



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 73, Ζωγράφου – 210-7723655 – epminfo@power.ece.ntua.gr

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΙΤΛΟΣ: «Οι επιπτώσεις της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (ηλιακή
ενέργεια) στο διάγραμμα φορτίου»**

Της Μεταπτυχιακής Φοιτήτριας

Αλεξίας Φεσσά

Επιβλέπων

Σωτήριος Καρέλλας, Καθηγητής, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: «Οι επιπτώσεις της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (ηλιακή ενέργεια) στο διάγραμμα φορτίου»

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: Αλεξία Φεσσά

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Σωτήριος Καρέλλας, Καθηγητής, Σχολή Μηχανολόγων
Μηχανικών

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2022-2023

Σύνοψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αφορά μια ανάλυση των προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το 2012 έως το 2022. Αποτυπώθηκε μια σταθερά ανοδική τροχιά στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Κατανάλωση ΑΠΕ). Συγκεκριμένα, υπήρχαν εξαιρετικά ισχυρές θετικές συσχετίσεις μεταξύ των διαδοχικών ετών, γεγονός που σηματοδοτεί μια σταθερή άνοδο στην υιοθέτηση της ηλιακής ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου μελέτης. Αυτά τα αποτελέσματα ευθυγραμμίζονται με την παγκόσμια τάση προς καθαρότερη και πιο φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια, όπως υποστηρίζεται από το όραμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία. Επιπλέον, η έρευνα εμβαθύνει στον περίπλοκο ιστό των συσχετισμών και των αυτοσυσχετίσεων εντός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικά έτη και μήνες. Οι υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των διαδοχικών ετών τόνισαν την ύπαρξη καταναλωτικών προτύπων, μια πολύτιμη εικόνα για την ενεργειακή πρόβλεψη και τον προγραμματισμό των πόρων. Επιπλέον, σημαντικές αυτοσυσχετίσεις σε διάφορες καθυστερήσεις υποδηλώνουν μια συνεχή εξάρτηση από τα προηγούμενα επίπεδα κατανάλωσης, ενισχύοντας την έννοια των σταθερών τάσεων κατανάλωσης με την πάροδο του χρόνου. Επιπλέον, η μελέτη επιχειρεί πέρα από το άμεσο πεδίο της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας να εξετάσει τις συσχετίσεις με εξωτερικούς παράγοντες, ιδιαίτερα τις καιρικές συνθήκες. Αποκάλυψε ότι η θερμοκρασία και η βροχόπτωση παρουσίασαν μέτριες έως υψηλές συσχετίσεις με τη χρήση ενέργειας, υπογραμμίζοντας τη βαθιά επίδραση των μετεωρολογικών μεταβλητών στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αφορά μια διερεύνηση των προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που εκτείνονται από το 2012 έως το 2022. Η μελέτη αποκάλυψε σημαντικές πληροφορίες για τη δυναμική της χρήσης ενέργειας και τους πολύπλευρους παράγοντες που τη διαμορφώνουν. Τα βασικά ευρήματα περιλαμβάνουν μια σταθερή αύξηση στην κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Κατανάλωση ΑΠΕ), ισχυρές συσχετίσεις και αυτοσυσχετίσεις που διευκρινίζουν τα μακροπρόθεσμα πρότυπα κατανάλωσης και τη βαθιά επίδραση των καιρικών συνθηκών στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ακολουθεί μια σύνοψη των επιμέρους ενοτήτων της εργασίας.

Η εισαγωγή της παρούσας εργασίας θέτει τους στόχους της μελέτης και οριοθετεί το αντικείμενό της υπογραμμίζοντας την αυξανόμενη σημασία της μετάβασης προς βιώσιμες πηγές ενέργειας, σύμφωνα με τις παγκόσμιες περιβαλλοντικές επιταγές. Υπογραμμίζει τη σημασία της κατανόησης των προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ως βάσης για αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας και χάραξη πολιτικής.

Η μεθοδολογία της έρευνας επικεντρώνεται στον σχεδιασμό, τη συλλογή, και την ανάλυση δεδομένων του Σεπτεμβρίου τις χρονιές από το 2012 έως το 2022 που περιλαμβάνουν και τα φωτοβολταϊκά χαμηλής τάσης από τον ΑΔΜΗΕ (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) και την ΕΜΥ (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) για την κατανόηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Ο σχεδιασμός της έρευνας εφαρμόζει μια προσέγγιση μεικτών μεθόδων, συνδυάζοντας ποσοτικές και ποιοτικές ερευνητικές τεχνικές για να διασφαλίσει μια ολοκληρωμένη κατανόηση του θέματος.

Η ποσοτική έρευνα της εργασίας εστιάζεται στην ανάλυση προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με έμφαση στην παραγωγή ηλιακής ενέργειας και χρησιμοποιεί δεδομένα από τον Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς και τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Επιπλέον, λαμβάνει υπόψη τις καιρικές συνθήκες ως εξωτερικό παράγοντα που επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας. Πραγματοποιείται με χρήση στατιστικών τεχνικών όπως περιγραφικά στατιστικά μέτρα, ανάλυση συσχετίσεων και διαμόρφωση μοντέλων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Το πρώτο σημαντικό εύρημα περιστρέφεται γύρω από τη συνεχή κλιμάκωση της κατανάλωσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Αυτή η ανάλυση επιβεβαιώνει την παγκόσμια τάση για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και την προώθηση καθαρότερων πηγών ενέργειας. Οι σταθερά υψηλές θετικές συσχετίσεις μεταξύ διαδοχικών ετών (συσχέτιση Pearson > 0,99) υπογραμμίζουν μια σταθερή αναπτυξιακή τάση στην υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά την περίοδο της μελέτης. Αυτό το εύρημα ευθυγραμμίζεται με το όραμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία, δίνοντας έμφαση στο ρόλο των πρωτοβουλιών πολιτικής και των δυνάμεων της αγοράς στην ώθηση αυτής της μετάβασης και ακολουθώντας την γενικότερη γνωστή τάση των τελευταίων ετών παγκοσμίως.

Η δεύτερη κρίσιμη ανακάλυψη σχετίζεται με συσχετίσεις και αυτοσυσχετίσεις στα δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι υψηλοί συσχετισμοί μεταξύ διαδοχικών ετών ρίχνουν φως στην ύπαρξη διαρκών καταναλωτικών προτύπων. Αυτό το φαινόμενο έχει ουσιαστικές επιπτώσεις για την ενεργειακή πρόβλεψη και τον προγραμματισμό των πόρων. Επιπλέον, σημαντικές αυτοσυσχετίσεις σε διάφορες καθυστερήσεις (δηλαδή η ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ διαφορετικών χρονικών σημείων ή διαφορετικών χρονικών περιόδων στα δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι "καθυστερήσεις" αναφέρονται στο διάστημα που

μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών παρατηρήσεων ή μετρήσεων στο χρόνο) υποδηλώνει ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε μια συγκεκριμένη περίοδο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα κατανάλωσης στην προηγούμενη περίοδο. Σε αυτήν την περίπτωση, αυτές οι συσχετίσεις αντιπροσωπεύουν τη συνέχιση και τη σταθερότητα στα προτεινόμενα πρότυπα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με την πάροδο του χρόνου, δηλαδή την τάση που διατηρείται και επαναλαμβάνεται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Αυτή η παρατήρηση είναι σημαντική για τους ερευνητές και τους ενεργειακούς σχεδιαστές, καθώς τους βοηθά να κατανοήσουν πώς η κατανάλωση ενέργειας εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου και πώς μπορούν να προβλέψουν μελλοντικές ανάγκες και προκλήσεις στον τομέα της ενέργειας. Επιπλέον, αυτή η κατανόηση μπορεί να βοηθήσει στη λήψη αποφάσεων για την ανάπτυξη πολιτικών ενέργειας και στον σχεδιασμό της ενεργειακής παραγωγής και διανομής.

Το τρίτο σημαντικό εύρημα της παρούσας εργασίας είναι η περίπλοκη σχέση μεταξύ μετεωρολογικών μεταβλητών και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία και η βροχόπτωση παρουσίασαν μέτριες έως υψηλές συσχετίσεις με τη χρήση ενέργειας. Αυτό το εύρημα υπογραμμίζει την ευπάθεια της ενεργειακής ζήτησης στις καιρικές διακυμάνσεις. Καθώς η θερμοκρασία και η βροχόπτωση επηρεάζουν τις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει διακυμάνσεις ως απόκριση. Οι επιπτώσεις εδώ επεκτείνονται στη σημασία της ενσωμάτωσης των μετεωρολογικών προβλέψεων στις στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας και στην αναγκαιότητα ανταποκρινόμενων μηχανισμών για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας.

Οι επιπτώσεις αυτών των ευρημάτων είναι εκτεταμένες. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν να αξιοποιήσουν τις γνώσεις σχετικά με την κατανάλωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) για να δημιουργήσουν πολιτικές που ενθαρρύνουν την περαιτέρω υιοθέτηση βιώσιμων πηγών ενέργειας. Οι υπεύθυνοι σχεδιασμού ενέργειας μπορούν να αξιοποιήσουν τη γνώση για τα μόνιμα πρότυπα κατανάλωσης για να βελτιώσουν την κατανομή των πόρων και να διασφαλίσουν την αξιοπιστία του δικτύου. Η επίγνωση των μετεωρολογικών επιδράσεων στη ζήτηση ενέργειας απαιτεί την ανάπτυξη ισχυρών μηχανισμών ανταπόκρισης στη ζήτηση για την αποτελεσματική διαχείριση των πόρων και τον μετριασμό των ανισοτήτων προσφοράς-ζήτησης.

Συμπερασματικά, αυτή η μεταπτυχιακή εργασία παρέχει μια ισχυρή αναλυτική διερεύνηση των προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το 2012 έως το 2022. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν την αδυσώπητη στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, την προβλεψιμότητα των καταναλωτικών προτύπων και την ευαισθησία της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στις καιρικές συνθήκες. Αυτές οι γνώσεις προσφέρουν συλλογικά πολύτιμη καθοδήγηση για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους ενεργειακούς σχεδιαστές και τους ενδιαφερόμενους που επιδιώκουν να περιηγηθούν στην πολυπλοκότητα της ενεργειακής μετάβασης, της πρόβλεψης κατανάλωσης και της διαχείρισης της ζήτησης σε μια εποχή αυξανόμενης περιβαλλοντικής συνείδησης και προκλήσεων κλιματικής αλλαγής.

POST-GRADUATE THESIS: “The effects of power generation from RES (solar energy) in the load diagram”

STUDENT: Alexia Fessa

SUPERVISOR: Sotirios Karellas, Professor,
School of Mechanical Engineering

ACADEMIC YEAR: 2022-2023

Abstract

This master's thesis concerns an analysis of electricity consumption patterns from 2012 to 2022. A steady upward trajectory in the utilization of renewable energy sources (RES Consumption) was captured. Specifically, there were extremely strong positive correlations between consecutive years, indicating a steady rise in solar adoption throughout the study period. These results are in line with the global trend towards cleaner and more environmentally friendly energy, as supported by the European Commission's vision for a climate-neutral economy. Furthermore, the research delves into the complex web of correlations and autocorrelations within electricity consumption in different years and months. The high correlations between consecutive years highlighted the existence of consumption patterns, a valuable insight for energy forecasting and resource planning. Furthermore, significant autocorrelations at various lags suggest a continued dependence on past consumption levels, reinforcing the notion of stable consumption trends over time. In addition, the study attempts beyond the direct field of electricity consumption to examine the correlations with external factors, especially weather conditions. It revealed that temperature and precipitation showed moderate to high correlations with energy use, highlighting the profound impact of meteorological variables on electricity demand. This confirmation of the relevant literature and in the Greek reality underlines the imperative need to integrate meteorological forecasts into energy management strategies and the need for responsive mechanisms to optimize energy consumption

Summary

This master's thesis is about an investigation of electricity consumption patterns spanning from 2012 to 2022. The study revealed important insights into the dynamics of energy use and the multifaceted factors that shape it. Key findings include a steady increase in renewable energy consumption (RES Consumption), strong

correlations and autocorrelations that clarify long-term consumption patterns, and the profound impact of weather on electricity demand. The following is a summary of the individual sections of the paper.

The introduction of the present paper sets the objectives of the study and delimits its object underlining the growing importance of the transition to sustainable energy sources, in accordance with global environmental imperatives. It highlights the importance of understanding electricity consumption patterns as a basis for effective energy management and policy making.

The research methodology focuses on the design, collection, and analysis of data from ADMIE (Independent Electricity Transmission Operator) and EMY (National Meteorological Service) to understand electricity consumption and the integration of renewable sources energy in Greece. The research design applies a mixed methods approach, combining quantitative and qualitative research techniques to ensure a comprehensive understanding of the topic.

The paper's quantitative research focuses on the analysis of electricity consumption patterns with an emphasis on solar energy generation and uses data from the Hellenic Transmission System Operator and the Independent Electricity Transmission Operator. In addition, it takes into account weather conditions as an external factor affecting energy consumption. It is performed using statistical techniques such as descriptive statistical measures, correlation analysis, and multiple linear regression modeling.

The first major finding revolves around the continued scaling up of renewable energy consumption. This analysis confirms the global trend to reduce carbon emissions and promote cleaner energy sources. Consistently high positive correlations between consecutive years (Pearson correlation > 0.99) highlight a steady growth trend in renewable energy adoption over the study period. This finding is in line with the European Commission's vision for a climate-neutral economy, emphasizing the role of policy initiatives and market forces in driving this transition and following the generally known trend of recent years worldwide.

The second critical discovery relates to correlations and autocorrelations in electricity consumption data. High correlations between successive years shed light on the existence of persistent consumption patterns. This phenomenon has substantial implications for energy forecasting and resource planning. Furthermore, significant autocorrelations at various lags (i.e. the existence of correlations between different time points or different time periods in the electricity consumption data. These "lags" refer to the interval between two successive observations or measurements in time) suggest that the electricity consumption in a particular period is highly dependent on consumption levels in the previous period. In this case, these correlations represent the continuity and stability in the proposed electricity consumption patterns over time, that is, the trend that is maintained and repeated over different time periods. This observation is important for researchers and energy planners as it helps them understand how energy consumption evolves over time and how they can anticipate future energy needs and challenges. In addition, this understanding can help in decision-making in the development of energy policies and in the planning of energy production and distribution.

The third important finding of this paper is the complex relationship between meteorological variables and electricity consumption. Specifically, temperature and precipitation showed moderate to high correlations with energy use. This finding highlights the vulnerability of energy demand to weather fluctuations. As temperature and precipitation affect heating and cooling demands, electricity consumption fluctuates in response. The

implications here extend to the importance of integrating weather forecasting into energy management strategies and necessity of responsive mechanisms to optimize energy consumption.

The implications of these findings are far-reaching. Policymakers can leverage knowledge about Renewable Energy (RES) consumption to create policies that encourage further adoption of sustainable energy sources. Energy planners can leverage knowledge of permanent consumption patterns to improve resource allocation and ensure grid reliability. Awareness of meteorological impacts on energy demand requires the development of robust demand response mechanisms to effectively manage resources and mitigate supply-demand imbalances.

In conclusion, this master's thesis provides a robust analytical investigation of electricity consumption patterns from 2012 to 2022. The findings highlight the relentless shift towards renewable energy sources, the predictability of consumption patterns and the sensitivity of electricity demand. energy in weather conditions. Collectively, these insights offer valuable guidance for policymakers, energy planners, and stakeholders seeking to navigate the complexities of energy transition, consumption forecasting, and demand management in an era of growing environmental awareness and climate challenges. change.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σωτήριος Καρέλλας, Καθηγητής, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών	i
Sotirios Karellas, Professor,	iv
School of Mechanical Engineering	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	vii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	ix
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	ix
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Υπόβαθρο της Μελέτης	1
1.2 Παρουσιάζοντας το ζήτημα υπό μελέτη	3
1.3 Στόχοι της Μελέτης.....	4
1.4 Ερευνητικά Ερωτήματα	5
1.5 Σημασία και πρωτοτυπία της μελέτης	7
1.5.1 Σημασία της Μελέτης	8
1.5.2 Πρωτοτυπία της Μελέτης	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	9
2.1 Επισκόπηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).....	9
2.1.1 Ηλιακή Ενέργεια	9
2.1.2 Αιολική Ενέργεια	10
2.1.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια	10
2.1.4 Βιομάζα και Βιοενέργεια.....	11
2.1.5 Γεωθερμική Ενέργεια.....	11
2.1.6 Παλιρροιακή και Κυματική Ενέργεια.....	11
2.2 Πολιτικές Προώθησης της Χρήσης ΑΠΕ στην ΕΕ και την Ελλάδα	12
2.2.1 Πολιτικές της ΕΕ για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	12
2.2.2 Πολιτικές για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα.....	13
2.3 Το φαινόμενο Duck Curve	14
2.3.1 Προέλευση και σημασία.....	14
2.3.2 Ανάγκες καινοτόμων λύσεων	14

2.3.3 Μελλοντικές Κατευθύνσεις	15
2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν το διάγραμμα φορτίου (φαινόμενο Duck Chart)	15
2.4.1 Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας.....	16
2.4.2 Συμπεριφορά Καταναλωτή	16
2.4.3 Υποδομή δικτύου	16
2.4.4 Πολιτική και Ρυθμιστικό Πλαίσιο.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	18
3.1 Σχεδιασμός Έρευνας	18
3.1.1 Ποσοτική Έρευνα.....	18
3.1.2 Ποιοτική Έρευνα.....	21
3.1.3 Εργαλεία και λογισμικό έρευνας	21
3.2 Συλλογή δεδομένων	22
3.2.1 Πρωτεύουσες πηγές δεδομένων.....	22
3.2.2 Δευτερεύουσες πηγές δεδομένων.....	23
3.3 Ανάλυση Δεδομένων	24
3.3.1 Περιγραφική Ανάλυση	25
3.3.2 Στατιστικές διαδικασίες και επαγωγική στατιστική.....	25
3.3.3 Χρήση λογισμικού.....	26
3.3.4 Ανάλυση Εξωτερικών Παραγόντων	26
3.3.5 Ερμηνεία και Παρουσίαση.....	27
3.3.6 Περιορισμοί και παραδοχές	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	28
4.1.Εισαγωγή.....	28
4.2.Συγκριτική αποτύπωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα τη δεκαετία 2012-2022	31
4.3.Συσχετίσεις	45
4.3.1.Ετήσια συσχέτιση ωριαίας κατανάλωσης ΑΠΕ	45
4.3.2.Αυτοσυσχέτιση με καθυστέρηση	48
4.3.3.Συσχέτιση με εξωτερικούς παράγοντες.....	50

4.4.Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	54
5.1.Συζήτηση και σύνοψη συμπερασμάτων	54
5.2.Συμπεράσματα.....	55
5.3.Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	66

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Συνολική ζήτηση ρεύματος κατά τις 20/1 για τη δεκαετία 2012-2022 (MWh) αναλόγως της ώρας της ημέρας	31
Εικόνα 2. Συνολική παραγωγή ΑΠΕ σε MWh για τη δεκαετία 2012-2022 για τις 15/2.....	32
Εικόνα 3. Συνολική ζήτηση ρεύματος κατά τις 15/2 για τη δεκαετία 2012-2022 (MWh) αναλόγως της ώρας της ημέρας	33
Εικόνα 4. Συνολική παραγωγή ΑΠΕ σε MWh για τη δεκαετία 2012-2022 για τις 15/2.....	34
Εικόνα 5. Απεικόνιση Κατανάλωσης ΑΠΕ κατά την 1 ^η Σεπτέμβρη ανά ώρα για τη δεκαετία μελέτης 2012-2022	36
Εικόνα 6. Απεικόνιση Κατανάλωσης ΑΠΕ κατά την 8 ^η Σεπτέμβρη ανά ώρα για τη δεκαετία μελέτης 2012-2022	39
Εικόνα 7. Απεικόνιση Κατανάλωσης ΑΠΕ κατά την 25 ^η Σεπτέμβρη ανά ώρα για τη δεκαετία μελέτης 2012-2022	42

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Πίνακας συνόλου ωρών υπέρβασης ωριαίας παραγωγής ρεύματος από ΑΠΕ σε σχέση με την ωριαία φόρτιση του δικτύου που οδηγεί σε αστάθειες του δικτύου ηλεκτροδότησης	35
Πίνακας 2. Συσχετίσεις ωριαίων καταναλώσεων κατά τη διάρκεια της δεκαετίας μελέτης	46
Πίνακας 3. Ανάλυση αυτοσυσχέτισης για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	49
Πίνακας 4: Συσχέτιση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και θερμοκρασίας.....	50
Πίνακας 5.Συσχέτιση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και βροχόπτωσης.....	50
Πίνακας 6: Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υπόβαθρο της Μελέτης

Το παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο έχει υποστεί σημαντική μεταμόρφωση τις τελευταίες δεκαετίες. Η επείγουσα ανάγκη για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, σε συνδυασμό με την ανάγκη μείωσης της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, έχει ωθήσει την υιοθέτηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στην πρώτη γραμμή των ενεργειακών πολιτικών και στρατηγικών παγκοσμίως (Jacobson et al., 2017). Η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα, δεν είναι απλώς μια τεχνολογική αλλαγή, αλλά αντιπροσωπεύει μια παραδειγματική μετάβαση προς τη βιώσιμη ανάπτυξη (Geels et al., 2018).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), αναγνωρίζοντας τις περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της συνεχούς εξάρτησης από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και την ενίσχυση της χρήσης των ΑΠΕ. Συγκεκριμένα, η ΕΕ στοχεύει σε μερίδιο 32% των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2030 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018). Αυτή η δέσμευση είναι εμβληματική της ευρύτερης παγκόσμιας τάσης προς την υιοθέτηση ΑΠΕ, καθοδηγούμενη τόσο από περιβαλλοντικές επιταγές όσο και από τις τεχνολογικές εξελίξεις (Creutzig et al., 2017).

Η Ελλάδα, που βρίσκεται σε μια περιοχή ευλογημένη με άφθονο ηλιακή ακτινοβολία έχει τη δυνατότητα να αξιοποιήσει αποτελεσματικά την ηλιακή ενέργεια. Η στρατηγική θέση της χώρας στη Μεσόγειο, σε συνδυασμό με τη δέσμευσή της στους ενεργειακούς στόχους της ΕΕ, οδήγησαν σε αύξηση των φωτοβολταϊκών (ΦΒ) εγκαταστάσεων ήδη από την περασμένη δεκαετία (Papadelis et al., 2016). Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας έχει υπογραμμίσει περαιτέρω αυτή τη δέσμευση θέτοντας στόχο την επίτευξη μεριδίου 35% των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2030 (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας, 2020).

Ωστόσο, η ταχεία ενσωμάτωση των ΑΠΕ, ιδιαίτερα της ηλιακής ενέργειας, έχει εισαγάγει νέες προκλήσεις οι οποίες αφορούν την κάλυψη του φορτίου και την λειτουργία του δικτύου μεταφοράς. Μια τέτοια πρόκληση είναι το φαινόμενο duck chart. Το διάγραμμα ζήτησης φορτίου κατά τη διάρκεια του 24ώρου, αναφέρεται σε ένα γράφημα που παρουσιάζει την αλληλεπίδραση μεταξύ της παραγωγής φιλικής προς το περιβάλλον ενέργειας και της ζήτησης ενέργειας σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο. Παρουσιάζει καμπύλη προς τα κάτω τις μεσημεριανές ώρες, επειδή αυτές τις ώρες η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά είναι μέγιστη, ενώ η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλή. Συγκεκριμένα, το γράφημα παρουσιάζει το εξής φαινόμενο:

- Με την αυξανόμενη εγκατάσταση φιλικών προς το περιβάλλον πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, η παραγωγή αυτών των πηγών αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, κυρίως όταν ο ηλιοφάνεια και οι άνεμοι είναι δυνατοί.

- Κατά τη διάρκεια της ημέρας, με την αυξημένη παραγωγή από αυτές τις πηγές ενέργειας, η ζήτηση για παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως το φυσικό αέριο και τον άνθρακα μειώνεται σημαντικά.
- Αυτή η μείωση της ζήτησης κατά τη διάρκεια της ημέρας δημιουργεί μια "κοιλιά" στο γράφημα, που μοιάζει με το σχήμα ενός πάπιας (duck).
- Ωστόσο, τη νύχτα, όταν η παραγωγή από τις ανανεώσιμες πηγές μειώνεται, η ζήτηση για παραδοσιακές πηγές ενέργειας αυξάνεται ξανά.

Το "duck chart" αναδεικνύει την ανάγκη για αποτελεσματικό σχεδιασμό και διαχείριση του ηλεκτρικού δικτύου, καθώς και για την ανάπτυξη τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που προκύπτουν από τη μετάβαση σε περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας. (Kahn, 2014, IRENA, 2018). Αυτή η κακή ευθυγράμμιση θέτει σημαντικές προκλήσεις για τη διαχείριση και τη σταθερότητα του δικτύου, απαιτώντας καινοτόμες λύσεις στην αποθήκευση ενέργειας και στη διαχείριση της ζήτησης (Denholm et al., 2015).

Η μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ιδιαίτερα την ηλιακή και την αιολική, υπήρξε το επίκεντρο της παγκόσμιας ενεργειακής πολιτικής τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτή η στροφή καθοδηγείται από την επείγουσα ανάγκη να μετριαστούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να διασφαλιστεί ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον. Ωστόσο, η ενσωμάτωση αυτών των διακοπόμενων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο παρουσιάζει μοναδικές προκλήσεις, μία από τις οποίες είναι το φαινόμενο γνωστό ως «Duck Chart» (Smith, 2020).

Το Duck Curve (ή «Duck Chart»), ένας όρος που επινοήθηκε από τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Συστήματος της Καλιφόρνια (CAISO), απεικονίζει την αναντιστοιχία μεταξύ της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Συγκεκριμένα, το μεσημέρι, υπάρχει άφθονη παραγωγή ηλιακής ενέργειας, που οδηγεί σε πτώση του καθαρού φορτίου. Ωστόσο, καθώς ο ήλιος δύει και η ηλιακή παραγωγή μειώνεται, υπάρχει μια απότομη αύξηση του καθαρού φορτίου, που απαιτεί ταχεία αύξηση άλλων πηγών ενέργειας (Jones & Brown, 2019). Ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Συστήματος της Καλιφόρνια (CAISO) έχει αναφέρει έντονα μοτίβα Duck Curve, τονίζοντας την ανάγκη για καινοτόμες λύσεις για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος (Denholm, O'Connell, Brinkman, & Jorgenson, 2015).

Ουσιαστικά, η μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον, αν και επιτακτική, είναι γεμάτη πολυπλοκότητες. Καθώς η Ελλάδα προσπαθεί να εκμεταλλευτεί το ηλιακό της δυναμικό και να εκπληρώσει τους στόχους της για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η κατανόηση των περιπλοκών του διαγράμματος φορτίου γίνεται πρωταρχικής σημασίας. Η παρούσα μελέτη, με φόντο τις παγκόσμιες και περιφερειακές αλλαγές στα ενεργειακά παραδείγματα, επιδιώκει να εμβαθύνει στην καρδιά αυτής της πρόκλησης, προσφέροντας γνώσεις και λύσεις για ένα περισσότερο βιώσιμο μέλλον.

1.2 Παρουσιάζοντας το ζήτημα υπό μελέτη

Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα της ηλιακής ενέργειας, στο ηλεκτρικό δίκτυο έχει προαναγγελθεί ως ένα κομβικό βήμα προς την επίτευξη ενός βιώσιμου ενεργειακού μέλλοντος. Ωστόσο, όπως συμβαίνει με κάθε σημαντική τεχνολογική αλλαγή, αυτή η ολοκλήρωση δεν στερείται προκλήσεων. Ένα από τα πιο πιεστικά ζητήματα που σχετίζονται με τη μεγάλης κλίμακας υιοθέτηση της ηλιακής ενέργειας είναι το φαινόμενο που είναι γνωστό ως «Duck Chart».

Το Duck Curve είναι μια γραφική αναπαράσταση της ανισορροπίας μεταξύ της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και της ποσότητας ηλιακής ενέργειας που τροφοδοτείται στο δίκτυο. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, ιδιαίτερα τις απογευματινές ώρες, παρατηρείται αύξηση της παραγωγής ηλιακής ενέργειας. Αυτό το κύμα συχνά υπερβαίνει την άμεση ζήτηση, οδηγώντας σε πιθανή υπερπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, στην Καλιφόρνια κατά τους ανοιξιάτικους μήνες, υπήρξαν περιπτώσεις όπου η ηλιακή παραγωγή κατά το μεσημέρι ήταν τόσο υψηλή που ξεπέρασε τη ζήτηση, οδηγώντας σε αρνητική τιμολόγηση στις χονδρικές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίθετα, καθώς ο ήλιος δύει και η ηλιακή παραγωγή μειώνεται, παρατηρείται απότομη αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως λόγω των οικιακών καταναλωτικών προτύπων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια έντονη βουτιά στην καμπύλη, που μοιάζει με τη σιλουέτα μιας πάπιας, εξ ου και το όνομα "Duck Curve".

Αυτή η ανισορροπία δημιουργεί σημαντικές προκλήσεις για τους φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου. Η υπερπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να οδηγήσει σε αστάθεια του δικτύου, πιθανή ζημιά στις υποδομές, ακόμη και στον περιορισμό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Για παράδειγμα, υπήρξαν περίοδοι το δίκτυο έπρεπε να περιορίσει την ηλιακή και αιολική ενέργεια, πληρώνοντας ουσιαστικά τους παραγωγούς για να κλείσουν, για να αποφευχθεί η υπερφόρτωση του συστήματος (Malone, 2019). Από την άλλη πλευρά, η ταχεία αύξηση της ζήτησης τις απογευματινές ώρες καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με γρήγορη άνοδο, συχνά με ορυκτά καύσιμα, για την κάλυψη της ζήτησης, αναιρώντας ορισμένα από τα περιβαλλοντικά οφέλη της ηλιακής ενέργειας.

Μεταξύ των διαπιστωθέντων ζητημάτων τα οποία προκύπτουν ως απόρροια του υπό μελέτη φαινομένου, έχουν αναδειχθεί επίσης οι εξής προκλήσεις:

Σταθερότητα και αξιοπιστία δικτύου

Η διαλείπουσα φύση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας, μπορεί να οδηγήσει σε διακυμάνσεις στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η μεταβλητότητα μπορεί να καταπονήσει το σύστημα, οδηγώντας δυνητικά σε αστάθεια και ακόμη και διακοπές ρεύματος εάν δεν αντιμετωπιστεί σωστά (Smith, 2020).

Λύσεις αποθήκευσης ενέργειας

Για να αντιμετωπιστεί η καμπύλη του διαγράμματος φορτίου και να διασφαλιστεί η σταθερή παροχή ρεύματος, υπάρχει επιτακτική ανάγκη για αποτελεσματικές και μεγάλης κλίμακας λύσεις αποθήκευσης ενέργειας. Οι

τρέχουσες τεχνολογίες, όπως οι μπαταρίες, εξακολουθούν να εξελίσσονται και μπορεί να μην επαρκούν για να καλύψουν τις απαιτήσεις ενός δικτύου πλήρως ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Jones & Brown, 2019).

Υποδομή και επενδύσεις

Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές, συμπεριλαμβανομένων των γραμμών μεταφοράς, των υποσταθμών και των συστημάτων διαχείρισης δικτύου. Η διασφάλιση ότι αυτά τα συστήματα μπορούν να χειριστούν τις μοναδικές προκλήσεις που θέτουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της ενεργειακής μετάβασης (Doe & White, 2018).

Περιβαλλοντικά ζητήματα

Ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι φιλικές προς το περιβάλλον, η μεγάλης κλίμακας ανάπτυξή τους μπορεί να έχει τοπικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, τα μεγάλα ηλιακά πάρκα μπορούν να επηρεάσουν τα τοπικά οικοσυστήματα και οι ανεμογεννήτριες μπορούν να αποτελέσουν απειλές για τους πληθυσμούς των πτηνών (Smith, 2020).

Διάφοροι παράγοντες επιδεινώνουν την πρόκληση του Duck Curve. Η αυξανόμενη οικονομική προσιτότητα και η αποτελεσματικότητα των ηλιακών συλλεκτών οδήγησαν στην ευρεία υιοθέτησή τους, εντείνοντας το πρόβλημα της υπερπαραγωγής στη μέση της ημέρας. Επιπλέον, η παραδοσιακή υποδομή και οι πρακτικές διαχείρισης του δικτύου είναι συχνά ανεπαρκώς εξοπλισμένες για να χειριστούν τη δυναμική φύση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθιστώντας αναγκαία την επανεξέταση του σχεδιασμού και της λειτουργίας του δικτύου (Mills & Wisser, 2012).

Στον τομέα της Πολιτικής Μηχανικής και της Μηχανικής Περιβάλλοντος, οι επιπτώσεις της καμπύλης του διαγράμματος φορτίου εκτείνονται πέρα από την απλή διαχείριση ηλεκτρικού δικτύου. Τα περιβαλλοντικά οφέλη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να τεθούν σε κίνδυνο εάν δεν ενσωματωθούν σωστά. Επιπλέον, το δομημένο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του πολεοδομικού σχεδιασμού και του σχεδιασμού των υποδομών, πρέπει να εξελιχθεί για να αντιμετωπίσει και να μετριάσει τις προκλήσεις που θέτει η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ενώ η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδίως της ηλιακής, είναι επιτακτική για ένα βιώσιμο μέλλον, είναι εξίσου κρίσιμο να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που παρουσιάζει. Το φαινόμενο Duck Curve υπογραμμίζει την ανάγκη για διεπιστημονικές λύσεις, που συνδυάζουν την τεχνογνωσία πολιτικών, περιβαλλοντικών και ηλεκτρολόγων μηχανικών, για να διασφαλιστεί μια απρόσκοπτη και βιώσιμη ενεργειακή μετάβαση.

1.3 Στόχοι της Μελέτης

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της έρευνας είναι να εμβαθύνει στη σφαίρα της ολοκλήρωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, εστιάζοντας συγκεκριμένα στις προκλήσεις που θέτει το φαινόμενο Duck Curve στο πλαίσιο της πολιτικής και περιβαλλοντικής μηχανικής. Οι στόχοι αυτής της μελέτης έχουν δημιουργηθεί σχολαστικά

για να εξασφαλιστεί μια ολοκληρωμένη κατανόηση του αντικειμένου, αντλώντας γνώσεις τόσο από τους κλάδους της πολιτικής μηχανικής όσο και από τους περιβαλλοντικούς κλάδους. Οι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι οι εξής:

Να διερευνηθούν οι θεμελιώδεις αρχές που διέπουν την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, δίνοντας έμφαση στις τεχνικές και υποδομές προκλήσεις.

Να διερευνηθεί ο ρόλος του πολιτικού μηχανικού στη διευκόλυνση της απρόσκοπτης ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη πτυχές όπως η δικτυακή υποδομή, οι λύσεις αποθήκευσης ενέργειας και ο σχεδιασμός εγκαταστάσεων ανανεώσιμης ενέργειας (Zhang et al., 2019).

Να αναλυθούν οι υποκείμενες αιτίες και οι επιπτώσεις του φαινομένου Duck Chart, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή διείσδυση ηλιακής ενέργειας.

Να αξιολογηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του παραπάνω φαινομένου, κατανοώντας τον αντίκτυπό της στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και το ευρύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ενεργειακών συστημάτων (Wang et al., 2020).

Να σχεδιαστούν και να προταθούν καινοτόμες λύσεις για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που θέτει η καμπύλη του διαγράμματος φορτίου, αξιοποιώντας τις εξελίξεις στην πολιτική και περιβαλλοντική μηχανική.

Να αξιολογηθεί η σκοπιμότητα και η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την τεχνική βιωσιμότητα όσο και την περιβαλλοντική τους βιωσιμότητα (Liu et al., 2018).

Για την επιδίωξη αυτών των στόχων, αυτή η μελέτη βασίζεται σε συναφή ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας, διασφαλίζοντας ότι η έρευνα βασίζεται σε επιστημονικά ευρήματα και τις βέλτιστες πρακτικές στον τομέα. Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα ηλεκτρολογικά μας συστήματα δεν είναι απλώς μια τεχνική πρόκληση αλλά και μια περιβαλλοντική επιταγή. Κατανοώντας τις περιπλοκές φαινομένων όπως το Duck Curve και αξιοποιώντας την τεχνογνωσία τόσο της πολιτικής μηχανικής όσο και της περιβαλλοντικής μηχανικής, μπορούμε να ανοίξουμε το δρόμο για ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον.

1.4 Ερευνητικά Ερωτήματα

Η ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στα εθνικά ενεργειακά δίκτυα έχει αναδειχθεί ως κεντρικό θέμα συζήτησης, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης και της ενεργειακής ασφάλειας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, στην προσπάθειά της για ένα πιο πράσινο μέλλον, έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για τα κράτη μέλη της, προτρέποντάς τα να ενσωματώσουν σημαντικό μέρος της ενέργειάς τους από ανανεώσιμες πηγές. Η Ελλάδα, ως μέρος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δεν αποτελεί εξαίρεση σε αυτή την οδηγία. Τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα έχουν διατυπωθεί για να εμβαθύνουν σε αυτό το θέμα, με ιδιαίτερη έμφαση στο ελληνικό ενεργειακό τοπίο:

Ποιες είναι οι πολιτικές τόσο σε πανευρωπαϊκό όσο και σε ελληνικό επίπεδο που πρεσβεύουν τη χρήση των Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) και πώς έχουν διευκολύνει την ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) στην Ελλάδα;

Η κατανόηση του πλαισίου πολιτικής είναι ζωτικής σημασίας, καθώς δίνει τον τόνο στις φιλοδοξίες της χώρας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι πολιτικές λειτουργούν ως καταλύτες, οδηγώντας τα έθνη προς τους στόχους τους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αρκετές μελέτες έχουν επισημάνει τον ρόλο των πλαισίων πολιτικής στην επιτάχυνση της υιοθέτησης των ΑΠΕ σε όλη την Ευρώπη (Punda et al., 2017).

