

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τμήμα Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών
www.eee.uniwa.gr

Θηβών 250, Αθήνα-Αιγάλεω 12241
Τηλ. +30 210 538-1225, Fax. +30 210 538-1226



UNIVERSITY of WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
Department of Electrical & Electronics Engineering
www.eee.uniwa.gr

250, Thivon Str., Athens, GR-12241, Greece
Tel:+30 210 538-1225, Fax:+30 210 538-1226

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Ηλεκτρικές & Ηλεκτρονικές Επιστήμες μέσω Έρευνας

Master of Science By Research in
Electrical & Electronics Engineering

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επίδραση της διείσδυσης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στα ενεργειακά δίκτυα με έμφαση τα θέματα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και ενεργειακής ασφάλειας



Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Εμμανουήλ Γρυπάρης, AM MSCRES-0042
Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Σ. Ψωμόπουλος, Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, Ιούλιος 2024

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τμήμα Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών
www.eee.uniwa.gr

Θηβών 250, Αθήνα-Αιγάλεω 12241
Τηλ. +30 210 538-1225, Fax. +30 210 538-1226



UNIVERSITY of WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
Department of Electrical & Electronics Engineering
www.eee.uniwa.gr

250, Thivon Str., Athens, GR-12241, Greece
Tel:+30 210 538-1225, Fax:+30 210 538-1226

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Ηλεκτρικές & Ηλεκτρονικές Επιστήμες μέσω Έρευνας

Master of Science By Research in
Electrical & Electronics Engineering

MSc Thesis

Impact of the penetration of electric vehicles in energy networks with emphasis on greenhouse gas emissions and energy security issues



Student: Gryparis, Emmanouil, Registration Number MSCRES-0042

MSc Thesis Supervisor: Psomopoulos, Constantinos S., Professor

ATHENS-EGALEO, July 2024

2

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Εμμανουήλ Γρυπάρης, ΑΜ MSCRES-0042, “Επίδραση της διεύθυνσης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στα ενεργειακά δίκτυα με έμφαση τα θέματα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και ενεργειακής ασφάλειας”

Η Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή, εξετάστηκε και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή εξεταστική επιτροπή:

Επιβλέπων	Μέλος	Μέλος
Κωνσταντίνος Σ. Ψωμόπουλος	Περικλής Παπαδόπουλος	Γεώργιος Βόκας
Καθηγητής	Καθηγητής	Καθηγητής

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Εμμανουήλ Γρυπάρης του Φραγκίσκου, με αριθμό μητρώου MSCRES-0042 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Ηλεκτρικές και Ηλεκτρονικές Επιστήμες μέσω Έρευνας» του Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Τέλος, βεβαιώνω ότι η εργασία αυτή δεν έχει κατατεθεί στο πλαίσιο των απαιτήσεων για τη λήψη άλλου τίτλου σπουδών ή επαγγελματικής πιστοποίησης πλην του παρόντος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Εμμανουήλ Γρυπάρης

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Εμμανουήλ Γρυπάρης

Ιούλιος, 2024

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον/την συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος μέλους ΔΕΠ, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια σημαντική προσέγγιση στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων επηρεάζει τα ευρωπαϊκά ενεργειακά δίκτυα και τις αντίστοιχες εκπομπές άνθρακα, διατηρώντας ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς εστιάζει σε δύο κρίσιμες πτυχές του παγκόσμιου συστήματος: την ενέργεια και το περιβάλλον. Αναλύοντας τη διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων, η μελέτη αυτή εξετάζει τις συνέπειες στο ενεργειακό τοπίο της Ευρώπης, αναζητώντας τρόπους για την καλύτερη αντιμετώπιση των προκλήσεων και την εκμετάλλευση των ευκαιριών που προκύπτουν από αυτήν την τεχνολογική μετάβαση.

Με βάση την ανάλυση μαθηματικών μοντέλων, γραμμική παλινδρόμηση και διπλή εκθετική εξομάλυνση, προσδιορίζονται τα τρέχοντα και μελλοντικά μοτίβα στη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων στην ευρωπαϊκή αγορά. Επιπλέον, διερευνώνται οι πιθανές επιπτώσεις της ηλεκτροκίνησης στην ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των ενεργειακών δικτύων. Η επίδραση της πανδημίας COVID-19 και του Ρωσο-ουκρανικού πολέμου είναι ουσιώδης, καθώς επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, το ενεργειακό μείγμα και τη γεωπολιτική κατάσταση. Η αποτελεσματική διαχείριση αυτών των παραγόντων αποτελεί κρίσιμη πρόκληση για την ανάπτυξη βιώσιμων ενεργειακών συστημάτων.

Μέσα από αυτήν την προσέγγιση, η παρούσα εργασία δίνει έμφαση στον τρόπο με τον οποίο η ηλεκτροκίνηση διαμορφώνει το μέλλον των οδικών μεταφορών στην Ευρώπη. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων θα αυξηθεί σημαντικά μέχρι το 2050, με σημαντικές επιπτώσεις στον τομέα της ενέργειας και το περιβάλλον. Προτείνονται πολιτικές παρεμβάσεις και τεχνολογικές λύσεις που θα προωθήσουν μια βιώσιμη και ασφαλή μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο μέλλον στους τομείς της ενέργειας και των μεταφορών στην Ευρώπη.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ: αέρια θερμοκηπίου (GHG), ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ενεργειακή ασφάλεια, Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), ηλεκτρικά οχήματα (BEV), ηλεκτρική ζήτηση, κορωνοϊός (COVID-19), σύγκρουση Ρωσίας - Ουκρανίας

ABSTRACT

The thesis constitutes a significant endeavor in understanding how the increase in electric vehicles affects European energy grids and corresponding carbon emissions. Focused on two critical aspects of the global system—energy and the environment—the research analyzes the penetration of electric vehicles, seeking ways to address challenges and leverage opportunities arising from this technological transition.

Utilizing mathematical models such as linear regression and double exponential smoothing, the study identifies current and future trends in electric vehicle usage in the European market. Additionally, it explores the potential impacts of electrification on energy security and grid efficiency. The influence of the COVID-19 pandemic and the Russia-Ukraine conflict is pivotal, as they affect energy demand, energy mix, and geopolitical dynamics. Effectively managing these factors poses a crucial challenge for the development of sustainable energy systems.

Through this approach, the thesis underscores how electrification shapes the future of road transportation in Europe. The results indicate a significant increase in electric vehicle penetration by 2050, with profound implications for the energy and environmental sectors. Policy interventions and technological solutions are proposed to promote a sustainable and secure transition towards a greener energy and transportation future in Europe.

KEYWORDS: battery electric vehicles (BEV), carbon dioxide (CO₂), coronavirus (COVID-19), energy security, electric demand, European Union (EU), greenhouse gases (GHG), renewable energy sources (RES), Russia-Ukraine conflict

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος “Ηλεκτρικές & Ηλεκτρονικές Επιστήμες μέσω Έρευνας” του τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ψωμόπουλο Κωνσταντίνο και στον καθηγητή κ. Παπαδόπουλο Περικλή για την ανεκτίμητη υποστήριξη και καθοδήγησή τους κατά τη διάρκεια της πορείας μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα του ΠΑΔΑ. Οι συμβουλές τους και η ενθάρρυνσή τους με βοήθησαν να ξεπεράσω τις οποιοσδήποτε δυσκολίες και να προχωρήσω προς την επίτευξη των στόχων μου. Είμαι ευγνώμων που είχα την ευκαιρία να συνεργαστώ μαζί τους και να μοιραστώ τις ιδέες και την πρόοδο της έρευνάς μου. Ευχαριστώ εγκάρδια για την εμπιστοσύνη που μου παραχώρησαν κατά τη διάρκεια αυτού του ταξιδιού.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ-ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ-ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

Ακρωνύμια	Αγγλική ορολογία	Ελληνική ορολογία
AC	Alternating Current	Εναλλασσόμενο Ρεύμα
AFIR	Alternative Fuels Infrastructure Regulation	Κανονισμός Υποδομής Εναλλακτικών Καυσίμων
BEV	Battery Electric Vehicle	Ηλεκτρικό Όχημα Μπαταρίας
CO ₂	Carbon Dioxide	Διοξείδιο του άνθρακα
COVID-19	Coronavirus Disease 2019	Κορωναϊός Νόσος 2019
DC	Direct Current	Συνεχές Ρεύμα
EAFO	European Alternative Fuels Observatory	Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Εναλλακτικών Καυσίμων
EEA	European Environment Agency	Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος
EREV	Extended-Range Electric Vehicle	Υβριδικό Όχημα με Επέκταση Αυτονομίας
EV	Electric Vehicle	Ηλεκτρικό Όχημα
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle	Υδρογονοκίνητο Όχημα
GHG	Greenhouse Gases	Αέρια Του Θερμοκηπίου
HEV	Hybrid Electric Vehicle	Υβριδικό Ηλεκτρικό Όχημα
IEA	International Energy Agency	Διεθνές Οργανισμός Ενέργειας
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Μετακλιματική Επιστημονική Επιτροπή
LNG	Liquefied Natural Gas	Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	Υβριδικό Όχημα με Φόρτιση
RES	Renewable Energy Sources	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
UN	United Nations	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	Σύμβαση Πλαίσιο του ΟΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή
UNEP	United Nations Environment Programme	Παγκόσμιο Πρόγραμμα του ΟΗΕ για το Περιβάλλον
WHO	World Health Organization	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
WMO	World Meteorological Organization	Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ-ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ-ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	9
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	10
ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	11
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	14
1.1 ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	14
1.1.1 Κλιματική αλλαγή	14
1.1.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	17
1.2 ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	18
1.2.1 Δράσεις για το κλίμα και το περιβάλλον	18
1.2.2 Ευρωπαϊκή Ένωση και περιβάλλον	22
1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ.....	24
1.3.1 Ενεργειακή μετάβαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση	24
1.3.2 Ενεργειακή μετάβαση κατά την πανδημία COVID-19	25
1.3.3 Ενεργειακή μετάβαση και Ρωσο-Ουκρανικός πόλεμος.....	26
1.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΕ.....	27
1.5 ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	38
2.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	38
2.1.1 Στατιστικά δεδομένα ηλεκτρικών οχημάτων.....	38
2.1.2 Στατιστικά δεδομένα σημείων επαναφόρτισης και φορτιστών	41
2.1.3 Στατιστικά δεδομένα εκπομπών CO ₂ οχημάτων.....	44
2.1.4 Στατιστικά δεδομένα ενεργειακού μείγματος και εκπομπών αερίων	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	49
3.1 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΜΕ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΛΑ.....	49
3.1.1 Ανάλυση με γραμμική παλινδρόμηση.....	49
3.1.2 Ανάλυση με διπλή εκθετική εξομάλυνση – Μέθοδος Brown.....	50
3.2 ΚΥΡΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	53
4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	53
4.1.1 Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης.....	53
4.1.2 Αποτελέσματα μεθόδου Brown	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	58
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58

ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

ΓΡΑΦΗΜΑ 1. ΕΚΠΟΜΠΗ CO ₂ ΑΠΟ ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΕ ΜΤ CO ₂ /ΕΤΟΣ, 1970-2021 [Ξ7]	15
ΓΡΑΦΗΜΑ 2. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), 1990 – 2021, (ΔΕΙΚΤΗΣ 1990 = 100) [Ξ11]	17
ΓΡΑΦΗΜΑ 3. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΕ ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (1990) ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27) [Ξ27]	23
ΓΡΑΦΗΜΑ 4. ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΗΣ ΕΕ (EU-27) ΣΕ ΠΟΣΟΣΤΟ (%) [Ξ39]	34
ΓΡΑΦΗΜΑ 5. ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ AC ΚΑΙ DC ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), 2012 – 2019, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΑΛΑΙΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗΣ AFIR [Ξ42]	37
ΓΡΑΦΗΜΑ 6. ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΣΗΣ AC ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΚΟΙΝΟ ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ AFIR [Ξ42]	42
ΓΡΑΦΗΜΑ 7. ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΗΜΕΙΩΝ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΣΗΣ DC ΠΡΟΣΒΑΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΚΟΙΝΟ ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ AFIR [Ξ42]	43
ΓΡΑΦΗΜΑ 8. ΜΕΣΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ (κWh) ΤΩΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ BEV ΑΝΑ ΕΤΟΣ [Ξ47]	44
ΓΡΑΦΗΜΑ 9. ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΕ GCO ₂ /KM ΑΠΟ ΤΑ ΝΕΑ ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), 2012 – 2022 [Ξ51]	46
ΓΡΑΦΗΜΑ 10. ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), 2004 – 2022 [Ξ54]	48
ΓΡΑΦΗΜΑ 11. ΎΝΤΑΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ (G CO ₂ e/kWh) ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), 1990 – 2022 [Ξ56]	48
ΓΡΑΦΗΜΑ 12. ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ BEV ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), 2008 – 2050	54
ΓΡΑΦΗΜΑ 13. ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΤΩΝ BEV ΣΕ MWh ΓΙΑ ΔΥΟ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ	54
ΓΡΑΦΗΜΑ 14. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ BEVs ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ CO ₂ ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΕ, 2020 – 2050	55
ΓΡΑΦΗΜΑ 15. ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ BEV ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), 2008 – 2050	56
ΓΡΑΦΗΜΑ 16. ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΤΩΝ BEV ΣΕ MWh ΓΙΑ ΔΥΟ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ	57
ΓΡΑΦΗΜΑ 17. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΑΠΟ ΤΗ ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ BEVs ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ CO ₂ ΑΝΑ ΕΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΕ, 2020 – 2050	57

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ CO ₂ ΑΝΑ ΤΟΜΕΑ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 1990 ΜΕ 2021 [Ξ7]	15
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ AFIR (COM(2021) 559) [Ξ44]	39
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΕ (EU-27), 2008-2023 [Ξ45]	40

Η σημασία της μετάβασης προς την ηλεκτροκίνηση στον τομέα των οχημάτων αναδεικνύεται ως ένα καίριο μέτρο για την επίτευξη των περιβαλλοντικών και ενεργειακών στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των διεθνών κοινοτήτων. Η αυξανόμενη διείσδυση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην αγορά έχει ουσιαστικές επιπτώσεις στη λειτουργία των ενεργειακών δικτύων και την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μια σφαιρική ανάλυση της επιρροής της αυξανόμενης διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στα ευρωπαϊκά ενεργειακά δίκτυα, εστιάζοντας στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και την ενεργειακή ασφάλεια. Στο πλαίσιο αυτό, εξετάζεται η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ της τεχνολογικής μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση, των παγκόσμιων ενεργειακών τάσεων και των γεωπολιτικών παραμέτρων, με έμφαση στα σημερινά γεωπολιτικά γεγονότα όπως η πανδημία του COVID-19 και οι εντάσεις στην περιοχή της ανατολικής Ευρώπης. Μέσα από αυτήν την ανάλυση, προσδιορίζονται οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες που αντιμετωπίζει η Ευρωπαϊκή Ένωση στον τομέα των μεταφορών και της ενέργειας, καθώς και οι δυνατές πολιτικές και τεχνολογικές λύσεις για μια βιώσιμη και ασφαλή μετάβαση προς το μέλλον.

Η βασική αφετηρία αυτής της διπλωματικής εργασίας προέκυψε από την αναγνώριση της ανάγκης να κατανοηθεί πώς η συνεχής αύξηση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων θα επηρεάσει τα ευρωπαϊκά ενεργειακά δίκτυα και τις αντίστοιχες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Αυτός ο προβληματισμός αναδείχθηκε από τη σύγκρουση δύο βασικών αναγκών: αυτής για μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και της ανάγκης για ενεργειακή μετάβαση στο τομέα της ηλεκτροκίνησης.

Ένα από τα πιθανά μειονεκτήματα αυτής της μελέτης είναι η εστίαση της έρευνας σε συγκεκριμένες πτυχές της επίδρασης των ηλεκτρικών οχημάτων στα ενεργειακά δίκτυα, αφήνοντας ενδεχομένως κάποια άλλα σημαντικά θέματα εκτός εύρους. Για παράδειγμα, αν η διαθεσιμότητα και η ποιότητα των δεδομένων είναι περιορισμένη, επηρεάζεται η ακρίβεια και η εκτίμηση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, οι ερευνητικές εκτιμήσεις και τα συμπεράσματα ενδέχεται να μην είναι ασφαλώς γενικεύσιμα σε άλλα περιβάλλοντα ή χώρες λόγω των διαφορών τους σε ενεργειακές υποδομές και σε τεχνολογικές και πολιτικές επιλογές. Τέλος, η χρήση μαθηματικών μοντέλων, όπως η γραμμική παλινδρόμηση και η διπλή εκθετική εξομάλυνση, μπορεί να οδηγήσει σε ανακρίβειες ή σφάλματα στην περίπτωση που λείπουν στοιχεία ή υπάρχουν πολλές μεταβλητές.

Η δομή μιας ερευνητικής εργασίας αποτελεί καίριο στοιχείο για τη συνολική κατανόηση και παρουσίαση της μελέτης. Με βάση τη συλλογή δεδομένων και την πολύπλοκη

ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, η δομή της εργασίας αυτής προσαρμόζεται έτσι ώστε να αναδειξει τα βασικά σημεία του θέματος και να καθοδηγήσει τον αναγνώστη στην κατανόηση της διαδικασίας και των αποτελεσμάτων της μελέτης. Σε αυτήν την ενότητα, θα παρουσιαστεί η δομή της εργασίας.

Στο Κεφάλαιο 1, εξετάζονται τα θεωρητικά θεμέλια της έρευνας. Αναλύονται οι κύριες έννοιες που σχετίζονται με το θέμα της μελέτης, όπως η κλιματική αλλαγή, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η ενεργειακή ασφάλεια και η ηλεκτροκίνηση. Επίσης, παρουσιάζονται οι στόχοι και οι προσπάθειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε σχέση με το κλίμα και το περιβάλλον.

Στο Κεφάλαιο 2, γίνεται η συλλογή και η ανάλυση των δεδομένων που σχετίζονται με τη διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων στα ενεργειακά δίκτυα, τους φορτιστές και τη σημεία φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, το ενεργειακό μείγμα και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Συμπεριλαμβάνονται στατιστικά δεδομένα, γραφήματα και αναλύσεις των ευρημάτων.

Στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της μελλοντικής διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά και τις επιπτώσεις τους στο ενεργειακό τοπίο.

Στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα της έρευνας, συμπεριλαμβανομένων των ευρημάτων από την εφαρμογή των μαθηματικών μοντέλων και των προβλέψεων.

Στο Κεφάλαιο 5, αναδεικνύονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας, επισημαίνοντας τα κυριότερα ευρήματα που προέκυψαν από την ανάλυση. Αυτό γίνεται με σκοπό να παρουσιαστεί μια συνολική εικόνα των αποτελεσμάτων και να δοθεί μια σαφής επισκόπηση της σημασίας της έρευνας.

