32(8), σελ. 1.419-1.439, διαθέσιμη στην: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X04000798>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 85) Stock, J., 2018, *Reforming the Renewable Fuel Standard*, *Center on Global Energy Policy, Columbia University*, [pdf], online, διαθέσιμη στην: <<https://energypolicy.columbia.edu/research/report/reforming-renewable-fuel-standard>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 86) Thomson, H., Kempton, W., 2018, *Perceptions and attitudes of residents living near a wind turbine compared with those living near a coal power plant*, *Renewable Energy*, 123 (8), σελ. 301-311, διαθέσιμη στην: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.036>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 87) Tyner, W., 2008, *The US ethanol and biofuels boom: its origins, current status, and future prospects*, *BioScience*, 58(7), σελ. 646-653, διαθέσιμη στην: <<https://academic.oup.com/bioscience/article/58/7/646/237138>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 88) United Nations, 2019, *World Economic Situation and Prospects 2019, Report*, [pdf], online, ed. M., Lee, Kortés, σελ. 158 -206, διαθέσιμη στην: <https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2019_BOOK-ANNEX-en.pdf> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 89) Ulli-Beer, S., 2014, *Conceptual grounds of socio-technical transitions and governance dynamics*. στο: Ulli-Beer S (επιμ), *Governance dynamics of energy technology change towards sustainability: Analyzing and substantiating socio-technical transitions*, [e-book] Springer Verlag: Heidelberg, διαθέσιμη στην: <<https://www.springer.com/gp/book/9783642397523>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 90) U.S. Department of Energy, 2018, *Electric Vehicles: Tax Credits and Other Incentives*, [pdf], online, διαθέσιμη στην: <<https://afdc.energy.gov/laws/search>> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]

- 91) U.S. Energy Information Administration, 2017, *Study of the potential energy consumption impacts of connected and automated vehicles*, [pdf], online, διαθέσιμη στην: https://www.eia.gov/analysis/studies/transportation/automated/pdf/automated_vehicle_s.pdf [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 92) U.S. Energy Information Administration, 2019, *Annual Energy Outlook 2019 with projections to 2050*, [pdf], online, διαθέσιμη στην: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 93) U.S. Energy Information Administration, 2020, *1949-2019 Energy Annual Outlook*, [pdf], online, διαθέσιμη στην: <https://www.eia.gov/totalenergy/>
- 94) U.S. Energy Information Administration, 2020, *U.S.A. Energy Mapping System*, [online], διαθέσιμη στην: <https://www.eia.gov/state/maps.php> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 95) U.S. Energy Information Administration, 2020, *U.S.A. Annual Energy Data*, [online], διαθέσιμη στην: <https://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/index.php> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 96) U.S. Energy Information Administration, 2020, *Renewable energy explained*, [online], διαθέσιμη στην: <https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 97) U.S. Energy Information Administration, 2020, *Energy Data*, [online], διαθέσιμη στην: <https://www.eia.gov/totalenergy/data/browser/index.php?tbl=T02.01#/?f=A&start=1949&end=2019&charted=3-6-9-12> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 98) Wiser, R., Mai, T., Millstein, D., Barbose, G., Bird, L., Heeter, J., Keyser, D., Krishnan, V., Macknick, J., 2017, *Assessing the costs and benefits of US renewable portfolio standards*, *Environmental Research Letters*, 12(9), διαθέσιμη στην: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa87bd> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 99) Wolde-Rufael, Y., Menyah, K., 2010, *Nuclear energy consumption and economic growth in nine developed countries*, *Energy Economics*, 32(3), σελ. 550-556, διαθέσιμη στην: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988310000150> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 100) World Nuclear Association, 2020, *Emerging Nuclear Energy Countries*, [online], διαθέσιμη στην: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/emerging-nuclear-energy-countries.aspx> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 101) World Nuclear Association, 2020, *Nuclear Power in the World Today*, [online], διαθέσιμη στην: <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 102) Yi, H., 2015, *Clean-energy policies and electricity sector carbon emissions in the U.S. states*, *Utilities Policy*, 34(1), σελ. 19-29, διαθέσιμη στην: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957178715300023?via%3Dihub> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 103) Zachariadis, T., 2007, *Exploring the relationship between energy use and economic growth with bivariate models: New evidence from G-7 countries*, *Energy Economics*, 29(6), σελ. 1233-1253, διαθέσιμη στην: https://www.researchgate.net/publication/4944460_Exploring_the_relationship_between_energy_use_and_economic_growth_with_bivariate_models_New_evidence_from_G-7_countries [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]

Ιστοσελίδες

- 104) **Central Intelligence Agency:** <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/us.html> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 105) **International Atomic Energy Agency:** <https://www.iaea.org> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 106) **Nuclear Energy Institute:** <https://www.nei.org/home> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 107) **Organization for Economic Co-operation and Development:** <https://data.oecd.org/water/water-withdrawals.htm> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 108) **United States Department of Energy** <https://www.sandia.gov/ess-ssl/global-energy-storage-database/> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 109) **United States Energy Information Administration:** <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 110) **United States Geological Survey** https://www.usgs.gov/centers/cersc/science/united-states-assessments-undiscovered-oil-and-gas-resources?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 111) **WorldBank:** <https://data.worldbank.org/country/united-states> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]
- 112) **World Nuclear Association:** <https://www.world-nuclear.org> [Τελευταία Επίσκεψη: 17/6/2020]

Παράρτημα 1: Χάρτες



Χάρτης 1: Αγωγοί Μεταφοράς Αργού Πετρελαίου στις Η.Π.Α

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

Πηγή: E.I.A.: U.S. Energy Information Administration <<https://www.eia.gov/state/maps.php>>

Χάρτης 2: Αγωγοί Μεταφοράς Προϊόντων Πετρελαίου στις Η.Π.Α



Αδαμάκης Κωνσταντίνος
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

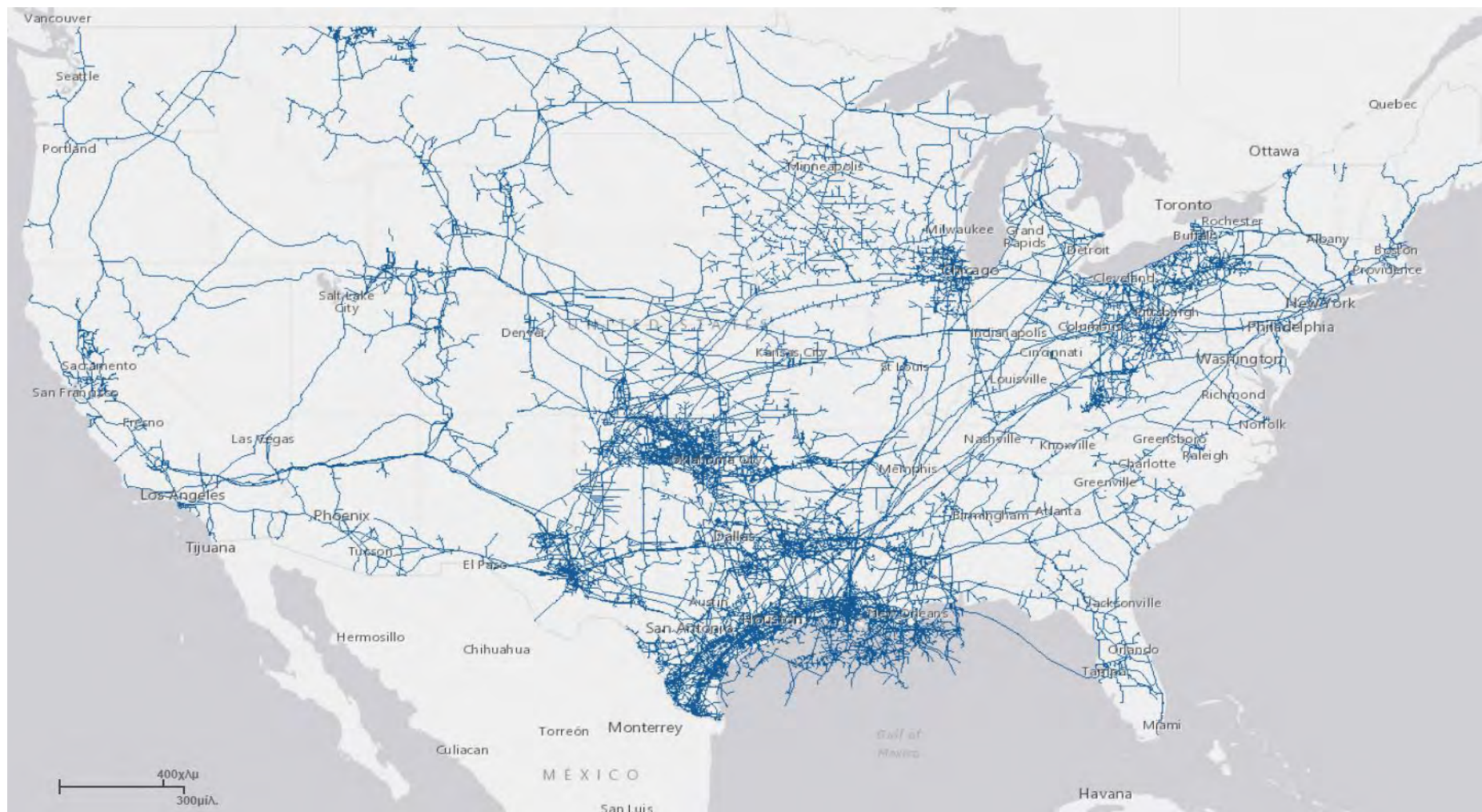
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική
Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

Πηγή: E.I.A.: U.S. Energy Information Administration <<https://www.eia.gov/state/maps.php>>

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική
Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.



Χάρτης 3: Αγωγοί Μεταφοράς Φυσικού Αερίου στις Η.Π.Α

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική
Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

Πηγή: E.I.A.: U.S. Energy Information Administration <<https://www.eia.gov/state/maps.php>>

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.



Χάρτης 4: Κύριες Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικού Ρεύματος στις Η.Π.Α. (≥ 345 KV)

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική
Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

Πηγή: E.I.A.: U.S. Energy Information Administration <<https://www.eia.gov/state/maps.php>

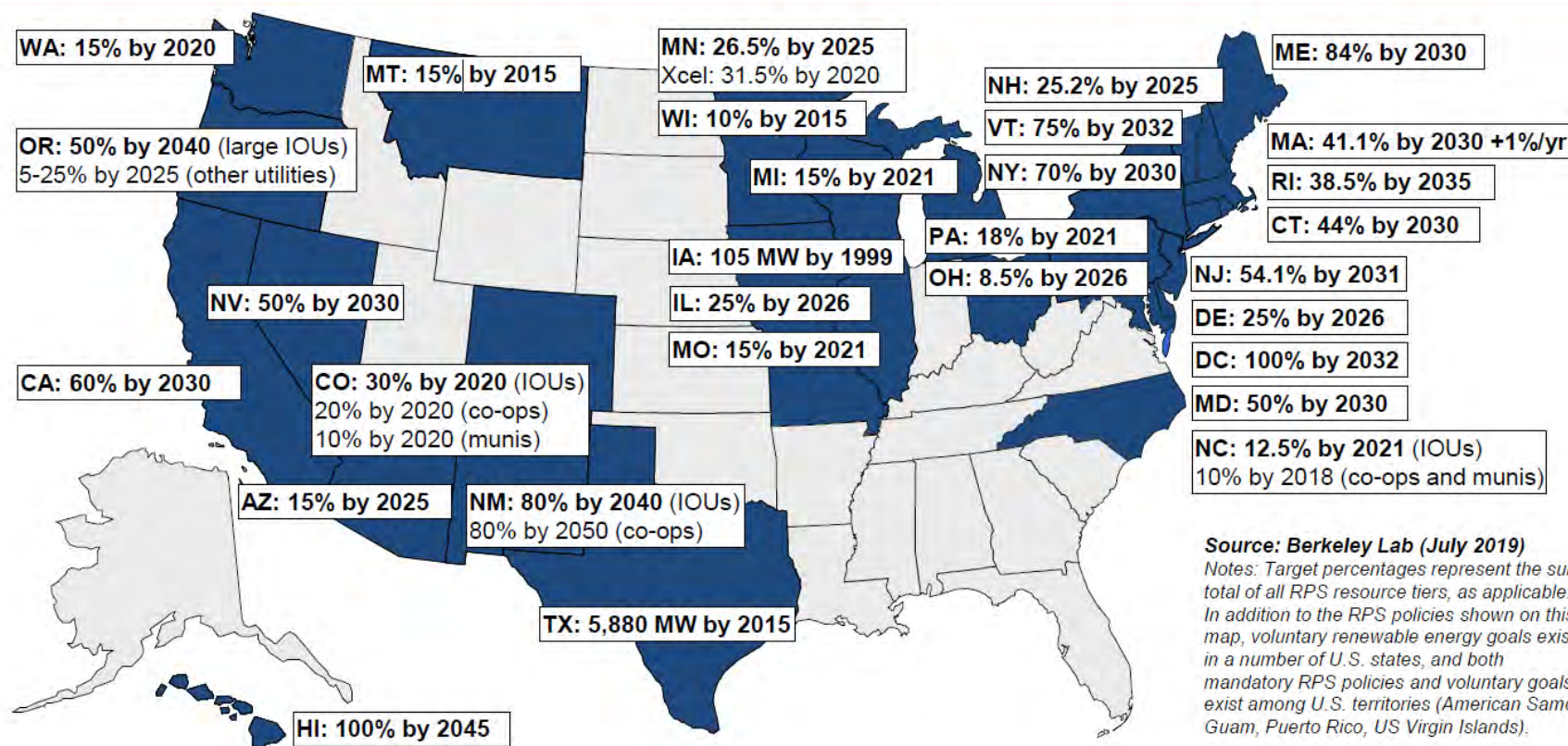
Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Χάρτης 5: Οι Πολιτείες που Εφαρμόζουν R.P.S. (Ιούλιος 2019)

RPS Policies Exist in 29 States and DC

Apply to 56% of Total U.S. Retail Electricity Sales



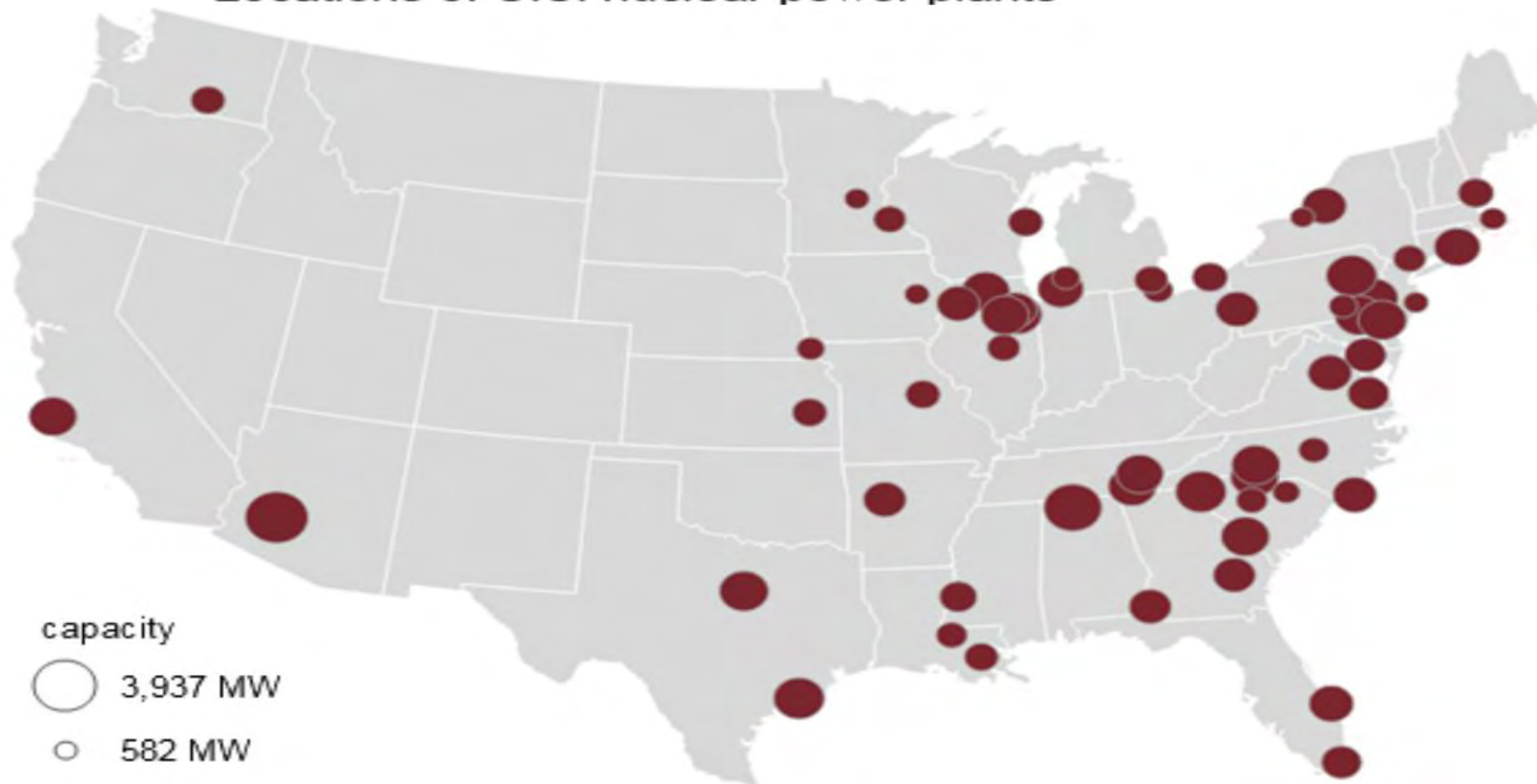
Source: Berkeley Lab (July 2019)
Notes: Target percentages represent the sum total of all RPS resource tiers, as applicable. In addition to the RPS policies shown on this map, voluntary renewable energy goals exist in a number of U.S. states, and both mandatory RPS policies and voluntary goals exist among U.S. territories (American Samoa, Guam, Puerto Rico, US Virgin Islands).