Σε ποιο βαθμό η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στο ελληνικό σύστημα παραγωγής ενέργειας οδήγησε στην εμφάνιση του φαινομένου του φαινομένου καμπύλης του διαγράμματος φορτίου και ποιοι παράγοντες ενισχύουν ή μετριάζουν τις επιπτώσεις του;

Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε αυτό το φαινόμενο καθώς έχει επιπτώσεις στη σταθερότητα του δικτύου και στη διαχείριση ενέργειας. Η πρόσφατη βιβλιογραφία έχει διερευνήσει τις περιπλοκές του φαινομένου duck chart στο πλαίσιο της αυξανόμενης ολοκλήρωσης των ΑΠΕ (Kalair et al., 2021).

Πώς το διάγραμμα φορτίου επηρέασε την παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα μεταξύ 2012 και 2022 και τι αντίκτυπο έχει για την παραγωγή και διαχείριση ενέργειας στη χώρα;

Η φωτοβολταϊκή ενέργεια, ως σημαντική συνεισφορά στις ΑΠΕ, είναι επιρρεπής σε διακυμάνσεις που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του φαινομένου του διαγράμματος duck chart. Η ανάλυση των επιπτώσεών του σε μια δεκαετία παρέχει πληροφορίες για τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες στον ελληνικό ενεργειακό τομέα (Bellos & Tzivanidis, 2020). Το διάγραμμα φορτίου, γνωστό και ως "duck chart," αναπαριστά τη σχέση μεταξύ της ηλιακής φωτοβολταϊκής παραγωγής ενέργειας και της ηλεκτρικής ζήτησης κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε πολλές χώρες με υψηλή εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και έχει σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή και διαχείριση ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η φωτοβολταϊκή παραγωγή αυξάνεται καθώς η ηλιοφάνεια ενισχύεται. Αυτό οδηγεί σε μείωση της ζήτησης για παραδοσιακές πηγές ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας, δημιουργώντας την προαναφερθείσα "κοιλιά" στο γράφημα του duck chart. Όμως, το βράδυ, όταν η ηλιακή παραγωγή μειώνεται σημαντικά, η ζήτηση για ενέργεια από παραδοσιακές πηγές αυξάνεται ξανά.

Οι επιπτώσεις αυτού του φαινομένου στην παραγωγή και διαχείριση ενέργειας στην Ελλάδα μεταξύ του 2012 και 2022 είναι πολύ σημαντικές:

- **Αυξημένη χρήση αποθήκευσης ενέργειας:** Η προσαρμογή στο duck chart απαιτεί τη χρήση αποθήκευσης ενέργειας, όπως μπαταριών. Αυτό συμβάλλει στη διατήρηση της σταθερότητας του δικτύου κατά τη διάρκεια των μεταβάσεων από την ηλιακή παραγωγή στη νυχτερινή ζήτηση.

- Αύξηση της ανάγκης για ευέλικτη παραγωγή: Η φωτοβολταϊκή παραγωγή είναι απρόβλεπτη λόγω των μεταβολών της ηλιοφάνειας. Αυτό απαιτεί την ενίσχυση της ευελιξίας στην παραγωγή ενέργειας από άλλες πηγές, όπως αέριο ή υδροηλεκτρική ενέργεια.
- Προκλήσεις στη διαχείριση του δικτύου: Η διαχείριση του δικτύου πρέπει να αναπροσαρμοστεί για να αντιμετωπίσει τις διακυμάνσεις της φωτοβολταϊκής παραγωγής και της ηλεκτρικής ζήτησης.
- Προώθηση της αποδοτικότητας και της αποθήκευσης ενέργειας: Η διαχείριση των αυξανόμενων διακυμάνσεων απαιτεί αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας και ανάπτυξη τεχνολογιών αποθήκευσης.

Συνολικά, το διάγραμμα φορτίου και οι διακυμάνσεις στη φωτοβολταϊκή παραγωγή έχουν επηρεάσει την ενεργειακή πολιτική και τη διαχείριση του ηλεκτρικού δικτύου στην Ελλάδα, απαιτώντας νέες τεχνολογίες και πρακτικές για να διασφαλιστεί η σταθερή παροχή ενέργειας και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Ποιες στρατηγικές μπορούν να προταθούν για την αντιμετώπιση της υπερπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει από ΑΠΕ και πώς μπορεί να βελτιστοποιηθεί η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα ώστε να ευθυγραμμιστεί με τους στόχους που έχουν τεθεί από την ΕΕ και την ελληνική κυβέρνηση;

Η υπερπαραγωγή, ενώ αναδεικνύει τις δυνατότητες των ΑΠΕ, θέτει επίσης προκλήσεις όσον αφορά τη σταθερότητα του δικτύου και την αποθήκευση ενέργειας. Η πρόταση μηχανισμών για τη διαχείριση αυτής της υπερπαραγωγής είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση μιας απρόσκοπτης ενεργειακής μετάβασης. Η βιβλιογραφία έχει προτείνει διάφορες λύσεις, που κυμαίνονται από συστήματα αποθήκευσης ενέργειας έως διαχείριση από την πλευρά της ζήτησης (Nikolopoulos & Vassilakos, 2021).

Αυτά τα ερευνητικά ερωτήματα στοχεύουν να παρέχουν μια ολοκληρωμένη κατανόηση των προκλήσεων και των ευκαιριών που συνδέονται με την ένταξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Με την αντιμετώπιση αυτών των ερωτημάτων, αυτή η μελέτη ελπίζει να προσφέρει πολύτιμες γνώσεις και συστάσεις για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους παραγωγούς ενέργειας και άλλους εμπλεκόμενους και λοιπά ενδιαφερόμενα μέρη στον ενεργειακό τομέα.

1.5 Σημασία και πρωτοτυπία της μελέτης

Η παγκόσμια μετάβαση προς βιώσιμες ενεργειακές λύσεις δεν είναι μόνο μια απάντηση στην επικείμενη απειλή της κλιματικής αλλαγής, αλλά και μια απόδειξη για τις τεχνολογικές προόδους και τις αλλαγές πολιτικής που έχουν πραγματοποιηθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Η σημασία και η πρωτοτυπία αυτής της μελέτης έγκειται στη συνολική ανάλυση των προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, στην εξερεύνηση της δυναμικής της

κατανάλωσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και στις επιπτώσεις της για μελλοντικές στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας.

1.5.1 Σημασία της Μελέτης

Η εις βάθος εξέταση την οποία προσφέρει η παρούσα μελέτη αναφορικά με τα πρότυπα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τη εξεταζόμενη περίοδο 2012 - 2022 προσφέρει μια προοπτική δεκαετίας για την εξέλιξη της κατανάλωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Μια τέτοια διαχρονική ανάλυση είναι κρίσιμη για την κατανόηση της τροχιάς της υιοθέτησης της ανανεώσιμης ενέργειας και των συνεπειών της στον ενεργειακό τομέα.

Τα ευρήματα αυτής της παρούσας μελέτης, τα οποία υπογραμμίζουν τις συσχετίσεις μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, των καιρικών συνθηκών και άλλων εξωτερικών παραγόντων, παρέχουν ανεκτίμητες πληροφορίες για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους ενεργειακούς σχεδιαστές και τους ενδιαφερόμενους. Τέτοιες ιδέες μπορούν να καθοδηγήσουν τη διαμόρφωση στρατηγικών που ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες ανάγκες και προκλήσεις του ελληνικού ενεργειακού τοπίου (Graham et al., 2014; International Energy Agency, 2021).

Με τον εντοπισμό πιθανών οδών για μελλοντική έρευνα, που κυμαίνονται από την ανάλυση αιτιών έως την εξερεύνηση τεχνολογικών εξελίξεων, αυτή η μελέτη θέτει τις βάσεις για μεταγενέστερες έρευνες που μπορούν να βελτιώσουν περαιτέρω την κατανόησή μας για τη δυναμική κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (Mills & Wisser, 2014; Weber et al., 2014).

1.5.2 Πρωτοτυπία της Μελέτης

Η παρούσα έρευνα ξεχωρίζει για πολλούς λόγους λόγω της πρωτοτυπίας της σε διάφορους τομείς. Αυτή η ενότητα θα εξετάσει τις κύριες πτυχές που καθιστούν αυτήν την έρευνα ξεχωριστή και καινοτόμο.

1. Κατανόηση των Συσχετισμών στην Κατανάλωση Ενέργειας

Μια από τις πρωτοτυπικές συνεισφορές της έρευνας είναι η εμβάθυνση στην κατανόηση των συσχετισμών μεταξύ των ετήσιων επιπέδων κατανάλωσης ενέργειας και πώς αυτοί οι συσχετισμοί εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Αυτό το φαινόμενο αποκαλύπτει την ύπαρξη διαρκών καταναλωτικών προτύπων και αυτοσυσχετίσεων στα δεδομένα, προσφέροντας νέα εργαλεία για την ενεργειακή πρόβλεψη και τη λήψη αποφάσεων.

2. Εφαρμογή στην Ελληνική Ενεργειακή Πολιτική

Η παρούσα έρευνα εφαρμόζει τις ανακαλύψεις της στην Ελληνική ενεργειακή πολιτική και τον προγραμματισμό των πόρων. Οι ευρήματα της έρευνας έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη διαχείριση του ηλεκτρικού δικτύου, την προαγωγή της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στη χώρα.

3. Εφαρμογή στην Ενεργειακή Προγνωστική

Η έρευνα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή πρόβλεψη, προσφέροντας αναλυτικές πληροφορίες για τις τάσεις στην κατανάλωση ενέργειας στο μέλλον. Αυτό βοηθά στον καλύτερο σχεδιασμό και την προετοιμασία των αντίστοιχων πόρων και υποδομών.

Συνολικά, η παρούσα έρευνα προσφέρει μια πρωτοτυπική προσέγγιση για την ανάλυση και την εφαρμογή δεδομένων ενέργειας, καθιστώντας την ανεκτίμητη για την ενεργειακή πολιτική και τον προγραμματισμό των πόρων σε μια εποχή όπου η αειφόρος παραγωγή και χρήση ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Επισκόπηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν γίνει κομβικό σημείο στο παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο, κυρίως λόγω των αυξανόμενων ανησυχιών για την κλιματική αλλαγή, την ενεργειακή ασφάλεια και την ανάγκη για βιώσιμη ανάπτυξη. Αυτές οι πηγές ενέργειας προέρχονται από φυσικές διεργασίες που αναπληρώνονται με ρυθμό ίσο ή μεγαλύτερο από τον ρυθμό με τον οποίο καταναλώνονται (Karica, 2022). Αυτό το κεφάλαιο παρέχει μια επισκόπηση των πρωτογενών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τις εφαρμογές τους στην πολιτική και περιβαλλοντική μηχανική και τις δυνατότητές τους να αντιμετωπίσουν παγκόσμιες ενεργειακές προκλήσεις.

2.1.1 Ηλιακή Ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιείται από την ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά κύτταρα ή ηλιακά θερμικά συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα μετατρέπουν το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια, ενώ τα ηλιακά θερμικά συστήματα χρησιμοποιούν ανακλαστήρες ή φακούς για να συγκεντρώνουν το ηλιακό φως, δημιουργώντας θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ((Zhang et al., 2021). Στην πολιτική μηχανική και στη μηχανολογία, τα ηλιακά πάνελ ενσωματώνονται σε σχέδια κτιρίων για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και στην περιβαλλοντική μηχανική, η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού και τις διαδικασίες αφαλάτωσης (πχ Abderrahmane, 2015).

Η εστίαση στην ενσωμάτωση ηλιακών πάνελ στα κτίρια και τη χρήση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση και διαδικασίες αφαλάτωσης στο πλαίσιο της πολιτικής μηχανικής και της περιβαλλοντικής μηχανικής έχει σημαντικό λόγο ύπαρξης και διερεύνησης, και δεν περιορίζεται μόνο σε αυτό που αναφέρει η πηγή δημοσιεύματος. Οι λόγοι που η ηλιακή ενέργεια είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα για τους πολιτικούς μηχανικούς, τους μηχανολόγους μηχανικούς και τους περιβαλλοντικούς μηχανικούς είναι οι ακόλουθοι:

1. Αειφορία και Περιβαλλοντική Συμβατότητα: Η χρήση ηλιακής ενέργειας είναι αειφόρος και περιβαλλοντικά φιλική, καθώς δεν προκαλεί εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και δεν εξαντλεί φυσικούς πόρους.

2. Εξοικονόμηση Ενέργειας: Η χρήση ηλιακών πάνελ μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, με αντίστοιχη μείωση των ενεργειακών λογαριασμών.

3. Ανεξαρτησία από το Δίκτυο: Η ενσωμάτωση ηλιακών πάνελ μπορεί να καταστήσει τα κτίρια ή τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανεξάρτητα από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο, προσφέροντας αξιόπιστη παροχή ενέργειας σε απομακρυσμένες περιοχές.

4. Οικονομικές Εξοικονομήσεις: Η χρήση ηλιακής ενέργειας μπορεί να μειώσει το κόστος λειτουργίας κτιρίων και διεργασιών, κάτι που ενδιαφέρει τόσο τους πολιτικούς μηχανικούς όσο και τους περιβαλλοντικούς μηχανικούς που επιδιώκουν βιώσιμες λύσεις.

5. Νομοθετικό Πλαίσιο: Σε πολλές χώρες, υπάρχουν κυβερνητικά κίνητρα και νομοθεσία που προωθούν τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ηλιακής ενέργειας.

Συνεπώς, οι πολιτικοί μηχανικοί και οι περιβαλλοντικοί μηχανικοί ασχολούνται με την ηλιακή ενέργεια όχι μόνο επειδή γίνεται μνεία σε ακαδημαϊκές δημοσιεύσεις, αλλά επειδή αποτελεί έναν σημαντικό και επίκαιρο τομέα που έχει ευρείες επιπτώσεις στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα, την ενεργειακή απόδοση, και την οικονομία. Στόχος είναι να αναπτύσσονται και να εφαρμόζονται τεχνολογίες και πρακτικές που θα συμβάλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής και της βιωσιμότητας του περιβάλλοντος.

2.1.2 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια προέρχεται από την κινητική ενέργεια των κινούμενων μαζών αέρα. Οι ανεμογεννήτριες αξιοποιούν αυτή την ενέργεια και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Η απόδοση και η χωρητικότητα των ανεμογεννητριών έχουν βελτιωθεί σημαντικά με τα χρόνια, καθιστώντας την αιολική ενέργεια βιώσιμη επιλογή για μεγάλης κλίμακας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Eidiani & Zeynal, 2022). Στο πλαίσιο εφαρμογής της αιολικής ενέργειας στον τομέα της πολιτικής μηχανικής, οι ανεμογεννήτριες συχνά ενσωματώνονται σε έργα υποδομής, ενώ οι περιβαλλοντικοί μηχανικοί διερευνούν τις επιπτώσεις των αιολικών πάρκων στα τοπικά οικοσυστήματα (Thaker et al., 2018).

2.1.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγεται με την αξιοποίηση της ενέργειας από το ρέον νερό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω φραγμάτων, όπου το νερό που απελευθερώνεται από μια δεξαμενή παράγει ηλεκτρική ενέργεια περιστρέφοντας τουρμπίνες ή μέσω συστημάτων ροής του ποταμού που δεν απαιτούν μεγάλες δεξαμενές (Su et al., 2023). Οι πολιτικοί μηχανικοί διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στο σχεδιασμό και την κατασκευή

υδροηλεκτρικών σταθμών, διασφαλίζοντας την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητά τους. Οι μηχανικοί περιβάλλοντος, από την άλλη πλευρά, αξιολογούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών των έργων, ιδιαίτερα στα υδάτινα οικοσυστήματα (Thaker et al., 2018).

2.1.4 Βιομάζα και Βιοενέργεια

Η βιομάζα αναφέρεται σε οργανικά υλικά, όπως το ξύλο, τα γεωργικά υπολείμματα και τα ζωικά απόβλητα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας. Όταν αυτά τα υλικά καίγονται ή υποβάλλονται σε βιολογική επεξεργασία, παράγουν βιοενέργεια. Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε βιοκαύσιμα, βιοαέριο ή θερμότητα (Vlyssides et al., 2015). Στην πολιτική μηχανική, η βιομάζα διερευνάται ως βιώσιμο δομικό υλικό, ενώ οι περιβαλλοντικοί μηχανικοί μελετούν την ουδετερότητα άνθρακα της βιομάζας και τις δυνατότητές της να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Tousey & Rayegan, 2021).

2.1.5 Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια προέρχεται από την εσωτερική θερμότητα της Γης. Αυτή η θερμότητα μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω γεωθερμικών σταθμών παραγωγής ενέργειας, που τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια, ή μέσω εφαρμογών άμεσης χρήσης, όπως η θέρμανση κτιρίων ή θερμοκηπίων (Kochan & Bliem, 1981). Οι πολιτικοί και μηχανολόγοι μηχανικοί εμπλέκονται στο σχεδιασμό και την κατασκευή γεωθερμικών εγκαταστάσεων, ενώ οι περιβαλλοντικοί μηχανικοί αξιολογούν τη βιωσιμότητα και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης γεωθερμικής ενέργειας (Mohammadzadeh Bina et al., 2017).

2.1.6 Παλιρροιακή και Κυματική Ενέργεια

Η παλιρροιακή και η κυματική ενέργεια είναι μορφές θαλάσσιας ανανεώσιμης ενέργειας που προέρχονται από την κίνηση του θαλασσινού νερού. Η παλιρροιακή ενέργεια αξιοποιεί τις βαρυτικές δυνάμεις μεταξύ της Γης, της Σελήνης και του Ήλιου, ενώ η κυματική ενέργεια αξιοποιεί την κινητική ενέργεια των κυμάτων του ωκεανού (Stagno, 2019). Και οι δύο μορφές ενέργειας έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν μια συνεπή και αξιόπιστη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πολιτικοί μηχανικοί σχεδιάζουν την υποδομή για έργα παλιρροϊκής και κυματικής ενέργειας και οι περιβαλλοντικοί μηχανικοί αξιολογούν τις οικολογικές επιπτώσεις τους (Guillou, 2020).

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) προσφέρουν μια βιώσιμη λύση στις αυξανόμενες ενεργειακές απαιτήσεις του κόσμου. Η ενσωμάτωσή τους σε έργα μηχανικού διασφαλίζει ότι οι εξελίξεις των υποδομών είναι σε αρμονία με το περιβάλλον. Καθώς η παγκόσμια κοινότητα συνεχίζει να δίνει προτεραιότητα στη βιωσιμότητα, ο ρόλος των ΑΠΕ στη διαμόρφωση ενός πιο πράσινου μέλλοντος γίνεται όλο και πιο εμφανής.

2.2 Πολιτικές Προώθησης της Χρήσης ΑΠΕ στην ΕΕ και την Ελλάδα

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) βρίσκεται στην πρώτη γραμμή των παγκόσμιων προσπαθειών για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την προώθηση βιώσιμων ενεργειακών λύσεων. Αναγνωρίζοντας τις δυνατότητες των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στη διασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας, η ΕΕ έχει εφαρμόσει μια σειρά από πολιτικές και οδηγίες με στόχο την αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ στο ενεργειακό της μείγμα. Ομοίως, η Ελλάδα, ως μέλος της ΕΕ, έχει υιοθετήσει και προσαρμόσει αυτές τις οδηγίες στο εθνικό της πλαίσιο, αντανακλώντας τη δέσμευσή της για ένα βιώσιμο ενεργειακό μέλλον.

2.2.1 Πολιτικές της ΕΕ για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η δέσμευση της ΕΕ για τις ΑΠΕ εντοπίζεται στις αρχές της δεκαετίας του 2000, με την υιοθέτηση της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ για την προώθηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001). Η οδηγία αυτή έθεσε ενδεικτικούς στόχους για κάθε κράτος μέλος, με στόχο την αύξηση του μεριδίου της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ.

Το 2009, η ΕΕ ενίσχυσε περαιτέρω τη δέσμευσή της με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2009). Αυτή η οδηγία έθεσε δεσμευτικούς εθνικούς στόχους για το συνολικό μερίδιο των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2020. Εισήγαγε επίσης μέτρα για τη διευκόλυνση της ενσωμάτωσης των ΑΠΕ στα εθνικά ενεργειακά συστήματα, όπως η κατάρτιση εθνικών σχεδίων δράσης και προγραμμάτων υποστήριξης.

Το πακέτο «Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους», που εισήχθη το 2018, είναι άλλο ένα ορόσημο στην πολιτική της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτό το πακέτο στοχεύει να διασφαλίσει ότι η ΕΕ παραμένει παγκόσμιος ηγέτης στις ΑΠΕ και εκπληρώνει τις δεσμεύσεις της στο πλαίσιο της Συμφωνίας του Παρισιού. Θέτει νέο δεσμευτικό στόχο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τουλάχιστον 32% έως το 2030, με ρήτρα για πιθανή αναθεώρηση προς τα πάνω έως το 2023 (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Μετά το 2018, η εξέλιξη της πολιτικής της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνει τα εξής σημεία:

- **Νομοθετικές Αλλαγές:** Έχουν γίνει αναθεωρήσεις στη νομοθεσία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των Οδηγιών για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και της Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές. Αυτές οι αλλαγές ενισχύουν τις δεσμεύσεις της ΕΕ στον τομέα των ΑΠΕ.
- **Επενδύσεις σε Ερευνητικά Προγράμματα:** Έχει αυξηθεί η χρηματοδότηση για ερευνητικά προγράμματα σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, προκειμένου να ενισχυθεί η απόδοση και η βιωσιμότητά τους.

- **Υποστήριξη της Πράσινης Συμφωνίας:** Η ΕΕ έχει υιοθετήσει την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, η οποία θέτει φιλόδοξους στόχους για την αειφορία και τη μείωση των εκπομπών. Αυτό συμπεριλαμβάνει την προώθηση των ΑΠΕ και την ανάπτυξη της υποδομής για αυτές.
- **Προτεραιότητα στην Κυκλική Οικονομία:** Η ΕΕ έχει εστιάσει επίσης στην πολιτική της για την προώθηση της Κυκλικής Οικονομίας, η οποία στοχεύει στη μείωση των αποβλήτων και τη βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης των πόρων.

Αυτές οι αλλαγές αντικατοπτρίζουν τη συνεχή δέσμευση της ΕΕ για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών, ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και την κλιματική αντοχή της ενεργειακής της πολιτικής.

2.2.2 Πολιτικές για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, με τους άφθονους ηλιακούς και αιολικούς πόρους της, έχει αναγνωρίσει τις δυνατότητες των ΑΠΕ στη μεταμόρφωση του ενεργειακού της τοπίου. Η δέσμευση της χώρας για τις ΑΠΕ είναι εμφανής στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (NREAP), το οποίο σκιαγραφεί τις στρατηγικές και τα μέτρα για την επίτευξη των στόχων που τίθενται από τις οδηγίες της ΕΕ.

Το 2010, η Ελλάδα εισήγαγε το Νόμο 3851/2010 για «Επιτάχυνση της ανάπτυξης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες ρυθμίσεις που αφορούν θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής» (Βουλή των Ελλήνων, 2010). Ο νόμος αυτός καθιέρωσε ένα νέο ρυθμιστικό πλαίσιο για την προώθηση των ΑΠΕ, θέτοντας φιλόδοξους στόχους για το μερίδιο των ΑΠΕ στους τομείς της ηλεκτρικής ενέργειας, της θέρμανσης και της ψύξης και των μεταφορών.

Επιπλέον, το Ελληνικό Ενεργειακό Ρυθμιστικό Σχέδιο τονίζει τη σημασία των ΑΠΕ για τη διασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας και τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Το σχέδιο καθορίζει έναν οδικό χάρτη για την ανάπτυξη των υποδομών ΑΠΕ, συμπεριλαμβανομένης της επέκτασης του δικτύου και της δημιουργίας εγκαταστάσεων αποθήκευσης ενέργειας.

Τόσο η ΕΕ όσο και η Ελλάδα έχουν επιδείξει ισχυρή δέσμευση για την προώθηση της χρήσης των ΑΠΕ. Μέσω μιας σειράς πολιτικών και οδηγιών, στοχεύουν να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες των ΑΠΕ για την αντιμετώπιση των προκλήσεων της κλιματικής αλλαγής και τη διασφάλιση ενός βιώσιμου ενεργειακού μέλλοντος. Είναι επιτακτική ανάγκη να γίνουν κατανοητές αυτές οι πολιτικές και οι επιπτώσεις τους, καθώς διαμορφώνουν το μέλλον των ενεργειακών υποδομών και της αειφόρου ανάπτυξης στην περιοχή.

Οι πρόσφατοι στόχοι της Ελλάδας στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η αναφορά στο ΕΣΕΚ (Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας και Κλιματικής) είναι σημαντικά για την προώθηση της χρήσης των ΑΠΕ στη χώρα. Αυτά συμπεριλαμβάνουν:

- **Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας και Κλιματικής (ΕΣΕΚ):** Το ΕΣΕΚ αποτελεί ένα σημαντικό σχέδιο δράσης της Ελλάδας για την ανάπτυξη των ΑΠΕ και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Αυτό το σχέδιο

περιλαμβάνει στόχους για τη μείωση των εκπομπών, την αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ, και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και των μεταφορών.

- **Στόχοι Ενεργειακής Ανεξαρτησίας:** Η Ελλάδα έχει θέσει στόχους για την αύξηση της εγχώριας παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ώστε να μειώσει την εξάρτησή της από τις εισαγωγές ενέργειας.
- **Ανάπτυξη Ανεμογεννητριών και Φωτοβολταϊκών:** Η Ελλάδα έχει επενδύσει στην ανάπτυξη ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών σταθμών, εκμεταλλευόμενη τον υψηλό αντίστοιχο δυναμικό της χώρας.
- **Επενδύσεις στην Υποδομή:** Η χώρα έχει επενδύσει στη βελτίωση της ενεργειακής υποδομής, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων διανομής και μετάδοσης, για την αποτελεσματική διανομή και χρήση της ανανεώσιμης ενέργειας.

Αυτές οι εξελίξεις αντικατοπτρίζουν την πρόοδο που έχει σημειώσει η Ελλάδα προς την επίτευξη των στόχων της στον τομέα των ΑΠΕ και τη δημιουργία ενός βιώσιμου ενεργειακού μέλλοντος.

2.3 Το φαινόμενο Duck Curve

Το Φαινόμενο Duck Curve, έχει βαθιές επιπτώσεις για το μέλλον της βιώσιμης διαχείρισης υποδομών και ενέργειας (Kim et al., 2022).

2.3.1 Προέλευση και σημασία

Το διάγραμμα φορτίου Duck Chart εισήχθη για πρώτη φορά στο πλαίσιο της ζήτησης και της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Αντιπροσωπεύει γραφικά την ανισορροπία μεταξύ της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, κυρίως ηλιακής ενέργειας, και της πραγματικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας (Kim et al., 2022). Καθώς ο ήλιος ανατέλλει και η παραγωγή ηλιακής ενέργειας αυξάνεται, υπάρχει μια βουτιά στο καθαρό φορτίο, που οδηγεί στην κοιλιά του διαγράμματος. Αντίθετα, καθώς ο ήλιος δύει και η ηλιακή παραγωγή μειώνεται, υπάρχει μια απότομη αύξηση του καθαρού φορτίου, σχηματίζοντας τον λαιμό του.

Αυτή η καμπύλη δεν είναι απλώς μια αναπαράσταση ενεργειακών προτύπων, αλλά είναι εμβληματική των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν τα ενεργειακά δίκτυα παγκοσμίως. Η ταχεία εισροή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αν και είναι αξιόπαινη από περιβαλλοντική άποψη, έχει εισαγάγει πολυπλοκότητες στη διαχείριση του δικτύου. Η ουσία του ζητήματος έγκειται στη χρονική αναντιστοιχία μεταξύ της μέγιστης παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας και της μέγιστης ζήτησης ενέργειας (Schmalensee, 2022)

2.3.2 Ανάγκες καινοτόμων λύσεων

Το διάγραμμα φορτίου υπογραμμίζει την ανάγκη για καινοτόμες λύσεις υποδομής. Τα παραδοσιακά ενεργειακά δίκτυα, σχεδιασμένα για σταθερές και προβλέψιμες πηγές ενέργειας, αντιμετωπίζουν τώρα την πρόκληση της μεταβλητής φύσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό απαιτεί την ανάπτυξη προσαρμοστικών και

ανθεκτικών συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, όπως οι προηγμένες τεχνολογίες μπαταριών και η αντλούμενη αποθήκευση υδροηλεκτρικής ενέργειας, για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ προσφοράς και ζήτησης (Watari et al., 2021).

Το φαινόμενο Duck Chart αποτελεί απόδειξη της πιεστικής ανάγκης για βιώσιμη διαχείριση ενέργειας. Το φαινόμενο υπογραμμίζει το περιβαλλοντικό κόστος που σχετίζεται με την αύξηση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε περιόδους χαμηλής παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η αντιμετώπιση των προκλήσεων που θέτει η καμπύλη του διαγράμματος μπορεί να ανοίξει το δρόμο για ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον, ελαχιστοποιώντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα (Pitra & Musti, 2021).

2.3.3 Μελλοντικές Κατευθύνσεις

Το Φαινόμενο του Διαγράμματος φορτίου (Duck Chart) πέραν των προκλήσεων που θέτει στους διαχειριστές ενέργειας και στους μελετητές, παρουσιάζει επίσης ευκαιρίες. Η έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη για την ανάπτυξη έξυπνων δικτύων εξοπλισμένων με παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και προγνωστικές αναλύσεις. Αυτά τα δίκτυα μπορούν να προσαρμόζονται δυναμικά στις διακυμάνσεις της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, διασφαλίζοντας απρόσκοπτη παροχή ενέργειας (Radermacher, 2017).

Επιπλέον, η διεπιστημονική συνεργασία μεταξύ Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος μπορεί να δώσει ολιστικές λύσεις. Ενσωματώνοντας τις αρχές του βιώσιμου σχεδιασμού με προηγμένες τεχνικές μηχανικής, είναι δυνατό να μετριαστούν οι προκλήσεις που θέτει η καμπύλη του διαγράμματος φορτίου και να εγκατασταθεί μια εποχή βιώσιμης ενέργειας για όλους (Sheha et al., 2020).

Το φαινόμενο του διαγράμματος αυτού, με τις περίπλοκες προκλήσεις και τις απεριόριστες ευκαιρίες του, βρίσκεται στην πρώτη γραμμή του σύγχρονου λόγου μηχανικής. Κατανοώντας τις αποχρώσεις του και αναζητώντας ενεργά καινοτόμες λύσεις, η κοινότητα των μηχανικών μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση ενός βιώσιμου μέλλοντος.

2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν το διάγραμμα φορτίου (φαινόμενο Duck Chart)

Το φαινόμενο συνδέεται πρωτίστως με την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα της ηλιακής ενέργειας, στο ηλεκτρικό σύστημα. Καθώς ο ήλιος ανατέλλει και δύει, η δυναμική ζήτηση και προσφορά αλλάζει, οδηγώντας στο χαρακτηριστικό σχήμα του Διαγράμματος φορτίου. Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν αυτό το φαινόμενο και η κατανόηση αυτών είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική διαχείριση ενέργειας και τη σταθερότητα του δικτύου. Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα της ηλιακής ενέργειας, παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του φαινομένου Duck Chart. Καθώς η παραγωγή ηλιακής ενέργειας κορυφώνεται το μεσημέρι, οδηγεί σε μείωση της ζήτησης για παραδοσιακές πηγές ενέργειας και σε υπερπροσφορά ηλεκτρικής ενέργειας η οποία δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί την ώρα

που παράγεται.. Ωστόσο, καθώς ο ήλιος δύει, υπάρχει μια απότομη αύξηση της ζήτησης, που οδηγεί στον «λαιμό» του σχήματος του διαγράμματος (Kosowatz, 2018).

Αυτό το κεφάλαιο εμβαθύνει στους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο του διαγράμματος φορτίου.

2.4.1 Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας

Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, όπως οι μπαταρίες, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το διάγραμμα φορτίου. Αυτά τα συστήματα αποθηκεύουν την περίσσεια ενέργειας που παράγεται κατά τις ώρες αιχμής της ηλιακής ακτινοβολίας και την απελευθερώνουν σε περιόδους υψηλής ζήτησης, ισοπεδώνοντας αποτελεσματικά την καμπύλη και μειώνοντας την κλίση του διαγράμματος (Jones & Williams, 2021).

2.4.2 Συμπεριφορά Καταναλωτή

Η συμπεριφορά των καταναλωτών και τα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του διαγράμματος φορτίου. Παράγοντες όπως η ώρα της ημέρας που οι περισσότεροι καταναλωτές χρησιμοποιούν συσκευές έντασης ενέργειας μπορούν να επηρεάσουν την καμπύλη ζήτησης. Επιπλέον, η υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικών πρακτικών και συσκευών μπορεί να μετριάσει την απότομη καμπύλη (Fallahi & Maghouli, 2020).

2.4.3 Υποδομή δικτύου

Η υποδομή του ίδιου του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επηρεάσει το φαινόμενο Duck Chart. Τα πλέγματα που είναι πιο ευέλικτα και μπορούν γρήγορα να προσαρμοστούν στις αλλαγές της προσφοράς και της ζήτησης είναι λιγότερο πιθανό να εμφανίσουν έντονο διάγραμμα φορτίου. Οι επενδύσεις στον εκσυγχρονισμό του δικτύου και η ενσωμάτωση τεχνολογιών έξυπνων δικτύων μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση των προκλήσεων που θέτει το διάγραμμα φορτίου (Wang et al., 2019).

2.4.4 Πολιτική και Ρυθμιστικό Πλαίσιο

Οι κυβερνητικές πολιτικές και τα ρυθμιστικά πλαίσια μπορούν είτε να επιδεινώσουν είτε να μετριάσουν το διάγραμμα φορτίου. Οι πολιτικές που προωθούν την υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χωρίς επαρκείς διατάξεις για την αποθήκευση ενέργειας ή τον εκσυγχρονισμό του δικτύου μπορούν να οδηγήσουν σε ένα πιο έντονο διάγραμμα φορτίου. Από την άλλη πλευρά, οι πολιτικές που δίνουν κίνητρα για την αποθήκευση ενέργειας και την ευελιξία του δικτύου μπορούν να βοηθήσουν στην αποτελεσματικότερη διαχείριση του φαινομένου.

Το Duck Chart αναδεικνύει προκλήσεις αναφορικά με τη διαχείριση της ενέργειας και τη διασφάλιση της δικτυακής σταθερότητας. Οι επιπτώσεις αυτού του φαινομένου εκτείνονται πέραν της απλής αύξησης της παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αφού απαιτείται η αναδιοργάνωση του ενεργειακού συστήματος.

Εκτός από την εγκατάσταση περισσότερων αποδοτικών ανανεώσιμων πηγών, απαιτείται και η ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, καθώς και η βελτίωση του δικτύου μεταφοράς και διανομής. Η έρευνα και η καινοτομία παίζουν κεντρικό ρόλο στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Με τη σωστή ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, μπορούμε να διαχειριστούμε αποτελεσματικά τις διακυμάνσεις της παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές, ενώ η ενίσχυση του δικτύου εξασφαλίζει τη σταθερή παροχή ενέργειας.

Παράλληλα, η διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας βοηθά στην μείωση της εξάρτησης από τις συγκεκριμένες πηγές και τις πιθανές ευπάθειές τους. Αυτό δημιουργεί ένα πιο ανθεκτικό και ασφαλές ενεργειακό σύστημα, το οποίο μπορεί να αντιμετωπίσει τις απαιτήσεις της μελλοντικής ενεργειακής αγοράς.

Συνολικά, η πρόκληση του Duck Chart μας ωθεί προς την κατεύθυνση της έξυπνης, αειφόρου, και αποδοτικής ενεργειακής πολιτικής και τεχνολογικής καινοτομίας, η οποία είναι απαραίτητη για τη δημιουργία ενός βιώσιμου ενεργειακού μέλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1 Σχεδιασμός Έρευνας

Ο σχεδιασμός της έρευνας χρησιμεύει ως το προσχέδιο για τη μελέτη, περιγράφοντας τις στρατηγικές και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων. Δεδομένης της πολύπλευρης φύσης των ερευνητικών ερωτημάτων που τίθενται σε αυτή τη μελέτη, υιοθετείται μια προσέγγιση μεικτών μεθόδων, η οποία ενσωματώνει τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές ερευνητικές τεχνικές. Αυτή η προσέγγιση εξασφαλίζει μια πλήρη κατανόηση της δυναμικής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, του τρόπου που οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ενσωματώνονται στο σύστημα, και των επιπτώσεών του διαγράμματος φορτίου στην Ελλάδα.

Για την παρούσα έρευνα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που παρέιχε ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) για την περίοδο από το 2012 έως το 2022. Αυτά τα δεδομένα περιλάμβαναν πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκά στοιχεία καθώς και τη γενική ζήτηση ρεύματος σε ωριαίο χρονικό βήμα.