1.1 ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

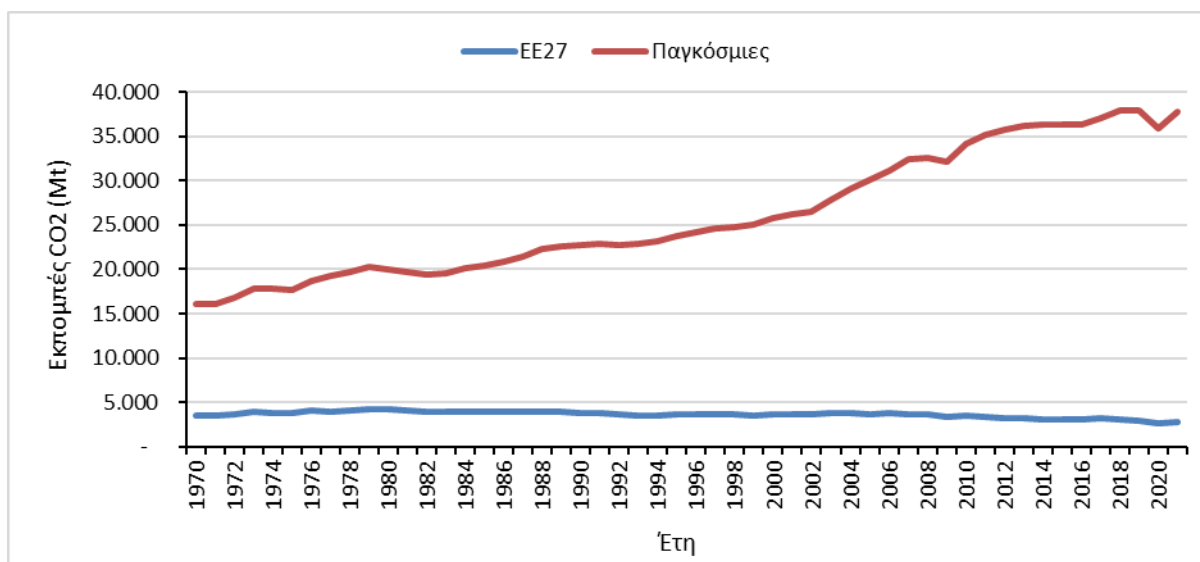
1.1.1 Κλιματική αλλαγή

Σύμφωνα με την επιστημονική κοινότητα, η δημιουργία της Γης χρονολογείται περίπου πριν από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια [Ε1, Ε2]. Στη διάρκεια αυτής της περιόδου συνέβησαν αρκετές γεωλογικές και περιβαλλοντικές μεταβολές, όπου οδήγησαν τον πλανήτη Γη να πάρει την σημερινή του μορφή. Οι επιστήμονες, οι οποίοι ασχολούνται με την ιστορία του περιβάλλοντος και της κλιματικής αλλαγής, προσπαθούν να διερευνήσουν και να ανακαλύψουν τις κλιματικές περιβαλλοντικές μεταβολές που συνέβησαν, όπως οι παγετωνικές περιόδους -γνωστές ως εποχές των παγετώνων- και η υπερθέρμανση του πλανήτη. Το τελευταίο, μάλιστα, απασχολεί εντονότατα τους επιστημονικούς κύκλους και την κοινωνία σήμερα, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στον περιορισμό της αύξησης της μέσης τιμής της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Ως κλιματική αλλαγή ορίζεται η μεταβολή μετεωρολογικών συνθηκών που εκτείνονται σε μεγάλο χρονικό διάστημα [Ε3, Ε4]. Οι μεταβολές στο κλίμα οφείλονται κυρίως σε φυσικές διεργασίες του περιβάλλοντος αλλά όχι μόνο. Η κύρια αιτία της αλλαγής του κλίματος έγκειται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η θερμότητα του ήλιου που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της Γης εγκλωβίζεται από τα αέρια του θερμοκηπίου διατηρώντας την επιφάνεια του πλανήτη σε θερμοκρασία κατάλληλη για την ύπαρξη ζωής. Υπάρχουν περίπου είκοσι αέρια θερμοκηπίου, αλλά τα πιο σημαντικά που υπάρχουν στη φύση και αποτελούν μέρος της σύνθεσης της ατμόσφαιρας είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), τα οξείδια του αζώτου (N_2O), οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), το όζον (O_3) και οι υδρατμοί [Ε5, Ε6]. Εξαιρώντας τους υδρατμούς, τα παραπάνω αέρια συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Πέραν των φυσικών διαδικασιών, οι ανθρώπινες δραστηριότητες παίζουν κομβικό ρόλο στην ταχεία επιδείνωση της αλλαγής του κλίματος. Ουσιαστικά, συμβάλλουν στην ενεργειακή ανισορροπία του οικοσυστήματος απελευθερώνοντας τεράστιες ποσότητες επιβλαβών αερίων στην ατμόσφαιρα. Τέτοιου είδους δραστηριότητες προέρχονται από την εκτεταμένη χρήση των ορυκτών πόρων και εν συνεχεία την καύση τους για την παραγωγή ενέργειας, την αποψίλωση των δασών, την κτηνοτροφία, τη γεωργία και τη χρήση φθοριούχων αερίων [Ε6]. Το αέριο, το οποίο εκλύεται σε μεγάλες ποσότητες στην ατμόσφαιρα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και συμβάλει κατά κόρον στην αύξηση της θερμοκρασίας της γης, είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Μάλιστα, σύμφωνα

με τη δημοσίευση της IEA-EDGAR και το παρακάτω γράφημα [Ε7], οι παγκόσμιες εκπομπές άνθρακα παρουσιάζουν μία αυξητική τάση με διακυμάνσεις και αποκορύφωμα την υψηλότερη τιμή εκπομπών που άγγιξε τους 38.000 Mt CO₂ το 2019. Η μικρή πτώση που παρατηρείται το 2020 οφείλεται πιθανότατα στην πανδημία. Από την άλλη πλευρά, οι ευρωπαϊκές εκπομπές άνθρακα δείχνουν μια αισθητά μακροπρόθεσμη μείωση, αντικατοπτρίζοντας τις συνεχείς προσπάθειες της Ευρώπης για μείωση των εκπομπών αερίων. Αναφορικά με τους τομείς, οι οποίοι συμβάλλουν στο αποτύπωμα άνθρακα, δίνεται ως ποσοστό η αύξηση και η μείωση τους σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο στον παρακάτω πίνακα.



Γράφημα 1. Εκπομπή CO₂ από ορυκτά καύσιμα σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο σε Mt CO₂/έτος, 1970-2021 [Ε7]

Πίνακας 1. Ποσοστιαία διαφορά εκπομπής CO₂ ανά τομέα σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο κατά τη χρονική περίοδο 1990 με 2021 [Ε7]

	Παγκόσμια μεταβολή %	Ευρωπαϊκή μεταβολή %
Τομέας ενέργειας	+87%	-39%
Τομέας βιομηχανιών	+65%	-41%
Τομέας κτηρίων	+2%	-32%
Τομέας μεταφορών	+66%	+16%
Άλλοι τομείς	+101%	-23%
Σύνολο	+67%	-27%

Όπως είναι γνωστό, η ανθρωπότητα έχει πολύ μεγάλο μερίδιο ευθύνης στην θερμοκρασιακή μεταβολή του περιβάλλοντος, καθώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες εκλύουν τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη. Η θερμοκρασία της Γης έχει περίπου 1,2° C παγκόσμια αύξηση σε σχέση με τα προ-βιομηχανικά επίπεδα και η αύξηση της στην περιοχή της Ευρώπης αγγίζει περίπου τους 2° C από το δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα και μετά [Ξ8]. Η συνεχής αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη αποτελεί σοβαρό ζήτημα και θα επιφέρει ολέθριες συνέπειες [Ξ6]:

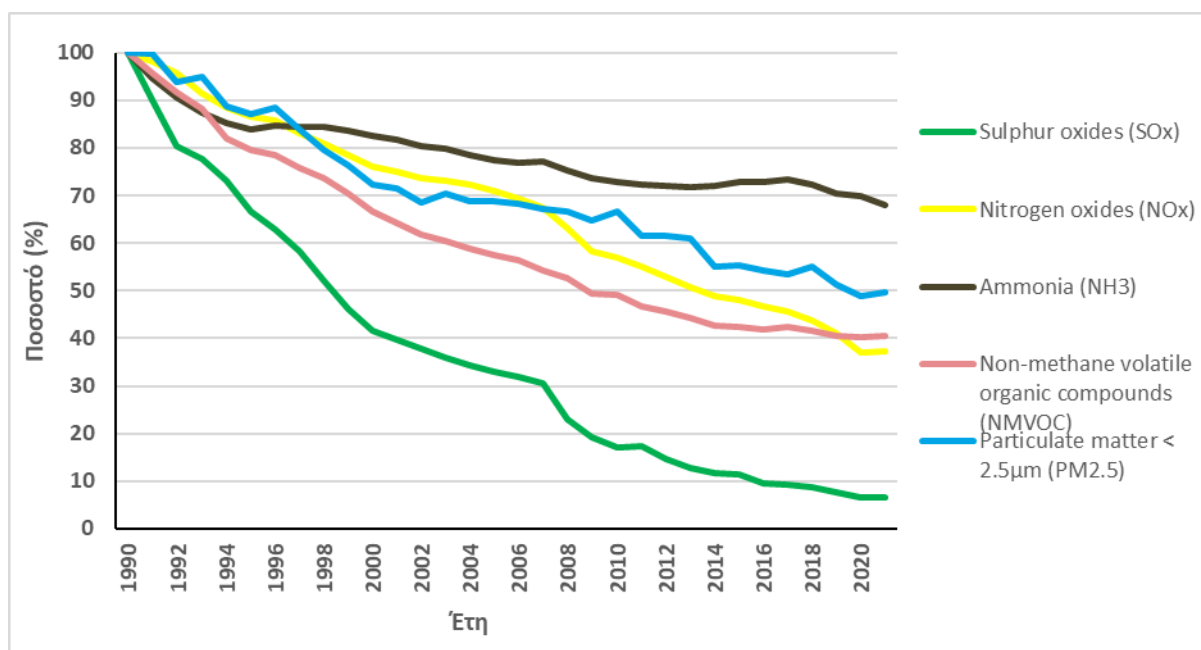
- στη φύση. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση της διαθεσιμότητας του γλυκού νερού, σε ξηρασία ποταμών, λιμνών και πρόσφορων εδαφών για καλλιέργεια, σε περισσότερες δασικές πυρκαγιές, σε λιώσιμο των πάγων που βρίσκονται στον βόρειο και νότιο πόλο της γης με αποτέλεσμα την άνοδο της στάθμης των ωκεανών και των θαλασσών με πιθανότητα πρόκλησης πλημμυρών σε παράκτιες περιοχές, στο θαλάσσιο περιβάλλον και στην βιοποικιλότητα.
- στον άνθρωπο. Η σωματική υγεία των ανθρώπων θα επηρεαστεί από την κακή ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα και του όζοντος. Η αυξανόμενη θερμοκρασία θα οδηγήσει σε θνησιμότητα και νοσηρότητα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και αντίστοιχη μείωση κατά τους χειμερινούς. Θα υπάρξει αισθητός κίνδυνος λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων.
- σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο. Οι ανθρώπινες επιχειρηματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τη γεωργία και τον τουρισμό καθίστανται ιδιαίτερα ευάλωτες στην αλλαγή του κλίματος. Η διαθεσιμότητα του εργατικού δυναμικού θα περιορισθεί λόγω νέων συνθηκών εργασίας. Ο αδύναμος οικονομικά πληθυσμός και τα άτομα, που κατά μεγάλο ποσοστό εξαρτώνται από το φυσικό περιβάλλον, θα καταστούν ευάλωτοι μπροστά στις κλιματικές επιπτώσεις.
- στην ενέργεια και στις υποδομές. Η ζήτηση της ενέργειας για ψύξη θα αυξηθεί τους μήνες με καύσωνα, γεγονός που θα οδηγήσει στη χρήση περισσότερων ορυκτών καυσίμων για την κάλυψη του ενεργειακού φορτίου. Οι υποδομές μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και οι κτηριακές εγκαταστάσεις, θα επηρεαστούν από την μεταβολή της θερμοκρασίας και των ακραίων καιρικών φαινομένων.

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής προβλέπεται να επηρεάσουν σημαντικά τον πλανήτη κατά τις επόμενες δεκαετίες. Για το λόγο αυτό, παγκόσμιοι οργανισμοί και φορείς αλλά και κράτη-μέλη ενώσεων, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση, στοχεύουν σε πολιτικές μετρίασης της κλιματικής αλλαγής, μέσω επισύναψης συμφωνιών, αναλαμβάνοντας δράση για την επιβράδυνση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Τέτοιου είδους δράσεις και συμφωνίες θα παρουσιασθούν σε επόμενη υπό-ενότητα.

1.1.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Τα αέρια που δεν συγκαταλέγονται σε αυτά του θερμοκηπίου και συνδέονται περισσότερο με την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και λιγότερο με την κλιματική αλλαγή καλούνται ατμοσφαιρικοί ρυπαντές. Τέτοια αέρια είναι τα οξείδια του αζώτου, τα οξείδια του θείου, τα οξείδια του άνθρακα, το τροποσφαιρικό όζον, η αιθάλη και τα αιωρούμενα σωματίδια. Τα οξείδια του αζώτου και το όζον ευθύνονται για το φωτοχημικό νέφος που συναντάται σε μεγάλες πόλεις από την καύση ορυκτών πόρων στις βιομηχανίες και τις μεταφορές. Τα οξείδια του θείου και του αζώτου επηρεάζουν τη σύσταση της βροχής, κάνοντάς την πιο όξινη, προσβάλλοντας τα φυτά, τις καλλιέργειες και εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες μνημεία φτιαγμένα κατά βάση από μάρμαρο [E1-E3].

Ως ατμοσφαιρική ρύπανση καλείται η φυσική ή ανθρωπογενής εκπομπή αέριων ουσιών στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα η συγκέντρωσή τους να καθίσταται επιβλαβής για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Οι ρυπαντές ταξινομούνται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι μεν πρώτοι εκλύονται στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια παραγωγής τους από μια διαδικασία ενώ οι δε δεύτεροι αντιδρούν ή αλληλοεπιδρούν όταν βρίσκονται στον αέρα, όπως το όζον [E9, E10]. Το παρακάτω γράφημα εμφανίζει ποσοστιαία τη μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων στην ΕΕ, με βάση το έτος 1990 έως το 2021. Όπως παρατηρείται, τη μεγαλύτερη πτώση εμφανίζει το οξείδιο του αζώτου σε σημείο να πλησιάζει πολύ κοντά στο 0%, ενώ σταθερή μείωση σε περίπου 40% από το έτος ορόσημο σημειώνει το οξείδιο του αζώτου και οι μη μεθανικές πτητικές οργανικές ενώσεις. Τη μικρότερη μείωση παρουσιάζει η αμμωνία.



Γράφημα 2. Εκπομπές ατμοσφαιρικών ρυπαντών στην ΕΕ (EU-27), 1990 – 2021, (δείκτης 1990 = 100) [E11]

Η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται κυρίως από ανθρωπογενείς παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες είναι οι χημικές διεργασίες των βιομηχανιών, η καύση υδρογονανθράκων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι εκπομπές ρύπων από τις εξατμίσεις των μέσων μεταφοράς με κινητήρα εσωτερικής καύσης και εν γένει των μεταφορών, τα νοικοκυριά και η διαχείριση των αποβλήτων. Όλα τα παραπάνω, μαζί με τα αιωρούμενα σωματίδια που προέρχονται συνήθως από φυσικούς παράγοντες, έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν ένα ατμοσφαιρικό περιβάλλον μη φιλικό για διαβίωση με άμεσες συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία [Ε12].

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), η ρύπανση της ατμόσφαιρας αποτελεί σημαντική απειλή για την υγεία του ανθρώπου, παράλληλα με τις ανησυχίες για τις αλλαγές στο κλίμα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί σοβαρή απειλή για την υγεία, προκαλώντας εκατομμύρια πρόωρους θανάτους κάθε χρόνο και μειώνοντας την ποιότητα ζωής. Συγκεκριμένα, επηρεάζει αρνητικά την υγεία των παιδιών, προκαλώντας προβλήματα στην ανάπτυξη και τη λειτουργία των πνευμόνων, ενώ στους ενήλικες συνδέεται με καρδιαγγειακές παθήσεις και εγκεφαλικά επεισόδια. Επιπλέον, έχει συσχετισθεί με διάφορες άλλες παθήσεις όπως ο διαβήτης και οι νευρολογικές διαταραχές, καθιστώντας τη ρύπανση του αέρα έναν αναγνωρισμένο παράγοντα κινδύνου για τη δημόσια υγεία σε παγκόσμιο επίπεδο. Η βελτίωση της ατμόσφαιρας μπορεί να έχει διπλό όφελος. Αφενός μεν προάγει την κλιματική σταθερότητα, αφετέρου δε ενισχύεται η ποιότητα του αέρα μέσω της μείωσης των εκπομπών ρύπων, προστατεύοντας έτσι την υγεία και συμβάλλοντας στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής [Ε13].

Η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης βρέθηκε στο επίκεντρο του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) και της ΕΕ με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Σε διεθνή κλίμακα, η αρχή έγινε με το Πρωτόκολλο του Κιότο [Ε14] ενώ εν συνεχεία τα κράτη-μέλη της ΕΕ υιοθέτησαν πολιτικές που καθορίζουν πρότυπα ατμοσφαιρικής ποιότητας και εφάρμοσαν μέτρα περιβαλλοντικής προστασίας σε ρυπογόνους τομείς, με κύριο στόχο τη μείωση του κινδύνου της ανθρώπινης υγείας και την προστασία του περιβάλλοντος.

1.2 ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

1.2.1 Δράσεις για το κλίμα και το περιβάλλον

Οι δράσεις για το κλίμα και το περιβάλλον καθυστέρησαν να έρθουν στο προσκήνιο. Τα ελλιπή δεδομένα για την ατμοσφαιρική ρύπανση και τη συγκέντρωση αερίων του

θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα στα μέσα του 20ου αιώνα, δεν έδιναν το έναυσμα στη διεθνή κοινότητα να αντιμετωπίσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και της ρύπανσης του αέρα, που ήδη είχαν αρχίσει να συμβαίνουν. Πρώτη προσπάθεια καταγραφής της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα πραγματοποιήθηκε το 1957 από τον Τσαρλς Ντέιβιντ Κίλινγκ σε ένα απομακρυσμένο παρατηρητήριο της Χαβάης. Ο Αμερικανός επιστήμονας, σε ένα διάστημα έξι ετών, παρατήρησε με τη βοήθεια ενός ειδικού οργάνου πως το ποσοστό συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είχε αυξηθεί. Έπειτα από 23 χρόνια, ο Σουηδός Μπερτ Μπολίν, με τη βοήθεια μαθηματικών μοντέλων, υπολόγισε ότι η θερμοκρασία του πλανήτη άρχισε να αυξάνεται πριν από περίπου εκατό χρόνια εξαιτίας των αερίων του θερμοκηπίου [E4]. Οι παραπάνω έρευνες αλλά και άλλες που πραγματοποιήθηκαν τα επόμενα χρόνια, αποτέλεσαν το εφαλτήριο της επιστημονικής και διεθνούς κοινότητας για ουσιαστικές αποφάσεις σχετικά με περιβαλλοντικά ζητήματα.