Πηγή: Barbose, G., 2019, *U.S. Renewables Portfolio Standards 2019 Annual Status Report*, Lawrence Berkeley National Laboratory, σελ. 8

Αδαμάκης Κωνσταντίνος
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Χάρτης 6: Μονάδες Παραγωγής Πυρηνικής Ενέργειας (2018)

Locations of U.S. nuclear power plants

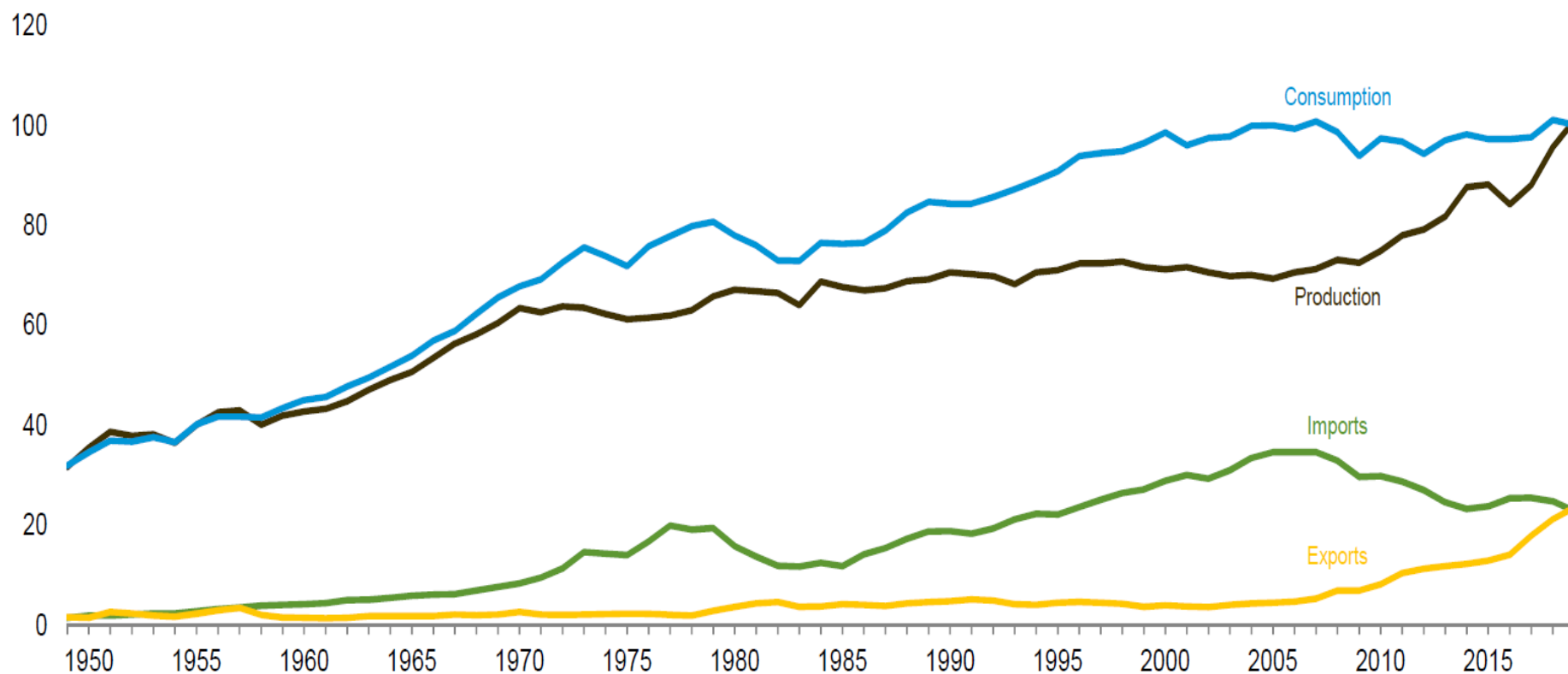


Πηγή: Scott, M., *Annual Energy Outlook 2018, Annual Report*, διαθέσιμο στην: <<https://www.eia.gov/outlooks/aeo/npo.php>>

Παράρτημα 2: Διαγράμματα

Διάγραμμα 1: Επισκόπηση Πρωτογενούς Ενέργειας (1949 – 2019) (QuadrillionBtu)

Primary Energy Overview (Quadrillion Btu)



Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική
Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Αδαμάκης Κωνσταντίνος
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα 2: Πρωτογενής Ενέργεια Ανά Δολάριο του

Primary Energy per \$ of Real GDP
(MJ per chained 2009 Dollar)

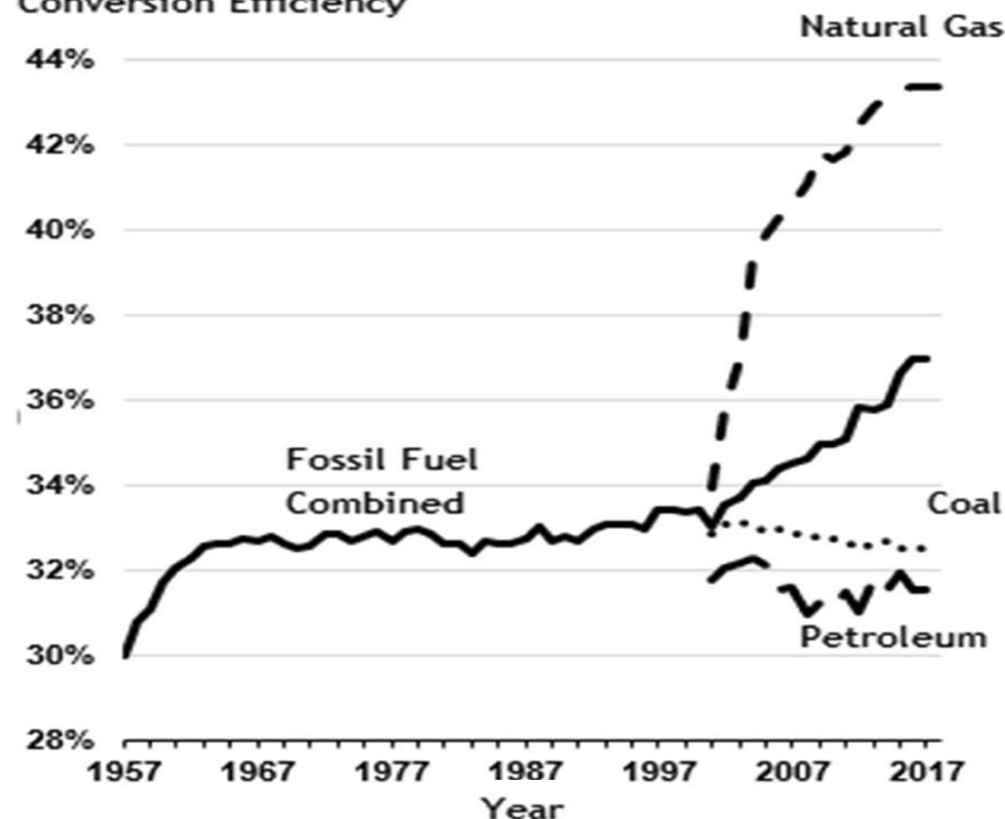


Πραγματικού Α.Ε.Π. (Η.Π.Α.)

Πηγή: Saundry, P., 2019, *Review of the United States energy system in transition, Energy, Sustainability and Society*, σελ. 10

Διάγραμμα 3: Αποδοτικότητα Μετατροπής Ενέργειας (Γαϊάνθρακες, Πετρέλαιο, Φυσικό Αέριο, Συνδυασμένων Ορυκτών Καυσίμων)

Conversion Efficiency



Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

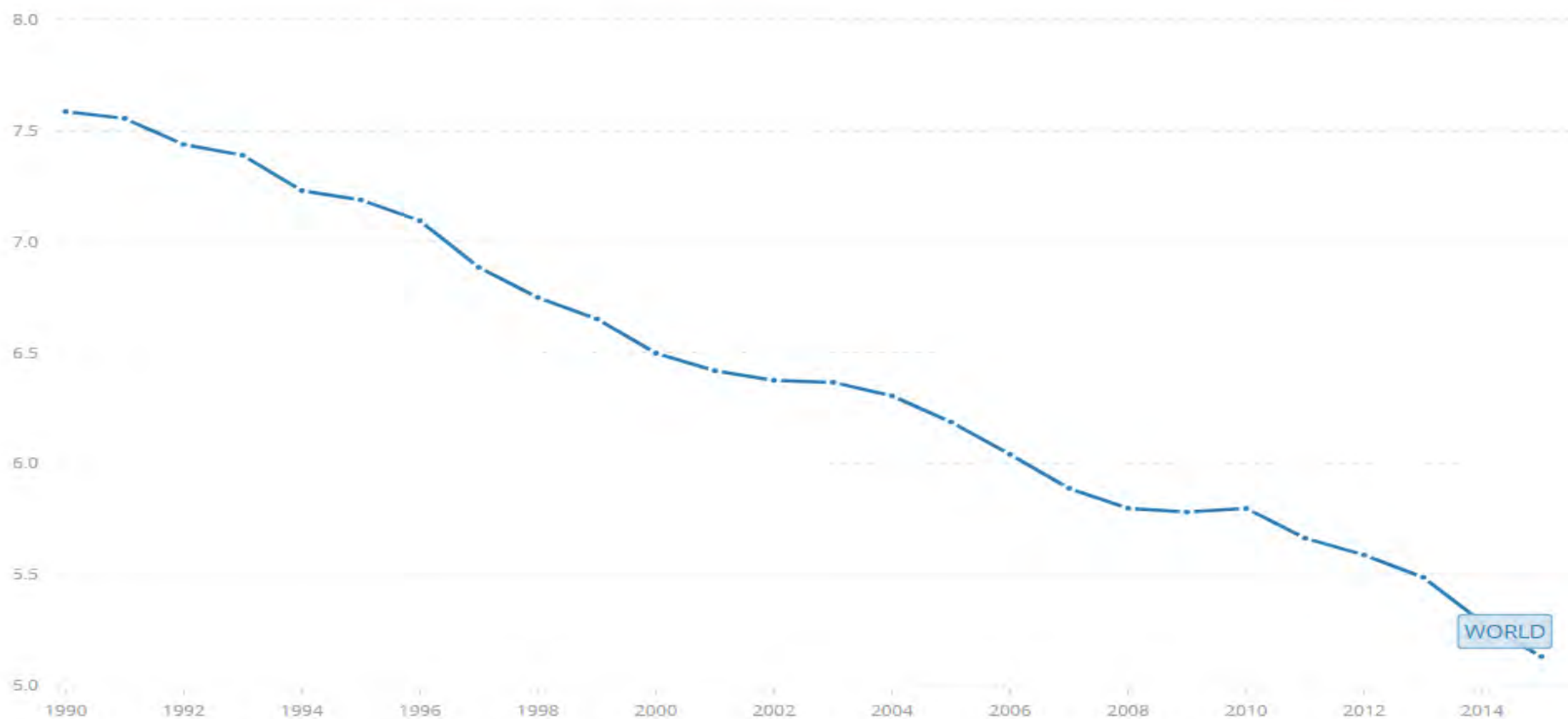
Πηγή: Saundry, P., 2019, *Review of the United States energy system in transition, Energy, Sustainability and Society*, σελ. 13

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα 4: Παγκόσμια Ενεργειακή Ένταση (1990-2017)

Energy intensity level of primary energy (MJ/\$2011 PPP GDP)

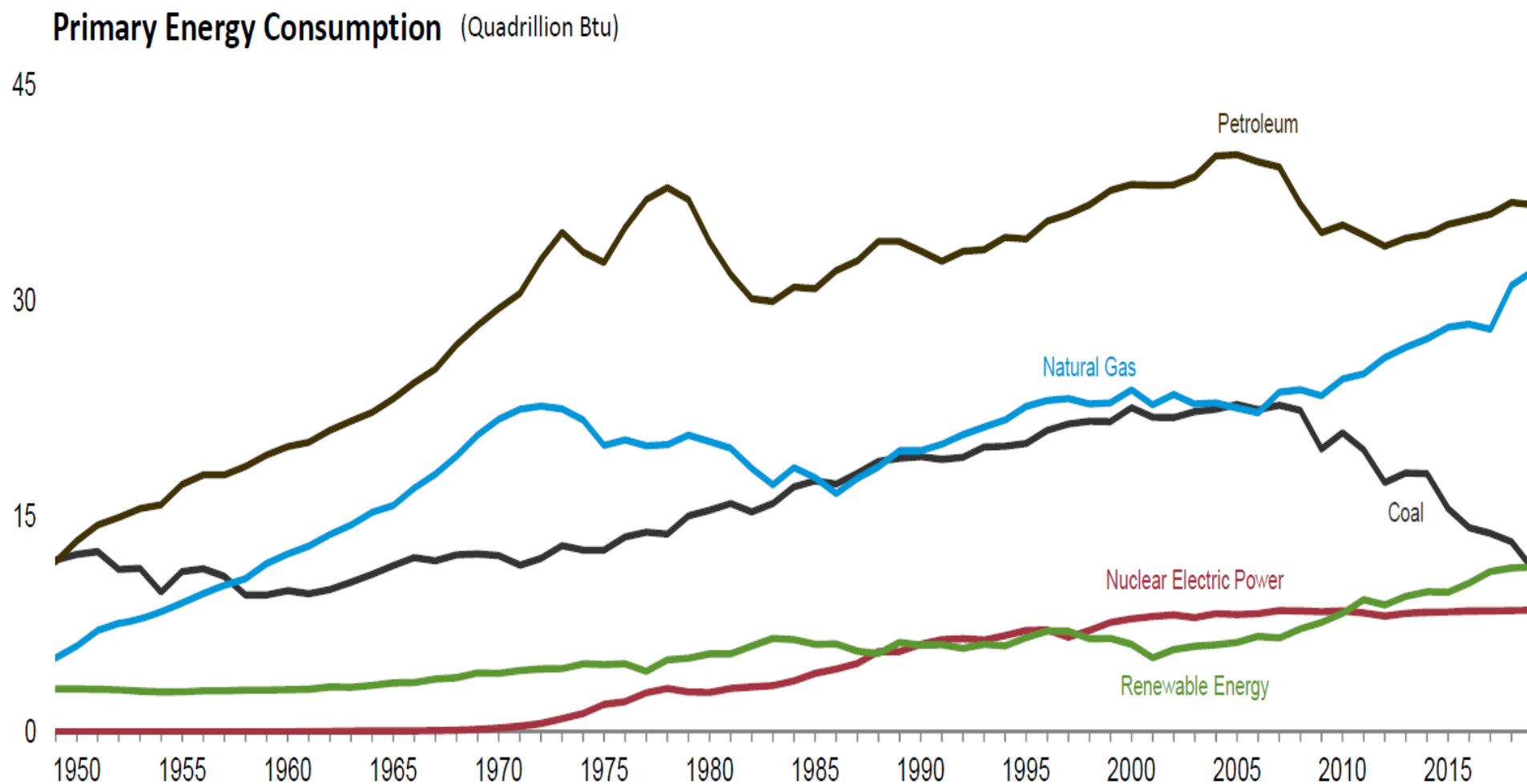


Πηγή: WorldBank<<https://data.worldbank.org/indicator/EG.EGY.PRIM.PP.KD?end=2015&start=1990&view=chart>>

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

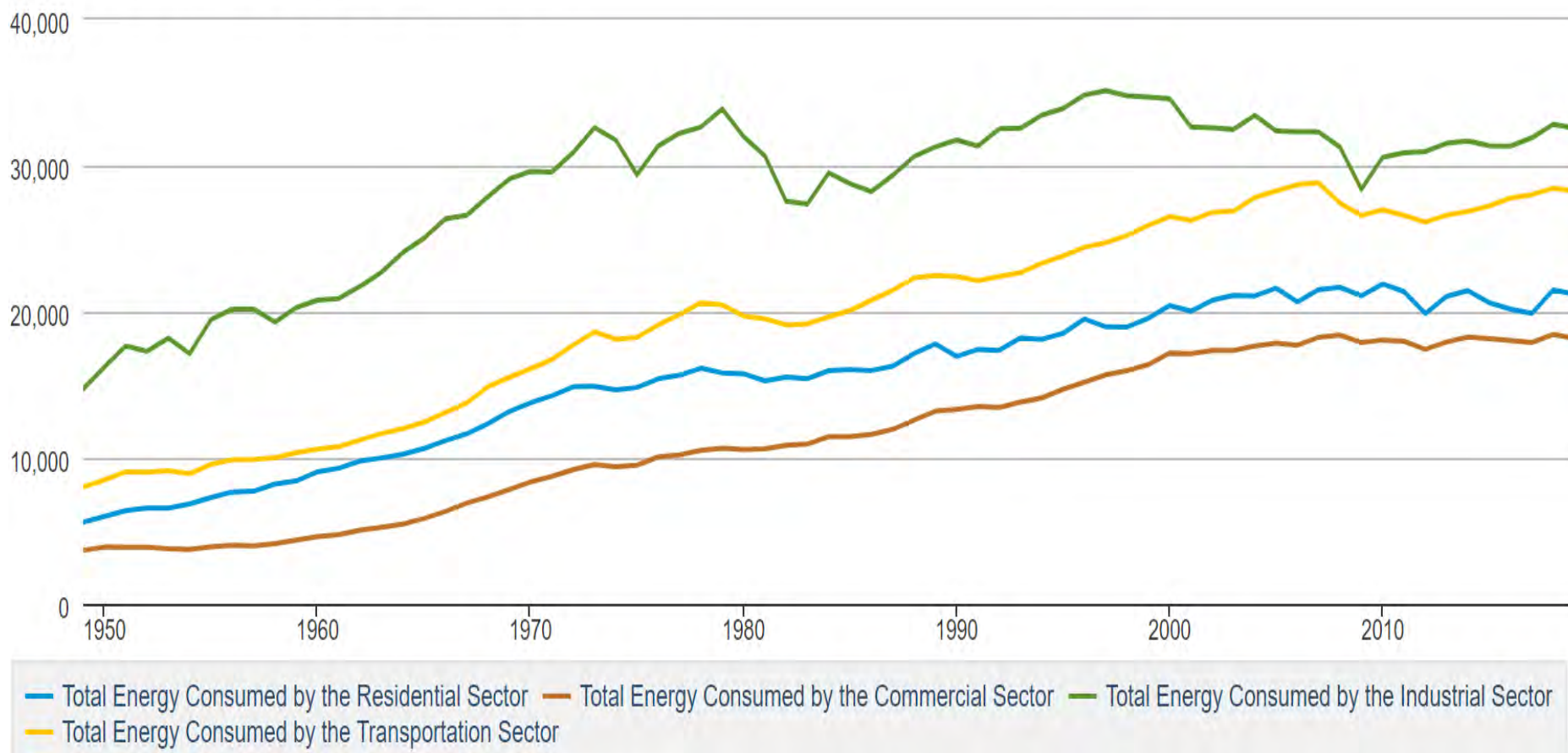
Διάγραμμα 5: Πρωτογενής Κατανάλωση Ενέργειας Ανά Πηγή Ενέργειας (1949 – 2019) (Quadrillion Btu)



Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Διάγραμμα 6: Πρωτογενής Κατανάλωση Ενέργειας Ανά Τομέα (1949 – 2019) (TrillionBtu)

Energy Consumption by Sector Trillion Btu



Αδαμάκης Κωνσταντίνος

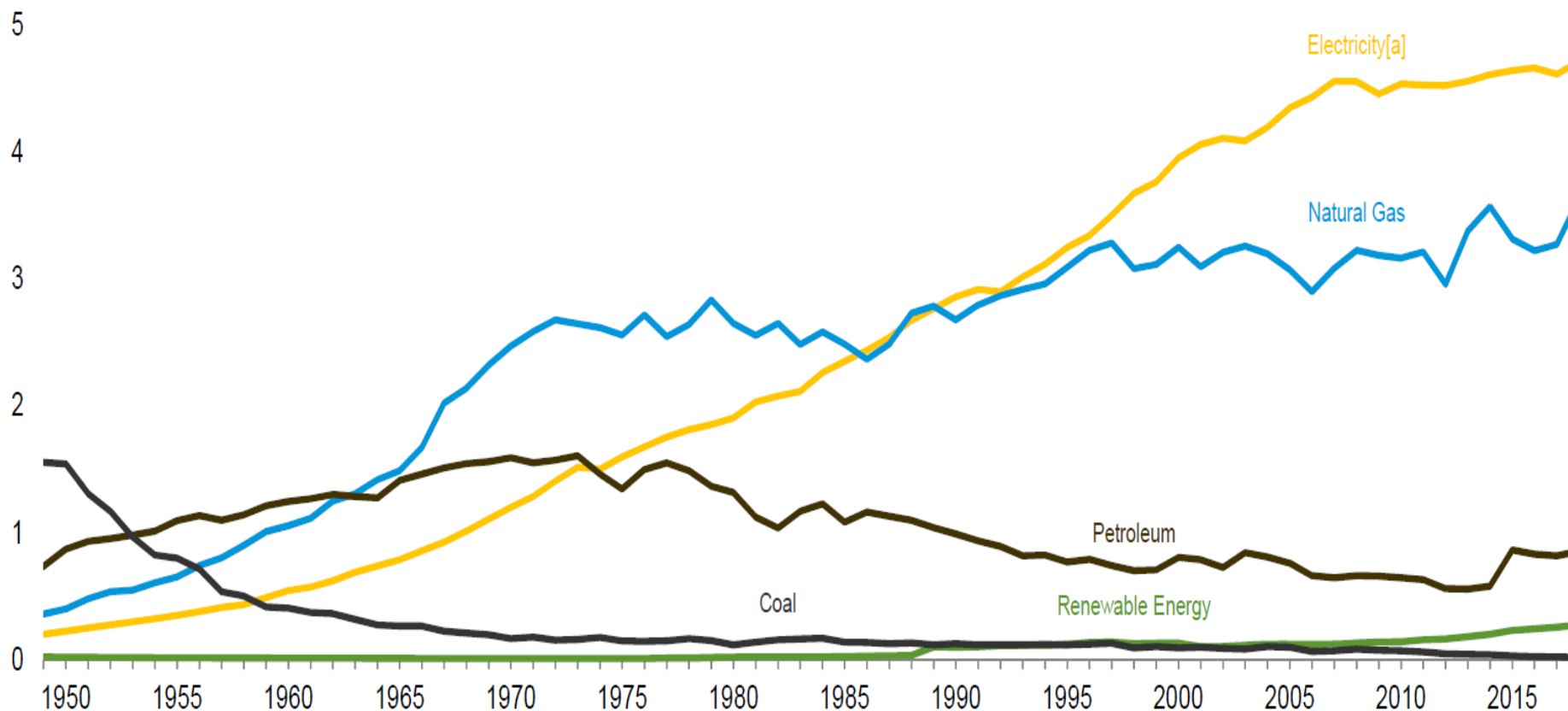
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Διάγραμμα 7: Διάρθρωση Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας στον Εμπορικό Τομέα (1949-2018) (QuadrillionBtu)

