

ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



**Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής  
Ανάπτυξης**

**Π.Μ.Σ «Εφαρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»**

**«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων  
Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»**

Πολυχρόνης Θ. Κωνσταντίνου

*Αθήνα 2025*

**ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

*«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»*

*«Recording and Analysis of the determining factors Electricity Demand in Greece»*

ΠΟΛΥΧΡΟΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, ΑΜ: 01520823m005

*Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών,*

*Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης,*

*Π.Μ.Σ «Εφαρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»*

## Περιεχόμενα

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ</b> .....	9
<b>1.1 Εισαγωγή και ο Σκοπός της Διατριβής</b> .....	9
1.1.1 Ανάλυση Σταδίων Υλοποίησης Εργασίας.....	9
1.1.2 Ανάλυση Δομής Εργασίας.....	10
<b>2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b> ...	11
<b>2.1 Το φάσμα της Ενέργειας σε Παγκόσμια κλίμακα</b> .....	11
<b>2.2 Η Αγορά της Ηλεκτρικής Ενέργειας</b> .....	14
2.2.1 Η Αγορά Ηλεκτρική Ενέργεια σε Παγκόσμια κλίμακα .....	15
2.2.2 Η Αγορά Ηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα και Ιστορικά Δεδομένα .....	17
2.2.3 Η Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	19
<b>3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ</b> .....	24
<b>3.1 Σύνοψη Εμπειρικών Μελετών Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας</b> .....	24
3.1.1 Εμπειρικές Μελέτες Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας Διεθνών Χωρών .....	25
3.1.1.1 Stern, D. I. 2004. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. World Development, 32(8), 1419–1439.....	25
3.1.1.2 Altinay, G. and Karagol, E. 2005, Electricity consumption and economic growth: evidence for Turkey. Energy Economics 27, 849-956.....	25
3.1.1.3 Wolde-Rufael, Y., 2006, Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries. Energy Policy 34, 1106-1114. ....	26
3.1.1.4 Lee, C. C. 2007. Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from OECD Countries. Energy Policy, 35(9), 4448–4452. ....	27
3.1.1.5 Zamani, M., 2007. Energy consumption and economic activities in Iran. Energy Economics 29, 1135–1140.....	27

3.1.1.6	Narayan P.K., Smyth R., Prasad A., 2007. Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities. <i>Energy Policy</i> 35, 4485-4494. ....	28
3.1.1.7	Bianco V., Manca O., Nardini S., 2009. Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models. <i>Energy Policy</i> 34, 1413–1421. ....	28
3.1.1.8	Sadorsky, P. 2009. Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies. <i>Energy Economics</i> , 31(3), 456–463. ....	29
3.1.1.9	Ozturk, I. (2010). Energy Consumption and Economic Growth: A Meta-Analysis. <i>Energy Policy</i> , 38(1), 660–668.....	29
3.1.1.10	Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of OECD Countries. <i>Energy Economics</i> , 32(1), 230–236. ....	30
3.1.1.11	Blázquez, Leticia, Nina Boogen, and Massimo Filippini. "Residential electricity demand in Spain: New empirical evidence using aggregate data." <i>Energy economics</i> 36 (2013): 648-657.....	31
3.1.1.12	Bouoiyour, Jamal, Refk Selmi, and Ilhan Ozturk. "The nexus between electricity consumption and economic growth: new insights from meta-analysis." <i>International Journal of Energy Economics and Policy</i> 4.4 (2014): 621-635. ....	31
3.1.1.13	Maria José Charfuelan Villareal, João Manoel Losada Moreira (2016). Household consumption of electricity in Brazil between 1985 and 2013, Center of Engineering, Modeling and Applied Social Sciences, <i>Energy Policy</i> 96 (2016), 251-259	32
3.1.1.14	Gholizadeh, Younes (2020), Causality relationship between energy consumption and economic growth in the European Union countries, EERI Research Paper Series, No. 12/2020, Economics and Econometrics Research Institute (EERI) Research Paper Series, 2020.....	33
3.1.1.15	Abrahão, Karla Cristina de Freitas Jorge, and Roberta Vieira Gonçalves de Souza. "What has driven the growth of Brazil' s residential electricity consumption during the last 19 years? An index decomposition analysis." <i>Ambiente Construído</i> 21.2 (2021): 7-39.....	34

3.1.1.16	Luís Oscar Martins, Fábio Matos Fernandes, Lucas da Silva Almeida, Ednildo Andrade Torres, Armando Hirohumi Tanimoto, Alex Álisson Bandeira Santos, Marcelo Santana Silva, (2023), Price and Income Elasticity of Residential Electricity Demand in the State of Bahia: 2004 to 2021, International Journal of Energy Economics and Policy, 2023, 13(1), 39-44.....	35
3.1.2	Εμπειρικές Μελέτες Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	36
3.1.2.1	Donatos, G., Mergos, G., (1989). Energy demand in Greece. Energy Economics 11, 147–152. ....	36
3.1.2.2	Tserkezos, E., (1992). Forecasting residential electricity consumption in Greece using monthly and quarterly data. Energy Economics 14 (3), 226–232. ....	36
3.1.2.3	Zonzilos, N., Lolos, S. (1996). Household Energy Demand in Greece, Discussion Paper. National Technical University of Athens. (in Greek). ....	37
3.1.2.4	Hondroyiannis, G., Lolos, S. and Papapetrou, E. (2002). Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece. Energy Economics 24, 319-336. ....	37
3.1.2.5	Hondroyiannis, G. (2004). Estimating residential demand for electricity in Greece. Energy Economics, 26(3), 319–334.....	38
3.1.2.6	Tsani, S.Z. (2010). Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. Energy Economics, 32(3), 582-590.....	38
3.1.2.7	Dergiades, T., Martinopoulos, G., Tsoulfidis, L. (2013). Energy consumption and economic growth: Parametric and non-parametric causality testing for the case of Greece. Energy Economics, 36, 686-697.....	39
3.1.2.8	Kostakis, Ioannis (2020). "Socio-demographic determinants of household electricity consumption: Evidence from Greece using quantile regression analysis." Current Research in Environmental Sustainability 1 (2020): 23-30. ....	40
<b>4</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) κατά Κεφαλήν Εισόδημα.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Τιμή Ηλεκτρικής Ενέργειας Χαμηλής Τάσης για Οικιακή χρήση.....</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>Πληθωρισμός.....</b>	<b>44</b>

# Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης

## Π.Μ.Σ «Εφηρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»

«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»

---

4.4	Ανεργία .....	46
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ .....	49
5.1	Στατιστικές πληροφορίες.....	49
5.4.1	Στατιστικός F-έλεγχος και ανάλυση διακύμανσης.....	53
5.4.2	Στατιστικός t-έλεγχος.....	54
6	ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ .....	65
6.1	Παρουσίαση Μεθοδολογίας.....	65
6.2	Ανάλυση Μεθοδολογίας και Προσδιοριστικών Παραγόντων .....	67
6.3	Προβλεπτική ικανότητα μοντέλου .....	74
7	ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	76
8	ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	78

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις ημέρες μας η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό θέμα προς συζήτηση για κάθε χώρα και κάθε κυβέρνηση δεδομένου και των συνθηκών που έχουν σχηματιστεί διεθνώς. Σε διάφορες επιστημονικές μελέτες, ένα από τα βασικότερα ζητήματα που προσπαθούν να αναλυθούν είναι οι παράγοντες που καθορίζουν και επιδρούν στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε χώρα. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες στη διεθνή βιβλιογραφία είναι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μιας χώρας, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ), ο πληθωρισμός και η ανεργία σε κάθε χώρα.

Η παρούσα διατριβή, πραγματοποιήθηκε με σκοπό να αναλυθούν διεξοδικά οι προσδιοριστικοί παράγοντες που επηρέασαν την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για την χρονική περίοδο από το 1992 έως το 2023 αλλά και για το άμεσο μέλλον σε βάθος 4ετίας. Οι παράγοντες που λήφθηκαν υπόψη στην έρευνα και μελετήθηκαν είναι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλής τάσης για Οικιακή χρήση (€/MWh), το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ) και τον πληθωρισμό.

Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα E VIEWS για την εκτίμηση του μοντέλου της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για το Ελληνικό σύστημα (ΔΣ) αλλά για το βραχυπρόθεσμο διάστημα της 4ετίας και για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

### ABSTRACT

In today's world, the demand for electricity is an important issue for discussion in every country and government, especially given the international conditions that have been formed. In various scientific studies, one of the key issues that are analyzed is the factors that determine and affect the demand for electricity in each country. Some of these factors in international literature include the annual electricity consumption of a country, the price of electricity, the Gross National Product (GNP), inflation, and unemployment in each country.

This dissertation was conducted with the aim of analyzing in detail the determinants that affected electricity demand in Greece for the period from 1992 to 2023, as well as for the near future over the next four years. The factors considered in the research and analyzed include annual electricity consumption, the price of low-voltage electricity for residential use (€/MWh), Gross National Product (GNP), and inflation.

The statistical software E-Views was used to estimate the electricity demand model for the Greek system (GS) for the short-term period of four years and to draw conclusions.

## 1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

### 1.1 Εισαγωγή και ο Σκοπός της Διατριβής

#### 1.1.1 Ανάλυση Σταδίων Υλοποίησης Εργασίας

Η μελέτη διαφόρων επιστημονικών ερευνών των τελευταίων είκοσι και πλέον χρόνων, έδειξε ότι ο βασικός στόχος των ερευνητών ήταν να εντοπιστούν οι ακριβείς παράγοντες που καθορίζουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες χώρες, τόσο στον αναπτυγμένο όσο και στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί στην εξέταση εκείνων των παραμέτρων που ενδέχεται να επηρεάσουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα με την πάροδο του χρόνου. Προκειμένου να εξετασθούν οι συνθήκες που επικρατούν στη χώρα μας, που επηρεάζουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας χρειάστηκε να εξετάσουμε τους τελευταίους τρεις ενεργειακούς σχεδιασμούς του ΑΔΜΗΕ, την ελληνική βιβλιογραφική μελέτη καθώς και να ληφθούν διάφορα πρωτογενή στοιχεία όπως η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλής τάσης για Οικιακή χρήση (€/MWh) το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ), τον πληθωρισμό και την ανεργία, ΔΕΗ Α.Ε., ΑΔΜΗΕ Α.Ε., ΕΛ.ΣΤΑΤ και EUROSTAT.

Ο στόχος όλων των ερευνών ήταν να αποκομίσουν όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστα συμπεράσματα, προκειμένου να υποστηριχθεί η παγκόσμια ενεργειακή κοινότητα και να διερευνηθεί σε βάθος ο τρόπος με τον οποίο η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζεται τόσο στον αναπτυγμένο όσο και στον αναπτυσσόμενο κόσμο.

Σκοπός της συγκεκριμένης διατριβής είναι να εξετάσει τους παράγοντες εκείνους που επηρέασαν την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για την χρονική περίοδο από το 1992 έως το 2023 αλλά και για το άμεσο μέλλον σε βάθος 4ετίας. Οι παράγοντες που λήφθηκαν υπόψη στην έρευνα και μελετήθηκαν είναι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τον ΑΔΜΗΕ Α.Ε., η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλής τάσης για Οικιακή χρήση (€/MWh) από τη ΔΕΗ Α.Ε., και για το Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ), τον πληθωρισμό και την ανεργία που επικρατεί στην Ελλάδα από ΕΛ.ΣΤΑΤ και EUROSTAT.

Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα E-VIEWS για την εκτίμηση του μοντέλου της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για το Διασυνδεδεμένο σύστημα (ΔΣ) αλλά για το βραχυπρόθεσμο διάστημα της 4ετίας και για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

#### 1.1.2 Ανάλυση Δομής Εργασίας

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση της παρούσας εργασίας διαρθρώνεται σε 8 Κεφάλαια, με στόχο την πιο λεπτομερή και πλήρη παρουσίαση της εργασίας.

Στο Κεφάλαιο 1 περιγράφεται περιληπτικά το τι θα μελετηθεί στη παρούσα διατριβή.

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφεται το φάσμα της ενέργειας μέσω διαφορών δεδομένων σε παγκόσμια κλίμακα αλλά και στην Ελλάδα.

Στο Κεφάλαιο 3 παρατίθενται όλες οι προηγούμενες εμπειρικές μελέτες, οι οποίες υλοποιήθηκαν με στόχο την ανάλυση των μεταβλητών που επηρεάζουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύεται η περιγραφή και η επεξεργασία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα, ενώ στα Κεφάλαια 5 έως 7 παρατίθεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των συμπερασμάτων, τα αποτελέσματα της έρευνας καθώς και οι πίνακες με τα συνοπτικά συμπεράσματα.

Τέλος στο Κεφάλαιο 8 παρουσιάζεται αναλυτικά η βιβλιογραφία που στηρίχθηκε η παρούσα εργασία.

## 2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 2.1 Το φάσμα της Ενέργειας σε Παγκόσμια κλίμακα

Το φάσμα της ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα είναι ένα δυναμικό πεδίο, που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Η μετάβαση σε ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον με φθηνή και καθαρή ενέργεια απαιτεί συντονισμένες προσπάθειες σε παγκόσμιο επίπεδο, με έμφαση σε επενδύσεις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης και την πρόοδο της τεχνολογικής καινοτομίας.

Πάνω σε αυτά τα πλαίσια το σύνολο των χωρών παγκοσμίως έχουν κάνει βήματα προς το μέλλον με τη Συμφωνία του Παρισιού<sup>1</sup>, με δέσμευση για περιορισμό της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από τους 1,5°C, δεδομένης της μείωσης εκπομπής αερίων Co<sub>2</sub> από τους παραγωγούς (Yamin, F 1998)<sup>2</sup>. Επιπλέον βάσει των στόχων της ΕΕ για το κλίμα και την ενέργεια<sup>3</sup> περιγράφεται η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έως το 2050. Η μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι κρίσιμη για την επίτευξη αυτών των στόχων.

Τα τελευταία χρόνια αυτή η μετάβαση έχει γίνει επιτακτική δεδομένης και της ενεργειακής κρίσης που έχει προκύψει μετά την έναρξη του πολέμου μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας το 2022 με την μείωσή αποθεμάτων φθηνού Ρωσικού Φυσικού αερίου προς τις υπόλοιπες χώρες του κόσμου και πιο συγκεκριμένα της Ευρώπης που είναι το σημείο ενδιαφέροντος μας.

---

<sup>1</sup>Συμφωνία Παρισιού: [https://eur-lex.europa.eu/EL/legal-content/summary/the-road-from-paris-assessing-the-implications-of-the-paris-agreement-on-fighting-climate-change.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://eur-lex.europa.eu/EL/legal-content/summary/the-road-from-paris-assessing-the-implications-of-the-paris-agreement-on-fighting-climate-change.html?utm_source=chatgpt.com)

<sup>2</sup> Yamin, F. (1998). The Kyoto Protocol: Origins, assessment and future challenges. Rev. Eur. Comp. & Int'l Envtl. L., 7, 113.

<sup>3</sup>Στόχοι της ΕΕ για το κλίμα και την Ενέργεια:

<https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/#climate-neutral>

## Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης

### Π.Μ.Σ «Εφηρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»

«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»

Βάσει των πολιτικών αποφάσεων που λαμβάνονται σε παγκόσμιο επίπεδο μπορεί κανείς να καταλάβει πόσο σημαντικό ρόλο παίζει η ενέργεια για κάθε χώρα σε πολλά επίπεδα όπως είναι η οικονομική της μεγέθυνση, η ενεργειακή αυτονομία καθώς και η εξασφάλιση παραγόμενης πράσινης ενέργειας.

Ενδεικτικά παρακάτω με τον πίνακα 2.1.1 παραθέτουμε τα απολογιστικά στοιχεία για τα έτη 2021, 2022 και 2023 της πολυεθνικής εταιρίας πετρελαιοειδών Beyond Petroleum (BP Energy Outlook 2023 & 2024), όπου παρουσιάζεται το ποσοστό για τη πρωτογενή παραγωγή ενέργειας ανά τύπο καυσίμου για τα έτη 2021, 2022 και 2023. Σύμφωνα με τα στοιχεία της BP φαίνεται ότι ακόμα η μεγάλη εξάρτηση που υπάρχει παγκοσμίως από τις «γκρίζες» μορφές ύλης που χρησιμοποιούν για την παραγωγή ενέργεια, παρά την προσπάθεια για παραγωγή «πράσινης» ενέργειας.

**Πίνακα 2.1.1: Το ποσοστό της παραγωγή Ενέργειας ανά τύπο καυσίμου για τα έτη 2021 έως 2023**

Τύποι Καυσίμου	2021	2022	2023
Πετρέλαιο	31%	30%	33%
Φυσικό Αέριο	25%	23%	23%
Ορυκτά	27%	28%	26%
Πυρηνική ενέργεια	4%	4%	4%
Υδροηλεκτρικά	7%	7%	6%
Ανανεώσιμες Πηγές	6%	8%	8%

Πηγή: BP Statistical Review of World Energy 2022,2023 &2024

Τα στοιχεία από το παραπάνω πίνακα δεν είναι καθόλου ενθαρρυντικά για τις μέχρι τώρα συνθήκες που επικρατούν παγκοσμίως ωστόσο στο τελευταίο BP Energy Outlook 2024<sup>4</sup>, φαίνεται ότι μέχρι το 2050 η παγκόσμια ενεργειακή κοινότητα θα έχει κάνει άλματα προόδου για την παραγωγή πράσινης ενέργειας. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκύπτουν από τη μη βιώσιμη διαχείριση των πόρων είναι εξαιρετικά σοβαρά. Η αβεβαιότητα των κλιματικών αλλαγών και η επιτακτική ανάγκη για περιβαλλοντική προστασία οδηγούν στην αναθεώρηση και

<sup>4</sup>BP Energy Outlook 2024: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf>

επανασχεδίαση των οικονομικών δραστηριοτήτων, ενσωματώνοντας τον παράγοντα της περιβαλλοντικής διαχείρισης σε κάθε πλαίσιο. Η εφαρμογή ενός παραγωγικού συστήματος που βασίζεται σε κριτήρια μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας των πόρων θεωρείται ως μια στρατηγική για την αντιμετώπιση τόσο της τρέχουσας οικονομικής κρίσης όσο και των περιβαλλοντικών προκλήσεων. (Δημήτριος Λάλας, Καθηγητής Ευτύχιος Σαρτζετάκης, Καθηγητής Πανεπιστημίου Μακεδονίας Αθήνα Μπελεγρή-Ρομπόλη, Επίκουρη Καθηγήτρια Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Παναγιώτης Μιχαηλίδης, Επίκουρος Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Σεβαστιανός Μοιρασγεντής, Ερευνητής Β' Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών Μαρία Μαρκάκη, Υποψήφια Διδάκτωρ Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Ράλλης Γκέκας, Οικονομολόγος) (2011)<sup>5</sup>

Ενδεικτικά στο παρακάτω Πίνακα 2.1.2, φαίνεται ότι μέχρι το 2050 η παγκόσμια παραγωγή ενέργειας θα στηρίζεται κατά κύριο λόγο στις Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

**Πίνακα 2.1.2: Το ποσοστό της παραγόμενης Ενέργειας ανά τύπο καυσίμου το 2050**

Τύποι Καυσίμου	2050
Πετρέλαιο	12%
Φυσικό Αέριο	15%
Ορυκτά	5%
Πυρηνική ενέργεια	5%
Υδροηλεκτρικά	6%
Ανανεώσιμες Πηγές	57%

Πηγή: BP Energy Outlook 2024

<sup>5</sup> Πράσινη Οικονομία, Κοινωνική Συνοχή και Απασχόληση, (2011)

<https://www.inegsee.gr/ekdosi/Prasinh-Oikonomia-Koinwnikh-Synoxh-kai-Apasxolhsh/>

## 2.2 Η Αγορά της Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί θεμέλιο για τη σύγχρονη ζωή, παίζει καθοριστικό ρόλο στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη σε παγκόσμια κλίμακα και σε χώρες με διαφορετικές οικονομικές και πολιτικές κατευθύνσεις. Ενδεικτικά παραδείγματα μέσω διεθνών μελετών όπως είναι η μελέτη των Narayan P.K., Smyth R., Prasad A., (2007)<sup>6</sup> που αφορά την πανίσχυρη οικονομία των χωρών μελών της G7 (Ηνωμένες Πολιτείες, Καναδάς, Ιαπωνία, Ηνωμένο Βασίλειο, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία) αλλά και αυτή των Wolde-Rufael (2006)<sup>7</sup> για χώρες υποανάπτυγμένες της Αφρικής. Η δυνατότητα του απλού μετασχηματισμού της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να προσδώσει σε μια κοινωνία πολλαπλά οφέλη, ωστόσο έχει αποτυπωθεί ότι αυτή η οικονομική ανάπτυξη από μόνη της μπορεί να έχει και αρνητικές συνέπειες στο μέσο επίπεδο ζωής σε μια χώρα, λόγω της ρύπανσης του περιβάλλοντος και της αύξησης του υπερκαταναλωτισμού. Σύμφωνα με τη μελέτη του Diulio Eugene (2001)<sup>8</sup> για την εξάντληση των παγκόσμιων αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων, τα οποία υπήρξαν η βασική πηγή τροφοδοσίας για τους υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης στον δυτικό κόσμο κατά τον 20ο αιώνα, καθώς και τα προβλήματα του υπερπληθυσμού και της ανεπάρκειας των αγροτικών πόρων του πλανήτη, αυτά έχουν αποτελέσει θεμέλια για το σοσιαλιστικό και οικολογικό κίνημα της πράσινης και βιώσιμης ανάπτυξης.

---

<sup>6</sup> Narayan P.K., Smyth R., Prasad A., 2007. Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities. *Energy Policy* 35, 4485-4494.

<sup>7</sup> Wolde-Rufael, Y., 2006, Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries. *Energy Policy* 34, 1106-1114.

<sup>8</sup> Diulio Eugene, 2001, «Μακροοικονομική Ανάλυση». Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα. σελ. 11

#### 2.2.1 Η Αγορά Ηλεκτρική Ενέργεια σε Παγκόσμια κλίμακα

Η μοναδική ικανότητα της ηλεκτρικής ενέργειας να μετατρέπεται, να διανέμεται αποδοτικά και να χρησιμοποιείται άμεσα σε ποικίλες εφαρμογές, την καθιστά κρίσιμη για τη σύγχρονη παγκόσμια οικονομία και την κοινωνική πρόοδο, σε αντίθεση με άλλους τύπους ενέργειας που μπορεί να έχουν περισσότερους περιορισμούς στη μετατροπή, τη διανομή ή την καθαρότητα της χρήσης τους.