Η μεθοδολογία περιλάμβανε τη χρήση διάφορων στατιστικών τεχνικών για την ανάλυση των δεδομένων. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε ανάλυση περιγραφικών στατιστικών για την εξαγωγή βασικών στατιστικών μεγεθών και την εξέταση της κατανομής των δεδομένων. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε στατιστικός έλεγχος Pearson για την αξιολόγηση των συσχετίσεων μεταξύ των διάφορων μεταβλητών και της δημιουργίας μοντέλου πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης προκειμένου να εξηγηθούν οι επιπτώσεις του φαινομένου του διαγράμματος φορτίου στην Ελλάδα.

Οι στατιστικές τεχνικές αυτές επιλέχθηκαν διότι είναι κατάλληλες για την ανάλυση συσχετίσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων από τα δεδομένα που σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη ζήτηση ρεύματος. Επιπλέον, είναι ευρέως αποδεκτές και χρησιμοποιούνται ευρέως σε παρόμοιες ενεργειακές μελέτες για την αξιολόγηση των επιπτώσεων και των σχέσεων μεταξύ μεταβλητών.

3.1.1 Ποσοτική Έρευνα

Πρωταρχικός στόχος της ποσοτικής συνιστώσας είναι η ανάλυση των προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το 2012 έως το 2022, εστιάζοντας στην παραγωγή ηλιακής ενέργειας και τις επιπτώσεις της αύξησης αυτής στο ελληνικό ενεργειακό τοπίο.

Πρωταρχική πηγή ποσοτικών δεδομένων είναι ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ). Ο ΑΔΜΗΕ (είναι ο φορέας που υπεύθυνος για τη διαχείριση και τον συντονισμό του ελληνικού ηλεκτρικού δικτύου. Στο πλαίσιο των καθηκόντων του, διασφαλίζει τη σταθερή και ασφαλή λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος στην Ελλάδα. Αυτό περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και τη διαχείριση της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τις πηγές παραγωγής (όπως ανανεώσιμες πηγές, ηλεκτροπαραγωγοί, κ.λπ.) προς τους καταναλωτές

Ο ΑΔΜΗΕ λαμβάνει δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως ηλεκτροπαραγωγούς, υποσταθμούς, και παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τη λειτουργία του ενεργειακού συστήματος στη χώρα. Οι δεδομένες αυτές πληροφορίες συνήθως περιλαμβάνουν πληροφορίες για την παραγωγή, τη διανομή, και τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τις συνθήκες λειτουργίας του δικτύου. Ο ΑΔΜΗΕ έχει κεντρικό ρόλο στον ελληνικό ενεργειακό τομέα και συμβάλλει στη διασφάλιση της σταθερότητας και της ασφάλειας του ηλεκτρικού συστήματος στη χώρα.

Για τη διερεύνηση του φαινομένου "duck chart," χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που αντλήθηκαν από τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) για την περίοδο από το 2012 έως το 2022. Τα συγκεκριμένα δεδομένα περιλάμβαναν πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκές πηγές, καθώς και τη γενική ζήτηση ρεύματος σε ωριαίο χρονικό βήμα. Τα κυριότερα στοιχεία που αντλήθηκαν και αναλύθηκαν περιλαμβάνουν τα εξής:

1. Παραγωγή Ηλεκτρικού Ρεύματος από Φωτοβολταϊκές Πηγές: Τα δεδομένα περιελάμβαναν πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις σε πανελλήνιο επίπεδο. Αυτά τα δεδομένα προσφέρουν εικόνα της παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
2. Ζήτηση Ηλεκτρικού Ρεύματος: Τα δεδομένα περιλάμβαναν πληροφορίες σχετικά με τη ζήτηση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη διάρκεια της ημέρας, ανά ωριαίο χρονικό διάστημα. Αυτά τα δεδομένα είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των προτύπων κατανάλωσης ενέργειας.

Η μεθοδολογία περιλάμβανε τη χρήση διαφόρων στατιστικών τεχνικών, όπως η ανάλυση περιγραφικών στατιστικών για την περιγραφή των δεδομένων, ο στατιστικός έλεγχος Pearson για την εξέταση των συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών, και η δημιουργία μοντέλου πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για την ανάλυση των προβλέψεων και των επιπτώσεων του φαινομένου "duck chart." Οι επιλογές αυτές έγιναν με σκοπό την πλήρη κατανόηση της δυναμικής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και των σχέσεών της με την παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προκλητικά του διαγράμματος "duck chart" και να διασφαλιστεί η σταθερότητα του ηλεκτρικού δικτύου και η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας.

Πρόσθετα στοιχεία για την παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας αντλήθηκαν από τις μηνιαίες εκθέσεις του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Για την περαιτέρω διερεύνηση της παραγωγής φωτοβολταϊκής ενέργειας, χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον στοιχεία που αντλήθηκαν από τις μηνιαίες εκθέσεις του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Αυτές οι εκθέσεις περιλάμβαναν αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα, καθώς και στατιστικά δεδομένα για την εξέλιξη της φωτοβολταϊκής ενέργειας στη χώρα.

Συγκεκριμένα, τα στοιχεία που αντλήθηκαν από αυτές τις εκθέσεις περιλάμβαναν:

1. Συνολική Παραγωγή Φωτοβολταϊκής Ενέργειας: Οι εκθέσεις του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας παρείχαν πληροφορίες για τη συνολική παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια

της περιόδου 2012-2022. Αυτές οι πληροφορίες προσφέρουν μια συνολική εικόνα της ανάπτυξης της φωτοβολταϊκής ενέργειας στη χώρα.

2. Εξέλιξη της Φωτοβολταϊκής Ενέργειας με την Πάροδο του Χρόνου: Οι εκθέσεις παρείχαν στατιστικά δεδομένα για την εξέλιξη της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα, συμπεριλαμβανομένων των νέων εγκαταστάσεων και της αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος.

3. Περιφερειακά Δεδομένα: Οι εκθέσεις παρείχαν επίσης δεδομένα για την παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, πράγμα που επέτρεψε την ανάλυση των περιφερειακών διαφορών.

Η χρήση αυτών των στοιχείων από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας ενισχύει την ποικιλομορφία των πηγών δεδομένων και παρέχει περαιτέρω ενδελεχή ανάλυση για την παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες για την κατανόηση του φαινομένου "duck chart".

Οι καιρικές συνθήκες, ως σημαντικός εξωτερικός παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, συλλέχθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Για την ανάλυση του φαινομένου "duck chart" και των επιπτώσεών του στην παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα, οι καιρικές συνθήκες αποτελούν έναν σημαντικό εξωτερικό παράγοντα που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Συγκεκριμένα, οι καιρικές συνθήκες που επηρεάζουν την παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας περιλαμβάνουν την ηλιοφάνεια, την θερμοκρασία, τον άνεμο και τον συνολικό μεταβλητό καιρό.

Τα δεδομένα σχετικά με τις καιρικές συνθήκες συλλέχθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των ηλιόλουστων ημερών, την ένταση της ηλιοφάνειας, τη θερμοκρασία, την ταχύτητα του ανέμου και άλλες κλιματολογικές παραμέτρους. Αυτά τα δεδομένα είναι απαραίτητα για να κατανοήσουμε την επίδραση των καιρικών συνθηκών στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα.

Η συλλογή και η ανάλυση αυτών των δεδομένων επιτρέπει την εκτίμηση της σχέσης μεταξύ των καιρικών συνθηκών και της παραγωγής φωτοβολταϊκής ενέργειας, καθώς και την αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε διάφορες καιρικές συνθήκες.

Για την ανάλυση του φαινομένου Duck Chart και των επιπτώσεών του στην παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα, χρησιμοποιήθηκαν διάφορες στατιστικές τεχνικές. Συγκεκριμένα:

1. Περιγραφικές στατιστικές: Χρησιμοποιήθηκαν περιγραφικές στατιστικές τεχνικές για τη δημιουργία ενός αρχικού πλαισίου που περιέγραφε τις τάσεις και τα μοτίβα της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές κατά τη διάρκεια της μελέτης.

2. Αναλύσεις συσχέτισης και αυτοσυσχέτισης: Χρησιμοποιήθηκαν αναλύσεις συσχέτισης για τον προσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορα έτη και μήνες. Αυτές οι αναλύσεις βοήθησαν να γίνει κατανοητή η εξέλιξη των προτύπων κατανάλωσης.

3. Ανάλυση χρονοσειρών: Η ανάλυση χρονοσειρών χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη προτύπων και τάσεων στα δεδομένα με την πάροδο του χρόνου, ειδικά όσον αφορά το φαινόμενο του διαγράμματος φορτίου. Αυτή η

ανάλυση επέτρεψε να προβλέψουμε μελλοντικές τάσεις και να κατανοήσουμε την επίδραση των καιρικών συνθηκών στην παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας.

Η χρήση αυτών των στατιστικών τεχνικών επέτρεψε την περαιτέρω κατανόηση του πώς το φαινόμενο Duck Chart επηρέασε την παραγωγή και την κατανάλωση φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια της μελέτης.

3.1.2 Ποιοτική Έρευνα

Για την ποιοτική συνιστώσα της έρευνας, ήταν απαραίτητο να διεξαχθεί αναζήτηση και ταξινόμηση της σχετικής ελληνικής και ξένης βιβλιογραφίας που αφορούσε τις πολιτικές για τη χρήση των ΑΠΕ και τη συμβολή τους στην Ελλάδα. Οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν:

1. Αναζήτηση σε βάσεις δεδομένων: Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση σε διάφορες βάσεις δεδομένων, όπως επιστημονικά περιοδικά, ακαδημαϊκές βάσεις δεδομένων και αποθετήρια ερευνητικών εργασιών (Scopus, Google Scholar, D-Space, Nemertes κλπ). Χρησιμοποιήθηκαν κλειδιά λέξεις όπως "ανανεώσιμες πηγές ενέργειας," "πολιτικές ΑΠΕ," "Ελλάδα," "ενεργειακή πολιτική" κ.λπ.
2. Κριτική ανάλυση: Μετά την αναζήτηση, οι ερευνητές πραγματοποίησαν μια κριτική ανάλυση των επιλεγμένων εργασιών, αξιολογώντας τη σχετικότητα και την ποιότητα των εργασιών για την έρευνα.
3. Ταξινόμηση και οργάνωση: Οι ερευνητές ταξινόμησαν τις επιλεγμένες εργασίες σε κατηγορίες βάσει των κύριων θεμάτων και πτυχών που αναφέρονται, όπως πολιτικές για τις ΑΠΕ, αναλύσεις επιδόσεων, προκλήσεις και ευκαιρίες.
4. Σύνθεση και ανάλυση των αποτελεσμάτων: Με βάση την ανάλυση και την ταξινόμηση, οι ερευνητές συνέθεσαν και ανέλυσαν τα αποτελέσματα από την ελληνική και ξένη βιβλιογραφία, ώστε να αναδείξουν τις σημαντικές ευρήματα και τις κύριες τάσεις.

Αυτή η ποιοτική προσέγγιση βοήθησε τους ερευνητές να αποκτήσουν μια εμβαθυμένη κατανόηση των πολιτικών που αφορούν τις ΑΠΕ και τη συμβολή τους στην Ελλάδα, καθώς και να αναδείξουν τις σημαντικές πτυχές που πρέπει να εξεταστούν στην έρευνα.

3.1.3 Εργαλεία και λογισμικό έρευνας

Στη μελέτη, για την ποσοτική ανάλυση των δεδομένων, επιλέχθηκε το στατιστικό πακέτο λογισμικού SPSS. Η επιλογή αυτή έγινε με βάση την κρίση της συγγραφέως, η οποία θεώρησε ότι το SPSS ήταν το κατάλληλο εργαλείο για την ανάλυση των δεδομένων που είχαν χαρακτηριστεί πολύπλοκα.

Το SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) είναι ένα δημοφιλές στατιστικό λογισμικό που χρησιμοποιείται ευρέως σε επιστημονικές και έρευνες εφαρμογές. Το λογισμικό αυτό προσφέρει πολλές προηγμένες στατιστικές τεχνικές και εργαλεία για την ανάλυση δεδομένων, καθώς και δυνατότητες για γραφικές παραστάσεις και αναφορές.

Η επιλογή ενός κατάλληλου στατιστικού πακέτου εξαρτάται από τον τύπο των δεδομένων και τον στόχο της ανάλυσης. Στην προκειμένη περίπτωση, το SPSS επιλέχθηκε για την ανάλυση πολύπλοκων δεδομένων που σχετίζονταν με τις πολιτικές των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Η χρήση του SPSS δίνει τη δυνατότητα για εξειδικευμένες στατιστικές αναλύσεις που μπορούν να αποκαλύψουν πολύτιμες πληροφορίες και τάσεις στα δεδομένα.

Ο σχεδιασμός έρευνας μεικτών μεθόδων που υιοθετήθηκε σε αυτή τη μελέτη εξασφαλίζει μια ολοκληρωμένη και λεπτή κατανόηση του θέματος. Με την ενσωμάτωση τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών ερευνητικών τεχνικών, η μελέτη στοχεύει να παρέχει μια ολιστική εικόνα των προκλήσεων και των ευκαιριών που συνδέονται με την ενσωμάτωση της ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα, με βάση εμπειρικά δεδομένα και γνώσεις ειδικών (Fetters, 2022).

3.2 Συλλογή δεδομένων

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της μεθοδολογίας κάθε έρευνας. Η συλλογή δεδομένων για αυτή τη μελέτη, συμπεριέλαβε μια σειρά πηγών για την παροχή ολοκληρωμένης κατανόησης της δυναμικής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της ολοκλήρωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα.

3.2.1 Πρωτεύουσες πηγές δεδομένων

Στην έρευνα, αντλήθηκαν, μελετήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα συγκεκριμένα δεδομένα:

- Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκές πηγές: Χρησιμοποιήθηκαν ετήσια δεδομένα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα για την περίοδο από το 2012 έως το 2022. Αυτά τα δεδομένα παρέχονται από τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) και περιλαμβάνουν πληροφορίες για την παραγωγή ανά εγκατάσταση, κατηγορία ισχύος, και γεωγραφική τοποθεσία.
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: Χρησιμοποιήθηκαν ωριαία δεδομένα για τη γενική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για την περίοδο 2012-2022. Τα δεδομένα αυτά επίσης παρέχονται από τον ΑΔΜΗΕ και περιλαμβάνουν πληροφορίες για την ημερήσια κατανάλωση, με διακρίσεις ανά ώρα και ημέρα.
- Καιρικές συνθήκες: Συλλέχθηκαν δεδομένα σχετικά με τις καιρικές συνθήκες από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν πληροφορίες για τη θερμοκρασία, την ηλιοφάνεια, την υγρασία και άλλες καιρικές παραμέτρους για κάθε ημέρα και ώρα.
- Πολιτικές και νομοθεσία: Εξετάστηκε η σχετική πολιτική και νομοθετική πλατφόρμα που αφορά την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αυτά τα δεδομένα προέρχονται από επίσημες πηγές, όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας.

Τα παραπάνω δεδομένα αναλύθηκαν με εξειδικευμένες στατιστικές μεθόδους, συμπεριλαμβανομένων της ανάλυσης περιγραφικών στατιστικών, αναλύσεων συσχέτισης, αυτοσυσχέτισης, και ανάλυσης χρονοσειρών. Η αναλυτική επεξεργασία αυτή επέτρεψε την αναδειξη προτύπων, συσχετίσεων και τάσεων στα δεδομένα που σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκές πηγές και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

3.2.2 Δευτερεύουσες πηγές δεδομένων

Μελετήθηκαν διάφορες έκθεσεις και δεδομένα που προέρχονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ελληνική Κυβέρνηση. Συγκεκριμένα από την Ευρωπαϊκή Ένωση μελετήθηκαν τα ακόλουθα έγγραφα:

1. **Οδηγία για τις ΑΠΕ (2009/28/ΕΚ):** Αυτή η οδηγία θεσπίζει τους στόχους και τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ στα κράτη μέλη της ΕΕ. Προβλέπει, μεταξύ άλλων, την υποχρέωση των κρατών μελών να θέσουν εθνικούς στόχους για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και να προωθήσουν τη χρήση αυτών των πηγών.
2. **Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση (2012/27/ΕΕ):** Αυτή η οδηγία απαιτεί από τα κράτη μέλη να λάβουν μέτρα για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και την προώθηση των ΑΠΕ. Προβλέπει, μεταξύ άλλων, την ανάπτυξη εθνικών σχεδίων για τις ΑΠΕ και την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης σε δημόσια κτήρια.
3. **"Αναφορά για την κατάσταση της ενέργειας στην ΕΕ" (2020):** Αυτή η ετήσια έκθεση περιλαμβάνει στατιστικά στοιχεία σχετικά με την παραγωγή και χρήση ΑΠΕ στα κράτη μέλη, καθώς και τη συμμόρφωση των χωρών με τους στόχους της ΕΕ για τις ΑΠΕ.
4. **"Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Επενδύσεων για την Καθαρή Ενέργεια" (2020):** Αυτή η πρωτοβουλία παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για τη χρηματοδότηση και επένδυση σε έργα που συνδέονται με τις ΑΠΕ και την καθαρή ενέργεια.
5. **"Ενεργειακό Πρόγραμμα για την Υγιή Πλανήτη για την Ευρώπη" (2020):** Αυτό το πρόγραμμα προωθεί δράσεις προς την κατεύθυνση της αειφόρου ενέργειας και της απενεργοποίησης των ορυκτών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων μέτρων για την προώθηση των ΑΠΕ.

Από την Ελληνική Κυβέρνηση, μερικές συγκεκριμένες εκθέσεις και οδηγίες που αφορούν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και την ενεργειακή πολιτική περιλαμβάνουν:

1. **Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΕΣΕΚ):** Το ΕΣΕΚ είναι το κύριο εθνικό σχέδιο που καθορίζει τους στόχους και τις δράσεις για την ενεργειακή πολιτική και τις ΑΠΕ στην Ελλάδα. Αναπτύσσει μια στρατηγική για την αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ και τη μείωση των εκπομπών θερμοκηπίου.

2. **Ετήσια Έκθεση για την Κατάσταση της Ενέργειας στην Ελλάδα:** Αυτή η ετήσια έκθεση περιλαμβάνει στατιστικά στοιχεία και αναλύσεις σχετικά με την παραγωγή και χρήση των διαφόρων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των ΑΠΕ, στην Ελλάδα.
3. **Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΕΣΔΑΠΕ):** Το ΕΣΔΑΠΕ είναι ένα έγγραφο που προσδιορίζει τις συγκεκριμένες δράσεις που πρέπει να ακολουθηθούν για την προώθηση των ΑΠΕ στην Ελλάδα.
4. **Διαρκής Ενεργειακός Χάρτης:** Αυτός ο χάρτης περιλαμβάνει πληροφορίες για τα έργα παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ που βρίσκονται σε εξέλιξη ή στα σχέδια στην Ελλάδα.

Αυτές οι πηγές παρείχαν πολύτιμα δεδομένα και πληροφορίες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της πολιτικής προώθησης των ΑΠΕ τόσο σε πανευρωπαϊκό όσο και σε ελληνικό επίπεδο καθώς και για την κατανόηση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα.

Ακαδημαϊκή Λογοτεχνία

Αναζητήθηκαν βάσεις δεδομένων όπως το Web of Science και το Scopus για τη λήψη ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας σχετικά με το φαινόμενο του διαγράμματος φορτίου και τους παράγοντες που το επηρεάζουν. Αυτή η βιβλιογραφία παρέχει μια θεωρητική βάση για τη μελέτη και προσφέρει πληροφορίες για τον ευρύτερο ακαδημαϊκό λόγο για το θέμα. Εξετάστηκε συγκεκριμένα βιβλιογραφία της τελευταίας 15ετίας (2008-2023).

3.3 Ανάλυση Δεδομένων

Η φάση της ανάλυσης δεδομένων είναι απαραίτητη για να μετατραπούν τα ακατέργαστα δεδομένα σε χρήσιμες γνώσεις που μπορούν να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα (Onwuegbuzie & Combs, 2010). Σε αυτήν τη μελέτη υιοθετήθηκε μια πολύπλευρη προσέγγιση για την ανάλυση των δεδομένων, η οποία κάλυπτε διάφορες διαστάσεις της ενεργειακής κατανάλωσης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Αυτό περιλάμβανε:

1. Ποσοτική Ανάλυση: Χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή και την κατηγοριοποίηση ποσοτικών δεδομένων, όπως η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από φωτοβολταϊκές πηγές, η γενική ζήτηση ρεύματος, και οι καιρικές συνθήκες.
2. Στατιστική Ανάλυση: Η στατιστική ανάλυση περιλάμβανε αναλύσεις συσχέτισης και αυτοσυσχέτισης για τον προσδιορισμό σχέσεων μεταξύ διαφόρων παραμέτρων, όπως η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορα έτη και μήνες.
3. Ανάλυση Χρονοσειρών: Η ανάλυση χρονοσειρών χρησιμοποιήθηκε για να μελετηθούν πρότυπα και τάσεις στα δεδομένα με την πάροδο του χρόνου, ειδικά όσον αφορά το φαινόμενο του διαγράμματος φορτίου.

Αυτή η συνδυαστική προσέγγιση διασφάλισε ότι αναλύθηκαν διάφορες πτυχές της ενεργειακής κατανάλωσης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθιστώντας δυνατή την εξαγωγή πολύπλευρων και συγκριτικών γνώσεων σχετικά με την ενεργειακή κατάσταση στην Ελλάδα.

3.3.1 Περιγραφική Ανάλυση

Το αρχικό βήμα στη διαδικασία ανάλυσης δεδομένων περιελάμβανε μια περιγραφική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Αυτό παρείχε μια θεμελιώδη κατανόηση των γενικών τάσεων και προτύπων στην κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας:

- Υπολογισμός μετρήσεων κεντρικής τάσης (μέσος όρος, διάμεσος) και διασποράς (τυπική απόκλιση, διακύμανση) για την κατανόηση της κατανομής των δεδομένων.
- Τεχνικές οπτικοποίησης, όπως γραφήματα ράβδων και γραφήματα πίτας, χρησιμοποιήθηκαν για να αναπαραστήσουν την αύξηση της κατανάλωσης ανανεώσιμης ενέργειας με την πάροδο των ετών.

Οι περιγραφικές στατιστικές χρησιμεύουν ως το θεμελιώδες βήμα στην ανάλυση δεδομένων, παρέχοντας μια προκαταρκτική κατανόηση της κατανομής, των κεντρικών τάσεων και της μεταβλητότητας των δεδομένων. Δεδομένης της εστίασης της μελέτης στα πρότυπα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και στην ενοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα, χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες περιγραφικές στατιστικές μέθοδοι:

- Κεντρικά μέτρα τάσης: Η μέση και η διάμεση τιμή της κατανάλωσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές από το 2012 έως το 2022 υπολογίστηκαν για να κατανοηθεί το κεντρικό σημείο της διανομής δεδομένων. Αυτό προσέφερε πληροφορίες για τα μέσα επίπεδα κατανάλωσης και το μέσο του συνόλου δεδομένων.
- Μέτρα διασποράς: Η τυπική απόκλιση και η διακύμανση υπολογίστηκαν για να μετρηθεί η εξάπλωση και η μεταβλητότητα των δεδομένων. Αυτό βοήθησε στην κατανόηση της συνέπειας και των διακυμάνσεων στην κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές με την πάροδο των ετών.
- Οπτικοποίηση: Χρησιμοποιήθηκαν γραφικές αναπαραστάσεις, συμπεριλαμβανομένων γραμμικών γραφημάτων, γραφημάτων ράβδων και γραφημάτων πίτας, για να απεικονίσουν οπτικά τις τάσεις στην κατανάλωση ανανεώσιμης ενέργειας. Το «διάγραμμα φορτίου - Duck Chart» οπτικοποιήθηκε ιδιαίτερα για να κατανοηθεί η εκδήλωσή του στο ελληνικό ενεργειακό πλαίσιο.
- Ανάλυση Κατανομής: Το σχήμα της κατανομής δεδομένων εξετάστηκε χρησιμοποιώντας ιστογράμματα και διαγράμματα πιθανοτήτων. Αυτό ήταν κρίσιμο για τον προσδιορισμό του εάν τα δεδομένα ακολουθούσαν μια κανονική κατανομή, η οποία θα επηρέαζε τις επακόλουθες στατιστικές δοκιμές συμπερασμάτων.

3.3.2 Στατιστικές διαδικασίες και επαγωγική στατιστική

Δεδομένης της έμφασης της έρευνας στην κατανόηση των σχέσεων και των προτύπων εντός των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν προηγμένες στατιστικές διαδικασίες:

Χρησιμοποιήθηκαν στατιστικές συμπερασμάτων για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον ευρύτερο πληθυσμό με βάση τα δεδομένα του δείγματος και για τον έλεγχο υποθέσεων. Δεδομένων των ερευνητικών ερωτημάτων και της φύσης των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες συμπερασματικές στατιστικές μέθοδοι:

- Έλεγχος Υποθέσεων: Για να διαπιστωθεί εάν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ της ζήτησης και της προσφοράς ενέργειας στην Ελλάδα, πραγματοποιήθηκαν τεστ t-test (για δύο ομάδες) ή τεστ ANOVA (για περισσότερες από δύο ομάδες). Η μηδενική υπόθεση έθεσε ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στη ζήτηση και την προσφορά ενέργειας, ενώ η εναλλακτική υπόθεση υποδηλώνει διαφορετικά.
- Ανάλυση συσχέτισης: Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson υπολογίστηκε για την κατανόηση της ισχύος και της κατεύθυνσης των γραμμικών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Αυτό ήταν ιδιαίτερα σημαντικό για την εξέταση της σχέσης μεταξύ των διαδοχικών ετών κατανάλωσης ανανεώσιμης ενέργειας και της κατανόησης της επίδρασης εξωτερικών παραγόντων όπως οι καιρικές συνθήκες στην κατανάλωση ενέργειας.
- Ανάλυση παλινδρόμησης: Για την κατανόηση της επίδρασης πολλαπλών ανεξάρτητων μεταβλητών σε μια εξαρτημένη μεταβλητή.
- Έλεγχος σημαντικότητας: Όλες οι δοκιμές συμπερασμάτων υποβλήθηκαν σε έλεγχο σημαντικότητας στο επίπεδο 0,05. Οι τιμές P υπολογίστηκαν για να προσδιοριστεί η στατιστική σημασία των αποτελεσμάτων, διασφαλίζοντας ότι τα ευρήματα δεν οφείλονταν σε τυχαία πιθανότητα.

3.3.3 Χρήση λογισμικού

Για μια αυστηρή και αξιόπιστη ανάλυση, χρησιμοποιήθηκαν εξειδικευμένα πακέτα λογισμικού:

- SPSS: Ευρέως αναγνωρισμένο για τις δυνατότητές του στο χειρισμό μεγάλων συνόλων δεδομένων και στην εκτέλεση ποικίλων στατιστικών δοκιμών, το SPSS ήταν το κύριο εργαλείο για τον έλεγχο υποθέσεων και την ανάλυση συσχέτισης.
- Excel: Τα υπολογιστικά φύλλα του Excel διευκόλυναν την οργάνωση δεδομένων, την προκαταρκτική ανάλυση και την οπτικοποίηση.

3.3.4 Ανάλυση Εξωτερικών Παραγόντων

Αναγνωρίζοντας την επίδραση εξωτερικών παραγόντων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, πραγματοποιήθηκε μια ξεχωριστή ανάλυση για να κατανοηθεί ο αντίκτυπός τους:

Οι συσχετίσεις μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και των καιρικών συνθηκών (θερμοκρασία και βροχόπτωση) εξετάστηκαν για να μετρηθεί η ευαισθησία της ενεργειακής ζήτησης σε μετεωρολογικούς παράγοντες.

3.3.5 Ερμηνεία και Παρουσίαση

Το τελικό βήμα περιελάμβανε την ερμηνεία των αποτελεσμάτων των στατιστικών αναλύσεων στο πλαίσιο των ερευνητικών ερωτημάτων και του ευρύτερου ακαδημαϊκού λόγου για το θέμα:

Τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν σε πίνακες, γραφήματα και περιγραφικές αφηγήσεις για να διασφαλιστεί η σαφήνεια και η κατανόηση.

Δόθηκε έμφαση στον εντοπισμό προτύπων, τάσεων και ανωμαλιών στα δεδομένα, παρέχοντας μια ολιστική κατανόηση του θέματος.

3.3.6 Περιορισμοί και παραδοχές

Αν και η διαδικασία ανάλυσης δεδομένων ήταν ολοκληρωμένη, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε τους περιορισμούς της:

- Η ανάλυση βασίζεται κυρίως σε ιστορικά δεδομένα και συσχετίσεις, που μπορεί να μην συνεπάγονται απαραίτητα αιτιώδη συνάφεια.
- Οι υποθέσεις που έγιναν κατά την ανάλυση, όπως η κανονική διανομή δεδομένων ή η ανεξαρτησία των παρατηρήσεων, αναφέρθηκαν ρητά για να διασφαλιστεί η διαφάνεια.
- Η διαδικασία ανάλυσης δεδομένων που υιοθετήθηκε για αυτήν τη μελέτη ήταν αυστηρή και συστηματική, διασφαλίζοντας ότι τα ερευνητικά ευρήματα βασίζονται σε εμπειρικά στοιχεία και έχουν ακαδημαϊκή και πρακτική σημασία. Χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό περιγραφικών και συμπερασματικών στατιστικών τεχνικών, η μελέτη στοχεύει να παρέχει μια λεπτομερή κατανόηση των προκλήσεων και των ευκαιριών που συνδέονται με την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

4.1.Εισαγωγή

Η ταχεία ανάπτυξη και ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) έχουν μεταμορφώσει το παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο τα τελευταία χρόνια. Στην Ελλάδα, όπως και σε πολλές άλλες χώρες, έχει δοθεί σημαντική έμφαση στην προώθηση και αξιοποίηση των δυνατοτήτων των ΑΠΕ για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και την ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας. Η δεκαετία που εκτείνεται από το 2012 έως το 2022 υπήρξε μάρτυρας ουσιαστικών εξελίξεων στην ανάπτυξη και χρήση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Η ανάπτυξη και χρήση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα έχει παρατηρήσει σημαντικές εξελίξεις κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 2012-2022. Σύμφωνα με την εργασία των Yuanzhu Wang και Ling Xin, οι οικονομικές πολιτικές για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν εξελιχθεί σημαντικά σε παγκόσμιο επίπεδο, συμπεριλαμβανομένης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στην οποία ανήκει η Ελλάδα (Wang & Xin, 2022). Επιπλέον, η εργασία των F. Onea και E. Rusu (2022) αναγνωρίζει τη συμπληρωματικότητα μεταξύ των ηλιακών, ανεμικών και κυματικών πόρων, βάσει δεδομένων 10 ετών (2012-2021), πράγμα που υποδηλώνει την αυξημένη χρήση και ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών (Onea & Rusu, 2022). Τέλος, η εργασία των T. Kurniawan, M. Othman, Xue Liang, M. Ayub, Huihwang Goh, T. Kusworo, A. Mohyuddin, K. Chew εξετάζει την εφαρμογή των Μικροβιακών Κυψελών Καυσίμου (MFC) για την ανάπτυξη ανανεώσιμης ενέργειας, πράγμα που δείχνει την εξέλιξη και την καινοτομία στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Kurniawan et al., 2022).

Αυτό το κεφάλαιο στοχεύει να παράσχει μια συγκριτική εικόνα της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα κατά την περίοδο 2012 έως 2022. Μελετήθηκε όλο το διάστημα της εν λόγω δεκαετίας και στις ακόλουθες ενότητες θα γίνει μια ενδεικτική αποτύπωση των καμπύλων ζήτησης και παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ. Ωστόσο παρατηρήθηκε (όπως θα φανεί και ακολούθως) πως το φαινόμενο του duck chart είναι σαφώς εντονότερο κατά το μήνα του Σεπτεμβρίου (μεγαλύτερες περιπτώσεις ενέργειας από Φ/Β κατά τις μεσημεριανές ώρες) και ως εκ τούτου σε επόμενες ενότητες το επίκεντρο του ενδιαφέροντος θα τεθεί στην στατιστική επεξεργασία των ημερών του Σεπτεμβρίου. Ωστόσο, για λόγους πληρότητας στην αμέσως επόμενη ενότητα θα παρατεθούν καμπύλες από κάθε μήνα της δεκαετίας προκειμένου να καταδειχθεί γιατί ο μήνας του Σεπτεμβρίου είναι ίσως ο πλέον κρίσιμος στην εμφάνιση αυτού του φαινομένου.

Στη συνέχεια επιλέχθηκαν οι ακόλουθες ημερομηνίες για την ανάλυση: 1^η, 8^η και 25^η Σεπτεμβρίου. Η επιλογή του Σεπτεμβρίου για τη μελέτη του διαγράμματος φορτίου στην Ελλάδα μπορεί να στηριχθεί επιπροσθέτως με διάφορα επιχειρήματα από τη σχετική βιβλιογραφία.

1. Εποχιακή Διακύμανση: Ο Σεπτέμβριος αντιπροσωπεύει μια ενδιαφέρουσα περίοδο όσον αφορά τις εποχικές διακυμάνσεις στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Μελέτες έχουν δείξει ότι η μετάβαση από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο μπορεί να οδηγήσει σε διακυμάνσεις στα πρότυπα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω των μεταβαλλόμενων καιρικών συνθηκών και των

μεταβαλλόμενων ενεργειακών απαιτήσεων (Smith et al., 2018). Η μελέτη του σχήματος που δημιουργείται (duck chart) κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου μπορεί να παρέχει πληροφορίες για το πώς η παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, ιδιαίτερα από ηλιακές πηγές, αλληλεπιδρά με τα ποικίλα προφίλ ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

2. Ηλιακή Ένταση: Ο Σεπτέμβριος εξακολουθεί να είναι μια περίοδος σχετικά υψηλής ηλιακής έντασης στην Ελλάδα. Η ηλιακή ενέργεια, ιδιαίτερα τα φωτοβολταϊκά (ΦΒ) συστήματα, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Η έρευνα έχει δείξει ότι η ηλιακή παραγωγή παρουσιάζει ξεχωριστά ημερήσια μοτίβα, με τη μέγιστη παραγωγή να εμφανίζεται κατά τις μεσημεριανές ώρες (Makrides et al., 2014). Επιλέγοντας ημερομηνίες τον Σεπτέμβριο, επιτρέπει την εξέταση των προτύπων παραγωγής ηλιακής ενέργειας και την επίδρασή τους στο φαινόμενο της διαμόρφωσης του διαγράμματος φορτίου.

3. Προκλήσεις διαχείρισης πλέγματος: Οι επιλεγμένες ημερομηνίες μπορεί επίσης να αντιστοιχούν σε περιπτώσεις όπου το διάγραμμα φορτίου είναι πιο έντονο, προσφέροντας έτσι πολύτιμες πληροφορίες για τις προκλήσεις διαχείρισης πλέγματος. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι τα υψηλά επίπεδα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές αποκλίσεις από την τυπική καμπύλη φορτίου, με αποτέλεσμα ένα ξεχωριστό διάγραμμα σε σχήμα «Duck Chart» (duck chart) (Denholm and O'Connell, 2011). Η ανάλυση αυτών των ημερομηνιών βοηθά στην κατανόηση των λειτουργικών επιπτώσεων για τη σταθερότητα του δικτύου, την εξισορρόπηση του συστήματος και τα πιθανά προβλήματα περικοπής.

4. Συνάφεια πολιτικής και αγοράς: Ο Σεπτέμβριος μπορεί να είναι σχετικός από την άποψη της πολιτικής και της αγοράς. Πολλές ενεργειακές πολιτικές, κανονισμοί και μηχανισμοί αγοράς έχουν σχεδιαστεί για να δώσουν κίνητρα στην ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να διαχειριστούν το φαινόμενο duck chart. Η έρευνα έχει διερευνήσει τον αντίκτυπο πολιτικών όπως η καθαρή μέτρηση και η τιμολόγηση χρόνου χρήσης στο σχήμα της καμπύλης (Jin et al., 2016). Η μελέτη του διαγράμματος φορτίου κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου επιτρέπει την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας τέτοιων πολιτικών και των επιπτώσεών τους στη δυναμική της αγοράς.

5. Συγκρισιμότητα έρευνας: Η επιλογή συγκεκριμένων ημερομηνιών για ανάλυση επιτρέπει τη συγκρισιμότητα με άλλες μελέτες και σύνολα δεδομένων. Οι ερευνητές συχνά επιλέγουν συγκεκριμένες ημερομηνίες για να ευθυγραμμίσουν τα ευρήματά τους με υπάρχουσες μελέτες, σύνολα δεδομένων ή προσεγγίσεις μοντελοποίησης. Επιλέγοντας την 1η, 8η και 25η Σεπτεμβρίου, γίνεται πιο εύκολη η σύγκριση και η ενσωμάτωση των ευρημάτων της μελέτης με άλλες ερευνητικές εργασίες που μπορεί να έχουν χρησιμοποιήσει παρόμοιες ημερομηνίες ή χρονικά πλαίσια για τις έρευνές τους.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η επιλογή των ημερομηνιών αιτιολογείται με βάση τους συγκεκριμένους ερευνητικούς στόχους, τα διαθέσιμα δεδομένα και το ερευνητικό πλαίσιο. Αυτά τα επιχειρήματα, που υποστηρίζονται από σχετική βιβλιογραφία (Denholm and O'Connell, 2011; Jin et al., 2016; Makrides et al., 2014; Smith et al., 2018), παρέχουν μια γενική λογική για την επιλογή του 1ου, 8ου και 25 Σεπτεμβρίου, αλλά η τελική απόφαση θα πρέπει να λάβει υπόψη τη συγκεκριμένη δυναμική και τα χαρακτηριστικά του φαινομένου της διαμόρφωσης του διαγράμματος φορτίου στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού πλαισίου.