Commercial Sector Energy Consumption (Quadrillion Btu)

By Major Source



Αδαμάκης Κωνσταντίνος

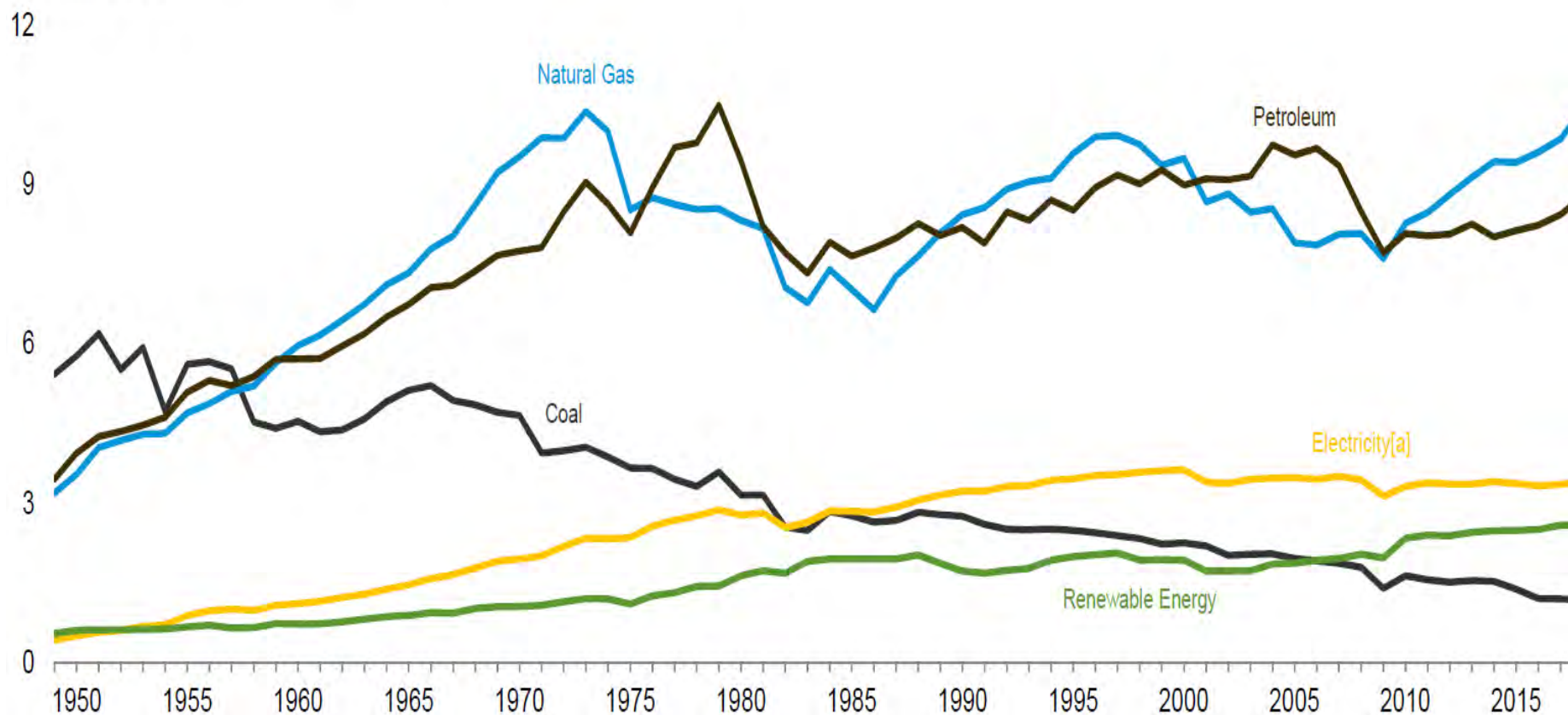
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Διάγραμμα 8: Διάρθρωση Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας στον Βιομηχανικό Τομέα (1949-2018) (QuadrillionBtu)

Industrial Sector Energy Consumption (Quadrillion Btu)

By Major Source



Αδαμάκης Κωνσταντίνος

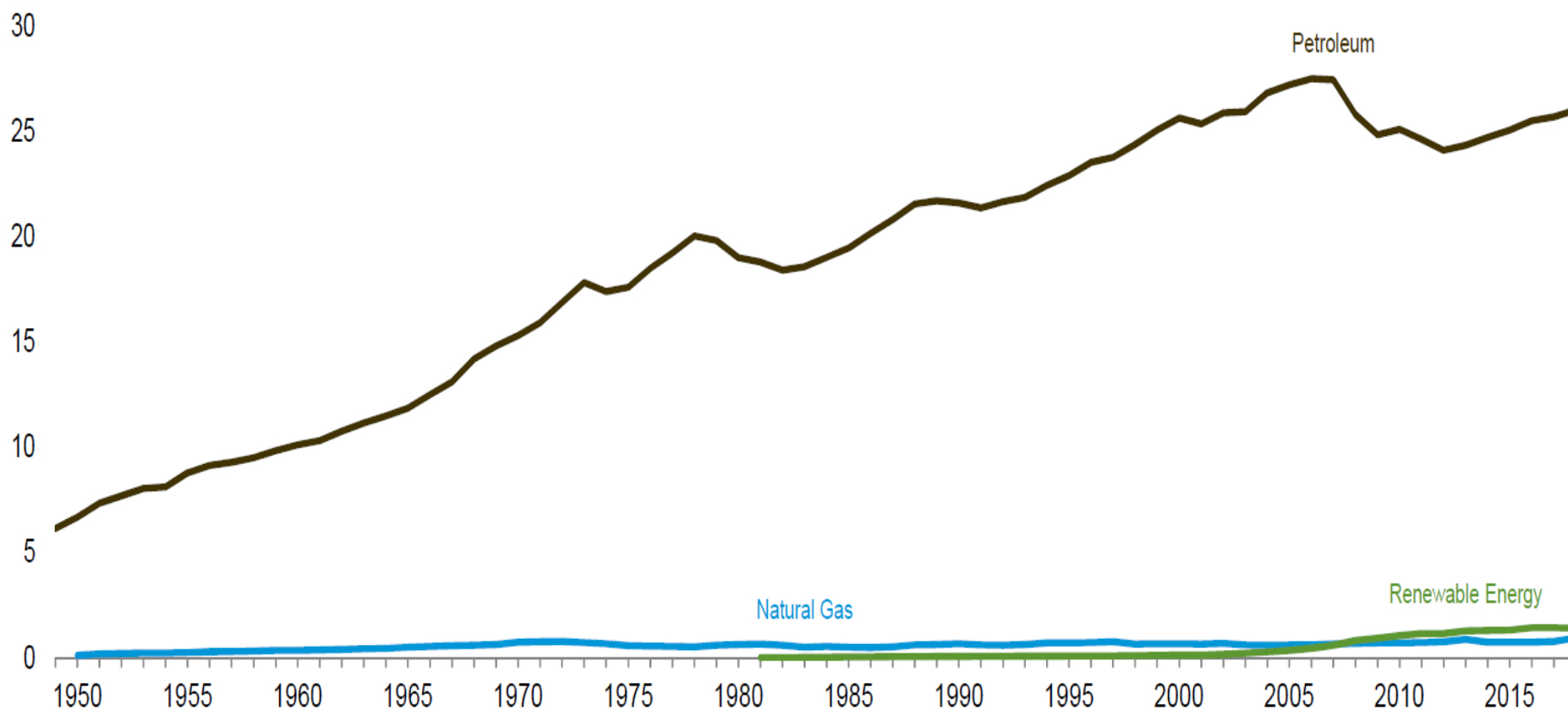
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Διάγραμμα 9: Διάρθρωση Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας στον Τομέα των Μεταφορών (1949-2018) (QuadrillionBtu)

Transportation Sector Energy Consumption (Quadrillion Btu)

By Major Source



Αδαμάκης Κωνσταντίνος

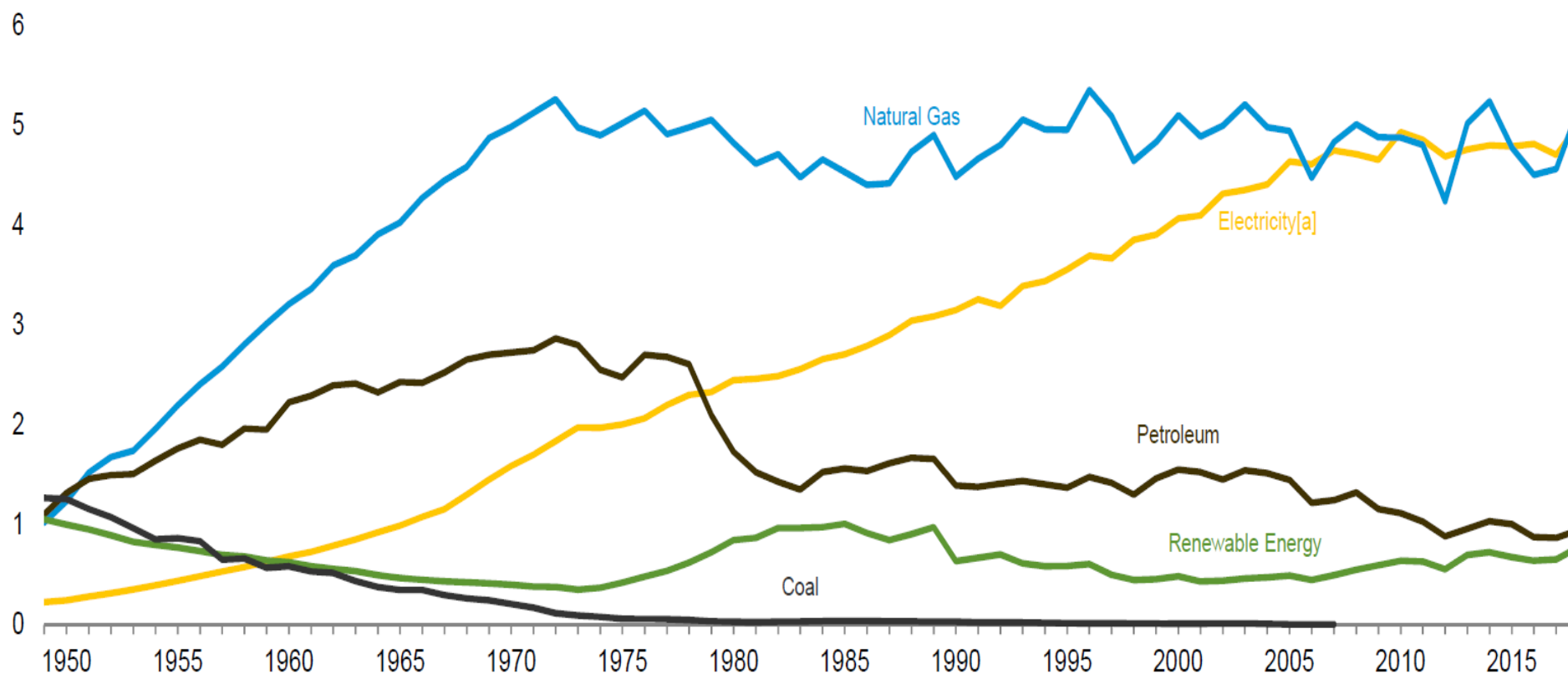
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Διάγραμμα 10: Διάρθρωση Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα(1949-2018) (QuadrillionBtu)

Residential Sector Energy Consumption (Quadrillion Btu)

By Major Source, 1949–2018

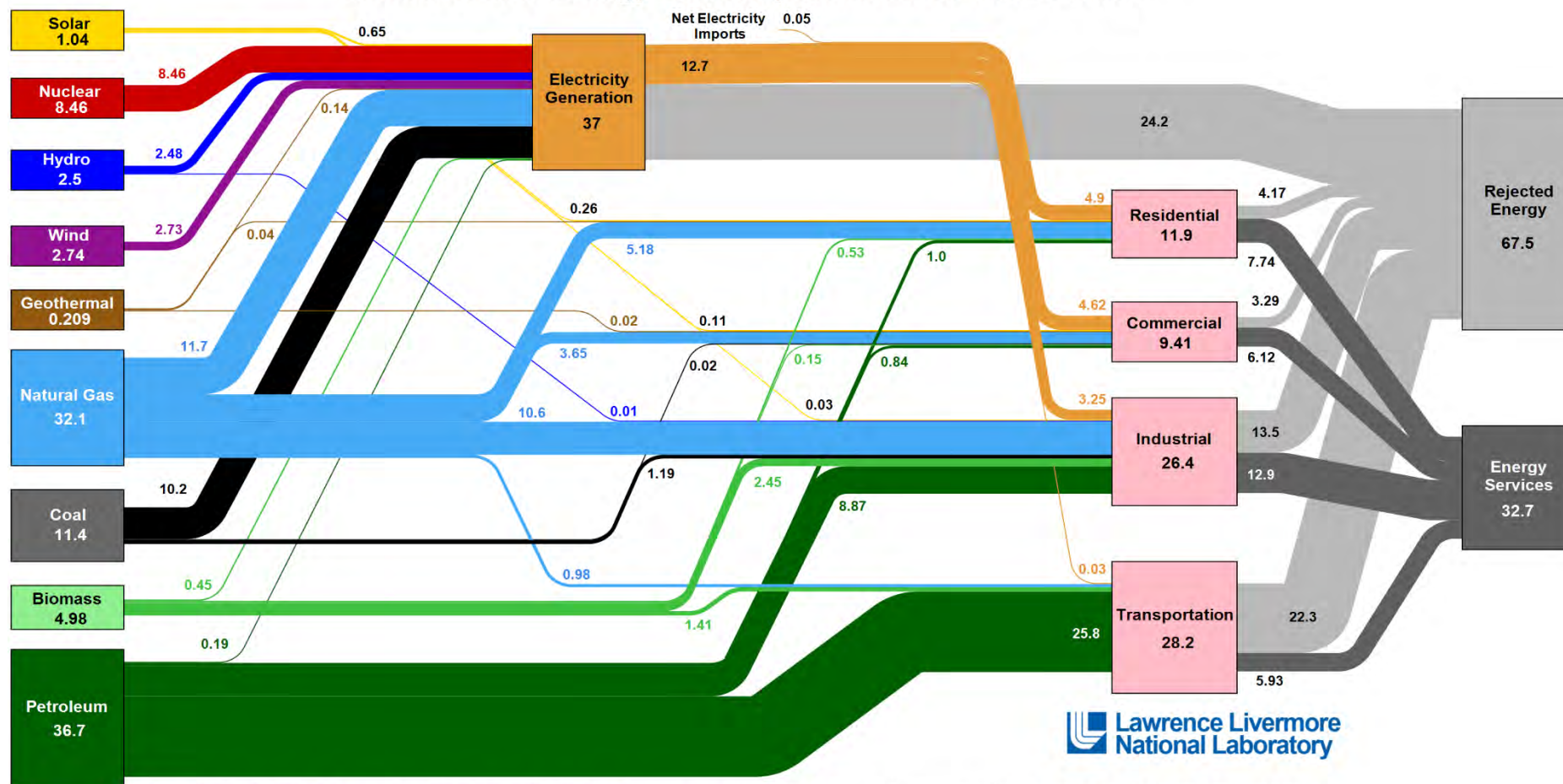


Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Διάγραμμα 11: Ροή Πρωτογενούς Καταναλωθείσας Ενέργειας (%) (2019)
Estimated U.S. Energy Consumption in 2019: 100.2 Quads



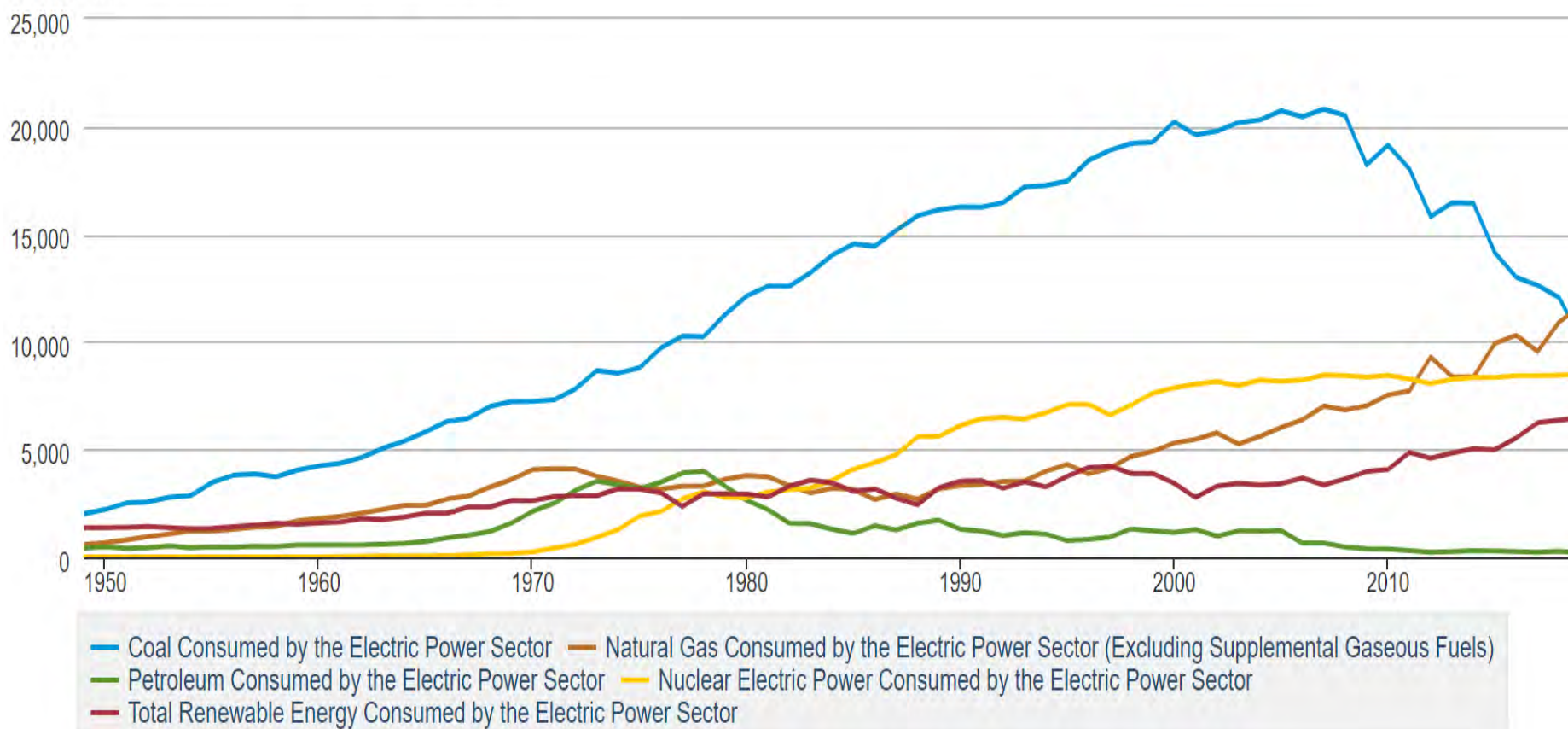
Source: LLNL March, 2020. Data is based on DOE/EIA MER (2019). If this information or a reproduction of it is used, credit must be given to the Lawrence Livermore National Laboratory and the Department of Energy, under whose auspices the work was performed.