Ορισμένες μελέτες όπως του Lee, C. C. (2007)<sup>9</sup> και των Apergis, N. & Payne, J. E. (2010)<sup>10</sup> για χώρες που εντάσσονται στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (Ο.Ο.Σ.Α.) (Βόρειας Αμερικής, Ευρώπης, Τουρκίας και Αυστραλίας), του Ozturk, I. (2010)<sup>11</sup> για χώρες της Μέσης Ανατολής και Βόρειας Αφρικής, παρέχουν αποδείξεις με τις οποίες αποδεικνύεται πως η ενεργειακή κατανάλωση συνδέεται με την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική πρόνοια σε παγκόσμιο επίπεδο.

Με βάσει τα δεδομένα που λήφθηκαν από το Energy Institute<sup>12</sup>, η παγκόσμια ακαθάριστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2023 έφτασε σε επίπεδο ρεκόρ τις 29.925 TWh, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 2.5% σε σχέση με το 2022 όπου ήταν 29.188 TWh. Η αύξηση αυτή σύμφωνα με τον International Energy Agency - IEA 2024 οφείλεται τόσο στην επέκταση των ανανεώσιμων πηγών όσο και στην ενεργειακή αναβάθμιση των υπαρχουσών υποδομών. Από το 2013 έως το 2023 η αύξηση ανέρχεται περίπου σε 22%. Ο ρυθμός ανάπτυξης το 2023 ήταν 25% ταχύτερος από τη συνολική παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια, υποδηλώνοντας ότι το παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα

---

<sup>9</sup> Lee, C. C. 2007. Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from OECD Countries. *Energy Policy*, 35(9), 4448–4452.

<sup>10</sup> Apergis, N., & Payne, J. E. 2010. Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of OECD Countries. *Energy Economics*, 32(1), 230–236

<sup>11</sup> Ozturk, I. 2010. Energy Consumption and Economic Growth: A Meta-Analysis. *Energy Policy*, 38(1), 660–668.

<sup>12</sup> <https://www.energyinst.org/statistical-review>

## Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης

### Π.Μ.Σ «Εφηρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»

«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»

ηλεκτρίζεται ολοένα και περισσότερο και δείχνει την σημαντικότητα του ηλεκτρισμού στην καθημερινότητα των ανθρώπων.

Ο παρακάτω πίνακας 2.2.1.1 αποτυπώνει εξελικτικά από το 1992 έως το 2023 την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε παγκόσμια κλίμακα προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες. Πιο συγκεκριμένα μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι οι χώρες που ανήκουν στην ήπειρο της Ασία κάλυψαν το 2023 το 51% της παγκόσμιας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ ακολουθεί η Βόρεια Αμερική με 18% και η Ευρώπη με 13%. Ο πίνακας 2.2.1.2 αποτυπώνει την κατανάλωση σε παγκόσμια κλίμακα της πρωτογενής ενέργειας όπου και εδώ όπως φαίνεται η Ασία έχει τα ηνία σε σχέση με τις άλλες Ηπείρους με 47% επι της συνολικής κατανάλωσης.

**Πίνακας 2.2.1.1: Η παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (TWh) από το 1992 έως το 2023**

Περιοχές	1992	2002	2012	2022	2023	Ποσοστό μεταβολής 2023-2022	Ποσοστό επί του Συνόλου 2023
Βόρεια Αμερική (Καναδάς- Ηνωμένες Πολιτείες- Μεξικό)	3.935,3	4.927,3	5.243,5	5.536,8	5.482,0	-1%	18%
Κεντρική & Νότια Αμερική	550,7	821,5	1.231,9	1.407,7	1.464,5	4%	5%
Ευρώπη	3.190,3	3.719,3	4.052,6	3.899,4	3.805,1	-2,4%	13%
Ευρασία	1.265,6	1.093,3	1.330,4	1.505,8	1.524,8	1,3%	5%
Μέση Ανατολή	286,0	546,5	973,8	1.392,2	1.463,4	5,1%	5%
Αφρική	327,9	487,6	722,7	902,7	902,9	0,0%	3%
Υπόλοιπο Ασία	2.780,6	4.762,7	9.279,6	14.543,4	15.282,0	5,1%	51%
<b>Σύνολο</b>	<b>12.336,3</b>	<b>16.358,1</b>	<b>22.834,5</b>	<b>29.188,1</b>	<b>29.924,8</b>	<b>3%</b>	<b>100%</b>

Πηγή: [www.energyinst.org/statistical-review](http://www.energyinst.org/statistical-review)

**Πίνακα 2.2.1.2: Κατανάλωση Πρωτογενής Ενέργεια (Exajoules) από το 1992 έως το 2023**

Περιοχές	1992	2002	2012	2022	2023	Ποσοστό μεταβολής 2023-2022	Ποσοστό επί του Συνολού 2023
Βόρεια Αμερική (Καναδάς- Ηνωμένες Πολιτείες- Μεξικό)	98,6	114,2	112,3	117,9	116,7	-1%	19%
Κεντρική & Νότια Αμερική	15,3	21,1	28,8	30,4	31,3	3%	5%
Ευρώπη	86,6	88,7	87,2	79,6	77,8	-2,2%	13%
Ευρασία	43,0	32,4	37,4	40,4	40,7	0,7%	7%
Μέση Ανατολή	12,2	19,1	31,6	39,3	40,5	3,0%	7%
Αφρική	9,5	12,1	16,8	21,0	20,9	-0,4%	3%
Υπόλοιπο Ασία	83,5	122,2	214,0	278,8	291,8	4,7%	47%
<b>Σύνολο</b>	<b>348,8</b>	<b>409,7</b>	<b>528,3</b>	<b>607,3</b>	<b>619,6</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>

Πηγή: [www.energyinst.org/statistical-review](http://www.energyinst.org/statistical-review)

### 2.2.2 Η Αγορά Ηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα και Ιστορικά Δεδομένα

Η ιστορία της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ξεκινά στα τέλη του 19ου αιώνα και χαρακτηρίζεται από σημαντικές εξελίξεις που διαμόρφωσαν το ενεργειακό τοπίο της χώρας. Το 1889, η Ελλάδα εισήλθε στην εποχή του ηλεκτρισμού με την κατασκευή της πρώτης μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ιδιωτική εταιρεία στο κέντρο της Αθήνας (οδός Αριστείδου), η οποία φώτισε όλο το ιστορικό κέντρο της. Αυτή η εξέλιξη σηματοδότησε την έναρξη του ηλεκτροφωτισμού στη χώρα. Μέχρι το 1950, υπήρχαν περίπου 400 εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, οι οποίες χρησιμοποιούσαν κυρίως εισαγόμενα καύσιμα π.χ. πετρέλαιο, γαιάνθρακα. Η κατακερματισμένη αυτή παραγωγή, σε συνδυασμό με την εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα, οδήγησε σε υψηλές τιμές ηλεκτρικού ρεύματος, καθιστώντας το, ένα πολυτελές αγαθό ενώ δεν φαινόταν να έχει προσχωρήσει στην κοινωνία η αντίληψη ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ένα κοινωνικό αγαθό.

Το 1950, η ελληνική κυβέρνηση της τότε εποχής, ίδρυσε τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) με στόχο την ενοποίηση και τον ηλεκτρισμό της χώρας. Η ΔΕΗ ανέλαβε την εξαγορά των υφιστάμενων ιδιωτικών και δημοτικών μονάδων παραγωγής, δημιουργώντας ένα ενιαίο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Αυτή η

κίνηση συνέβαλε στη μείωση του κόστους και στην ευρύτερη διάδοση του ηλεκτρισμού σε όλη την Ελλάδα. Κατά τις δεκαετίες του 1980 και 1990, η ΔΕΗ επένδυσε σε νέες τεχνολογίες και υποδομές, ενισχύοντας την παραγωγική της ικανότητα και βελτιώνοντας την αξιοπιστία του δικτύου. Παράλληλα, άρχισε η αξιοποίηση των εγχώριων ενεργειακών πόρων, όπως ο λιγνίτης, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Με την είσοδο στον 21ο αιώνα, η Ελλάδα προχώρησε στην απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, επιτρέποντας την είσοδο ιδιωτικών εταιρειών στην παραγωγή και προμήθεια ρεύματος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η ΔΕΗ να χάσει το ισχυρό ρόλο της μοναδικής καθετοποιημένης εταιρίας στο χώρο της Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα. Επιπρόσθετα το Ρυθμιστικό πλαίσιο που εφάρμοσε η Ρυθμιστική Αρχή Αποβλήτων, Ενέργειας και Υδάτων (ΡΑΑΕΥ). Η ΡΑΑΕΥ εποπτεύει την αγορά ενέργειας και διασφαλίζει ότι οι λειτουργίες της αγοράς και της παραγωγής συμβαδίζουν με τους κανόνες και τα πρότυπα που έχουν τεθεί. Σε αυτό το πλαίσιο, οι μελέτες επάρκειας ισχύος αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τον έλεγχο της βιωσιμότητας του συστήματος και της διαθεσιμότητας ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, με σκοπό τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την ενίσχυση του εξηλεκτρισμού των σύγχρονων νοικοκυριών. Συνολικά, η πρόοδος της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα αντανακλά τις παγκόσμιες τάσεις και τις εθνικές προσπάθειες για ενεργειακή αυτονομία, οικονομική ανάπτυξη και περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

### 2.2.3 Η Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Η Πρόβλεψη ζήτησης και επάρκειας ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα αποτελούν δύο καίρια στοιχεία για την ομαλή λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος της χώρας μας. Σχετικά με τη Πρόβλεψη ζήτησης και επάρκειας ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) μέσω της Μελέτης Επάρκεια ισχύος για εκτίμηση 7ετίας<sup>13</sup> δημοσιεύει δεδομένα σχετικά με την παραγωγή ισχύος και προβλέψεων ζήτησης ενέργειας σε βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο επίπεδο. Σε καθημερινή βάση δημοσιεύει προβλέψεις για τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας την επόμενη ημέρα, μηνιαία δελτία ενέργειας καθώς και δελτία επάρκειας φορτίου για την επόμενη 7-ετία. Η ορθή πρόβλεψη ηλεκτρικού φορτίου γίνεται ολοένα και πιο σημαντική για την ομαλή λειτουργία του Ελληνικού συστήματος ενέργειας. Επιπροσθέτως συνδράμει και ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς (ΔΕΔΔΗΕ) όπου παίζει καθοριστικό ρόλο στην παρακολούθηση και διαχείριση του ηλεκτρικού συστήματος. Είναι επίσης υπεύθυνος για τη διασφάλιση ότι το σύστημα λειτουργεί αξιόπιστα και ότι υπάρχει επάρκεια ισχύος για την κάλυψη της ζήτησης, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως οι μεταβαλλόμενες φορτίσεις, οι ανανεώσιμες πηγές και οι προβλεπόμενες καταναλώσεις.

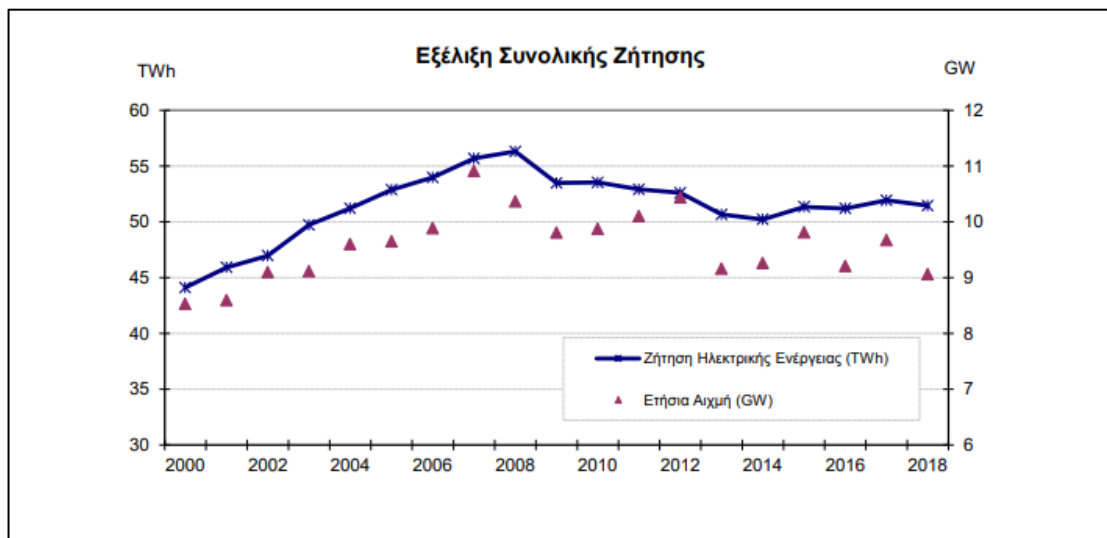
Βάσει του τελευταίου δημοσιευμένου ενεργειακού σχεδιασμού του ΑΔΜΗΕ<sup>14</sup> παρακάτω παρατίθεται η εξέλιξη συνολικής καθαρής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (GW) από το 2000 έως 2018 (έχοντας αφαιρεθεί το φορτίο άντλησης) του συστήματος της. Για την περίοδο από το 2000 έως 2008 όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2.2.3.1 υπήρξε συνεχής αύξηση της συνολικής καθαρής ζήτησης. Έκτοτε, ως επακόλουθο της οικονομικής κρίσης και βάσει στοιχείων του ΑΔΜΗΕ παρατηρείται συνεχής μείωση, με εξαίρεση το 2015 και το 2017.

---

<sup>13</sup> ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκειας ισχύος 7ετίας

<sup>14</sup> ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκειας ισχύος 2020-2030

**Διάγραμμα 2.2.3.1: Εξέλιξη Συνολικής Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας 2000-2018**



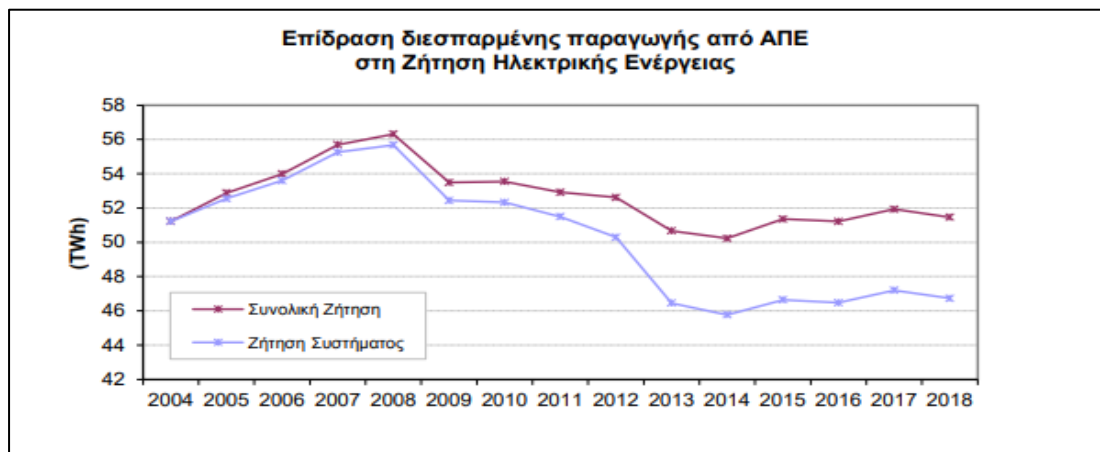
Πηγή: ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκεια ισχύος 2020-2030

Από τη μελέτη του ΑΔΜΗΕ για την περίοδο της παγκόσμιας οικονομικής ύφεσης αρχής γενομένης του 2008, η συνολική καθαρή ζήτηση στην Ελλάδα ανήλθε στις 56.3 TWh που αποτελεί ιστορικό μέγιστο, παρουσιάζοντας αύξηση 1.11% σε σχέση με το 2007. Το επόμενο έτος χαρακτηρίστηκε από σημαντική μείωση της συνολικής καθαρής ζήτησης, κατά 5.01% έναντι του 2008, η οποία οφείλεται στην αξιοσημείωτη μείωση των βιομηχανικών φορτίων κατά 20.19% σε σχέση με το 2008, ενώ η κατανάλωση σε επίπεδο Διανομής εμφανίστηκε επίσης μειωμένη κατά 3.63%.

Από το 2013 η συνολική καθαρή ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας στο Εθνικό σύστημα μεταφοράς παρουσιάζει μια σταθεροποίηση περί τις 51 TWh. Από τα μέχρι τώρα στοιχεία του 2019 φαίνεται ότι η συνολική καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το πρώτο δεκάμηνο του 2019 είναι αυξημένη κατά 2.9% έναντι αυτής της αντίστοιχης περιόδου του 2018.

Η εξέλιξη της αποκεντρωμένης παραγωγής από το 2004, δηλαδή σχεδόν δύο δεκαετίες πριν, κυρίως λόγω της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, οδήγησε στη μείωση των τοπικών φορτίων των Υποσταθμών Διανομής και στη συρρίκνωση της ζήτησης στα όρια του Συστήματος Μεταφοράς και του Δικτύου Διανομής, φαινόμενο που ήταν εμφανές σχεδόν 10 χρόνια αργότερα, το 2013, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα 2.2.3.2 που έχει δημοσιευθεί στην μελέτη επάρκεια ισχύος 2020-2030.

**Διάγραμμα 2.2.3.2: Διεσπαρμένης Παραγωγής vs Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας 2004-2018**



Πηγή: ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκεια ισχύος 2020-2030

Οι κυριότεροι βραχυπρόθεσμοι και μακροπρόθεσμοι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, σύμφωνα με τη Μελέτη Επάρκειας Ισχύος για την περίοδο 2020-2030 που δημοσιεύτηκε από τον ΑΔΜΗΕ τον Δεκέμβριο του 2019 είναι οι εξής:

- i. Η κατάσταση της οικονομίας της χώρας, με το ΑΕΠ ως κύριος παράγοντας.
- ii. Οι αλλαγές στη καταναλωτική συμπεριφορά των νοικοκυριών (π.χ. χρήση φώτων LED, υπολογιστών, κλιματισμού και ηλεκτρικής ενέργειας για τη μετακίνηση τους). Στόχος η αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου και των συνθηκών διαβίωσης συγκεκριμένων δημογραφικών ομάδων όπως είναι μετανάστες).
- iii. Η συνολική κατάσταση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και του ενεργειακού τομέα όπως είναι το επίπεδο τιμών ενεργειακών προϊόντων στον ηλεκτρισμό και το φυσικό αέριο.
- iv. Κρατικές παρεμβάσεις στήριξης της κοινωνίας.
- v. Εξέλιξη πληθυσμιακή.
- vi. Κυβερνητικές πρωτοβουλίες εφαρμογής πολιτικών για περιβαλλοντικών περιορισμών και εξοικονόμησης ενέργειας.

Η ζήτηση για σύνδεση των νησιών, αρχής γενομένης από το πρώτο έτος της πλήρους λειτουργίας της διασύνδεσής τους, υπολογίστηκε και στις προβλέψεις της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της ζήτησης που καλύπτεται τοπικά από την παραγωγή ΑΠΕ) για τα έτη 2020–2030. Δόθηκαν επίσης δύο σενάρια. Όσον αφορά τις νησιωτικές διασυνδέσεις, πιο συγκεκριμένα, από το 2021, η μικρή διασύνδεση θα εξυπηρετεί τη ζήτηση της Κρήτης και αφού ολοκληρωθεί η μεγάλη διασύνδεση το 2023, θα εξυπηρετηθεί ολόκληρη η ζήτηση της Κρήτης. Η εκτιμώμενη ζήτηση των Δωδεκανήσων και των βορείων νησιών του Αιγαίου περιλαμβάνεται από το 2028 και το 2029.

Το «**Σενάριο Αυξημένης Ζήτησης**» και το «**ΕΣΕΚ**» είναι τα σενάρια που συμπεριλαμβάνονται από τον ΑΔΜΗΕ στη Μελέτη Επάρκεια ισχύος 2020-2030. Ο Κανονισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) 2018/2019, οι στόχοι που περιγράφονται στα Εθνικά Σχέδια Ενέργειας και Κλίματος «**ΕΣΕΚ**» είναι νομικά δεσμευτικοί. Συγκεκριμένα, ο πρωταρχικός στόχος του «**ΕΣΕΚ**» είναι να μειώσει δραστικά την κατανάλωση ενέργειας το 2030 σε σύγκριση με το 2017 (αποσύνδεση της οικονομικής ανάπτυξης από την ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας) και να αυξήσει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση (εξοικονόμηση ενέργειας)<sup>15</sup>.