Οι δύο τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα λογίζονται ως καθοριστικές για τις αποφάσεις που ελήφθησαν, βάζοντας εμπόδια στους ανθρωπογενείς παράγοντες που ευθύνονται για την κλιματική αλλαγή και τη ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα. Η αρχή, όμως, έγινε το 1972 στην Στοκχόλμη της Σουηδίας όπου πραγματοποιήθηκε διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών (ΗΕ) και το κύριο θέμα συζήτησης ήταν το περιβάλλον. Για πρώτη φορά συντάχθηκε σχέδιο δράσης, το οποίο περιλάμβανε τους εξής κύριους πυλώνες [E15]:

- Παγκόσμιο πρόγραμμα περιβαλλοντικής αξιολόγησης.
- Δραστηριότητες περιβαλλοντικής διαχείρισης.
- Διεθνή μέτρα για την υποστήριξη των δραστηριοτήτων αξιολόγησης και διαχείρισης που διεξάγονται σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Επιπρόσθετα, κατά την ίδια συνδιάσκεψη, μετά από ψήφισμα που διενεργήθηκε, αποφασίστηκε η ίδρυση του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) [E16]. Το τελευταίο αποτελεί το άκρως παγκόσμιο θεσμικό όργανο για την δημιουργία περιβαλλοντικού χαρτοφυλακίου και τον συντονισμό των 193 κρατών μελών του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ), με σκοπό την προώθηση πολιτικών για την κλιματική σταθερότητα [E17].

Η πρώτη Σύμβαση που έτυχε καθολικής επικύρωσης και υπογράφηκε από όλα τα κράτη μέλη του ΟΗΕ, το έτος 1985, ήταν της Βιέννης και αφορούσε την προστασία της στιβάδας του όζοντος. Η Σύμβαση της Βιέννης τέθηκε σε ισχύ 3 χρόνια αργότερα, στις 22 Σεπτεμβρίου 1988. Στόχος της ήταν η συνεργασία μεταξύ των κρατών, ανταλλάσσοντας πληροφορίες και δεδομένα σχετικά με τις επιπτώσεις στο στρώμα του όζοντος από τις ανθρωπογενείς ρυπαντικές δραστηριότητες. Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί πως οι συμβάσεις δεν είναι απαραίτητα νομικά δεσμευτικές και μπορούν να λειτουργήσουν περισσότερο ως πλαίσια ή έννοιες που δεν περιλαμβάνουν συγκεκριμένα νομοθετικά μέτρα. Παρ' όλα αυτά, οι ιθύνοντες της σύμβασης θα μπορούσαν να

υιοθετήσουν μέτρα και να χαράξουν πολιτικές, με τα οποία θα μείωναν τις δραστηριότητες καταστροφής της στοιβάδας του όζοντος [Ε18].

Παράλληλα, το ίδιο έτος που τέθηκε σε ισχύ η Σύμβαση της Βιέννης, ιδρύθηκε και η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) από μέλη του UNEP και του WMO. Η δημιουργία της Επιτροπής έχει ως στόχο την συγκέντρωση επιστημονικών πληροφοριών και την αξιολόγησή τους από επιστήμονες και εμπειρογνώμονες. Εν συνεχεία, οι εκθέσεις αξιολόγησης αυτών των πληροφοριών, παρέχονται ελεύθερα στα ενδιαφερόμενα μέλη για την ανάπτυξη χάραξης πολιτικών για το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής [Ε19].

Ο Σεπτέμβρης του 1987 αποτελεί ορόσημο για τις ουσίες που σχετίζονται με την καταστροφή του όζοντος στην στρατόσφαιρα, διότι υπογράφηκε μία νέα παγκόσμια συμφωνία, η οποία τέθηκε σε ισχύ 2 χρόνια αργότερα, γνωστή ως το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ [Ε18, Ε20]. Για πρώτη φορά, τα μέρη της συμφωνίας θέτουν νομικά δεσμευτικούς-υποχρεωτικούς περιορισμούς στην παραγωγή και κατανάλωση καταστροφικών χημικών ουσιών που φθείρουν το όζον. Για παράδειγμα, τέτοιες χημικές ουσίες είναι οι χλωροφθοράνθρακες, το μεθυλοβρωμίδιο και τα halons. Σύμφωνα με το άρθρο 5 του Πρωτοκόλλου, καθορίζονται διαφορετικά χρονοδιαγράμματα εφαρμογής των μέτρων σταδιακής μείωσης ή κατάργησης των επικίνδυνων ουσιών ανάμεσα στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες. Μάλιστα, οι μεν πρώτες είχαν την υποχρέωση να μειώσουν κατά 50% τη χρήση χλωροφθορανθράκων το 1998 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1986. Στις δε δεύτερες, δόθηκε διάστημα παράτασης 10 χρόνων για την εφαρμογή των ίδιων μέτρων. Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ υπέστη αρκετές τροποποιήσεις τα επόμενα χρόνια, θέτοντας νέους στόχους και χρονοδιαγράμματα. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο ΟΗΕ να χαρακτηρίσει άκρως πετυχημένη την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου, καθώς οι συγκεντρώσεις επικίνδυνων ουσιών άρχισαν να εμφανίζουν πτωτικές τάσεις τα χρόνια που ακολούθησαν και υπήρχαν σημαντικές ενδείξεις για ανάκαμψη της στοιβάδας του όζοντος.

Το Μάρτιο του 1994, υπό την αιγίδα των ΗΕ, τέθηκε σε ισχύ η Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) [Ε21]. Σήμερα, η Σύμβαση εκπροσωπείται από 197 χώρες και από έναν περιφερειακό οικονομικό οργανισμό έχοντας θέσει στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής από την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις ανεπτυγμένες ή αλλιώς βιομηχανικές χώρες με την υποχρέωση να καταγράφουν τις εκπομπές αερίων και να τις υποβάλλουν περιοδικά, μαζί με τακτικές εκθέσεις, σχετικά με τα μέτρα πρόληψης και τις πολιτικές που ελήφθησαν για την προστασία του κλίματος. Όσον αφορά τις αναπτυσσόμενες χώρες, δεν υπόκεινται σε υποχρεωτική υποβολή εκθέσεων ακριβώς όπως οι προαναφερθείσες, αλλά έχουν κι αυτές την υποχρέωση να αναφερθούν στους τρόπους καταπολέμησης της κλιματικής μεταβολής.

Από την άλλη πλευρά, οι στόχοι της UNFCCC δεν τέθηκαν ως νομικά δεσμευτικοί, διότι όπως λέχθηκε πριν αφορούν σε σύμβαση. Για τον λόγο αυτό, η νομική δεσμευτική υπόστασή τους έγινε πραγματικότητα με το Πρωτόκολλο του Κιότο [Ε14, Ε22]. Το όνομά του προήλθε από την ιαπωνική πόλη Κιότο, όπου υπογράφηκε και εγκρίθηκε στις 11 Δεκεμβρίου 1997. Η νομική του ισχύ, βέβαια, για τα συμβαλλόμενα μέρη τέθηκε σε ισχύ το 2005. Σε συνέχεια της Σύμβασης πλαισίου των ΗΕ, καθορίστηκαν πλέον συγκεκριμένες πολιτικές και χρονικά όρια για τις αναπτυγμένες χώρες με σκοπό τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ειδικότερα, οι χώρες αυτές δεσμεύτηκαν να μειώσουν το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, τα οξείδια του αζώτου, το εξαφθοριούχο θείο, τους υδροφθοράνθρακες και υπερφθοράνθρακες κατά μέσο όρο 5 τοις εκατό, σε σύγκριση με τα επίπεδα αναφοράς του 1990 την περίοδο 2008 – 2012. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι στα αναπτυσσόμενα κράτη δεν δόθηκαν οι ίδιοι στόχοι εκπομπών. Τη δεύτερη περίοδο ανάληψης δεσμεύσεων 2013 – 2020, τα συμβαλλόμενα μέρη ήρθαν σε συμφωνία για περαιτέρω μείωση των αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον 18 τοις εκατό κατά τη διάσκεψη της UNFCCC στην Ντόχα του Κατάρ το 2012.

Επιπλέον των δεσμευτικών στόχων, δημιουργήθηκαν τρεις ακόμη μηχανισμοί βασιζόμενοι στην αγορά:

- Διεθνής εμπορία εκπομπών
- Κοινή εφαρμογή των μερών
- Μηχανισμός καθαρής ανάπτυξης

Οι μηχανισμοί αυτοί είχαν τη δυνατότητα να συμβάλλουν στο μετριασμό της κλιματικής αλλαγής πιο γρήγορα, με γνώμονα το γεγονός ότι το πρόβλημα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι παγκόσμιο, ανεξαρτήτως τοποθεσίας.

Η διεθνής κοινότητα δεν έμεινε εφησυχασμένη μόνο με την εφαρμογή του προαναφερθέντος Πρωτοκόλλου. Αποφάσισε να προχωρήσει τη δράση της με μία νέα Συμφωνία, η οποία υπογράφηκε την 12^η Δεκεμβρίου 2015 στην πόλη του Φωτός κατά τη διάρκεια της διάσκεψης των μερών των ΗΕ για την κλιματική αλλαγή [Ε23]. Η κρισιμότητα της διάσκεψης έγκειται στο γεγονός ότι πλέον το Πρωτόκολλο του Κιότο περατώθηκε το 2012 και συνεπώς ήταν αναγκαίο τα συμβαλλόμενα μέρη να συμφωνήσουν ώστε να υιοθετηθεί μια νέα παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα και το περιβάλλον, που θα ίσχυε από τη 2^η δεκαετία του 21^{ου} αιώνα.

Ο σημαντικότερος στόχος της Συμφωνίας του Παρισιού είναι η συλλογική προσπάθεια των κρατών μελών να συγκρατήσουν την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω από του 2° C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έκθεσης της IPCC [Ε24], τα οποία ελήφθησαν υπόψιν και υιοθετήθηκαν κατά τη σύναψη της Συμφωνίας στο άρθρο 2 [Ε25], τα κράτη δεσμεύτηκαν να συνεχίσουν τις προσπάθειές τους ούτως ώστε να περιορίσουν την

αύξηση της θερμοκρασίας της Γης σε 1,5° C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα. Ο μετριασμός της υπερθέρμανσης του πλανήτη θα μειώσει τις επιπτώσεις και τους κινδύνους που ελλοχεύουν για το περιβάλλον και τα ζωντανά όντα. Βέβαια, η εφαρμογή της Συμφωνίας προϋποθέτει η κάθε χώρα να δημιουργήσει το δικό της εθνικό σχέδιο δράσης, κοινοποιώντας τις θέσεις της, για τη μείωση των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα. Αυτό θα επιφέρει μετασχηματισμό σε κοινωνικό, πολιτικό, οικονομικό και τεχνολογικό επίπεδο.

Η παραπάνω εφαρμογή ανάγεται στο γεγονός πως υπάρχει διάκριση μεταξύ των ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών. Οι βιομηχανικές χώρες πρέπει να δείξουν το δρόμο της αλλαγής, δημιουργώντας ένα πλαίσιο συνεργασίας με τις αντίστοιχες αναπτυσσόμενες, παρέχοντάς τους οικονομική και τεχνολογική βοήθεια για να ανταπεξέλθουν στην υλοποίηση των σχεδίων τους για το κλίμα. Μέχρι στιγμής, είναι φανερό πως έχουν γίνει ενέργειες για χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές στην ατμόσφαιρα, στις οποίες θα αξιολογηθεί η πρόοδος τους σε παγκόσμιο επίπεδο, για το εάν είναι αρκετές ή χρειάζεται περαιτέρω ενίσχυση των μέτρων για το περιορισμό της κλιματικής αλλαγής.

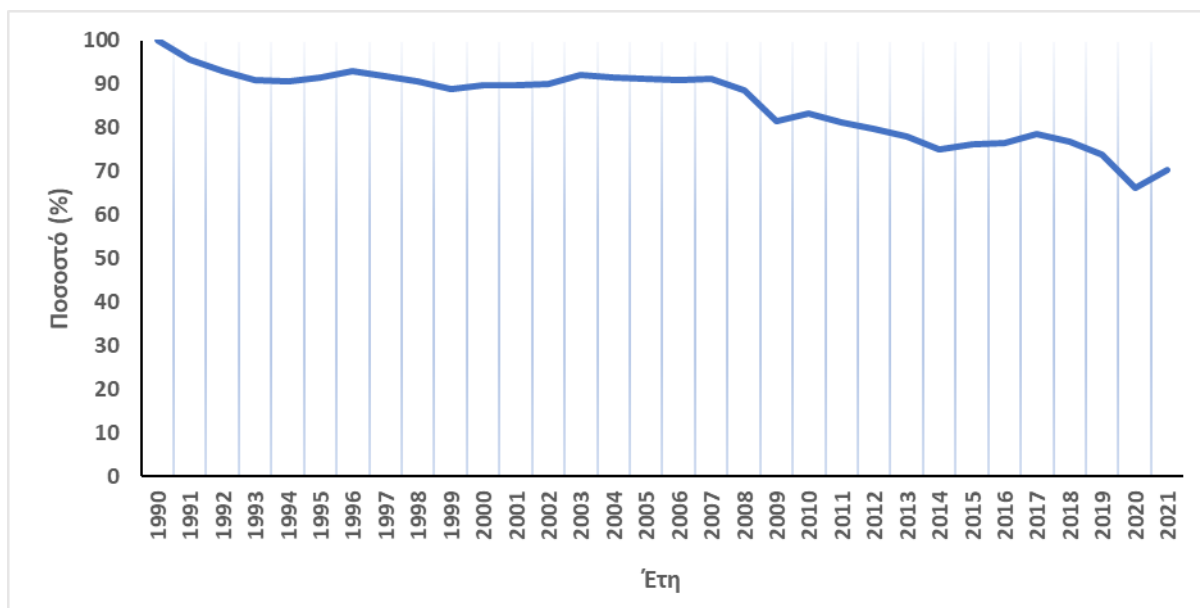
1.2.2 Ευρωπαϊκή Ένωση και περιβάλλον

Η Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί μια από τους θεμέλιους λίθους στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την προστασία του περιβάλλοντος. Η ίδια ως Ένωση αλλά και οι χώρες που την απαρτίζουν έχουν προσυπογράψει το Πρωτόκολλο του Κιότο και τη Συμφωνία του Παρισιού. Στο μεν πρώτο, τα κράτη μέλη της -15 τότε εις τον αριθμό- έθεσαν εθνικούς στόχους με απώτερο σκοπό να μειώσουν τις συνολικές ευρωπαϊκές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά 8%, κατά την πρώτη περίοδο εφαρμογής 2008 – 2012 [E22]. Στη δε δεύτερη, η ΕΕ επικυρώνοντάς την έθεσε και τις βάσεις ώστε να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος έως το 2050.

Παράλληλα με τις προσπάθειες που γίνονταν από την UNFCCC και την UNEP για το κλίμα, η ΕΕ είχε θεσπίσει ένα σύνολο δεσμευτικών στόχων το 2009 ώστε να γίνουν πράξη μέχρι το έτος 2020 [E26]:

- Η μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% συγκριτικά με τα επίπεδα του έτους αναφοράς (1990).
- Η παραγωγή ενέργειας να προέρχεται κατά 20% από ΑΠΕ.
- Η βελτίωση στην ενεργειακή απόδοση κατά 20%.

Για την επίτευξη των δεσμεύσεων κατέστη αναγκαία η βοήθεια του συστήματος εμπορίας εκπομπών, το οποίο κάλυψε περίπου το 40% των συνολικών εκπομπών της ΕΕ, οι επενδύσεις για την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και η χρηματοδότηση για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών με χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές άνθρακα.



Γράφημα 3. Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστό με βάση το έτος αναφοράς (1990) στην ΕΕ (EU-27) [Ε27]

Όπως φαίνεται στο γράφημα 3, ο στόχος της μείωσης των εκπομπών άνθρακα κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 στέφθηκε με απόλυτη επιτυχία. Σύμφωνα με την ΕΕΑ [Ε28], το 2019 οι εκπομπές αερίων είχαν μειωθεί 24% και το 2020 προβλέπονταν ότι το ποσοστό αυτό θα αγγίξει το 30%, γεγονός που επιτεύχθηκε λόγω COVID-19.

Συγχρόνως, ένα άλλο πακέτο νόμων είχε θεσπιστεί για το μεσοπρόθεσμο στόχο του 2030 από την ΕΕ. Αυτό το πακέτο περιλάμβανε [Ε29]:

- Μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πάνω από 40% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.
- Αύξηση της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ τουλάχιστον κατά 32%.
- Αύξηση της ενεργειακής απόδοσης περίπου 12% σε σχέση με το στόχο που τέθηκε το 2020.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, βλέποντας ότι τα μέτρα που πάρθηκαν για μείωση στις εκπομπές άνθρακα βρίσκονταν σε πολύ καλό δρόμο για την επίτευξη του μακροπρόθεσμου στόχου που είχε θέσει, στις 11 Δεκεμβρίου 2019 παρουσίασε την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία [Ε30]. Η τελευταία ήρθε για να αναβαθμίσει ουσιαστικά τους στόχους για το 2030 προτείνοντας:

- Περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 55%.
- Αύξηση στο ενεργειακό μείγμα από ΑΠΕ κατά 40%.
- 36-39% αύξηση στην ενεργειακή απόδοση.

Όλες οι παραπάνω δράσεις στοχεύουν στην επίτευξη του μακροπρόθεσμου στόχου του 2050, ο οποίος είναι ο πλήρης μετασχηματισμός της οικονομίας, της κοινωνίας και του τομέα της ενέργειας με απώτερο σκοπό η Ευρώπη να καταστεί η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος στον πλανήτη.

1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ

1.3.1 Ενεργειακή μετάβαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η ενεργειακή μετάβαση στην ΕΕ αντιπροσωπεύει μια συνολική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο η περιοχή παράγει, καταναλώνει και σκέφτεται για την ενέργεια. Η μετάβαση αυτή οφείλεται σε έναν συνδυασμό περιβαλλοντικών ανησυχιών, τεχνολογικών εξελίξεων, οικονομικών επιταγών και της δέσμευσης της ΕΕ να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Πρόκειται για ένα πολύπλευρο εγχείρημα που περιλαμβάνει διάφορες πτυχές της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της ενεργειακής μετάβασης στην Ευρώπη είναι η ταχεία ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ηλιακή, η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελούν τις κυρίαρχες εναλλακτικές πηγές που έχουν εισχωρήσει στο ενεργειακό μείγμα και το έχουν μεταβάλλει, προσδοκώντας να επιτύχουν τους στόχους για το 2030 και 2050, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα στατιστικά δεδομένα της ευρωπαϊκής στατιστικής υπηρεσίας, η συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ το 2021 αγγίζει το 22% [E31]. Η στροφή αυτή όχι μόνο μειώνει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αλλά και ενισχύει την ενεργειακή ασφάλεια μειώνοντας την εξάρτηση από τις εισαγωγές ορυκτών καυσίμων. Η ΕΕ προσπαθεί να ενισχύσει την ενεργειακή της ασφάλεια με τη διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών και τη μείωση της εξάρτησης από μεμονωμένους προμηθευτές. Αυτό περιλαμβάνει μέτρα όπως η ανάπτυξη υποδομών υδροποιημένου φυσικού αερίου, επενδύσεις στην αποθήκευση ενέργειας και η ενίσχυση των διασυνδέσεων μεταξύ των κρατών μελών για τη διασφάλιση σταθερού ενεργειακού εφοδιασμού. Επιπλέον, ορισμένα κράτη μέλη της Ένωσης εξακολουθούν να βασίζονται στην πυρηνική ενέργεια ως πηγή ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Ωστόσο, ο ρόλος της πυρηνικής ενέργειας ποικίλλει μεταξύ των κρατών μελών και το μέλλον της στην ενεργειακή μετάβαση παραμένει ένα φλέγον θέμα συζητήσεων και πολιτικών αποκλίσεων.