Πηγή:lawrencelivermore national laboratory, <<https://flowcharts.llnl.gov>>

Διάγραμμα 12: Κατανάλωσης Ενέργειας στον Κλάδο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (1949-2018) (QuadrillionBtu)

Electric Power Sector Energy Consumption

Trillion Btu



Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

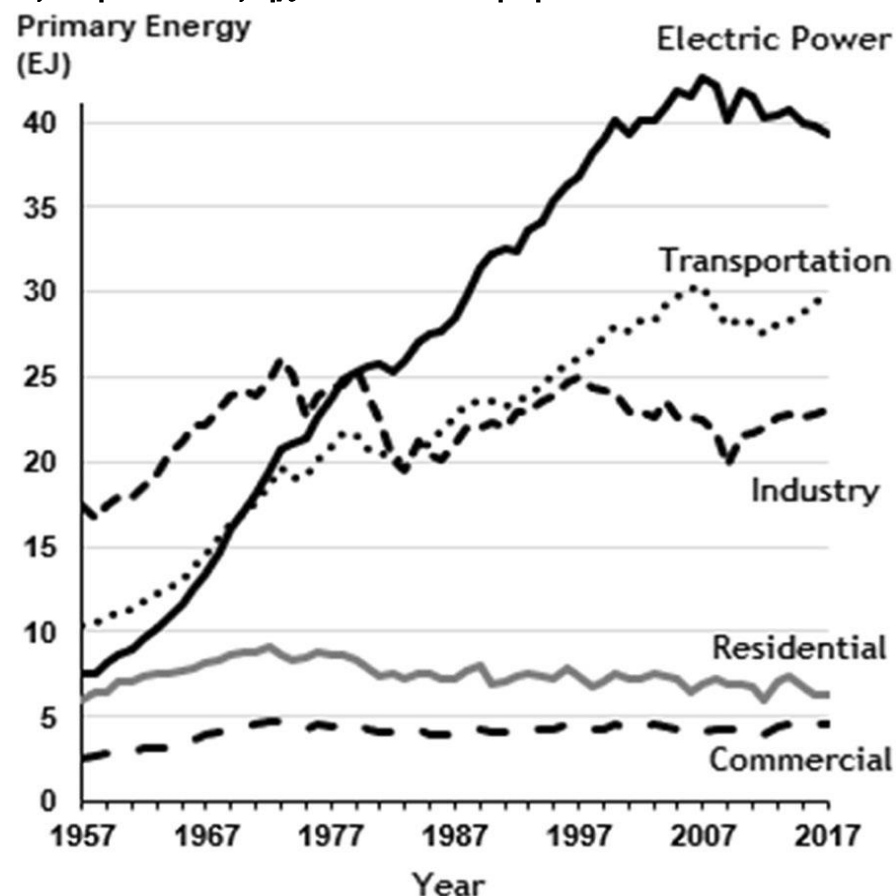
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική
Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

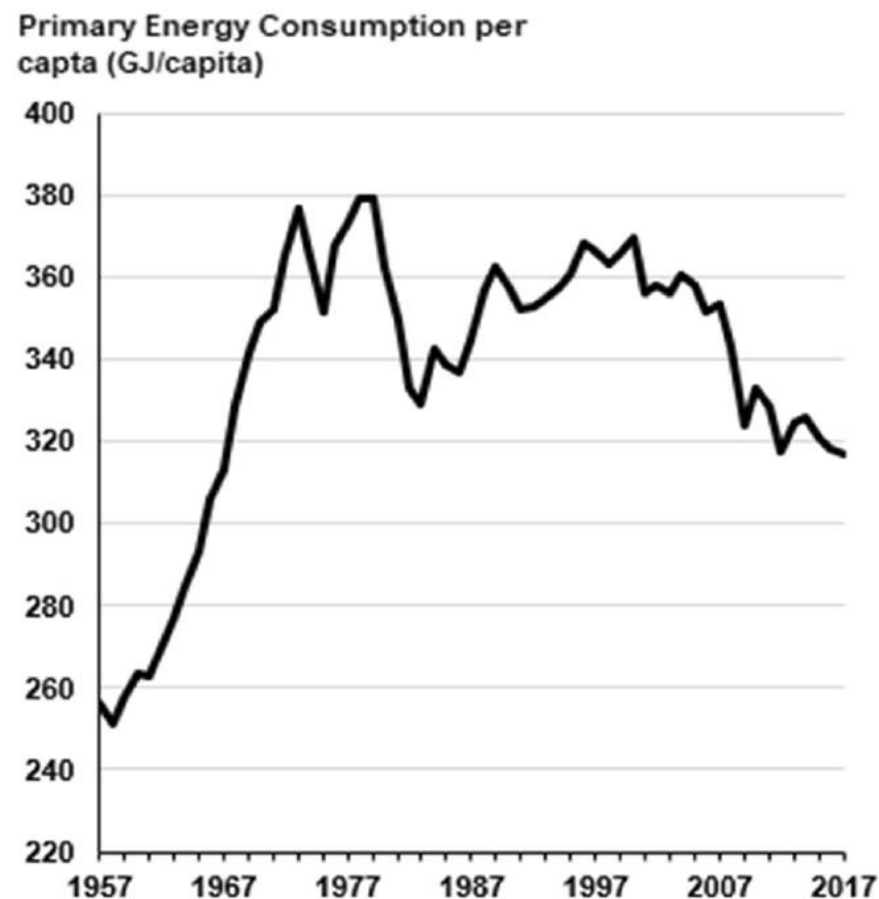
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα 13: Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας στους Τομείς: Ηλεκτρικής Ενέργειας, Οικιακό, Εμπορικό, Βιομηχανικό, Μεταφορών



Πηγή: Saundry, P., 2019, *Review of the United States energy system in transition, Energy, Sustainability and Society*, σελ. 9

Διάγραμμα 14: Συνολική Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας Ανά άτομο



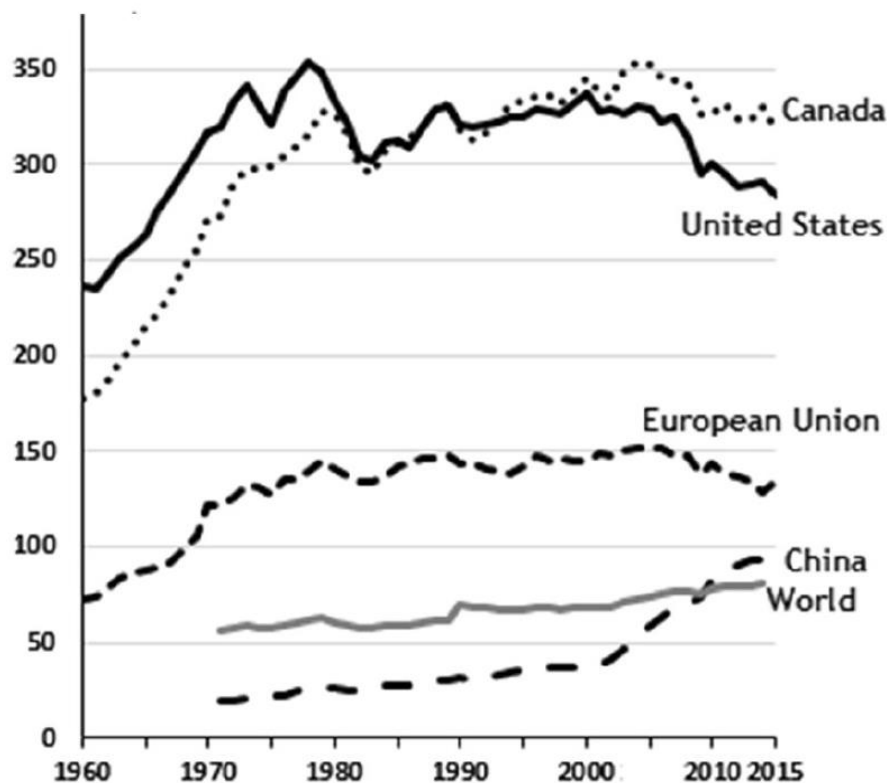
Πηγή: Saundry, P., 2019, *Review of the United States energy system in transition, Energy, Sustainability and Society*, σελ. 2

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα 15: Συνολική Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας Ανά Άτομο (1960-2015)

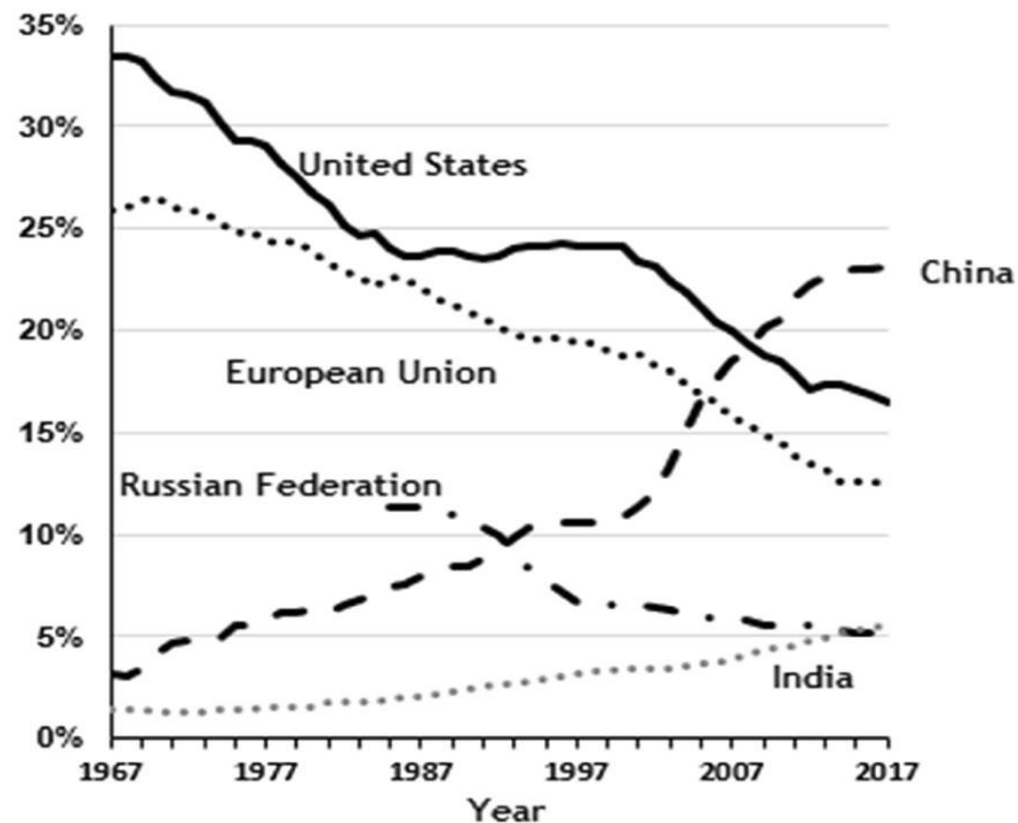
Primary Energy Consumption per capita
(GJ/capita)



Πηγή: Saundry, P., 2019, *Review of the United States energy system in transition*, *Energy, Sustainability and Society*, σελ. 3

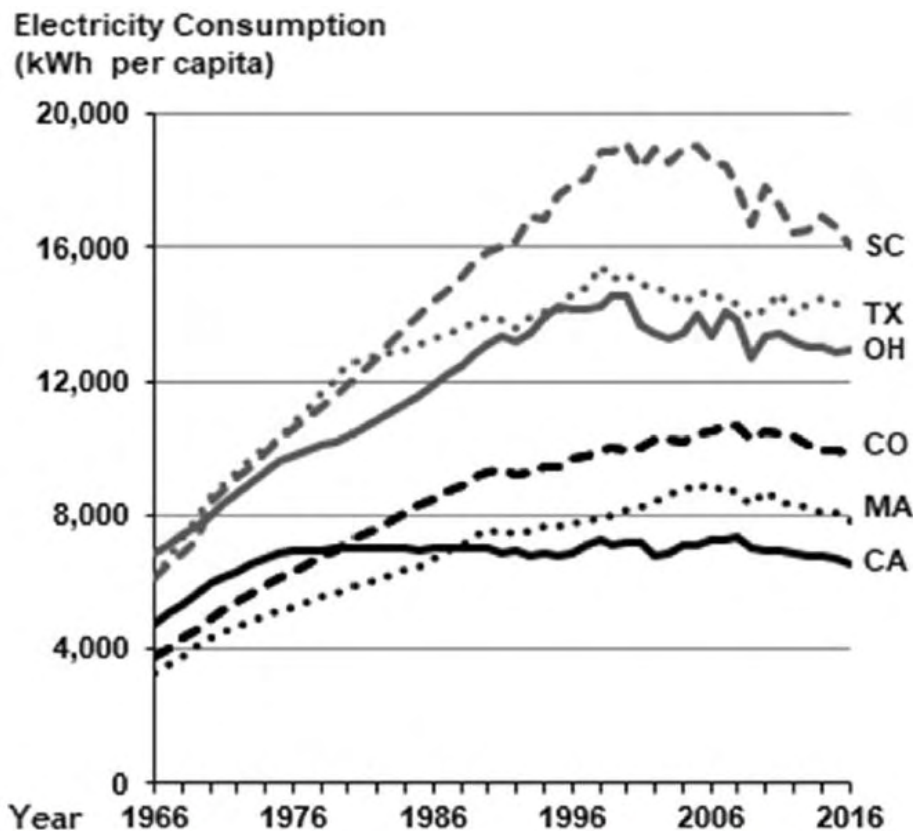
Διάγραμμα 16: Ποσοστό Συνολικής Κατανάλωσης Πρωτογενούς Ενέργειας (1960-2015)

Share of World Primary Energy Consumption
(percentage)



Πηγή: Saundry, P., 2019, *Review of the United States energy system in transition*, *Energy, Sustainability and Society*, σελ. 4

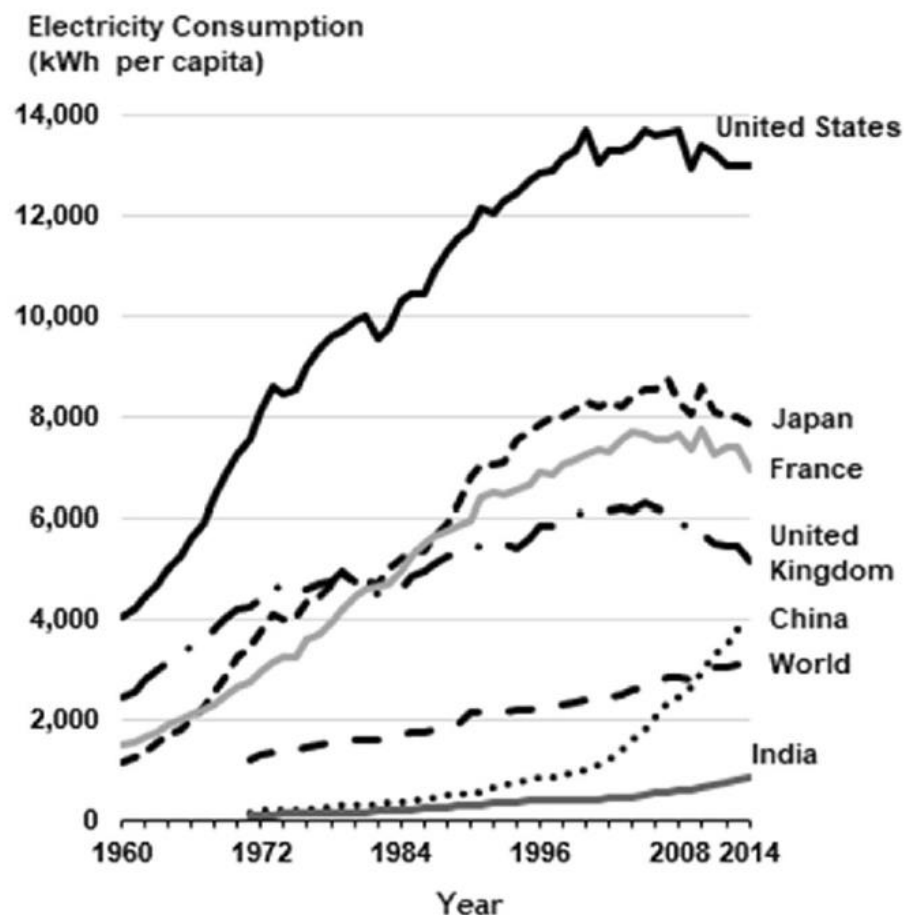
Διάγραμμα 17: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Ανά Κάτοικο 1966-2016 (Επιλεγμένες Πολιτείες).



Per capital electricity retail sales in South Carolina (SC), Texas (TX), Ohio (OH), Colorado (CO), Massachusetts (MA), and California (CA)

Πηγή: Saundry, P., 2019, Review of the United States energy system in transition, Energy, Sustainability and Society, σελ. 16

Διάγραμμα 18: Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας Ανά Κάτοικο (1960 - 2014) (Επιλεγμένες Χώρες)



Πηγή: Saundry, P., 2019, Review of the United States energy system in transition, Energy, Sustainability and Society, σελ. 15

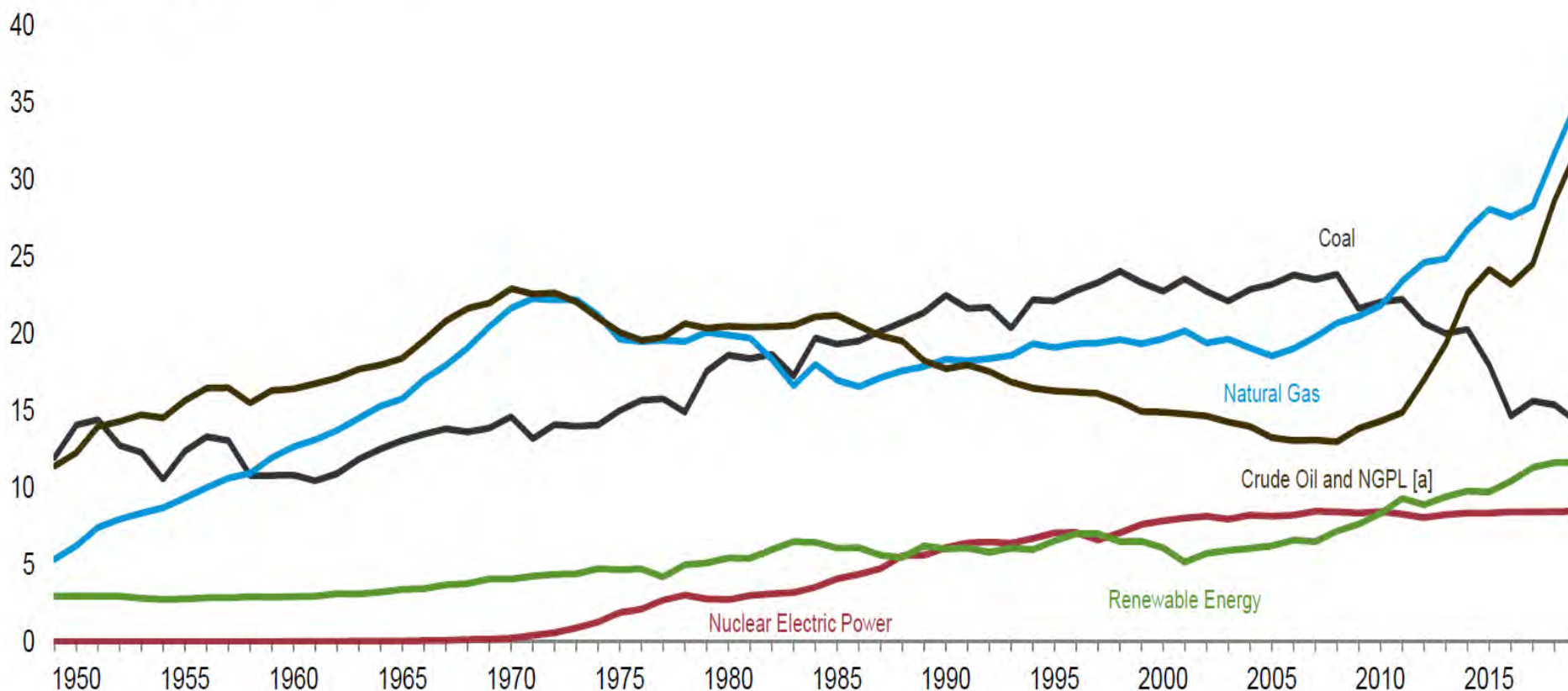
Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα 19: Πρωτογενής Παραγωγή Ενέργειας Ανά Ενεργειακή Μορφή (1949 – 2019)

Primary Energy Production (Quadrillion Btu)