Τέλος, το «**Σενάριο Αυξημένης Ζήτησης**» αναπτύχθηκε από τις εκτιμήσεις του ΑΔΜΗΕ με βάση τα διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία ζήτησης και τις δημοσιευμένες προβλέψεις που εκπονήθηκαν από άλλους αρμόδιους φορείς (π.χ. μεσοπρόθεσμες τάσεις του ΑΕΠ, μακροπρόθεσμες προβλέψεις ζήτησης), λαμβάνοντας υπόψη όλες τις διαθέσιμες προβλέψεις των προμηθευτών. Ειδικότερα, το σημείο αναφοράς είναι η συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας του Εθνικού συστήματος μεταφοράς το 2019, λαμβάνοντας υπόψη την κατανομημένη παραγωγή, ενώ η μετάβαση στο ΑΕΠ βασίζεται σε σενάρια που βασίζονται σε πρόσφατα δημοσιευμένες προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του ΔΝΤ<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκεια ισχύος 2020-2030

<sup>16</sup> ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκεια ισχύος 2020-2030

## Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης

### Π.Μ.Σ «Εφηρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»

«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»

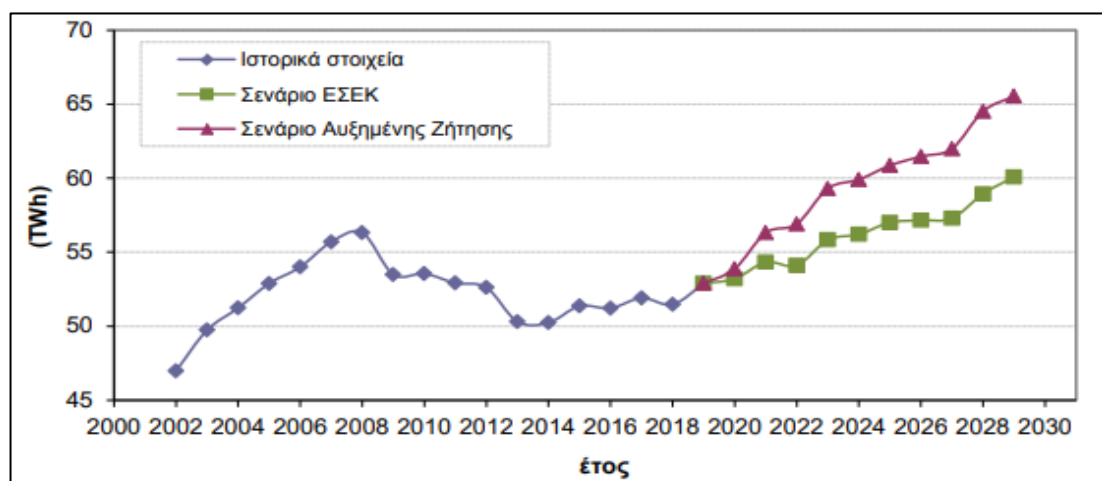
Ο πίνακας 2.2.3.3 και το διάγραμμα 2.2.3.4 αποτυπώνουν τα δύο παραπάνω σενάρια που αναλύσαμε και αποτελούν βασικές υποχρεώσεις της Ελλάδας προς την Ευρωπαϊκή Ένωση για τα ενεργειακά θέματα.

**Πίνακας 2.2.3.3: Πρόβλεψη Εξέλιξης συνολικής ζήτησης ενέργειας από το 2020-2030**

Έτος	Σενάριο	
	ΕΣΕΚ (TWh)	Αυξημένης Ζήτησης (TWh)
2020	53,2	53,8
2021	54,3	56,3
2022	54,1	56,9
2023	55,8	59,3
2024	56,2	59,9
2025	57	60,8
2026	57,2	61,4
2027	57,3	61,9
2028	58,9	64,5
2029	60,1	65,5
2030	61	66,1

Πηγή: ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκεια ισχύος 2020-2030

**Διάγραμμα 2.2.3.4: Εξέλιξης συνολικής ζήτησης ενέργειας από το 2020-2030**



Πηγή: ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκεια ισχύος 2020-2030

## 3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ

### 3.1 Σύνοψη Εμπειρικών Μελετών Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν προηγούμενες εμπειρικές μελέτες που ανήκουν στη διεθνή βιβλιογραφία και αποτελούν ουσιώδες τμήμα της παρούσας διατριβής. Συγκεκριμένα, αυτές οι μελέτες αναλύουν τους παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορες χώρες του κόσμου, καθώς και την περίπτωση της Ελλάδας, χρησιμοποιώντας διαφορετικά μοντέλα ανάλυσης.

Όπως αναφερθήκαμε και παραπάνω η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας παίζει αξιοσημείωτο ρόλο στη καθημερινότητα της κάθε κοινωνίας και στην οικονομική εξέλιξη της κάθε χώρας. Ωστόσο βάσει των μελετών φαίνεται ότι από την οικονομική κατάσταση μελέτης της κάθε χώρας εξαρτώνται και τα ζητήματα που μελετώνται. Για να γίνουμε πιο κατανοητοί σε χώρες όπου είναι αναπτυγμένες και οικονομικά ισχυρές ασχολούνται με θέματα καλυτέρευσης και τεχνολογικής ανάπτυξης των υφιστάμενων δικτύων τους για την βελτιστοποίηση των απωλειών του δικτύου που επηρεάζει τη διαχείριση και τη πρόβλεψη ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας μιας χώρας. Εν αντιθέσει με χώρες όχι τόσο αναπτυγμένες που οι μελέτες εκεί μπορεί να εστιάζουν σε θέματα ανάπτυξης δικτύου διασύνδεσης για την ηλεκτροδότηση μιας τοπικής κοινωνίας.

Οι περισσότερες επισκοπικές μελέτες παρά το μεγάλο εύρος μελέτης εύρεσης προσδιοριστικών παραγόντων που επηρεάζουν την αύξηση ή τη μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας επικεντρώνεται κυρίως σε δύο παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας μελέτης είναι του εισοδήματος του κάθε νοικοκυριού κάθε χώρας μέσω του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ), όπου διαπιστώνουν ότι μακροπρόθεσμα υπάρχει θετική σχέση άρα και επηρεασμός μεταξύ του ΑΕΠ μιας χώρας και της ελαστικότητας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μελέτες σχετικά με την ύπαρξη ή μη συσχέτισης της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος σε σχέση με τη ζήτηση ενέργεια, έδειξαν ότι βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα υπάρχει αρνητική σχέση μεταξύ τιμής

και ελαστικότητα ζήτησης άρα τα συμπεράσματα είναι ότι η τιμή του ρεύματος δεν επηρεάζει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

#### 3.1.1 Εμπειρικές Μελέτες Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας Διεθνών Χωρών

##### 3.1.1.1 Stern, D. I. 2004. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439.

Ο Stern (2004) ανέλυσε το μοντέλου της «Environmental Kuznets Curve» (EKC), σύμφωνα με την οποία η περιβαλλοντική ρύπανση αρχικά αυξάνεται καθώς οι χώρες βιώνουν οικονομική ανάπτυξη, αλλά μόλις ξεπεράσουν ένα συγκεκριμένο επίπεδο εισοδήματος, η ρύπανση αρχίζει να μειώνεται. Συμπεριέλαβε δεδομένα από τις τελευταίες δεκαετίες του 20ού αιώνα δηλαδή από το 1960 έως τις αρχές του 2000, με στόχο την κατανόηση των μακροπρόθεσμων σχέσεων μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής ρύπανσης. Παρόλο που εστιάζει σε περιβαλλοντικές εκπομπές, η μελέτη του αναδεικνύει τη σχέση μεταξύ ανάπτυξης, αστικοποίησης και ενεργειακής ζήτησης. Πιο συγκεκριμένα ανέδειξε ότι η αύξηση του πληθυσμού και η έντονη αστικοποίηση δημιουργούν αυξημένη ζήτηση ενέργειας λόγω των αυξημένων αναγκών σε κατοικίες, μεταφορές, και βιομηχανικές δραστηριότητες στις πόλεις.

##### 3.1.1.2 Altinay, G. and Karagol, E. 2005, Electricity consumption and economic growth: evidence for Turkey. *Energy Economics* 27, 849-956.

Το άρθρο των Altinay και Karagol (2005), μελέτησε την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης στην Τουρκία για το χρονικό διάστημα μεταξύ του 1960 και του 2000. Η μελέτη εξετάσε πώς η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να επηρεάσει την οικονομική ανάπτυξη, και ποια είναι η αντίστροφη επίδραση (δηλαδή αν η ανάπτυξη της οικονομίας επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας). Τα οικονομετρικά μοντέλα έδειξαν ότι υπάρχει αμφίδρομη σχέση (Bidirectional Causality) μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης. Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας

μπορεί να οδηγήσει σε οικονομική ανάπτυξη, ενώ αντίστοιχα, η αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας μπορεί να ενισχύσει την κατανάλωση ενέργειας. Αυτή η εύρεση είναι σημαντική καθώς αμφισβητεί την παραδοσιακή αντίληψη ότι η κατανάλωση ενέργειας επηρεάζει απλώς την οικονομία, χωρίς να επηρεάζεται και από αυτήν. Τα μοντέλα ενοποίησης (cointegration) και μοντέλα διόρθωσης σφαλμάτων (error correction models), επιβεβαίωσαν τη μακροχρόνια σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Αυτά τα μοντέλα υποδεικνύουν ότι η οικονομική ανάπτυξη και η κατανάλωση ενέργειας έχουν σταθερή, μακροχρόνια σχέση για τη Τουρκία, που σημαίνει ότι οι δύο μεταβλητές προσαρμόζονται και ευθυγραμμίζονται με την πάροδο του χρόνου. Τέλος η έρευνα έδειξε ότι μακροχρόνια είναι πιο ισχυρή, με τη κατανάλωση ενέργειας να παίζει σημαντικό ρόλο στην προώθηση της οικονομικής ανάπτυξης στην Τουρκία. Ωστόσο, και οι βραχυχρόνιες αλληλεπιδράσεις παραμένουν σημαντικές, αν και με μικρότερη ένταση.

#### **3.1.1.3 Wolde-Rufael, Y., 2006, Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries. Energy Policy 34, 1106-1114.**

Ο Wolde-Rufael (2006) εξέτασε τη σχέση μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης σε 17 αφρικανικές χώρες (Αλγερία, Κονγκό, Αίγυπτος, Ακτή Ελεφαντοστού, Ερυθραία, Γκαμπόν, Γκάνα, Κένυα, Μαρόκο, Νιγηρία, Σενεγάλη, Νότια Αφρική, Σουδάν, Τυνησία, Ζάμπια, Ζιμπάμπουε) για τη περίοδο της δεκαετίας του 1970 έως το 2001. Ο Wolde-Rufael χρησιμοποίησε την προσέγγιση των αιτιατών σχέσεων Granger για να διερευνήσει αν η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει την οικονομική ανάπτυξη και το αντίστροφο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η φύση της σχέσης διαφέρει από χώρα σε χώρα, υποδηλώνοντας ότι οι στρατηγικές ενεργειακής πολιτικής θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαιτερότητες κάθε οικονομίας. Πρόκειται για μια σημαντική μελέτη που φωτίζει το ρόλο της ενέργειας ως παράγοντα οικονομικής ανάπτυξης στις αναπτυσσόμενες χώρες της Αφρικής.

#### **3.1.1.4 Lee, C. C. 2007. Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from OECD Countries. Energy Policy, 35(9), 4448–4452.**

Στο άρθρο του Lee (2007) διερεύνησε τη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης στις χώρες του ΟΟΣΑ, χρησιμοποιώντας δεδομένα για μια μακροχρόνια περίοδο από το 1970 έως το 2000 λόγω δυναμικών αλλαγών που υπήρξαν στην ενεργειακή και οικονομική ανάπτυξη αυτά τα χρόνια. Μέσω της εφαρμογής μοντέλων όπως του cointegration και του error correction models, η μελέτη εντόπισε ένα συνεχές μακροπρόθεσμο σύνδεσμο μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και του ΑΕΠ. Αυτό υποδηλώνει ότι, μακροπρόθεσμα, οι μεταβολές στην κατανάλωση ενέργειας και στην οικονομική δραστηριότητα κινούνται από κοινού. Τα αποτελέσματα του άρθρου έδειξαν ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχει διπλή αιτιότητα μεταξύ των δύο μεταβλητών, δηλαδή όχι μόνο η οικονομική ανάπτυξη επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας αλλά και η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να προάγει την οικονομική ανάπτυξη. Συνολικά, το άρθρο υπογραμμίσει τη στενή σύνδεση μεταξύ των δύο παραμέτρων και προτείνει ότι οι πολιτικές για την ενεργειακή διαχείριση και την οικονομική ανάπτυξη πρέπει να σχεδιάζονται ολιστικά, λαμβάνοντας υπόψη την αμοιβαία τους επίδραση.

#### **3.1.1.5 Zamani, M., 2007. Energy consumption and economic activities in Iran. Energy Economics 29, 1135–1140**

Το άρθρο του Zamani (2007) ανέλυσε τη σχέση μεταξύ κατανάλωσης ενέργειας και οικονομικών δραστηριοτήτων στο Ιράν από την περίοδο μεταξύ 1971 έως και 2003. Ο συγγραφέας διερευνά πώς η κατανάλωση ενέργειας επηρέασε τις οικονομικές δραστηριότητες της χώρας και αντίστροφα, πώς οι οικονομικές μεταβολές επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας. Η ανάλυση εξέτασε τη σύνδεση μεταξύ ενεργειακής κατανάλωσης και ανάπτυξης διαφόρων τομέων της οικονομίας του Ιράν, όπως η βιομηχανία και η γεωργία. Τα βασικά αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει αμοιβαία εξάρτηση μεταξύ των δύο παραμέτρων: η αύξηση των οικονομικών δραστηριοτήτων συνδέεται με μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, ενώ η ενέργεια παίζει καθοριστικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας.

#### **3.1.1.6 Narayan P.K., Smyth R., Prasad A., 2007. Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities. Energy Policy 35, 4485-4494.**

Οι Narayan P.K., Smyth R., και Prasad A. (2007) εξέτασαν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα των χωρών του G7 (Ηνωμένες Πολιτείες, Καναδάς, Ιαπωνία, Ηνωμένο Βασίλειο, Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία) μέσω μοντελοποίησης του πίνακα συγχωνευμένων δεδομένων (panel cointegration analysis) για εκτενή χρονική περίοδο, αντλώντας δεδομένα από το 1960 έως το 2002. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο συγχώνευσης δεδομένων και δοκιμών συν-ολοκλήρωσης (panel cointegration), οι ερευνητές ανέλυσαν τη μακροχρόνια σχέση μεταξύ της οικιακής κατανάλωσης ενέργειας, του εισοδήματος και των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ελαστικότητα εισοδήματος της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι θετική, κάτι που σημαίνει ότι η αύξηση του εισοδήματος συνδέεται με αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στα νοικοκυριά. Η ελαστικότητα τιμής της ζήτησης είναι αρνητική, δηλαδή οι αυξήσεις στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας μειώνουν την κατανάλωση.

#### **3.1.1.7 Bianco V., Manca O., Nardini S., 2009. Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models. Energy Policy 34, 1413–1421.**

Στη μελέτη των Bianco, Manca και Nardini (2009), αναπτύχθηκαν διάφορα γραμμικά μοντέλα παλινδρόμησης για την πρόβλεψη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ιταλία, χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα από το 1970 έως το 2007. Τα μοντέλα αυτά εξέτασαν τη σχέση που μπορεί να έχει η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και διάφορων οικονομικών παραγόντων όπως το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ), το κατά κεφαλήν ΑΕΠ και ο πληθυσμός. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η κατανάλωσης ενέργειας ως προς το ακαθάριστό εθνικό προϊόν και το κατά κεφαλήν ΑΕΠ παρουσίασαν υψηλές τιμές, υποδηλώνοντας ισχυρή θετική συσχέτιση. Αντίθετα, η βραχυπρόθεσμη ελαστικότητα τιμής για την οικιακή και μη

οικιακή κατανάλωση ήταν περίπου  $-0,06$ , ενώ οι μακροπρόθεσμη ελαστικότητα ήταν  $-0,24$  για την οικιακή και  $-0,09$  για τη μη οικιακή κατανάλωση, υποδηλώνοντας ασθενή αρνητική συσχέτιση με την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Συνολικά, τα μοντέλα παλινδρόμησης που αναπτύχθηκαν στη μελέτη παρείχαν αξιόπιστες προβλέψεις για τη μακροπρόθεσμη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ιταλία, λαμβάνοντας υπόψη οικονομικούς και δημογραφικούς παράγοντες.

#### **3.1.1.8 Sadorsky, P. 2009. Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies. Energy Economics, 31(3), 456–463.**

Ο Sadorsky (2009) επίσης μελέτησε ότι σε αναδυόμενες οικονομίες η αύξηση του εισοδήματος αποτελεί βασικό παράγοντα που οδηγεί σε μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η μελέτη, χρησιμοποίησε δεδομένα που καλύπτουν μια μακρόχρονη περίοδο από το 1971 έως το 2003 και εστιάζοντας σε ένα σύνολο χωρών που χαρακτηρίζονται ως αναπτυσσόμενες οικονομίες όπως Βραζιλία, η Κίνα, η Ινδία. Συγκεκριμένα, αξιολογήθηκε εάν η αυξομείωση του εισοδήματος οδηγεί σε αυξομείωση της κατανάλωσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και αν υπάρχει αντιστροφή σχέση μεταξύ αυτών των μεταβλητών μέσω των μοντέλων panel cointegration και Granger causality tests. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι στα αναπτυσσόμενα κράτη το εισόδημα παίζει καθοριστικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ η αντίστροφη σχέση αποδείχτηκε μη στατιστικά σημαντική.

#### **3.1.1.9 Ozturk, I. (2010). Energy Consumption and Economic Growth: A Meta-Analysis. Energy Policy, 38(1), 660–668.**

Ο Ozturk (2010), εξέτασε την ύπαρξη ή μη συσχέτισης μεταξύ της χρήσης ενέργειας και της ανάπτυξης μίας χώρας μέσω μιας μετα-ανάλυσης. Συγκεκριμένα, αναλύει δεδομένα που δημοσιεύθηκαν από το 1971 έως το 2005. Πιο συγκεκριμένα συμπεριέλαβε δεδομένα από διάφορες χώρες, μεταξύ των χωρών της Αμερικής, της Ευρώπης, της Ασίας και της περιοχής MENA (Μέση Ανατολή και Βόρεια Αφρική). Τα κύρια ευρήματα της μετα-ανάλυσης έδειξαν ότι η "υπόθεση της διατήρησης"

(conservation hypothesis), δηλαδή ότι όσο μειώνεται η κατανάλωση της ενέργειας δεν επηρεάζεται αρνητικά η οικονομική ανάπτυξη αυτό συνδέεται κυρίως με χώρες της Αμερικής και της Ευρώπης. Αντίθετα, σε χώρες της Ασίας και των χωρών της Μέσης Ανατολής και Βόρειας Αφρικής, οι πολιτικές μείωσης της ενέργειας ενδέχεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας.

#### **3.1.1.10 Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of OECD Countries. *Energy Economics*, 32(1), 230–236.**

Οι Apergis και Payne (2010) επικεντρώθηκαν στη διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης στις χώρες του ΟΟΣΑ. Πιο αναλυτικά μελετήθηκε η περίοδος από το 1971 έως το 2005. Η ανάλυση εμπεριείχε ως δείγμα τις χώρες που ανήκουν στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) κυρίως ανεπτυγμένες χώρες με παρόμοιες θεσμικές και οικονομικές δομές προκειμένου να εξεταστεί η ύπαρξη μακροπρόθεσμης σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και του ΑΕΠ ανά κάτοικο στις χώρες του ΟΟΣΑ. Με τη χρήση των κατάλληλων στατιστικών μοντέλων (μοντέλα διόρθωσης σφαλμάτων) ερευνήθηκε αν η οικονομική ανάπτυξη οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή το αντίθετο. Τα συμπεράσματα έδειξαν ότι υπάρχει μακροχρόνια συσχέτιση των δύο μεταβλητών, με τα αποτελέσματα να υποδεικνύουν ότι συνήθως η οικονομική ανάπτυξη οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

**3.1.1.11 Blázquez, Leticia, Nina Boogen, and Massimo Filippini. "Residential electricity demand in Spain: New empirical evidence using aggregate data." *Energy economics* 36 (2013): 648-657.**

Η μελέτη των Leticia, Blázquez, Nina Boogen και Massimo Filippini, (2012) παρουσίασε μια εμπειρική ανάλυση της οικιακής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ισπανία. Η μελέτη χρησιμοποίησε συγκεντρωτικά δεδομένα πάνελ σε επίπεδο επαρχίας για 47 ισπανικές επαρχίες, καλύπτοντας την περίοδο από το 2000 έως το 2008.

Οι συγγραφείς εκτίμησαν μια λογαριθμική εξίσωση ζήτησης για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, εφαρμόζοντας μια δυναμική προσέγγιση μερικής προσαρμογής. Η ανάλυση επικεντρώθηκε στην επίδραση των παραμέτρων όπως η τιμή, το εισόδημα και οι καιρικές συνθήκες στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ευρήματα απέδειξαν ότι οι ελαστικότητες, τόσο σε βραχυπρόθεσμο όσο και σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς την τιμή και είναι αρνητικές, όπως αναμενόταν, αλλά μικρότερες της μονάδας. Επιπλέον, οι καιρικές μεταβλητές ως προσδιοριστικός παράγοντας έχουν σημαντική επίδραση στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα συμπεράσματα της μελέτης έδειξαν ότι οι αλλαγές στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν περιορισμένη επίδραση στη ζήτηση από τα νοικοκυριά. Ως εκ τούτου, οι συγγραφείς προτείνουν ότι, για να περιοριστεί η αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής θα πρέπει να εισαγάγουν υψηλότερα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για τις ηλεκτρικές συσκευές.

**3.1.1.12 Bouoiyour, Jamal, Refk Selmi, and Ilhan Ozturk. "The nexus between electricity consumption and economic growth: new insights from meta-analysis." *International Journal of Energy Economics and Policy* 4.4 (2014): 621-635.**

Σε συνέχεια της μελέτης του Ozturk (2010), οι Bouoiyour, Selmi και Ozturk (2014) ανέλυσαν τη σύνδεση μεταξύ της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας και της

οικονομικής ανάπτυξης μέσω μιας μετα-ανάλυσης. Η μετα-ανάλυση συμπεριέλαβε 43 έρευνες που δημοσιεύθηκαν μεταξύ 1996 και 2013, με στόχο την κατανόηση της σχέσης μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και οικονομικής ανάπτυξης. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η "υπόθεση της συντήρησης" (conservation hypothesis), η οποία υποστηρίζει ότι η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας δεν επηρεάζει αρνητικά την οικονομική ανάπτυξη, συνδέεται κυρίως με χώρες της Αμερικής και της Ευρώπης. Αντίθετα, σε άλλες περιοχές, όπως οι χώρες της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής (MENA), τα αποτελέσματα ήταν πιο ασαφή και ποικίλα. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι αντιφατικές εμπειρικές αποδείξεις μπορεί να οφείλονται σε διαφορές στα δείγματα χωρών, στις χρησιμοποιούμενες οικονομικές μεθοδολογίες και στην παράβλεψη οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων στις περισσότερες έρευνες.