Η ΕΕ έχει δεσμευτεί να μειώσει το ανθρακικό της αποτύπωμα. Η δέσμη μέτρων "Fit for 55" [E32], η οποία αποσκοπεί στην ευθυγράμμιση των πολιτικών της ΕΕ για το κλίμα και την ενέργεια με τους στόχους της για το 2030, περιλαμβάνει μέτρα όπως η

αναθεώρηση του συστήματος εμπορίας εκπομπών και η εφαρμογή ενός μηχανισμού προσαρμογής των συνόρων άνθρακα. Η δέσμη αυτή σκοπεύει να διευκολύνει την ταχεία μετάβαση προς μια οικονομία χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Παράλληλα, η ενεργειακή απόδοση αποτελεί κεντρικό πυλώνα της ενεργειακής μετάβασης στην Ευρώπη. Η ΕΕ έχει εφαρμόσει διάφορες πολιτικές και κανονισμούς για την προώθηση ενεργειακά αποδοτικών πρακτικών στις βιομηχανίες, τις μεταφορές και τα κτίρια. Οι προσπάθειες αυτές αποσκοπούν στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η καινοτομία και η έρευνα διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στην ενεργειακή μετάβαση. Η ΕΕ επενδύει στην έρευνα και την ανάπτυξη για την προώθηση των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας, τη βελτίωση των λύσεων αποθήκευσης ενέργειας και τη βελτιστοποίηση των ενεργειακών συστημάτων. Το Horizon Europe [Ε33, Ε5], το εμβληματικό πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας της ΕΕ, διαθέτει σημαντικά κονδύλια για τη στήριξη αυτών των προσπαθειών. Συγχρόνως, διακρίνονται και οι οικονομικές επιπτώσεις στην προσπάθεια αυτή, αφού μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία νέων πράσινων θέσεων εργασίας και αγορών, καθώς και στη σταδιακή κατάργηση παραδοσιακών ενεργειακών τομέων. Θεσπίζονται μηχανισμοί δίκαιης μετάβασης για να διασφαλιστεί ότι οι κοινότητες και οι εργαζόμενοι που επηρεάζονται από αυτές τις αλλαγές υποστηρίζονται επαρκώς.

Η ενεργειακή μετάβαση στην Ευρώπη αποτελεί μία απαιτητική διαδικασία με πολλές και διάφορες προκλήσεις. Αυτές περιλαμβάνουν την ανάγκη για σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές, τη διαλείπουσα δυναμικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη ρυθμιστική εναρμόνιση μεταξύ των κρατών μελών και τη σταδιακή κατάργηση των υφιστάμενων βιομηχανιών που βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα. Παρ' όλα αυτά, η ΕΕ έχει δεσμευτεί να ξεπεράσει αυτές τις προκλήσεις για να επιτύχει τους ενεργειακούς και κλιματικούς της στόχους. Η ενεργειακή μετάβαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι μια συνεχής και εξελισσόμενη διαδικασία που αντανακλά τη δέσμευση της περιοχής για ένα βιώσιμο μέλλον με χαμηλές εκπομπές άνθρακα.

1.3.2 Ενεργειακή μετάβαση κατά την πανδημία COVID-19

Η ενεργειακή μετάβαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση και η πανδημία COVID-19 είναι δύο σημαντικά και αλληλένδετα θέματα που έχουν διαμορφώσει το ενεργειακό, πολιτικό, κοινωνικό και οικονομικό τοπίο της περιοχής. Ο COVID-19, που σημαίνει "Coronavirus Disease 2019", άρχισε να εμφανίζεται τον Δεκέμβριο του 2019, με τα πρώτα γνωστά κρούσματα να αναφέρονται στη πόλη Wuhan, στην επαρχία Hubei της Κίνας. Το ξέσπασμα του ιού κηρύχθηκε επίσημα από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) ως κατάσταση έκτακτης ανάγκης δημόσιας υγείας διεθνούς ενδιαφέροντος στις 30 Ιανουαρίου 2020 και αργότερα κηρύχθηκε παγκόσμια πανδημία στις 11 Μαρτίου 2020.

Έκτοτε είχε σημαντικό αντίκτυπο στη δημόσια υγεία, τις οικονομίες και την καθημερινή ζωή των ανθρώπων σε όλο τον κόσμο.

Η πανδημία άρχισε να επηρεάζει σημαντικά τον ενεργειακό τομέα σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ στις αρχές του 2020. Ο χρόνος εμφάνισης των επιπτώσεων αυτών διέφερε ανά χώρα και τομέα. Τα λουκέτα και η μειωμένη οικονομική δραστηριότητα οδήγησαν σε μείωση της ζήτησης ενέργειας, ιδίως στον εμπορικό και βιομηχανικό τομέα. Αυτό επηρέασε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων για τις μεταφορές και τις βιομηχανικές διεργασίες. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η παγκόσμια αγορά πετρελαίου γνώρισε σημαντική κατάρρευση των τιμών λόγω της μειωμένης ζήτησης για ορυκτά καύσιμα. Αυτό είχε άμεσες επιπτώσεις για τις χώρες που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από πετρέλαιο και φυσικό αέριο για την παραγωγή ενέργειας. Η μειωμένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό με την αυξημένη παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, επηρέασε το μείγμα παραγωγής. Καθώς μειώθηκε η ζήτηση, ορισμένοι σταθμοί παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα μείωσαν την παραγωγή τους, ενώ οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή τεχνολογία, συνέχισαν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια ως συνήθως. Η ανθεκτικότητα των ΑΠΕ κατά τη διάρκεια της πανδημίας ανέδειξε τη σημασία της ενεργειακής μετάβασης του ηλεκτρικού δικτύου και της διεσπαρμένης παραγωγής.

Ορισμένα κράτη μέλη της ΕΕ προσάρμοσαν τις ενεργειακές τους πολιτικές ως απάντηση στην πανδημία. Αυτό περιλάμβανε αλλαγές στις ενεργειακές επιδοτήσεις, ρυθμιστικές προσαρμογές και υποστήριξη πρωτοβουλιών για καθαρή ενέργεια με σκοπό την τόνωση της οικονομικής ανάκαμψης. Η συγκεκριμένη χρονική στιγμή που έγιναν αισθητές αυτές οι επιπτώσεις διέφερε από χώρα σε χώρα και εξαρτιόταν από τη σοβαρότητα της πανδημίας, την αυστηρότητα των μέτρων αποκλεισμού και το ενεργειακό μείγμα κάθε χώρας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση στο σύνολό της έλαβε διάφορα μέτρα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων του COVID-19 στον ενεργειακό τομέα, όπως η παροχή κατευθυντήριων γραμμών για τη διασφάλιση της συνέχειας του ενεργειακού εφοδιασμού με παράλληλη υποστήριξη της πράσινης μετάβασης. Η πανδημία υπογράμμισε την ανάγκη για αυξημένη ανθεκτικότητα και ευελιξία στον ενεργειακό τομέα και προκάλεσε συζητήσεις σχετικά με την επιτάχυνση της μετάβασης σε καθαρότερες και πιο βιώσιμες πηγές ενέργειας παγκοσμίως.

1.3.3 Ενεργειακή μετάβαση και Ρωσο-Ουκρανικός πόλεμος

Ο Ρωσο-Ουκρανικός πόλεμος αναφέρεται στις συγκρούσεις που ξεκίνησαν μεταξύ της Ρωσίας και της Ουκρανίας τον Φεβρουάριο του 2014 στην περιοχή της Κριμαίας. Μετά την ένταξη της Κριμαίας από τη Ρωσία, ξεκίνησαν εξεγέρσεις στην ανατολική Ουκρανία από πλευράς ομάδων φίλα προσκείμενες στη Ρωσία. Αυτές οι εξεγέρσεις

κατέληξαν σε ένοπλες συγκρούσεις στην ανατολική Ουκρανία, όπου πολλές περιοχές ανακοίνωσαν ανεξαρτησία ή ένωση με τη Ρωσία [E6]. Η ένταση μεταξύ των δύο χωρών κλιμακώθηκε 8 χρόνια αργότερα με στρατιωτικές επιχειρήσεις στα ανατολικά εδάφη της Ουκρανίας. Οι βασικές αιτίες του πολέμου συνδέονται με τις εσωτερικές πολιτικές και εθνικές διαφορές στην Ουκρανία, καθώς και με την επιθυμία της Ρωσίας να διατηρήσει επιρροή στην περιοχή [E7].

Η ενεργειακή μετάβαση και ο Ρωσο-Ουκρανικός πόλεμος συνδέονται με πολλούς τρόπους, καθώς η ενέργεια αποτελεί σημαντικό παράγοντα τόσο στη γεωπολιτική όσο και στην οικονομική δυναμική της περιοχής. Η σύγκρουση μεταξύ των δύο χωρών έχει σημαντικές επιπτώσεις στον τομέα της ενέργειας και στη σχέση μεταξύ Ρωσίας και Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η τελευταία ήταν ιστορικά έντονα εξαρτημένη από τα πλούσια γεωλογικά κοιτάσματα της Ρωσίας για τις ενεργειακές της ανάγκες. Το έτος 2020, περίπου το 57,5% της ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε στην ΕΕ προέρχονταν από πηγές εκτός των κρατών μελών της [E34]. Σύμφωνα με στοιχεία της IEA [E35], η Ρωσία εξήγαγε περίπου 155 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (bcm) φυσικού αερίου και υδροποιημένου φυσικού αερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2021. Αυτή η ποσότητα αντιστοιχούσε σε περίπου το 45% των συνολικών εισαγωγών φυσικού αερίου και κάτι λιγότερο από το 40% της συνολικής κατανάλωσης αερίου στην ΕΕ. Με άλλα λόγια, η Ρωσία, μέσω της κρατικής εταιρείας Gazprom, ήταν ο κύριος προμηθευτής φυσικού αερίου προς τις ευρωπαϊκές χώρες, παρέχοντας στον προμηθευτή σημαντική επιρροή στις σχέσεις της με τα κράτη μέλη της ΕΕ. Η Ουκρανία υπηρετούσε ως ζωτική διαμετακομιστική χώρα για τους ρωσικούς αγωγούς φυσικού αερίου προς την Ευρώπη. Οι διαφορές των δύο χωρών, σχετικά με τις τιμές και τα τέλη διαμετακόμισης, έχουν οδηγήσει σε αρκετές διακοπές στους εφοδιασμούς στο παρελθόν, επηρεάζοντας τόσο την Ουκρανία όσο και ευρωπαϊκές χώρες, έχοντας προκαλέσει ανησυχίες ως προς την ασφάλεια και την αξιοπιστία των διαδρομών μεταφοράς ενέργειας.

1.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΕ

Η ενεργειακή ασφάλεια στην Ευρώπη αποτελεί ένα σημαντικό θέμα που αφορά την εξασφάλιση των πόρων, την παραγωγή ενέργειας, τη μεταφορά, καθώς και την αποθήκευση και διανομή ενέργειας σε επαρκές και βιώσιμο επίπεδο. Η ενεργειακή ασφάλεια, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA), ορίζεται ως η διασφάλιση της συνεχούς διαθεσιμότητας πηγών ενέργειας σε προσιτή τιμή [E36]. Αυτό σημαίνει ότι η ενεργειακή ασφάλεια περιλαμβάνει την εξασφάλιση ότι οι πηγές ενέργειας είναι διαθέσιμες χωρίς διακοπές ή αστάθειες στην προμήθειά τους και σε τιμές που είναι προσιτές για τους καταναλωτές και την οικονομία γενικότερα. Η ενεργειακή ασφάλεια

στην Ευρώπη περιγράφεται διαφορετικά μέσω των πτυχών που αναλύονται παρακάτω:

- Η ενεργειακή πολιτική της ΕΕ προωθεί μια πολυμορφία στις πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών και της ενεργειακής αποδοτικότητας, προκειμένου να μειωθεί η εξάρτηση από συγκεκριμένες χώρες ή προμηθευτές.
- Το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ αποτελεί ένα εργαλείο για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα, προάγοντας τη μετάβαση σε πιο βιώσιμες μορφές παραγωγής ενέργειας.
- Η ενεργειακή αποδοτικότητα και καινοτομία προωθεί την ενεργειακή αποδοτικότητα μέσω κανονιστικών προτύπων και ενθάρρυνσης της έρευνας και της καινοτομίας στον τομέα της ενέργειας.
- Η ανάπτυξη και η συντήρηση αποτελεσματικών ενεργειακών υποδομών και δικτύων για τη διασφάλιση της σταθερότητας και αξιοπιστίας του εφοδιασμού.
- Οι διαπραγματεύσεις με εξωτερικούς προμηθευτές ενέργειας για την ασφαλή πρόσβαση σε πόρους και τη διασφάλιση αδιάλειπτης παροχής ενέργειας.
- Οι πολιτικές για τη διασφάλιση της ανεμπόδιστης και ασφαλούς πρόσβασης στους πόρους ενέργειας, καθώς και για την αντιμετώπιση δυνητικών κρίσεων εφοδιασμού.
- Η εντατικοποίηση προσπαθειών για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενισχύοντας παράλληλα τις δράσεις προσαρμογής στις κλιματικές αλλαγές.

Με στόχο να ετοιμάσει τις χώρες μέλη της Ένωσης για την ευρωπαϊκή ενεργειακή μετάβαση και να αντιμετωπίσει ενδεχόμενες διακοπές στον ενεργειακό εφοδιασμό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε τον Φεβρουάριο του 2016 ένα πακέτο μέτρων για την ενεργειακή ασφάλεια. Η τελευταία αναδεικνύεται ως κεντρικός πυλώνας της στρατηγικής για την Ένωση. Αυτό σημαίνει ότι η ΕΕ επιδιώκει να διασφαλίσει τη σταθερή πρόσβαση σε ενέργεια για τα κράτη μέλη της και να προετοιμαστεί για τις προκλήσεις που προκύπτουν από τη μετάβαση προς μια πιο βιώσιμη και αειφόρο ενεργειακή πολιτική [Ε37].

Με τον νέο κανονισμό για την ασφάλεια του εφοδιασμού με φυσικό αέριο, η Επιτροπή έχει στόχο να ενισχύσει την ανθεκτικότητα της ΕΕ έναντι διακοπών στον εφοδιασμό με φυσικό αέριο. Αναγνωρίζεται η σημασία του φυσικού αερίου στη μετάβαση προς μια οικονομία με χαμηλές εκπομπές άνθρακα και η ανάγκη για ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας σε επίπεδο ΕΕ. Με την πρόταση αυτή, επιδιώκεται η διαμόρφωση μιας

περιφερειακής προσέγγισης αντί της εθνικής προσέγγισης στον τομέα της ασφάλειας του εφοδιασμού. Επιπλέον, εισάγεται η αρχή της αλληλεγγύης μεταξύ των κρατών μελών, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η παροχή βασικών υπηρεσιών σε περιπτώσεις σοβαρών κρίσεων, σε περίπτωση που η προσφορά φυσικού αερίου θα επηρεαζόταν σημαντικά. Με αυτά τα μέτρα, η ΕΕ επιδιώκει να δημιουργήσει ένα πιο ανθεκτικό και ασφαλές ενεργειακό περιβάλλον για τα κράτη μέλη της. Συνεπώς, επιβάλλεται η ΕΕ να διασφαλίσει ότι οι διακυβερνητικές συμφωνίες που υπογράφουν τα κράτη μέλη της σχετικά με την ασφάλεια του φυσικού αερίου είναι πιο διαφανείς και συμμορφώνονται πλήρως με το δίκαιο της Ένωσης. Για να επιτευχθεί αυτό, προτείνεται η εισαγωγή ενός εκ των προτέρων ελέγχου συμβατότητας από την Επιτροπή. Μέσω αυτής της προκαταρκτικής αξιολόγησης, η Επιτροπή θα μπορεί να ελέγχει τη συμμόρφωση με τους κανόνες ανταγωνισμού και τη νομοθεσία για την εσωτερική αγορά ενέργειας πριν από τη διαπραγμάτευση, την υπογραφή και την επίσημη έγκριση των συμφωνιών. Συνεπώς, τα κράτη μέλη θα πρέπει να λαμβάνουν πλήρως υπόψη τη γνώμη και τις συστάσεις της Επιτροπής πριν από την υπογραφή των συμφωνιών.

Επιπροσθέτως, η ΕΕ αντιμετωπίζει σημαντικές περιφερειακές ελλείψεις όσον αφορά την πρόσβαση στο υδροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), παρά την υψηλή της ικανότητα εισαγωγής. Έτσι, η Επιτροπή έχει θέσει σε εφαρμογή μια στρατηγική για την προώθηση του LNG ως εναλλακτική πηγή αερίου. Η κύρια στρατηγική περιλαμβάνει την ανάπτυξη υποδομών για την ολοκλήρωση της εσωτερικής αγοράς ενέργειας και την εύρεση έργων που θα μειώσουν την εξάρτηση ορισμένων κρατών μελών από μια μόνο πηγή εφοδιασμού. Αυτό θα βελτιώσει την ασφάλεια του εφοδιασμού και θα ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της αγοράς φυσικού αερίου στην Ευρώπη. Κατ' ουσία, η στρατηγική αυτή αποσκοπεί στη διασφάλιση μιας πιο ισορροπημένης και βιώσιμης πρόσβασης στο LNG για όλα τα κράτη μέλη.

Τέλος, η Ευρωπαϊκή Ένωση αντιμετωπίζει μείζονα προβλήματα στον τομέα της θέρμανσης και της ψύξης, που καταναλώνουν σημαντικό ποσοστό της ενέργειάς της. Επιπλέον, η πλειοψηφία αυτής της ενέργειας παράγεται από ορυκτά καύσιμα, πράγμα που οδηγεί σε υψηλές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Η προτεινόμενη στρατηγική θέρμανσης και ψύξης εστιάζει στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στα κτίρια και στη βιομηχανία. Επίσης, υπογραμμίζει τη σημασία της αύξησης της ενεργειακής απόδοσης και της χρήσης εναλλακτικών πηγών ενέργειας, οι οποίες θα συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας της ΕΕ και στη μείωση της εξάρτησής της από εξωτερικούς προμηθευτές ενέργειας. Επομένως, η διεξοδική εξέταση και εφαρμογή στρατηγικών σε αυτόν τον τομέα είναι ζωτικής σημασίας για την αειφόρο ενεργειακή πολιτική της ΕΕ.

Με την είσοδο της 2^{ης} δεκαετίας του 21^{ου} αιώνα, η Ευρώπη –όχι όμως μόνο αυτή– βρέθηκε αντιμέτωπη με την εισβολή της Ρωσίας σε Ουκρανικά εδάφη, όπως λέχθηκε σε προηγούμενη ενότητα. Κατά την περίοδο του Ρωσο-ουκρανικού πολέμου, η ενεργειακή ασφάλεια αναδείχθηκε ως ένας σημαντικός παράγοντας που επηρέασε την Ευρώπη. Η

σύγκρουση αυτή είχε διάφορες επιπτώσεις στον ενεργειακό τομέα της περιοχής και επηρέασε την ασφάλεια των ενεργειακών προμηθειών της ΕΕ. Ορισμένες από τις σημαντικές επιπτώσεις περιλαμβάνουν:

- Τον κίνδυνο διακοπής των προμηθειών φυσικού αερίου που διέρχονταν από την Ουκρανία προς την Ευρώπη. Αυτό δημιούργησε ανησυχίες σχετικά με τη σταθερότητα του εφοδιασμού ενέργειας στην ΕΕ.
- Τη διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας και των ενεργειακών διαδρομών, με στόχο τη μείωση της εξάρτησης από τη Ρωσία.
- Την αύξηση των επενδύσεων σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας, όπως οι ανανεώσιμες πηγές και το υδροποιημένο φυσικό αέριο.
- Την ενίσχυση της συνεργασίας σε ενεργειακά θέματα με τρίτες χώρες και διεθνείς ενεργειακούς οργανισμούς, με στόχο τη δημιουργία ενός πιο ασφαλούς και ανθεκτικού ενεργειακού συστήματος.