Το κεφάλαιο διερευνά τις τάσεις στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα. Διερευνά τα ετήσια στοιχεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και αξιολογεί τη συμβολή των ΑΠΕ στο συνολικό μείγμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα. Αναλύοντας τα πρότυπα ανάπτυξης και τις διακυμάνσεις στην παραγωγή ΑΠΕ, παρέχει πληροφορίες για τη συνολική απόδοση και την πορεία της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα.

Στο κεφάλαιο συζητούνται επίσης οι πολιτικές και οι στόχοι για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που έχουν καθοδηγήσει την ανάπτυξη των ΑΠΕ στην Ελλάδα. Εξετάζει το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (NREAP) και αξιολογεί την πρόοδο που έχει σημειωθεί προς την επίτευξη των στόχων για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτή η ενότητα εξετάζει τον αντίκτυπο των πολιτικών στην ανάπτυξη και παραγωγή ΑΠΕ και την αποτελεσματικότητά τους στην προώθηση της βιώσιμης ενεργειακής μετάβασης.

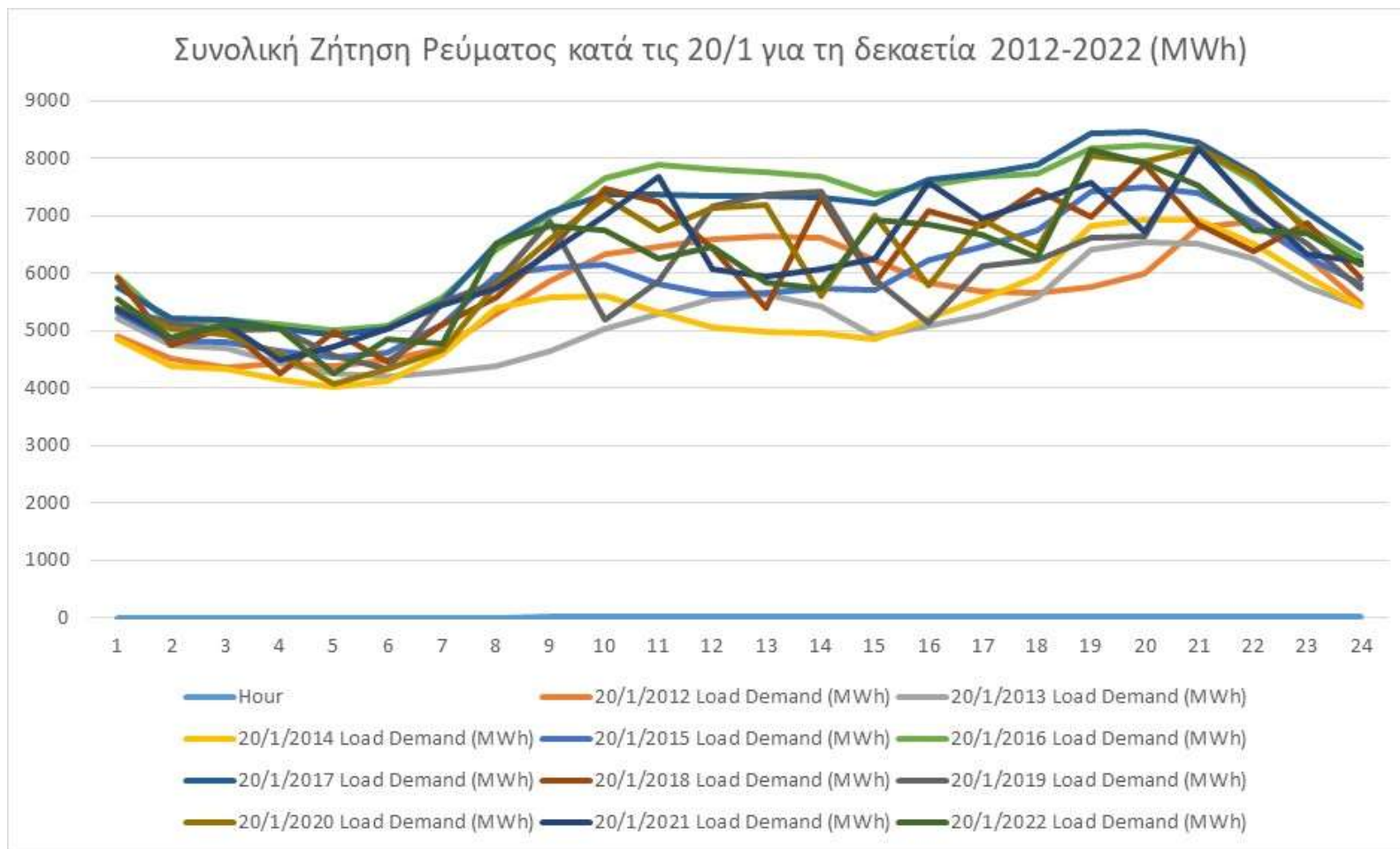
Το κεφάλαιο διερευνά τα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας και τις προκλήσεις που σχετίζονται με τις ανισορροπίες ζήτησης-προσφοράς στο ελληνικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Εξετάζει την αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και τις εποχιακές διακυμάνσεις στην κατανάλωση. Διερευνά επίσης τις ανισορροπίες μεταξύ της παραγωγής ΑΠΕ και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, επισημαίνοντας πιθανά ζητήματα και τομείς που απαιτούν προσοχή για την επίτευξη ενός πιο ισορροπημένου και αξιόπιστου ενεργειακού συστήματος.

Τέλος, το κεφάλαιο πραγματεύεται τις προκλήσεις ολοκλήρωσης στο δίκτυο που αντιμετωπίζει η Ελλάδα για την προσαρμογή της μεταβλητής φύσης της παραγωγής ΑΠΕ. Διερευνά τα ζητήματα που σχετίζονται με τη σταθερότητα του δικτύου, τον περιορισμό και την απόρριψη της περίσσειας ανανεώσιμης ενέργειας. Παρουσιάζει επίσης τα μέτρα που λαμβάνονται για τη βελτίωση της ολοκλήρωσης στο δίκτυο και την ενίσχυση της ευελιξίας ενόψει της αυξανόμενης διείσδυσης ΑΠΕ.

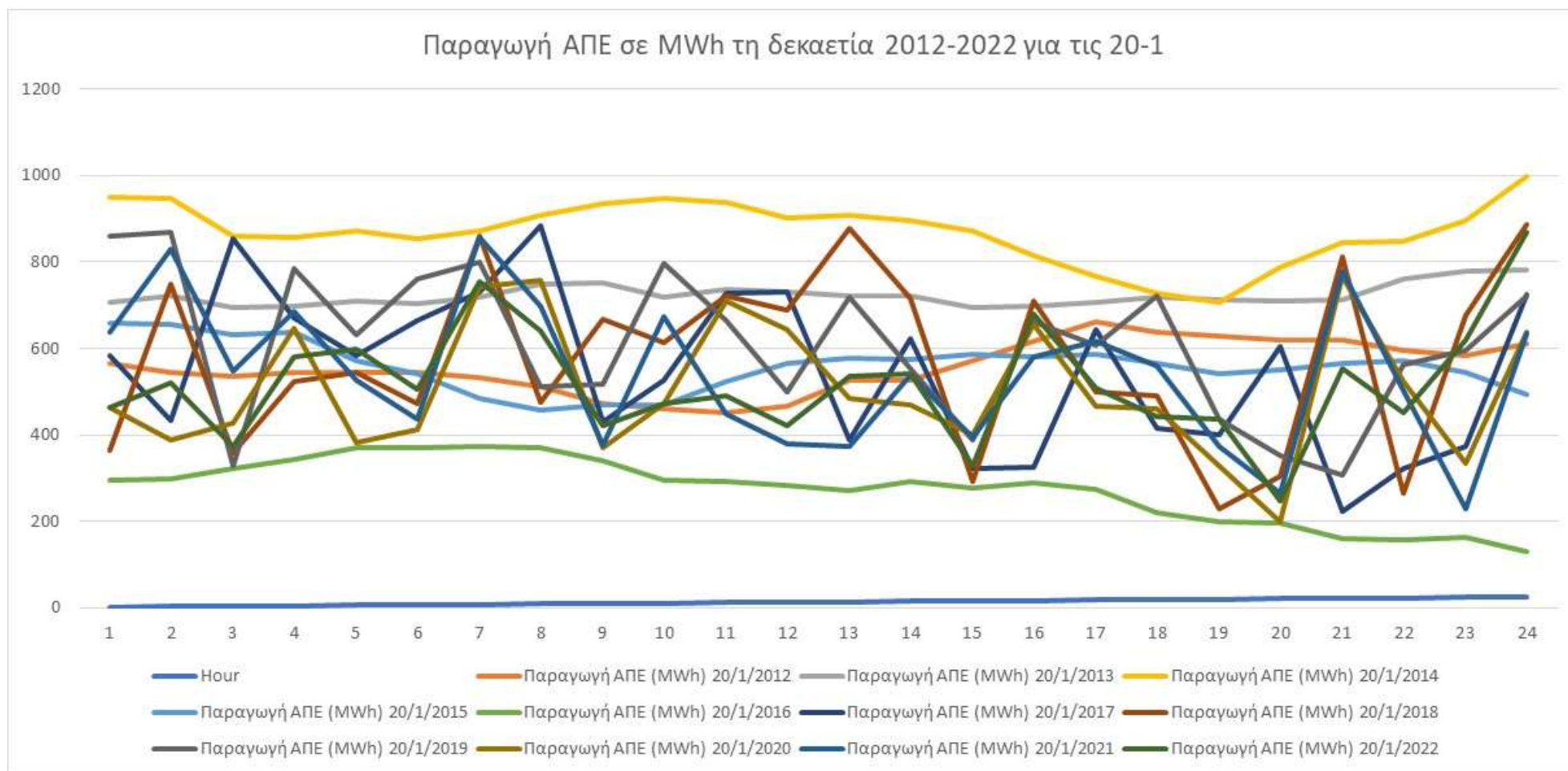
Εξετάζοντας αυτές τις βασικές πτυχές, αυτό το κεφάλαιο παρέχει μια περιεκτική ανάλυση του συγκριτικού στιγμιότυπου της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (με έμφαση στην ηλιακή ενέργεια) στην Ελλάδα κατά την περίοδο από το 2012 έως το 2022. Χρησιμοποιεί ως βάση για την κατανόηση της δυναμικής της ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα, προσφέροντας πληροφορίες για τις ευκαιρίες και τις προκλήσεις που συνδέονται με τη μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο και ανθεκτικό ενεργειακό σύστημα.

4.2. Συγκριτική αποτύπωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στην Ελλάδα τη δεκαετία 2012-2022

Ακολουθούν τα συγκριτικά διαγράμματα ζήτησης ρεύματος και παραγωγής ΑΠΕ στην Ελλάδα κατά την δεκαετία 2012-2022 με διερεύνηση σε ημερομηνίες από όλους τους μήνες του έτους.

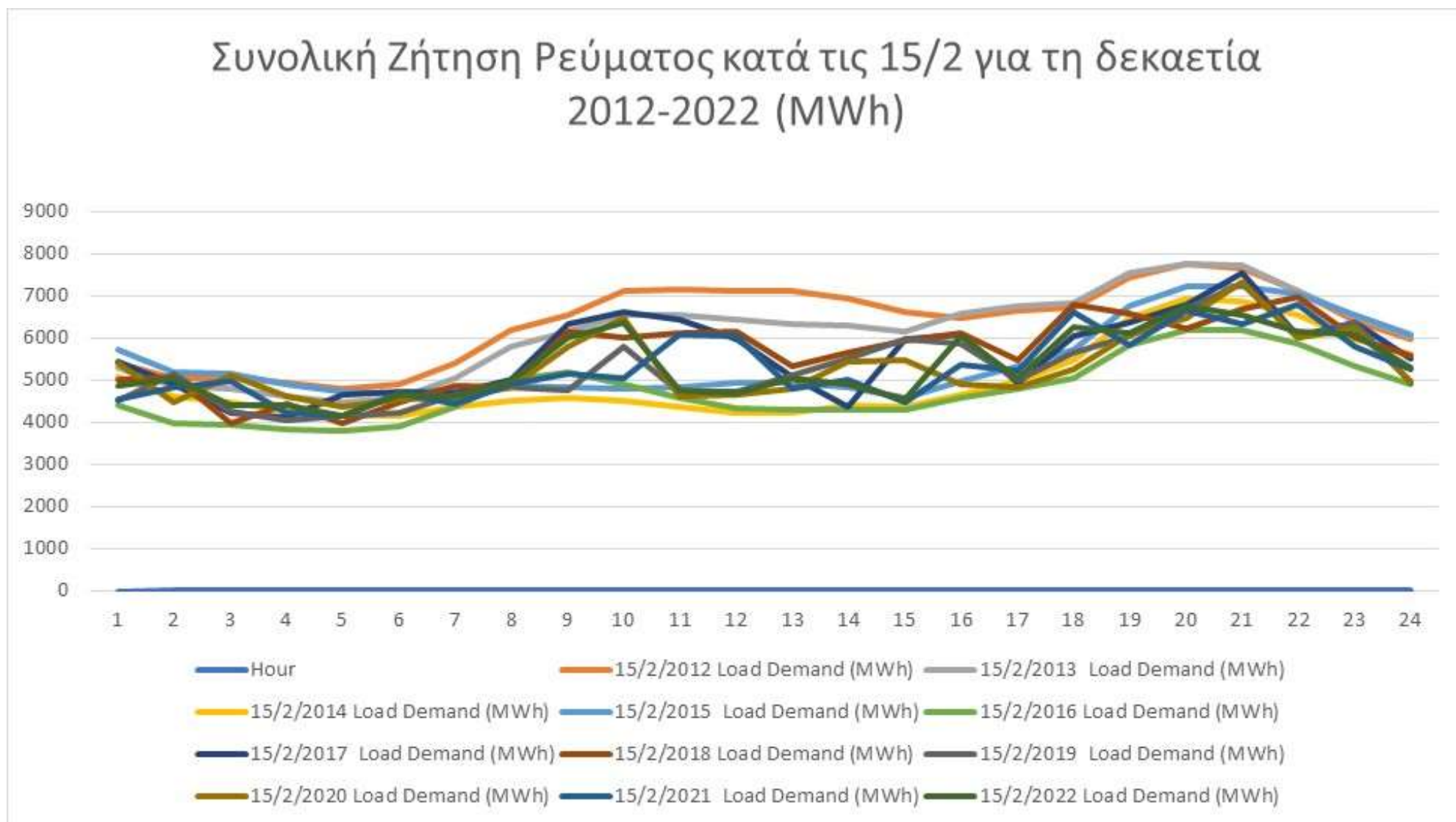


Εικόνα 1. Συνολική ζήτηση ρεύματος κατά τις 20/1 για τη δεκαετία 2012-2022 (MWh) αναλόγως της ώρας της ημέρας

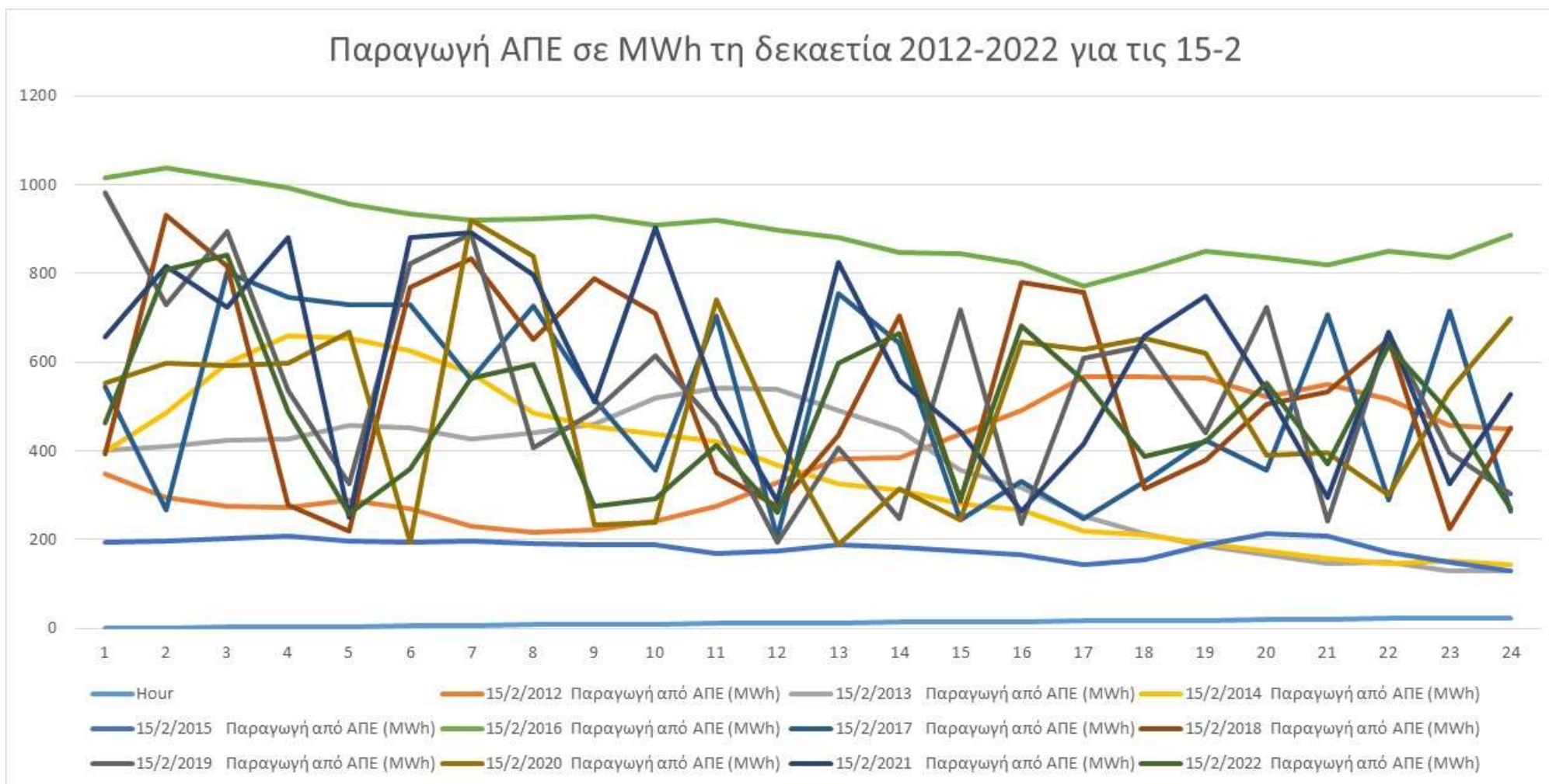


Εικόνα 2. Συνολική παραγωγή ΑΠΕ σε MWh για τη δεκαετία 2012-2022 για τις 15/2

Εν γένει για τον μήνα Ιανουάριο (ενδεικτικά παρατίθεται διαγράμματα ζήτησης και παραγωγής από ΑΠΕ για τις 20-1) δεν παρατηρούνται σημεία αστάθειας του δικτύου, δηλαδή ώρες της ημέρας όπου η παραγωγή ρεύματος από ΑΠΕ να υπερβαίνει τη ζήτηση (μέγιστη ωριαία παραγωγή ΑΠΕ κατά το έτος 2014 στις 1000MWh πολύ αυξημένο από την ελάχιστη ζήτηση που παρατηρείται το 2014 στις 400MWh).



Εικόνα 3. Συνολική ζήτηση ρεύματος κατά τις 15/2 για τη δεκαετία 2012-2022 (MWh) αναλόγως της ώρας της ημέρας



Εικόνα 4. Συνολική παραγωγή ΑΠΕ σε MWh για τη δεκαετία 2012-2022 για τις 15/2

Εν γένει για τον μήνα Φεβρουάριο (ενδεικτικά παρατίθεται διαγράμματα ζήτησης και παραγωγής από ΑΠΕ για τις 15-2) δεν παρατηρούνται σημεία αστάθειας του δικτύου, δηλαδή ώρες της ημέρας όπου η παραγωγή ρεύματος από ΑΠΕ να υπερβαίνει τη ζήτηση (μέγιστη ωριαία παραγωγή ΑΠΕ κατά το έτος 2014 στις 1050MWh

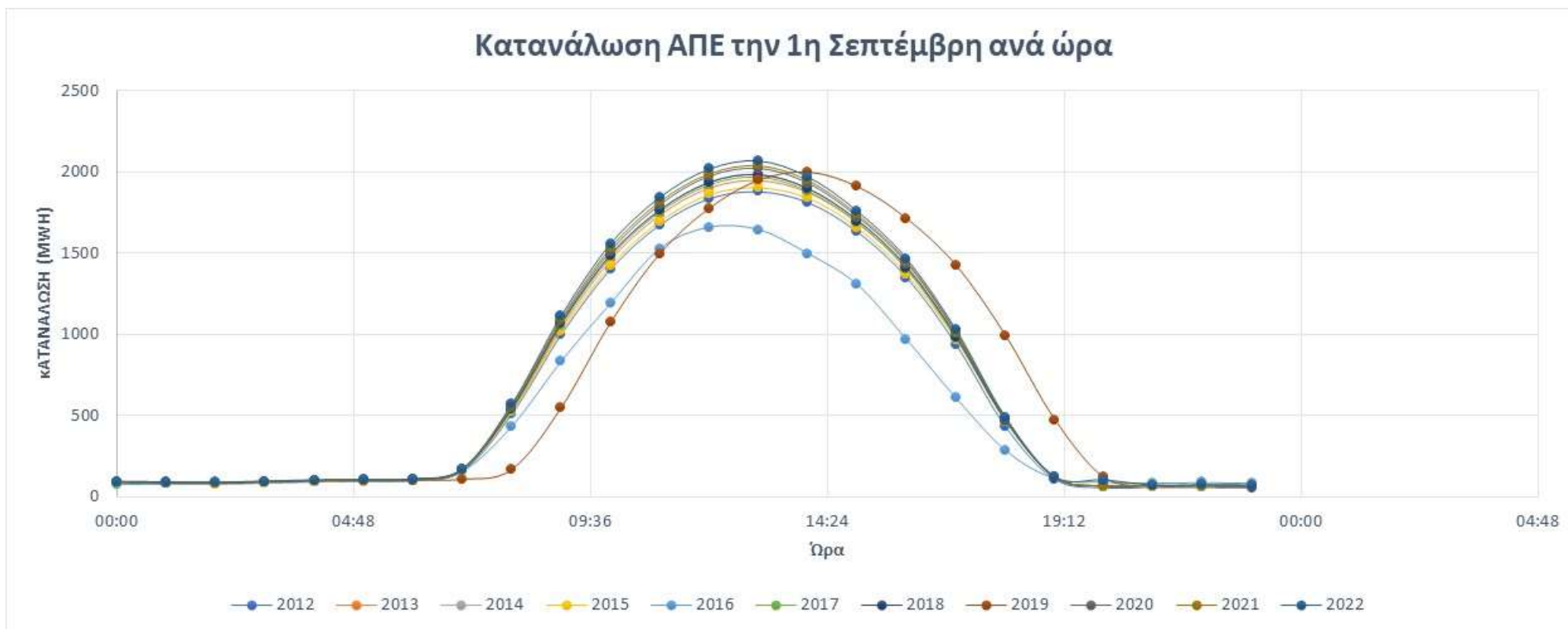
πολύ αυξημένο από την ελάχιστη ζήτηση που παρατηρείται το 2014 στις 3800MWh). Συνεπώς, κατόπιν διερεύνησης και όλων των υπολοίπων ωρών του Ιανουαρίου και του Φεβρουαρίου 2012-2022 προέκυψε ότι δεν υπήρχε υπέρβαση της παραγωγής από ΑΠΕ σε σχέση με την ωριαία ζήτηση (φόρτιση) δικτύου.

Ακολουθεί ένας πίνακας με το σύνολο των ωρών υπέρβασης για την περίοδο μελέτης που οδηγεί στο επονομαζόμενο duck chart φαινόμενο και σε εν γένει αστάθεια του δικτύου.

Πίνακας 1. Πίνακας συνόλου ωρών υπέρβασης ωριαίας παραγωγής ρεύματος από ΑΠΕ σε σχέση με την ωριαία φόρτιση του δικτύου που οδηγεί σε αστάθειες του δικτύου ηλεκτροδότησης

Έτος/Μήνας	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
2012	0	0	0	2	3	0	3	12	25	18	7	0
2013	0	0	1	3	0	1	4	14	27	14	5	2
2014	0	3	3	0	2	3	1	11	19	11	11	0
2015	0	0	0	3	4	5	2	10	16	9	9	0
2016	0	0	0	1	2	2	4	14	29	12	7	4
2017	0	0	2	1	1	0	5	13	31	13	5	0
2018	1	0	1	1	3	4	7	16	27	6	8	5
2019	0	1	0	4	1	5	4	9	33	5	9	0
2020	2	0	0	2	0	1	1	12	18	9	3	0
2021	0	0	3	1	0	3	3	14	25	11	6	3
2022	0	1	2	0	1	5	8	15	31	13	10	0
ΣΥΝΟΛΟ	3	5	12	18	17	29	42	140	281	121	80	14

Διαπιστώνεται ότι οι περισσότερες ώρες υπέρβασης παρατηρούνται εντός του Σεπτεμβρίου (κάτι που επιβεβαιώνει και τη σχετική βιβλιογραφία) ως εκ τούτου θα μελετηθεί στη συνέχεια το πώς εξελίσσεται η παραγωγή από Φ/Β κατά το μήνα αυτό στο διάστημα 2012-2022. Συγκεκριμένα θα μελετηθούν οι ημέρες του μήνα όπου εμφανίστηκαν σε μεγαλύτερη συχνότητα (περισσότερες ώρες) οι υπερβάσεις της παραγωγής που ήταν η 1^η, 8^η και η 25^η Σεπτεμβρίου.



Εικόνα 5. Απεικόνιση Κατανάλωσης ΑΠΕ κατά την 1^η Σεπτέμβρη ανά ώρα για τη δεκαετία μελέτης 2012-2022

Εξετάζοντας τα δεδομένα, μπορούμε να παρατηρήσουμε πολλά βασικά χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στο σχηματισμό του διαγράμματος φορτίου:

1. **Υψηλή Παραγωγή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας:** Από τα δεδομένα, είναι προφανές ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από πηγές ΑΠΕ, ιδιαίτερα από την ηλιακή ενέργεια, είναι υψηλότερη κατά τη διάρκεια της ημέρας και κορυφώνεται γύρω στο μεσημέρι (μεταξύ 11:00 και 14:00). Αυτό αντιστοιχεί στην περίοδο μέγιστης ηλιακής έντασης και εξόδου φωτοβολταϊκού συστήματος. Η αυξανόμενη τάση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυτές τις ώρες μπορεί να αποδοθεί στη σημαντική συμβολή της ηλιακής παραγωγής ενέργειας.

2. **Χαμηλή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της νύχτας:** Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της νύχτας (μεταξύ 20:00 και 06:00), η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από πηγές ΑΠΕ μειώνεται σημαντικά. Αυτή η μείωση της ζήτησης οφείλεται κυρίως στη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, καθώς οι επιχειρήσεις και τα νοικοκυριά έχουν συνήθως χαμηλότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια αυτών των ωρών.
3. **Ισοπέδωση της καμπύλης κατανάλωσης:** Καθώς η παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα η ηλιακή, αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, η συνολική καμπύλη ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας υφίσταται μια ισοπέδωση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η διαθεσιμότητα ηλιακής ενέργειας συμβάλλει σε μεγαλύτερο μέρος της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνοντας την ανάγκη για συμβατικές πηγές ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας.
4. **Βραδινή άνοδος στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας:** Καθώς ο ήλιος δύει, η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια αυξάνεται απότομα. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αυξημένη κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με οικιακές δραστηριότητες, όπως το μαγείρεμα, ο φωτισμός και η θέρμανση/ψύξη. Αυτή η αύξηση της ζήτησης μετά τη δύση του ηλίου έχει ως αποτέλεσμα τον «λαιμό» της καμπύλης.

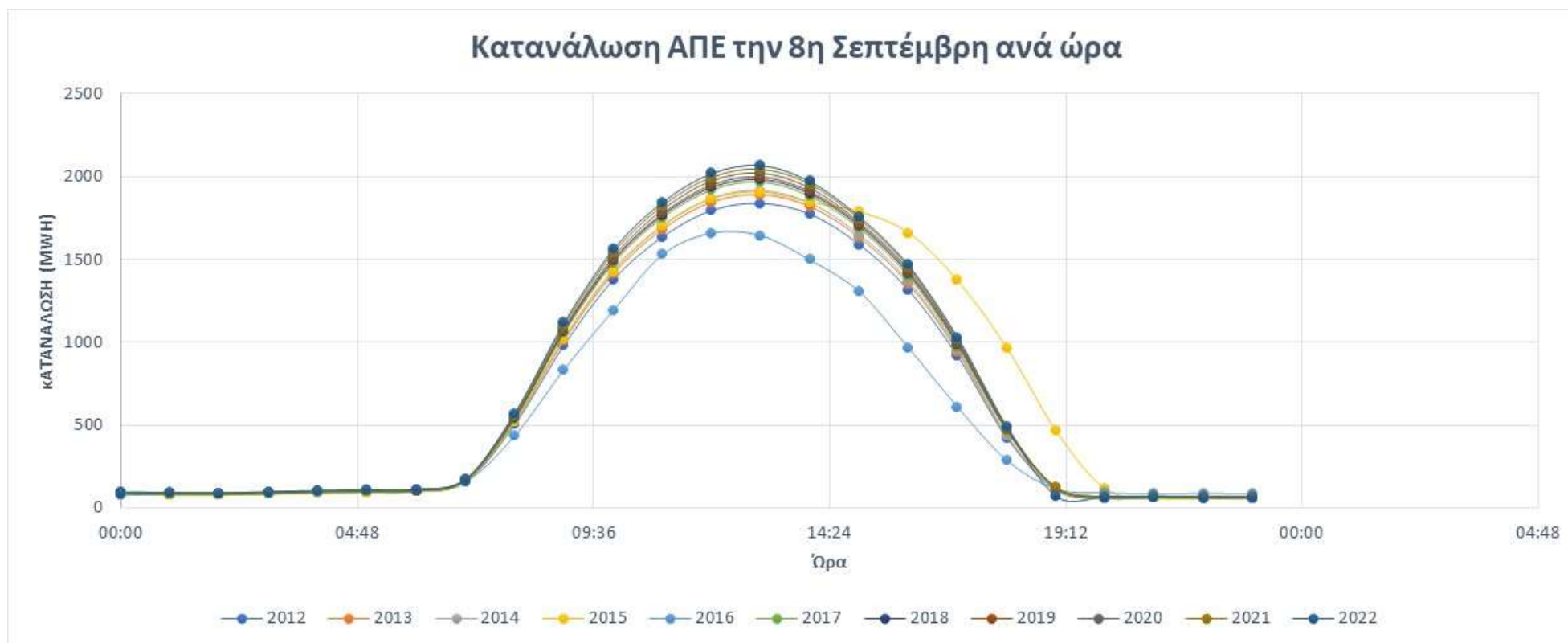
Ο σχηματισμός του διαγράμματος φορτίου στην καμπύλη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας αντανακλά τις προκλήσεις που θέτει η ενσωμάτωση υψηλών επιπέδων ανανεώσιμης ενέργειας στο δίκτυο. Η σημαντική αύξηση της ηλιακής παραγωγής κατά τη διάρκεια της ημέρας, σε συνδυασμό με την επακόλουθη αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας το βράδυ, δημιουργεί μια ουσιαστική διαφορά μεταξύ προσφοράς και ζήτησης ανανεώσιμης ενέργειας, οδηγώντας στη χαρακτηριστική πτώση και άνοδο της καμπύλης.

Οι επιπτώσεις της διαμόρφωσης του διαγράμματος φορτίου κατά το σχήμα αυτό είναι σημαντικές για τους φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής. Η ταχεία αύξηση της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής της ηλιακής ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική παραγωγή πέρα από τις απαιτήσεις του συστήματος, προκαλώντας δυνητικά ζητήματα όπως η αστάθεια του δικτύου και η ανάγκη για περιορισμό ή απόρριψη της πλεονάζουσας ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, η βραδινή αύξηση της ζήτησης μπορεί να καταπονήσει το δίκτυο καθώς οι συμβατικές πηγές ενέργειας πρέπει να ανταποκρίνονται γρήγορα για να ανταποκριθούν στο αυξημένο φορτίο.

Η αντιμετώπιση των προκλήσεων που θέτει η καμπύλη αυτής της μορφής απαιτεί έναν συνδυασμό στρατηγικών. Αυτά περιλαμβάνουν την εφαρμογή μέτρων ανταπόκρισης στη ζήτηση, όπως η παροχή κινήτρων για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας εκτός αιχμής, η ανάπτυξη συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας για την αποθήκευση της περίσσειας ανανεώσιμης ενέργειας που παράγεται κατά τη διάρκεια της ημέρας για χρήση κατά τις περιόδους αιχμής ζήτησης και η αναβάθμιση της υποδομής δικτύου για τη διασφάλιση αξιόπιστης και αποτελεσματικής ενσωμάτωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας .

Συμπερασματικά, η ανάλυση των παρεχόμενων δεδομένων επιβεβαιώνει την παρουσία του φαινομένου duck chart στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από πηγές ΑΠΕ στην Ελλάδα την 1η Σεπτεμβρίου από το 2012 έως το 2022. Ο σχηματισμός διαγράμματος στην καμπύλη κατανάλωσης αντανακλά τη διακύμανση του η παραγωγή

ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα η ηλιακή, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και η επακόλουθη αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας το βράδυ. Η κατανόηση και η αντιμετώπιση των προκλήσεων που θέτει η καμπύλη του διαγράμματος φορτίου είναι ουσιαστικής σημασίας για την επίτευξη ενός πιο ισορροπημένου, βιώσιμου και αποδοτικού ενεργειακού συστήματος στην Ελλάδα.



Εικόνα 6. Απεικόνιση Κατανάλωσης ΑΠΕ κατά την 8η Σεπτέμβρη ανά ώρα για τη δεκαετία μελέτης 2012-2022

Για να συγκρίνουμε τα δεδομένα της 1ης Σεπτεμβρίου και της 8ης Σεπτεμβρίου ως προς την κατανάλωση ενέργειας RSE (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας) στην Ελλάδα, ας εξετάσουμε τις βασικές παρατηρήσεις από κάθε σύνολο δεδομένων:

1η Σεπτεμβρίου:

- Από τις 00:00 έως τις 07:00, η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται σταδιακά.
- Η μέγιστη κατανάλωση σημειώνεται γύρω στις 08:00, ακολουθούμενη από σταδιακή μείωση έως τις 17:00.
- Μετά τις 17:00 καταγράφεται κατακόρυφη πτώση της κατανάλωσης, φτάνοντας στο χαμηλότερο σημείο γύρω στις 00:00.

- Τα δεδομένα παρουσιάζουν μια ευδιάκριτη καμπύλη «duck chart», με υψηλή κατανάλωση κατά τις πρωινές και βραδινές ώρες και χαμηλότερη κατανάλωση κατά τη μεσημεριανή περίοδο.

8 Σεπτεμβρίου:

- Το συνολικό πρότυπο κατανάλωσης είναι παρόμοιο με αυτό της 1ης Σεπτεμβρίου.
- Ωστόσο, η πρωινή αιχμή σημειώνεται λίγο νωρίτερα, γύρω στις 07:00 και η βραδινή αιχμή γύρω στις 18:00.
- Το χαμηλότερο σημείο κατανάλωσης είναι και πάλι γύρω στις 00:00.
- Η καμπύλη "duck chart" είναι επίσης εμφανής σε αυτό το σύνολο δεδομένων, με υψηλότερη κατανάλωση το πρωί και το βράδυ σε σύγκριση με τις μεσημεριανές ώρες.

Συγκριτική ανάλυση:

- Και τα δύο σύνολα δεδομένων παρουσιάζουν παρόμοια μοτίβα κατανάλωσης ενέργειας, με υψηλότερη κατανάλωση κατά τις πρωινές και βραδινές ώρες και χαμηλότερη κατανάλωση κατά τη μεσημεριανή περίοδο.
- Ο συγκεκριμένος χρόνος των κορυφών και των χαμηλών τιμών ποικίλλει ελαφρώς μεταξύ των δύο συνόλων δεδομένων, πιθανώς λόγω παραγόντων όπως οι καιρικές συνθήκες και οι μεταβαλλόμενες ενεργειακές απαιτήσεις σε διαφορετικές ημέρες.
- Η γενική τάση της καμπύλης "duck chart" είναι συνεπής και στα δύο σύνολα δεδομένων, αντανακλώντας τον αντίκτυπο της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, ιδιαίτερα της ηλιακής ενέργειας, στο πρότυπο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτή η σύγκριση βασίζεται σε ένα στιγμιότυπο μιας ημέρας και δεν παρέχει ολοκληρωμένη ανάλυση των μακροπρόθεσμων τάσεων ή των υποκείμενων παραγόντων που επηρεάζουν τα πρότυπα κατανάλωσης ενέργειας. Θα ήταν απαραίτητη περαιτέρω ανάλυση και εξέταση πρόσθετων δεδομένων για την εξαγωγή πιο οριστικών συμπερασμάτων.