#### **3.1.1.13 Maria José Charfuelan Villareal, João Manoel Losada Moreira (2016). Household consumption of electricity in Brazil between 1985 and 2013, Center of Engineering, Modeling and Applied Social Sciences, Energy Policy 96 (2016), 251-259**

Το άρθρο Maria José Charfuelan Villareal και João Manoel Losada Moreira (2016), αναλύει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα βραζιλιάνικα νοικοκυριά κατά την περίοδο από το 1985 έως το 2013. Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν γραμμικές παλινδρομήσεις για να εξετάσουν την επίδραση διαφόρων παραγόντων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ο αριθμός των νοικοκυριών, το πραγματικό εισόδημα των οικογενειών (χρησιμοποιούμενο ως δείκτης του οικογενειακού εισοδήματος) και τα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, εισάγουν μια εικονική μεταβλητή για να ληφθεί υπόψη η ενεργειακή κρίση του 2001 και οι μόνιμες συνέπειές. Μέσω των παραγόντων που χρησιμοποιήθηκαν, μπόρεσαν να υπολογίσουμε τη μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας των νοικοκυριών για τις ενεργειακές πολιτικές που εφαρμόστηκαν το 2001. Τα στοχαστικά μοντέλα ανέδειξαν την ύπαρξη μιας μακροχρόνιας σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα νοικοκυριά

και άλλων παραμέτρων. Η ελαστικότητα της κατανάλωσης ενέργειας σε σχέση με τον αριθμό των νοικοκυριών ανέρχεται στο 1,534, υποδηλώνοντας ότι η αύξηση του αριθμού των νοικοκυριών είναι ο κύριος παράγοντας αύξησης της κατανάλωσης. Η ελαστικότητα ως προς το οικογενειακό εισόδημα είναι 0,189, ενώ ως προς τα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας είναι -0,230, υποδηλώνοντας ότι η αύξηση των τιμολογίων μπορεί να μειώσει την κατανάλωση. Οι συγγραφείς προτείνουν ότι ο ηλεκτρικός τομέας στη Βραζιλία θα πρέπει να ακολουθήσει μια ενεργή πολιτική για τη διαχείριση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακούς χώρους χρησιμοποιώντας τα τιμολόγια ως μέσο ελέγχτε το.

#### **3.1.1.14 Gholizadeh, Younes (2020), Causality relationship between energy consumption and economic growth in the European Union countries, ERI Research Paper Series, No. 12/2020, Economics and Econometrics Research Institute (ERI) Research Paper Series, 2020.**

Η μελέτη του Gholizadeh και του Younes (2020) εξετάζει τη σύνδεση μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και οικονομικής μεγέθυνσης για κάθε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, υπογραμμίζοντας ότι αυτή η σχέση είναι περίπλοκη και ποικίλλει ανάλογα με τη χώρα. Η μελέτη χρησιμοποίησε τη μέθοδο ανάλυσης αιτίου-αποτελέσματος (causality) για να διερευνήσει αν υπάρχει αμφίδρομη σχέση μεταξύ των δύο παραμέτρων. Η μελέτη έδειξε ότι για κάποιες χώρες η κατανάλωση ενέργειας επηρεάζει τη Οικονομική Ανάπτυξη. Στις χώρες αυτές, η κατανάλωση ενέργειας προηγείται της οικονομικής ανάπτυξης. Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας φαίνεται να επηρεάζει θετικά την οικονομική ανάπτυξη. Αντίθετα, σε κάποιες χώρες, η οικονομική ανάπτυξη προηγείται και οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας. Αυτό υποδηλώνει ότι οι οικονομικές δραστηριότητες και η βιομηχανική ανάπτυξη προκαλούν αυξημένη ζήτηση για ενέργεια.

Οι χώρες με πιο εξελιγμένες ενεργειακές πολιτικές, όπως η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, τείνουν να έχουν ισχυρότερη και πιο αμφίδρομη σχέση μεταξύ κατανάλωσης ενέργειας και ανάπτυξης.

Οι Χώρες που βασίζονται περισσότερο στις παραδοσιακές πηγές ενέργειας π.χ. ορυκτά καύσιμα μπορεί να παρουσιάζουν μια πιο ευθεία ή μονόδρομη σχέση, όπου η κατανάλωση ενέργειας είναι άμεσα συνδεδεμένη με την οικονομική ανάπτυξη. Τέλος στις ανεπτυγμένες χώρες (π.χ. Γερμανία, Ολλανδία) μπορεί να δείχνουν πιο εξισορροπημένες σχέσεις, λόγω των διαφορών στην ενεργειακή πολιτική, τις τεχνολογικές εξελίξεις και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών. Τέλος οι χώρες με λιγότερη οικονομική ανάπτυξη ή σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης, όπως οι χώρες της Νότιας και Ανατολικής Ευρώπης (π.χ. Ρουμανία, Βουλγαρία), μπορεί να έχουν πιο έντονη εξάρτηση μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της οικονομικής μεγέθυνσης, καθώς η βιομηχανική ανάπτυξη τους απαιτεί περισσότερη ενέργεια.

**3.1.1.15 Abrahão, Karla Cristina de Freitas Jorge, and Roberta Vieira Gonçalves de Souza. "What has driven the growth of Brazil's residential electricity consumption during the last 19 years? An index decomposition analysis." *Ambiente Construído* 21.2 (2021): 7-39.**

Οι συγγραφείς, Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão και Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2021), αναλύσαν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τα νοικοκυριά της Βραζιλίας μεταξύ 2000 και 2018, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο LMDI-I και τον δείκτη IDA σε περιφερειακό επίπεδο. Τα κύρια ευρήματα περιλαμβάνουν ότι η αύξηση του αριθμού των νοικοκυριών ήταν ένας από τους κύριους παράγοντες αύξησης της κατανάλωσης, ενώ το εισόδημα των νοικοκυριών δεν έδειξε έλεγχο στην κατανάλωση σε περιοχές με ζεστό κλίμα, εκτός από τα νοικοκυριά με χαμηλό εισόδημα. Επιπλέον, τα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας επέβαλαν περιορισμούς στην κατανάλωση, κυρίως σε νοικοκυριά με χαμηλό εισόδημα. Αξιοσημείωτο είναι ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη Βραζιλία ποικίλλει με την ηλικία του πληθυσμού, παρουσιάζοντας τάση αύξησης έως την ηλικία των 59 ετών και απότομη μείωση μετά τα 60.

**3.1.1.16 Luís Oscar Martins, Fábio Matos Fernandes, Lucas da Silva Almeida, Ednildo Andrade Torres, Armando Hirohumi Tanimoto, Alex Álisson Bandeira Santos, Marcelo Santana Silva, (2023), Price and Income Elasticity of Residential Electricity Demand in the State of Bahia: 2004 to 2021, International Journal of Energy Economics and Policy, 2023, 13(1), 39-44**

Η μελέτη των Luís Oscar Martins, Fábio Matos Fernandes, Lucas da Silva Almeida, Ednildo Andrade Torres, Armando Hirohumi Tanimoto, Alex Álisson Bandeira Santos, Marcelo Santana Silva, (2023), εξέτασαν την ελαστικότητα ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα της πολιτείας Μπαΐα της Βραζιλίας, χρησιμοποιώντας μηνιαία δεδομένα από το 2004 έως το 2021. Στόχος της έρευνας ήταν η εκτίμηση των παραμέτρων ελαστικότητας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας ως προς την μοναδιαία χρέωση του προϊόντος και του εισοδήματος. Οι ερευνητές ανέλυσαν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (σε MWh) σε σχέση με διάφορους παράγοντες, όπως, Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας, Εισόδημα, Αριθμός κατοικιών, Βροχόπτωση, Μέση θερμοκρασία, Δείκτης τιμών καταναλωτή. Δεδομένου ότι ορισμένες χρονοσειρές δεν ήταν στατικές, εφαρμόστηκε η μέθοδος συν-ολοκλήρωσης και ο μηχανισμός διόρθωσης σφάλματος (ECM). Αυτή η προσέγγιση επιτρέπεται τη συνδυασμένη ανάλυση βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων τάσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα της πολιτείας Μπαΐα είναι ανελαστική ως προς την τιμή, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Αυτό σημαίνει ότι οι αλλαγές στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας δεν οδηγούν σε σημαντικές μεταβολές στην κατανάλωση. Παρομοίως, η ζήτηση είναι ανελαστική ως προς το εισόδημα, υποδηλώνοντας ότι οι μεταβολές στο εισόδημα των καταναλωτών δεν επηρεάζουν σημαντικά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ευρήματα αυτά παρείχαν πολύτιμες πληροφορίες για τους υπεύθυνους ενεργειακού σχεδιασμού στην πολιτεία της Μπαΐα, καθώς και για πιθανούς επενδυτές στον ιδιωτικό τομέα.

### 3.1.2 Εμπειρικές Μελέτες Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

#### 3.1.2.1 Donatos, G., Mergos, G., (1989). Energy demand in Greece. *Energy Economics* 11, 147–152.

Ο Donatos και Mergos (1989) εξέτασαν τη ζήτηση ενέργειας στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια των δύο μεγάλων ενεργειακών κρίσεων στην χώρα το 1973-1974 και το 1978-1979 και προσπάθησαν να προσδιορίσουν τους παράγοντες που την επηρεάζουν. Στο άρθρο αναλύθηκε η ενεργειακή κατανάλωση στη χώρα με στόχο να αποδοθούν οι αιτίες των μεταβολών στη ζήτηση ενέργειας και να προβλεφθούν μελλοντικές τάσεις. Χρησιμοποιείται ένα οικονομικό μοντέλο για να αναλυθεί η σχέση μεταξύ οικονομικής ανάπτυξης, πληθυσμού και ενεργειακής ζήτησης. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν για τη ζήτηση ενέργειας στην Ελλάδα ότι είχε επηρεαστεί από παράγοντες όπως η οικονομική ανάπτυξη, η βιομηχανική παραγωγή και ο πληθυσμός.

#### 3.1.2.2 Tserkezos, E., (1992). Forecasting residential electricity consumption in Greece using monthly and quarterly data. *Energy Economics* 14 (3), 226–232.

Η μελέτη του Tserkezos, E. (1992) επικεντρώθηκε στην πρόβλεψη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (μόνο για οικιακή χρήση) στην Ελλάδα με δεδομένα για την περίοδο από το 1979 έως τις αρχές του 1990, χρησιμοποιώντας μηνιαία και τριμηνιαία δεδομένα. Η χρήση της απόδοσης των τριμηνιαίων μοντέλων μπορεί να μην είναι τόσο καλή όσο αυτή των μηνιαίων δεδομένων. Για τον προσδιορισμό του μοντέλου συνάρτησης μεταφοράς χρησιμοποιούμε τη μέθοδο Linear Transfer Function (LTF) που είναι πιο αποτελεσματική και ευκολότερη στη χρήση από την παραδοσιακή μέθοδο Cross Correlation (CCF). Η μελέτη έδειξε ότι το προσωπικό διαθέσιμο εισόδημα, η θερμοκρασία και η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν τα νοικοκυριά παίζουν σημαντικό ρόλο στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

#### **3.1.2.3 Zonzilos, N., Lolos, S. (1996). Household Energy Demand in Greece, Discussion Paper. National Technical University of Athens. (in Greek).**

Οι Zonzilos και Lolos (1996), εκτίμησαν συναρτήσεις ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για τα ελληνικά νοικοκυριά κατά την περίοδο από 1970 έως 1993. Για την ανάλυσή τους, χρησιμοποίησαν οικονομετρικά μοντέλα που περιλάμβαναν μεταβλητές όπως το εισόδημα, τις τιμές ενέργειας και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση ενέργειας. Η ανάλυση αυτή τους επέτρεψε να προσδιορίσουν τις ελαστικότητες της ζήτησης ενέργειας ως προς τις τιμές και το εισόδημα, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για την κατανόηση της συμπεριφοράς των νοικοκυριών στην Ελλάδα κατά την εν λόγω περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη έδειξε ότι η ζήτηση ενέργειας επηρεάζεται από παράγοντες όπως το μέγεθος του νοικοκυριού, το επίπεδο εκπαίδευσης και η ηλικία των ατόμων του κάθε νοικοκυριού. Τα μεγαλύτερα νοικοκυριά και τα νοικοκυριά με υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης τείνουν να καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια. Επίσης, τα νοικοκυριά με μεγαλύτερη ηλικία ατόμων καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια, πιθανώς λόγω μεγαλύτερης διάρκειας παραμονής στο σπίτι ή χρήσης λιγότερο αποδοτικών ηλεκτρικών συσκευών.

#### **3.1.2.4 Hondroyiannis, G., Lolos, S. and Papapetrou, E. (2002). Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece. Energy Economics 24, 319-336.**

Οι Hondroyiannis, Lolos και Papapetrou (2002), χρησιμοποίησαν το μοντέλο διόρθωσης σφαλμάτων (VECM) για να αναλύσουν τη σχέση μεταξύ κατανάλωσης ενέργειας, πραγματικού ΑΕΠ και τιμών στην Ελλάδα για την περίοδο από το 1960 έως το 1996. Βάσει αυτού του μοντέλου μπόρεσαν να εκτιμήσουν τη μακροχρόνια σχέση μεταξύ των μεταβλητών και της δυναμικής τους αλληλεπίδρασης. Η ανάλυση περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες κατανάλωσης ενέργειας: συνολική, οικιακή και βιομηχανική, οι οποίες εξετάζονται ανεξάρτητα. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι ενδογενής και επηρεάζει την οικονομική

ανάπτυξη, ενώ η οικονομική αποδοτικότητα, όπως αποτυπώνεται στις τιμές, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα τόσο για την κατανάλωση ενέργειας όσο και για την οικονομική δραστηριότητα. Η βιομηχανική κατανάλωση ενέργειας ακολουθεί παρόμοια δυναμική, ενώ η οικιακή κατανάλωση ενέργειας συμπεριφέρεται ανεξάρτητα από τις εξελίξεις στις τιμές και το εισόδημα. Αυτά τα ευρήματα έχουν σημαντικές πολιτικές επιπτώσεις, καθώς η εφαρμογή κατάλληλων διαρθρωτικών πολιτικών που στοχεύουν στη βελτίωση της οικονομικής αποδοτικότητας μπορεί να ενθαρρύνει τη συντήρηση ενέργειας χωρίς να εμποδίζει την οικονομική ανάπτυξη.

#### **3.1.2.5 Hondroyiannis, G. (2004). Estimating residential demand for electricity in Greece. *Energy Economics*, 26(3), 319–334.**

Σχεδόν 2 χρόνια αργότερα ο Hondroyiannis, G. (2004), εξέτασε μεμονωμένα τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας μόνο για τον οικιακό τομέα της Ελλάδας για την περίοδο 1986–1999. Η μελέτη χρησιμοποίησε μηνιαία δεδομένα και εφάρμοσε το μοντέλο διόρθωσης σφαλμάτων (VECM) για να εκτιμήσει τη μακροχρόνια και βραχυχρόνια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως το πραγματικό εισόδημα, το επίπεδο τιμών και τις καιρικές συνθήκες. Τα ευρήματα έδειξαν τι η ζήτηση επηρεάζεται από αυτούς τους παράγοντες και ότι υπάρχει μια σταθερή σχέση μεταξύ τους τόσο στη μακροχρόνια όσο και στη βραχυχρόνια περίοδο.

#### **3.1.2.6 Tsani, S.Z. (2010). Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. *Energy Economics*, 32(3), 582-590**

Το άρθρο της Tsani, S.Z. (2010) εξέτασε τη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης στην Ελλάδα. Η μελέτη κάλυψε την περίοδο 1960-2006. Η έρευνα εφαρμόζει τη μεθοδολογία χρονοσειρών των Toda, Yamamoto (1995) για να διερευνήσει τη σχέση μεταξύ της συνολικής και επιμέρους ζήτησης ενέργειας (Οικιακή,Βιομηχανική) και του πραγματικού ΑΕΠ. Τα συμπεράσματα που

εξάχθηκαν για την συνολική κατανάλωση της Χώρας είναι ότι υπάρχει σχέση επίδρασης από την κατανάλωση ενέργειας προς το πραγματικό ΑΕΠ όχι το αντίστροφο, υποδηλώνοντας ότι η κατανάλωση ενέργειας επηρεάζει την οικονομική ανάπτυξη. Σε ότι αφορά το segment της Οικιακή και Βιομηχανική βρέθηκε διμερής επίδραση σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ενέργειας στους τομείς αυτούς και του πραγματικού ΑΕΠ. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η Ελλάδα εξαρτάται πλήρως από την κατανάλωση ενέργειας για την οικονομική της ανάπτυξη. Για την αντιμετώπιση της εξάρτησης από εισαγωγές ενέργειας και των περιβαλλοντικών ανησυχιών χωρίς να επηρεαστεί αρνητικά η οικονομική ανάπτυξη, προτάθηκε η έμφαση στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και στη διαχείριση της ζήτησης ενέργειας.

#### **3.1.2.7 Dergiades, T., Martinopoulos, G., Tsoulfidis, L. (2013). Energy consumption and economic growth: Parametric and non-parametric causality testing for the case of Greece. Energy Economics, 36, 686-697.**

Οι Dergiades, T., Martinopoulos, G., Tsoulfidis, L. (2013), μελέτησαν τη γραμμική και μη γραμμική σχέση για τη συνολική κατανάλωση ενέργειας και της οικονομικής δραστηριότητας στην Ελλάδα και καλύφθηκε η περίοδος από το 1960 έως το 2008. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν ετήσιες χρονοσειρές δεδομένων για την Ελλάδα και εφάρμοσαν τόσο παραμετρικές όσο και μη παραμετρικές μεθόδους για τη διερεύνηση προκειμένου να εξηγήσουν την σχέση μεταξύ της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και του πραγματικού Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ). Μια ιδιαίτερη πτυχή της μελέτης είναι η προσαρμογή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για τις ποιοτικές διαφορές μεταξύ των συστατικών της μέσω της θερμοδυναμικής της ενεργειακής μετατροπής. Τα ευρήματα της μελέτης υποδεικνύουν την ύπαρξη αιτιώδους σχέσης από την οικονομική δραστηριότητα προς την κατανάλωση ενέργειας, χωρίς να παρατηρείται η αντίστροφη σχέση. Αυτό σημαίνει ότι η οικονομική ανάπτυξη οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, αλλά η κατανάλωση ενέργειας δεν φαίνεται να προκαλεί οικονομική ανάπτυξη

#### **3.1.2.8 Kostakis, Ioannis (2020). "Socio-demographic determinants of household electricity consumption: Evidence from Greece using quantile regression analysis." *Current Research in Environmental Sustainability 1* (2020): 23-30.**

Ο Kostakis (2020), εξετάζει τις κοινωνικό-δημογραφικές μεταβλητές που επηρεάζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των νοικοκυριών στην Ελλάδα. Η μελέτη βασίζεται σε δεδομένα από την Έρευνα Οικογενειακών Προϋπολογισμών του 2017, που διεξήχθη από την Ελληνική Στατιστική Αρχή. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε αφορούσε την ανάλυση ποσοστιαίας παλινδρόμησης (quantile regression) με σταθερά περιφερειακά αποτελέσματα, για να διερευνήσει πώς διάφοροι κοινωνικό-δημογραφικοί και περιφερειακοί παράγοντες επηρεάζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των νοικοκυριών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των νοικοκυριών σχετίζεται θετικά με το διαθέσιμο εισόδημα, το επίπεδο εκπαίδευσης, την ηλικία των μελών κάθε οικογένειας και τον αριθμό των εργαζομένων σε ένα νοικοκυριό. Επιπρόσθετα, τόνισε ότι τα μεγαλύτερα νοικοκυριά καταναλώνουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι το φύλο επηρεάζει την κατανάλωση. Τέλος παρατηρήθηκε ότι είναι σημαντική η περιφερειακή ετερογένεια στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, που σχετίζεται με πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας, κλιματικές συνθήκες και δημογραφικά χαρακτηριστικά.

## 4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο παρόν κεφάλαιο θα αποτυπωθούν αναλυτικά οι σημαντικότεροι προσδιοριστικοί παράγοντες ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που επισημάνθηκαν περισσότερο στις εμπειρικές μελέτες όπως αυτές αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 3 «Επισκόπηση Εμπειρικών Μελετών» και θα αποτελέσουν την βασική μας επιλογή δεδομένων για την εργασία αυτή. Στόχος της εργασίας μας είναι να ληφθούν πάνω από δύο μεταβλητές ως προσδιοριστικοί παράγοντες προκειμένου να έχουμε ένα εύλογο αποτέλεσμα.

### 4.1 Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) κατά Κεφαλήν Εισόδημα

Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) κατά Κεφαλήν εισόδημα είναι ένας οικονομικός δείκτης που εκφράζει το μέσο εισόδημα ή την οικονομική δραστηριότητα ανά κάτοικο σε μια χώρα σε ετήσια βάση. Υπολογίζεται ως ο λόγος του συνολικού Εθνικού Ακαθάριστου Προϊόντος (ΕΑΠ) προς τον συνολικό πληθυσμό της χώρας. Mankiw, N. G. (2006)<sup>17</sup>. Το κατά Κεφαλήν ΑΕΠ κάθε χώρας για τους μελετητές των οικονομιών αποτελεί μία χρήσιμη πληροφορία προκειμένου να μπορούν να εξετάσουν την οικονομική κατάσταση μίας χώρας σε πολλά επίπεδα όπως, ποια είναι η οικονομική δραστηριότητα, η οικονομική ανάπτυξη της, το βιοτικό επίπεδο των πολιτών της χώρας σε βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο περιβάλλον. Η θετική επίδραση του κατά κεφαλήν εισοδήματος ως προσδιοριστικός παράγοντας για τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας φαίνεται και από τη μελέτη των Narayan P.K., Smyth R., Prasad A., (2007)<sup>18</sup> για χώρες τις G7 και την Ελλάδα, τα αποτελέσματα των οποίων έδειξαν ότι, όταν η ελαστικότητα εισοδήματος της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι θετική δηλαδή αύξηση του εισοδήματος του νοικοκυριού συνοδεύεται με αύξηση της κατανάλωσης

---

<sup>17</sup> Mankiw, N. G. (2006). Principles of Economics

<sup>18</sup> Narayan P.K., Smyth R., Prasad A., 2007. Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities. Energy Policy 35, 4485-4494.

## Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης

### Π.Μ.Σ «Εφηρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»

«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»

ηλεκτρικής ενέργειας και το ανάποδο. Παρακάτω παρατίθεται ένας ενδεικτικός πίνακας 4.1.1 με διάγραμμα 4.1.2 που απεικονίζει κατά προσέγγιση την εξέλιξη του μικτού ΑΕΠ στην Ελλάδα (σε εκατ. ευρώ) από το 1992 έως το 2023, σύμφωνα με δεδομένα που δημοσιεύονται από την Eurostat.