Η αντίδραση της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην εξελισσόμενη σύγκρουση μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας ήταν άμεση. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ήρθε σε σύγκλιση με σκοπό να εκπονηθεί ένα σχέδιο ενεργειακής ασφάλειας και εφοδιασμού των κρατών μελών της. Το σχέδιο δρομολογήθηκε τον Μάιο του 2022 και ονομάστηκε REPowerEU [Ε38]. Μάλιστα, η υλοποίηση του σχεδίου βασίστηκε στην έκθεση 10 σημείων του ΙΕΑ για την απεξάρτηση της ΕΕ από το ρωσικό φυσικό αέριο, η οποία δημοσιεύτηκε τον Μάρτιο του 2022. Να σημειωθεί πως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πήρε μέρος στην έκθεση του ΙΕΑ [Ε39]. Η παραπάνω έκθεση περιλαμβάνει τα εξής σημεία:

1. Μη σύναψη νέας συμφωνίας με τη Ρωσία για την παροχή φυσικού αερίου στην ΕΕ

Η Ρωσία δεν έχει συνάψει νέες συμφωνίες για την προμήθεια φυσικού αερίου. Ωστόσο, πολλές από τις υφιστάμενες συμφωνίες με την κρατική ρωσική εταιρεία που προμήθευε ετησίως με πάνω από 15 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα και αντιστοιχούσε περίπου στο 12% των εισαγωγών φυσικού αερίου στην ΕΕ έληξε το 2022. Συνολικά, οι συμφωνίες που είχαν υπογραφεί για παροχή φυσικού αερίου που καλύπτει σχεδόν 40 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα ετησίως θα λήξουν μέχρι το έτος 2030. Η κατάσταση αυτή προσφέρει στην ΕΕ μια ξεκάθαρη ευκαιρία στον σύντομο χρονικό ορίζοντα να προχωρήσει σε σημαντικές αλλαγές στην προμήθεια φυσικού αερίου και στις συμβάσεις της προς άλλες πηγές, εκμεταλλευόμενη τις δυνατότητες που προσφέρονται από την εκτεταμένη υποδομή σε υδροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) και αγωγούς.

2. Φυσικό αέριο από άλλες χώρες

Εναλλακτικοί προμηθευτές φυσικού αερίου, όπως η Νορβηγία και το Αζερμπαϊτζάν, έχουν την δυνατότητα να προμηθεύσουν έως 10 bcm ανά έτος την ΕΕ. Οι εισαγωγές LNG από διαφορετικές χώρες μπορούν να φτάσουν τα 20 bcm ετησίως.

3. Εισαγωγή περιορισμένων υποχρεώσεων αποθήκευσης αερίου με σκοπό την ενίσχυση της ανθεκτικότητας της αγοράς

Η αποθήκευση φυσικού αερίου κατέχει κρίσιμο ρόλο στην αντιμετώπιση των εποχικών διακυμάνσεων στη ζήτηση και στην προσφορά αερίου. Αποτελεί ένα είδος ασφάλισης ενάντια σε απρόβλεπτα γεγονότα, όπως ξαφνικές αυξήσεις στη ζήτηση ή ελλείψεις στην προσφορά, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ανεξέλεγκτες αυξήσεις στις τιμές. Ειδικά σε περιόδους γεωπολιτικών αντιξοοτήτων, η αξία της ασφάλειας που παρέχει η αποθήκευση αερίου είναι περισσότερο αναγκαία.

4. Ταχεία ανάπτυξη τεχνολογιών ΑΠΕ

Η αλλαγή στην πολιτική αδειοδότησης και την απλούστευση των διαδικασιών για την αντιμετώπιση των καθυστερήσεων σε φωτοβολταϊκά και αιολικά έργα μεγάλης και μεσαίας κλίμακας, καθώς και προγράμματα επιχορήγησης φωτοβολταϊκών οικιακών συστημάτων θα μπορούσε να οδηγήσει στην παραγωγή 35 TWh επιπλέον της αναμενόμενης παραγωγής από τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Αυτή η αύξηση θα οδηγούσε σε μείωση της χρήσης φυσικού αερίου κατά 6 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα.

5. Παραγωγή από πηγές ενέργειας χαμηλών εκπομπών

Η πυρηνική ενέργεια αποτελεί τον κύριο προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας με χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η καθυστέρηση στην προγραμματισμένη απενεργοποίηση πυρηνικών αντιδραστήρων αλλά και η επιστροφή των υπό συντήρηση αντιδραστήρων σε πλήρη λειτουργία, μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση κατά 1 bcm φυσικού αερίου το μήνα και αύξηση της παραγωγής ενέργειας από πυρηνικούς αντιδραστήρες κατά 20 TWh το 2022. Οι σταθμοί βιοενέργειας έχουν τη δυνατότητα να παράγουν μέχρι και 50 TWh επιπλέον ενέργεια αν δοθούν τα κατάλληλα κίνητρα και διασφαλιστούν βιώσιμοι εφοδιασμοί βιοενέργειας. Συνολικά, η παραγωγή ενέργειας από υφιστάμενες πηγές με χαμηλές εκπομπές θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 70 TWh, παρέχοντας τη δυνατότητα για περισσότερη ενέργεια που μπορεί να διανεμηθεί. Αυτό θα οδηγούσε σε μείωση της χρήσης αερίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά περίπου 13 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα.

6. Προστασία των καταναλωτών από τις υψηλές τιμές στην ηλεκτρική ενέργεια

Εφαρμογή φορολογικών μέτρων για την αντιμετώπιση της κερδοφορίας των εταιρειών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα έσοδα από αυτούς τους φόρους θα πρέπει στη συνέχεια να διανεμηθούν προς τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, προσφέροντάς τους οικονομική ανακούφιση αντισταθμίζοντας κατά κάποιο τρόπο τους αυξημένους λογαριασμούς ενέργειας. Τέτοιου είδους μέτρα εφαρμόστηκαν ήδη σε Ιταλία και Ρουμανία το 2022 και επεκτάθηκαν σιγά σιγά και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

7. Τοποθέτηση αντλιών θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας αποτελούν μια αποτελεσματική και οικονομική λύση για τη θέρμανση των σπιτιών, αντικαθιστώντας τους παραδοσιακούς λέβητες που λειτουργούν με αέριο ή άλλα ορυκτά καύσιμα. Αυτό συνδυάζεται με την αναβάθμιση των υπαρχόντων κατοικιών, αποσκοπώντας σε μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και μείωση του συνολικού κόστους ενέργειας.

8. Ενεργειακή απόδοση σε βιομηχανικές και κτιριακές εγκαταστάσεις

Η αύξηση της ενεργειακής απόδοσης αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την ασφαλή μετάβαση σε καθαρές πηγές ενέργειας. Η ενεργειακή αναβάθμιση σε βιομηχανικές και κτιριακές εγκαταστάσεις ενδέχεται να αυξήσει την εξοικονόμηση φυσικού αερίου για θέρμανση κατά περίπου 2 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα εντός ενός έτους, με αποτέλεσμα τη μείωση των λογαριασμών ενέργειας.

9. Μείωση ορίων θερμοστάτη για θέρμανση κτιρίων

Η ρύθμιση του θερμοστάτη για τη θέρμανση των κτιρίων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση των λογαριασμών ενέργειας, αφού ακόμα και μια μικρή μείωση της θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό μπορεί να έχει μεγάλο αντίκτυπο.

10. Ενίσχυση προσπαθειών για αντικατάσταση ανθρακούχων πηγών ενέργειας

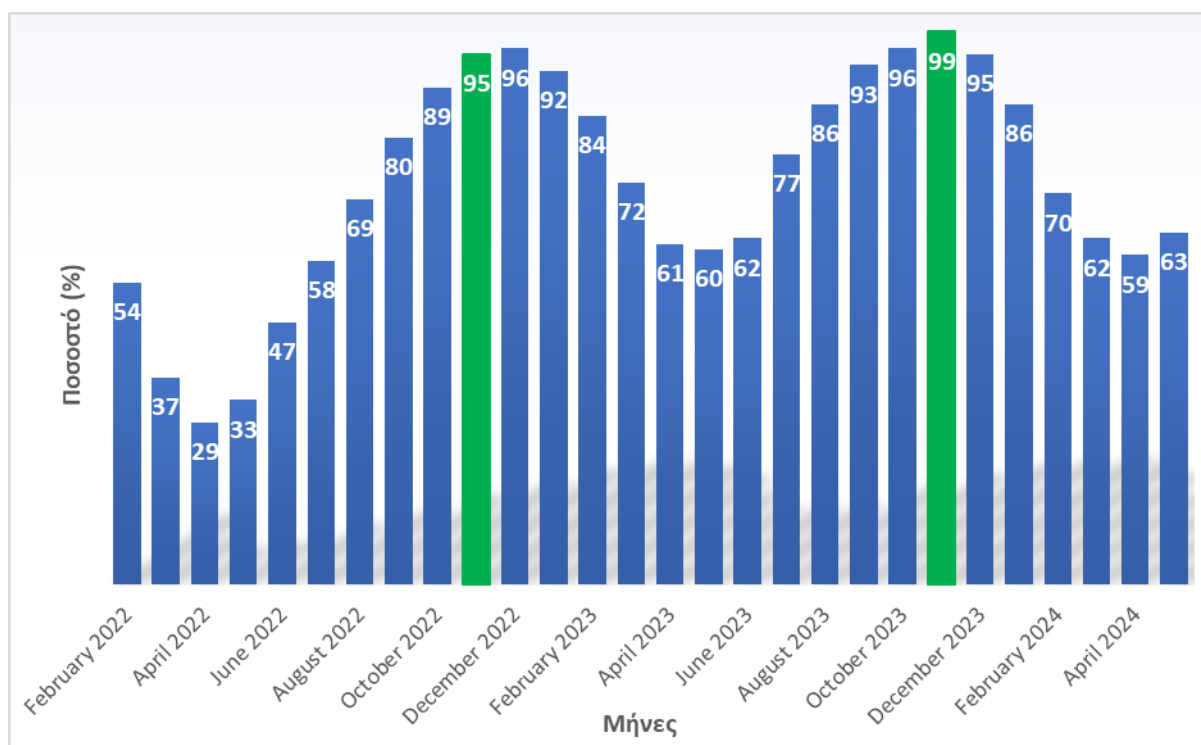
Ένα μεγάλο ζήτημα που αντιμετωπίζει η ΕΕ στο εγγύς μέλλον είναι πως να αυξήσει τη χρήση εναλλακτικών μορφών ευελιξίας στην ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό περιλαμβάνει την προσαρμογή στις εποχιακές ανάγκες και τις μεταβολές στη ζήτηση. Παρόλο που το φυσικό αέριο είναι σήμερα η κύρια πηγή ευελιξίας, η σχέση μεταξύ ασφάλειας φυσικού αερίου και ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να εμβαθύνει, ακόμη και με τη μείωση της συνολικής ζήτησης φυσικού αερίου στην ΕΕ.

Το σχέδιο REPowerEU στηρίζεται σε τέσσερις βασικούς πυλώνες [Ε39]. Πρώτος πυλώνας είναι η εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού μέσω διάφορων εναλλακτικών τρόπων. Εφόσον οι εισαγωγές του φυσικού αερίου από τη Ρωσία μειώθηκαν από 41% που ήταν τον Αύγουστο του 2021 σε 8% ένα χρόνο αργότερα, η έλλειψη αυτής της ενέργειας έπρεπε να διασφαλιστεί από διαφορετικό πάροχο. Έτσι λοιπόν, η ΕΕ άρχισε να συνάπτει συμφωνίες με τρίτες χώρες για εισαγωγές φυσικού αερίου και υγροποιημένου φυσικού αερίου. Στις 15 Ιουνίου 2022 υπογράφηκε μνημόνιο συνεργασίας με την Αίγυπτο και το Ισραήλ για τη μεταφορά LNG στην Ευρώπη, μέσω των υποδομών της Αιγύπτου. Μία εβδομάδα αργότερα, Νορβηγία και ΕΕ επήλθαν σε συμφωνία με στόχο την αύξηση του φυσικού αερίου που εισάγεται από την Σκανδιναβική χώρα, την αντιμετώπιση των υψηλών τιμών ενέργειας και την προώθηση της καθαρής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου του υδρογόνου. Επιπλέον, στις 18 Ιουλίου του ίδιου έτους, η ΕΕ ήρθε σε συμφωνία με το Αζερμπαϊτζάν για την παροχή φυσικού αερίου, που πρόκειται να φτάσει τα 20 bcm ετησίως.

Δεύτερος πυλώνας είναι η εξασφάλιση των προσιτών τιμών στην ενέργεια και η αποθήκευση φυσικού αερίου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, φοβούμενη για την ενεργειακή της επάρκεια μετά την σύγκρουση μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας, πρότεινε ένα πλαίσιο κοινής προμήθειας αερίου με σκοπό να καλυφθούν οι ανάγκες των κρατών μελών και να διασφαλιστεί η πρόσβαση στην ενέργεια με τιμές προσιτές για τους καταναλωτές. Επιπλέον, στις 27 Ιουνίου 2022, θεσπίστηκαν νέοι κανόνες για την αποθήκευση φυσικού αερίου. Ο στόχος περιλάμβανε την αποθήκευση φυσικού αερίου κατά 90% της χωρητικότητας των εγκαταστάσεων πριν από κάθε χειμώνα. Όπως φαίνεται στο γράφημα 4, ο στόχος της ΕΕ για κάλυψη του απαιτούμενου ποσοστού αποθήκευσης φυσικού αερίου πριν την 1^η Νοεμβρίου κάθε έτους επιτεύχθηκε ακόμα και τη χρονιά της Ρωσο-ουκρανικής σύγκρουσης (πράσινη γραμμή στο γράφημα). Αυτό αποτελεί μία πολύ σημαντική επιτυχία για τις χώρες μέλη της ΕΕ, καθώς δείχνει τα αποφασιστικά βήματα συνεργασίας που γίνονται μεταξύ των κρατών και των στόχων που τίθενται σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί τον τρίτο πυλώνα του σχεδίου. Η μείωση της εξάρτησης από την εισαγωγή ορυκτών πόρων από τη γειτονική Ρωσία γίνεται μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας, η οποία αποτελεί τον πιο οικονομικό, ασφαλή και περιβαλλοντικά φιλικό τρόπο προς αυτή την κατεύθυνση. Πολλοί πολίτες, επιχειρήσεις και βιομηχανίες στην Ευρώπη έχουν συνεισφέρει σε αυτόν τον στόχο μέσω της εφαρμογής πρακτικών που βοηθούν στην εξοικονόμηση ενέργειας στις καθημερινές τους δραστηριότητες. Τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης συμφώνησαν να υιοθετήσουν, εθελοντικά, τις προτάσεις που παρουσίασε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τη μείωση της χρήσης φυσικού αερίου στην ΕΕ κατά 15% κατά τους χειμερινούς μήνες 2022-2023. Σύμφωνα με δεδομένα, παρατηρήθηκε μια αισθητή μείωση στη ζήτηση φυσικού αερίου, καθώς το ποσοστό μειώθηκε κατά 18%, υπερβαίνοντας έτσι τον στόχο

που είχε προταθεί από την Επιτροπή. Σε συνέχεια αυτού, με παρότρυνση της Επιτροπής τα κράτη μέλη αποφάσισαν την παράταση του μέτρου αυτού κατά έναν ακόμα χρόνο.



Γράφημα 4. Αποθήκευση φυσικού αερίου στο σύνολο της ΕΕ (EU-27) σε ποσοστό (%) [Ε39]

Τελευταίος πυλώνας του σχεδίου REPowerEU είναι η προώθηση μεγάλων επενδύσεων στην ανάπτυξη ΑΠΕ, επιταχύνοντας τη μετάβαση προς πιο περιβαλλοντικά φιλικές πηγές ενέργειας με λιγότερες εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα. Στις 30 Μαρτίου 2023, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και Κοινοβούλιο κατέληξαν σε προσωρινή συμφωνία για την αναβάθμιση της οδηγίας περί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της ΕΕ. Αυτή η συμφωνία συμβάλλει στην προσέγγιση των στόχων της νομοθεσίας "Fit for 55" και στην επίτευξη της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, καθώς και των στόχων του προγράμματος REPowerEU. Με την εν λόγω συμφωνία, ο υποχρεωτικός στόχος της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέχρι το 2030 ανέρχεται τουλάχιστον στο 42,5%, προσεγγίζοντας το επίπεδο του 45%. Η συμφωνία επιβεβαιώνει την προθυμία της ΕΕ να επιτύχει ενεργειακή ανεξαρτησία μέσω της επείγουσας προώθησης της εγχώριας ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με βασικό στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 55% έως το 2030.

Η ενεργειακή ασφάλεια αποτελεί ένα ουσιαστικό και κρίσιμο ζήτημα για την Ευρώπη και τα κράτη μέλη της. Αποτελεί τη βάση για την οικονομική και κοινωνική ευημερία και την πολιτική σταθερότητα στην ευρύτερη ευρωπαϊκή ήπειρο. Η εξασφάλιση σταθερού, αξιόπιστου και προσιτού εφοδιασμού ενέργειας είναι ουσιώδους σημασίας για την κάλυψη των αναγκών των πολιτών, των επιχειρήσεων και των βιομηχανιών, καθώς και για τη διασφάλιση της λειτουργίας των οικονομιών. Η ενεργειακή ασφάλεια επηρεάζει

επίσης την πολιτική ανεξαρτησία και τη διεθνή ισχύ της ΕΕ, καθώς η εξάρτηση από εξωτερικούς προμηθευτές ενέργειας μπορεί να υπονομεύσει την αυτονομία και την αυτάρκειά της. Επιπλέον, η ενεργειακή ασφάλεια παίζει σημαντικό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς η μετάβαση σε καθαρές και βιώσιμες πηγές ενέργειας συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Τέλος, η ενεργειακή ασφάλεια αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την ευημερία της ΕΕ. Η διαμόρφωση και η υλοποίηση στρατηγικών για την ενεργειακή ασφάλεια είναι αναγκαίες προκειμένου να διασφαλιστεί η διαρκής προστασία των ενεργειακών πόρων και η ανταγωνιστικότητα της Ευρώπης στον παγκόσμιο ενεργειακό χώρο.