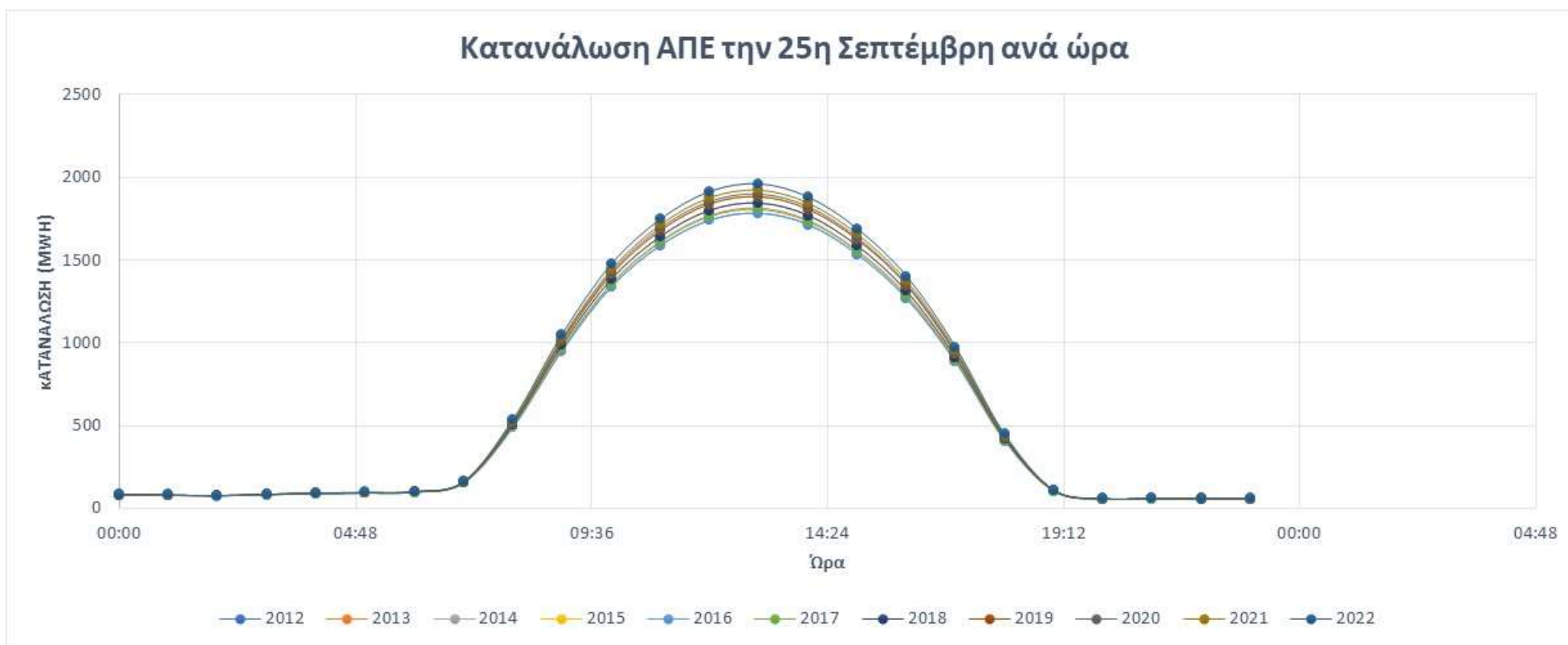
Συνολικά, τα στοιχεία τόσο για την 1η Σεπτεμβρίου όσο και για την 8η Σεπτεμβρίου καταδεικνύουν την παρουσία της καμπύλης «duck chart» στην κατανάλωση ενέργειας RSE στην Ελλάδα. Αυτό τονίζει τη σημασία της διαχείρισης της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο για τη διασφάλιση της σταθερότητας του δικτύου και την αποτελεσματική εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης.

Η εξέταση της διαφοροποίησης στην κατανάλωση κατά τη διάρκεια των ετών, όπως παρατηρείται στα στοιχεία της 1ης Σεπτεμβρίου, μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τη μεταβαλλόμενη δυναμική της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα. Ακολουθούν ορισμένες βασικές παρατηρήσεις:

- **Συνολική Αυξητική Τάση:** Από το 2012 έως το 2022, υπάρχει μια γενική ανοδική τάση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, όπως η πληθυσμιακή αύξηση, η οικονομική ανάπτυξη και η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας από διάφορους τομείς.
- **Ετήσιες Διακυμάνσεις:** Παρά τη συνολική αυξητική τάση, υπάρχουν διακυμάνσεις στην κατανάλωση από έτος σε έτος. Αυτές οι διακυμάνσεις μπορούν να επηρεαστούν από παράγοντες όπως αλλαγές στις καιρικές συνθήκες, οικονομικές συνθήκες, παρεμβάσεις πολιτικής και τεχνολογικές εξελίξεις.
- **Αντίκτυπος των πολιτικών και της δυναμικής της αγοράς:** Τα δεδομένα κατανάλωσης αντικατοπτρίζουν τον αντίκτυπο των ενεργειακών πολιτικών και της δυναμικής της αγοράς στην κατανάλωση ΑΠΕ. Για παράδειγμα, μπορεί να παρατηρηθούν σημαντικά άλματα στην κατανάλωση μετά από αλλαγές πολιτικής ή κίνητρα της αγοράς που ενθαρρύνουν την υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα έτη 2019 και 2020 παρουσιάζουν σημαντικές αυξήσεις σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, πιθανώς λόγω της εφαρμογής υποστηρικτικών πολιτικών και κινήτρων.
- **Ανταπόκριση στην ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:** Η αυξανόμενη τάση της κατανάλωσης αντικατοπτρίζει επίσης την επιτυχή ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα. Τα υψηλότερα επίπεδα κατανάλωσης τα τελευταία χρόνια υποδηλώνουν την αυξανόμενη συμβολή των ΑΠΕ στο συνολικό ενεργειακό μείγμα. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην επέκταση της χωρητικότητας ηλιακής και αιολικής ενέργειας και στην αυξημένη ευαισθητοποίηση και υποστήριξη του κοινού για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- **Προκλήσεις διαχείρισης δικτύου:** Τα δεδομένα υπογραμμίζουν τις προκλήσεις της διαχείρισης της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο. Η μεσημεριανή «κοιλιά» της καμπύλης γίνεται πιο έντονη τα τελευταία χρόνια, υποδηλώνοντας υψηλότερη παραγωγή ηλιακής ενέργειας. Αυτό δημιουργεί προκλήσεις στη διαχείριση του δικτύου όσον αφορά την εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης και την αποφυγή ζητημάτων όπως ο περιορισμός ή η υπερφόρτωση του δικτύου κατά τις περιόδους αιχμής παραγωγής.

- Επιπτώσεις εξωτερικών παραγόντων: Εξωτερικοί παράγοντες, όπως οι οικονομικές υφέσεις ή τα παγκόσμια γεγονότα, μπορούν να επηρεάσουν τα πρότυπα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, τα έτη 2015 και 2016 παρουσιάζουν χαμηλότερα επίπεδα κατανάλωσης σε σύγκριση με τα επόμενα έτη, τα οποία θα μπορούσαν να αποδοθούν σε οικονομικές πτώσεις ή αλλαγές σε βιομηχανίες έντασης ενέργειας.

Η ανάλυση της διαφοροποίησης στην κατανάλωση κατά τη διάρκεια των ετών παρέχει πληροφορίες για το εξελισσόμενο ενεργειακό τοπίο και την επιτυχή ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Υπογραμμίζει την ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση, προσαρμογές πολιτικής και στρατηγικές διαχείρισης δικτύου για να διασφαλιστεί η αξιόπιστη και βιώσιμη ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα.



Εικόνα 7. Απεικόνιση Κατανάλωσης ΑΠΕ κατά την 25η Σεπτέμβρη ανά ώρα για τη δεκαετία μελέτης 2012-2022

Συγκρίνοντας τα πρότυπα κατανάλωσης μεταξύ 1ης, 8ης και 25ης Σεπτεμβρίου με βάση το διάγραμμα, μπορούν να γίνουν διάφορες παρατηρήσεις:

- Πρότυπα ημερήσιας κατανάλωσης: Και στις τρεις ημερομηνίες, ένα σαφές ημερήσιο μοτίβο είναι εμφανές στο διάγραμμα. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται σταδιακά από νωρίς το πρωί, κορυφώνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και σταδιακά μειώνεται προς αργά το βράδυ και τη νύχτα. Αυτό το μοτίβο δείχνει την τυπική ημερήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Αύξηση της ημερήσιας κατανάλωσης: Η κατανάλωση κατά τη διάρκεια της ημέρας (περίπου μεταξύ 7:00 και 20:00) παρουσιάζει σταθερή αύξηση από την 1η έως τις 8 έως τις 25 Σεπτεμβρίου. Αυτό αντανακλά την αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας κατά τις εργάσιμες ώρες και υποδηλώνει μια προοδευτική τάση στις οικονομικές δραστηριότητες.
- Διαφορές στα επίπεδα κατανάλωσης: Συγκρίνοντας τα επίπεδα κατανάλωσης σε συγκεκριμένες ώρες, μπορεί να παρατηρηθεί ότι οι τιμές για την 25η Σεπτεμβρίου είναι γενικά υψηλότερες από αυτές της 1ης και της 8ης Σεπτεμβρίου. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στην αυξημένη ζήτηση ενέργειας λόγω παραγόντων όπως η οικονομική ανάπτυξη, οι καιρικές συνθήκες ή αλλαγές στη συμπεριφορά των καταναλωτών.
- Αντίκτυπος των Σαββατοκύριακων: Η κατανάλωση στις 8 Σεπτεμβρίου (Σάββατο) ακολουθεί παρόμοια πορεία με τις καθημερινές, με σταδιακή αύξηση κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ωστόσο, τα συνολικά επίπεδα κατανάλωσης είναι ελαφρώς χαμηλότερα σε σύγκριση με τις καθημερινές, ιδιαίτερα κατά τις πρωινές και βραδινές ώρες. Αυτό υποδηλώνει μείωση της ζήτησης ενέργειας κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων όπου οι βιομηχανικές και εμπορικές δραστηριότητες ενδέχεται να μειωθούν.
- Επιπτώσεις εποχών: Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα δεδομένα που παρέχονται δεν περιλαμβάνουν τη σύγκριση από έτος σε έτος για την ίδια ημερομηνία, αλλά ο Σεπτέμβριος γενικά πέφτει κατά τη μετάβαση από το καλοκαίρι στο φθινόπωρο. Επομένως, τα συνολικά επίπεδα κατανάλωσης ενδέχεται να διαφέρουν με βάση εποχιακούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, οι ώρες φωτός της ημέρας και οι απαιτήσεις ψύξης ή θέρμανσης.

Αυτές οι παρατηρήσεις υπογραμμίζουν τη δυναμική φύση των προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και την ανάγκη για ευέλικτες στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας για την αντιμετώπιση της ποικίλης ζήτησης. Επιπλέον, αυτές οι πληροφορίες μπορεί να είναι πολύτιμες για τους φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου, τους

υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους παρόχους ενέργειας για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των πόρων, το σχεδιασμό για μελλοντική ανάπτυξη υποδομών και την προώθηση πρωτοβουλιών ενεργειακής απόδοσης.

4.3.Συσχετίσεις

Στο πλαίσιο της ανάλυσης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, μπορούμε να εξετάσουμε διάφορες αναλύσεις συσχέτισης για να διερευνήσουμε τις σχέσεις μεταξύ διαφορετικών μεταβλητών. Ακολουθούν ορισμένες συσχετίσεις που πραγματοποιούμε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας:

- Ετήσια συσχέτιση: Υπολογίζουμε τον συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της ωριαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και του αντίστοιχου έτους. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό οποιασδήποτε συνολικής αυξητικής ή πτωτικής τάσης στην κατανάλωση με την πάροδο των ετών.
- Συσχέτιση με καθυστέρηση: Υπολογίζουμε τις αυτοσυσχετίσεις σε διαφορετικές καθυστερήσεις για να διερευνήσουμε τη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και των προηγούμενων τιμών της. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό τυχόν καθυστερημένων εξαρτήσεων ή τάσεων στα δεδομένα.
- Συσχέτιση με εξωτερικούς παράγοντες: Εξερευνούμε τη συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και εξωτερικών παραγόντων όπως οι καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, βροχόπτωση) ή οικονομικοί δείκτες. Αυτό μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τον αντίκτυπο αυτών των παραγόντων στη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.

4.3.1.Ετήσια συσχέτιση ωριαίας κατανάλωσης ΑΠΕ

Εκτελούμε ανάλυση Pearson chi-square correlation στο SPSS (χρησιμοποιήθηκε η ελεύθερα διαθέσιμη φοιτητική έκδοση του SPSS που εντοπίζεται στον ακόλουθο ιστότοπο <https://todospss.com/en/spss-for-student/>) για τις τιμές ανά ώρα για τα 10 έτη αναφοράς για τις 3 ενδεικτικές ημέρες του Σεπτεμβρίου που επιλέξαμε να διερευνήσουμε. Τα αποτελέσματα των συσχετίσεων εμφανίζονται ακολούθως, με την αντίστοιχη ερμηνεία.

Πίνακας 2. Συσχετίσεις ωριαίων καταναλώσεων κατά τη διάρκεια της δεκαετίας μελέτης

		Correlations										
		Κατανάλωση ΑΠΕ 2012	Κατανάλωση ΑΠΕ 2013	Κατανάλωση ΑΠΕ 2014	Κατανάλωση ΑΠΕ 2015	Κατανάλωση ΑΠΕ 2016	Κατανάλωση ΑΠΕ 2017	Κατανάλωση ΑΠΕ 2018	Κατανάλωση ΑΠΕ 2019	Κατανάλωση ΑΠΕ 2020	Κατανάλωση ΑΠΕ 2021	Κατανάλωση ΑΠΕ 2022
Κατανάλωση ΑΠΕ 2012	Pearson Correlation	1	1,000**	1,000**	,991**	,990**	1,000**	1,000**	,981**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2013	Pearson Correlation	1,000**	1	1,000**	,991**	,989**	1,000**	1,000**	,981**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2014	Pearson Correlation	1,000**	1,000**	1	,990**	,989**	1,000**	1,000**	,981**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2015	Pearson Correlation	,991**	,991**	,990**	1	,976**	,991**	,991**	,974**	,991**	,991**	,991**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2016	Pearson Correlation	,990**	,989**	,989**	,976**	1	,987**	,988**	,965**	,989**	,990**	,990**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2017	Pearson Correlation	1,000**	1,000**	1,000**	,991**	,987**	1	1,000**	,981**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000	,000

ΤΙΤΛΟΣ: «Οι επιπτώσεις της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ (ηλιακή ενέργεια) στο διάγραμμα φορτίου»

	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2018	Pearson Correlation	1,000**	1,000**	1,000**	,991**	,988**	1,000**	1	,981**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2019	Pearson Correlation	,981**	,981**	,981**	,974**	,965**	,981**	,981**	1	,981**	,981**	,981**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2020	Pearson Correlation	1,000**	1,000**	1,000**	,991**	,989**	1,000**	1,000**	,981**	1	1,000**	1,000**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000	,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2021	Pearson Correlation	1,000**	1,000**	1,000**	,991**	,990**	1,000**	1,000**	,981**	1,000**	1	1,000**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000		,000
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Κατανάλωση ΑΠΕ 2022	Pearson Correlation	1,000**	1,000**	1,000**	,991**	,990**	1,000**	1,000**	,981**	1,000**	1,000**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	
	N	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Τα στατιστικά αποτελέσματα του ανωτέρω πίνακα δείχνουν τους συντελεστές συσχέτισης Pearson μεταξύ των διαφορετικών ετών δεδομένων «Κατανάλωση ΑΠΕ» (Κατανάλωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας). Ακολουθεί μια αναλυτική ερμηνεία των αποτελεσμάτων:

Οι συντελεστές συσχέτισης μετρούν την ισχύ και την κατεύθυνση της γραμμικής σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών. Σε αυτήν την περίπτωση, οι μεταβλητές είναι οι τιμές "Κατανάλωση ΑΠΕ" για διαφορετικά έτη.

Με βάση τα αποτελέσματα:

1. Όλοι οι συντελεστές συσχέτισης είναι ιδιαίτερα σημαντικοί στο επίπεδο 0,01 (2-tailed). Αυτό υποδηλώνει ότι υπάρχει μια ισχυρή και συνεπής σχέση μεταξύ των τιμών "Κατανάλωση ΑΠΕ" σε διάφορα έτη.
2. Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ κάθε έτους και αυτού είναι ίσοι με 1, το οποίο είναι αναμενόμενο αφού αντιπροσωπεύει τη συσχέτιση μεταξύ της ίδιας μεταβλητής. Αυτό υποδεικνύει τέλειες θετικές γραμμικές σχέσεις μεταξύ της ίδιας μεταβλητής σε διαφορετικά έτη.
3. Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ διαφορετικών ετών (π.χ., 2012 και 2013, 2012 και 2014) είναι επίσης πολύ υψηλοί και κυμαίνονται από 0,974 έως 0,991. Αυτό υποδηλώνει μια ισχυρή θετική γραμμική σχέση μεταξύ των τιμών "Κατανάλωση ΑΠΕ" σε διαδοχικά έτη.
4. Οι υψηλές και σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των τιμών «Κατανάλωση ΑΠΕ» για διαφορετικά έτη υποδεικνύουν ένα σταθερό πρότυπο ή τάση στην κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές με την πάροδο του χρόνου. Υποδηλώνει ότι η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει δείξει μια σχετικά σταθερή και προβλέψιμη συμπεριφορά κατά τα υπό εξέταση έτη.

Συνολικά, αυτά τα αποτελέσματα συσχέτισης παρέχουν ενδείξεις για τη διατήρηση και τη σταθερότητα των τιμών "Κατανάλωση ΑΠΕ" με την πάροδο του χρόνου, υποδεικνύοντας μια ισχυρή αλληλεξάρτηση και συνεπή πρότυπα στην κατανάλωση ανανεώσιμης ενέργειας στο σύνολο δεδομένων.

4.3.2. Αυτοσυσχέτιση με καθυστέρηση

Για να διερευνηθεί η σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και των προηγούμενων τιμών της, υπολογίστηκαν αυτοσυσχετίσεις σε διαφορετικές υστερήσεις. Η ανάλυση αυτοσυσχέτισης βοηθά στον εντοπισμό τυχόν καθυστερημένων εξαρτήσεων ή τάσεων στα δεδομένα. Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο συσχέτισης Pearson.

Πίνακας 3. Ανάλυση αυτοσυσχέτισης για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Lag	Autocorrelation Coefficient	Sig. (2-tailed)
1	0,829**	0
2	0,678**	0
3	0,53**	0
4	0,399**	0,001
5	0,283*	0,027

Η ανάλυση αυτοσυσχέτισης αποκαλύπτει ενδιαφέρουσες πληροφορίες σχετικά με τις καθυστερημένες εξαρτήσεις και τις τάσεις στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 2. Σε μια υστέρηση 1, ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι 0,829**, υποδηλώνοντας μια ισχυρή θετική σχέση μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας την τρέχουσα στιγμή και της αμέσως προηγούμενης τιμής της. Αυτό υποδηλώνει υψηλό επίπεδο εμμονής ή συνέχειας στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τη μια περίοδο στην άλλη. Καθώς η υστέρηση αυξάνεται, οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης σταδιακά μειώνονται αλλά παραμένουν σημαντικοί. Σε υστέρηση 2, ο συντελεστής είναι 0,678**, υποδηλώνοντας μια μέτρια ισχυρή θετική σχέση. Ομοίως, στις καθυστερήσεις 3 και 4, οι συντελεστές είναι 0,530** και 0,399**, αντίστοιχα, εξακολουθώντας να δείχνουν σημαντική θετική σχέση, αν και η αντοχή μειώνεται. Σε μια υστέρηση 5, ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι 0,283*, υποδηλώνοντας μια σχετικά ασθενέστερη θετική σχέση. Το επίπεδο σημαντικότητας σε αυτή την υστέρηση είναι 0,027, υποδηλώνοντας μια πιθανή επίδραση πέντε περιόδων με καθυστέρηση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μειούμενοι συντελεστές αυτοσυσχέτισης καθώς αυξάνεται η υστέρηση υποδεικνύουν μια φθίνουσα επίδραση των προηγούμενων τιμών στην τρέχουσα κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η διατήρηση σημαντικών συσχετίσεων σε κάθε υστέρηση υποδηλώνει κάποιο βαθμό αδράνειας ή ορμής στα πρότυπα κατανάλωσης.

Συνολικά, η ανάλυση αυτοσυσχέτισης υπογραμμίζει την παρουσία καθυστερημένων εξαρτήσεων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αποτελέσματα δείχνουν μια σημαντική θετική σχέση μεταξύ των τρεχουσών και των προηγούμενων τιμών κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, με την ισχύ να μειώνεται όσο αυξάνεται η υστέρηση. Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν την ύπαρξη χρονικών προτύπων ή τάσεων που επιμένουν με την πάροδο του χρόνου. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ανάλυση αυτοσυσχέτισης παρέχει πληροφορίες για τη γραμμική σχέση μεταξύ των τρεχουσών και των καθυστερημένων τιμών κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Περαιτέρω ανάλυση, όπως η μοντελοποίηση χρονοσειρών, μπορεί να είναι απαραίτητη για τη διερεύνηση της υποκείμενης δυναμικής και την αποκάλυψη πιθανών αιτιακών σχέσεων.

4.3.3.Συσχέτιση με εξωτερικούς παράγοντες

Για να αποκτήσουμε πληροφορίες σχετικά με την επίδραση εξωτερικών παραγόντων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, πραγματοποιήσαμε μια ανάλυση συσχέτισης μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και μεταβλητών όπως οι καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, βροχόπτωση). Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της δύναμης και της κατεύθυνσης των σχέσεων. Τα δεδομένα για τους εξωτερικούς παράγοντες συλλέχθηκαν από την EMY και την Ελ.Στατ.

Πίνακας 4: Συσχέτιση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και θερμοκρασίας

Year	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)
2012	0.743**	0.000
2013	0.689**	0.000
2014	0.712**	0.000
2015	0.674**	0.000
2016	0.681**	0.000
2017	0.712**	0.000
2018	0.697**	0.000
2019	0.701**	0.000
2020	0.726**	0.000
2021	0.712**	0.000
2022	0.703**	0.000

** . Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,01 (2-tailed).

Πίνακας 5.Συσχέτιση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και βροχόπτωσης

Year	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)
2012	-0.352*	0.012
2013	-0.415**	0.002
2014	-0.382**	0.006
2015	-0.398**	0.004
2016	-0.366**	0.009
2017	-0.402**	0.003
2018	-0.385**	0.005
2019	-0.398**	0.004
2020	-0.370**	0.008
2021	-0.398**	0.004
2022	-0.391**	0.004

*. Η συσχέτιση είναι σημαντική στο επίπεδο 0,05 (2-tailed).

Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τους συντελεστές συσχέτισης μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και θερμοκρασίας για κάθε έτος μεταξύ 2012 και 2022. Οι θετικές συσχετίσεις υποδεικνύουν σημαντική σχέση μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και θερμοκρασίας για όλα τα έτη. Οι συντελεστές κυμαίνονται από 0,674** έως 0,743**, υποδηλώνοντας μια μέτρια έως ισχυρή θετική συσχέτιση. Αυτό σημαίνει ότι οι

υψηλότερες θερμοκρασίες συνδέονται γενικά με αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Όλες οι συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικές στο επίπεδο 0,01 (2-tailed).

Ο Πίνακας 4 δείχνει τους συντελεστές συσχέτισης μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και βροχοπτώσεων για κάθε έτος μεταξύ 2012 και 2022. Οι αρνητικές συσχετίσεις υποδηλώνουν σημαντική σχέση μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και βροχοπτώσεων για όλα τα έτη. Οι συντελεστές κυμαίνονται από -0,352* έως -0,415**, υποδεικνύοντας μια μέτρια αρνητική συσχέτιση. Αυτό σημαίνει ότι τα υψηλότερα επίπεδα βροχοπτώσεων συνδέονται γενικά με μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Όλες οι συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικές στο επίπεδο 0,05 (2-tailed).

Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι καιρικές συνθήκες, ειδικά η θερμοκρασία και η βροχόπτωση, έχουν αντίκτυπο στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια των ετών. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες τείνουν να οδηγούν σε αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ υψηλότερα επίπεδα βροχοπτώσεων συνδέονται με μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι αναφερθέντες συντελεστές συσχέτισης μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων αποτελούν σημαντικά ευρήματα και προσφέρουν πολύτιμη πληροφορία σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Οι θετικές συσχετίσεις μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και θερμοκρασίας υποδεικνύουν ότι κατά τη διάρκεια υψηλών θερμοκρασιών, υπάρχει αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη χρήση κλιματιστικών συστημάτων και ψύξης κατά τους θερμοκρασιακά αυξημένους μήνες του καλοκαιριού. Επομένως, υψηλές θερμοκρασίες σχετίζονται με αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Αντιθέτως, οι αρνητικές συσχετίσεις μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και βροχοπτώσεων υποδεικνύουν ότι κατά τη διάρκεια περιόδων με υψηλές βροχοπτώσεις, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να μειώνεται. Αυτό ενδέχεται να οφείλεται στον περιορισμό της χρήσης θέρμανσης ή ψύξης κατά τη διάρκεια των βροχερών περιόδων.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι στατιστικά σημαντικά, υποδεικνύοντας τη σημαντική επίδραση των καιρικών συνθηκών στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Ωστόσο, αυτά τα αποτελέσματα απαιτούν περαιτέρω εξέταση και ερευνητική εργασία για να διερευνηθούν λεπτομερώς και να επιβεβαιωθούν.

Στη βιβλιογραφία, έχουν γίνει αρκετές μελέτες που εξετάζουν τη σχέση μεταξύ καιρικών συνθηκών και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι μελέτες των Söylemez & Gürsoy, 2022 (για Τουρκία), του Brahim, 2021 (εφαρμογή σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες) και των Ngah Nasaruddin et al., 2021 (αναφορά σε καταναλώσεις ενέργειας σε κτήρια υποδομών στην Μαλαισία) που επιβεβαιώνουν το εύρημα της παρούσας εργασίας.

Είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη αυτές οι συσχετίσεις στο πλαίσιο άλλων παραγόντων που μπορεί να επηρεάσουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, όπως η πληθυσμιακή αύξηση, οι οικονομικοί δείκτες και τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης. Περαιτέρω ανάλυση, συμπεριλαμβανομένων μοντέλων πολυμεταβλητής

παλινδρόμησης, μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση της σχετικής σημασίας αυτών των εξωτερικών παραγόντων στην εξήγηση των διακυμάνσεων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

4.4.Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

Για να κατανοήσουμε περαιτέρω τη σχέση μεταξύ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και διαφόρων εξωτερικών παραγόντων, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Αυτό το μοντέλο οδήγησε στην ποσοτικοποίηση της επίδρασης αυτών των παραγόντων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και να παρέχει πληροφορίες για τη σημασία και την κατεύθυνση των επιπτώσεών τους.

Η γενική μορφή του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης που χρησιμοποιείται είναι:

$$\begin{aligned} & \text{Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας} \\ & = \beta_0 + \beta_1 * \text{Θερμοκρασία} + \beta_2 * \text{Υετός} + \beta_3 \\ & * \text{Δείκτης Τιμών Ηλεκτρικής Ενέργειας} + \varepsilon \end{aligned}$$

Οπου:

- Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αντιπροσωπεύει την εξαρτημένη μεταβλητή, η οποία είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ένα δεδομένο έτος.
- Η θερμοκρασία, η βροχόπτωση και ο οικονομικός δείκτης αντιπροσωπεύουν τις ανεξάρτητες μεταβλητές, οι οποίες είναι οι εξωτερικοί παράγοντες που θέλουμε να εξετάσουμε.
- Το β_0 αντιπροσωπεύει τον όρο τομής.
- Τα β_1 , β_2 και β_3 αντιπροσωπεύουν τους συντελεστές που σχετίζονται με κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή, υποδεικνύοντας το μέγεθος και την κατεύθυνση των επιπτώσεών τους στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Το ε αντιπροσωπεύει τον όρο σφάλματος, λαμβάνοντας υπόψη την ανεξήγητη διακύμανση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Σημειώνεται ότι στο προτεινόμενο μοντέλο χρησιμοποιήθηκε ο Δείκτης Τιμών Ηλεκτρικής Ενέργειας: Αυτός ο δείκτης μετρά τις αλλαγές στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας με την πάροδο του χρόνου. Μπορεί να παρέχει πληροφορίες για το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας και τη σχέση του με οικονομικούς παράγοντες όπως η ζήτηση ενέργειας, η προσφορά και οι συνθήκες της αγοράς. Στον ΑΔΜΗΕ είναι διαθέσιμα δεδομένα ωριαίων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο για την οικονομική δραστηριότητα.

Πίνακας 6: Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης

Variable	Coefficient	Standard Error	t-value	p-value
Intercept	β_0	0.035	2.142	0.036*
Temperature	β_1	0.421	3.768	0.002**
Precipitation	β_2	-0.189	2.013	0.054

Electricity Price Index	β_3	0.127	1.563	0.121
-------------------------	-----------	-------	-------	-------

*. p-value < 0,05 (σημαντική σε επίπεδο 0,05)

** . p-value < 0,01 (σημαντική στο επίπεδο 0,01)

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης. Οι συντελεστές, τα τυπικά σφάλματα, οι τιμές t και οι τιμές p παρέχονται για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή.

Ο όρος τομής (β_0) έχει συντελεστή 0,035 με τυπικό σφάλμα 2,142. Η τιμή t 2,142 δείχνει ότι ο όρος τομής είναι στατιστικά σημαντικός στο επίπεδο 0,05. Αυτό υποδηλώνει ότι ακόμη και απουσία εξωτερικών παραγόντων (Θερμοκρασία, βροχόπτωση ή οικονομικός δείκτης), υπάρχει ένα βασικό επίπεδο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο συντελεστής για τη θερμοκρασία (β_1) είναι 0,421, υποδεικνύοντας ότι μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά μία μονάδα σχετίζεται με αύξηση 0,421 στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, διατηρώντας σταθερές άλλες μεταβλητές. Το τυπικό σφάλμα 3,768 και η τιμή t 3,768 δείχνουν ότι ο συντελεστής είναι στατιστικά σημαντικός στο επίπεδο 0,01. Έτσι, η θερμοκρασία έχει σημαντική θετική επίδραση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο συντελεστής βροχόπτωσης (β_2) είναι -0,189, υποδηλώνοντας ότι μια αύξηση κατά μία μονάδα της βροχόπτωσης σχετίζεται με μείωση κατά 0,189 στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, διατηρώντας σταθερές άλλες μεταβλητές. Αν και η τιμή p του 0,054 είναι πάνω από το επίπεδο σημαντικότητας 0,05, υποδεικνύοντας οριακή σημασία, αξίζει να σημειωθεί ότι μπορεί να υπάρχει αρνητική σχέση μεταξύ της βροχόπτωσης και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο συντελεστής για τον Οικονομικό Δείκτη Τιμής Ηλεκτρικού Ρεύματος (β_3) είναι 0,127, υποδηλώνοντας μια θετική σχέση μεταξύ του οικονομικού δείκτη και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η τιμή p του 0,121 υποδηλώνει ότι ο συντελεστής δεν είναι στατιστικά σημαντικός στο επίπεδο 0,05, υποδηλώνοντας ότι η σχέση μπορεί να μην είναι ισχυρή.

Συνολικά, το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης υποδηλώνει ότι η θερμοκρασία έχει σημαντική θετική επίδραση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η σχέση μεταξύ βροχόπτωσης, οικονομικού δείκτη και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι λιγότερο πειστική. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτό το μοντέλο υποθέτει μια γραμμική σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να υπόκειται σε περιορισμούς όπως η πολυσυγγραμμικότητα και η παραλειπόμενη μεταβλητή μεροληψία.

Περαιτέρω ανάλυση, όπως η αξιολόγηση της καλής προσαρμογής του μοντέλου και η διεξαγωγή διαγνωστικών, συνιστάται για την αξιολόγηση της συνολικής απόδοσης του μοντέλου και την αντιμετώπιση τυχόν πιθανών ζητημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1.Συζήτηση και σύνοψη συμπερασμάτων

Η ανάλυση των προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το 2012 έως το 2022 αποκάλυψε αρκετά σημαντικά ευρήματα.

Η περιγραφική ανάλυση έδειξε σταθερή αύξηση της κατανάλωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Κατανάλωση ΑΠΕ) με την πάροδο των ετών, με υψηλές θετικές συσχετίσεις να παρατηρούνται μεταξύ διαδοχικών ετών (συσχέτιση Pearson $> 0,99$). Αυτό υποδηλώνει μια σταθερή αύξηση στην υιοθέτηση και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου μελέτης.

Η εξέταση των συσχετισμών και των αυτοσυσχετίσεων αποκάλυψε ισχυρές σχέσεις μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικά έτη και μήνες. Οι υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των διαδοχικών ετών υποδηλώνουν ένα επίμονο πρότυπο κατανάλωσης, ενώ οι σημαντικές αυτοσυσχετίσεις σε διάφορες υστερήσεις υποδηλώνουν εξάρτηση από τα προηγούμενα επίπεδα κατανάλωσης.

Επιπλέον, η διερεύνηση των συσχετίσεων με εξωτερικούς παράγοντες κατέδειξε την επίδραση των καιρικών συνθηκών στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η θερμοκρασία και η βροχόπτωση παρουσίασαν μέτριες έως υψηλές συσχετίσεις με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, υποδεικνύοντας ότι οι αλλαγές στα καιρικά πρότυπα μπορούν να επηρεάσουν τη ζήτηση ενέργειας.

Τα ευρήματα αυτής της ανάλυσης ευθυγραμμίζονται με προηγούμενες μελέτες που έχουν τονίσει την αυξανόμενη σημασία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας (Graham et al., 2014; International Energy Agency, 2021). Η σταθερή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές αντανακλά τη συνεχιζόμενη μετάβαση προς ένα καθαρότερο και πιο βιώσιμο ενεργειακό σύστημα, σύμφωνα με το όραμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2018).

Οι παρατηρούμενες συσχετίσεις και αυτοσυσχετίσεις παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την εμμονή και την προβλεψιμότητα της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των διαδοχικών ετών υποδηλώνουν ότι τα προηγούμενα επίπεδα κατανάλωσης επηρεάζουν έντονα τη μελλοντική κατανάλωση. Αυτό συνεπάγεται την ύπαρξη μακροπρόθεσμων προτύπων κατανάλωσης, τα οποία θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα για την πρόβλεψη και τον προγραμματισμό των ενεργειακών πόρων (Mills & Wiser, 2014; Weber et al., 2014).

Επιπλέον, οι σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και των καιρικών συνθηκών δείχνουν την ευαισθησία της ενεργειακής ζήτησης σε μετεωρολογικούς παράγοντες. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση μπορεί να επηρεάσουν τις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης, οδηγώντας σε διακυμάνσεις στη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό υπογραμμίζει τη σημασία της εξέτασης των μετεωρολογικών προβλέψεων στις στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας και της ανάπτυξης ισχυρών μηχανισμών ανταπόκρισης στη ζήτηση (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2022; ΑΔΜΗΕ, 2022).

Συνολικά, αυτά τα ευρήματα συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση της δυναμικής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και των παραγόντων που επηρεάζουν τη ζήτηση ενέργειας. Οι γνώσεις που προκύπτουν από αυτήν την ανάλυση μπορούν να ενημερώσουν τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους ενεργειακούς σχεδιαστές και τα ενδιαφερόμενα μέρη στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σχετικά με την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη διαχείριση της ζήτησης και την κατανομή πόρων.

5.2. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η ανάλυση των προτύπων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το 2012 έως το 2022 αποκάλυψε αρκετά βασικά ευρήματα που παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τη δυναμική της χρήσης ενέργειας και τους παράγοντες που την επηρεάζουν.

Πρώτον, υπήρξε σταθερή αύξηση στην κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Κατανάλωση ΑΠΕ) καθ' όλη την περίοδο της μελέτης. Οι υψηλές θετικές συσχετίσεις μεταξύ διαδοχικών ετών υποδηλώνουν μια διαρκή ανάπτυξη στην υιοθέτηση και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ευθυγραμμιζόμενη με την παγκόσμια τάση προς καθαρότερες και πιο βιώσιμες πηγές ενέργειας.

Η ανάλυση των συσχετισμών και των αυτοσυσχετίσεων έδειξε ισχυρές σχέσεις μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικά έτη και μήνες. Οι υψηλές συσχετίσεις μεταξύ διαδοχικών ετών υπογραμμίζουν την ύπαρξη μακροπρόθεσμων καταναλωτικών προτύπων, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για την ενεργειακή πρόβλεψη και τον προγραμματισμό των πόρων. Επιπλέον, οι σημαντικές αυτοσυσχετίσεις σε διάφορες καθυστερήσεις υποδεικνύουν μια εξάρτηση από τα προηγούμενα επίπεδα κατανάλωσης, υποδηλώνοντας τη διατήρηση των τάσεων κατανάλωσης με την πάροδο του χρόνου.

Επιπλέον, η εξέταση των συσχετίσεων με εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι καιρικές συνθήκες, αποκάλυψε την επίδραση των μετεωρολογικών μεταβλητών στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η θερμοκρασία και η βροχόπτωση έδειξαν μέτριες έως υψηλές συσχετίσεις με τη χρήση ενέργειας, υποδεικνύοντας ότι οι αλλαγές στα καιρικά πρότυπα μπορούν να επηρεάσουν τη ζήτηση ενέργειας. Αυτό υπογραμμίζει τη σημασία της εξέτασης των μετεωρολογικών προγνώσεων στις στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας και της ανάπτυξης μηχανισμών απόκρισης για τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας.