**Πίνακας 4.1.1: Εξέλιξη του ΑΕΠ στην Ελλάδα 1992-2023**

Έτος	ΑΕΠ κατά κεφαλήν εισόδημα (εκατ. €)
1992	64.112
1995	91.770
2000	136.162
2005	194.774
2008	238.736
2010	223.591
2013	178.114
2015	175.363
2018	180.615
2020	167.540
2023	225.197

Πηγή: Eurostat

**Διάγραμμα 4.1.2: Εξέλιξη του ΑΕΠ στην Ελλάδα 1992-2023**



Πηγή: Eurostat

#### 4.2 Τιμή Ηλεκτρικής Ενέργειας Χαμηλής Τάσης για Οικιακή χρήση

Οι παραπάνω εμπειρικές μελέτες με σημαντικότερη αυτή της Tsani, S.Z. (2010)<sup>19</sup>, έχουν δείξει πως η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας δηλαδή η τιμή για τους καταναλωτές (νοικοκυριά), επηρεάζει άμεσα τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στη Ελλάδα. Αυτό συμβαίνει λόγω της οικονομικής αρχής της ελαστικότητας της ζήτησης, δηλαδή της ευαισθησίας της κατανάλωσης σε αλλαγές της τιμής. Βραχυπρόθεσμα η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας τείνει να είναι σχετικά ανελαστική (δηλαδή, δεν μειώνεται άμεσα με την αύξηση της τιμής), αλλά γίνεται πιο ελαστική μακροπρόθεσμα, καθώς καταναλωτές και επιχειρήσεις προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους. Στο παρακάτω πίνακα 4.2.1 και διάγραμμα 4.2.2 παρουσιάζεται η γενική τάση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας για τη Χαμηλή τάση και Οικιακή χρήση από το 1992 έως το 2023 στη Ελλάδα.

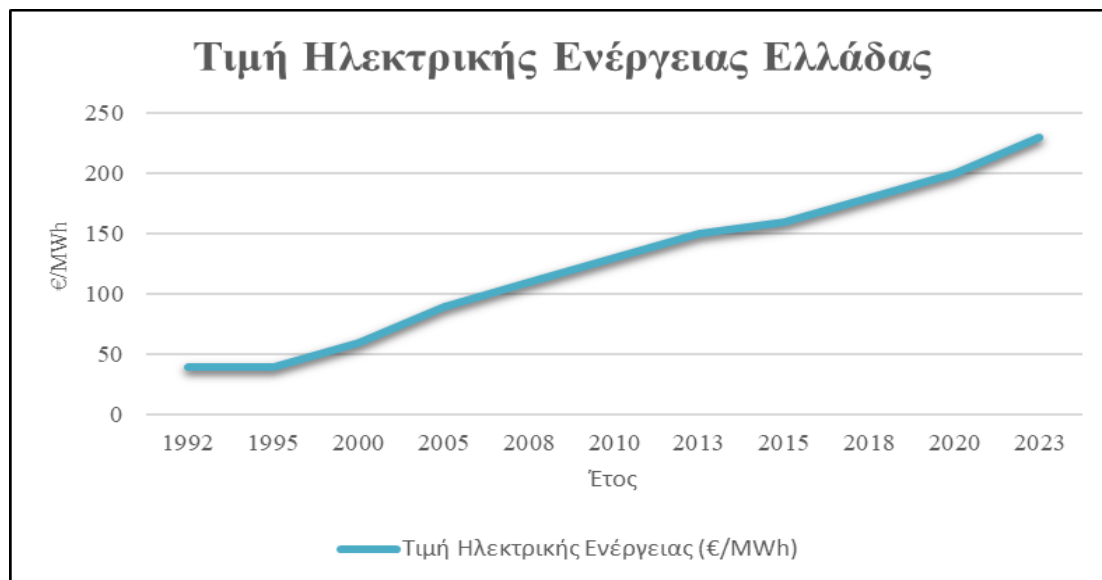
**Πίνακας 4.2.1: Εξέλιξη τιμής ηλεκτρικής ενέργειας στη Χαμηλή τάση για Οικιακή χρήση στην Ελλάδα 1992-2023**

Έτος	Τιμή Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/MWh)
1992	40
1995	40
2000	60
2005	90
2008	110
2010	130
2013	150
2015	160
2018	180
2020	200
2023	230

Πηγή: ΔΕΗ Α.Ε./Γενική Διεύθυνση Μάρκετινγκ και νέων Προϊόντων

<sup>19</sup> Tsani, S.Z. (2010), Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. Energy Economics, 32(3), 582-590

**Διάγραμμα 4.2.2: Εξέλιξη τιμής ηλεκτρικής ενέργειας στη Χαμηλή τάση για Οικιακή χρήση στην Ελλάδα 1992-2023**



Πηγή: ΔΕΗ Α.Ε./Γενική Διεύθυνση Μάρκετινγκ και νέων Προϊόντων

### 4.3 Πληθωρισμός

Ο πληθωρισμός σύμφωνα με αρκετές μελέτες αποτελεί ένα μακροοικονομικό μέγεθος το οποίο ο μπορεί να επηρεάσει τόσο τη συμπεριφορά των καταναλωτών όσο και των επιχειρήσεων οδηγώντας σε μεταβολές στη συνολική ζήτηση Wei Zhang , Jiayi Wu , Shun Wang , Yong Zhang, (2025)<sup>20</sup>. Κατά περιόδους αύξησης του πληθωρισμού οδηγούμαστε σε αύξηση τιμών, τα νοικοκυριά ενδέχεται να μειώσουν την ζήτηση προκειμένου να εξοικονομήσουν χρήματα. Michael P. Keane & Eswar S. Prasad, (1991)<sup>21</sup>. Μια πρόσφατη μελέτη Jungho Baek & Taylor B. Young,

<sup>20</sup> Wei Zhang, Jiayi Wu , Shun Wang , Yong Zhang, 2025. Examining dynamics: Unraveling the impact of oil price fluctuations on forecasting agricultural futures prices International Review of Financial Analysis, Volume 97, January 2025, 103770

<sup>21</sup> Michael P. Keane & Eswar S. Prasad, 1991. "The employment and wage effects of oil price shocks: a sectoral analysis," Discussion Paper / Institute for Empirical Macroeconomics 51, Federal Reserve Bank of Minneapolis.

(2021)<sup>22</sup>, εστίασε κυρίως στη σχέση μεταξύ τιμών πετρελαίου και οικονομικής ανάπτυξης, περιέχει σημαντικές ενδείξεις για την ασυμμετρία των επιδράσεων των τιμών του πετρελαίου – συμπεριλαμβανομένου και του πληθωρισμού. Η μελέτη έδειξε πως οι αυξήσεις των τιμών του πετρελαίου μπορεί να επιδρούν ισχυρά στον πληθωρισμό.

Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας 4.3.1 και ένα διάγραμμα 4.3.2 που συνοψίζει την εξέλιξη του ετήσιου πληθωρισμού στην Ελλάδα από το 1992 έως το 2023 από στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ.

Παρατηρεί κανείς μια σημαντική μείωση των τιμών (και σε ορισμένες περιπτώσεις αποπληθωρισμό) κατά τα χρόνια της οικονομικής κρίσης (2013–2016), ενώ μετά το 2021 παρατηρείται σημαντική αναστροφή με αύξηση του πληθωρισμού στα 6–7%, γεγονός που αντανακλά τις πρόσφατες μεταβολές στην οικονομία και τις τιμές των βασικών αγαθών και υπηρεσιών.

**Πίνακας 4.3.1: Εξέλιξη του ετήσιου πληθωρισμού στην Ελλάδα 1992-2023**

Έτος	Ετήσιος Πληθωρισμός (%)
1992	15,9
1995	8,9
2000	3,2
2005	3,5
2008	4,2
2010	4,7
2013	-0,9
2015	-1,7
2018	0,6
2020	-1,2
2023	7

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

<sup>22</sup> Junggho Baek & Taylor B. Young, 2021. "A new look at the crude oil prices and economic growth nexus: asymmetric evidence from Alaska," Mineral Economics, Springer; Raw Materials Group (RMG); Luleå University of Technology, vol. 34(3), pages 339-344, October.

**Διάγραμμα 4.3.2: Εξέλιξη ετήσιου πληθωρισμού στην Ελλάδα 1992-2023**



Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

#### 4.4 Ανεργία

Όπως αναφέραμε παραπάνω ο πληθωρισμός είναι ένα μακροοικονομικό μέγεθος που μπορεί να δημιουργήσει ανατιμήσεις σε αγαθά και να επηρεάσει τις καταναλωτικές συνήθειες μιας ολόκληρης κοινωνίας. Ένα εξίσου σημαντικό μέγεθος που αξίζει να ασχοληθούμε και να δούμε τις επιδράσεις του είναι και η ανεργία. Σύμφωνα με τη μελέτη του Chukuezi, C.O., (2009)<sup>23</sup> οι συνέπειες από μια ενδεχόμενη η αύξηση της ανεργίας μπορεί να επιφέρει άμεσες συνέπειες σε μια οικονομία με την μείωση του διαθέσιμου εισοδήματος και της αγοραστικής δύναμης των νοικοκυριών.

<sup>23</sup> Chukuezi, C.O., 2009. Poverty and Youth Restiveness in Nigeria: Implications for National. Ozean, Journal of Social Sciences, 2(2): 97 – 103.

## Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης

### Π.Μ.Σ «Εφηρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»

«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»

---

Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας 4.4.1 και ένα διάγραμμα 4.4.2 που συνοψίζει την εξέλιξη του ετήσιου ποσοστού Ανεργίας στην Ελλάδα από το 1992 έως το 2023 από στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ.

Παρατηρεί κανείς ότι μετά από μια περίοδο σχετικής σταθερότητας τη δεκαετία του 1990, η ανεργία αυξήθηκε δραματικά κατά την οικονομική κρίση του 2008-2013, φτάνοντας σε ιστορικά υψηλά επίπεδα. Από το 2013 και μετά, παρατηρείται μια σταδιακή μείωση του ποσοστού ανεργίας, με το 2023 να καταγράφεται κάτω από το 10%.

**Πίνακας 4.4.1: Εξέλιξη ετήσιου ποσοστού Ανεργίας στην Ελλάδα 1992-2023**

Έτος	Ετήσια Ανεργία (%)
1992	11
1995	10,5
2000	10,5
2005	9
2008	8
2010	18
2013	27,8
2015	24,4
2018	18,7
2020	16,2
2023	9

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

## Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης

### Π.Μ.Σ «Εφηρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»

«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»

**Διάγραμμα 4.4.2: Εξέλιξη ετήσιου ποσοστού Ανεργίας στην Ελλάδα 1992-2023**



Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

## 5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

### 5.1 Στατιστικές πληροφορίες

Η ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis) είναι ένας κλάδος της στατιστικής που μελετά τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων ποσοτικών μεταβλητών, με σκοπό την πρόβλεψη μιας μεταβλητής βάσει των υπολοίπων. Η μεταβλητή που επιδιώκουμε να εκτιμήσουμε ή να προβλέψουμε ονομάζεται εξαρτημένη (dependent variable), ενώ οι μεταβλητές που θεωρούνται δεδομένες και χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψή της ονομάζονται ανεξάρτητες (independent variables).

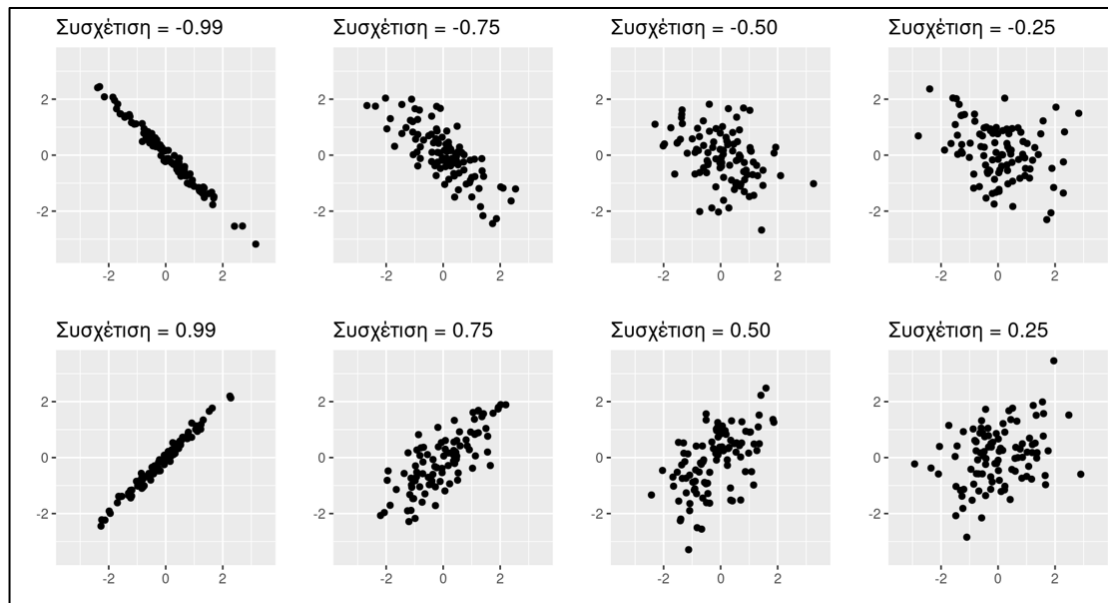
Η σχέση που συνδέει την εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές είναι στατιστική και όχι συναρτησιακή. Σε μια στατιστική σχέση, για κάθε τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής υπολογίζεται μια θεωρητική τιμή της εξαρτημένης, ενώ η πραγματική τιμή της μπορεί να κυμαίνεται εντός ενός εύρους τιμών που περιλαμβάνει τη θεωρητική τιμή. Αντίθετα, στις συναρτησιακές σχέσεις, όπως στις μαθηματικές εξισώσεις, κάθε τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής αντιστοιχεί πάντα σε μία μοναδική τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (δηλαδή, της μορφής  $Y=f(x)$ , όπου  $Y$  είναι η εξαρτημένη και  $x$  η ανεξάρτητη μεταβλητή). Παρά τη διαφορά αυτή, για λόγους ευκολίας, χρησιμοποιείται συχνά ο όρος "εξισώσεις παλινδρόμησης".

Αν σχεδιάσουμε τα ζεύγη παρατηρήσεων  $(X_i, Y_i)$  δύο μεταβλητών σε ένα σύστημα ορθογώνιων αξόνων, προκύπτει μια κατανομή σημείων που αντιπροσωπεύει τις τιμές των μεταβλητών. Η γραφική αυτή απεικόνιση ονομάζεται διάγραμμα διασποράς (scatter plot) και παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την πιθανή σχέση εξάρτησης μεταξύ των μεταβλητών. Το διάγραμμα διασποράς αποτελεί ένα βασικό εργαλείο οπτικοποίησης και χρησιμοποιείται ως αρχικό, αλλά ουσιαστικό στάδιο για την επιλογή των ανεξάρτητων μεταβλητών στη διαδικασία ανάλυσης<sup>24</sup>.(Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2021)).

---

<sup>24</sup> Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2021) Forecasting: principles and practice

**Διάγραμμα 5.1.1: Διαγράμματα διασποράς και συσχετίσεων που παρουσιάζουν οι μεταβλητές X, Y**



Πηγή: Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2021) Forecasting: principles and practice

Όταν ο συντελεστής συσχέτισης ( $r$ ) έχει τιμές κοντά στο +1 ή -1, υποδηλώνει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Αντίθετα, όταν οι τιμές του βρίσκονται κοντά στο 0, οι μεταβλητές παρουσιάζουν ασθενή ή μηδενική γραμμική συσχέτιση.

Ο πιο απλός τρόπος προσαρμογής μιας γραμμής σε ένα διάγραμμα διασποράς είναι η εκτίμησή της με το μάτι. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα, κυρίως λόγω της έλλειψης αντικειμενικότητας, καθώς διαφορετικά άτομα μπορεί να σχεδιάσουν διαφορετικές γραμμές, ακόμη και το ίδιο άτομο σε διαφορετικές περιπτώσεις. Επομένως, απαιτείται μια πιο ακριβής και συστηματική μέθοδος για την προσαρμογή μιας γραμμής στα δεδομένα.

Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την εκτίμηση των παραμέτρων της γραμμής παλινδρόμησης που προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα είναι η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων (Least Squares Method). Η προσέγγιση αυτή στοχεύει στον προσδιορισμό των παραμέτρων της γραμμής έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων  $e_i$  όπου ( $e_i = |Y_i - \hat{Y}_i|$ ).

#### 5.2 Βασικές Υποθέσεις Παλινδρόμησης

Για να επιτευχθεί μια στατιστικά έγκυρη ανάλυση παλινδρόμησης, πρέπει να πληρούνται ορισμένες βασικές υποθέσεις τόσο για τα δεδομένα του δείγματος όσο και για τον πληθυσμό από τον οποίο προέρχεται το δείγμα. Οι υποθέσεις αυτές είναι:

- I. Η πραγματική εξίσωση που συνδέει την εξαρτημένη μεταβλητή  $Y$  με την ανεξάρτητη  $X$  στον πληθυσμό θα πρέπει να έχει τη μορφή που επιδιώκουμε να προσαρμόσουμε στην ανάλυση.
- II. Οι τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής  $X$  πρέπει να είναι γνωστές και σταθερές, και όχι τυχαίες.
- III. Οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  πρέπει να είναι τυχαίες.
- IV. Οι τιμές της  $Y$  πρέπει να είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους.
- V. Η διασπορά (ή διακύμανση) της  $Y$  πρέπει να είναι ομοιόμορφη, δηλαδή σταθερή σε όλο το εύρος των τιμών της  $X$ .
- VI. Εάν σκοπεύουμε να εκτιμήσουμε διαστήματα εμπιστοσύνης ή να εκτελέσουμε ελέγχους υποθέσεων χρησιμοποιώντας τα κριτήρια  $t$  ή  $F$ , τότε οι τιμές της  $Y$  πρέπει να είναι και ανεξάρτητες μεταξύ τους.

Αν και οι βασικές υποθέσεις συχνά δεν πληρούνται αυστηρά, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων παραμένουν έγκυρα, εφόσον οι υποθέσεις ικανοποιούνται κατά προσέγγιση και το μέγεθος του δείγματος είναι μεγάλο. Σε περίπτωση που αυτές οι συνθήκες δεν ισχύουν, τότε ίσως θα πρέπει να επανεξετάσουμε το μοντέλο παλινδρόμησης, να το απορρίψουμε ή να στραφούμε σε άλλες μεθόδους παλινδρόμησης, εκτός της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων.

Η άμεση εξέταση της εξαρτημένης μεταβλητής  $Y$  δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην ανάλυση παλινδρόμησης, καθώς οι παρατηρήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής είναι συνάρτηση των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής. Έτσι, η εξέταση της  $Y$  γίνεται έμμεσα μέσω των καταλοίπων ( $e$ ).

Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτή την εξέταση είναι τα εξής:

- Τα σφάλματα των καταλοίπων πρέπει να είναι τυχαία.
- Τα σφάλματα πρέπει να είναι ασυσχέτιστα.
- Η διακύμανση των καταλοίπων πρέπει να είναι ομοιογενής σε όλο το εύρος των πραγματικών τιμών της  $Y$ .
- Τα κατάλοιπα πρέπει να ακολουθούν κανονική κατανομή.
- Τα κατάλοιπα πρέπει να είναι ανεξάρτητα.

### 5.3 Διαστήματα Εμπιστοσύνης

Για την εκτίμηση των διαστημάτων εμπιστοσύνης για τους συντελεστές παλινδρόμησης  $\beta_i$ , μπορούν να εφαρμοστούν οι γενικές στατιστικές σχέσεις που ισχύουν για την εκτίμηση παραμέτρων του πληθυσμού. Έτσι, κάθε συντελεστής παλινδρόμησης εκφράζεται εντός ενός κλειστού διαστήματος, το οποίο υπολογίζεται ως εξής:

$$\beta_i \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-k} * SE(\beta_i)$$

όπου

- Το  $\beta_i$  είναι ο εκτιμημένος συντελεστής παλινδρόμησης.
- Το  $t_{\frac{\alpha}{2}, n-k}$  είναι η τιμή του  $t$  – κρίσιμου σημείου από την  $t$  – κατανομή για το επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης  $(1-\alpha)$  με βαθμούς ελευθερίας  $n - k$ , όπου  $n$  είναι το μέγεθος του δείγματος και  $k$  ο αριθμός των παραμέτρων.
- Το  $SE(\beta_i)$  αποτελεί το τυπικό σφάλμα του συντελεστή παλινδρόμησης  $\beta_i$  που υπολογίζεται βάσει του παρακάτω τύπου:

$$SE(\beta_i) = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}}$$

Όπου το  $\hat{\sigma}^2$  είναι η εκτιμώμενη διακύμανση των καταλοίπων (σφάλματα παλινδρόμησης) και  $X_j$  είναι οι τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής  $X$ .

Αν το διάστημα εμπιστοσύνης περιλαμβάνει την τιμή μηδέν, αυτό σημαίνει ότι ο συντελεστής παλινδρόμησης δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από το μηδέν με πιθανότητα  $\alpha$ . Ως εκ τούτου, θα πρέπει να επανεξετάσουμε ή να απορρίψουμε το αντίστοιχο μοντέλο παλινδρόμησης.

## 5.4 Έλεγχοι Υποθέσεων

### 5.4.1 Στατιστικός F-έλεγχος και ανάλυση διακύμανσης

Για να ελεγχθεί αν ένα μοντέλο παλινδρόμησης είναι στατιστικά σημαντικό, δηλαδή αν τουλάχιστον ένας συντελεστής παλινδρόμησης διαφέρει στατιστικά σημαντικά από το μηδέν, υπολογίζεται η ποσότητα F με τον εξής τρόπο:

$$F = \frac{\frac{SSR}{k}}{\frac{SSE}{n - k - 1}}$$

Όπου:

- SSR (Sum of Squares for Regression) είναι η συνολική διακύμανση που εξηγείται από το μοντέλο, δηλαδή η διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής που εξηγείται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές.
- SSE (Sum of Squares for Error) είναι η συνολική διακύμανση του σφάλματος ή των καταλοίπων, δηλαδή η διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής που δεν εξηγείται από το μοντέλο.
- $k$  είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών στο μοντέλο.
- $n$  είναι το μέγεθος του δείγματος.