By Source, 1949–2019



Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

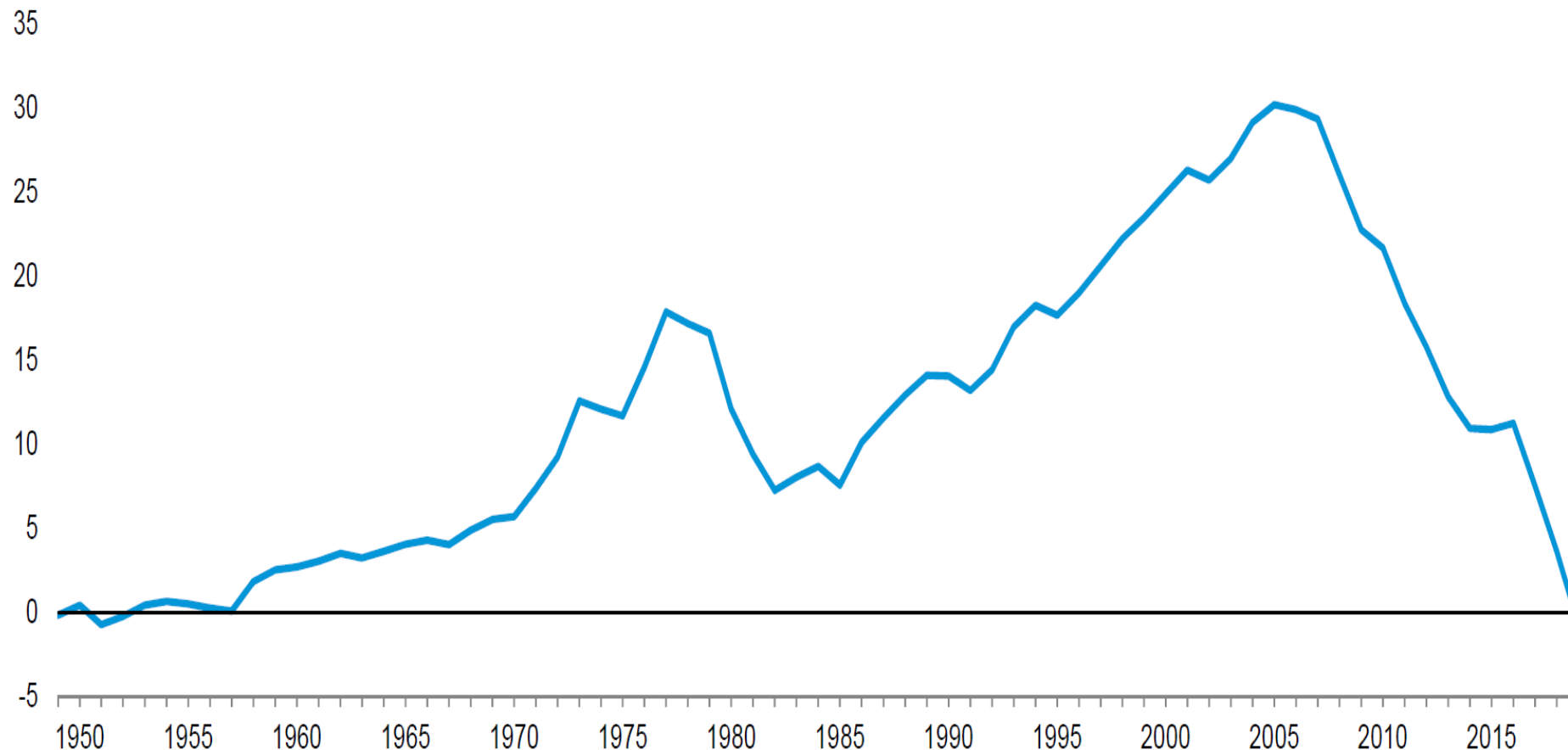
Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα20: ΠρωτογενήςΚαθαρές Ενερειακές Εισαγωγές (1949 – 2019)

Primary Energy Net Imports (Quadrillion Btu)

Total, 1949–2019



Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

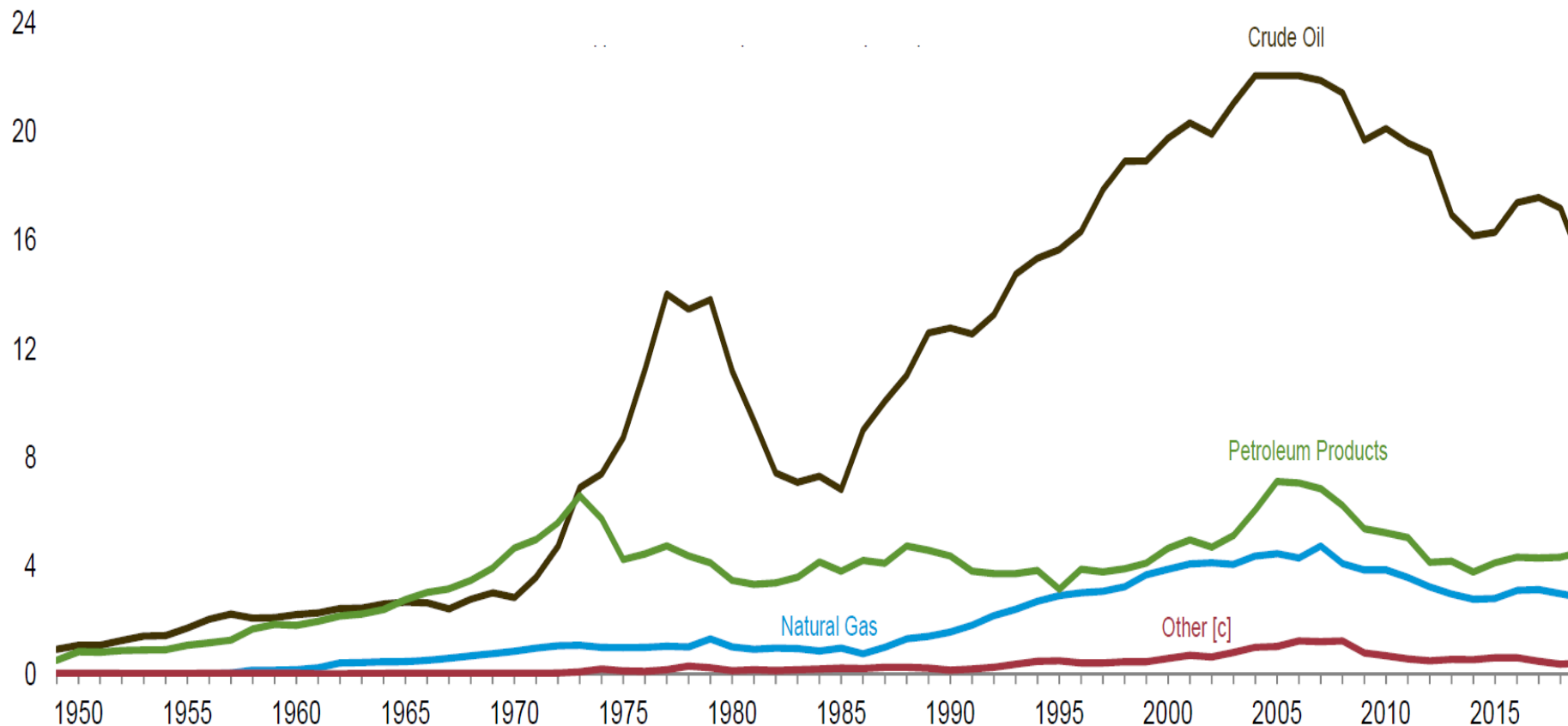
Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα21: Πρωτογενείς Ενεργειακές Εισαγωγές ανά Μορφή Ενέργειας (1949 – 2019)

Primary Energy Imports (Quadrillion Btu)

By Source, 1949–2019 [c] Coal, coal coke, biomass, and electricity.



Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

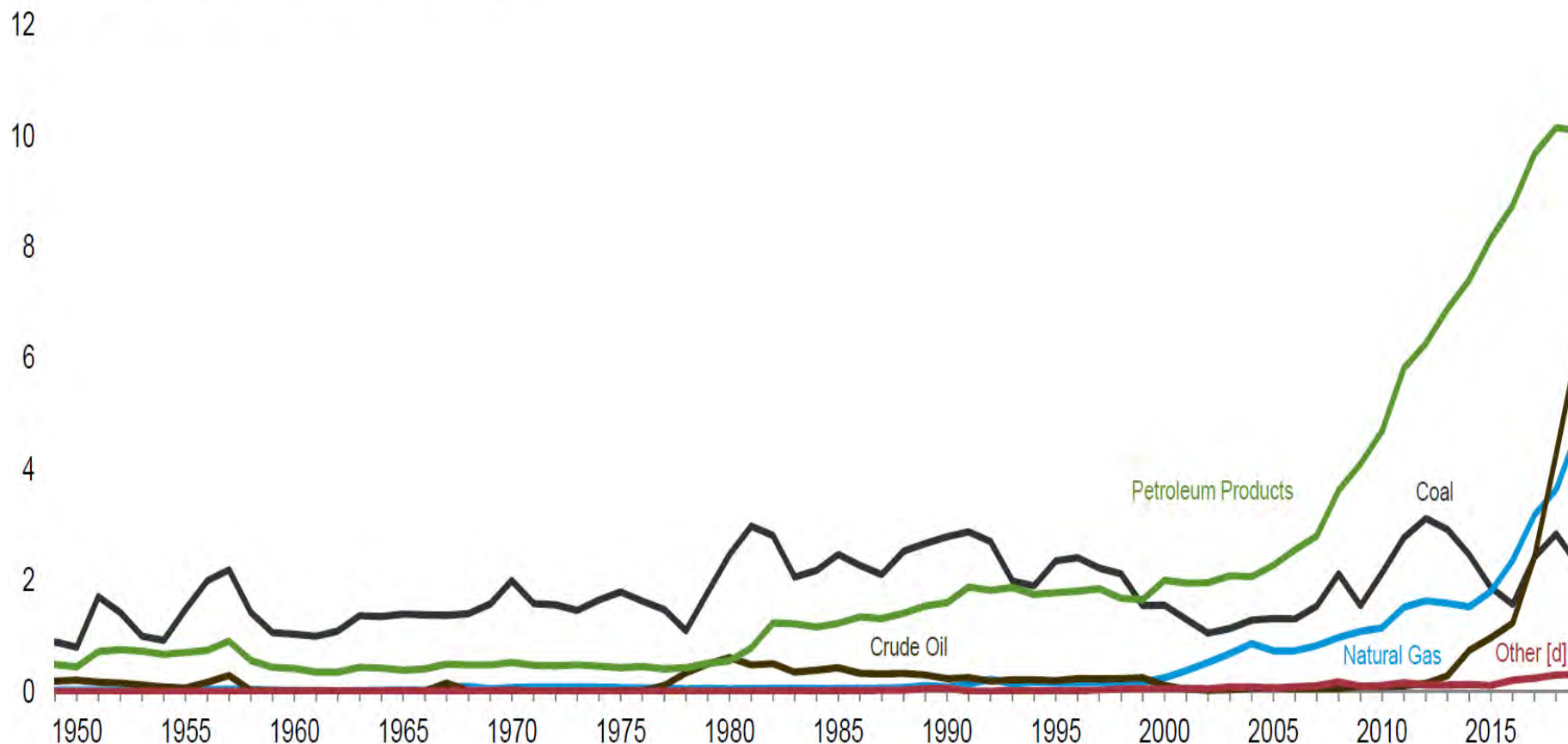
Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα22: Πρωτογενείς Ενεργειακές Εξαγωγές ανά Μορφή Ενέργειας (1949 – 2019)

Primary Energy Exports (Quadrillion Btu)

By Source, 1949-2019 [d] Biomass and electricity

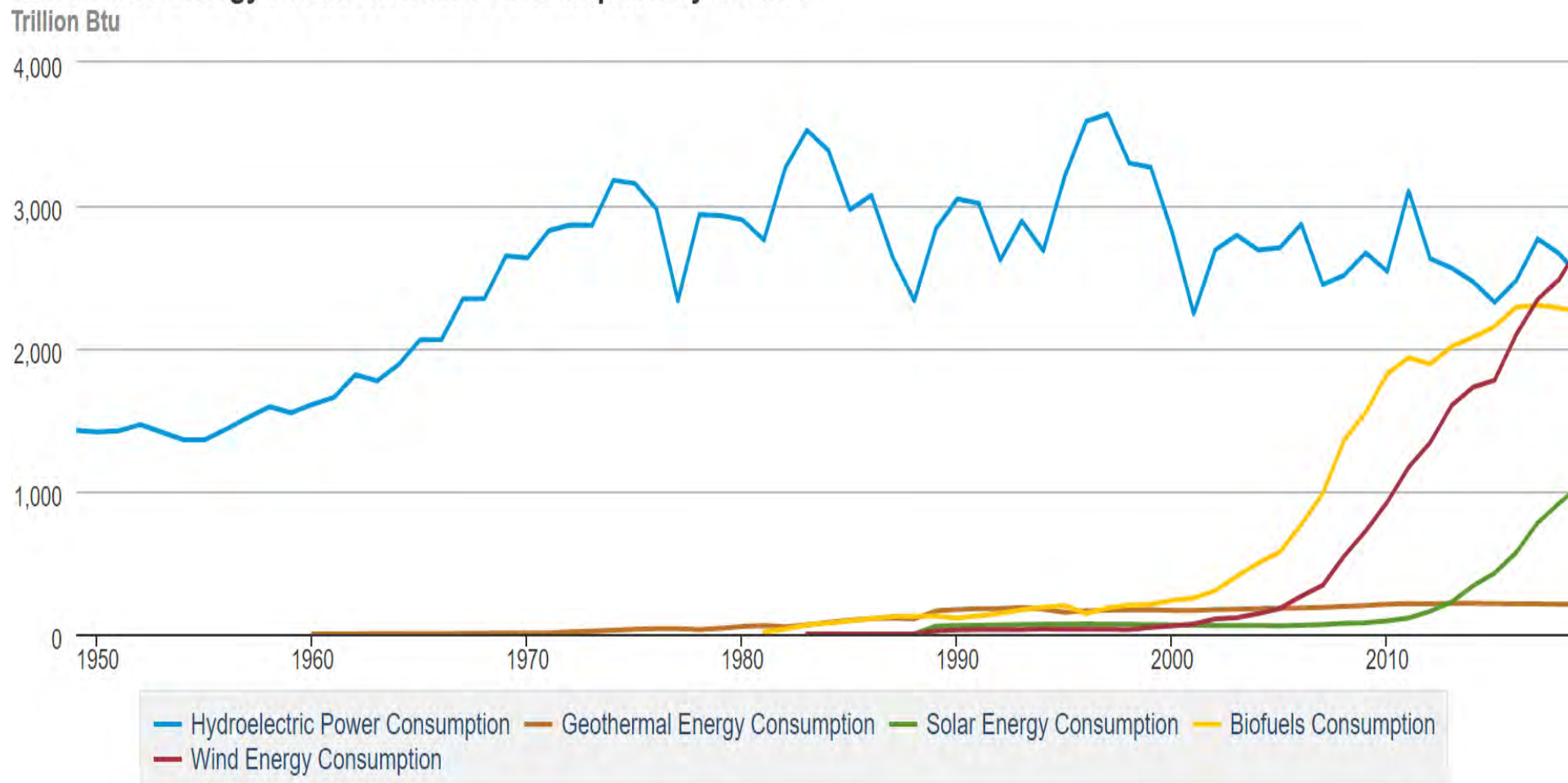


Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

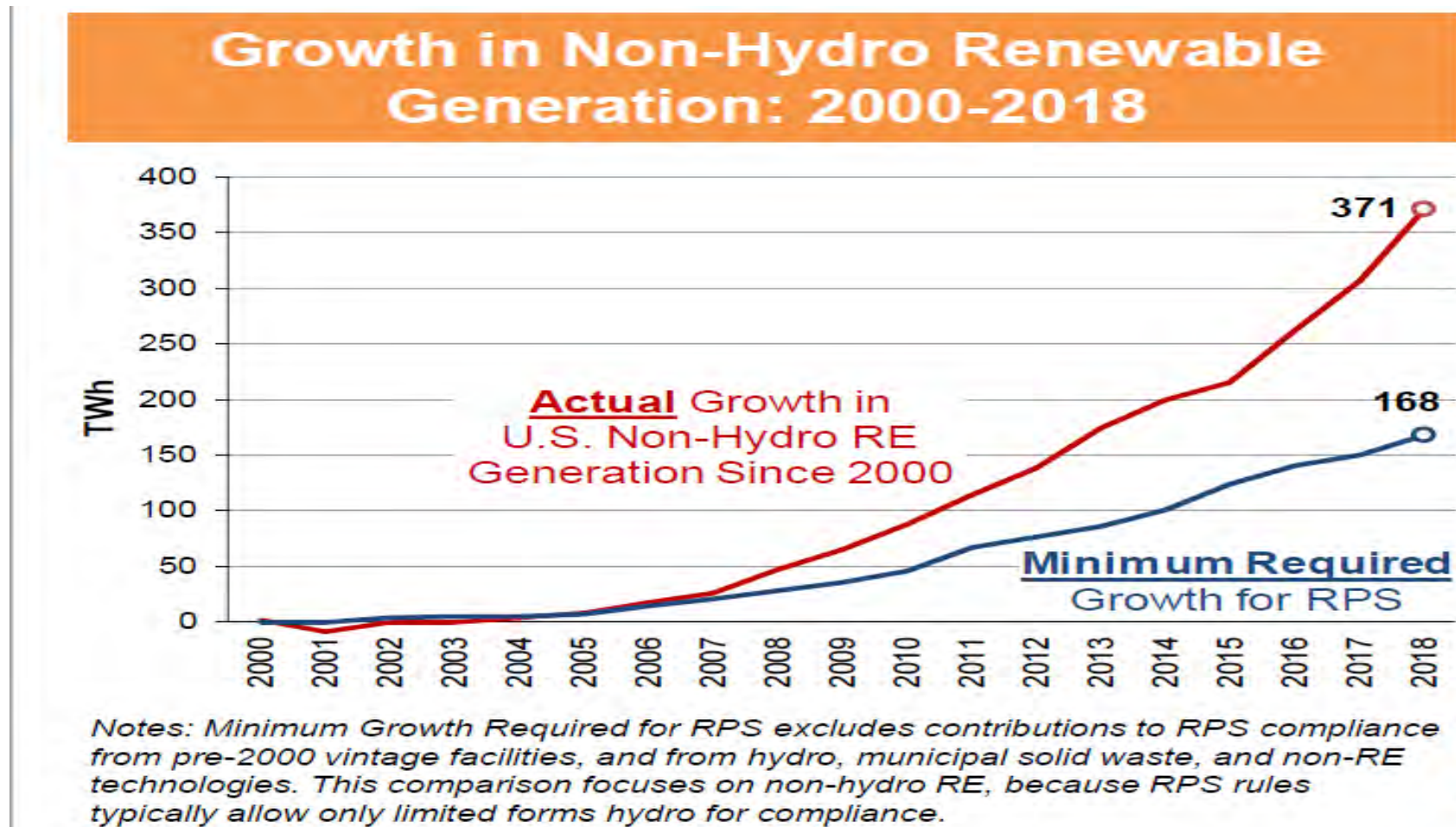
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα 23: Παραχθείσα/Καταναλωθείσα Ποσότητα Α.Π.Ε. ανά Ενεργειακή Πηγή Renewable Energy Production and Consumption by Source



Πηγή: Energy Information Administrator, 2020, <<https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.php>>

Διάγραμμα 24: Προβλεπόμενη και Πραγματοποιηθείσα Παραγωγή Α.Π.Ε. πλην Υδροηλεκτρικής Ενέργειας(2000-



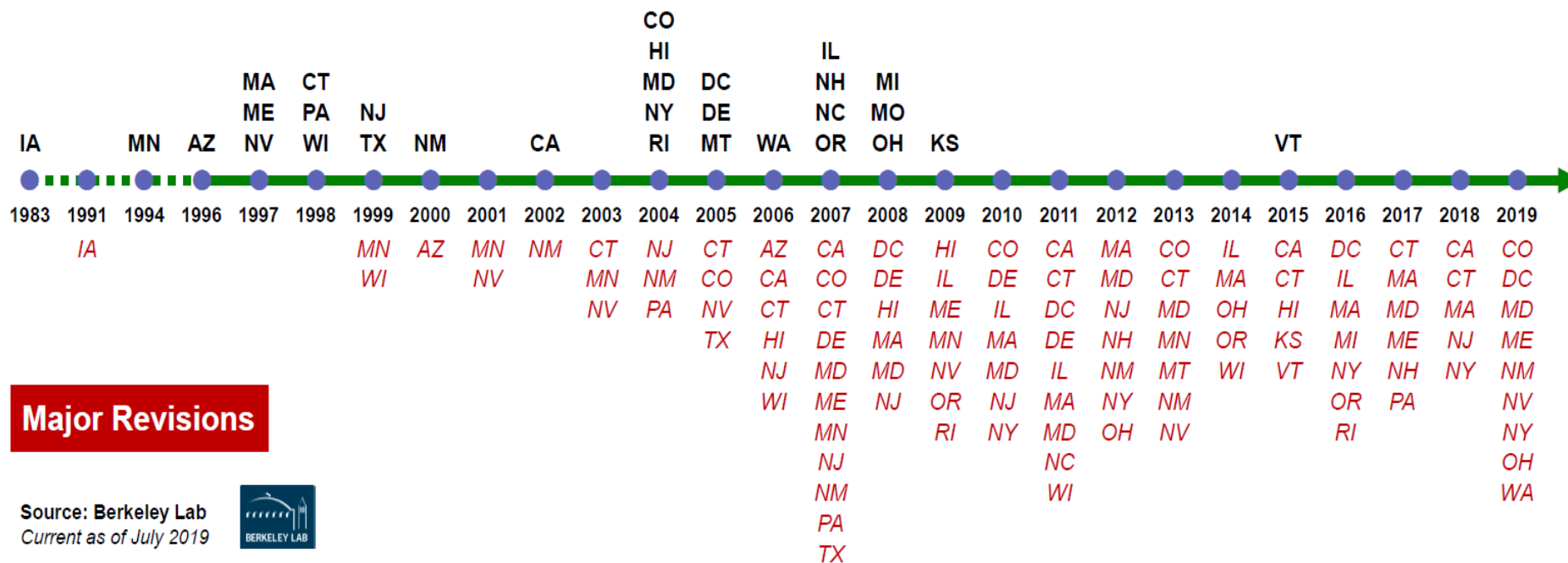
2018)

Πηγή: Barbose, G., 2019, *U.S. Renewables Portfolio Standards 2019 Annual Status Report*, Lawrence Berkeley National Laboratory, σελ. 15

Διάγραμμα 25: Χρονοδιάγραμμα Εφαρμογής R.P.S.