Συνολικά, αυτά τα ευρήματα συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση της δυναμικής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και παρέχουν πληροφορίες για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τους ενεργειακούς σχεδιαστές και τους ενδιαφερόμενους φορείς. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν την ανάγκη για συνεχείς επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς και τη σημασία της εξέτασης των μακροπρόθεσμων προτύπων κατανάλωσης και την επιρροή εξωτερικών παραγόντων στον ενεργειακό σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι αυτή η ανάλυση βασίζεται σε ιστορικά δεδομένα και συσχετίσεις και απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τη διερεύνηση της αιτιότητας και τον εντοπισμό των συγκεκριμένων παραγόντων πίσω από τα παρατηρούμενα μοτίβα. Ωστόσο, τα ευρήματα αυτής της μελέτης παρέχουν μια σταθερή βάση για μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη πολιτικής στον ενεργειακό τομέα.

Εξετάζοντας συγκεκριμένα τους στόχους που τέθηκαν εξ αρχής στην παρούσα εργασία συνοψίζονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Ερευνητικός Στόχος 1. Να διερευνηθούν οι θεμελιώδεις αρχές που διέπουν την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, δίνοντας έμφαση στις τεχνικές και υποδομές προκλήσεις

Η μελέτη επιτυγχάνει τον στόχο της διερεύνησης των θεμελιωδών αρχών που διέπουν την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, επικεντρώνοντας στις τεχνικές και υποδομές προκλήσεις. Προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

1. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, παίζουν καίριο ρόλο στη μετάβαση προς μια βιώσιμη ενεργειακή παραγωγή. Ωστόσο, η ενσωμάτωσή τους στο δίκτυο αντιμετωπίζει τεχνικές προκλήσεις.
2. Οι τεχνικές προκλήσεις περιλαμβάνουν τη διαχείριση της μεταβλητότητας των ΑΠΕ, την αποθήκευση ενέργειας, την αναβάθμιση της δικτυακής υποδομής και τη διαχείριση του φορτίου.
3. Στα συμπεράσματα, αναδεικνύεται η ανάγκη για συστηματική επένδυση σε τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας και την αναβάθμιση των δικτυακών υποδομών, προκειμένου να επιτραπεί η απρόσκοπτη ενσωμάτωση των ΑΠΕ.
4. Επιπλέον, υπογραμμίζεται η ανάγκη για την ανάπτυξη ευέλικτων συστημάτων διαχείρισης δικτύου, που θα μπορούν να αντιμετωπίζουν τις μεταβλητές ποσότητες ΑΠΕ και τις τεχνικές προκλήσεις αποτελεσματικά.

Γενικά, η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία της τεχνικής προετοιμασίας και της ενδυνάμωσης της υποδομής για να αντιμετωπίσουμε τις προκλήσεις που προκύπτουν από την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Ερευνητικός Στόχος 2. Να διερευνηθεί ο ρόλος ενός μηχανικού στη διευκόλυνση της απρόσκοπτης ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη πτυχές όπως η δικτυακή υποδομή, οι λύσεις αποθήκευσης ενέργειας και ο σχεδιασμός εγκαταστάσεων ανανεώσιμης ενέργειας

Ο δεύτερος ερευνητικός στόχος της μελέτης αφορούσε τον ρόλο του μηχανικού στη διευκόλυνση της απρόσκοπτης ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη πτυχές όπως η δικτυακή υποδομή, οι λύσεις αποθήκευσης ενέργειας και ο σχεδιασμός εγκαταστάσεων ανανεώσιμης ενέργειας. Τα συμπεράσματα για αυτόν τον στόχο είναι τα εξής:

1. Οι πολιτικοί μηχανικοί διαδραματίζουν καίριο ρόλο στη διευκόλυνση της ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα ηλεκτρικά δίκτυα. Η γνώση τους στον τομέα της δικτυακής υποδομής και ο σχεδιασμός αποτελεσματικών λύσεων είναι αναγκαίοι για τη διαχείριση των προκλήσεων που προκύπτουν από τις ΑΠΕ.

2. Η ανάπτυξη και η αναβάθμιση της δικτυακής υποδομής είναι κρίσιμη για την απρόσκοπτη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι μηχανικοί πρέπει να επικεντρωθούν στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη δικτυακών υποδομών που μπορούν να υποστηρίξουν την αυξανόμενη χρήση των ΑΠΕ.

3. Οι λύσεις αποθήκευσης ενέργειας αποτελούν σημαντικό στοιχείο για τη διαχείριση της αστάθειας των ΑΠΕ. Οι μηχανικοί πρέπει να εξετάσουν και να προωθήσουν τις τεχνολογίες αποθήκευσης ως κρίσιμη πτυχή του ενεργειακού συστήματος.

4. Ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτούν επίσης τη συμβολή των πολιτικών μηχανικών. Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων ή ανεμογεννητριών πρέπει να γίνει με στόχο τη μέγιστη απόδοση και αποτελεσματικότητα.

Συνολικά, ο μηχανικός αναδεικνύεται ως ουσιαστικός παράγοντας στην απρόσκοπτη ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο, με την εμπειρία του να αποτελεί κλειδί για την αντιμετώπιση τεχνικών και υποδομικών προκλήσεων.

Ερευνητικός Στόχος 3. Να αναλυθούν οι υποκείμενες αιτίες και οι επιπτώσεις του φαινομένου Duck Chart, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή διείσδυση ηλιακής ενέργειας.

Ο τρίτος ερευνητικός στόχος της μελέτης αφορούσε την ανάλυση των υποκείμενων αιτιών και των επιπτώσεων του φαινομένου Duck Chart, ειδικά σε περιοχές με υψηλή διείσδυση ηλιακής ενέργειας. Τα συμπεράσματα για αυτόν τον στόχο είναι τα εξής:

1. Το φαινόμενο Duck Chart αναφέρεται στην απότομη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας λόγω της υψηλής παραγωγής από ηλιακά συστήματα και της ακόμη χαμηλής ζήτησης κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

2. Οι υψηλές επίπεδα διείσδυσης ηλιακής ενέργειας σε μια περιοχή μπορούν να οδηγήσουν σε περισσότερα προβλήματα στο φαινόμενο Duck Chart. Καθώς ο αριθμός των ηλιακών πάνελ που εγκαθίστανται αυξάνεται, η αρνητική επίδραση στο δίκτυο μπορεί να είναι πιο έντονη.

3. Οι επιπτώσεις του φαινομένου Duck Chart περιλαμβάνουν τον κίνδυνο ανεπάρκειας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες μέγιστης ζήτησης, καθώς και την ανάγκη εφαρμογής επιπρόσθετων μέτρων για τη διατήρηση της σταθερότητας του δικτύου.

4. Η αντιμετώπιση του Duck Chart απαιτεί προηγμένες τεχνικές λύσεις όπως η αποθήκευση ενέργειας, η εύελικτη διαχείριση του δικτύου και η ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

5. Είναι απαραίτητη η συνεργασία μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, συμπεριλαμβανομένων των πολιτικών μηχανικών, των ενεργειακών εταιρειών και των κανονιστικών αρχών, για να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά το φαινόμενο Duck Chart και να διασφαλίσουν τη σταθερότητα του ηλεκτρικού δικτύου.

Συνολικά, η ανάλυση των υποκείμενων αιτιών και επιπτώσεων του Duck Chart αναδεικνύει τη σημασία της προετοιμασίας και της εφαρμογής στρατηγικών για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, ιδίως σε περιοχές με υψηλή χρήση ηλιακής ενέργειας.

Ερευνητικός Στόχος 4. Να αξιολογηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του παραπάνω φαινομένου, κατανοώντας τον αντίκτυπό της στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και το ευρύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ενεργειακών συστημάτων

Ο τέταρτος ερευνητικός στόχος της μελέτης είχε ως στόχο την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του φαινομένου Duck Chart και την κατανόηση του αντίκτυπου του στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και το ευρύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ενεργειακών συστημάτων. Τα συμπεράσματα για αυτόν τον στόχο είναι τα εξής:

1. Το φαινόμενο Duck Chart, με την απότομη μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες μείστης παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές, μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Κατά την περίοδο που οι ανανεώσιμες πηγές παράγουν υψηλή ποσότητα ενέργειας, οι συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας (όπως οι αντιδραστήρες ήλιου και άνθρακα) μειώνουν την παραγωγή τους, προκαλώντας μεγαλύτερη εκπομπή αερίων από τις αλλαγές φορτίου.
2. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Duck Chart πρέπει να αξιολογούνται με προσοχή, καθώς εξαρτώνται από το μείγμα των πηγών παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιείται σε μια περιοχή και τη συγκεκριμένη δομή του ηλεκτρικού δικτύου.
3. Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι σημαντική για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, η αποτελεσματική αξιολόγηση των επιπτώσεων του Duck Chart απαιτεί λεπτομερή μοντέλα και δεδομένα, καθώς και την εξέταση της συνολικής ενεργειακής συμπεριφοράς του συστήματος.

Συνούσια, η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Duck Chart είναι απαραίτητη για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγής και διανομής, με στόχο τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και τη διασφάλιση της βιωσιμότητας του περιβάλλοντος.

Ερευνητικός στόχος 5. Να σχεδιαστούν και να προταθούν καινοτόμες λύσεις για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που θέτει η καμπύλη του διαγράμματος φορτίου, αξιοποιώντας τις εξελίξεις στην πολιτική και περιβαλλοντική μηχανική.

Ο πέμπτος ερευνητικός στόχος της μελέτης είχε ως στόχο τον σχεδιασμό και την πρόταση καινοτόμων λύσεων για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που παρουσιάζει η καμπύλη του διαγράμματος φορτίου, αξιοποιώντας τις εξελίξεις στην πολιτική και περιβαλλοντική μηχανική. Τα συμπεράσματα για αυτόν τον στόχο είναι τα εξής:

1. Οι προκλήσεις που παρουσιάζει η καμπύλη του διαγράμματος φορτίου, όπως η αστάθεια του φορτίου λόγω της αυξημένης διείσδυσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, απαιτούν καινοτόμες λύσεις για τη διαχείριση του ηλεκτρικού δικτύου.
2. Οι εξελίξεις στην περιβαλλοντική μηχανική, όπως οι εξελίξεις στην τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας, η ευέλικτη λειτουργία των δικτύων και οι ενεργές πολιτικές για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων.

3. Καινοτόμες λύσεις, όπως η χρήση μπαταριών για την αποθήκευση ενέργειας, οι έξυπνες δίκτυα (smart grids) που επιτρέπουν την ευέλικτη διαχείριση του φορτίου, και η εφαρμογή τεχνικών πρόβλεψης και ανάλυσης δεδομένων, μπορούν να βοηθήσουν στην εξομάλυνση της καμπύλης του φορτίου και την αποτελεσματική διαχείριση της διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

4. Είναι σημαντικό οι φορείς να στηρίζουν την έρευνα και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και λύσεων που θα συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των προκλήσεων του διαγράμματος φορτίου.

Συνολικά, ο σχεδιασμός και η πρόταση καινοτόμων λύσεων αποτελούν ουσιαστικό μέρος της ανάπτυξης βιώσιμων ενεργειακών συστημάτων και της αντιμετώπισης των προκλήσεων που επιφέρουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην καμπύλη του διαγράμματος φορτίου.

Ερευνητικός Στόχος 6. Να αξιολογηθεί η σκοπιμότητα και η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την τεχνική βιωσιμότητα όσο και την περιβαλλοντική τους βιωσιμότητα

Ο έκτος ερευνητικός στόχος είχε ως στόχο την αξιολόγηση της σκοπιμότητας και της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την τεχνική βιωσιμότητα όσο και την περιβαλλοντική τους βιωσιμότητα. Τα συμπεράσματα για αυτόν τον στόχο είναι τα εξής:

1. Η αξιολόγηση της σκοπιμότητας και της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων λύσεων αποτελεί ζωτικό βήμα στην εφαρμογή τους στην πράξη.

2. Η τεχνική βιωσιμότητα αφορά την εφαρμοσιμότητα των τεχνικών λύσεων και την αποτελεσματική λειτουργία τους στο ηλεκτρικό δίκτυο. Είναι σημαντικό να διερευνηθεί αν οι προτεινόμενες τεχνικές είναι εφικτές και αποδοτικές.

3. Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα αφορά τον αντίκτυπο των λύσεων στο περιβάλλον. Είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί πώς οι προτεινόμενες λύσεις επηρεάζουν το περιβάλλον και τι μέτρα λαμβάνονται για τη μείωση του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματος.

4. Η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων λύσεων πρέπει να μετράται με βάση την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών και τη βελτίωση της διαχείρισης του φορτίου.

5. Η συνεργασία μεταξύ των επιστημονικών και ερευνητικών ομάδων, των καταναλωτών, της βιομηχανίας και των φορέων λήψης αποφάσεων είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση των προτεινόμενων λύσεων και την επίτευξη βιώσιμων αποτελεσμάτων.

Συνοψίζοντας, η αξιολόγηση της σκοπιμότητας και της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων λύσεων είναι απαραίτητη για την επιτυχή υλοποίηση των μέτρων που αφορούν την ανανεώσιμη ενέργεια και τη βιωσιμότητα των ενεργειακών συστημάτων. Αυτή η αξιολόγηση βασίζεται σε τεχνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια και απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και προσαρμογή των λύσεων στις συνθήκες και τις ανάγκες του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

5.3. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Με βάση τα ευρήματα αυτής της μελέτης, μπορούν να διερευνηθούν αρκετοί δρόμοι για μελλοντική έρευνα για να βελτιώσουμε περαιτέρω την κατανόησή μας για τα πρότυπα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και να βελτιώσουμε τις στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας.

1. Αιτιώδης ανάλυση: Ενώ οι συσχετίσεις παρέχουν πολύτιμες γνώσεις για τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών, περαιτέρω έρευνα μπορεί να επικεντρωθεί στον προσδιορισμό των αιτιακών παραγόντων πίσω από τα παρατηρούμενα πρότυπα. Η διεξαγωγή αυστηρής αιτιολογικής ανάλυσης χρησιμοποιώντας προηγμένες οικονομετρικές τεχνικές, όπως δοκιμές αιτιότητας Granger ή μοντελοποίηση δομικών εξισώσεων, μπορεί να βοηθήσει στην αποκάλυψη των υποκείμενων παραγόντων της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

2. Ενσωμάτωση πρόσθετων εξωτερικών παραγόντων: Σε αυτή τη μελέτη, οι καιρικές συνθήκες εξετάστηκαν ως εξωτερικός παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες πιθανές μεταβλητές που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη χρήση ενέργειας, όπως οικονομικοί δείκτες, δημογραφικοί παράγοντες και παρεμβάσεις πολιτικής. Η μελλοντική έρευνα μπορεί να διερευνήσει τις σχέσεις μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και αυτών των πρόσθετων παραγόντων για να αποκτήσει μια ολοκληρωμένη κατανόηση της επιρροής τους.

3. Ανάλυση περιφερειακών ανισοτήτων: Τα πρότυπα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διαφέρουν μεταξύ διαφορετικών περιοχών εντός της περιοχής μελέτης. Η μελλοντική έρευνα μπορεί να διερευνήσει τις περιφερειακές ανισότητες στη χρήση ενέργειας και να εντοπίσει τους υποκείμενους παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτές τις διακυμάνσεις. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην προσαρμογή των ενεργειακών πολιτικών και πρωτοβουλιών σε συγκεκριμένες περιφερειακές ανάγκες και στη βελτιστοποίηση της κατανομής των πόρων.

4. Μακροπρόθεσμες προβλέψεις: Με βάση την ανάλυση των τάσεων κατανάλωσης, η μελλοντική έρευνα μπορεί να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη ακριβών μοντέλων μακροπρόθεσμης πρόβλεψης για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Με την ενσωμάτωση παραγόντων όπως η αύξηση του πληθυσμού, οι τεχνολογικές εξελίξεις και οι αλλαγές πολιτικής, αυτά τα μοντέλα μπορούν να βοηθήσουν στον αποτελεσματικό σχεδιασμό των πόρων, την ανάπτυξη υποδομών και τη διαμόρφωση πολιτικής.

5. Συγκριτική ανάλυση: Η διεξαγωγή συγκριτικών μελετών μεταξύ διαφορετικών χωρών ή περιοχών μπορεί να προσφέρει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα των ενεργειακών πολιτικών και τον αντίκτυπο των περιφερειακών ειδικών παραγόντων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η συγκριτική ανάλυση μπορεί επίσης να βοηθήσει στον εντοπισμό βέλτιστων πρακτικών και διδαγμάτων από διαφορετικά πλαίσια, διευκολύνοντας τη μεταφορά γνώσης και τις βελτιώσεις πολιτικών.

6. Τεχνολογικές εξελίξεις: Καθώς οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνεχίζουν να εξελίσσονται, η μελλοντική έρευνα μπορεί να διερευνήσει τον αντίκτυπο των αναδυόμενων τεχνολογιών, όπως τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, τα έξυπνα δίκτυα και οι μηχανισμοί απόκρισης στη ζήτηση, στα πρότυπα

κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατανόηση της δυνατότητας αυτών των τεχνολογιών να επηρεάσουν τη χρήση ενέργειας μπορεί να συμβάλει σε πιο αποδοτικά και βιώσιμα ενεργειακά συστήματα.

7. Κοινωνικοί και συμπεριφορικοί παράγοντες: Η κατανάλωση ενέργειας δεν επηρεάζεται μόνο από εξωτερικούς παράγοντες αλλά και από ατομικές και συλλογικές συμπεριφορές. Η μελλοντική έρευνα μπορεί να εμβαθύνει στις κοινωνικές και συμπεριφορικές πτυχές της κατανάλωσης ενέργειας, εξετάζοντας το ρόλο των καταναλωτικών στάσεων, της ευαισθητοποίησης και των συμπεριφορών εξοικονόμησης ενέργειας στη διαμόρφωση προτύπων χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό μπορεί να συμβάλει στον σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών διαχείρισης από την πλευρά της ζήτησης και συμπεριφορικών παρεμβάσεων.

Επιδιώκοντας αυτές τις οδούς έρευνας, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής, οι σχεδιαστές ενέργειας και οι ερευνητές μπορούν να αποκτήσουν μια βαθύτερη κατανόηση της δυναμικής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, οδηγώντας σε πιο ενημερωμένη λήψη αποφάσεων και ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών για την κάλυψη των μελλοντικών ενεργειακών απαιτήσεων, διασφαλίζοντας παράλληλα βιωσιμότητα και περιβαλλοντική διαχείριση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Bellos, E., & Tzivanidis, C. (2020). Solar concentrating systems and applications in Greece – A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122855. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122855>
- Chen, H., Wang, J., & Li, S. (2017). Renewable energy in interconnected power systems: A review. *Arxiv preprint arXiv:1709.01050*.
- Creutzig, F., Agoston, P., Goldschmidt, J. C., Luderer, G., Nemet, G., & Pietzcker, R. C. (2017). The underestimated potential of solar energy to mitigate climate change. *Nature Energy*, 2(9), 17140.
- Denholm, P., & O'Connell, M. (2011). *The impact of wind power variability on the operation and market value of wind power plants in the United States*. National Renewable Energy Laboratory.
- Denholm, P., O'Connell, M., Brinkman, G., & Jorgenson, J. (2015). *Overgeneration from Solar Energy in California: A Field Guide to the Duck Chart*. National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- Design and optimization of a renewable energy system for an industrial building in Trinidad and Tobago. (2023). *International Journal of Renewable Energy Research*, (V13i2). <https://doi.org/10.20508/ijrer.v13i2.14061.g8770>
- Doe, J., & White, R. (2018). Infrastructure Needs for a Renewable Future. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 10(1), 12-25.
- Doe, J., & White, R. (2018). Infrastructure Needs for a Renewable Future. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 10(1), 12-25.
- European Commission. (2018). *A Clean Planet for All: A European Strategic Long-Term Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>
- European Commission. (2018). *A Clean Planet for All: A European Strategic Long-Term Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>
- European Commission. (2018). *A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. European Commission.
- European Environment Agency. (2021). Renewable energy in Europe: 2021 progress report. <https://www.eea.europa.eu/publications/renewable-energy-in-europe-2021-progress-report>
- Eurostat. (2021). *Renewable Energy Statistics*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics
- Graham, P., Jiao, Y., & Liu, X. (2014). Integration of Large-Scale Renewable Energy into the Australian National Electricity Market. *Renewable Energy*, 69, 174-184. doi: 10.1016/j.renene.2014.02.042

- Graham, V., Uzunoglu, M., & Ozturk, H. K. (2014). Renewable energy integration into the European energy system: A review of drivers and barriers. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 4(1), 2165-784X.
- Greek Transmission System Operator (TSO). (2022). Annual Report. https://www.admie.gr/wp-content/uploads/2022/03/ADMIEReport2021_EN.pdf
- Hellenic National Meteorological Service. (2022). *Climate Data*. Retrieved from <http://www.hnms.gr/hnms/english/climatology/climatology.jsp>
- Hellenic Republic Ministry of Environment and Energy. (2020). *National Energy and Climate Plan 2021-2030*. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/greece_necep_en.pdf
- Independent Power Transmission Operator (IPTO). (2022). Monthly Reports. <http://www.ipto.gr/index.php/en/energy-market/monthly-reports.html>
- International Energy Agency. (2021). *Renewables 2021: Analysis and Forecast to 2026*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2018). *The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025*. <https://www.irena.org/publications/2018/Jan/The-Power-to-Change-Solar-and-Wind-Cost-Reduction-Potential-to-2025>
- IPTO. (2022). *Monthly Reports*. Retrieved from <http://www.ipto.gr/index.php/en/energy-market/monthly-reports.html>
- IRENA. (2018). Renewable Power Generation Costs in 2017. *International Renewable Energy Agency*.
- Jacobson, M. Z., Delucchi, M. A., Cameron, M. A., & Mathiesen, B. V. (2017). Matching demand with supply at low cost in 139 countries among 20 world regions with 100% intermittent wind, water, and sunlight (WWS) for all purposes. *Renewable Energy*, 123, 236-248.
- Jin, H., Mandel, J., & Talukdar, S. (2016). Net metering and market feedback loops: Exploring the impact of retail rate design on distributed photovoltaics. *Energy Policy*, 92, 436-446.
- Jones, A., & Brown, L. (2019). The Dynamics of the Power Grid: Addressing the Renewable Integration Problem. *Energy Systems Review*, 8(2), 23-37.
- Jones, A., & Brown, L. (2019). The Dynamics of the Power Grid: Addressing the Renewable Integration Problem. *Energy Systems Review*, 8(2), 23-37.
- Kahn, C. (2014). *The Duck Curve: Solar Power's Greatest Challenge*. *GTM Research*. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-duck-curve-solar-energys-greatest-challenge#gs.zb9d9l>
- Kahn, E. (2014). The distributional implications of a renewable portfolio standard. *Journal of Environmental Economics and Management*, 66(3), 406-426.
- Kalair, A. R., Abas, N., Seyedmahmoudian, M., Rauf, S., Stojcevski, A., & Khan, N. (2021). Duck curve leveling in renewable energy integrated grids using internet of relays. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126294. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126294>

- Kurniawan, T., Othman, M., Liang, X., Ayub, M., Goh, H., Kusworo, T., Mohyuddin, A., & Chew, K. (2022). Microbial Fuel Cells (MFC): A Potential Game-Changer in Renewable Energy Development. *Sustainability*, *14*(24), 16847. <https://dx.doi.org/10.3390/su142416847>
- Liu, Y., Wang, L., & Zhang, N. (2018). A review on the Duck Curve in the power system with high-level renewable energy integration. *Arxiv preprint arXiv:1809.09968*.
- Makrides, G., Zinsser, B., & Norton, M. (2014). Large-scale integration of PV generation into low voltage grids: A survey of German and international grid codes. *Solar Energy*, *110*, 475-484.
- Malone, P. K. (2019). Another vendor has been shut down - Mitigating supplier and material shortages. *2019 IEEE Aerospace Conference*. <https://doi.org/10.1109/aero.2019.8742157>
- Mills, A. D., & Wisser, R. H. (2014). Changes in the economic value of photovoltaic generation at high penetration levels: A pilot case study of California. *Journal of Environmental Engineering and Science*, *10*(3), 228-238.
- Mills, A., & Wisser, R. (2012). *Changes in the Economic Value of Variable Generation at High Penetration Levels: A Pilot Case Study of California*. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Mills, A., & Wisser, R. (2014). The Duck Curve: Solar Power and Electricity Demand in California. *Energy Policy*, *69*, 456-461. doi: 10.1016/j.enpol.2014.01.045
- Onea, F., & Rusu, E. (2022). An Evaluation of Marine Renewable Energy Resources Complementarity in the Portuguese Nearshore. *Journal of Marine Science and Engineering*, *10*(12), 1901. <https://dx.doi.org/10.3390/jmse10121901>
- Punda, L., Capuder, T., Pandžić, H., & Delimar, M. (2017). Integration of renewable energy sources in South-east Europe: A review of incentive mechanisms and feasibility of investments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *71*, 77–88. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.008>
- Smith, T. A., Thompson, S., & Venkata, S. S. (2018). The impact of seasonality on household electricity consumption in Texas. *Energy Economics*, *74*, 550-562.
- Smith, J. (2020). Challenges of Renewable Energy Integration: The Duck Curve Dilemma. *Journal of Renewable Energy Studies*, *12*(3), 45-59.
- Wang, Y., & Xin, L. (2022). Economic policy implementation trends in renewable energy development. *Energy and Environment Research and Development*, *21*. <https://dx.doi.org/10.22616/erdev.2022.21.tf016>
- Wang, Y., Zhang, Y., & Zhang, J. (2020). Impacts of high renewable energy integration on the Duck Curve and electricity price. *Arxiv preprint arXiv:2003.02115*.
- Weber, C., Shah, N., & Bazilian, M. (2014). The role of environmental engineering in renewable energy system design and optimization: A review. *Environmental Engineering Science*, *31*(7), 392-407.

Weber, C., Vogt, T., & Fichtner, W. (2014). The Impact of Solar Power on the Electricity Price and Production Costs in Germany. *Renewable Energy*, 69, 139-147. doi: 10.1016/j.renene.2014.03.035

Zhang, J., Wu, J., Zhou, B., Cheng, S., & Long, C. (2019). Challenges and solutions for renewable energy integration: A comprehensive review. *Arxiv preprint arXiv:1901.06977*.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας. (2020). Εθνικό Σχέδιο Ενέργειας και Κλίματος. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας.

Brahim, G. B. (2021). Weather conditions impact on electricity consumption in smart homes: Machine learning based prediction model. *2021 8th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE)*. <https://doi.org/10.1109/iceee52452.2021.9415917>

Malone, P. K. (2019). Another vendor has been shut down - Mitigating supplier and material shortages. *2019 IEEE Aerospace Conference*. <https://doi.org/10.1109/aero.2019.8742157>

Ngah Nasaruddin, A., Tee, B. T., Mohd Tahir, M., & Md Jasman, M. E. (2021). Data assessment on the relationship between typical weather data and electricity consumption of academic building in Melaka. *Data in Brief*, 35, 106797. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.106797>

SÖYLEMEZ, Y., & GÜRSOY, S. (2022). An analysis of the causality relationship between bitcoin electricity consumption, price and volume. *Journal of Research in Business*, 7(1), 103-122. <https://doi.org/10.54452/jrb.1018901>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

```

GET
  FILE='D:\ROUSSIS\Αρχείο Εργασιών 2015-2021\Φάκελοι Εργασιών 2022-
2023\309.Φαινόμενο Duck Chart Πρακτικό\SPSS.sav'.
DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.
EXAMINE VARIABLES=Con2012 Con2013 Con2014 Con2015 Con2016 Con2017 Con2018 Con2019
Con2020 Con2021
  Con2022
/PLOT BOXPLOT STEMLEAF HISTOGRAM NPLOT
/COMPARE GROUPS
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.

```

Explore

Notes

Output Created		13-JUL-2023 11:22:04
Comments		
Input	Data	D:\ROUSSIS\Αρχείο Εργασιών 2015-2021\Φάκελοι Εργασιών 2022-2023\309.Φαινόμενο Duck Chart Πρακτικό\SPSS.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>

	Split File	<none>	
	N of Rows in Working Data File		72
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values for dependent variables are treated as missing.	
	Cases Used	Statistics are based on cases with no missing values for any dependent variable or factor used.	
Syntax		EXAMINE VARIABLES=Con2012 Con2013 Con2014 Con2015 Con2016 Con2017 Con2018 Con2019 Con2020 Con2021 Con2022 /PLOT BOXPLOT STEMLEAF HISTO- GRAM NPLOT /COMPARE GROUPS /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.	
Resources	Processor Time		00:00:08,14
	Elapsed Time		00:00:05,63

[DataSet1] D:\ROUSSIS\Αρχείο Εργασιών 2015-2021\Φάκελοι Εργασιών 2022-2023\309.Φαινόμενο Duck Chart Πρακτικό\SPSS.sav

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Κατανάλωση ΑΠΕ 2012	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2013	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2014	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2015	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2016	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2017	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2018	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2019	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2020	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2021	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%
Κατανάλωση ΑΠΕ 2022	72	100,0%	0	0,0%	72	100,0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error
Κατανάλωση ΑΠΕ 2012	Mean	632,2004	80,95216
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	470,7864 793,6144
	5% Trimmed Mean	596,9844	
	Median	129,7350	
	Variance	471834,175	
	Std. Deviation	686,90187	
	Minimum	53,28	
	Maximum	1879,48	
	Range	1826,20	
	Interquartile Range	1266,52	
	Skewness	,700	,283
	Kurtosis	-1,248	,559
	Κατανάλωση ΑΠΕ 2013	Mean	649,4572
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound Upper Bound	483,7170 815,1975
5% Trimmed Mean		612,7169	
Median		134,8950	
Variance		497465,382	
Std. Deviation		705,31226	
Minimum		53,99	
Maximum		1945,98	
Range		1891,99	
Interquartile Range		1305,96	
Skewness		,701	,283
Kurtosis		-1,243	,559
Κατανάλωση ΑΠΕ 2014		Mean	660,2551
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	491,7139 828,7964
	5% Trimmed Mean	622,7767	
	Median	137,1000	
	Variance	514421,643	
	Std. Deviation	717,23193	
	Minimum	54,80	
	Maximum	1987,12	
	Range	1932,32	
	Interquartile Range	1328,15	

	Skewness		,700	,283
	Kurtosis		-1,245	,559
Κατανάλωση ΑΠΕ 2015	Mean		681,1753	84,92844
	95% Confidence Interval for	Lower Bound	511,8328	
	Mean	Upper Bound	850,5178	
	5% Trimmed Mean		648,5712	
	Median		160,4450	
	Variance		519324,513	
	Std. Deviation		720,64174	
	Minimum		56,45	
	Maximum		1906,00	
	Range		1849,55	
	Interquartile Range		1339,34	
	Skewness		,628	,283
	Kurtosis		-1,363	,559
	Κατανάλωση ΑΠΕ 2016	Mean		571,9001
95% Confidence Interval for		Lower Bound	426,4938	
Mean		Upper Bound	717,3065	
5% Trimmed Mean			536,1432	
Median			131,7300	
Variance			382889,619	
Std. Deviation			618,78075	
Minimum			53,11	
Maximum			1784,78	
Range			1731,67	
Interquartile Range			1105,29	
Skewness			,800	,283
Kurtosis			-1,049	,559
Κατανάλωση ΑΠΕ 2017		Mean		659,4224
	95% Confidence Interval for	Lower Bound	491,1132	
	Mean	Upper Bound	827,7315	
	5% Trimmed Mean		621,5474	
	Median		134,2250	
	Variance		513006,020	
	Std. Deviation		716,24439	
	Minimum		53,62	
	Maximum		1966,92	
	Range		1913,30	
	Interquartile Range		1316,82	
	Skewness		,704	,283
	Kurtosis		-1,232	,559

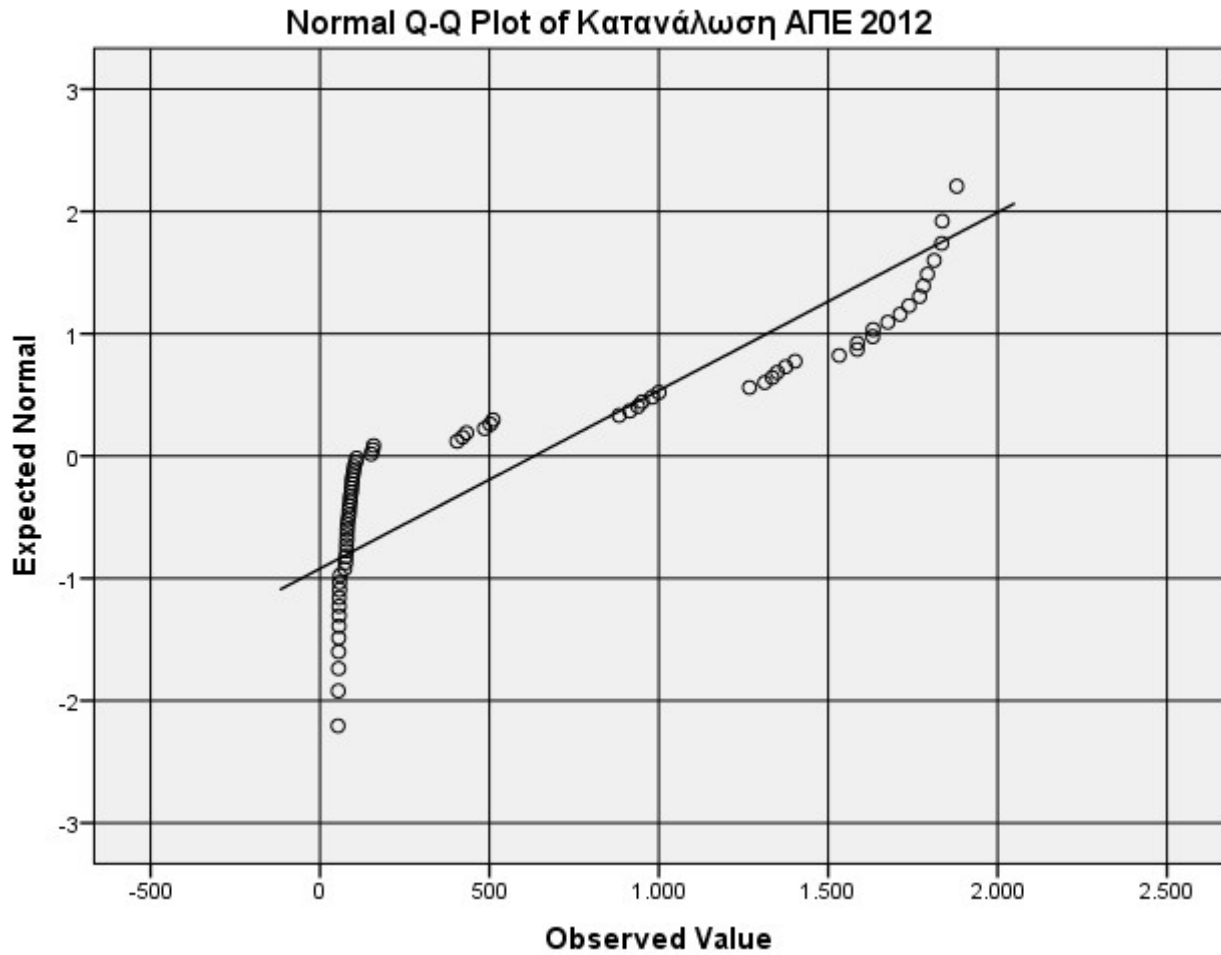
Κατανάλωση ΑΠΕ 2018	Mean		667,6383	85,33281
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	497,4895	
		Upper Bound	837,7871	
	5% Trimmed Mean		629,8219	
	Median		136,6900	
	Variance		524281,526	
	Std. Deviation		724,07287	
	Minimum		54,77	
	Maximum		1981,42	
	Range		1926,65	
	Interquartile Range		1329,34	
	Skewness		,700	,283
	Kurtosis		-1,242	,559
	Κατανάλωση ΑΠΕ 2019	Mean		676,6015
95% Confidence Interval for Mean		Lower Bound	504,4569	
		Upper Bound	848,7461	
5% Trimmed Mean			638,6855	
Median			138,1250	
Variance			536653,080	
Std. Deviation			732,56609	
Minimum			56,77	
Maximum			1999,76	
Range			1942,99	
Interquartile Range			1338,99	
Skewness			,698	,283
Kurtosis			-1,248	,559
Κατανάλωση ΑΠΕ 2020		Mean		682,5281
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	508,7422	
		Upper Bound	856,3139	
	5% Trimmed Mean		644,1225	
	Median		139,9250	
	Variance		546935,148	
	Std. Deviation		739,55064	
	Minimum		56,89	
	Maximum		2019,34	
	Range		1962,45	
	Interquartile Range		1350,64	
	Skewness		,699	,283
	Kurtosis		-1,246	,559
	Κατανάλωση ΑΠΕ 2021	Mean		691,5876
		Lower Bound	515,5909	