Ο F-έλεγχος εκτελείται με τη χρήση του στατιστικού F για να συγκριθεί με την κρίσιμη τιμή από την κατανομή F με  $k$  και  $n-k-1$  βαθμούς ελευθερίας. Αν το υπολογισθέν F-στατιστικό είναι μεγαλύτερο από την κρίσιμη τιμή, τότε το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό, πράγμα που σημαίνει ότι τουλάχιστον ένας συντελεστής παλινδρόμησης διαφέρει σημαντικά από το μηδέν.

Αν  $F > F(\text{κρίσιμη})$  (με το επίπεδο  $\alpha$ ), τότε το μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό και απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση (ότι όλοι οι συντελεστές είναι μηδέν). Αν  $F \leq F(\text{κρίσιμη})$  τότε το μοντέλο δεν είναι στατιστικά σημαντικό και δεν μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση.

#### 5.4.2 Στατιστικός t-έλεγχος

Ο t-έλεγχος χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η σημαντικότητα ενός συντελεστή παλινδρόμησης  $\beta_i$ , δηλαδή αν ο συγκεκριμένος συντελεστής διαφέρει στατιστικά σημαντικά από το μηδέν. Ο υπολογισμός του t-στατιστικού για κάθε συντελεστή γίνεται με τον εξής τύπο:

$$t = \frac{\hat{\beta}_i}{SE(\hat{\beta}_i)}$$

Όπου:

- Το  $\hat{\beta}_i$  είναι η εκτιμημένη τιμή συντελεστής παλινδρόμησης  $\beta_i$ .
- Το  $SE(\hat{\beta}_i)$  αποτελεί το τυπικό σφάλμα του συντελεστή παλινδρόμησης  $\hat{\beta}_i$  που υπολογίζεται βάσει του παρακάτω τύπου:

$$SE(\hat{\beta}_i) = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2}{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}}$$

Όπου το  $\hat{\sigma}^2$  είναι η εκτιμώμενη διακύμανση καταλοίπων και  $\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2$  είναι το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής  $X$  από τη μέση τιμή της.

Όταν το  $t$  είναι μεγαλύτερο από την κρίσιμη τιμή, τότε ο συντελεστής  $\beta_i$  είναι στατιστικά σημαντικός και μπορούμε να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση (ότι  $\beta_i = 0$ ). Στη περίπτωση που το  $t$  είναι μικρότερο από την κρίσιμη τιμή, τότε ο συντελεστής  $\beta_i$  δεν είναι στατιστικά σημαντικός και δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση.

#### 5.5 Επάρκεια του στατιστικού μοντέλου

Αν οι στατιστικοί έλεγχοι που περιγράφηκαν δώσουν τα επιθυμητά αποτελέσματα, αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι το μοντέλο παλινδρόμησης είναι το καταλληλότερο για την εκτίμηση της εξαρτημένης μεταβλητής, καθώς μπορεί να μην πληρούνται μία ή περισσότερες από τις βασικές υποθέσεις. Συνήθως, τέτοιες παραβιάσεις δεν εντοπίζονται μέσω των ελέγχων  $t$  και  $F$ . Αν η παραβίαση κάποιας υπόθεσης είναι σημαντική, τότε δεν μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η επιλεγμένη εξίσωση παλινδρόμησης προσαρμόζεται ικανοποιητικά στα δεδομένα. Για να ελέγξουμε την καταλληλότητα του μοντέλου, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διάφορους γραφικούς ελέγχους. Οι κυριότεροι είναι ο γραφικός έλεγχος ομοιογένειας της διακύμανσης και οι γραφικοί έλεγχοι κανονικότητας.

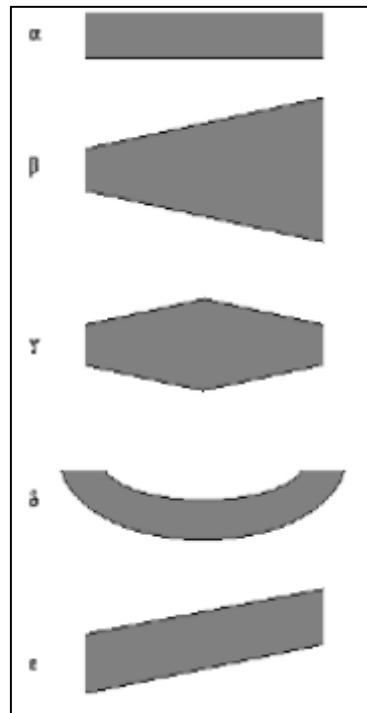
##### 5.5.1 Γραφική μέθοδος ελέγχου ομοιογένειας της διακύμανσης

Για να ελέγξουμε την ομοιογένεια της διακύμανσης της  $Y$  ή των σφαλμάτων  $e$  με γραφικό τρόπο, μπορούμε να κατασκευάσουμε το διάγραμμα διασποράς των τιμών  $Y_i$  σε σχέση με τις τιμές  $X_i$ , αν έχουμε μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή, ή των  $e_i$  σε σχέση με τις τιμές  $Y_i$ . Αυτά τα γραφήματα μπορούν να αποκαλύψουν αν υπάρχει ανεπάρκεια στο μοντέλο παλινδρόμησης.

Όταν τα σημεία του γραφήματος φαίνονται να συγκεντρώνονται σε μια στενή οριζόντια λωρίδα γύρω από το μηδέν, αυτό υποδεικνύει ότι η διασπορά των σφαλμάτων είναι σταθερή, όπως φαίνεται στην περίπτωση (α) του παρακάτω σχήματος. Η περίπτωση (β) δείχνει ότι η διασπορά των σφαλμάτων δεν είναι σταθερή, αλλά αυξάνεται με τη μεταβλητή στον άξονα των  $x$ . Η περίπτωση (γ) υποδεικνύει ότι η μεταβλητή στον άξονα των  $x$  ακολουθεί πιθανώς δυνωμική κατανομή, κάτι που είναι ανεπίτρεπτο στην ανάλυση παλινδρόμησης με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Τέλος, οι περιπτώσεις (δ) και (ε) υποδεικνύουν ότι ίσως πρέπει να συμπεριληφθούν μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Οι παρατηρήσεις για τις περιπτώσεις (β), (δ) και (ε) ισχύουν επίσης για τα γραφήματα με κλίσεις προς την αντίθετη κατεύθυνση.

#### Γράφημα 5.5.2.1: Γραφική μέθοδος ελέγχου ομοιογένειας της διακύμανσης



#### 5.5.2 Γραφική μέθοδος ελέγχου κανονικότητας

Υπάρχουν διάφορες γραφικές μέθοδοι για τον έλεγχο της κανονικότητας μιας μεταβλητής. Το ιστόγραμμα συχνοτήτων χρησιμοποιείται συχνά στην παραδοσιακή στατιστική ανάλυση. Εάν προσθέσουμε στο ιστόγραμμα την κανονική καμπύλη, μπορούμε να παρατηρήσουμε γραφικά πόσο καλά τα δεδομένα προσεγγίζουν την κανονική κατανομή.

#### 5.5.3 Στατιστικός έλεγχος Πολυσυγγραμμικότητας

Στην ανάλυση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, μπορεί να προκύψει πολυσυγγραμμικότητα, η οποία αναφέρεται στην ύπαρξη γραμμικής εξάρτησης μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών  $X$ . Η έντονη γραμμική εξάρτηση μεταξύ αυτών των μεταβλητών επηρεάζει σημαντικά την εκτίμηση των συντελεστών παλινδρόμησης, αυξάνοντας τις διακυμάνσεις τους.

#### 5.5.4 Στατιστικός έλεγχος Durbin - Watson

Ο έλεγχος Durbin - Watson χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί αν τα υπολείμματα του μοντέλου παλινδρόμησης παρουσιάζουν αυτοσυσχέτιση πρώτου βαθμού. Η αυτοσυσχέτιση μπορεί να υποδεικνύει ότι το μοντέλο δεν περιλαμβάνει σημαντικούς παράγοντες ή ότι η γραμμική υπόθεση δεν είναι ακριβής. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο Durbin - Watson έλεγχος υποθέτει ότι τα υπολείμματα έχουν σταθερή διακύμανση (ομοιογένεια διακύμανσης) και ότι οι παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

Ο τύπος του Durbin-Watson στατιστικού είναι:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

Όπου:

- Το  $e_t$  είναι το υπόλοιπο (σφάλμα) της παρατήρησης  $t$ .
- Το  $e_{t-1}$  είναι το υπόλοιπο της προηγούμενης παρατήρησης.

Το Durbin - Watson στατιστικό κυμαίνεται μεταξύ 0 και 4:

- Αν  $DW \approx 2$  τότε δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση (ιδανικό αποτέλεσμα).
- Αν  $DW < 2$  τότε υπάρχει θετική αυτοσυσχέτιση, δηλαδή τα υπόλοιπα είναι συσχετισμένα με θετική κατεύθυνση.
- Αν  $DW > 2$  τότε υπάρχει αρνητική αυτοσυσχέτιση, δηλαδή τα υπόλοιπα είναι συσχετισμένα με αρνητική κατεύθυνση.

#### 5.5.5 Στατιστικός έλεγχος Shapiro-Wilk

Ο έλεγχος Shapiro και Wilk είναι ένας στατιστικός έλεγχος που χρησιμοποιείται για να ελέγξει αν ένα σύνολο δεδομένων ακολουθεί την κανονική κατανομή. Είναι ευρύτερα διαδεδομένος ως στατιστικός έλεγχος και ιδιαίτερα αποτελεσματικός για όχι μεγάλα δείγματα. Η στατιστική του ελέγχου ( $W$ ) βασίζεται

στις διαφορές μεταξύ των ταξινομημένων παρατηρήσεων και των αναμενόμενων τιμών από μια κανονική κατανομή.

Ο έλεγχος Shapiro-Wilk ελέγχει την υπόθεση:

- $H_0$  (μηδενική υπόθεση): Τα δεδομένα προέρχονται από μια κανονική κατανομή.
- $H_1$  (εναλλακτική υπόθεση): Τα δεδομένα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Σε περίπτωση που το p-value είναι μεγαλύτερο του 0.05, δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση, τα δεδομένα είναι πιθανό να ακολουθούν την κανονική κατανομή. Ενώ αν το p-value είναι μικρότερο ή ίσο του 0.05, απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση, τότε τα δεδομένα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Στη περίπτωση που p-value είναι κοντά στο 0.05, είναι καλή πρακτική να χρησιμοποιηθούν και άλλοι έλεγχοι κανονικότητας (όπως Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling) και γραφικές μέθοδοι (π.χ. Q-Q plot).

Η στατιστική συνάρτηση του ελέγχου **Shapiro-Wilk** ορίζεται ως εξής:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n (a_i x_i)^2)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})^2}$$

Όπου:

- $x_1, x_2, \dots, x_n$  είναι ο αριθμός παρατηρήσεων του δείγματος.
- $\hat{x}$  είναι η μέση τιμή του δείγματος.
- $a_i$  είναι ο συντελεστής που εξαρτώνται από την κατανομή των δεδομένων και την ποσότητα του δείγματος.

Όταν το  $W \approx 1$  υποδεικνύει ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή. Στη περίπτωση που το  $W < 1$ , υποδεικνύει απόκλιση από την κανονικότητα. Όσο πιο μικρό είναι το  $W$ , τόσο μεγαλύτερη είναι η απόκλιση από την κανονική κατανομή.

## 5.6 Αξιολόγηση Βέλτιστου μοντέλου

Προκειμένου να γίνει η αξιολόγηση του Βέλτιστου μοντέλου από ένα σύνολο διαθέσιμων μοντέλων, δεν υπάρχει ένα μοναδικό κριτήριο που να καθορίζει την απόφαση. Αντιθέτως, χρησιμοποιούνται διάφορα κριτήρια, γνωστά ως κριτήρια σύγκρισης (comparison criteria), αξιολόγησης (evaluation criteria) ή επιλογής (selection criteria). Κάθε ένα από αυτά μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά συμπεράσματα, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την προσωπική κρίση του ερευνητή κατά την τελική επιλογή.

### 5.6.1 Τυπικό σφάλμα εκτίμησης

Το τυπικό σφάλμα εκτίμησης SSE (Standard Error of Estimate) των θεωρητικών τιμών είναι ένας στατιστικός δείκτης που μετρά την ακρίβεια μιας εκτίμησης. Συνήθως χρησιμοποιείται στην παλινδρόμηση και τη στατιστική ανάλυση για να αξιολογήσει πόσο κοντά είναι οι προβλεπόμενες τιμές ενός μοντέλου στις πραγματικές τιμές, δηλαδή εκφράζει το μέσο σφάλμα που κάνει το μοντέλο στις προβλέψεις του. Τέλος όσο μικρότερο είναι το SEE, τόσο καλύτερη είναι η προσαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα μας.

Το τυπικό σφάλμα εκτίμησης (SEE), (Standard Error of Estimate) δίνεται από τον τύπο:

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}}$$

όπου:

- $y_i$  είναι οι πραγματικές τιμές,
- $\hat{y}_i$  είναι οι θεωρητικές (προβλεπόμενες) τιμές,
- $n$  είναι το πλήθος των παρατηρήσεων,
- $k$  είναι ο αριθμός των παραμέτρων του μοντέλου.

Γενικά η τυπική απόκλιση σχετίζεται με τον συντελεστή προσδιορισμού  $R^2$ . Συνοπτικά όσο υψηλό είναι το  $R^2$  έχουμε μικρή τυπική απόκλιση. Ωστόσο δεν σημαίνει σε περίπτωση μικρής τυπικής απόκλισης ότι έχουμε μεγάλη διακύμανση, διότι παίζουν ρόλο τα δεδομένα με τη διασπορά που έχουν.

#### 5.6.2 Συντελεστής προσδιορισμού $R^2$

Ο συντελεστής προσδιορισμού ( $R^2$ ) (coefficients of determination) είναι ένα κριτήριο που δείχνει πόσο καλά ένα στατιστικό ή μαθηματικό μοντέλο εξηγεί την διασπορά μιας εξαρτημένης μεταβλητής. Χρησιμοποιείται κυρίως στην παλινδρόμηση για να εκτιμήσουμε την καταλληλότητα του μοντέλου. Το συντελεστής προσδιορισμού παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όταν ο συντελεστής προσδιορισμού είναι ίσο με ένα, τότε το μοντέλο εξηγεί πλήρως τη διασπορά των δεδομένων, όταν είναι ίσο με μηδέν δεν εξηγεί καθόλου τη διασπορά των δεδομένων, ενώ αν βρίσκεται μεταξύ του μηδέν και του ένα το μοντέλο εξηγεί ένα ποσοστό της διασποράς των δεδομένων.

Ο τύπος του συντελεστή προσδιορισμού ( $R^2$ ) είναι ο εξής:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}$$

όπου:

- $SS_{res} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$  είναι το άθροισμα των τετραγώνων των υπολοίπων (Residual Sum of Squares)
- $SS_{tot} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2$  είναι το άθροισμα των τετραγώνων (Total Sum of Squares)
- $y_i$  είναι οι πραγματικές τιμές,
- $\hat{y}_i$  είναι οι θεωρητικές (προβλεπόμενες) τιμές,
- $\bar{y}_i$  είναι η μέση τιμή των πραγματικών τιμών.

Ο συντελεστής προσδιορισμού όπως αναφέραμε και παραπάνω σχετίζεται με το τυπικό σφάλμα εκτίμησης. Όταν το τυπικό σφάλμα εκτίμησης είναι μικρό, ο συντελεστής προσδιορισμού είναι συνήθως μεγάλο, δείχνοντας καλή προσαρμογή του μοντέλου. Όμως, ο συντελεστής προσδιορισμού δεν λαμβάνει υπόψη τον αριθμό των μεταβλητών στο μοντέλο, οπότε για πολυπαραγοντικά μοντέλα είναι καλύτερο να χρησιμοποιούμε το διορθωμένο συντελεστής προσδιορισμού ( $R^2_{adj}$ ).

Ο τύπος του διορθωμένου συντελεστής προσδιορισμού ( $R^2_{adj}$ ) είναι ο εξής:

$$R^2_{adj} = 1 - \left( \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{n - k - 1} \right)$$

όπου:

- $n$  είναι ο αριθμός των παρατηρήσεων,
- $k$  είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Ουσιαστικά ο διορθωμένος συντελεστής προσδιορισμού ( $R^2_{adj}$ ) δεν λαμβάνει υπόψη περιττές μεταβλητές και πιο αξιόπιστο για σύνθετα μοντέλα.

### 5.7 Ανάλυση Χρονοσειρών

Στη παρούσα ενότητα θα μιλήσουμε για κάποιες βασικές έννοιες προκειμένου να κατανοήσουμε την ανάλυση των χρονοσειρών. Πρώτα από όλα θα μιλήσουμε για τις χρονοσειρές, τα χαρακτηριστικά τους και τις συνοπτικά για τις βασικές κατηγορίες στοχαστικών υποδειγμάτων χρονοσειρών. Έπειτα θα μιλήσουμε για την έννοια της στασιμότητας και το πώς μπορούμε να κάνουμε τους ελέγχους της και τέλος θα παρουσιάσουμε συνοπτικά τα στοχαστικά υποδείγματα χρονοσειρών.

#### 5.7.1 Ορισμός και Βασικές Έννοιες Χρονοσειρών

Η ανάλυση χρονοσειρών αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την κατανόηση και την πρόβλεψη δεδομένων που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Αποτελεί ένα στατιστικό και μαθηματικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη μελέτη δεδομένων που καταγράφονται σε διαδοχικά χρονικά διαστήματα. Στόχος της ανάλυσης χρονοσειρών είναι η αναγνώριση προτύπων, η ανίχνευση τάσεων και εποχικών μεταβολών, καθώς και η πρόβλεψη μελλοντικών τιμών. Με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και αλγορίθμων, οι μέθοδοι χρονοσειρών γίνονται όλο και πιο ακριβείς και ευέλικτες, βελτιώνοντας τη λήψη αποφάσεων σε πολλούς τομείς.

Οι χρονοσειρές εμφανίζουν διάφορα χαρακτηριστικά μερικά από αυτά είναι τα κάτωθι:

- **Τάση (Trend):** Η γενική κατεύθυνση που ακολουθούν τα δεδομένα σε μεγάλο χρονικό διάστημα (ανοδική, καθοδική ή σταθερή).
- **Εποχικότητα (Seasonality):** Περιοδικές διακυμάνσεις που εμφανίζονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (π.χ. μηνιαία, ετήσια).
- **Κυκλικότητα (Cyclic Variations):** Διακυμάνσεις που δεν έχουν σταθερή περίοδο και σχετίζονται με μακροχρόνιες οικονομικές ή φυσικές διεργασίες.
- **Τυχειότητα (Randomness ή Noise):** Μη προβλέψιμες διακυμάνσεις που οφείλονται σε τυχαίους παράγοντες.

Η ανάλυση χρονοσειρών βασίζεται σε τρία κύρια στοιχεία: την περιγραφή, την επεξήγηση και την πρόβλεψη των εξαρτημένων μεταβλητών. Η περιγραφή επιτυγχάνεται μέσω γραφημάτων που απεικονίζουν τα δεδομένα και τις τάσεις τους. Η επεξήγηση γίνεται με τη χρήση στοχαστικών μοντέλων που βοηθούν στην κατανόηση των μηχανισμών που παράγουν τη χρονοσειρά. Η πρόβλεψη περιλαμβάνει την εφαρμογή ενός κατάλληλου στοχαστικού μοντέλου για την εκτίμηση των μελλοντικών τιμών της σειράς. Επιπλέον, η ανάλυση χρονοσειρών διακρίνεται σε δύο βασικές κατηγορίες, αυτή των κλασσικών στοχαστικών υποδειγμάτων που θα

χρησιμοποιήσουμε στην παρούσα εργασία και στις μη παραδοσιακές μηχανικής μάθησης υποδείγματα.

Οι βασικότερες κατηγορίες στοχαστικών υποδειγμάτων είναι οι εξής:

- **Αποσύνθεση Χρονοσειρών:** Διάσπαση της χρονοσειράς στα βασικά της στοιχεία (τάση, εποχικότητα, κυκλικότητα, τυχαιότητα).
- **Υποδειγμα Κινητού Μέσου (Moving Average):** Χρησιμοποιείται για την εξομάλυνση των δεδομένων και την εξάλειψη της τυχαιότητας.
- **Εκθετική Εξομάλυνση (Exponential Smoothing):** Δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στις πιο πρόσφατες τιμές για τη δημιουργία προβλέψεων.
- **Μοντέλο Αυτοπαλινδρόμησης και Μοντέλο Κινούμενου Μέσου (ARMA, ARIMA):** Χρησιμοποιούνται για προβλέψεις βασισμένες σε ιστορικά δεδομένα. Το μοντέλο **ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average)** είναι ένα από τα πιο ισχυρά εργαλεία στην πρόβλεψη χρονοσειρών.
- **Μοντέλο Αυτοπαλινδρόμησης ARDL (Autoregressive Distributed Lag Models):** Είναι μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση σχέσεων μεταξύ μεταβλητών με στασιμότητα τόσο στην εξαρτημένη όσο και στις ανεξάρτητες μεταβλητές. Χρησιμοποιείται συχνά για τη μελέτη των επιπτώσεων οικονομικών πολιτικών, όπως οι επιπτώσεις μιας αύξησης του πληθωρισμού στην παραγωγή ή την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τόσο των βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα.

### 5.7.2 Έννοια Στασιμότητας

Οι χρονοσειρές διακρίνονται σε στάσιμες και μη στάσιμες. Μια στοχαστική διαδικασία θεωρείται μη στάσιμη όταν τα χαρακτηριστικά της μεταβάλλονται διαχρονικά, καθιστώντας δύσκολη την περιγραφή της μέσω αλγεβρικών υποδειγμάτων. Αντίθετα, όταν η διαδικασία διατηρεί ισορροπία γύρω από ένα σταθερό μέσο επίπεδο, μπορεί να αναλυθεί με ένα υπόδειγμα σταθερών συντελεστών, οι οποίοι εκτιμώνται βάσει ιστορικών δεδομένων. Μια στοχαστική διαδικασία είναι αυστηρά

στάσιμη όταν οι ιδιότητές της παραμένουν αμετάβλητες ανεξάρτητα από τη χρονική στιγμή έναρξης της παρατήρησης.