1.5 ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗ

Η ηλεκτροκίνηση, η οποία περιλαμβάνει τα ηλεκτρικά οχήματα (EVs) και τις υποστηρικτικές υποδομές, διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην ενεργειακή μετάβαση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αποτελεί σημαντικό θέμα στις προσπάθειες της ΕΕ να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, να ενισχύσει την ενεργειακή ασφάλεια και να προωθήσει έναν πιο βιώσιμο τομέα μεταφορών. Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, η ΕΕ στοχεύει στη μείωση των εκπομπών CO₂ από τον ρυπογόνο τομέα των μεταφορών, ειδικότερα των οδικών μεταφορών και στην επίτευξη μεριδίου αγοράς τουλάχιστον 30 εκατομμυρίων οχημάτων μηδενικών εκπομπών έως το 2030 [Ε40]. Συγκεκριμένα, η δέσμη μέτρων "Fit for 55" [Ε32] αναφέρει τις προβλεπόμενες μειώσεις των εκπομπών άνθρακα για τα αυτοκίνητα που πρόκειται να παραχθούν από το 2021 κι έπειτα, καθώς επίσης και τα οφέλη για τους πολίτες-καταναλωτές και τις αυτοκινητοβιομηχανίες.

Η ΕΕ έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για την υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Έχει θεσπίσει αυστηρά πρότυπα εκπομπών για τα νέα οχήματα, ενθαρρύνοντας τις αυτοκινητοβιομηχανίες να παράγουν περισσότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και οχήματα χαμηλών εκπομπών. Αυτή η ρυθμιστική προσέγγιση οδηγεί την καινοτομία στην αυτοκινητοβιομηχανία, προωθώντας την ανάπτυξη καθαρότερων και αποδοτικότερων οχημάτων. Τα ηλεκτρικά οχήματα παράγουν μηδενικές εκπομπές καυσαερίων, μειώνοντας σημαντικά την τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση και τα επίπεδα θορύβου στις αστικές περιοχές. Η ηλεκτροκίνηση θεωρείται λύση για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και της δημόσιας υγείας, ιδίως στις πυκνοκατοικημένες ευρωπαϊκές πόλεις.

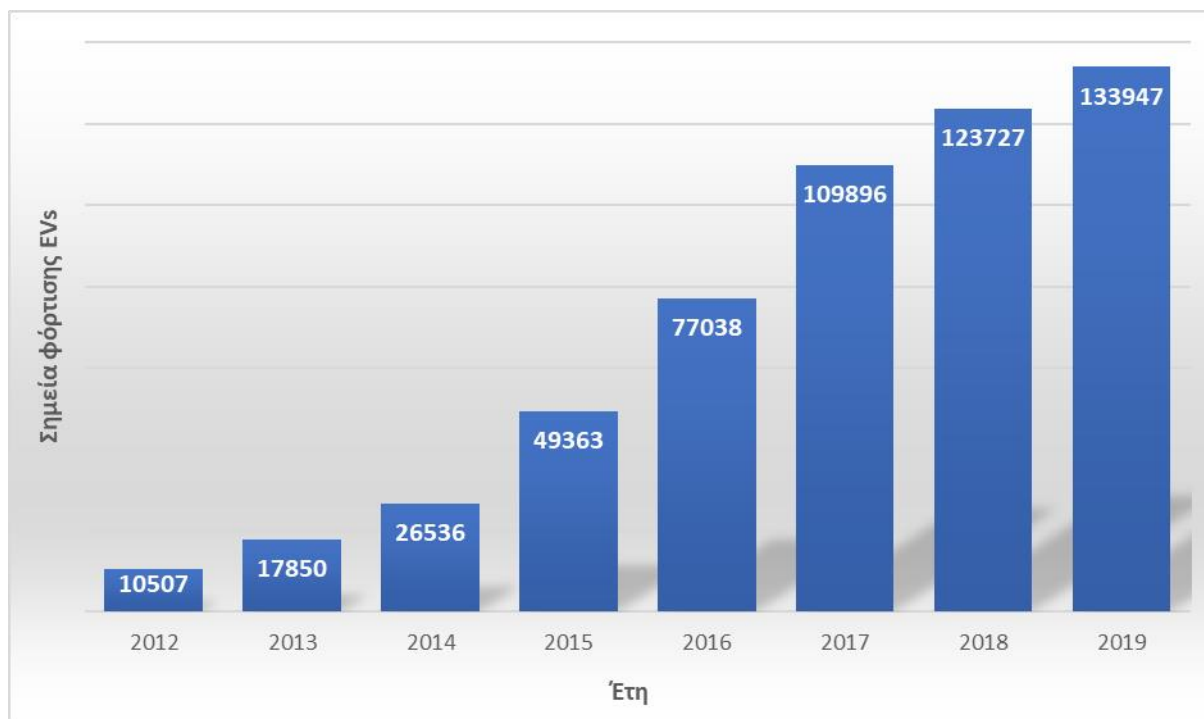
Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλεκτρικών οχημάτων, καθένας με διαφορετικές πηγές ενέργειας και χαρακτηριστικά. Ακολουθούν οι κυριότεροι τύποι ηλεκτρικών οχημάτων [Ε41]:

- Ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία (BEV): τα BEV είναι πλήρως ηλεκτρικά οχήματα που λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρική ενέργεια αποθηκευμένη σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Διαθέτουν έναν ηλεκτροκινητήρα για την πρόωση και δεν έχουν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τα BEV παράγουν μηδενικές εκπομπές καυσαερίων και θεωρούνται τα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από όλους τους τύπους ηλεκτρικών οχημάτων.
- Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα με σύνδεση φόρτισης (PHEV): Τα PHEV συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης -συνήθως βενζίνης- με έναν ηλεκτροκινητήρα και μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία. Μπορούν να φορτιστούν από μια εξωτερική πηγή ενέργειας, όπως μια πρίζα, και μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν βενζίνη για μεγαλύτερη εμβέλεια όταν η μπαταρία εξαντληθεί. Τα PHEV παρέχουν ευελιξία για μεγαλύτερα ταξίδια, καθώς βασίζονται τόσο στον ηλεκτρισμό όσο και στη βενζίνη.
- Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV): Τα HEV διαθέτουν κινητήρα εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρα, αλλά δεν μπορούν να φορτιστούν εξωτερικά όπως τα PHEV και τα BEV. Χρησιμοποιούν την αναγεννητική πέδηση για την επαναφόρτιση της μπαταρίας και την υποβοήθηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης κατά την επιτάχυνση. Τα HEV δεν λειτουργούν μόνο με ηλεκτρική ενέργεια για μεγάλα χρονικά διαστήματα.
- Ηλεκτρικά οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας (EREV): Τα EREV είναι μια παραλλαγή των PHEV και συνδυάζουν έναν βενζινοκινητήρα με έναν ηλεκτροκινητήρα και μια μεγαλύτερη μπαταρία από τα τυπικά PHEV. Μπορούν να λειτουργούν μόνο με ηλεκτρική ενέργεια για μεγαλύτερες αποστάσεις πριν χρειαστεί ο βενζινοκινητήρας.
- Ηλεκτρικά οχήματα με κυψέλες καυσίμου (FCEV): Τα FCEV χρησιμοποιούν αέριο υδρογόνο ως πηγή καυσίμου, το οποίο μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω μιας κυψέλης καυσίμου για την τροφοδοσία ενός ηλεκτροκινητήρα. Παράγουν μηδενικές εκπομπές καυσαερίων και το μόνο παραπροϊόν τους είναι οι υδρατμοί. Τα FCEV εξακολουθούν να είναι σχετικά σπάνια λόγω της περιορισμένης υποδομής ανεφοδιασμού με υδρογόνο.
- Μικρο-ηλεκτρικά οχήματα (Micro-EVs): Τα Micro-EVs είναι μικρά, συχνά μονοθέσια ηλεκτρικά οχήματα σχεδιασμένα για σύντομες αστικές μετακινήσεις. Είναι συνήθως συμπαγή, ελαφριά και έχουν περιορισμένη εμβέλεια. Τα οχήματα αυτά είναι κατάλληλα για πολυσύχναστα αστικά περιβάλλοντα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λύσεις μεταφοράς του τελευταίου χιλιομέτρου.

Κάθε τύπος EV εξυπηρετεί διαφορετικούς σκοπούς και ανταποκρίνεται σε ποικίλες ανάγκες των καταναλωτών, από αμιγώς ηλεκτρικές επιλογές μηδενικών εκπομπών έως υβριδικά οχήματα και οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας που προσφέρουν συνδυασμό

ηλεκτροκίνησης και βενζινοκίνησης. Η επιλογή του EV εξαρτάται από παράγοντες όπως οι συνήθειες οδήγησης, οι απαιτήσεις εμβέλειας και η πρόσβαση σε υποδομές φόρτισης.

Η ΕΕ επενδύει σημαντικά στην επέκταση των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Αναπτύσσει ένα ολοκληρωμένο δίκτυο σταθμών φόρτισης για να καταστήσει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πιο προσιτά και βολικά. Οι σταθμοί φόρτισης τοποθετούνται σε αστικές περιοχές, αυτοκινητόδρομους και κατά μήκος σημαντικών διαδρομών μεταφοράς, υποδηλώνοντας την έντονη ανάπτυξη των υποδομών επαναφόρτισης των ηλεκτροκινήτων.



Γράφημα 5. Συνολικός αριθμός σημείων επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων με τεχνολογία AC και DC στην ΕΕ (EU-27), 2012 – 2019, με βάση την παλαιά μεθοδολογία καταμέτρησης AFIR [Ξ42]

Η προώθηση της αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων πραγματοποιείται με την προσφορά κινήτρων και κρατικών επιδοτήσεων. Τα κίνητρα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν φορολογικές ελαφρύνσεις, κίνητρα αγοράς και μειωμένα τέλη ταξινόμησης. Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στο να καταστήσουν τα ηλεκτροκίνητα οχήματα πιο ανταγωνιστικά ως προς το κόστος σε σύγκριση με τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Η ηλεκτροκίνηση αποτελεί βασική συνιστώσα της στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επίτευξη ενός βιώσιμου, χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και φιλικού προς το περιβάλλον συστήματος μεταφορών. Αντιμετωπίζει τις περιβαλλοντικές, οικονομικές και ενεργειακές προκλήσεις, ενώ παράλληλα προωθεί την

τεχνολογική καινοτομία και τη δημιουργία θέσεων εργασίας. Η μεγάλη έμφαση που δίνει η ΕΕ στην ηλεκτροκίνηση υπογραμμίζει τη δέσμευσή της για ένα πιο πράσινο και βιώσιμο μέλλον για τις μεταφορές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη διπλωματική εργασία παρασχέθηκαν από αξιόπιστους φορείς και οργανισμούς όπως η Eurostat, ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA) και ο Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος (ΕΕΑ). Αυτά τα σύνολα δεδομένων καλύπτουν πληροφορίες έως το 2021 ή το 2022, λαμβάνοντας υπόψη την περίοδο που απαιτείται για τη συλλογή, επεξεργασία, επαλήθευση, επικύρωση και δημοσίευσή τους. Επιπλέον, οι πιο πρόσφατες πληροφορίες από το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Εναλλακτικών Καυσίμων (ΕΑΦΟ) είναι προσβάσιμες έως το 2023, διευκολύνοντας την παρακολούθηση των πιο πρόσφατων εξελίξεων στους τομείς των μεταφορών και οδικών υποδομών στην Ευρώπη. Με τη χρήση αυτών των συνόλων δεδομένων, η έρευνα και τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής βασίζονται σε ενημερωμένες, ακριβείς και αξιόπιστες πληροφορίες.

2.1.1 Στατιστικά δεδομένα ηλεκτρικών οχημάτων

Η κινητικότητα και οι μεταφορές αποτελούν βασικό στοιχείο για την καθημερινή ζωή των ανθρώπων στην Ευρώπη και για την οικονομία της ΕΕ συνολικά. Η ελεύθερη κυκλοφορία ανθρώπων και εμπορευμάτων εντός της ΕΕ είναι θεμελιώδης αρχή και συμβάλλει στην βελτίωση της συνεκτικότητας της αγοράς. Η κινητικότητα φέρνει πολλά θετικά για τους ανθρώπους και τις επιχειρήσεις, αλλά ταυτόχρονα επηρεάζει αρνητικά το περιβάλλον. Καθώς οι μετακινήσεις αυξάνονται, αυξάνονται επίσης οι εκπομπές αερίων που επιδρούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς και η ατμοσφαιρική ρύπανση που επηρεάζει αρνητικά την υγεία και την ευημερία των ανθρώπων.

Το Δεκέμβριο του 2019, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε μία πρόταση που αφορά την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία [Ε30]. Αυτή η πρωτοβουλία καλεί για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα μεταφορικά μέσα κατά 90%. Ο στόχος είναι να επιδιωχθεί η μηδενική ρύπανση και να γίνει η Ευρωπαϊκή Ένωση κλιματικά ουδέτερη έως το 2050. Ακόμη, τον Σεπτέμβριο του 2020, η Επιτροπή υιοθέτησε την πρότασή της

για έναν ευρωπαϊκό νόμο που αφορά το κλίμα. Η πρόταση αυτή έχει ως στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, με την Ευρώπη να κινείται προς την κατεύθυνση του μακροπρόθεσμου στόχου της κλιματικής ουδετερότητας. Τον Απρίλιο του 2021, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και Κοινοβούλιο επέτυχαν προσωρινή συμφωνία σε θέματα πολιτικής για τον ευρωπαϊκό νόμο σχετικά με το κλίμα, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για κατάλληλη ανάπτυξη υποδομών που υποστηρίζουν εναλλακτικά καύσιμα, με στόχο την προώθηση μιας μετάβασης προς ένα στόλο οχημάτων με ελάχιστες εκπομπές έως το 2050.

Ο τομέας των μεταφορών εξακολουθεί να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα παραδοσιακά καύσιμα. Η προώθηση των οχημάτων με μηδενικές ή χαμηλές εκπομπές και της χρήσης καυσίμων με χαμηλές εκπομπές ανθρακικού διοξειδίου αποτελεί κύριο στόχο στην προσπάθεια προώθησης πιο βιώσιμων μεθόδων μεταφοράς. Η επέκταση και η χρήση των ανανεώσιμων καυσίμων και των καυσίμων με χαμηλές εκπομπές άνθρακα πρέπει να προστατεύεται με την ανάπτυξη ενός ευρύτερου δικτύου υποδομών φόρτισης και ανεφοδιασμού. Αυτό θα διευκολύνει την ευρεία χρήση αυτών των οχημάτων με μικρές ή μηδενικές εκπομπές, προωθώντας παράλληλα την περαιτέρω αειφόρο εξέλιξη των μεταφορών.

Το 2021, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο συντάσσει μία νέα πρόταση, όπου προτείνεται η δημιουργία ενός νέου κανονισμού (COM/2021/559) που θα προωθήσει την ανάπτυξη υποδομών για εναλλακτικά καύσιμα. Αυτός ο νέος κανονισμός θα αντικαταστήσει την υπάρχουσα οδηγία 2014/94/ΕΕ που αφορά την ίδια θεματική [Ε43]. Η υφιστάμενη οδηγία για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων διακρίνει έξι είδη εναλλακτικών καυσίμων, τα οποία ομαδοποιούνται σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2. Κατηγορίες και τύποι εναλλακτικών καυσίμων, κατηγοριοποίηση AFIR (COM(2021) 559) [Ε44]

Κατηγορίες καυσίμων	Τύποι Εναλλακτικών Καυσίμων (AF)
Εναλλακτικά μεταβατικά ορυκτά καύσιμα	<ul style="list-style-type: none"> • συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) • υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) • υγραέριο (LPG) • συνθετικά και παραφινικά καύσιμα
Εναλλακτικά καύσιμα για οχήματα μηδενικών εκπομπών	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλεκτρισμός • Υδρογόνο • Αμμωνία
Ανανεώσιμα καύσιμα	<ul style="list-style-type: none"> • αέρια και στερεά καύσιμα που

παράγονται από βιομάζα (καύσιμα βιομάζας)

- υγρό καύσιμο που παράγεται από βιομάζα (βιοκαύσιμα)
-

Η ευρωπαϊκή στρατηγική για τα εναλλακτικά καύσιμα έχει θέσει την ηλεκτρική ενέργεια στο επίκεντρο των προσπαθειών για αειφόρο και καθαρή κινητικότητα. Με την αύξηση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα να αντιμετωπίζει προκλήσεις, όπως η αύξηση των τιμών και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος, η μετάβαση προς την ηλεκτροκίνηση αναδεικνύεται ως μια πρωταρχική επιλογή. Ο προτεινόμενος κανονισμός δίνει έμφαση στην ηλεκτροκίνηση, η οποία αποτελεί έναν κρίσιμο πυλώνα στην προσπάθειά της για φιλική και αποδοτική κινητικότητα. Ο τομέας της ηλεκτροκίνησης παίζει ουσιαστικό ρόλο στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς και στη μετάβαση προς μια πιο βιώσιμη μορφή μεταφορών.

Το τοπίο των οδικών μεταφορών βρίσκεται σε μια φάση αλλαγής τα τελευταία χρόνια. Τα συμβατικά επιβατικά αυτοκίνητα που λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα υποχωρούν στην αγορά, ενώ αντικαθίστανται από οχήματα που χρησιμοποιούν πλέον ηλεκτρική ενέργεια ως καύσιμο. Τα επίσημα δεδομένα από το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Εναλλακτικών Καυσίμων (EAFO) που θα αναλυθούν στην έρευνα και παρουσιάζονται στον πίνακα 3, αναδεικνύουν πόσα ηλεκτρικά οχήματα BEV και PHEV έχουν διεισδύσει στο σύνολό τους κατά τα έτη 2008-2023 στην ΕΕ [Ε45].

Πίνακας 3. Συνολικός αριθμός επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων στην ΕΕ (EU-27), 2008-2023 [Ε45]

Έτη	BEV	PHEV
2008	4.155	-
2009	4.841	-
2010	5.785	-
2011	13.395	163
2012	23.644	3.712
2013	44.260	32.474
2014	71.105	56.745
2015	112.046	125.770
2016	163.318	189.153
2017	248.407	254.473

2018	381.519	349.469
2019	628.244	481.378
2020	1.142.144	964.805
2021	2.049.970	1.854.503
2022	3.080.913	2.745.961
2023	4.386.942	3.466.136

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί πως το Ευρωπαϊκό Παρατηρητήριο Εναλλακτικών Καυσίμων, το οποίο συστάθηκε το 2015 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, προσφέρει δωρεάν πληροφορίες για οχήματα και υποδομές που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα σε διάφορες περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των χωρών-μελών της Ευρωπαϊκής Ζώνης Ελευθέρων Συναλλαγών (Ισλανδία, Λιχτενστάιν, Νορβηγία, Ελβετία), των μελών του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (Ισλανδία, Λιχτενστάιν, Νορβηγία), καθώς και του Ηνωμένου Βασιλείου, της Βόρειας Ιρλανδίας και της Τουρκίας [E46].