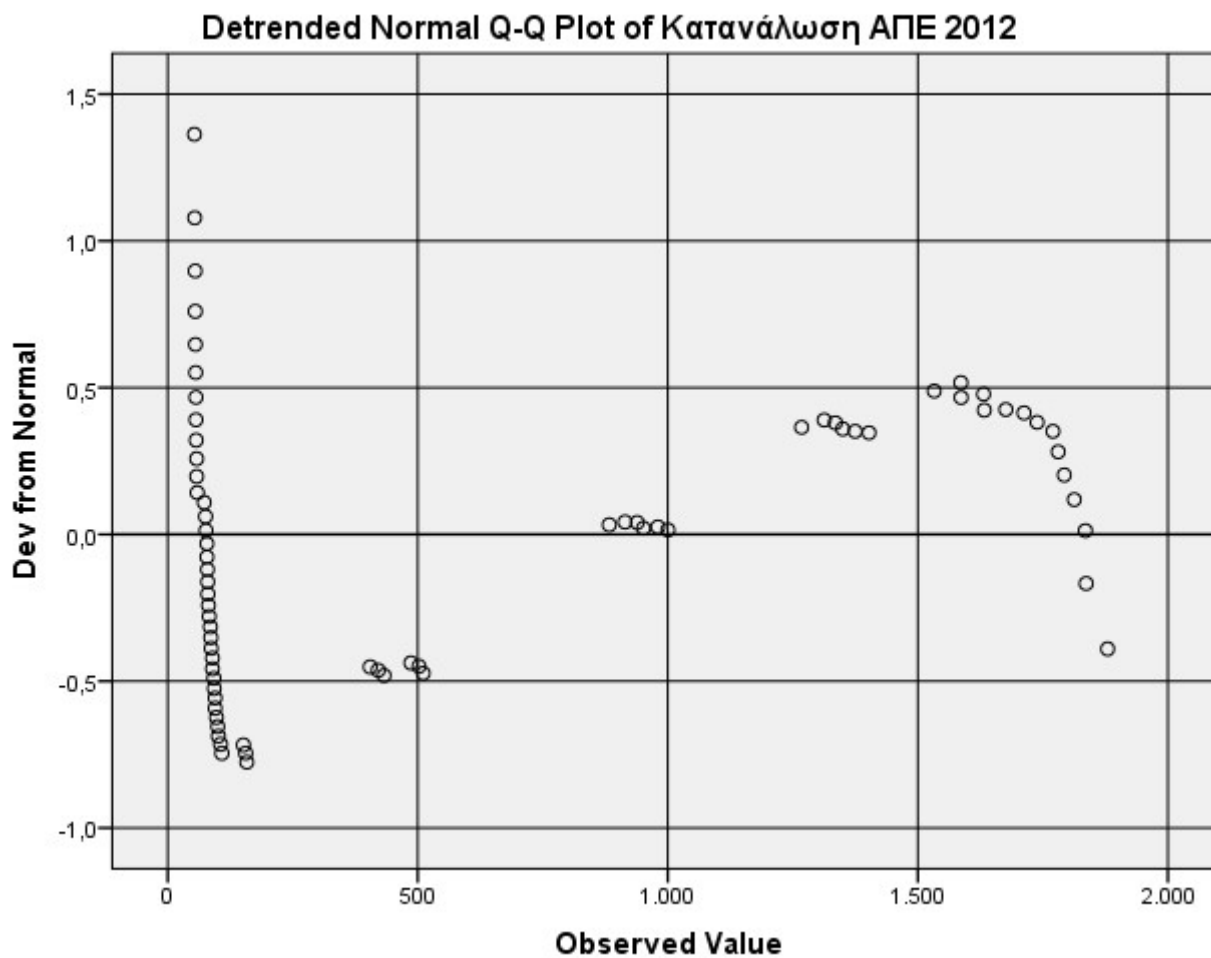
	95% Confidence Interval for Mean	Upper Bound	867,5844	
	5% Trimmed Mean		652,9176	
	Median		141,7550	
	Variance		560939,563	
	Std. Deviation		748,95899	
	Minimum		58,05	
	Maximum		2041,88	
	Range		1983,83	
	Interquartile Range		1363,99	
	Skewness		,697	,283
	Kurtosis		-1,250	,559
Κατανάλωση ΑΠΕ 2022	Mean		700,7710	89,53141
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	522,2504	
		Upper Bound	879,2915	
	5% Trimmed Mean		661,5637	
	Median		143,5800	
	Variance		577142,913	
	Std. Deviation		759,69923	
	Minimum		58,49	
	Maximum		2069,44	
	Range		2010,95	
	Interquartile Range		1383,83	
	Skewness		,695	,283
	Kurtosis		-1,253	,559

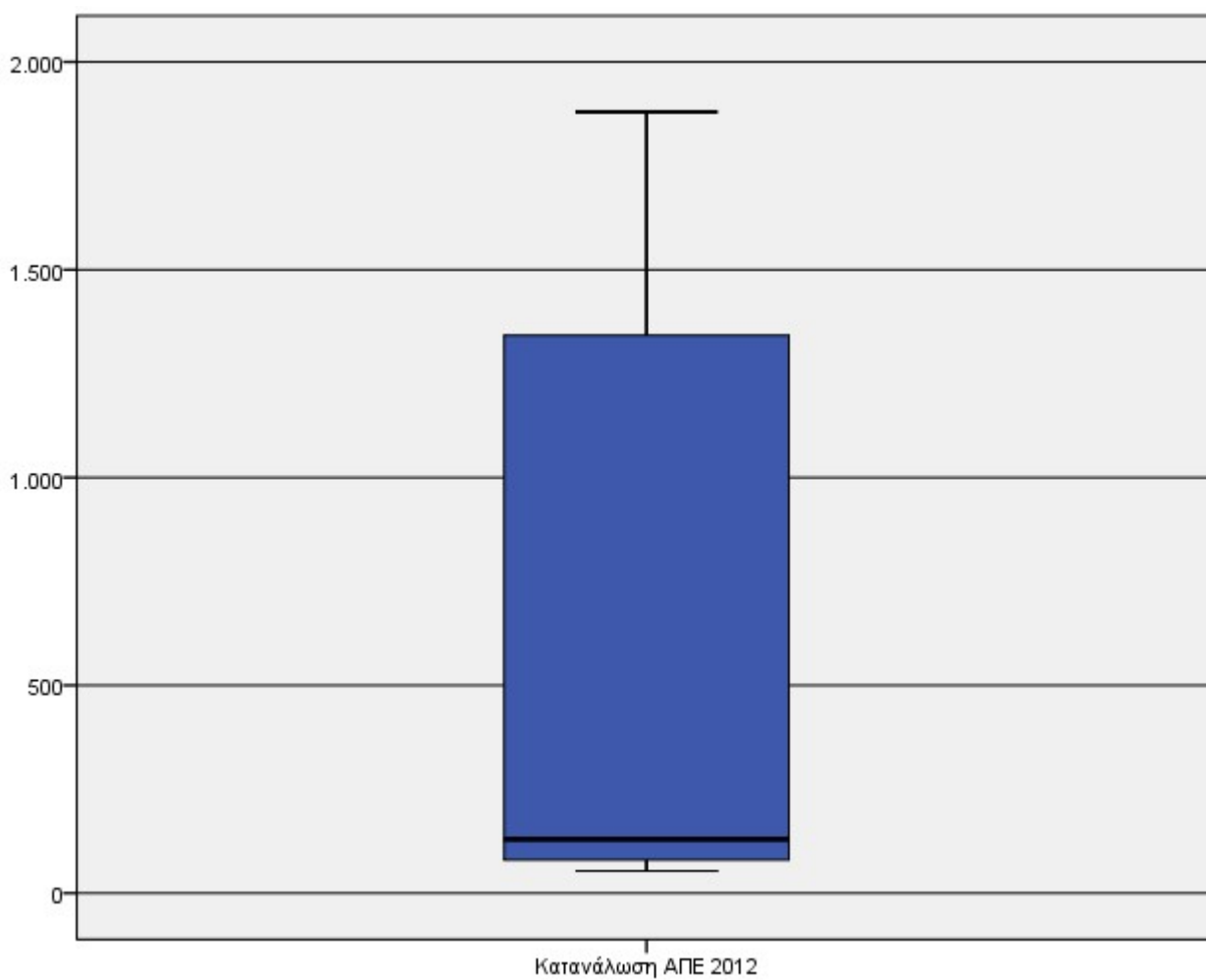
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Κατανάλωση ΑΠΕ 2012	,297	72	,000	,761	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2013	,296	72	,000	,762	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2014	,296	72	,000	,763	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2015	,292	72	,000	,765	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2016	,290	72	,000	,761	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2017	,297	72	,000	,763	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2018	,298	72	,000	,763	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2019	,299	72	,000	,762	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2020	,298	72	,000	,762	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2021	,299	72	,000	,762	72	,000
Κατανάλωση ΑΠΕ 2022	,299	72	,000	,761	72	,000

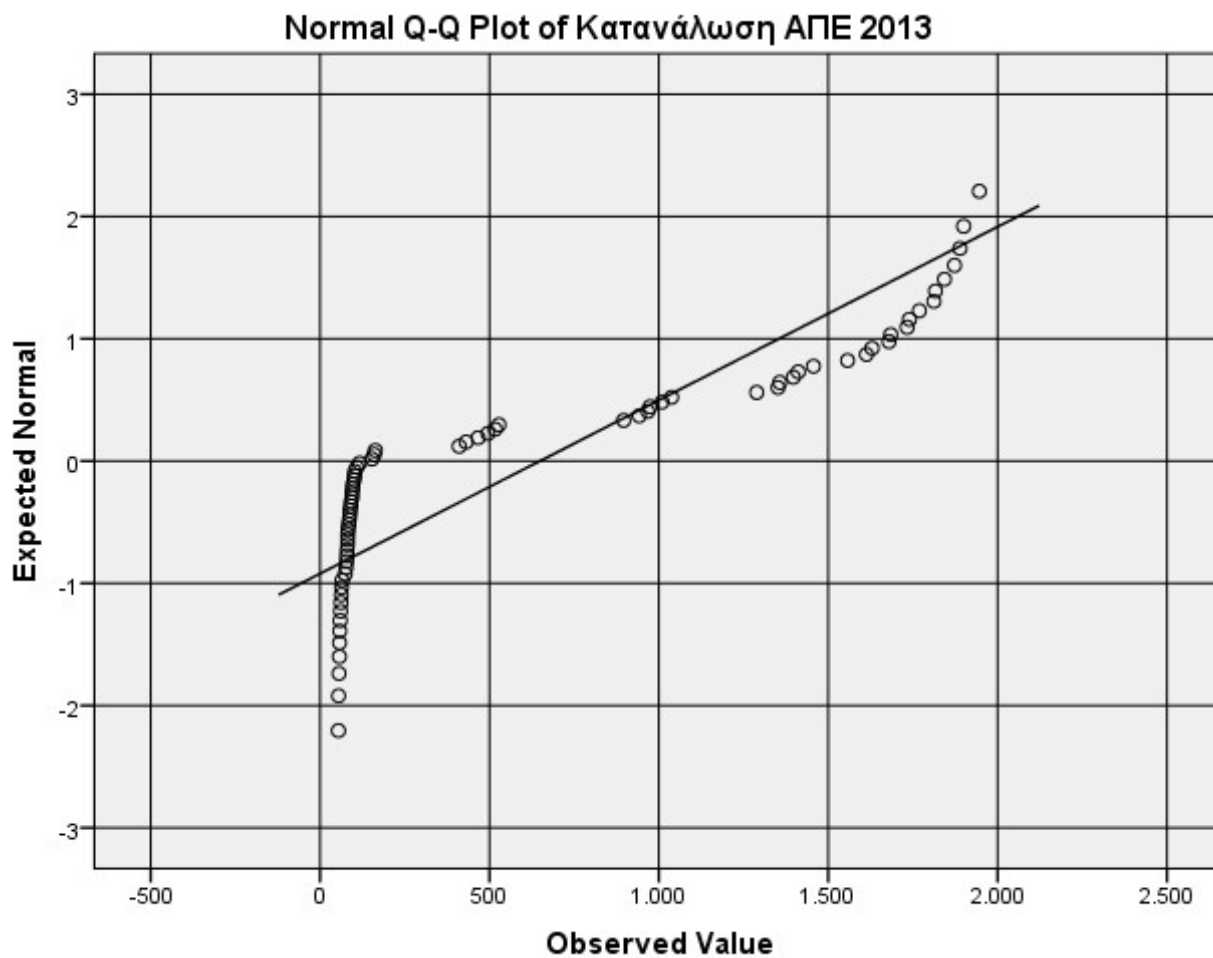
Stem width: 1000,00
Each leaf: 1 case(s)