Οι περισσότερες χρονοσειρές που σχετίζονται με οικονομικά μεγέθη είναι μη στάσιμες, καθώς παρουσιάζουν τάσεις, εποχικότητα και κυκλικές διακυμάνσεις. Δεδομένου ότι η ανάλυση μη στάσιμων χρονοσειρών είναι ιδιαίτερα περίπλοκη, μπορεί κανείς να τις μετατρέψει σε στάσιμες χρησιμοποιώντας κατάλληλες τεχνικές. Στη συνέχεια, μπορούν να εφαρμοστούν μέθοδοι ανάλυσης στάσιμων χρονοσειρών, οι οποίες είναι πιο απλές και αποτελεσματικές.

#### 5.7.3 Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας

Ο έλεγχος μοναδιαίας ρίζας (unit-root-test) είναι μια στατιστική μέθοδος που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσουμε αν μια χρονολογική σειρά είναι στάσιμη ή περιέχει μοναδιαία ρίζα, δηλαδή αν είναι ολοκληρωμένη κάποιας τάξης (I(d)).

Εάν μια χρονολογική σειρά έχει μοναδιαία ρίζα, αυτό σημαίνει ότι δεν είναι στάσιμη και ενδέχεται να έχει αυξητικές ή φθίνουσες τάσεις, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια των στατιστικών συμπερασμάτων. Για πολλές οικονομικές και χρηματοοικονομικές εφαρμογές, είναι απαραίτητο να μετατρέψουμε τις σειρές σε στάσιμες (π.χ. μέσω διαφορών) για να χρησιμοποιήσουμε οικονομετρικά μοντέλα όπως οι παλινδρομήσεις.

Οι πιο δημοφιλείς έλεγχοι μοναδιαίας ρίζας:

1. Dickey-Fuller Test (DF): Βασική μορφή του ελέγχου, ελέγχει την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας μέσω μιας παλινδρόμησης.
2. Augmented Dickey-Fuller (ADF) Test: Βελτιωμένη έκδοση του DF που λαμβάνει υπόψη αυτοσυσχετίσεις υψηλότερων τάξεων.
3. Phillips-Perron (PP) Test: Παρόμοιος με τον ADF αλλά πιο ανεκτικός σε ετεροσκεδαστικότητα και αυτοσυσχέτιση.

4. KPSS Test (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin): Αντίστροφος έλεγχος από τον ADF/PP: η μηδενική υπόθεση είναι ότι η σειρά είναι στάσιμη (όχι μοναδιαία ρίζα).

Όταν κάνουμε Μηδενική υπόθεση ( $H_0$ ), η σειρά έχει μοναδιαία ρίζα (μη στάσιμη). Στη Εναλλακτική υπόθεση ( $H_1$ ), η σειρά είναι στάσιμη. Τέλος όταν το p-value, είναι μικρότερο από ένα επίπεδο σημαντικότητας (π.χ. 0.05), τότε απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση και καταλήγουμε ότι η σειρά είναι στάσιμη.

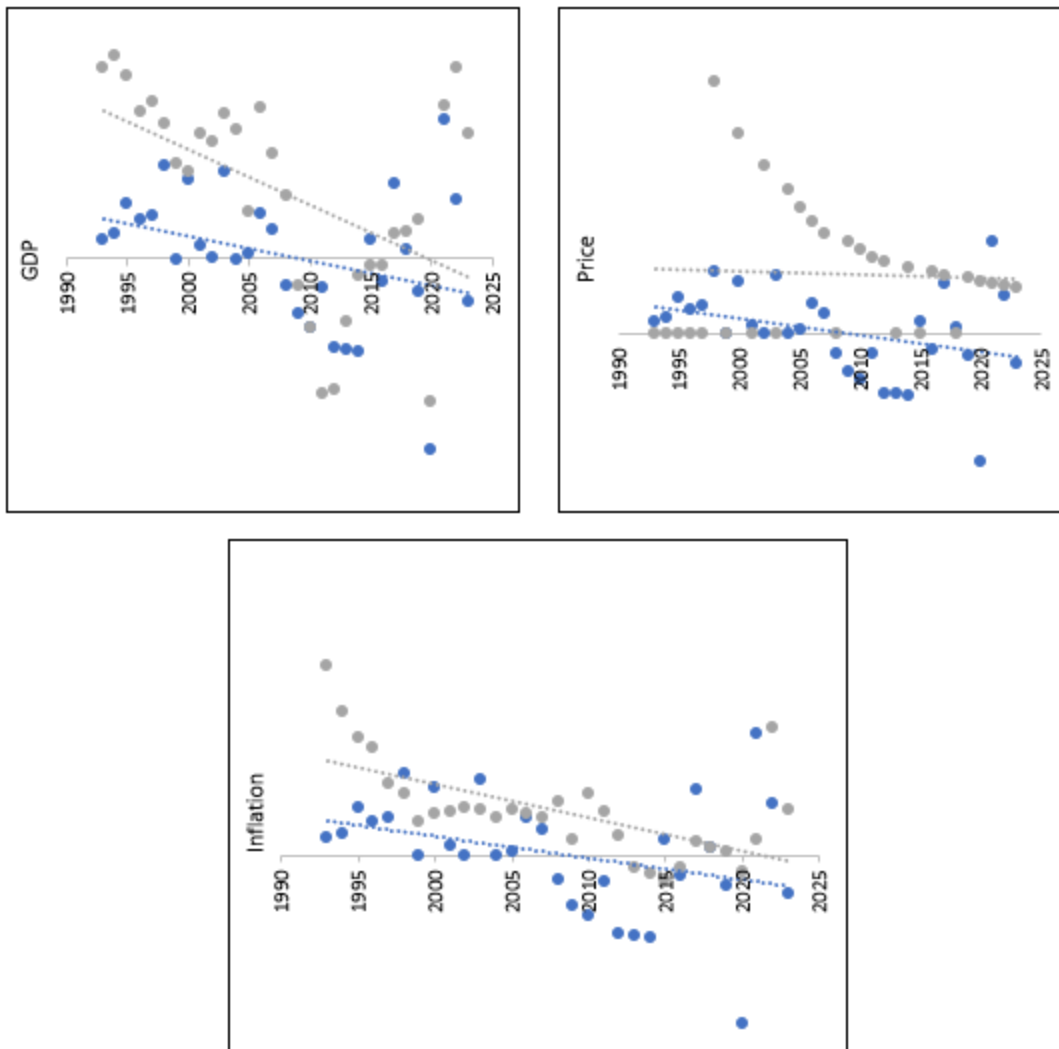
## 6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

### 6.1 Παρουσίαση Μεθοδολογίας

Αρχικά πριν ξεκινήσουμε να παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα του μοντέλου ARDL (Autoregressive Distributed Lag) θα εξετάσουμε την σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας) και των ανεξάρτητων μεταβλητών (τιμής ηλεκτρικής ενέργειας στη Χαμηλή τάση για Οικιακή χρήση, ΑΕΠ και πληθωρισμό). μέσο του διαγράμματος διασποράς. Τα διαγράμματα διασποράς μας δίνουν μέσου του γραφήματος την αντίληψη για τη θετική ή αρνητική σχέση μεταξύ των μεταβλητών.

Στα παρακάτω διαγράμματα διασποράς θα αντιληφθεί κανείς ότι λείπει ένας προσδιοριστικός παράγοντας από τις ανεξάρτητες μεταβλητές αυτός της Ανεργίας. Παρότι έχουμε προβεί το Κεφάλαιο. Ο λόγος που θα τον αναλύσουμε και παρακάτω είναι ότι τα δεδομένα της Ανεργίας σαν οικονομικά δεδομένα μας παρουσίαζαν μεγάλη στασιμότητα.

**Διάγραμμα 6.1.1: Διαγράμματα Διασποράς ερμηνευτικών μεταβλητών**



Βάσει των παραπάνω διαγραμμάτων διασποράς, μπορούμε να διαπιστώσουμε τη θετική συσχέτιση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας τόσο με το ΑΕΠ όσο Πληθωρισμού αλλά και την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας Χαμηλής τάσης για Οικιακή χρήση.

## 6.2 Ανάλυση Μεθοδολογίας και Προσδιοριστικών Παραγόντων

Στην μεθοδολογία μας επιλέξαμε ως ανεξάρτητες μεταβλητές το ΑΕΠ, τον πληθωρισμό και την τιμή ηλεκτρικής ενέργειας στη Χαμηλή τάση για Οικιακή χρήση και ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίσαμε τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο κάποιες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές όπως θα δούμε αναλυτικότερα παρακάτω εμφάνιζαν I(2) δηλαδή μη στασιμότητα και δεν ήταν εφικτή η μελέτη της μακροχρόνιας σχέσης τους με την εξαρτημένη μεταβλητή, κρίθηκε αναγκαίο να μετασχηματίσουμε τα δεδομένα μας σε μορφή των αποδόσεων και όχι λογαρίθμων διότι τα δεδομένα μας εμπεριείχαν αρνητικά πρόσημα.

Προκειμένου να διαπιστώσουμε την ύπαρξη ή μη έντονης γραμμικής εξάρτησης μεταξύ των ερμηνευτικών μεταβλητών γεγονός που θα μας δημιουργούσε λάθος εκτίμηση ως προς τους συντελεστές παλινδρόμησης, καθώς αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό η διασποράς τους, διεξάγαγε έλεγχο Πολυσυγγραμικότητας μεταβλητών (multicollinearity) και τα αποτελέσματα όπως φαίνονται από τον πίνακα 6.2.1, έδειξαν ότι ο VIF (Variance Inflation Factor) είναι μικρότερη του 10, που σημαίνει ότι υπάρχει μέτρια συσχέτιση, αλλά δεν αποτελεί πρόβλημα και το μοντέλο μας είναι σταθερό και έγκυρο.

**Πίνακας 6.2.1: Έλεγχος Πολυσυγγραμικότητας μεταβλητών**

Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
DEMAND_GROWT...	0.018202	1.422431	1.416201
GDPGROWTH	0.010882	2.578604	1.858224
INFLATION_____	0.081867	6.328986	3.238925
INFLATION_____(-1)	0.042756	4.415986	2.396954
PRICEGROWTH	0.006214	1.974629	1.025961
C	8.71E-05	3.469930	NA

Τα αποτελέσματα από το E-Views, παρουσιάζονται μέσω του παρακάτω πίνακα 6.2.2 δηλαδή ενός correlation table. Σύμφωνα με την ανάλυση συσχέτισης, βλέπουμε ότι οι αποδόσεις του ΑΕΠ καθώς και οι αποδόσεις του πληθωρισμού είναι κοντά στη

μονάδας. Αυτό σημαίνει όσο πιο ψηλό είναι το correlation τόσο πιο υψηλή συσχέτιση έχουμε ανάμεσα στην εξαρτημένη και τις ανεξάρτητες μεταβλητές.

**Πίνακας 6.2.2: Ανάλυση συσχέτισης μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών**

Growth	Demand	GDP	Price	Inflation
Demand	1			
GDP	0,742	1		
Price	0,119	-0,055	1	
Inflation	0,391	0,658	-0,143	1

Επιπρόσθετα προβήκαμε σε έλεγχο στασιμότητα μέσω Ελέγχου μοναδιαίας ρίζας μέσω ADF test (Augmented Dickey-Fuller test). Το ADF test είναι ένας δημοφιλής στατιστικός έλεγχος για να εξετάσουμε αν μια σειρά είναι σταθερή ή όχι, δηλαδή αν έχει υπάρξει μοναδιαία ρίζα. Ο έλεγχος αυτός έχει στόχο να διαπιστώσουμε αν η χρονοσειρά παρουσιάζει τάση ή εποχικότητα, ή αν είναι ασταθής και αν μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα από τους ελέγχους καταλοίπων. Στη περίπτωση που το P-value είναι μικρότερο του 0.05 τότε μηδενίζουμε τη μηδενική υπόθεση, δηλαδή υπάρχει μοναδιαία ρίζα άρα η χρονοσειρά είναι στάσιμη. Το Delta είναι η πρώτη διαφορά.

**Πίνακας 6.2.3: Πίνακας Ελέγχου μοναδιαίας ρίζας μέσω ADF test**

Variables (Growth)	Constant	Constant and Trend	None
Demand	0.0011***	0.0019***	0.0000***
GDP	0.1612	0.4429	0.0386**
Inflation	0.0147**	0.1113	0.0029***
Price	0.0764*	0.0000***	0.2229
(Δ) GDP	0.0000***	0.0000***	0.0000***
(Δ) Price	0.0000***	0.0000***	0.0000***
(Δ) Inflation	0.0000***	0.0000***	0.0000***

Source: Calculated by Author  
Notes:  
a: (\*) Significant at the 10%; (\*\*) Significant at the 5%; (\*\*\*) Significant at the 1% and (no) Not Significant  
b: Lag Length based on SIC.  
c: Probability based on MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Βάσει του παραπάνω πίνακα 6.2.3 φαίνεται ότι η εξαρτημένη μας μεταβλητή δηλαδή η απόδοση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι  $I(0)$  δηλαδή το p-value < 0.05 άρα εμφανίζει στασιμότητα, ενώ οι ανεξάρτητες δηλαδή οι αποδόσεις του ΑΕΠ, του Πληθωρισμού και της τιμής είναι  $I(1)$  μη στάσιμη. Άρα οι μεταβλητές μας είναι μικτές σε επίπεδο στασιμότητας. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι η ανεργία εμφάνιζε στασιμότητα  $I(2)$  γι' αυτό και απορρίφθηκε από την μελέτη μας.

Δεδομένου ότι έχουμε στην εξαρτημένη με τις ανεξάρτητες μεταβλητές διαφορετικό βαθμό συν ολοκλήρωσης εφαρμόσαμε το μοντέλο ARDL (Autoregressive Distributed Lag), αφού πρώτα ελέγξαμε αν υπάρχει μακροχρόνια συν ολοκλήρωση (Cointegration) μεταξύ των μεταβλητών μέσω του Bound test (ARDL Bound Testing Approach).

**Πίνακας 6.2.4: Πίνακας Ελέγχου F-Bounds Test**

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	20.91073	10%	2.37	3.2
k	3	5%	2.79	3.67
		2.5%	3.15	4.08
		1%	3.65	4.66
Finite Sample: n=30				
Actual Sample Size	30	10%	2.676	3.586
		5%	3.272	4.306
		1%	4.614	5.966

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα 6.2.4, το F-Statistic είναι μεγαλύτερο από την ανώτατη κρίσιμη τιμή (που εξαρτάται από τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών και τον αριθμό των παρατηρήσεων), όποτε απορρίπτετε η μηδενική υπόθεση και καταλήγουμε στο ότι υπάρχει μακροχρόνια σχέση δηλαδή cointegration effect μεταξύ των αποδόσεων ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και των αποδόσεων του ΑΕΠ, του πληθωρισμού και της τιμής.

Η προβλεπτική ακρίβεια του συγκεκριμένου μοντέλου σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα 6.2.5 είναι ικανοποιητική δεδομένου ότι ο συντελεστής προσδιορισμού (R) και ο προσαρμοσμένος συντελεστής προσδιορισμού (Radj) διαμορφώνονται πάνω από το 80 %. Επίσης ο συντελεστής της συν ολοκλήρωσης έχει αρνητικό πρόσημο και είναι στατιστικά σημαντικός άρα υπάρχει μακροπρόθεσμη αιτιότητα μεταξύ των μεταβλητών στο μοντέλο. Ο συντελεστής δείχνει τη ταχύτητα προσαρμογής στη μακροπρόθεσμη ισορροπία μέσα σε μία περίοδο. Εδώ ο συντελεστής είναι 128% πράγμα που σημαίνει ότι το σύστημα υπερπροσαρμόζεται στη μακροχρόνια ισορροπία.

Από τον παρακάτω πίνακα 6.2.5 μπορεί επιπλέον να δει αναλυτικά αποτελέσματα σχετικά με την εκτίμηση των αποτελεσμάτων προσαρμογής. Ένα γρήγορο αποτέλεσμα είναι ότι ο ρυθμός αύξησης του ΑΕΠ έχει σημαντική μακροχρόνια επίδραση στο προσδιορισμό των αποδόσεων τιμής της ζήτησης. Αν δηλαδή αυξηθεί η απόδοση κατά

για μια μονάδα του ΑΕΠ τότε η απόδοση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί κατά 0,47%

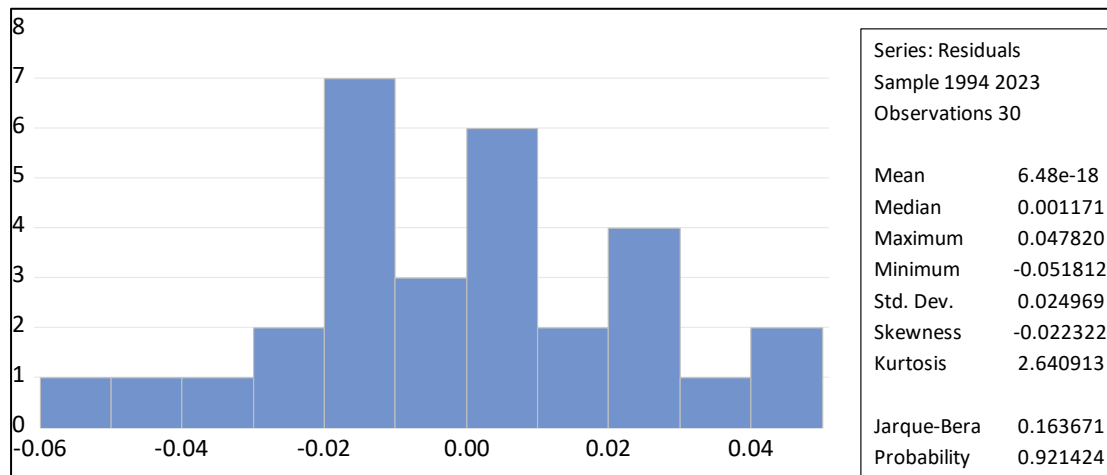
**Πίνακας 6.2.5: Estimate output**

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDPGROWTH	0.470743	0.084484	5.571971	0.0000
INFLATION_____	-0.029576	0.172852	-0.171104	0.8656
PRICEGROWTH	0.060986	0.061635	0.989465	0.3323
C	-0.019101	0.006973	-2.739351	0.0114
EC = DEMAND_GROWTH_MWH_ - (0.4707*GDPGROWTH -0.0296 *INFLATION_____ + 0.0610*PRICEGROWTH - 0.0191)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(INFLATION_____)	0.357718	0.186170	1.921465	0.0666
CointEq(-1)*	-1.281672	0.116047	-11.04442	0.0000
R-squared	0.820925	Mean dependent var	-0.001411	
Adjusted R-squared	0.814529	S.D. dependent var	0.059004	
S.E. of regression	0.025411	Akaike info criterion	-4.442936	
Sum squared resid	0.018080	Schwarz criterion	-4.349523	
Log likelihood	68.64405	Hannan-Quinn criter.	-4.413053	
Durbin-Watson stat	1.838285			

Στο μοντέλο μας προβήκαμε και σε ελέγχους προϋποθέσεων χρήσης. Βάσει του τελευταίου πίνακα 6.2.5, φαίνεται ότι οι μεταβλητές μας είναι στατιστικά σημαντικές και επιπλέον ερμηνεύουν ένα μεγάλο ποσοστό της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής, θα προβούμε σε ελέγχους των προϋποθέσεων χρήσης του μοντέλου.

Για τον έλεγχο κανονικότητας σφαλμάτων κάναμε χρήση του ιστογράμματος συχνοτήτων και στατιστική ποσότητα Jarque & Bera. Τα κατάλοιπα είναι κανονικά κατανομημένα όπως φαίνεται από το παρακάτω διάγραμμα 6.2.6 καθώς και αριθμητικά από τον πίνακα παρατηρήσεων. Πιο συγκεκριμένα ο δείκτης κύρτωσης είναι 2,6, το p-value του Jarque & Bera είναι  $0,9 > 0,05$ , αυτό σημαίνει ότι δεν απορρίπτεται η αρχική υπόθεση και εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα ότι τα κατάλοιπα ακολουθούν κανονική κατανομή.

**Διάγραμμα 6.2.6: Ιστόγραμμα συχνοτήτων**



Για τον έλεγχο της Ομοσκεδαστικότητας καταλοίπων, δηλαδή για έλεγχο της ομοιογένειας της διακύμανσης, διενεργήσαμε ARCH test (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity test) που αναπτύχθηκε από τον Robert Engle το 1982. Όπως παρατηρούμε από τον παρακάτω πίνακα 6.2.7, δεν υφίσταται ετεροσκεδαστικότητα διότι το p-value είναι  $0,65 > 0,05$ , επομένως δεν απορρίπτεται η αρχική υπόθεση και δεν παρουσιάζεται ετεροσκεδαστικότητα στα κατάλοιπα.