Most RPS Policies Have Been on the Books for a Decade or More But states continue to make regular and significant revisions

RPS Enactment



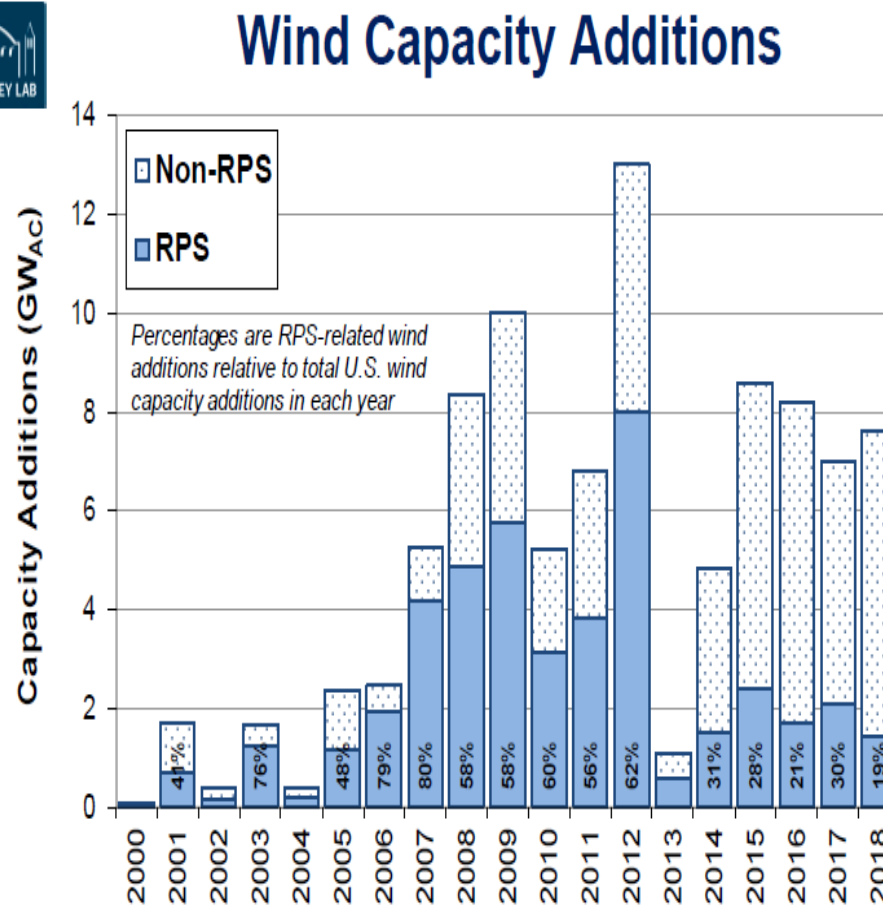
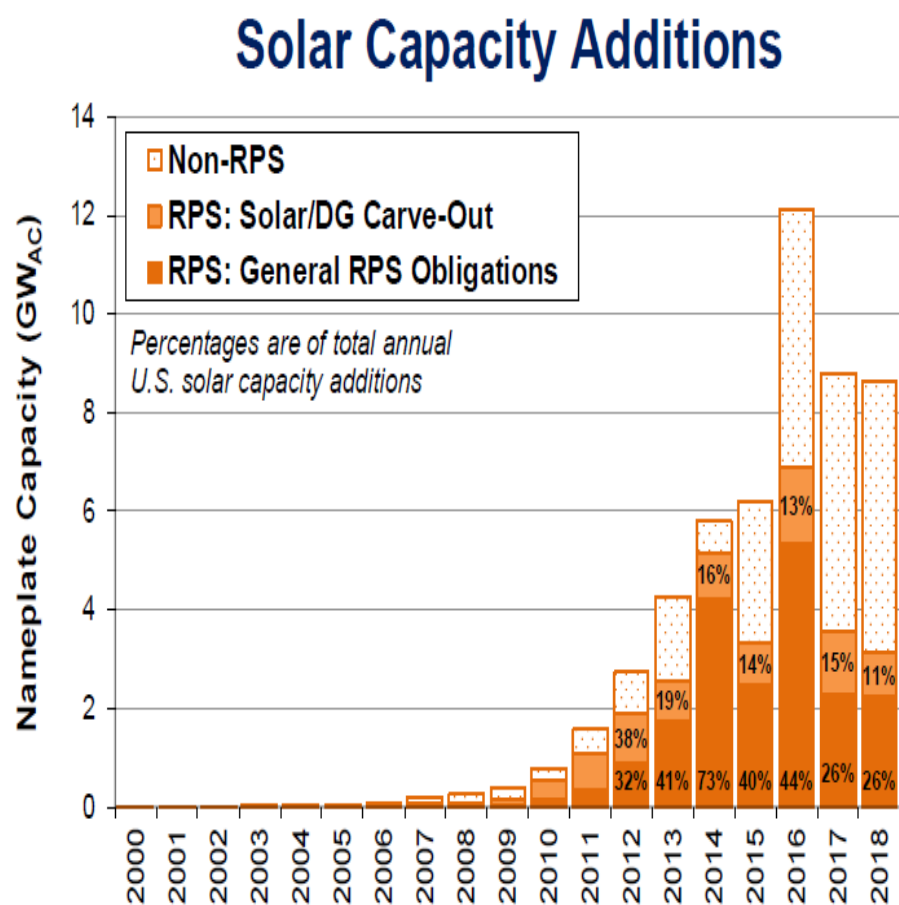
Major Revisions

Source: Berkeley Lab
Current as of July 2019



Πηγή: Barbose, G., 2019, *U.S. Renewables Portfolio Standards 2019 Annual Status Report*, Lawrence Berkeley National Laboratory, σελ. 10

Διαγράμματα 26-27: Αύξηση Παραγωγής Ηλιακής & Αιολικής Ενέργειας (2000-2016)



Notes: See previous slides for decision rules on how RPS Capacity Additions are determined

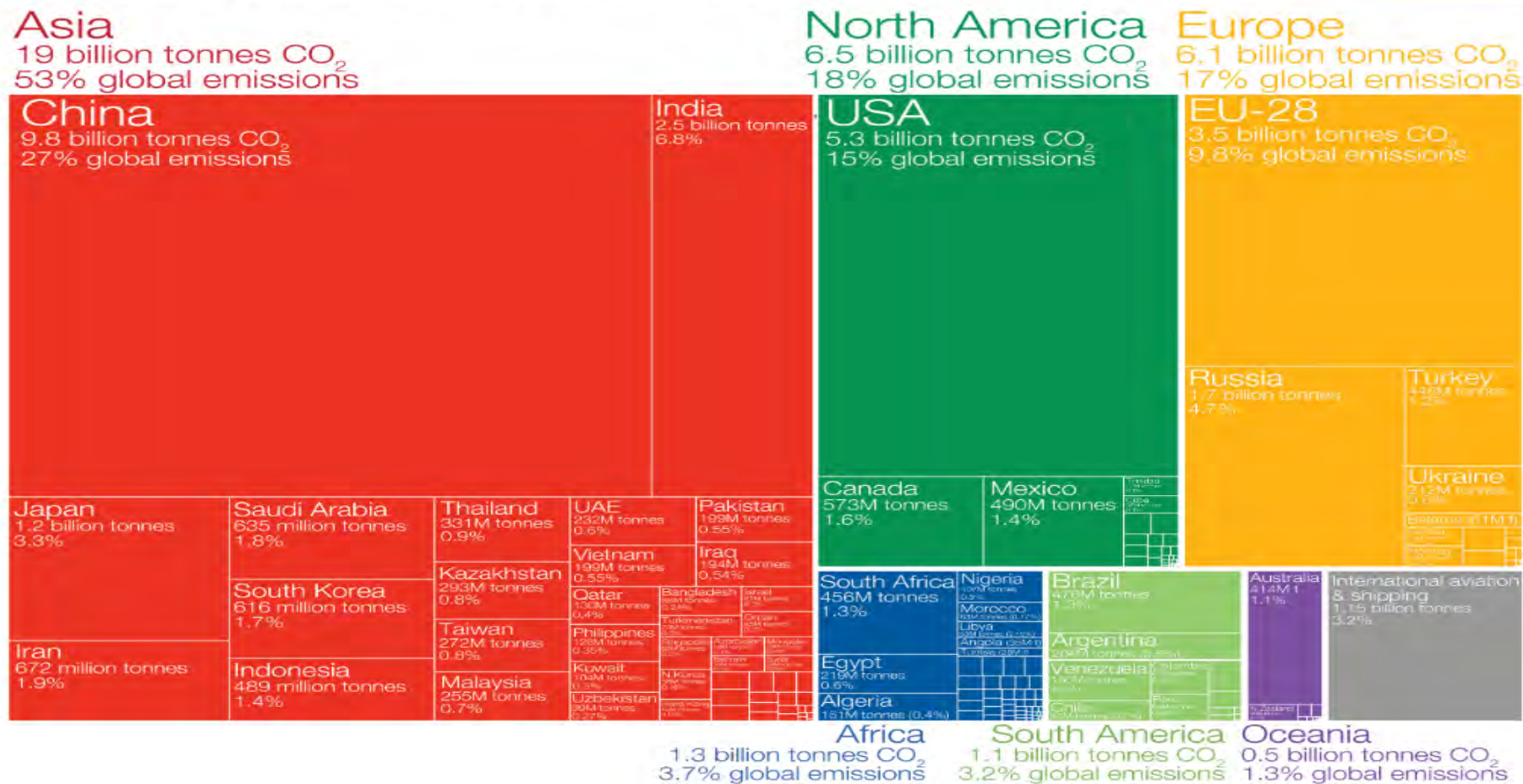
Πηγή: Barbose, G., 2019, *U.S. Renewables Portfolio Standards 2019 Annual Status Report*, Lawrence Berkeley National Laboratory, σελ. 19

Διάγραμμα 28: Εκπομπές CO₂ Παγκοσμίως (2017)

Who emits the most CO₂?

Our World in Data

Global carbon dioxide (CO₂) emissions were 36.2 billion tonnes in 2017.

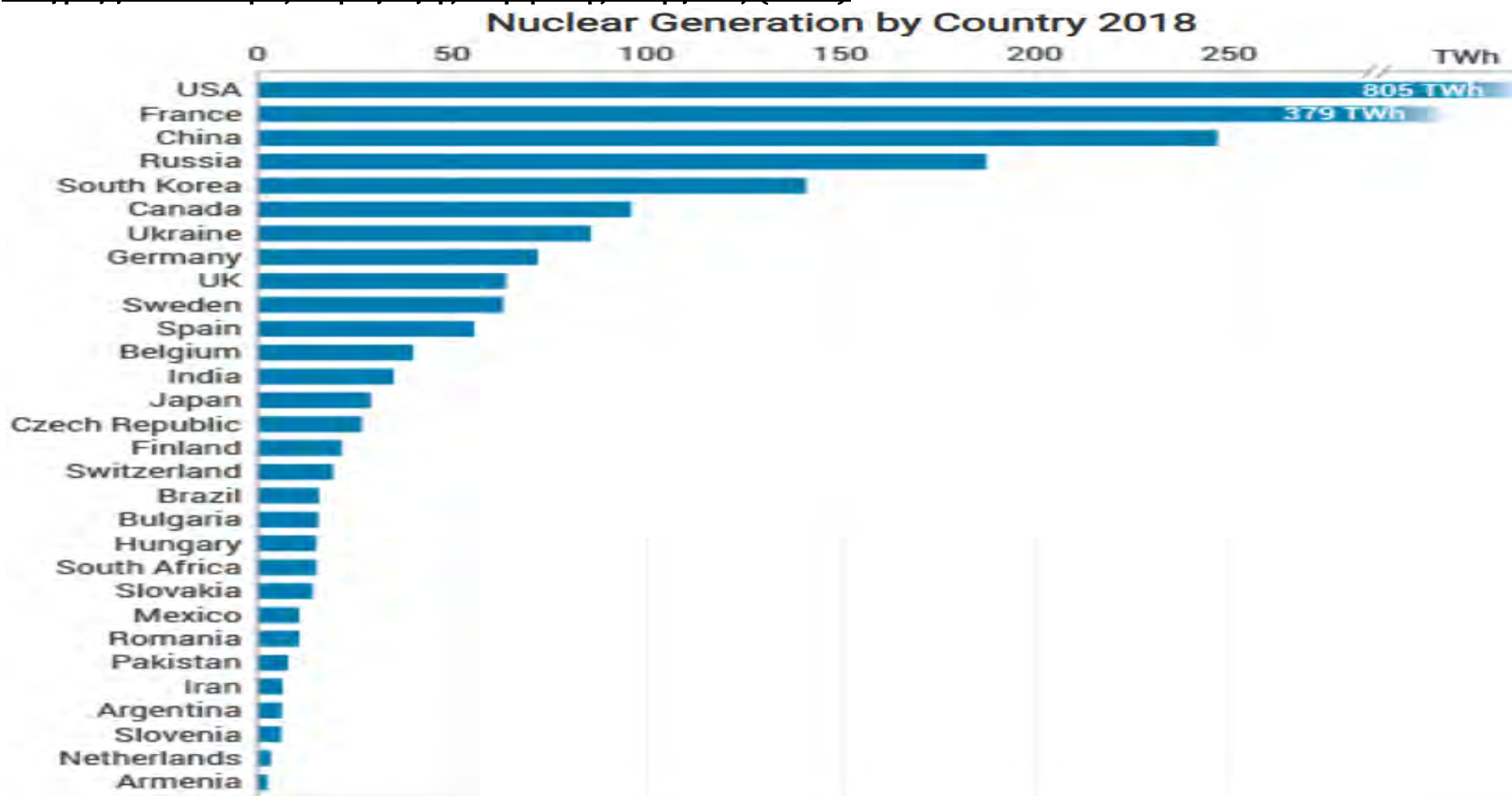


Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πηγή: Ritchie, & Roser, 2018, *Our World in Data: Energy Data*, <https://ourworldindata.org/energy>

Διάγραμμα 29: Χώρες Παραγωγής Πυρηνικής Ενέργειας (2018)



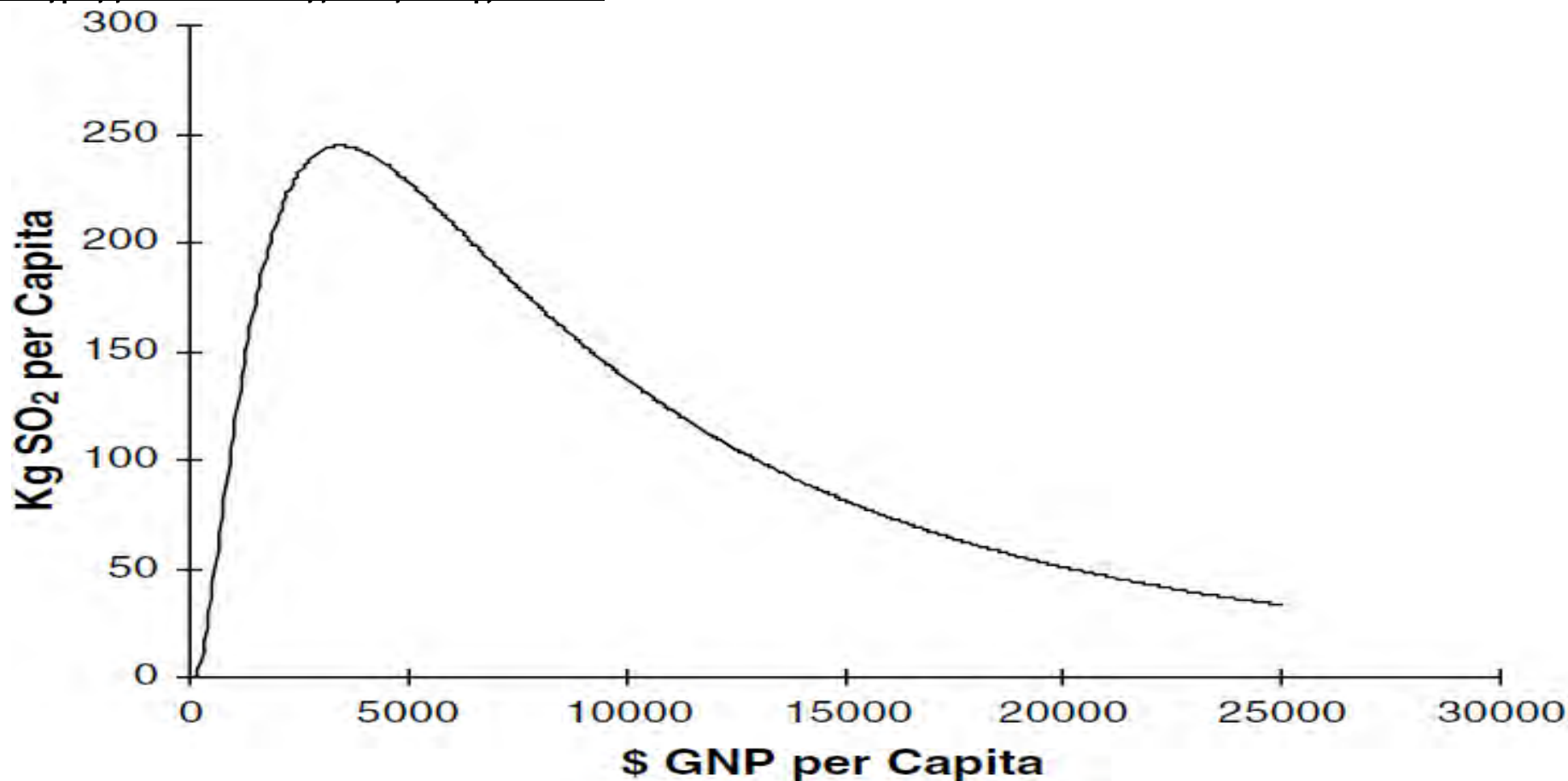
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική
Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

Πηγή: World Nuclear Association, <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>

Αδαμάκης Κωνσταντίνος

Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διάγραμμα 30: Υπόδειγμα Καμπύλης Kuznets



Πηγή: Stern, D., 2004, *The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve*, *World Development*, σελ. 1.420

Παράρτημα 3: Πίνακες

Πίνακας 1: Λίστα Αναπτυγμένων Χωρών (2019)

Developed economies			
North America	Europe		Major developed economies (G7)
	European Union	Other Europe	
Canada United States	EU-15 Austria ^a Belgium ^a Denmark Finland ^a France ^a Germany ^a Greece ^a Ireland ^a Italy ^a Luxembourg ^a Netherlands ^a Portugal ^a Spain ^a Sweden United Kingdom ^b	Iceland Norway Switzerland	Canada Japan France Germany Italy United Kingdom United States
Developed Asia and Pacific	EU-13^c Bulgaria Croatia Cyprus ^a Czech Republic Estonia ^a Hungary Latvia ^a Lithuania ^a Malta ^a Poland Romania Slovakia ^a Slovenia ^a		
Australia Japan New Zealand			

Πηγή: United Nations. 2019, *World Economic Situation and Prospects 2019*, σελ. 169