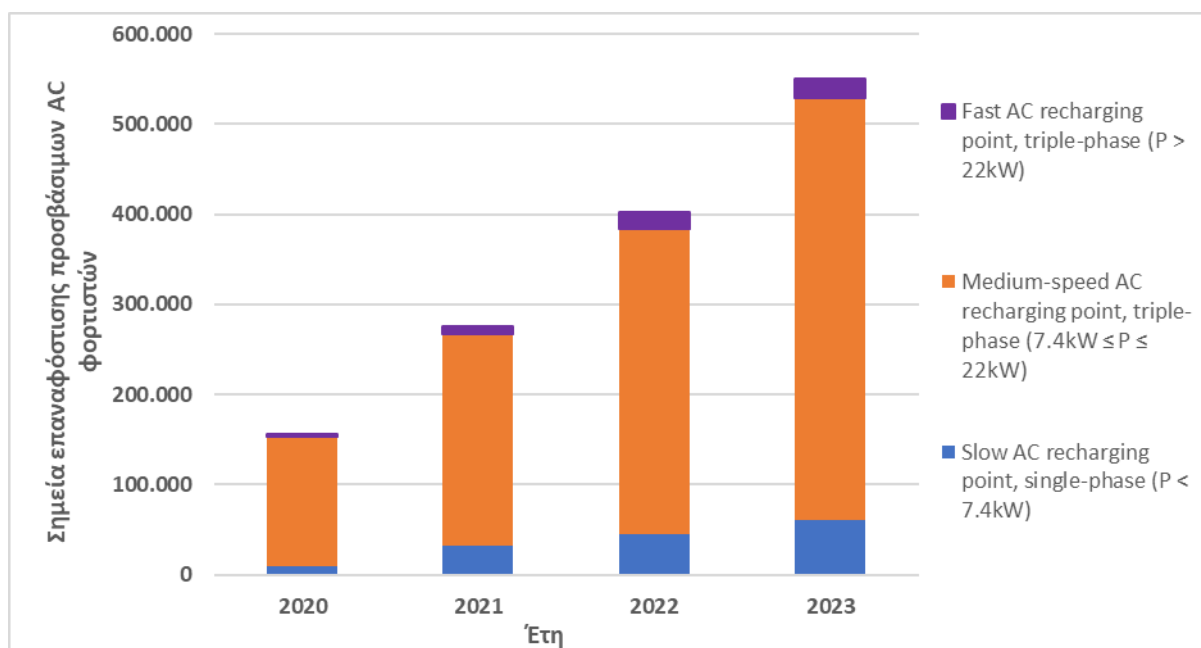
Ο παραπάνω πίνακας παρουσιάζει τη συνεχή διείσδυση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων (BEV) και υβριδικών αυτοκινήτων που λειτουργούν με μερική φόρτιση (PHEV) κατά τη διάρκεια των ετών. Με την πάροδο του χρόνου, παρατηρείται συνεχής αύξηση των πωλήσεων και των δύο τύπων οχημάτων. Η αύξηση αυτή μπορεί να υποδεικνύει την αυξανόμενη δημοτικότητα και αποδοχή των ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων στην κοινωνία. Μάλιστα, η χρήση τέτοιων οχημάτων έχει αυξηθεί σημαντικά, με ορισμένες χώρες να ξεχωρίζουν, όπως η Γερμανία, η Γαλλία, η Σουηδία και η Ολλανδία. Αυτό οφείλεται σε διάφορους λόγους, όπως οι πρωτοβουλίες που αναλαμβάνουν οι ευρωπαϊκές χώρες για τη δημιουργία υποδομών φιλικών προς τα ηλεκτρικά οχήματα και η ενημέρωση του κοινού σχετικά με τα οφέλη της ηλεκτρικής κινητικότητας. Ως αποτέλεσμα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναδειχθεί ως ηγετική δύναμη στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, συναγωνιζόμενη τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Κίνα.

2.1.2 Στατιστικά δεδομένα σημείων επαναφόρτισης και φορτιστών

Οι υποδομές της ηλεκτροκίνησης αποτελούν ένα ζωτικό στοιχείο στην προώθηση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων και την επιτάχυνση της μετάβασης προς μια πιο βιώσιμη κινητικότητα. Αυτές οι υποδομές περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα σημείων φόρτισης, τα οποία βρίσκονται τόσο σε δημόσιους όσο και σε ιδιωτικούς χώρους, με σκοπό να καλύψουν τις ανάγκες των ηλεκτρικών οχημάτων κατά τη διάρκεια των διαδρομών τους. Τα δίκτυα φόρτισης περιλαμβάνουν σημεία φόρτισης σε πάρκινγκ, πρατήρια

υγρών καυσίμων και οικιακούς φορτιστές, καθώς και άλλες δημόσιες τοποθεσίες. Αυτά τα σημεία φόρτισης παρέχουν διάφορους τύπους και ταχύτητες φόρτισης, προσφέροντας επιλογές που προσαρμόζονται στις ανάγκες και τις προτιμήσεις των χρηστών.

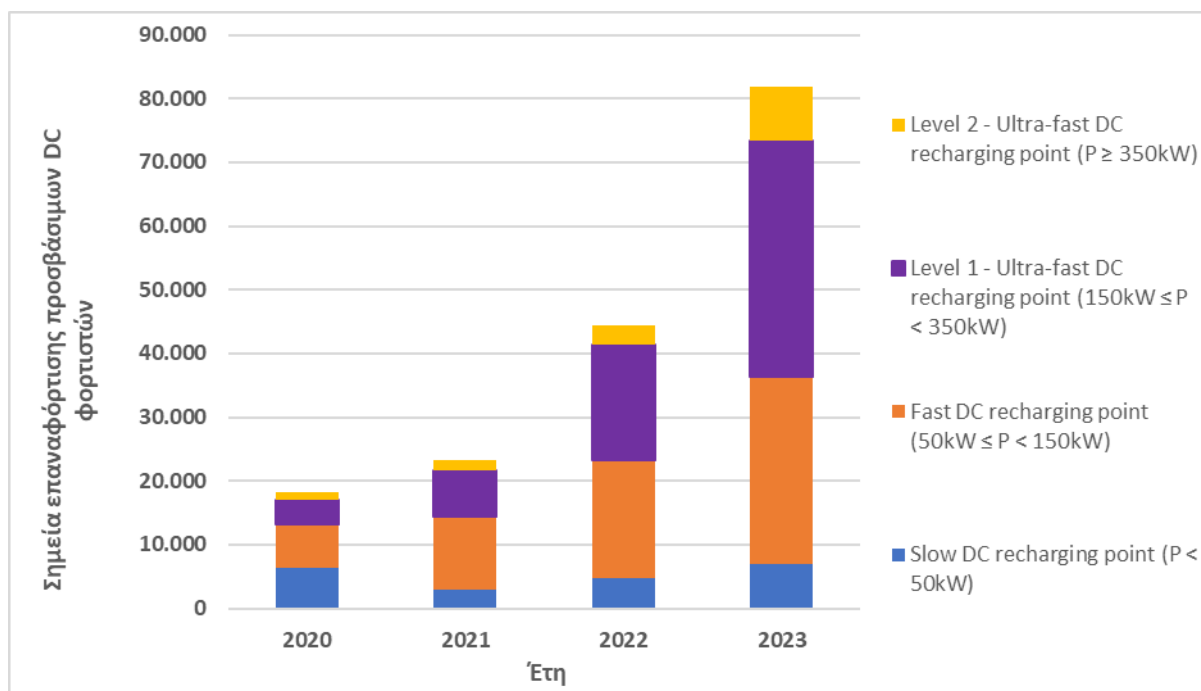
Οι φορτιστές AC (Εναλλασσόμενου Ρεύματος) και DC (Συνεχούς Ρεύματος) αποτελούν τις δύο κύριες κατηγορίες φορτιστών που χρησιμοποιούνται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Κάθε κατηγορία έχει τα δικά της χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα, καθώς και κατάλληλες εφαρμογές. Οι φορτιστές AC χρησιμοποιούνται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων από κοινές οικιακές πρίζες ή δημόσια σημεία φόρτισης. Προσφέρουν συνήθως χαμηλότερες ταχύτητες φόρτισης σε σύγκριση με τους φορτιστές DC, αλλά είναι πιο κοινοί και ευρέως διαθέσιμοι. Η χρήση τους είναι κυρίως κατάλληλη για φόρτιση κατά τη διάρκεια της νυχτερινής ανάπαυσης ή σε περιπτώσεις όπου ο χρόνος φόρτισης δεν είναι κρίσιμος. Αντίθετα, οι φορτιστές DC παρέχουν υψηλότερες ταχύτητες φόρτισης και είναι κυρίως παροχής ενέργειας από ειδικά σχεδιασμένους σταθμούς, όπως οι σταθμοί γρήγορης φόρτισης. Αυτοί οι φορτιστές είναι κατάλληλοι για καθημερινές χρήσεις και για καταστάσεις όπου οι χρήστες χρειάζονται γρήγορη επαναφόρτιση της μπαταρίας του οχήματός τους, όπως σε μακρινά ταξίδια ή κατά τη διάρκεια της εργάσιμης ημέρας.



Γράφημα 6. Συνολικός αριθμός σημείων επαναφόρτισης AC προσβάσιμων από το κοινό στην ΕΕ (EU-27), σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση AFIR [Ξ42]

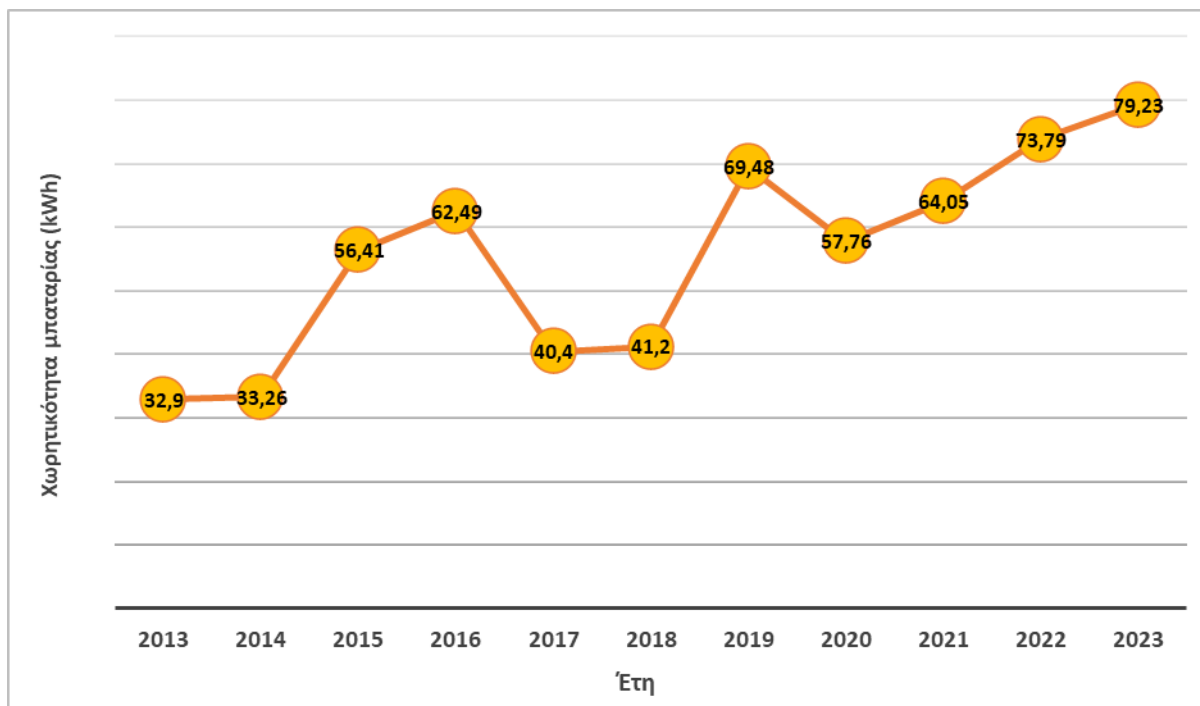
Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΑΦΟ [Ξ47], η μέση ταχύτητα επαναφόρτισης για τα διαθέσιμα ηλεκτρικά οχήματα (BEV) σε AC και DC φορτιστές παρατηρείται να έχει διαφοροποιηθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια των ετών. Αρχικά, η ταχύτητα

επαναφόρτισης AC κυμαίνονταν σε χαμηλά επίπεδα, με μέση ταχύτητα γύρω στα 17,5 km/h το 2011, ενώ η ταχύτητα επαναφόρτισης DC ήταν σημαντικά υψηλότερη, περίπου 175 km/h το ίδιο έτος. Στη συνέχεια, κατά τα έτη 2013 και 2015, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στη μέση ταχύτητα επαναφόρτισης και για τους δύο τύπους φορτιστών, ενώ το 2014 είχε μια μικρή μείωση σε σχέση με τα προηγούμενα έτη. Κατόπιν, κατά τα έτη 2016 και 2017, παρατηρήθηκε μια σταθεροποίηση στη μέση ταχύτητα επαναφόρτισης, με μικρές διακυμάνσεις. Ωστόσο, από το 2018 και μετά, παρατηρείται σημαντική αύξηση στη μέση ταχύτητα επαναφόρτισης και για τους δύο τύπους φορτιστών. Συγκεκριμένα, η μέση ταχύτητα επαναφόρτισης AC αυξήθηκε από περίπου 48,7 km/h το 2018 σε περίπου 70,3 km/h το 2023, ενώ η μέση ταχύτητα επαναφόρτισης DC αυξήθηκε από περίπου 267,7 km/h το 2018 σε περίπου 649,2 km/h το 2023.



Γράφημα 7. Συνολικός αριθμός σημείων επαναφόρτισης DC προσβάσιμων από το κοινό στην ΕΕ (EU-27), σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση AFIR [Ξ42]

Η αύξηση της χωρητικότητας της μπαταρίας για τα ηλεκτρικά οχήματα είναι εμφανής στα δεδομένα που παρέχονται από την EAFO για τα έτη 2013 έως 2023. Από την αρχή της περιόδου το 2013, όπου η μέση χωρητικότητα μιας μπαταρίας ενός ηλεκτροκινήτου ήταν περίπου 32,9 kWh, παρατηρείται μια σταθερή αύξηση της χωρητικότητας κάθε χρόνο, με μικρές διακυμάνσεις. Το 2015, υπάρχει μια αξιοσημείωτη αύξηση από περίπου 33,26 kWh σε 56,41 kWh, η οποία συνεχίζεται σταθερά μέχρι το 2023, όπου η μέση χωρητικότητα φτάνει στα 79,23 kWh. Εξάιρεση αποτελεί το χρονικό διάστημα 2017 – 2018, όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα.



Γράφημα 8. Μέση χωρητικότητα μπαταρίας (kWh) των διαθέσιμων μοντέλων BEV ανά έτος [Ξ47]

Η αύξηση της χωρητικότητας της μπαταρίας είναι σημαντική καθώς επιτρέπει μεγαλύτερη αυτονομία στα ηλεκτρικά οχήματα και μειώνει τις ανησυχίες σχετικά με την απόσταση που μπορούν να διανύσουν, πριν χρειαστεί να επαναφορτίσουν τις μπαταρίες τους. Συνεπώς, οι αυξημένες ταχύτητες επαναφόρτισης και η αυξημένη χωρητικότητα της μπαταρίας συμβάλλουν στην καλύτερη απόδοση και τη μεγαλύτερη ευελιξία των ηλεκτρικών οχημάτων, καθιστώντας τα πιο ελκυστικά για τους καταναλωτές και προάγοντας την υιοθέτησή τους από το κοινό.

2.1.3 Στατιστικά δεδομένα εκπομπών CO₂ οχημάτων

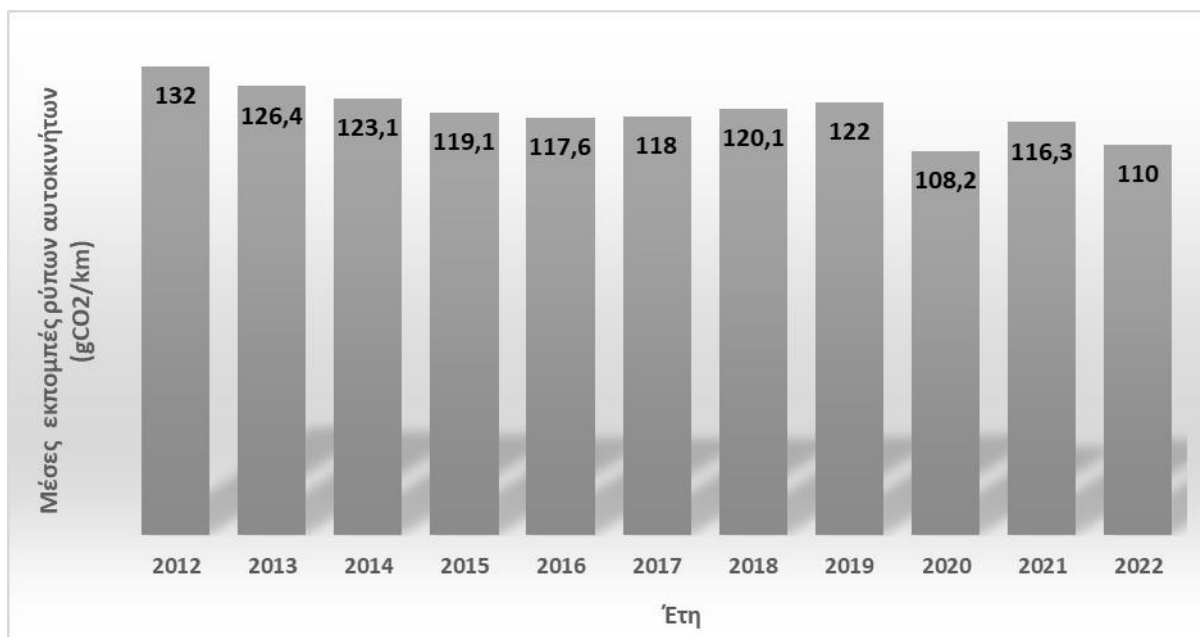
Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από τα αυτοκίνητα είναι ένα σημαντικό θέμα που αντιμετωπίζει ο τομέας των μεταφορών όσον αφορά την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Τα αυτοκίνητα που λειτουργούν με καύσιμα παράγουν CO₂ κατά την καύση τους, προσθέτοντας στο περιβάλλον επιβλαβή αέρια, επηρεάζοντας την κλιματική αλλαγή. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα αυτοκίνητα εξαρτώνται κυρίως από την ποσότητα του καυσίμου που καίγεται και την απόδοση καυσίμου του οχήματος. Αυτό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως ο τύπος του κινητήρα, η ποιότητα καυσίμου, η αεροδυναμική σχεδίαση του οχήματος, το βάρος και άλλες τεχνολογικές παράμετροι.

Για να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ από τα αυτοκίνητα, εφαρμόζονται πολλές πρωτοβουλίες, όπως η χρήση πιο αποδοτικών κινητήρων, η ανάπτυξη υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων, η προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων και η ενθάρρυνση της χρήσης δημόσιων μεταφορών και της μετακίνησης με ποδήλατο ή περπάτημα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι εκπομπές CO₂ από τα αυτοκίνητα αποτελούν μόνο ένα μέρος των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Ωστόσο, η μείωσή τους είναι σημαντική για τη μείωση των ανθρωπογενών επιπτώσεων στο κλίμα και το περιβάλλον.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, προσπαθώντας να προωθήσει τις φιλόδοξες προσπάθειες της για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, επανεξετάζει συνεχώς τη νομοθεσία σε κρίσιμους τομείς. Ο τομέας των μεταφορών αποτελεί τον μόνο τομέα όπου οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου παραμένουν υψηλότερες από το 1990 (Πίνακας 1). Έτσι, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο ψήφισε τον Κανονισμό 2019/631 αναφορικά με τα πρότυπα εκπομπών CO₂ για τα νέα επιβατικά οχήματα και ελαφρά επαγγελματικά αυτοκίνητα, καθώς και την κατάργηση των προηγούμενων κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 443/2009 και (ΕΕ) αριθ. 510/2011, με σκοπό τη θέσπιση νέων προτύπων εκπομπών για τα εν λόγω οχήματα. Συγκεκριμένα, για τα επιβατικά αυτοκίνητα, η μέση επιτρεπόμενη εκπομπή CO₂ ανά χιλιόμετρο έχει οριστεί στα 95 γραμμάρια για την περίοδο από το 2020 έως το 2024. Όσον αφορά τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα, η μέση επιτρεπόμενη εκπομπή CO₂ ανά χιλιόμετρο έχει οριστεί στα 147 γραμμάρια για την ίδια περίοδο [Ε48, Ε49]. Αυτά τα πρότυπα αποτελούν σημαντικό μέρος της νομοθετικής αναθεώρησης που στοχεύει στην ενίσχυση της προσπάθειας για τον μετριασμό του κλίματος.