**Πίνακας 6.2.7: Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας καταλοίπων**

Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	0.199387	Prob. F(1,27)	0.6588
Obs*R-squared	0.212587	Prob. Chi-Square(1)	0.6447

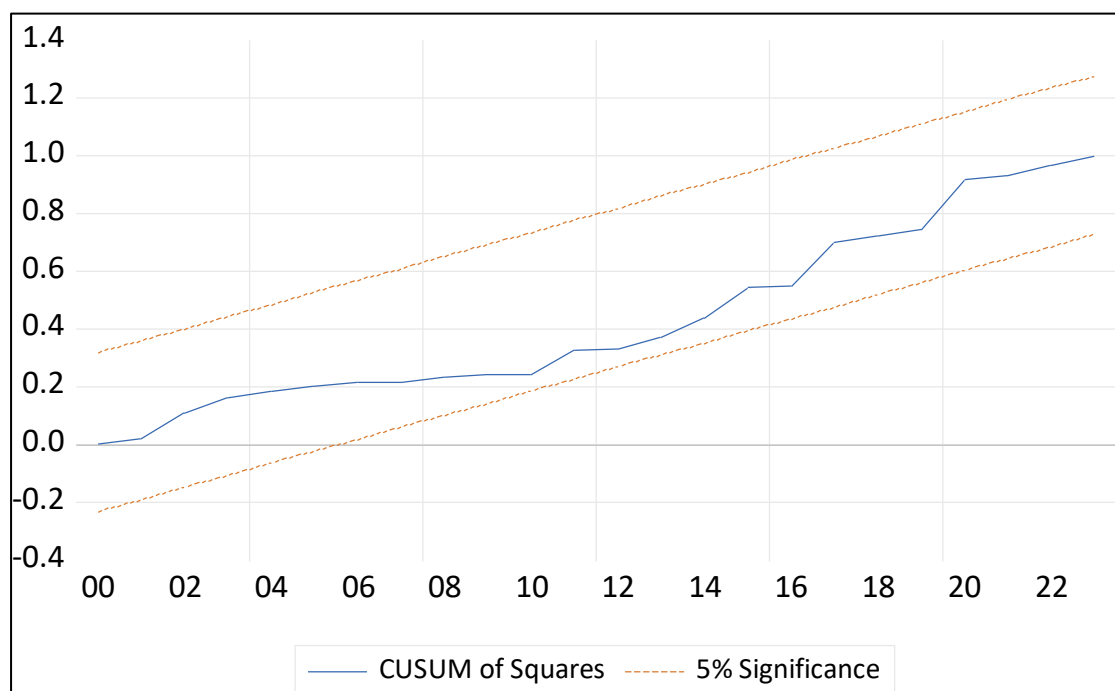
Για τον έλεγχο της Αυτοσυσχέτισης (Serial Correlation Langrange Multiplier test -LM test), χρησιμοποιήσαμε τη θεωρία των Breusch & Godfrey (1978). Το LM test (Langrange Multiplier test) έδειξε ότι δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 6.2.8 το p-value των καταλοίπων μέχρι 2<sup>η</sup> τάξη είναι  $0,78 > 0,05$ , επομένως η αρχική υπόθεση γίνεται αποδεκτή άρα επιβεβαιώνουμε ότι τα κατάλοιπα είναι ασυσχέτιστα.

**Πίνακας 6.2.8: Έλεγχος αυτοσυσχέτισης καταλοίπων**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags			
F-statistic	0.255189	Prob. F(2,22)	0.7770
Obs*R-squared	0.680190	Prob. Chi-Square(2)	0.7117

Τέλος κάναμε και έλεγχο για τη σταθερότητα των συντελεστών του μοντέλου παλινδρόμησης μέσω της μεθόδου αναδρομικής εκτίμησης (Recursive estimate). Αυτή η μέθοδος μας βοηθάει να δούμε κατά πόσο οι εκτιμήσεις των συντελεστών παραμένουν σταθερές σε όλη τη διάρκεια της χρονικής περιόδου. Αν οι συντελεστές των εξαρτημένων και ανεξαρτήτων μεταβλητών αλλάζουν σημαντικά με την προσθήκη νέων παρατηρήσεων, αυτό μπορεί να υποδηλώνει ότι το μοντέλο δεν είναι σταθερό και μπορεί να χρειαστεί αναπροσαρμογή ή ακόμη και αλλαγή μεθόδου εκτίμησης. Όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα 6.2.9, οι εκτιμήσεις των συντελεστών παραμένουν σχεδόν σταθερές και εντός ορίων (κόκκινες γραμμές) καθώς αυξάνεται το μέγεθος του δείγματος, αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο μας είναι σταθερό και οι συντελεστές που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι αξιόπιστοι.

**Διάγραμμα 6.2.9: Έλεγχος σταθερότητας συντελεστών**

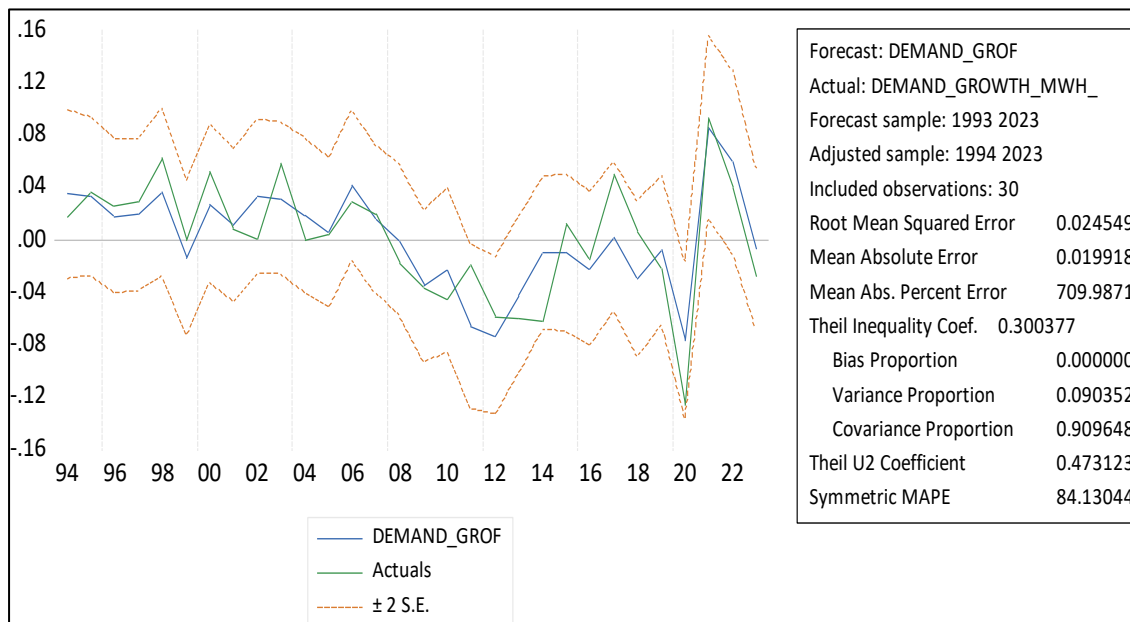


### 6.3 Προβλεπτική ικανότητα μοντέλου

Σχετικά με τη προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου κατόπιν του παραπάνω ελέγχου που έγινε σχετικά με τη σταθερότητα των μεταβλητών για όλη τη χρονική περίοδο των δεδομένων, το διάστημα που επιλέχθηκε να μελετηθεί είναι από το 2020 έως το 2023. Για αυτό το χρονικό διάστημα τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα απολογιστικά δεδομένα. Σε ότι αφορά το παρακάτω διάγραμμα η μπλε γραμμή αφορά την πρόβλεψη, η πράσινη είναι τα απολογιστικά στοιχεία μας και με το πορτοκαλί χρώμα είναι τα όρια εμπιστοσύνης (2 φορές το τυπικό σφάλμα). Αν οι πραγματικές τιμές βρίσκονται συχνά εκτός αυτών των ορίων, η πρόβλεψη μπορεί να είναι λιγότερο αξιόπιστη. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 6.3.1, οι πραγματικές τιμές μας βρίσκονται εντός των ορίων εμπιστοσύνης οπότε και η πρόβλεψη που έχει πραγματοποιηθεί είναι εν μέρη αξιόπιστη. Εν μέρη αξιόπιστη διότι ο πίνακας που εμπεριέχεται στο διάγραμμα παρουσιάζει κάποιους σημαντικούς δείκτες που δείχνουν στατιστικά σφάλματα. Πιο αναλυτικά το μοντέλο καταγράφει τις τάσεις (υψηλό Covariance Proportion), άρα δεν είναι ιδιαίτερα ακριβές (υψηλό MAPE). Οι προβλέψεις έχουν μεγάλο ποσοστό σφάλματος ( $MAPE > 700\%$ ), κάτι που σημαίνει ότι το μοντέλο πιθανώς δεν είναι καλό στην πρόβλεψη της συγκεκριμένης μεταβλητής. Αυτό συμβαίνει διότι η μέθοδος πρόβλεψης είναι με τη μέθοδο ARDL και βραχυχρόνια δεν κάνει τόσο καλή πρόβλεψη όσο μακροχρόνια στη σχέση μίας μεταβλητής, ωστόσο δείχνει μια τάση.

Ιδιαίτερη σημασία είναι να δούμε ότι μετά το 2020 έχουμε απότομες μεταβολές στα δεδομένα της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας δεδομένης της ενεργειακής κρίσης που ξεκίνησε την Ευρώπη και κατεπέκταση στην Ελλάδα λόγω της έναρξης του πολέμου στη Ουκρανία.

**Διάγραμμα 6.3.1: Σύγκριση μεταξύ απολογιστικών αποδόσεων τιμών ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και προβλέψεων για τα έτη 2020 έως 2023**



**Πίνακας 6.3.2: Σύγκριση μεταξύ απολογιστικών αποδόσεων τιμών ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και προβλέψεων για τα έτη 2020 έως 2023**

ΕΤΟΣ	ΤΙΜΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ	ΤΙΜΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ
2020	-12,60%	-8,30%	4,30%
2021	9,20%	7,30%	-1,90%
2022	3,90%	6,40%	2,50%
2023	-2,90%	-1,40%	1,50%

Βάσει του παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το μοντέλο μας βραχυπρόθεσμα δεν δείχνει καλή συσχέτιση μεταξύ των πραγματικών τιμών αποδόσεων ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και των προβλέψεων. Ωστόσο κατά το 2023 δηλαδή μακροπρόθεσμα το ποσοστό πρόβλεψης μειώνεται.

Ο σκοπός όπως φαίνεται και από το τίτλο της διπλωματικής είναι να ελέγξουμε την μακροπρόθεσμη σχέση μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν τη ζήτηση για ενέργεια. Οπότε με αυτό το πρίσμα επιλέγουμε το **Μοντέλο Αυτοπαλινδρόμησης ARDL (Autoregressive Distributed Lag Models)** το οποίο μας δίνει μια εικόνα και

για τη μακροπρόθεσμη και βραχυπρόθεσμη σχέση των μεταβλητών. Έναντι των κλασσικών μοντέλων πρόβλεψης ARIMA ή ARMA τα οποία στηρίζονται κυρίως στη βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη που ισχύει μεταξύ των μεταβλητών παραδείγματος χάρη οι πρώτες διαφορές.

## 7 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη προσπαθήσαμε να διερευνήσουμε την επίδραση τριών θεμελιωδών οικονομικών παραγόντων (ΑΕΠ, πληθωρισμός και τιμές Ηλεκτρικής ενέργειας) στην επίδραση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα με δεδομένα από το 1992 έως το 2023.

Η μελέτη μας επιβεβαιώνει τα συμπεράσματα της παγκόσμιας βιβλιογραφίας και αποδεικνύει την ισχυρή θετική σχέση επίδρασης του ΑΕΠ και του πληθωρισμού σε σχέση με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρας μας. Με βάσει το μοντέλο μας μία μεταβολή της απόδοσης του ΑΕΠ και του πληθωρισμού έχει σημαντική μακροχρόνια επίδραση στο προσδιορισμό της τιμής της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Σε περίπτωση αύξησης μίας μονάδας της απόδοσης του ΑΕΠ τότε η απόδοση της ζήτησης επηρεάζεται κατά 0,47%, ενώ με βάσει τον πληθωρισμό κατά 0,35%. Αυτό σημαίνει ότι η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας την Ελλάδα επηρεάζεται άμεσα από το ΑΕΠ της χώρας και το Πληθωρισμό. Φαίνεται επίσης ότι η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας για τα νοικοκυριά δεν επηρεάζει τόσο πολύ τη ζήτηση. Η προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου μας μπορούμε να πούμε ότι μακροπρόθεσμα μπορεί να βοηθήσει αν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες παρατηρήσεις και τα σωστά σενάρια, προκειμένου να επιτευχθεί μία σωστή ενεργειακή πρόβλεψη. Μελλοντικά η εισαγωγή σημαντικών μεταβλητών όπως η επίδραση ΑΙ θα αυξήσει τόσο την επεξηγηματικότητα του μοντέλου  $R^2$  όσο και την προβλεπτική του ικανότητα.

Για περαιτέρω έρευνα, θα μπορούσε η παρούσα μελέτη να γίνει με περαιτέρω προσδιοριστικούς παράγοντες όπως π.χ. και την επίδρασή που θα έχει το ΑΙ με την δημιουργία Data Center στην χώρα μας, προκειμένου να έχουμε μεγαλύτερη

## Τμήμα Οικονομικής & Περιφερειακής Ανάπτυξης

### Π.Μ.Σ «Εφηρμοσμένων Οικονομικών και Διοίκησης»

«Καταγραφή και Ανάλυση Προσδιοριστών Παραγόντων Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα»

---

επεξηγηματικότητα του μοντέλου και ακρίβεια των προβλέψεων. Επιπλέον θα μπορούσε να γίνει μια συγκριτική μελέτη με τις χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου (Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία), όπου ο τρόπος λειτουργίας των οικονομιών είναι παρόμοιος με της Ελλάδας.

## 8 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Συμφωνία Παρισιού: [https://eur-lex.europa.eu/EL/legal-content/summary/the-road-from-paris-assessing-the-implications-of-the-paris-agreement-on-fighting-climate-change.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://eur-lex.europa.eu/EL/legal-content/summary/the-road-from-paris-assessing-the-implications-of-the-paris-agreement-on-fighting-climate-change.html?utm_source=chatgpt.com)
2. Στόχοι της ΕΕ για το κλίμα και την Ενέργεια:  
<https://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/#climate-neutral>
3. BP Energy Outlook 2024: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf>
4. Energy Institute: <https://www.energyinst.org/statistical-review>
5. Πράσινη Οικονομία, Κοινωνική Συνοχή και Απασχόληση, (2011):  
<https://www.inegsee.gr/ekdosi/Prasinh-Oikonomia-Koinwnikh-Synoxh-kai-Apasxolhsh/>
6. ΑΔΜΗΕ, Μελέτη Επάρκεια ισχύος 2020-2030:  
<https://www.admie.gr/sites/default/files/users/dssas/meleti-eparkeias-ishyos-2020-2030.pdf>
7. Narayan P.K., Smyth R., Prasad A., 2007. Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities. *Energy Policy* 35, 4485-4494.
8. Wolde-Rufael, Y., 2006, Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries. *Energy Policy* 34, 1106-1114.
9. Diulio Eugene, 2001, «Μακροοικονομική Ανάλυση». Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα. σελ. 11
10. Lee, C. C. 2007. Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from OECD Countries. *Energy Policy*, 35(9), 4448–4452.
11. Apergis, N., & Payne, J. E. 2010. Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of OECD Countries. *Energy Economics*, 32(1), 230–236
12. Ozturk, I. 2010. Energy Consumption and Economic Growth: A Meta-Analysis. *Energy Policy*, 38(1), 660–668.

13. Stern, D. I. 2004. The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439.
14. Altinay, G. and Karagol, E. 2005, Electricity consumption and economic growth: evidence for Turkey. *Energy Economics* 27, 849-956.
15. Wolde-Rufael, Y., 2006, Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries. *Energy Policy* 34, 1106-1114.
16. Lee, C. C. 2007. Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from OECD Countries. *Energy Policy*, 35(9), 4448–4452.
17. Zamani, M., 2007. Energy consumption and economic activities in Iran. *Energy Economics* 29, 1135–1140
18. Narayan P.K., Smyth R., Prasad A., 2007. Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities. *Energy Policy* 35, 4485-4494.
19. Bianco V., Manca O., Nardini S., 2009. Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models. *Energy Policy* 34, 1413–1421.
20. Sadorsky, P. 2009. Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies. *Energy Economics*, 31(3), 456–463.
21. Ozturk, I. (2010). Energy Consumption and Economic Growth: A Meta-Analysis. *Energy Policy*, 38(1), 660–668.
22. Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of OECD Countries. *Energy Economics*, 32(1), 230–236.
23. Blázquez, Leticia, Nina Boogen, and Massimo Filippini. "Residential electricity demand in Spain: New empirical evidence using aggregate data." *Energy Economics* 36 (2013): 648-657.
24. Bouoiyour, Jamal, Refk Selmi, and Ilhan Ozturk. "The nexus between electricity consumption and economic growth: new insights from meta-analysis." *International Journal of Energy Economics and Policy* 4.4 (2014): 621-635.
25. Maria José Charfuelan Villareal, João Manoel Losada Moreira (2016). Household consumption of electricity in Brazil between 1985 and 2013, Center

- of Engineering, Modeling and Applied Social Sciences, *Energy Policy* 96 (2016), 251-259
26. Gholizadeh, Younes (2020), Causality relationship between energy consumption and economic growth in the European Union countries, EERI Research Paper Series, No. 12/2020, Economics and Econometrics Research Institute (EERI) Research Paper Series, 2020.
27. Abrahão, Karla Cristina de Freitas Jorge, and Roberta Vieira Gonçalves de Souza. "What has driven the growth of Brazil's residential electricity consumption during the last 19 years? An index decomposition analysis." *Ambiente Construído* 21.2 (2021): 7-39.
28. Luís Oscar Martins, Fábio Matos Fernandes, Lucas da Silva Almeida, Ednildo Andrade Torres, Armando Hirohumi Tanimoto, Alex Álisson Bandeira Santos, Marcelo Santana Silva, (2023), Price and Income Elasticity of Residential Electricity Demand in the State of Bahia: 2004 to 2021, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2023, 13(1), 39-44
29. Donatos, G., Mergos, G., (1989). Energy demand in Greece. *Energy Economics* 11, 147–152.
30. Tserkezos, E., (1992). Forecasting residential electricity consumption in Greece using monthly and quarterly data. *Energy Economics* 14 (3), 226–232.
31. Zonzilos, N., Lolos, S. (1996). Household Energy Demand in Greece, Discussion Paper. National Technical University of Athens. (in Greek).
32. Hondroyiannis, G., Lolos, S. and Papapetrou, E. (2002). Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece. *Energy Economics* 24, 319-336.
33. Hondroyiannis, G. (2004). Estimating residential demand for electricity in Greece. *Energy Economics*, 26(3), 319–334.
34. Tsani, S.Z. (2010). Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. *Energy Economics*, 32(3), 582-590
35. Dergiades, T., Martinopoulos, G., Tsoulfidis, L. (2013). Energy consumption and economic growth: Parametric and non-parametric causality testing for the case of Greece. *Energy Economics*, 36, 686-697.

36. Kostakis, I. (2020). Socio-demographic determinants of household electricity consumption: Evidence from Greece using quantile regression analysis. *Current Research in Environmental Sustainability*, 1, 23-30.
37. Mankiw, N. G. (2006). *Principles of Economics*
38. Zhang, W., Wu, J., Wang, S., & Zhang, Y. (2025). Examining dynamics: Unraveling the impact of oil price fluctuations on forecasting agricultural futures prices. *International Review of Financial Analysis*, 97, 103770.
39. Jungho Baek & Taylor B. Young, 2021. "A new look at the crude oil prices and economic growth nexus: asymmetric evidence from Alaska," *Mineral Economics*, Springer; Raw Materials Group (RMG); the Luleå University of Technology, vol. 34(3), pages 339-344, October.
40. Chukuezi, C.O., 2009. Poverty and Youth Restiveness in Nigeria: Implications for National. *Ozean, Journal of Social Sciences*, 2(2): 97 – 103.
41. An N., Zhao W., Wang J., Shang D., Zhao E., 2013. Using multi-output feedforward neural network with empirical mode decomposition-based signal filtering for electricity demand forecasting. *Energy* 49, 279-288.
42. Fullerton T.M., Juarez D.A., Walke A.G., 2012. Residential electricity consumption in Seattle. *Energy Economics* 34, 1693-1699.
43. Gam I., Rejeb J.B., 2012. Electricity demand in Tunisia. *Energy Policy* 45, 714-720.
44. Pourazarm E., Cooray A., 2013. Estimating and forecasting residential electricity demand in Iran. *Economic Modelling* 35, 546-558.
45. Gianfreda A., Grossi L., 2012. Forecasting Italian electricity zonal prices with exogenous variables. *Energy Economics* 34, 2228-2239.
46. Hayn M., Bertsch V., Fichtner W., 2014. Electricity load profiles in Europe: The importance of household segmentation. *Energy Research & Social Science* 3, 30-45.
47. Muratori M., Leech B.A., Rizzoni G., 2014. Role of residential demand response in modern electricity markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 33, 546-553.

48. Yan J., Folly K., 2014. Investigation of the impact of demand elasticity on electricity market using extended Cournot approach. *Electrical Power and Energy Systems* 60, 347-356.
49. Zhou S., Teng F., 2013. Estimation of urban residential electricity demand in China using household survey data. *Energy Policy* 61, 394-402.
50. Arthur M.d.F.S.R., Bond C.A., Wilson B., 2012. Estimation of elasticities for domestic energy demand in Mozambique. *Energy Economics* 34, 398-409.
51. Gomez L.M.B., Filippini M., Heimsch F., 2013. Regional impact of changes in disposable income on Spanish electricity demand: A spatial econometric analysis. *Energy Economics* 40, 558-566.
52. Adom P.K., Bekoe W., 2013. Modeling electricity demand in Ghana revisited: The role of policy regime changes. *Energy Policy* 61, 42-50.
53. Chang P.C., Fan C.Y., Lin J.J., 2011. Monthly electricity demand forecasting based on a weighted evolving fuzzy neural network approach. *Electrical Power and Energy Systems* 33, 17-27.
54. Mousavi M.S., Mostafavi E.S., Hosseinpour F., 2014. Gene expression programming as a basis for a new generation of electricity demand prediction models. *Computers & Industrial Engineering* 74, 120-128.
55. Powells G., Bulkeley H., Sandra B., Judson E., 2014. Peak electricity demand and flexibility of everyday life. *Geoforum* 55, 43-52.
56. Chukuezi, C.O., 2009. Poverty and Youth Restiveness in Nigeria: Implications for National. *Ozean, Journal of Social Sciences*, 2(2): 97 – 103.
57. Ingwe, R., Ushie, M., Ojong, F. E. and Okeme, I., 2009. Pursuing sustainable development through agroforestry in Nigeria: Geodemographic and spatial analyses of agroforestry implementation in 36 states and capital territory. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 11(4), 101 – 133.
58. Awogbenle, A.C. and Iwuamadi, K.C. (2010). Youth unemployment: Entrepreneurship development program as an intervention mechanism. *African Journal of Business Management*, 4(6), 831 – 835.
59. Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2021) *Forecasting: principles and practice*

60. Yamin, F. (1998). The Kyoto Protocol: Origins, assessment and future challenges. *Rev. Eur. Comp. & Int'l Envtl. L.*, 7, 113.