Πίνακας 2: Συνολική Ενεργειακή Ένταση σε Επιλεγμένα Κράτη 7 Περιοχές (Έτος 2015)

Χώρες/Περιοχές	Συνολική Ένταση Ενέργειας (MJ/\$2011 PPP GDP)
Ευρωπαϊκή Ένωση	3,66
Ιαπωνία	3,74
Ινδία	4,73
Παγκοσμίως	5,13
Η.Π.Α.	5,41
Κίνα	6,69
Καναδάς	7,34

Πηγή: Saundry, P., 2019, *Review of the United States energy system in transition, Energy, Sustainability and Society*, σελ. 10

Αδαμάκης Κωνσταντίνος
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πίνακας 3: Ενεργοί Πυρηνικοί Αντιδραστήρες (Μάρτιος 2020)

Πολιτεία	Μονάδα	Εταιρία	Πολιτεία	Μονάδα	Εταιρία
Alabama	BrownsFerry	TennesseeValley Authority	NewHampshire	NextEra Energy Seabrook	NextEra Energy Seabrook LLC
	Joseph M. Farley	Southern Nuclear Operations Co. LLC			
Arizona	PaloVerde	ArizonaPublicService Co.	NewJersey	HopeCreek	PSEG Nuclear LLC
Arkansas	Arkansas Nuclear One	EntergyArkansas LLC		PSEG SalemGeneratingStation	PSEG Nuclear LLC
California	DiabloCanyon	Pacific Gas& Electric Co.	NewYork	IndianPoint	Entergy Nuclear Indian PT
Connecticut	Millstone	Dominion Energy Nuclear Connecticut Inc.		James A. Fitzpatrick	ExelonGeneration Co. LLC
Florida	St. Lucie	FloridaPower&Light Co.		Nine Mile Point Nuclear Station	Nine Mile Point Nuclear Station LLC
	TurkeyPoint	FloridaPower&Light Co.		R.E. Ginna	R.E. Ginna Nuclear Power Plant LLC
Georgia	EdwinHatch	Southern Nuclear Operations Co. LLC	North Carolina	Brunswick	Duke Energy Progress
	Vogtle	Southern Nuclear Operations Co. LLC		Harris	Duke Energy Progress
Illinois	BraidwoodGeneratingStation	ExelonGeneration Co. LLC		Ohio	McGuire
	ByronGeneratingStation	ExelonGeneration Co. LLC	DavisBesse		FirstEnergy Nuclear Operating Co.
	ClintonPowerStation	Exelon Nuclear	Perry	FirstEnergy Nuclear Operating Co.	
	Dresden	ExelonGeneration Co. LLC	Pennsylvania	BeaverValley	Energy Harbor Nuclear Corp.
	LaSalle	ExelonGeneration Co. LLC		Limerick	ExelonGeneration Co. LLC
QuadCities	ExelonGeneration Co. LLC	PeachBottom		ExelonGeneration Co. LLC	
Iowa	DuaneArnold	NextEra Energy Duane Arnold LLC	Susquehanna	Susquehanna Nuclear LLC	
Kansas	WolfCreekGeneratingStation	Wolf Creek Nuclear Operations Corp.	Catawba	Duke Energy Carolinas	
Louisiana	RiverBend	Entergy Nuclear Generation Co.	South Carolina	H.B. Robinson	Duke Energy Progress
	Waterford 3	EntergyLouisiana LLC		Oconee	Duke Energy Carolinas
Maryland	Calvert Cliffs Nuclear Power Plant	Calvert Cliffs Nuclear Power Plant Inc		V.C. Summer	Dominion Energy SouthCarolina
Michigan	Donald C. Cook	IndianaMichiganPower Co.	Tennessee	Sequoyah	TennesseeValley Authority

Αδαμάκης Κωνσταντίνος
 Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

	Fermi	DTE Electric Co.		WattsBar	TennesseeValley Authority
	Palisades	Entergy Nuclear Palisades LLC	Texas	ComanchePeak	Luminant
Minnesota	Monticello	Northern States Power Co.		SouthTexas	STP Nuclear Operating Co.
	PrairieIsland	Northern States Power Co.	Virginia	North Anna	Virginia Electric &Power Co.
Mississippi	GrandGulf Nuclear Station	System Energy Resources Inc.		Surry	Virginia Electric &Power Co.
Missouri	Callaway	AmerenMissouri	Washington	ColumbiaGenerating Station	Energy Northwest
Nebraska	Cooper	NebraskaPublicPower District	Wisconsin	PointBeach	NextEra Energy Point Beach LLC

Πηγή: Nuclear Energy Institute, 2020, <https://www.nei.org/resources/statistics/nuclear-plants-in-regulated-and-deregulated-states>

Πίνακας 4: Οι 15 Χώρες με την Μεγαλύτερη Παραγωγή Πυρηνικής

Κατάταξη	Χώρα	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας(GW)
1	Η.Π.Α.	807.078
2	Γαλλία	395.908
3	Κίνα	277.056
4	Ρωσία	191.340
5	Νότια Κορέα	127.077
6	Καναδάς	94.450
7	Ουκρανία	79.532
8	Γερμανία	71.866
9	Σουηδία	65.868
10	Ηνωμένο Βασίλειο	59.112
11	Ισπανία	53.364
12	Ιαπωνία	49.330
13	Ινδία	35.389
14	Τσεχία	28.256
15	Βέλγιο	27.251

Ενέργειας το 2018

Πηγή: Nuclear Energy Institute, 2020, <https://www.nei.org/resources/statistics/top-15-nuclear-generating-countries>

Πίνακας 5: Οι Χώρες που Έχουν Συνάψει Συμφωνίες Κατασκευής

Ρωσία		Κίνα	Άλλες
Ιορδανία	Καζακστάν	Σουδάν	Πολωνία
Αίγυπτος	Βενεζουέλα	Κένουα	Λιθουανία
Τυνησία	Βολιβία	Ταϊλάνδη	Φιλιππίνες
Αλγερία	Παραγουάη	Ουγκάντα	Κένουα
Μαρόκο	Μιανμάρ	Καμπότζη	
Νιγηρία	Ινδονησία		
Γκάνα	Βιετνάμ		
Αιθιοπία	Λάος		
Σουδάν	Καμπότζη		
Ζάμπια	Φιλιππίνες		
Κούβα	Αζερμπαϊτζάν		
Ουζμπεκιστάν	Κογκό		
Ρουάντα			

Πυρηνικών Μονάδων

Πηγή: World Nuclear Association, 2020 <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/emerging-nuclear-energy-countries.aspx>

Πίνακας 6: Αιτιώδης Σχέση Κατανάλωσης Ενέργειας & Α.Ε.Π.

Ερευνητής	Χρονολογία	Περίοδος	Χώρα	Αιτιότητα
Kraft&Kraft	1978	1947-1974	USA	Income → Energy
Akraca&Long	1979	1973-1978 (MonthlyData)	USA	Energy → Income
Akraca&Long	1980	1950-1970	USA	NoCausality
Yu&Hwang	1984	1947-1979	USA	NoCausality
Yu&Choi	1985	1954-1976	USA, UK	NoCausality
Abosedra&Baghestani	1989	1947-1972, 1947-1974, 1947-1979, 1947-1989	USA	Energy → Income
Yu&Jin	1992	1974-1990	USA	NoCausality
Stern	1993	1947-1990	USA	Energy → Income
Cheng	1995	1947-1990	USA	NoCausality
Stern	2000	1948-1994	USA	Energy → Income
Thoma	2004	1973-2000	USA	Energy → Income
Chiou-Weietal.	2008	1960-2000	USA	NoCausality
Sarietal.	2008	1969-1999	USA	Income → Energy
Jinetal.	2009	1949-2001	USA	NoCausality
Gross	2012	1970-2007	USA	NoCausality
Aslanetal.	2014	1979-2012	USA	Energy ↔ Income
Soytas&Sari	2006	1960-2004	Italy, Canada, Italy, United Kingdom	Energy ↔ Income
			USA, France	Energy → Income

Αδαμάκης Κωνσταντίνος
Ευφυή Δίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πυρηνική Ενέργεια & Ο Αντίκτυπος στην Οικονομική Ανάπτυξη Ανεπτυγμένων Χωρών: Η Περίπτωση των Η.Π.Α.

			Germany	Income → Energy
Ajmi et al.	2013	1960-2010	USA, Canada, France, Japan	Energy ↔ Income
			United Kingdom	Energy → Income
			Germany	No Causality
			USA, France	Energy → Income
			Germany	Income → Energy
			United Kingdom, Japan, France	No Causality
Mutascu	2016	1970-2012	USA, Canada, Japan	Energy ↔ Income
			United Kingdom, Italy	No Causality
			France, Germany	Income → Energy
Soytas & Sari	2003	1970-2000	Italy	Income → Energy
			France, Germany, Japan	Energy → Income
			USA, United Kingdom, Canada	No Causality
Lee	2005	1960-2001	United Kingdom, Germany, Sweden	No Causality
			USA	Energy ↔ Income
			Canada, Belgium, Netherlands, Switzerland	Income → Energy
			France, Italy, Japan	Energy → Income
Hondroyannis et al.	2002	1960-1996	Greece	Energy ↔ Income
Fuinhas & Marques	2012	1965-2009	Greece	Energy ↔ Income
Tsani	2010	1960-2006	Greece	Energy → Income

Πηγή: Σύνοψη πίνακα από μελέτες που παρουσιάζουν συνολικά τα αποτελέσματα των ερευνών, καθώς και από εξέταση των ίδιων των άρθρων (Chiou-Wei et al., 2008, Payne, 2009, Al-mulali, 2014, Ozcan & Ari, 2015, Omri et al., 2015, Shahbaz et al., 2018)

Παράρτημα Α: Ο Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας των Η.Π.Α.

Παράρτημα Α

Ο Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας των Η.Π.Α.

Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας των Η.Π.Α. είναι κατά παράδοση το πιο ρυθμισμένο στοιχείο του ενεργειακού της τομέα και υπόκειται σε σημαντικούς ομοσπονδιακούς, πολιτειακούς και περιφερειακούς κανόνες, των οποίων η επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση, στην τιμολόγηση και στον ανταγωνισμό ποικίλει (Lazar, 2016).

Στο ομοσπονδιακό σύστημα των Η.Π.Α., οι πολιτείες έχουν σημαντική πολιτική εξουσία για τις λιανικές πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας. Πολλές πολιτείες έχουν χρησιμοποιήσει αυτήν την εξουσία για να θέσουν πολιτικές κατά της καύσης γαιανθράκων και φυσικού αερίου, και προωθούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τις Α.Π.Ε., καθώς και από την πυρηνική ενέργεια (Shea&Hartman, 2017, Saundry, 2019).

Ενώ η ηλεκτρική ενέργεια υπόκειται σε κρίσιμους εθνικούς νόμους, η σημαντικότερη ρύθμιση των ηλεκτρικών υπηρεσιών και των πωλήσεων πραγματοποιείται σε επίπεδο πολιτείας. Τα κρατικά ρυθμιστικά όργανα, όπως οι επιτροπές δημόσιας υπηρεσίας, οι επιτροπές κοινής ωφέλειας κλπ., καθορίζουν τις τιμές λιανικής ηλεκτρικής ενέργειας στις περισσότερες των περιπτώσεων στο πλαίσιο των κρατικών ενεργειακών πολιτικών (Lazar, 2016). Επιπροσθέτως, οι Πολιτείες εμπορεύονται σημαντικά επίπεδα ηλεκτρικής ενέργειας, με ορισμένες πολιτείες να είναι «καθαροί» εξαγωγείς και άλλες «καθαροί» εισαγωγείς. Πολλές αλλά όχι όλες οι περιφέρειες της χώρας συμμετέχουν στις περιφερειακές χονδρικές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν υπό την ηγεσία των περιφερειακών οργανισμών διαβίβασης (Lazar, 2016, Saundry, 2019).

Με βάση όλα τα προαναφερθέντα, η εκτενής και λεπτομερής ανάλυση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στις Η.Π.Α. καθίσταται μια περίπλοκη, σύνθετη και χρονοβόρος διαδικασία, στην οποία και δεν θα εστιάσουμε, περεταίρω, στην παρούσα εργασία.

Παράρτημα Β: Ο Αντίλογος στην Υιοθέτηση των R.P.S.

Παράρτημα Β

Ο Αντίλογος στην Υιοθέτηση των R.P.S.

Το πρώτο RPS χρονολογείται από το 1983, όταν η πολιτεία της Αϊόβα ψηφίζει τον νόμο Εναλλακτικής Ενεργειακής Παραγωγής (Alternative Energy Productionlaw), ο οποίος αναθεωρείται το 1991, και υποχρεώνει τις δύο επιχειρήσεις κοινής ωφελείας της πολιτείας (Mid American & Interstate Power and Light - να συνάψουν σύμβαση για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (σύνολο 105 μεγαβάτ, MW) από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η πολιτική των R.P.S. γίνεται έγινε όλο και πιο δημοφιλής στα τέλη της δεκαετίας του 1990 (Lyon&Yin, 2010).

Παρόλο που οι πολιτικές των R.P.S. αποτελούν τις τελευταίες δύο δεκαετίες την κύρια μορφή προώθησης των Α.Π.Ε., υπάρχουν μελετητές οι οποίοι αμφισβητούν και την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα των R.P.S., όσον αφορά την αντιμετώπιση των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων από την καύση ορυκτών καυσίμων (μείωση των εκπομπών θείου και CO₂), και την προώθηση των Α.Π.Ε. γενικότερα (Lyon&Yin, 2010, Shrimali et al., 2015, Wisher et al., 2017).

Σύμφωνα με τους Palmer&Burtraw (2005), Edenhofer et al. (2013) και Yi (2015) οι οικονομικές θεωρίες υπαγορεύουν ότι το πιο αποτελεσματικό μέτρο αντιμετώπισης του περιβαλλοντικού κόστους (εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, μόλυνση/ποιότητα αέρα και υδάτων, μείωση βιοτικού επιπέδου) είναι η άμεση τιμολόγηση ή ρύθμιση αυτών των εκπομπών, δηλαδή ένα τέλος άνθρακα, και όχι μέσω πολιτικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με τον Yi (2015) να τονίζει την ανάγκη για την υιοθέτηση πιο «επιθετικών» πολιτικών από την πλευρά της ζήτησης ενέργειας.

Οι Engel & Orbach (2008) και Bushnell et al. (2007) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η υιοθέτηση των R.P.S. έχει περιορισμένο αντίκτυπο και επίδραση στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς οι όποιες επιδράσεις είναι τοπικού και πολιτειακού χαρακτήρα. Οι ερευνητές προτείνουν την εφαρμογή των R.P.S. σε ομοσπονδιακό επίπεδο έτσι ώστε αυτή να καταστεί πιο αποτελεσματική. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι Wisher et al. (2017) οι οποίοι υποστηρίζουν ότι τα προγράμματα R.P.S. δεν αντιπροσωπεύουν την αποδοτικότερη λύση για την αντιμετώπιση των εξωτερικοτήτων που σχετίζονται με την μόλυνση του περιβάλλοντος. Προσθέτουν ότι τα προγράμματα R.P.S. είναι πιθανότερο να αντιμετωπίσουν τις εξωτερικότητες που σχετίζονται με την μόλυνση του περιβάλλοντος εφόσον υιοθετηθούν σε ομοσπονδιακό, και όχι πολιτειακό επίπεδο.

Παράρτημα Γ: Νομοθετική Στήριξη Πυρηνικής Ενέργειας

Παράρτημα Γ

Νομοθετική Στήριξη Πυρηνικής Ενέργειας

Η οικονομικά ασύμφορη λειτουργία πολλών μονάδων παραγωγής οδήγησε τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας είτε στο να τερματίσουν την λειτουργία των μονάδων, είτε να ζητήσουν την στήριξη της πολιτείας. Μέχρι το 2018 (Scott, 2018) έξη πυρηνικά εργοστάσια είχαν προγραμματιστεί να διακόψουν για οικονομικούς λόγους την λειτουργία τους έως το 2025, και λόγω του ανταγωνισμού αλλά και λόγω της πολιτειακής νομοθεσίας η οποία απαιτούσε σημαντικές και απαραίτητες κεφαλαιουχικές βελτιώσεις των πυρηνικών σταθμών. Παράλληλα πέντε πυρηνικά εργοστάσια ζήτησαν την υποστήριξη της πολιτείας. Οι κυριότερες πολιτικές που ακολουθούνται για την στήριξη των πυρηνικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι (Sharp&Kuczynski, 2016, Shea&Hartman, 2017, Scott, 2018, EIA 2020):

- Ο Φόρος-Τέλος Άνθρακα (CarbonFee/CarbonTax)
- Πιστώσεις Μηδενικών Εκπομπών (ZeroEmissionsCredits: Z.E.C.)
- Πρότυπα Ενεργειακά Χαρτοφυλάκια (Energy PortfolioStandards)
- Φορολογικά Κίνητρα (TaxIncentives)
- Συμφωνίες Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (PowerPurchaseAgreements: P.P.A.)
- Κρατικοποίηση Πυρηνικών Μονάδων

Φόρος-Τέλη Άνθρακα

Οι υποστηρικτές της πυρηνικής ενέργειας προτείνουν την επιβολή φόρου άνθρακα ως μία άμεση και αποτελεσματική λύση για την τόνωση του ανταγωνισμού και την ενίσχυση των πυρηνικών μονάδων παραγωγής. Με τα τέλη άνθρακα η πολιτεία ενσωματώνει το κόστος των εκπομπών CO₂ στο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, όπως οι γαιάνθρακες και το φυσικό αέριο. Ο φόρος έχει ως αποτέλεσμα την καθιέρωση υψηλότερης μέσης τιμής χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας για τους προμηθευτές που χρησιμοποιούν άνθρακα ή φυσικό αέριο. Συνεπώς, τα τέλη CO₂ αυξάνουν το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γαιάνθρακες και φυσικό αέριο, βελτιώνοντας, έτσι, την ανταγωνιστική θέση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την πυρηνική ενέργεια. Ωστόσο, ενισχύεται και η ανταγωνιστικότητα των Α.Π.Ε..

Παρόλο που δύο канаδικές επαρχίες - η Βρετανική Κολομβία και η Αλμπέρτα - έχουν θεσπίσει φόρους άνθρακα, καμία πολιτεία των Η.Π.Α. δεν το έχει πράξει (μέχρι το 2017). Τον Νοέμβριο του 2016, στην Ουάσιγκτον απορρίφθηκε εκλογικό μέτρο που θα επέβαλε τον φόρο άνθρακα στην πολιτεία, μέσω υψηλότερων τιμών στην βενζίνη και στην ηλεκτρική ενέργεια από ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές άλλες πρωτοβουλίες για την επιβολή τέλους άνθρακα. Οι πολιτείες της Μασαχουσέτη, της Νέας Υόρκης, του Όρεγκον, του Ρόουντ Άιλαντ και του Βερμόντ είτε έχουν καταθέσει πρόταση ψηφίσματος,

Παράρτημα Γ: Συνέχεια

Πιστώσεις Μηδενικών Εκπομπών (Z.E.C.)

Οι πολιτείες της Νέας Υόρκης και του Ιλλινόις ενέκριναν ενεργειακές πολιτικές με τις οποίες υιοθετούν τις πιστώσεις μηδενικών εκπομπών (Z.E.C.) για πυρηνικούς σταθμούς που αντιμετωπίζουν μη επικερδείς συνθήκες στην ενεργειακή αγορά. Οι Z.E.C. είναι παρόμοιες με τις πιστώσεις ανανεώσιμης ενέργειας που λαμβάνουν οι αιολικές και ηλιακές γεννήτριες.

Την 1^η Αυγούστου του 2016, η Επιτροπή Δημόσιας Υπηρεσίας της Νέας Υόρκης ενέκρινε πρόταση για ένα πρότυπο καθαρής ενέργειας. Η πρόταση εφαρμόζει ένα πλαίσιο πολιτικής σε διάφορες πτυχές του ηλεκτρικού συστήματος της Νέας Υόρκης, και περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, την παραγωγή του 50% της ηλεκτρικής ενέργειας της πολιτείας από ανανεώσιμες πηγές έως το 2030, καθώς και πρόγραμμα Z.E.C. για τις πυρηνικές μονάδες. Η επιτροπή χαρακτήρισε (στο Shea&Hartman, 2017) τα Z.E.C. ως "προγράμματα αγοράς με περιβαλλοντολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για να εκτιμήσουν τα περιβαλλοντικά οφέλη και τα οφέλη από την μείωση των εκπομπών CO₂, η οποία αποδίδεται στα πυρηνικά εργοστάσια της πολιτείας. Σύμφωνα με την επιτροπή, οι πυρηνικές μονάδες συμβάλλουν στην αποφυγή εκπομπών CO₂ άνω των 15 εκατομμυρίων τόνων ετησίως. Η επιτροπή δήλωσε, επίσης, ότι οι Z.E.C. αντιπροσωπεύουν το μηχανισμό χαμηλότερου κόστους για τη μείωση των εκπομπών CO₂ της πολιτείας. Επίσης προβλέπουν ότι θα ήταν πιο χρονοβόρος και κοστοβόρος η ανάπτυξη μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε., παρά η διατήρηση και συντήρηση του υπάρχοντος στόλου πυρηνικών μονάδων.