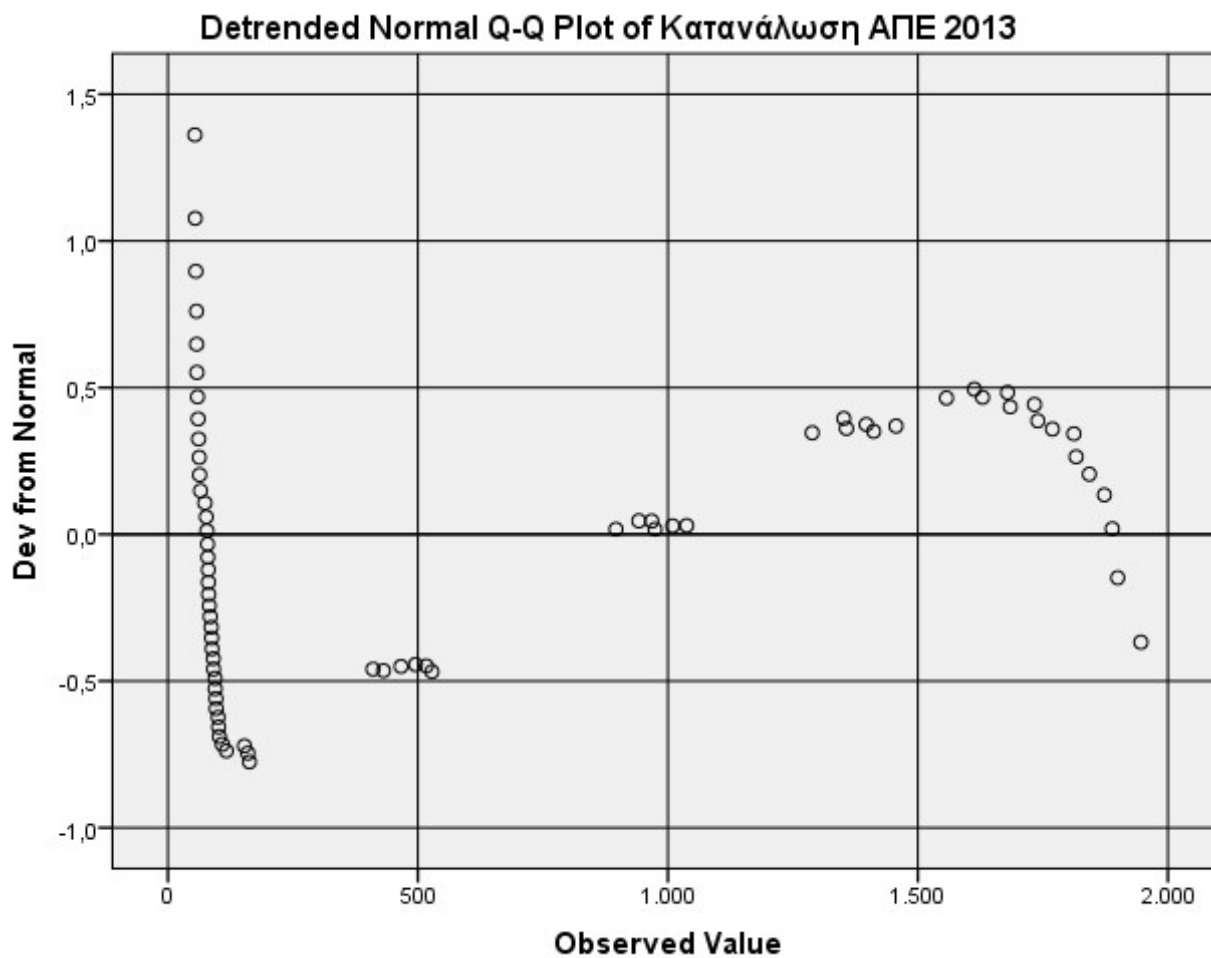


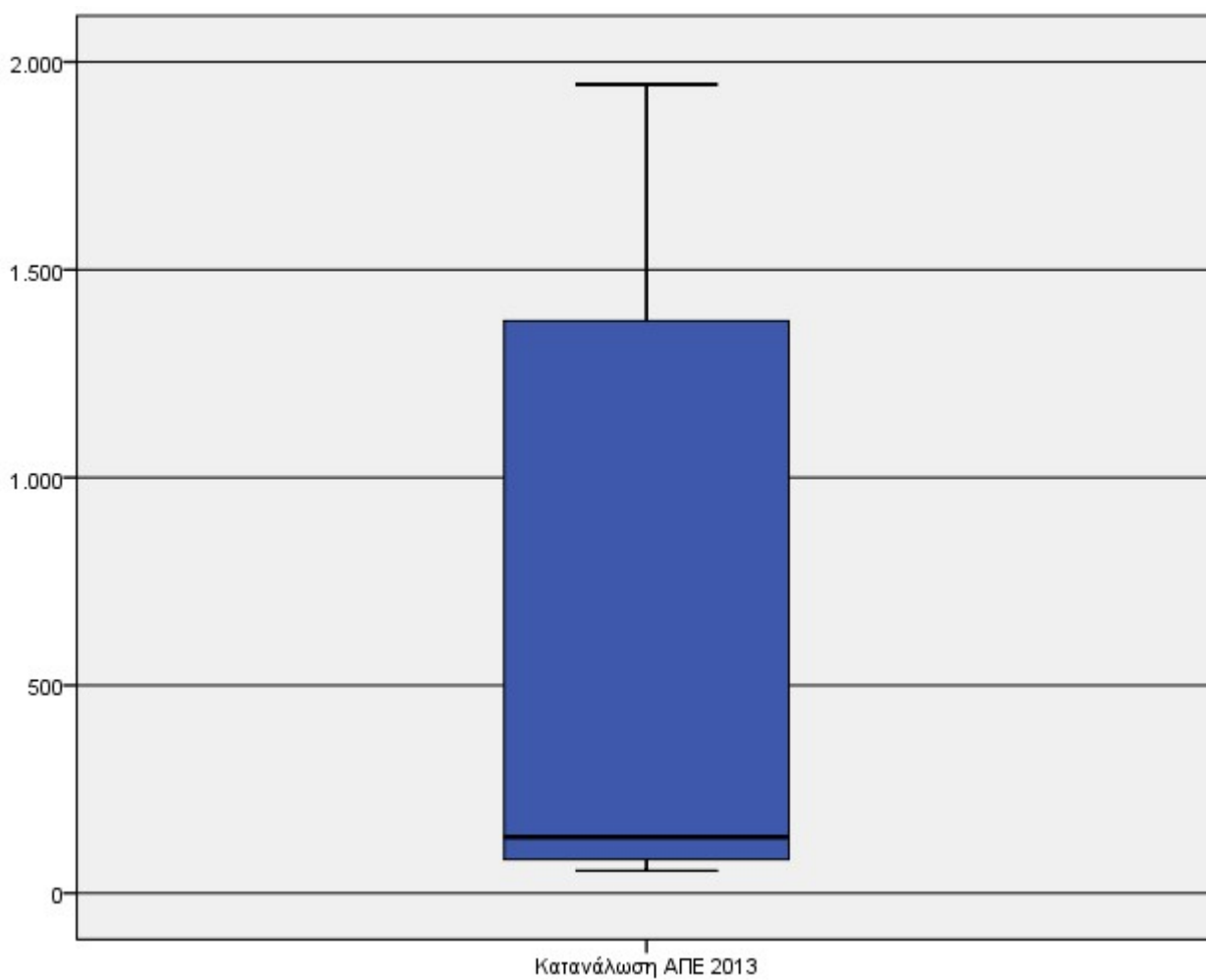




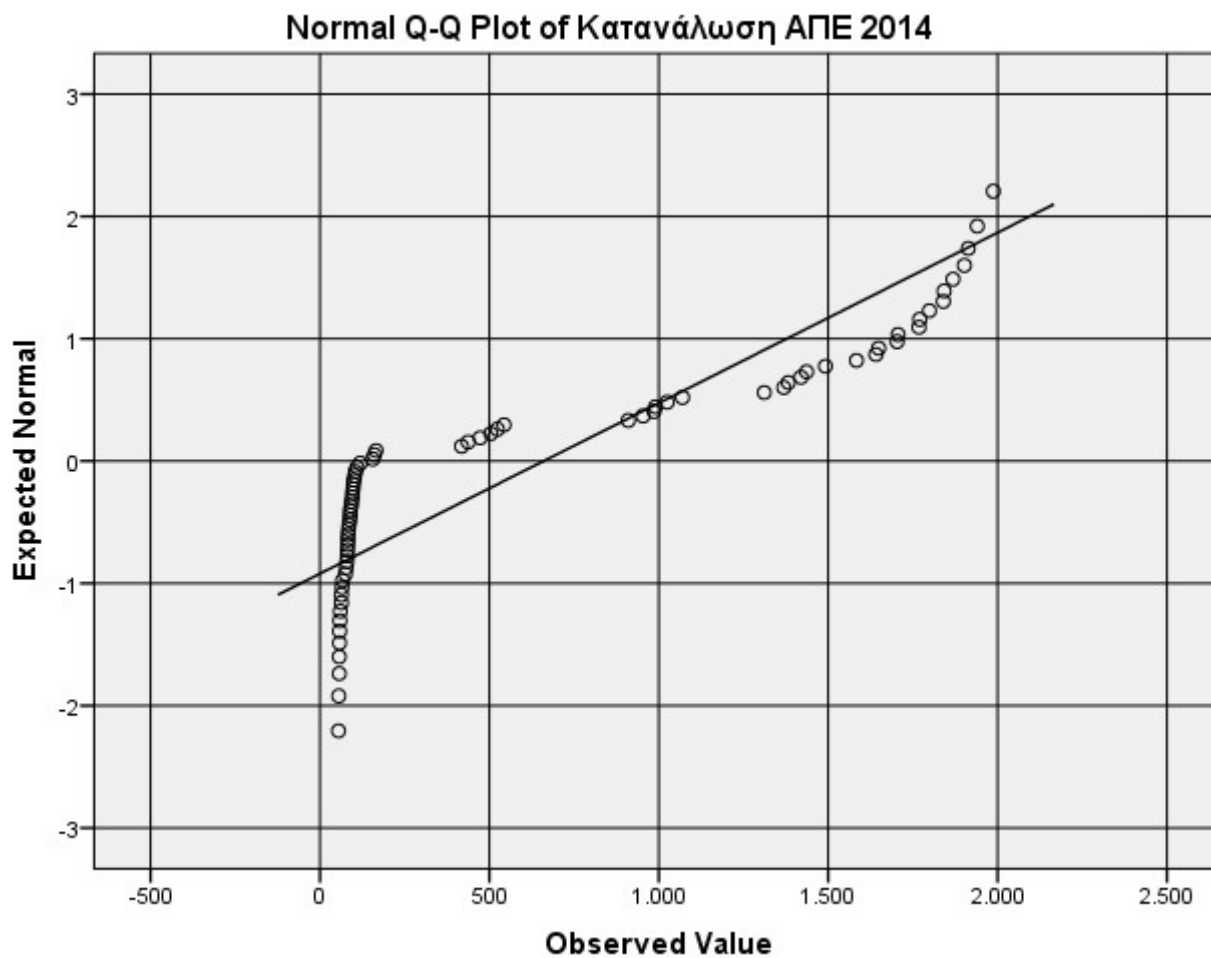
Κατανάλωση ΑΠΕ 2013

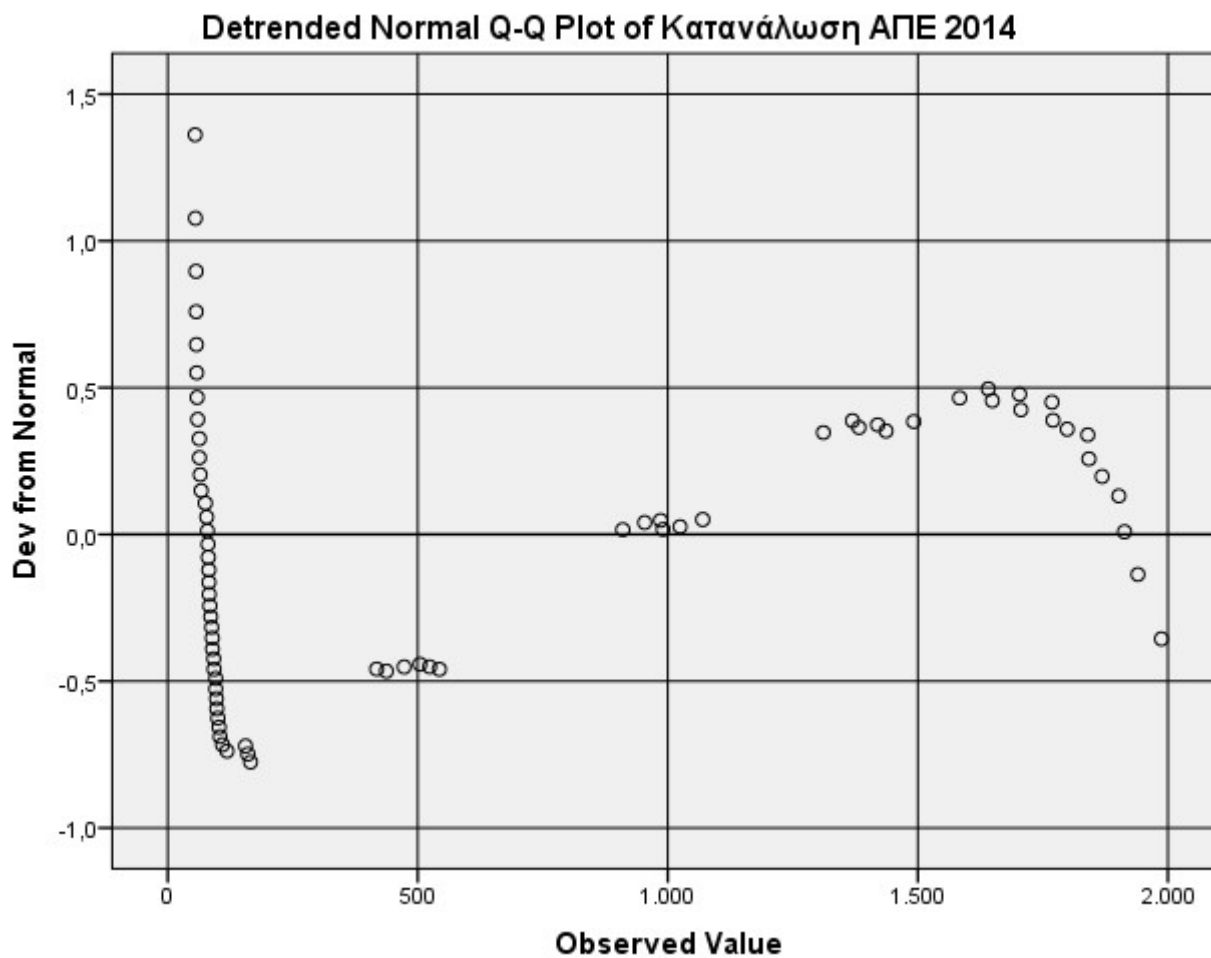


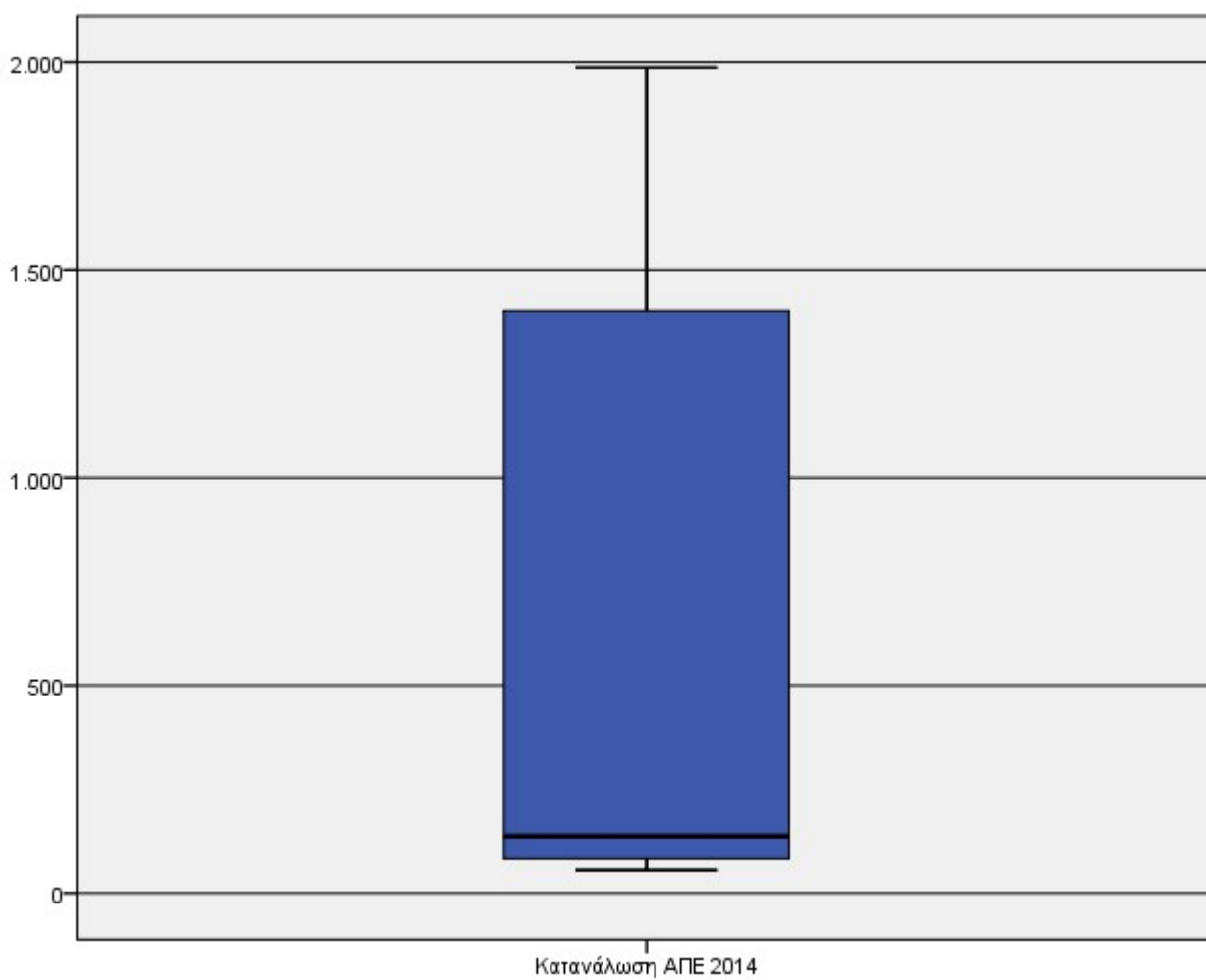




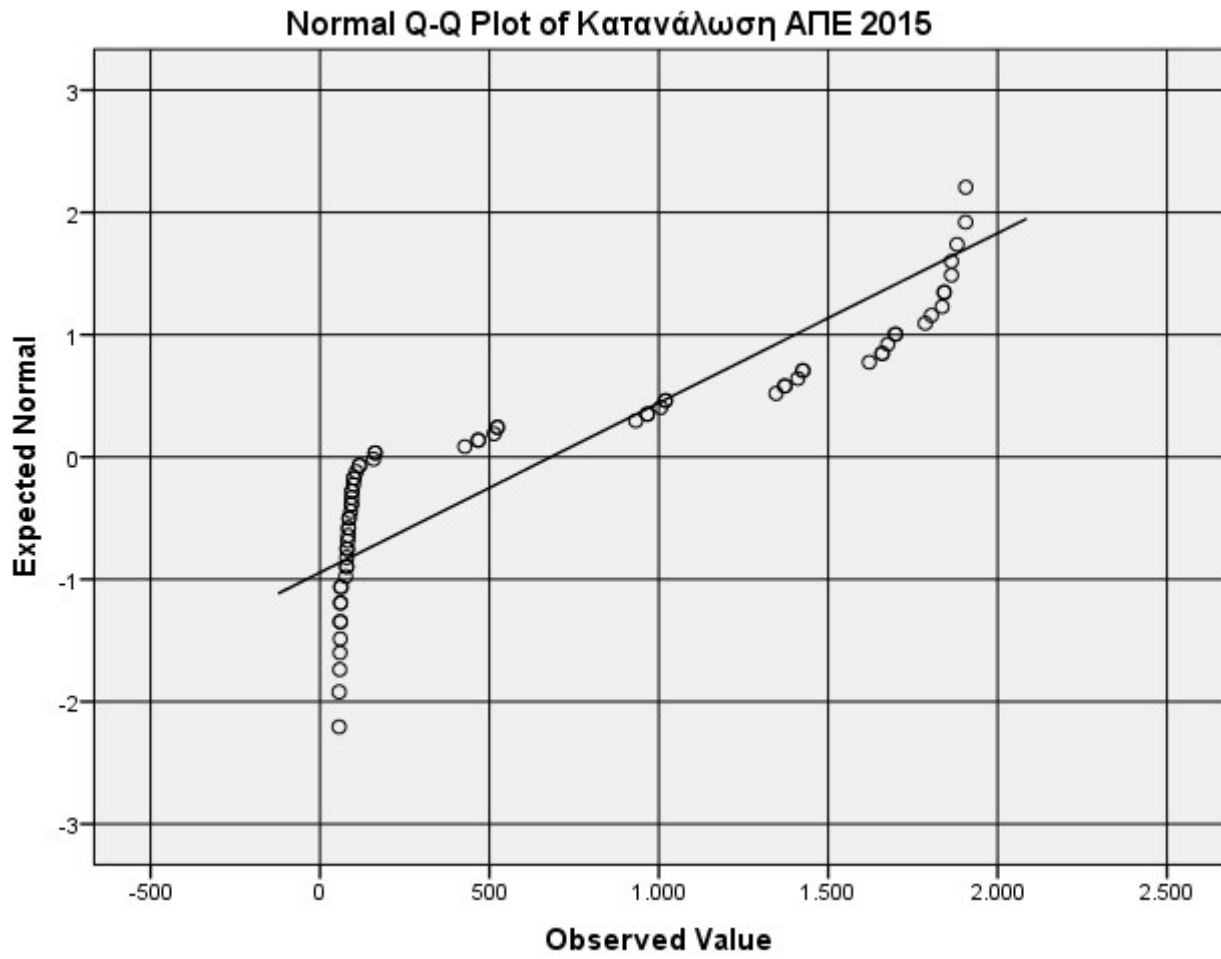
Κατανάλωση ΑΠΕ 2014

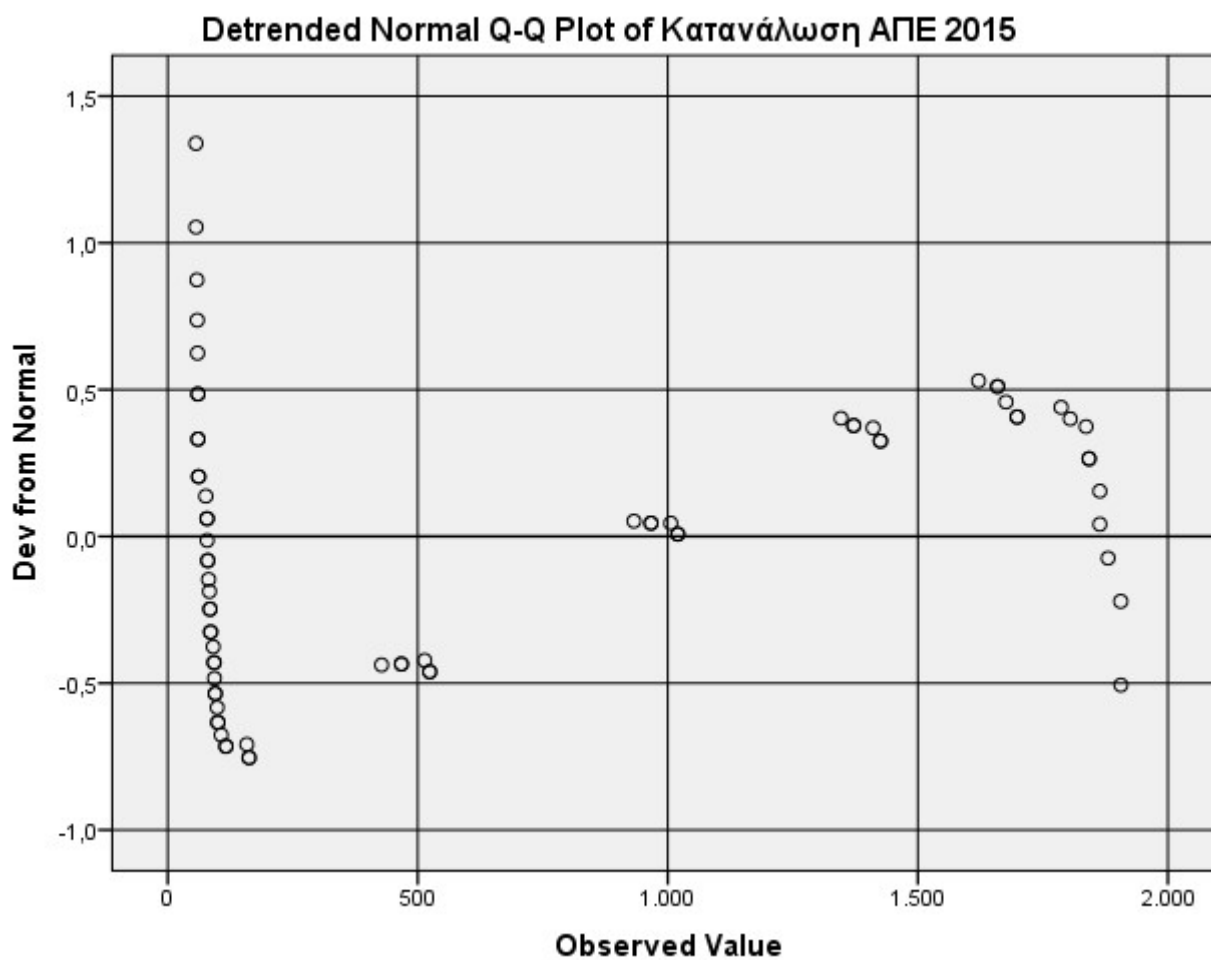


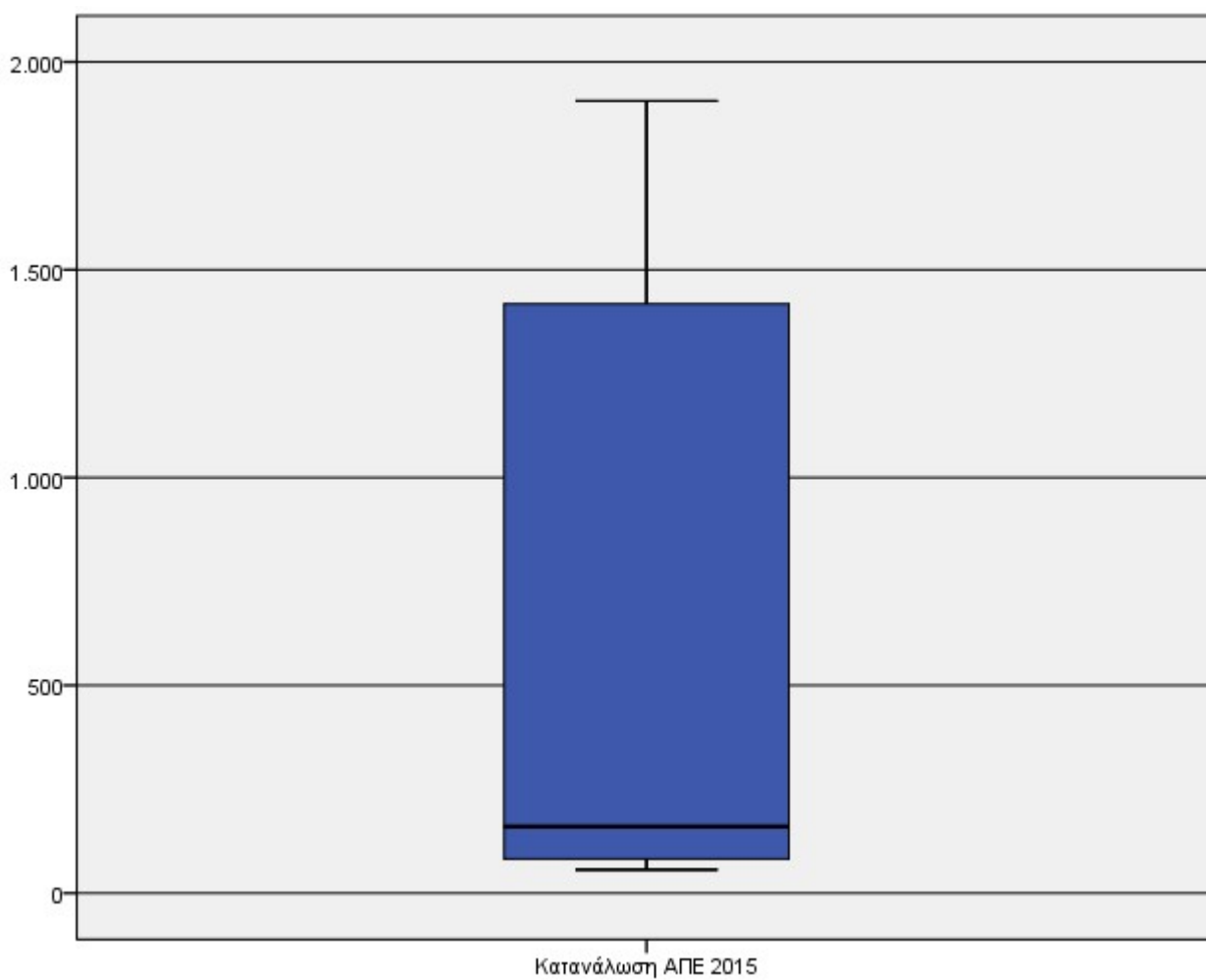




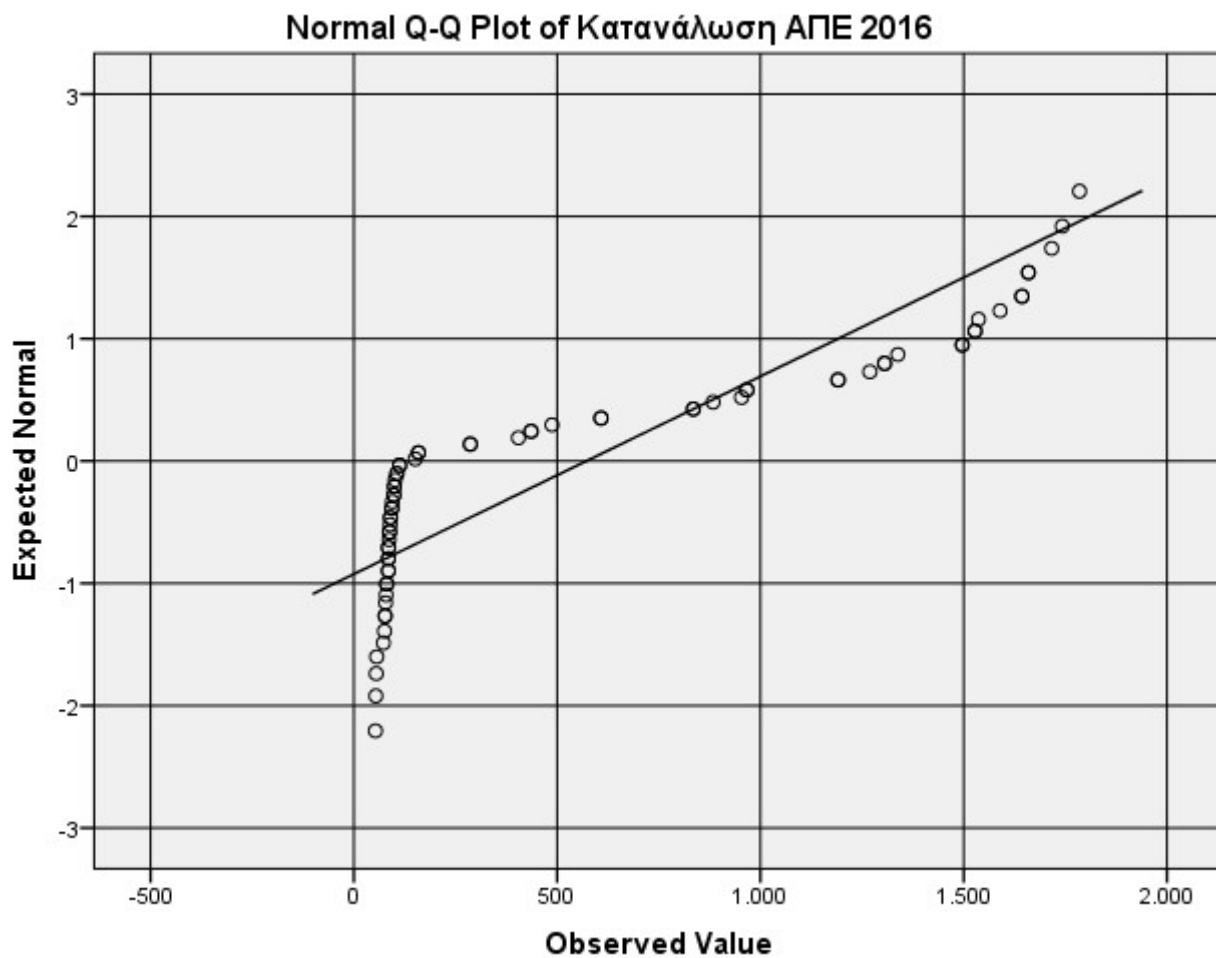
Κατανάλωση ΑΠΕ 2015

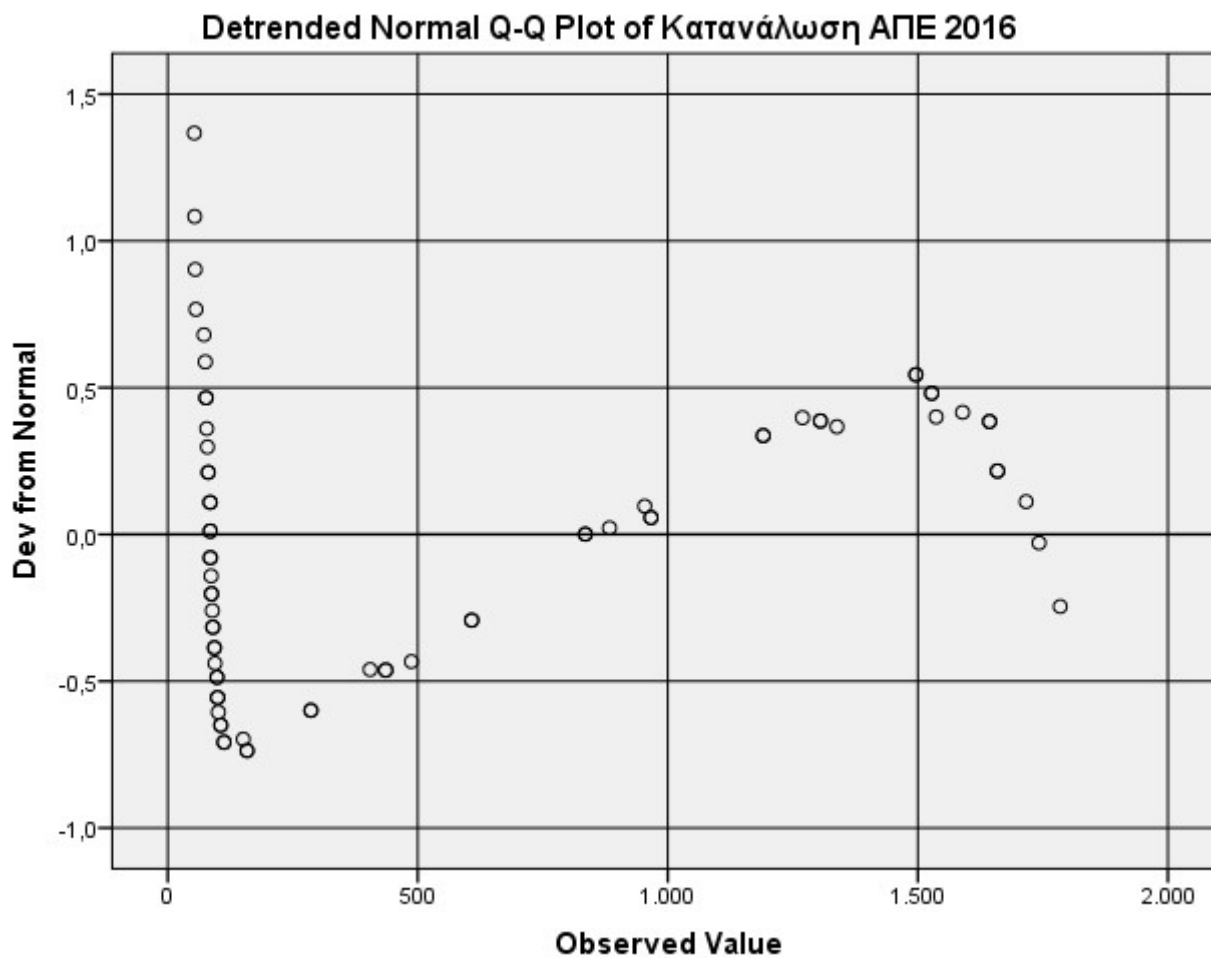


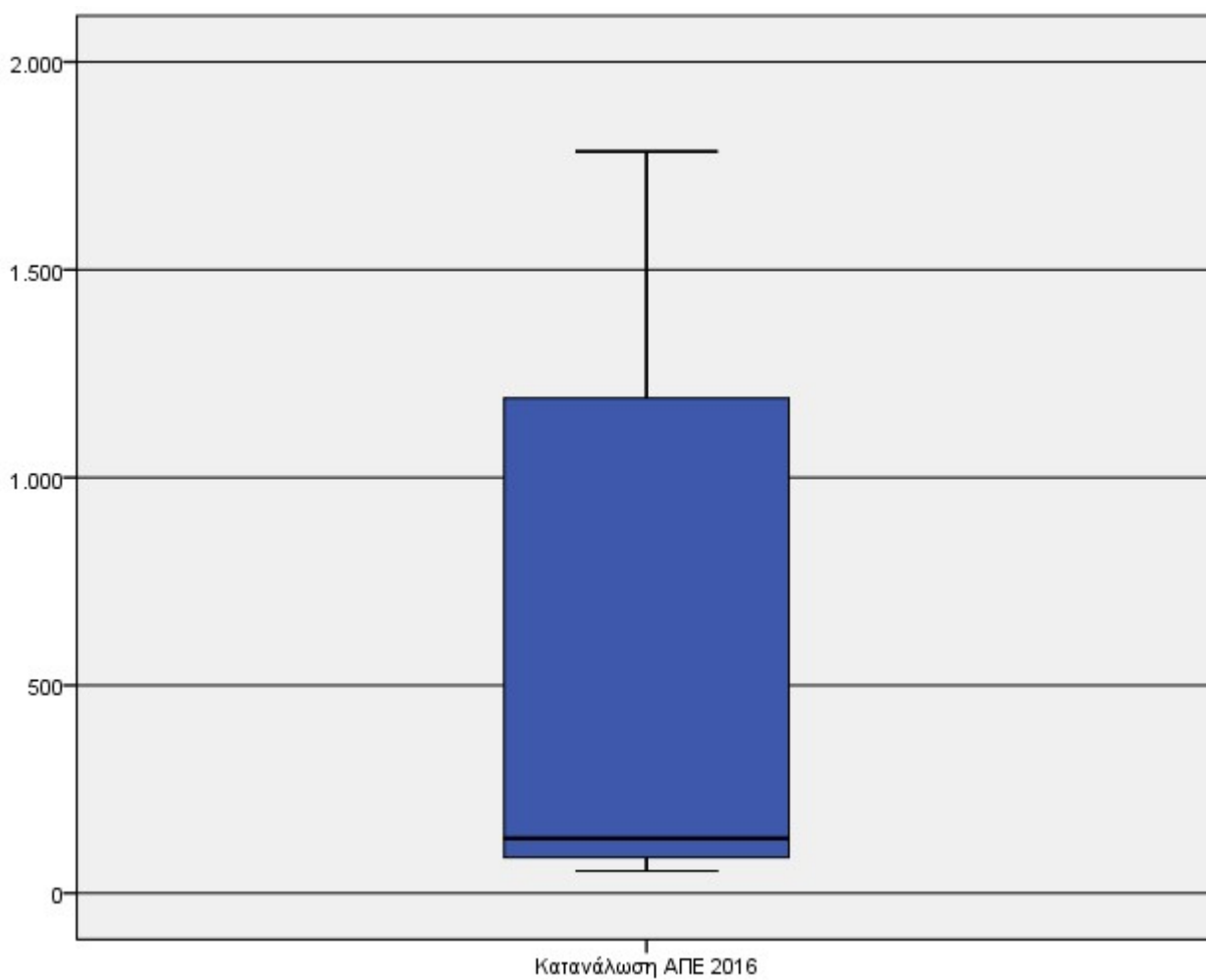




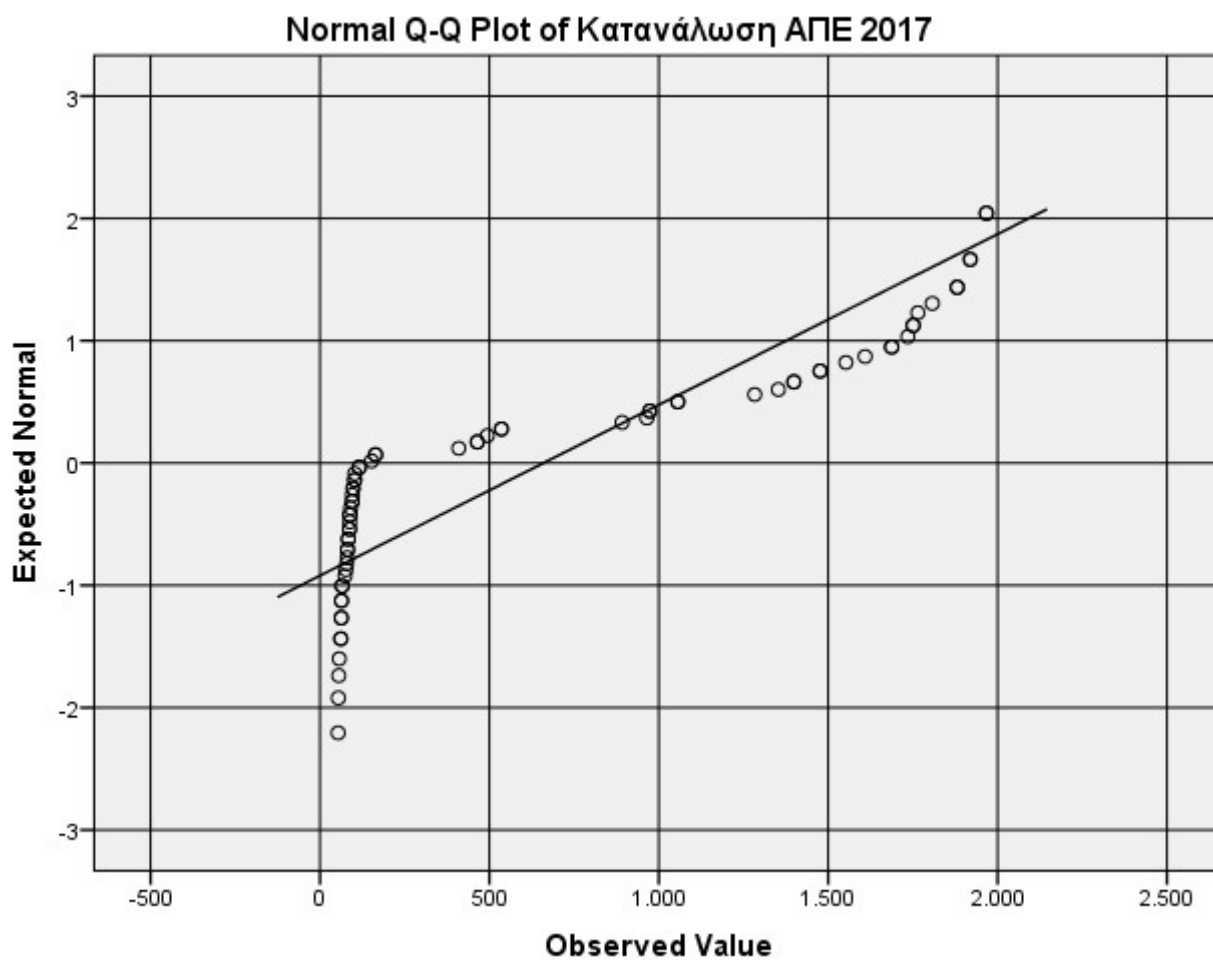
Κατανάλωση ΑΠΕ 2016

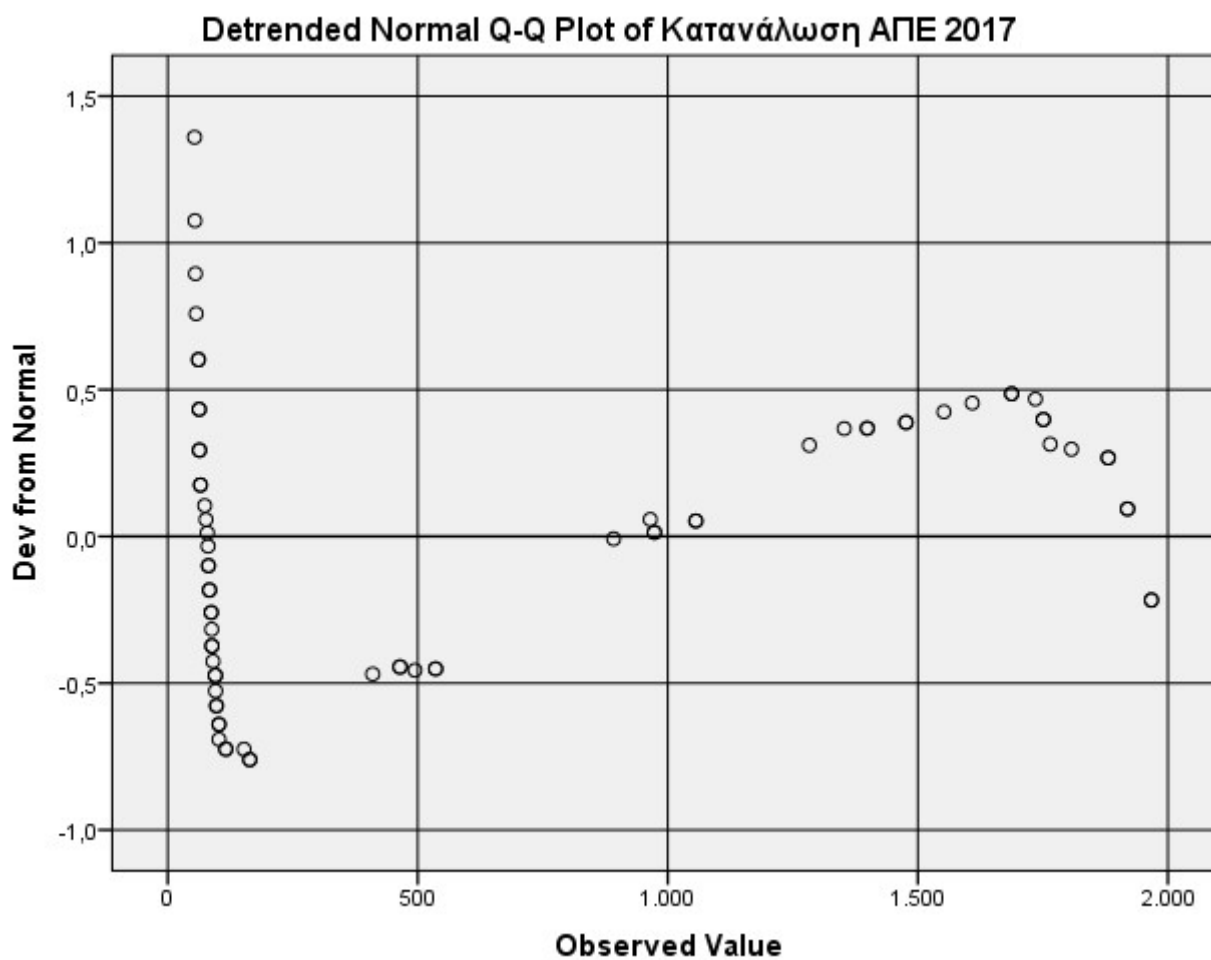


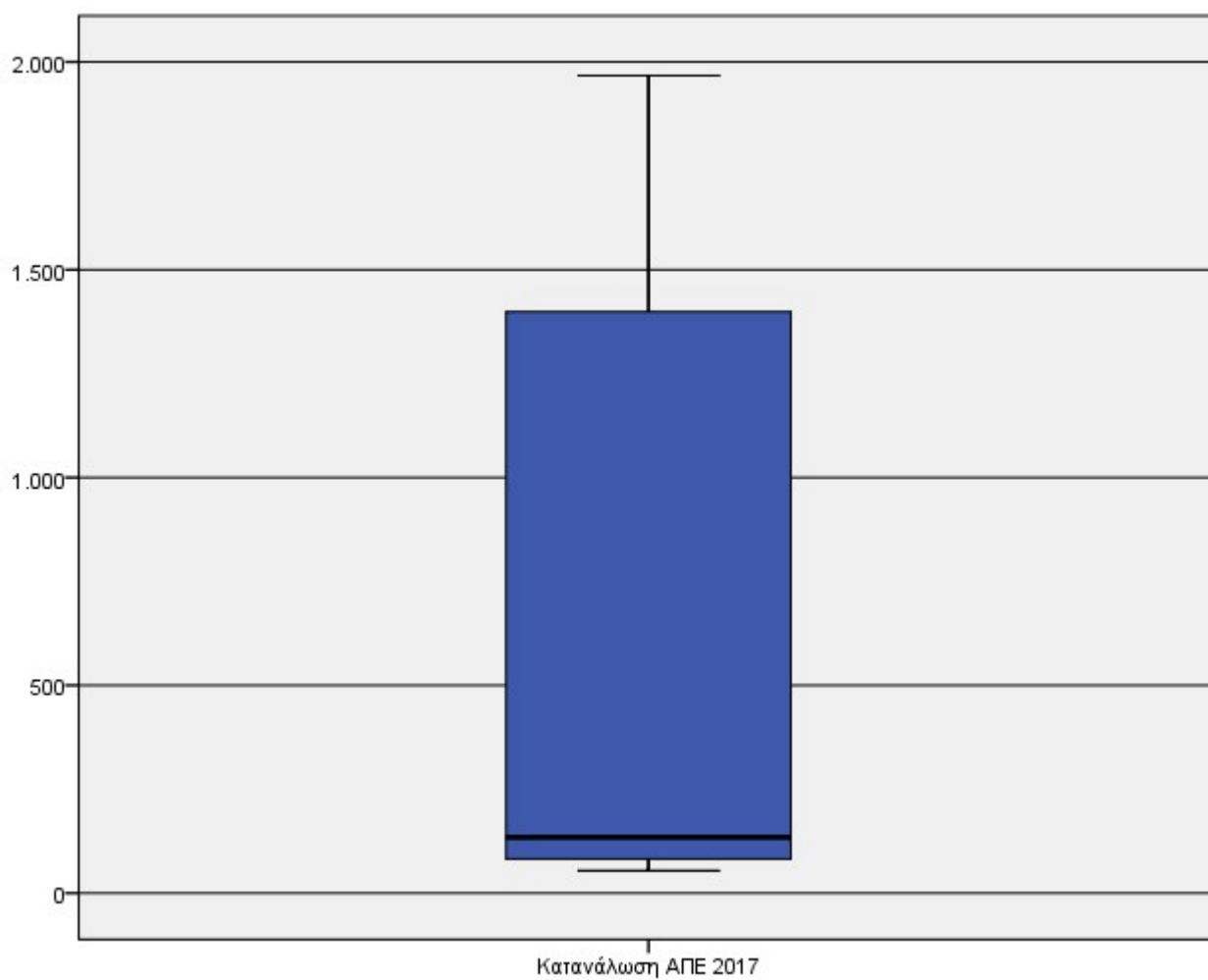




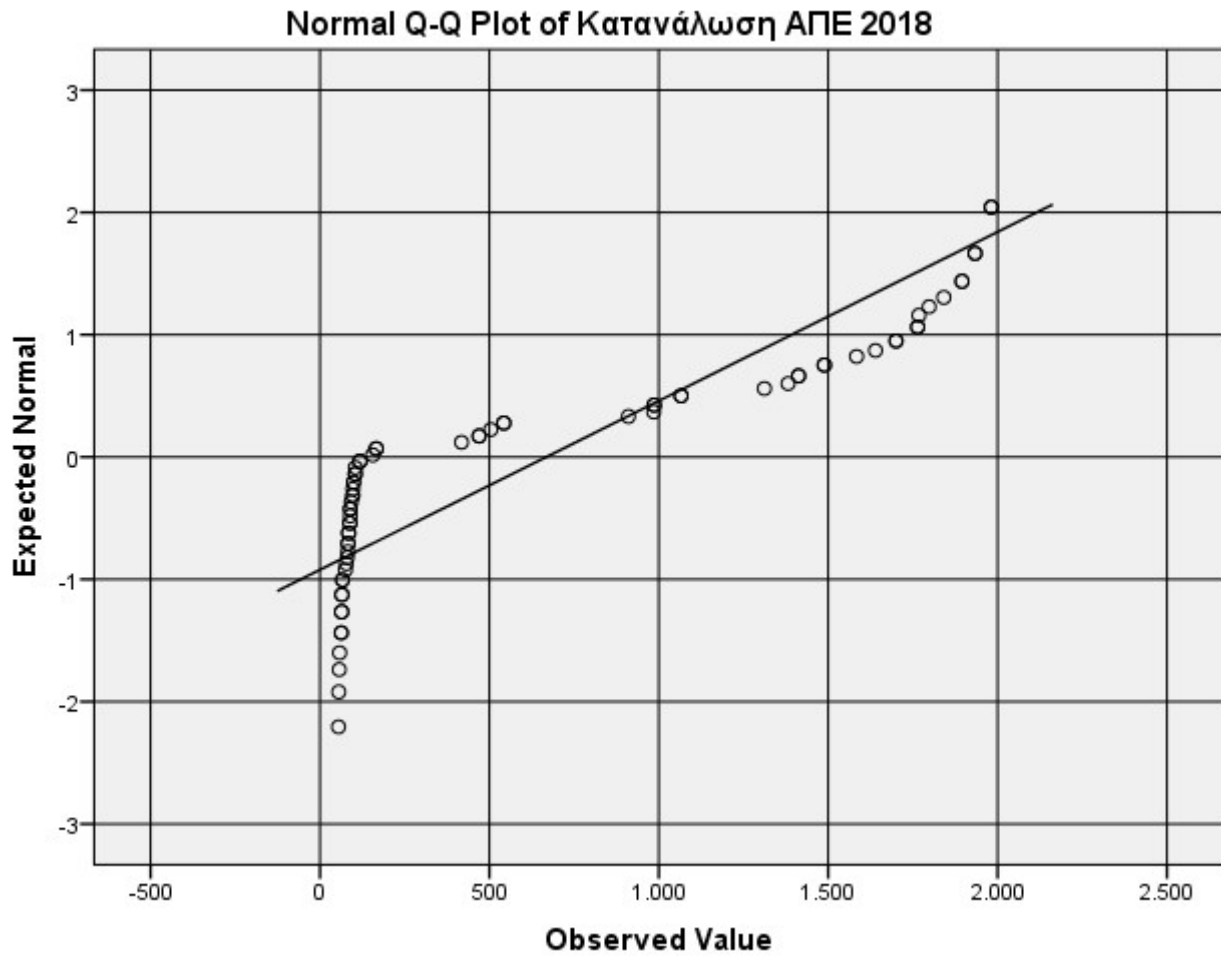
Κατανάλωση ΑΠΕ 2017

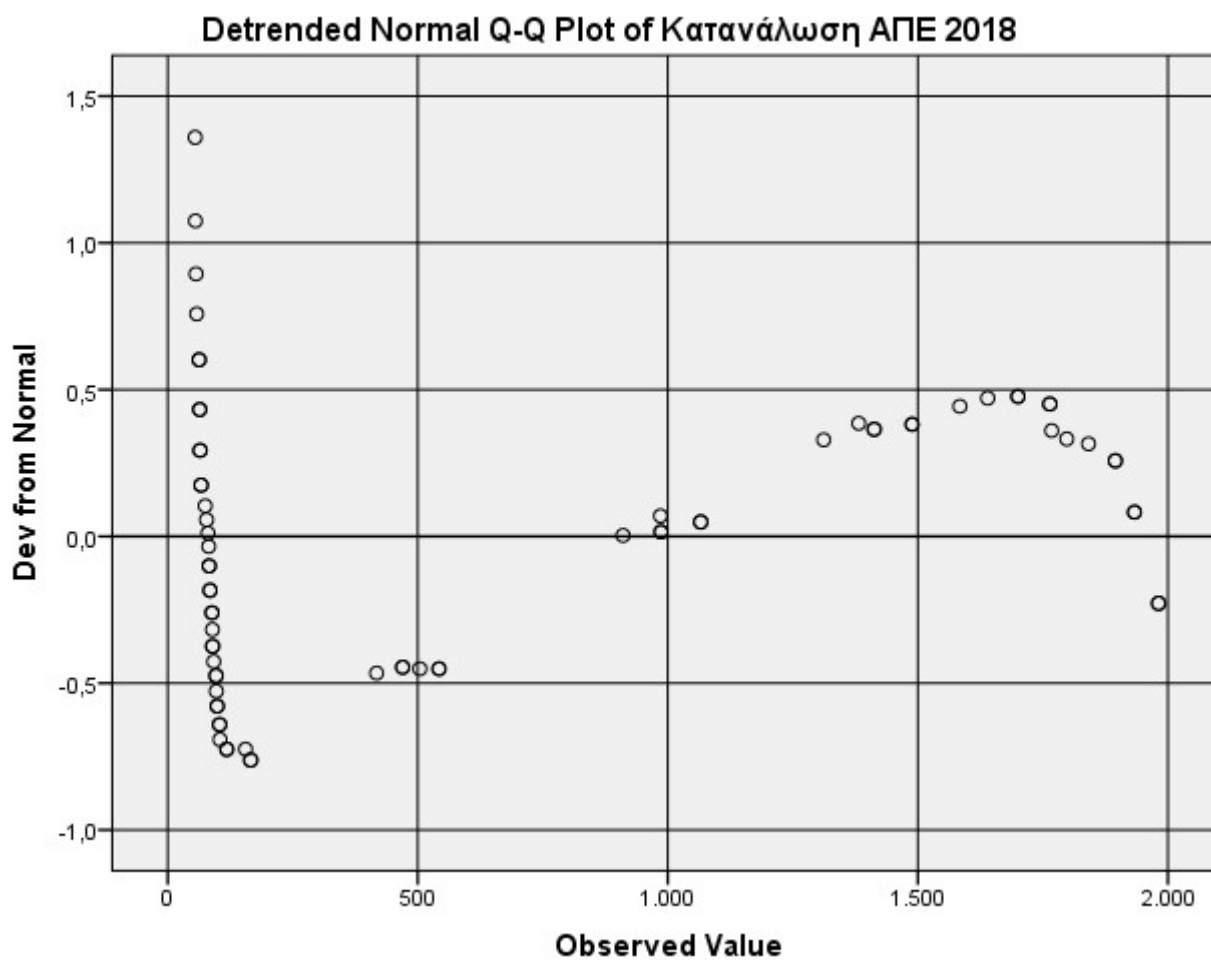


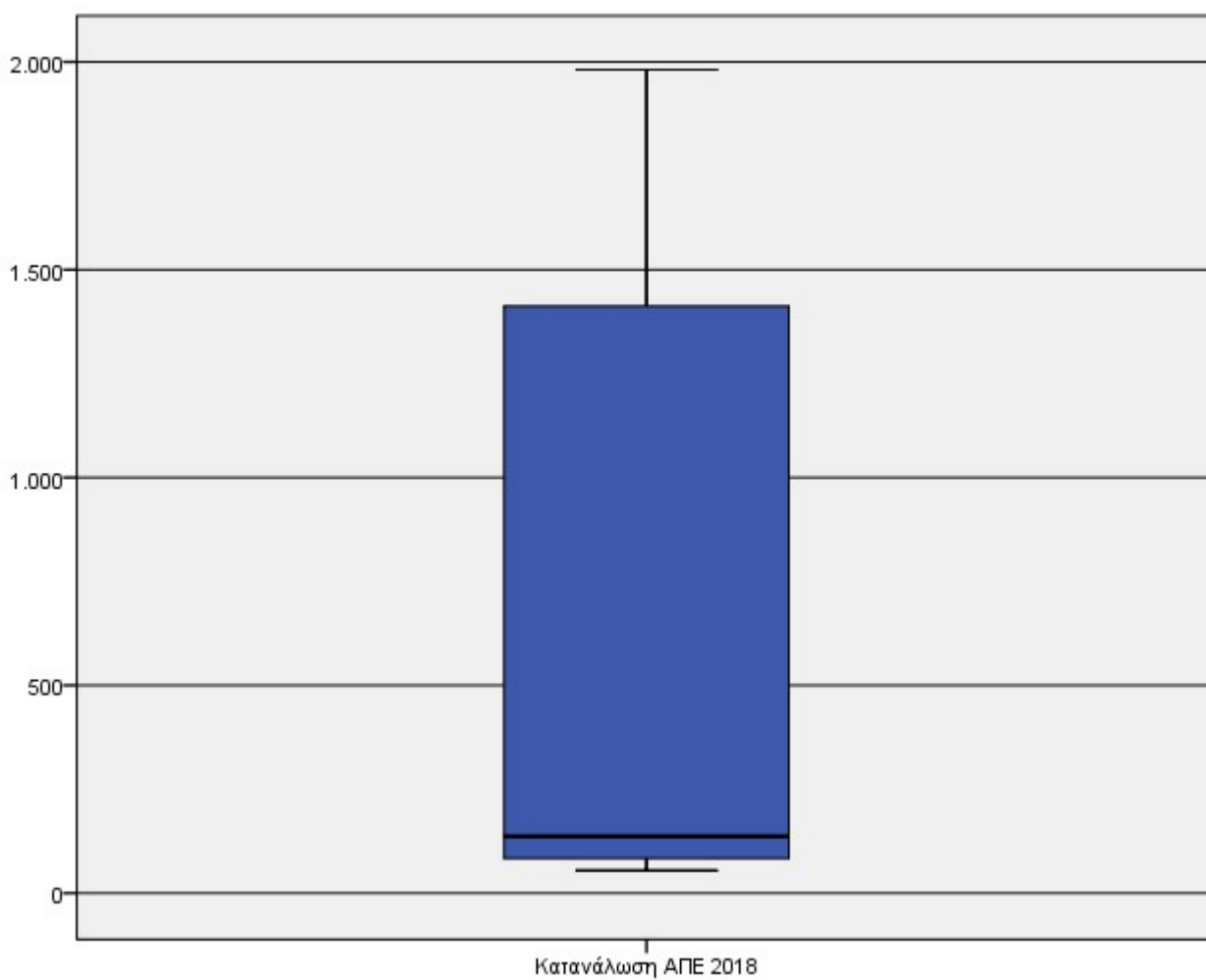




Κατανάλωση ΑΠΕ 2018







Κατανάλωση ΑΠΕ 2019