Την 1^η Δεκεμβρίου του ίδιου έτους η Γενική Συνέλευση του Ιλλινόις υιοθέτησε μια παρόμοια πρόταση. Η νομοθεσία αντιπροσώπευε ένα ολοκληρωμένο πακέτο ενεργειακής μεταρρύθμισης που περιλάμβανε, μεταξύ άλλων, αλλαγές στο κρατικό πρότυπο ανανεώσιμων χαρτοφυλακίων και οικονομική υποστήριξη για αγωνιστικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Αρχικά, το νομοσχέδιο προέβλεπε την οικονομική υποστήριξη όχι μόνο για πυρηνικά εργοστάσια, αλλά και για εργοστάσια γαιανθράκων. Ωστόσο, λόγω της αντίθεσης των περιβαλλοντολόγων, καταργήθηκαν οι επιδοτήσεις για εργοστάσια άνθρακα. Η πρόταση υπεγράφη από τον κυβερνήτη στις 7 Δεκεμβρίου. Η νομοθεσία που ψηφίστηκε από την κυβέρνηση του Ιλλινόις δημιούργησε οικονομικά κίνητρα έως το 2026 για τους σταθμούς πυρηνικής ενέργειας.

Το αποτέλεσμα των ενεργειακών πολιτικών που ψηφίστηκαν στις δύο πολιτείες ήταν η ανάκληση των αποφάσεων αναστολής λειτουργίας τεσσάρων μονάδων πυρηνικής ενέργειας, δύο της Νέας Υόρκης και δύο του Ιλλινόις.

Παράρτημα Γ: Συνέχεια

Πρότυπα Ενεργειακά Χαρτοφυλάκια

Τα πρότυπα ενεργειακά χαρτοφυλάκια είναι αντίστοιχα με τα R.P.S. που εφαρμόζονται για τις Α.Π.Ε.. Το γεγονός ότι η πυρηνική ενέργεια δεν συγκαταλέγεται στις μορφές ενέργειας που προωθούν τα R.P.S., οδήγησε πολλές πολιτείες στην πρόταση ενεργειακών χαρτοφυλακίων αποκλειστικά για την πυρηνική ενέργεια.

Το 2015, η πολιτεία της Αριζόνα πρότεινε την αναθεώρηση του ορισμού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ώστε να συμπεριλάβει ορισμένους τύπους πυρηνικών αντιδραστήρων μαζί με άλλες μορφές ενέργειας, όπως η αιολική, ηλιακή και υδροηλεκτρική. Το νομοσχέδιο έφτασε προς ψήφιση στην γερουσία, αλλά δεν υπεγράφη. Το 2015 η γενική συνέλευση της πολιτείας του Ιλλινόις παρουσίασε δύο πρότυπα χαρτοφυλάκια χαμηλών εκπομπών άνθρακα, τα οποία υποχρεώνουν της επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να προμηθευτούν το 70% της ισχύος τους από ενεργειακές πηγές χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, συμπεριλαμβανομένης και της πυρηνικής ενέργειας. Η πρόταση έφτασε προς ψήφιση αλλά απορρίφθηκε. Το 2016 «μετέτρεψε», σε μεγάλο βαθμό, τα απορριφθέντα ενεργειακά χαρτοφυλάκια σε Z.E.C. ως ο προτιμώμενος μηχανισμός στήριξης της πυρηνικής ενέργειας. Η πολιτεία της Νέας Υόρκης ακολούθησε την ίδια πορεία με την πολιτεία του Ιλλινόις, καθώς αρχικά πρότεινε προς ψήφιση πρότυπο χαρτοφυλάκιο χαμηλών εκπομπών άνθρακα, προτού στραφεί στα Z.E.C. Το 2016, το νομοθετικό σώμα της πολιτείας του Νιου Τζέρσεϋ προώθησε ένα νομοσχέδιο το οποίο θα περιλάμβανε την ανευρωνική σύντηξη ως τύπο ανανεώσιμης τεχνολογίας, ενώ το νομοθετικό σώμα της πολιτείας της Ουάσιγκτον εξέτασε ένα νομοσχέδιο που θα τροποποιούσε τα υφιστάμενα R.P.S. ώστε να συμπεριληφθούν σε αυτά οι μικροί αρθρωτοί αντιδραστήρες. Ωστόσο, και στις δύο πολιτείες καμία από τις προτάσεις δεν ψηφίστηκε.

Φορολογικά Κίνητρα

Από το 2005 υπάρχει νομοθετική ρύθμιση της οποία οι κυριότερες παροχές είναι η πίστωση φόρου παραγωγής για νέους πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας, καθώς και το πρόγραμμα εγγύησης δανείων που διαχειρίζεται το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α.. Στόχος τη ενεργειακής πολιτικής είναι η στήριξη της χρηματοδότησης και της εμπορικής ανάπτυξης καινοτόμων τεχνολογιών

Παράρτημα Γ: Συνέχεια

Συμφωνίες Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (P.P.A.)

Οι συμφωνίες αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (PPA) μπορούν να προσφέρουν μακροπρόθεσμη σταθερότητα στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας, προσφέροντας τη δυνατότητα αντιστάθμισης έναντι των διακυμάνσεων της αγοράς. Οι P.P.A. συμβάλλουν στην αγορά ενός καθορισμένου ποσού ηλεκτρικής ενέργειας από μια μονάδα παραγωγής ενέργειας, με ορισμένους περιορισμούς στην τιμή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, στις αναδιαρθρωμένες αγορές, αυτοί οι μηχανισμοί είναι σπάνιοι και μπορεί να είναι δύσκολο να τεθούν σε ισχύ δεδομένης της κανονιστικής τους δομής.

Οι νομοθέτες στην πολιτεία του Κονέκτικατ (ένα αναδιαρθρωμένο κράτος) εξέτασαν μια πιθανή λύση για ορισμένους περιορισμούς, μέσω ενός νομοσχεδίου. Το νομοσχέδιο θα επέτρεπε στον μοναδικό πυρηνικό εργοστάσιο του κράτους να παρακάμψει την ανταγωνιστική αγορά χονδρικής και να λάβει συμβάσεις για έως και το 50% της χωρητικότητάς του, ενώ το άλλο 50% θα εξακολουθούσε να συμμετέχει σε αγορές χονδρικής. Το νομοσχέδιο συνέστησε, επίσης, παρόμοιες παραχωρήσεις σε άλλες πηγές ενέργειας, όπως οι ανανεώσιμες πηγές κατηγορίας 1 και η υδροηλεκτρική ενέργεια μεγάλης κλίμακας, κάτω από την επίβλεψη ενός κρατικού επιτρόπου, του γενικού εισαγγελέα της πολιτείας και του Γραφείου Συμβούλων Καταναλωτών.

Οι προτάσεις θα αξιολογούνταν με βάση το καλύτερο συμφέρον των καταναλωτών, την αξιοπιστία του συστήματος και την προβλεπόμενη τιμή της ενέργειας. Εάν εγκριθεί ο κρατικός επίτροπος θα μπορούσε να ζητήσει από τις εταιρείες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας να συνάψουν συμφωνίες για την παρεχόμενη ενέργεια, χωρητικότητα ή οποιαδήποτε ζητήματα περιβαλλοντολογικού χαρακτήρα για περίοδο έως και 10 ετών. Το νομοσχέδιο ψήφισε η Γερουσία τον Απρίλιο του 2017, αλλά κατατέθηκε στη Βουλή λίγο πριν από τη διακοπή της νομοθετικής περιόδου. Είναι πιθανό ότι ένα παρόμοιο μέτρο θα εξεταστεί κατά τη διάρκεια της νομοθετικής συνόδου του 2017.

Παράρτημα Γ: Συνέχεια

Κρατικοποίηση Μονάδων Παραγωγής

Ως έσχατο μέσο και σε εξαιρετικές περιπτώσεις κατά της οποίες η λειτουργία μίας πυρηνικής μονάδας δεν δύναται να συνεχιστεί, η πολιτεία έχει τη δυνατότητα να παρέμβει και να αποτρέψει την διακοπή της λειτουργίας της, μέσω της κρατικοποίησης της.

Αυτή η επιλογή εξετάστηκε στην πολιτεία της Νέας Υόρκης προκειμένου να διατηρηθεί το πυρηνικό εργοστάσιο «FitzPatrick», το οποίο είχε προγραμματιστεί να κλείσει το 2017. Η ιδιοκτήτρια εταιρία, «Entergy», βρέθηκε απρόθυμη να κάνει ανάκληση της απόφασής της για αναστολή της λειτουργίας του εργοστασίου, παρόλες τις πολιτειακές πολιτικές στήριξής της. Για αρκετούς μήνες, η πολιτεία ανέμενε ότι θα χρειαζόταν να βρει έναν άλλο αγοραστή για το εργοστάσιο, έτσι ώστε να συνεχιστεί η λειτουργία του. Αυτός ο «τύπος» αγοραστή αναφέρεται ως «υπηρεσιακός ιδιοκτήτης» ο οποίος είναι πρόθυμος να υποστεί βραχυπρόθεσμες οικονομικές ζημιές, με την προσδοκία ότι θα λάβει την πολιτειακή υποστήριξη, μέσω των ενεργειακών της πολιτικών, και θα καταστεί οικονομικά βιώσιμη στο μέλλον.

Επικαλούμενος το κοινό καλό, και την προσφορά του πυρηνικού εργοστασίου στην πολιτεία μέσω της αξιόπιστης και απαλλαγμένης από εκπομπές CO₂ και υψηλόμισθων θέσεων εργασίας, το νομοσχέδιο εισήχθη στην γερουσία της πολιτείας της Νέας Υόρκης, η οποία επρόκειτο να έδινε εντολή στην εταιρία «StatePower Authority» να αγοράσει το εργοστάσιο της «FitzPatrick», και να λειτουργεί ως υπηρεσιακός ιδιοκτήτης. Ωστόσο, η προσπάθεια αυτή κατέστη μη αναγκαία, καθώς η έγκριση της Επιτροπής Δημόσιας Υπηρεσίας για το πρόγραμμα Z.E.C. για τις πυρηνικές εγκαταστάσεις στην πολιτεία ώθησε την «Exelon» να αγοράσει το εργοστάσιο «FitzPatrick» και να συνεχίσει τις δραστηριότητές της. Το νομοσχέδιο δεν ψηφίστηκε ποτέ και τελικά απέτυχε λόγω αναβολής.

Παράρτημα Δ: Η Εξέλιξη της Πυρηνικής Ενέργειας

Παράρτημα Δ

Η Εξέλιξη της Πυρηνικής Ενέργειας

Περίπου 30 χώρες προγραμματίζουν ή έχουν ήδη ξεκινήσει προγράμματα πυρηνικής ενέργειας, και άλλες 20 περίπου χώρες έχουν εκφράσει ενδιαφέρον για προγράμματα πυρηνικής ενέργειας. Στις χώρες αυτές συγκαταλέγονται τόσο ανεπτυγμένες, όσο και αναπτυσσόμενες οικονομίες. Ειδικότερα οι χώρες αυτές είναι (World Nuclear Association, 2020):

- Στην Ευρώπη: Αλβανία, Σερβία, Κροατία, Πορτογαλία, Νορβηγία, Πολωνία, Λευκορωσία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ιρλανδία, Τουρκία.
- Στη Μέση Ανατολή & Βόρεια Αφρική: Η.Α.Ε., Σαουδική Αραβία, Κατάρ, Κουβέιτ, Υεμένη, Ισραήλ, Συρία, Ιορδανία, Αίγυπτος, Τυνησία, Λιβύη, Αλγερία, Μαρόκο, Σουδάν.
- Στην Δυτική, Κεντρική & Νότια Αφρική: Νιγηρία, Γκάνα, Σενεγάλη, Κένυα, Ουγκάντα, Τανζανία, Ζάμπια, Ναμίμπια, Ρουάντα, Αιθιοπία.
- Στην Κεντρική & Νότια Αμερική: Κούβα, Χιλή, Ισημερινός, Βενεζουέλα, Βολιβία, Περού, Παραγουάη.
- Στην Κεντρική & Νότια Ασία: Αζερμπαϊτζάν, Γεωργία, Καζακστάν, Μογγολία, Μπαγκλαντές, Σρι Λάνκα, Ουζμπεκιστάν.
- Στη Ν.Α. Ασία & την Ωκεανία: Ινδονησία, Φιλιππίνες, Βιετνάμ, Ταϊλάνδη, Λάος, Καμπότζη, Μαλαισία, Σιγκαπούρη, Μιανμάρ, Αυστραλία.
- Στην Ανατολική Ασία: Βόρεια Κορέα.

Οι κρατικές πυρηνικές εταιρείες της Ρωσίας και της Κίνας έχουν πρωτοστατήσει στην προσφορά πυρηνικών σταθμών σε αναδυόμενες χώρες, κυρίως μέσω της με χρηματοδότησης και των υπηρεσιών παροχής καυσίμων. Στον Πίνακα 5 απεικονίζεται η κύρια επιρροή της Κίνας και της Ρωσίας σε χώρες με διάφορες συμφωνίες, χωρίς όμως να έχει πραγματοποιηθεί η κατασκευή πυρηνικών εργοστασίων (WorldNuclearAssociation, 2020).

Παράρτημα Ε: Η Καμπύλη Kuznet

Παράρτημα Ε

Η Καμπύλη Kuznet

Η Περιβαλλοντική Καμπύλη Kuznets (Environmental Kuznets Curve, εφεξής: Ε.Κ.Κ.) είναι μία υποθετική σχέση ανάμεσα στην περιβαλλοντική ρύπανση και το κατά κεφαλήν εισόδημα μίας χώρας (Stern, 2004, Shahbaz et al. 2016, Shahbaz & Sinha, 2019). Η Ε.Κ.Κ. αποτελεί ένα εμπειρικό φαινόμενο σύμφωνα με το οποίο στα πρώτα στάδια της οικονομικής ανάπτυξης υπάρχει θετική σχέση μεταξύ ρύπανσης και εισοδήματος, ενώ από ένα επίπεδο εισοδήματος και πάνω η σχέση «μετατρέπεται» σε αρνητική (Stern, 2004, Liu, 2005). Στα πρώτα στάδια η ρύπανση αυξάνεται όσο αυξάνεται και το εισόδημα. Όταν το εισόδημα συνεχίσει να αυξάνεται και ξεπεράσει ένα επίπεδο, η περιβαλλοντική ρύπανση παύει να αυξάνεται και παρουσιάζει μείωση. Βάση αυτής της σχέσης, ο δείκτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι μια ανεστραμμένη συνάρτηση «U», όπου στον κάθετο άξονα βρίσκεται το επίπεδο των ρύπων, ενώ στον οριζόντιο το κατά κεφαλήν εισόδημα (Δείτε Διάγραμμα 30) (Stern, 2004, Liu, 2005, Shahbaz et al. 2016, Shahbaz & Sinha, 2019).

Ειδικότερα (Shahbaz et al. 2016, Shahbaz & Sinha, 2019), κατά τα πρώτα στάδια της εκβιομηχάνισης, και σε επίπεδα χαμηλού εισοδήματος, η αύξηση της περιβαλλοντικής ρύπανσης είναι η αιτία για την αύξηση των εισοδημάτων βραχυπρόθεσμα, επειδή οι βιομηχανίες και τα νοικοκυριά καταναλώνουν μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας τόσο για την παραγωγή όσο και για καταναλωτικούς σκοπούς. Επιπλέον, οι πολίτες ενδιαφέρονται περισσότερο για την απόκτηση υψηλότερου εισοδήματος παρά για την προστασία του περιβάλλοντος, και ως εκ τούτου ο «σεβασμός» τους απέναντι στο περιβάλλον μειώνεται. Σε αυτό το στάδιο, η περιβαλλοντική ρύπανση χαρακτηρίζεται ως «κατώτερο» αγαθό. Όταν επιτευχθεί η πολυπόθητη οικονομική ανάπτυξη, το υψηλότερο βιοτικό επίπεδο επιφέρει μία σειρά αλλαγών οι οποίες συμβάλλουν στην μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων. Οι τεχνολογικές εξελίξεις, η βελτίωση του μορφωτικού επιπέδου, η ευαισθητοποίηση του κοινού για το περιβάλλον, οι μεγαλύτερες δαπάνες για το περιβάλλον, καθώς και οι ακαδημαϊκές και πολιτικές πρωτοβουλίες, αποτελούν τους κυριότερους παράγοντες που οδηγούν στην υιοθέτηση ενεργειακών πολιτικών κατά της περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Με βάση, λοιπόν, την θεωρία Kuznets, το κλειδί για την μείωση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης είναι η οικονομική ανάπτυξη (Stern, 2004).

Στην πράξη, όμως, η διεθνής βιβλιογραφία, από την πρώτη μελέτη που παρουσίασαν οι Grossman & Krueger (1991) μέχρι και σήμερα, παρουσιάζει αντιφατικά αποτελέσματα για την ισχύ της

Παράρτημα Ε: Συνέχεια

Ορισμένοι ερευνητές αποδίδουν την ασυνέπεια των αποτελεσμάτων σε ενδογενή προβλήματα της ίδιας της θεωρίας (Copeland&Taylor, 2004, Martinez-Zarzoso&Bengochea-Morancho, 2004, Stern, 2004). Αναφέρουν ότι η υπόθεση Kuznets είναι ένα θεωρητικό και εμπειρικό μοντέλο, το οποίο είναι μάλλον απίθανο να είναι κατάλληλο για να εφαρμοστεί στην πραγματική οικονομία, καθώς παρουσιάζει μία υπεραπλουστευμένη σχέση μεταξύ ρύπων και εισοδήματος, σε ένα εξαιρετικά πολύπλοκο, σύνθετο και πολυπαραγοντικό περιβάλλον, ενώ το γεγονός ότι αναπτύχθηκε από οικονομολόγους αντί για περιβαλλοντολόγους, καθιστά την αξιοπιστία περισσότερο αμφίβολη (Copeland&Taylor, 2004, Stern, 2004, Ozokcu&Ozdemir, 2017).

Στον αντίποδα, υπάρχουν ερευνητές οι οποίοι υποστηρίζουν ότι τα αντιφατικά αποτελέσματα οφείλονται στην πολυπλοκότητα της υπόθεσης. Η ισχύ ή μη της υπόθεσης Kuznets εξαρτάται από την μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί στην μελέτη, την περίοδο που αφορούν τα δεδομένα καθώς και την εκάστοτε χώρα στην οποία εστιάζουν. Τονίζουν πως τα αποτελέσματα της εκάστοτε μελέτης δεν πρέπει να γενικεύονται και να αποτελούν μέτρο σύγκρισης για όλες τις χώρες. Η κάθε χώρα-οικονομία έχει τα δικά της ιδιαίτερα και μοναδικά χαρακτηριστικά και οι υποθέσεις της κάθε μελέτης δεν πρέπει να συγχέονται και να συγκρίνονται με μελέτες που εξετάζουν το φαινόμενο σε άλλες χώρες (Baek&Kim, 2013, Destek&Sarkodie, 2019). Οι ερευνητές επισημαίνουν πως η ασυνέπεια των αποτελεσμάτων μπορεί να διορθωθεί εφόσον η διεξαγωγή της οποιασδήποτε μελέτης εκτίμησης Ε.Κ.Σ., διεξάγεται σε παρόμοια χρονικά και μεθοδολογικά πλαίσια. Παράλληλα, προτείνουν οι νέες μελέτες να εστιάζουν σε χρονικές περιόδους για τις οποίες έχουν ήδη διενεργηθεί μελέτες, έτσι ώστε να εντοπιστούν οι όποιες αδυναμίες και παραλήψεις των παρελθοντικών ερευνών (Baek&Kim, 2013, Shahbaz&Sinha, 2019).