Η μείωση της μέσης εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα από τα νέα επιβατικά αυτοκίνητα στην ΕΕ κατά 16,6% από το 2012 έως το 2022 αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό επίτευγμα στον τομέα των μεταφορών και της περιβαλλοντικής πολιτικής. Αυτή η μείωση οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, όπως η αύξηση της χρήσης ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, η βελτίωση της αποδοτικότητας καυσίμων και οι τεχνολογικές καινοτομίες στον κινητήρα και στα συστήματα εκπομπών. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (ACEA), η μέση εκπομπή αερίων από τα καινούργια επιβατικά αυτοκίνητα φαίνεται στο παρακάτω γράφημα.

Παρατηρείται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ήταν στο υψηλό σημείο τους το 2012, με 132 γραμμάρια ανά χιλιόμετρο. Στη συνέχεια, υπήρξε μια συνεχής μείωση μέχρι το 2020, όπου καταγράφηκε η χαμηλότερη τιμή στα 108,2 g CO₂/km. Από το 2020 έως το 2022, σημειώθηκε μια μικρή αύξηση στις εκπομπές, αν και παρέμειναν σε σχετικά χαμηλά επίπεδα σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη. Αντίστοιχη μείωση στις μέσες εκπομπές σε περίπου 8 g CO₂/km παρατηρήθηκε στα νέα επαγγελματικά οχήματα, φτάνοντας περίπου τα 185 g CO₂/km [Ε50]. Από την άλλη πλευρά όμως, το όριο που τέθηκε από του ευρωπαϊκούς θεσμούς δεν έχει επιτευχθεί ακόμα. Έτσι λοιπόν, το Ευρω-



Γράφημα 9. Μέσος όρος εκπομπών σε gCO₂/km από τα νέα επιβατικά αυτοκίνητα στην ΕΕ (ΕU-27), 2012 – 2022 [Ε51]

παϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο αποφάσισε να αναθεωρήσει τον Κανονισμό 2019/631 και να προχωρήσει σε μία νέα νομοθεσία [Ε52]. Η τελευταία ορίζει σαφώς τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για να επιτευχθεί η πλήρης εξάλειψη των εκπομπών CO₂ από τα νέα επιβατικά αυτοκίνητα και τα ελαφρά επαγγελματικά οχήματα μέχρι το 2035. Επιπλέον, τίθενται ενδιάμεσοι στόχοι μείωσης εκπομπών έως το 2030, με ποσοστό μείωσης της τάξης του 55% για τα αυτοκίνητα και του 50% για τα ημιφορτηγά. Σύμφωνα με τους νέους στόχους εκπομπών CO₂ για το σύνολο του στόλου της ΕΕ, για την περίοδο από το 2025 έως το 2029, το μέσο όριο εκπομπών CO₂ ανά χιλιόμετρο για τα αυτοκίνητα ορίζεται στα 93,6 γραμμάρια, ενώ για τα φορτηγά στα 153,9 γραμμάρια. Από το 2030 έως το 2034, οι νέοι στόχοι μειώνουν ακόμα περισσότερο τις εκπομπές, με τα αυτοκίνητα να έχουν μέσο όριο εκπομπών 49,5 γραμμάρια και τα φορτηγά 90,6 γραμμάρια ανά χιλιόμετρο. Από το 2035 και μετά, ο στόχος είναι η πλήρης μείωση των εκπομπών σε όλο τον στόλο, με τα αυτοκίνητα και τα φορτηγά να έχουν εκπομπές μηδενικές, δηλαδή 0 γραμμάρια CO₂ ανά χιλιόμετρο [Ε49, Ε53].

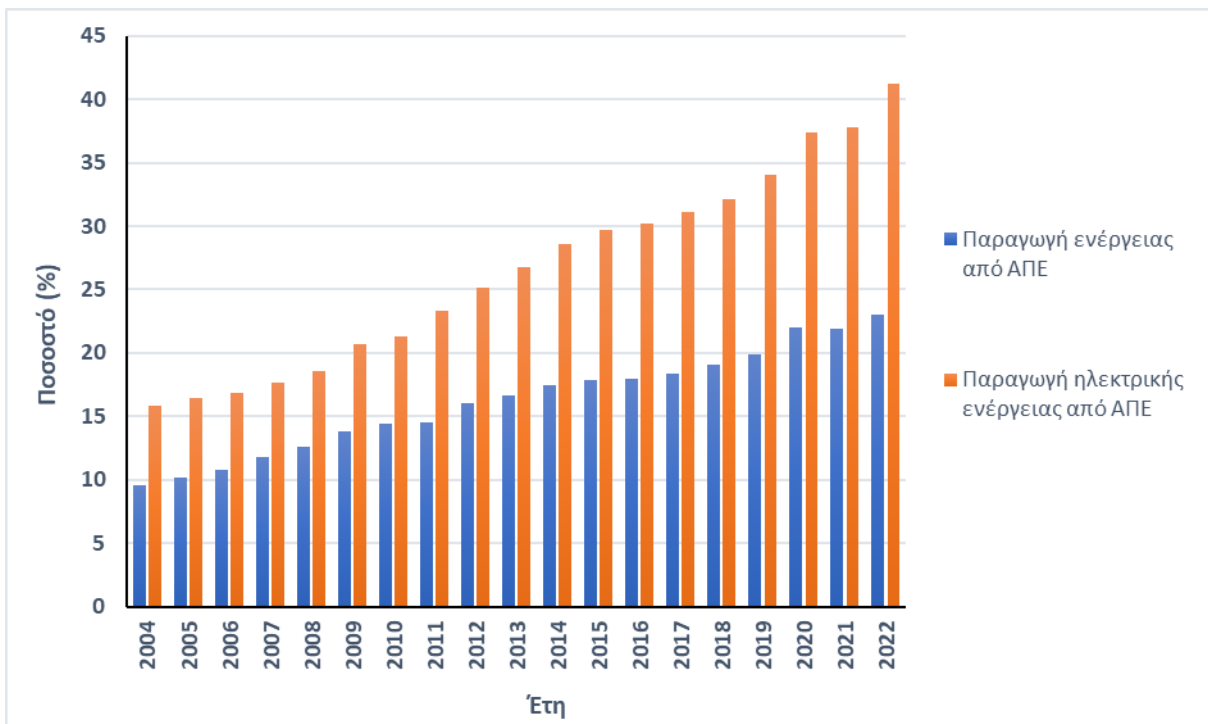
Συμπερασματικά, η ΕΕ θέτει ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της πράσινης μετάβασης στον τομέα των οδικών μεταφορών. Από το 2035 και μετά, η πώληση νέων αυτοκινήτων και φορτηγών που λειτουργούν με κινητήρες εσωτερικής καύσης θα απαγορεύεται βάσει της νέας νομοθεσίας. Αυτή η πρωτοβουλία στηρίζει την προσπάθειά της να προσαρμοστεί στους στόχους που ορίστηκαν στη διάσκεψη του Παρισιού για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, περιορίζοντας τις εκπομπές άνθρακα και προωθώντας πιο βιώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις οδικής μεταφοράς.

2.1.4 Στατιστικά δεδομένα ενεργειακού μείγματος και εκπομπών αερίων

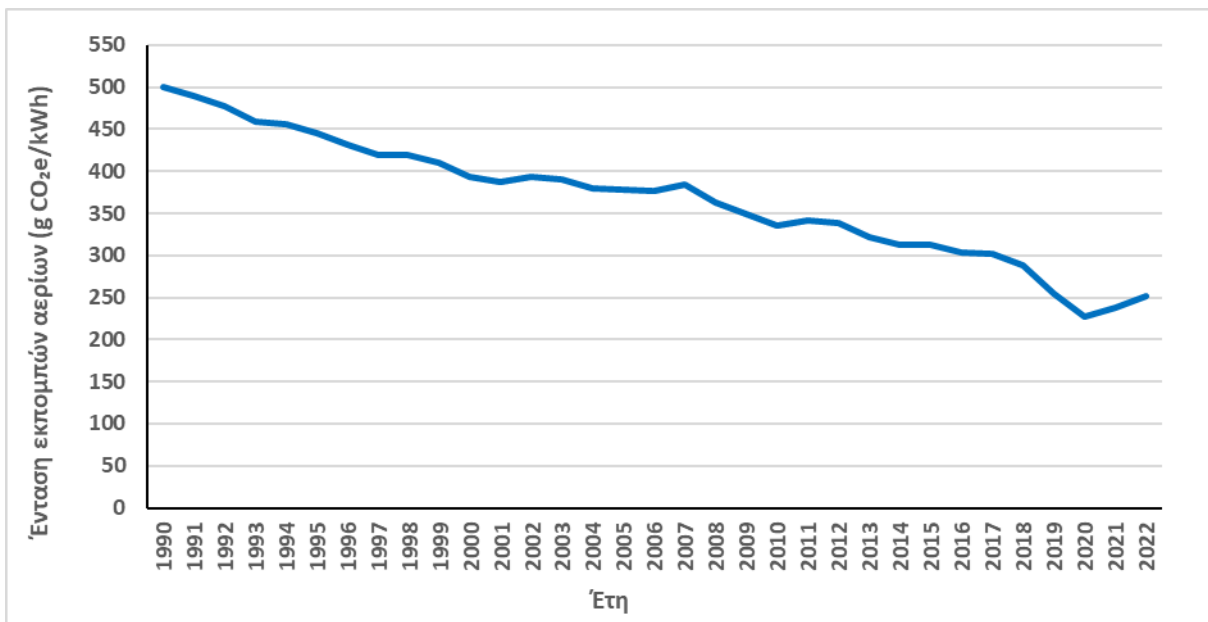
Το ενεργειακό μείγμα στην Ευρωπαϊκή Ένωση βρίσκεται σε μια κρίσιμη φάση αναδιάρθρωσης και μετάβασης, καθώς οι χώρες μέλη προσπαθούν να προσαρμοστούν στις αυξημένες απαιτήσεις για την ενεργειακή ασφάλεια και τη βιωσιμότητα. Με την επικείμενη αποχώρηση των ορυκτών πόρων από την παραγωγή ενέργειας, η ΕΕ βρίσκεται σε μια ολοκληρωτική μετασχηματιστική διαδικασία, προσδοκώντας να αυξήσει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση των συστημάτων της. Οι προσπάθειες για την ανάπτυξη ενός βιώσιμου ενεργειακού μείγματος εστιάζονται στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η μείωση των εκπομπών CO₂ αποτελεί κεντρικό στόχο για την Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς προσπαθεί να προωθήσει την αειφόρο ανάπτυξη και να επιτύχει τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού.

Η πανδημία είχε σημαντικό αντίκτυπο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις ευρωπαϊκές χώρες. Κατά τη διάρκεια του COVID-19, πολλές χώρες εφάρμοσαν περιοριστικά μέτρα και έκλεισαν εργοστάσια και επιχειρήσεις, προκειμένου να περιορίσουν τη διασπορά του ιού. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ζήτησης ενέργειας, καθώς η βιομηχανία και οι μεταφορές είδαν μείωση της λειτουργικότητάς τους ή ακόμη και την αναστολή της λειτουργίας τους για ορισμένα χρονικά διαστήματα. Επιπλέον, η αυξημένη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, όπως ο άνεμος και ο ήλιος, σε συνδυασμό με τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, οδήγησε σε περαιτέρω μείωση της χρήσης παραδοσιακών πηγών ενέργειας, όπως τα ορυκτά καύσιμα. Επιπρόσθετα, το δραματικό γεγονός του Ρωσο-ουκρανικού πολέμου επηρέασε και αυτό με τη σειρά του το μείγμα για την παραγωγή ενέργειας στην Ευρώπη. Οι κυρώσεις που επιβλήθηκαν στον κύριο προμηθευτή φυσικού αερίου της Ευρώπης, ανάγκασε τις χώρες μέλη της Ένωσης να εξετάσουν και να αναθεωρήσουν την ενεργειακή τους πολιτική, ενισχύοντας και επιταχύνοντας τις διαδικασίες υλοποίησης των ΑΠΕ. Ως εκ τούτου, η σύγκρουση λειτούργησε ως καταλύτης για την αντικατάσταση της ζητούμενης ενέργειας από τεχνολογίες με χαμηλό ανθρακικό αποτύπωμα.

Το 2022, η Ευρωπαϊκή Ένωση παρήγαγε συνολικά 2.641 TWh ηλεκτρικής ενέργειας. Μία σημαντική ποσότητα αυτής της ενέργειας, που ανέρχεται περίπου στο 42% της παραγόμενης ενέργειας, προήλθε από ανανεώσιμες πηγές. Οι ορυκτοί πόροι και η πυρηνική ενέργεια συνέβαλαν και αυτοί σημαντικά, αποτελώντας περίπου το 38% και το 25% της συνολικής παραγωγής αντίστοιχα [E55]. Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονισθεί πως ο μέσος όρος εκπομπών CO₂ από την πυρηνική ενέργεια είναι πολύ χαμηλός, πρακτικά μηδενικός κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των πυρηνικών σταθμών για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η αλλαγή του ενεργειακού μείγματος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει περιορίσει το ανθρακικό αποτύπωμα, όπως φαίνεται στο γράφημα 11 που ακολουθεί.



Γράφημα 10. Ποσοστό παραγωγής ενέργειας και ποσοστό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τεχνολογίες ΑΠΕ στην ΕΕ (EU-27), 2004 – 2022 [Ξ54]



Γράφημα 11. Ένταση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (g CO_{2e}/kWh) από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ (EU-27), 1990 – 2022 [Ξ56]

Τα παραπάνω αριθμητικά δεδομένα αναπαριστούν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση (EU-27) από το έτος αναφοράς έως το 2022. Οι εκπομπές μειώθηκαν σημαντικά κατά την περίοδο αυτή, από 501 g CO₂e/kWh στην πρώτη μέτρηση το 1990 σε 251 g CO₂e/kWh το 2022. Αυτή η μείωση αποτελεί ένδειξη της προσπάθειας της ΕΕ να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή. Πιο συγκεκριμένα, η μείωση από το 1990 έως το 2022 ανέρχεται περίπου στο 50%, γεγονός που αποδεικνύει τη σοβαρότητα της προσπάθειας της ΕΕ για την επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων και τη διαφύλαξη του πλανήτη από την υπερθέρμανση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΜΕ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

3.1.1 Ανάλυση με γραμμική παλινδρόμηση

Πρόκειται για μια μέθοδο ανάλυσης που χρησιμοποιείται για να κατανοηθεί η σχέση μεταξύ διαφορετικών παραμέτρων ή μεταβλητών και να προβλέψει τις τιμές μιας μεταβλητής βάσει των τιμών μιας άλλης. Από μαθηματική άποψη, προσπαθεί να προσεγγίσει τα δεδομένα μέσω μίας ευθείας γραμμής (γραμμική προσέγγιση), έτσι ώστε να μπορέσει να προβλέψει μελλοντικές τιμές. Η απλή γραμμική παλινδρόμηση αναλύει τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, μίας ανεξάρτητης x και μίας εξαρτημένης y . Η εξίσωση αυτής της μεθόδου έχει τη μορφή:

$$Y = \alpha + \beta x$$

όπου α αναπαριστά την τιμή της Y , όταν η x είναι μηδέν, ενώ β αναπαριστά τη μέση αλλαγή στη Y όταν η x αλλάζει κατά μία μονάδα.

Σε αυτήν την εξίσωση πρέπει να ληφθούν υπόψη τα τυχαία σφάλματα που ενδέχεται να επηρεάζουν τη μεταβλητή Y , ανεξάρτητα από τη μεταβλητή x . Αυτά τα σφάλματα μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως αδιευκρίνιστες μεταβλητές ή τυχαίες διακυμάνσεις. Συνεπώς, η εξίσωση λειτουργεί με την υπόθεση ότι αυτά τα σφάλματα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους και ακολουθούν μια κανονική κατανομή, με μέση τιμή μηδέν και παραλλαγή για κάθε μία τιμή της x .

Η γραμμική παλινδρόμηση αποτελεί ένα ευρέως αποδεκτό μέσο στον τομέα των τεχνολογικών, βιολογικών, συμπεριφορικών και κοινωνικών επιστημών για την εξήγηση και τη μοντελοποίηση πιθανών σχέσεων μεταξύ διαφόρων μεταβλητών. Αναγνωρίζεται ως ένα από τα πλέον σημαντικά εργαλεία που εφαρμόζονται σε αυτούς τους επιστημονικούς τομείς, καθώς επιτρέπει την ανάλυση και την ερμηνεία σύνθετων συμπεριφορικών προτύπων και φαινομένων, παρέχοντας ένα πλαίσιο για την πρόβλεψη και την κατανόηση της συμπεριφοράς των μεταβλητών μέσω γραμμικών σχέσεων [Ξ57-Ξ60].

3.1.2 Ανάλυση με διπλή εκθετική εξομάλυνση – Μέθοδος Brown

Η διπλή εκθετική εξομάλυνση με τη μέθοδο Brown είναι ένα μοντέλο πρόβλεψης που χρησιμοποιείται στην ανάλυση χρονοσειρών για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών μιας μεταβλητής. Αντί να βασίζεται αποκλειστικά σε παλαιότερες τιμές της μεταβλητής, αυτή η μέθοδος λαμβάνει υπόψη την τάση και την εποχικότητα της χρονοσειράς. Συνδυάζει δύο εξομαλυντές, έναν για την τάση και έναν για την εποχικότητα, προβλέποντας έτσι τις μελλοντικές τιμές με μεγαλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία. Αυτή η μέθοδος είναι χρήσιμη όταν η χρονοσειρά παρουσιάζει τόσο σταθερή τάση όσο και εποχικές μεταβολές και επιτρέπει την αντιμετώπιση των διακυμάνσεων σε διαφορετικά επίπεδα.

- I. Η εξίσωση της απλής εκθετικής εξομάλυνσης, όπως περιγράφεται στην εργασία, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)A_{t-1}$$

όπου η σταθερά α αναπαριστά το βαθμό εξομάλυνσης στο μοντέλο, με τιμές που κυμαίνονται από 0 έως 1. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η τιμή του α ορίζεται στο 0,21 για το ηλεκτρικό όχημα με σκοπό να ελαχιστοποιηθεί το μέσο τετραγωνικό σφάλμα, δηλαδή η απόκλιση μεταξύ των πραγματικών τιμών και των προβλέψεων. Επιπλέον, ο χρόνος t παίρνει τιμές από 2 έως n , ενώ για $t = 1$ η αρχική τιμή A_1 ορίζεται να είναι ίση με την Y_1 .

- II. Η διαδικασία υπολογισμού των τιμών εξομάλυνσης στις χρονοσειρές γίνεται με τη χρήση της απλής εκθετικής μεθόδου εξομάλυνσης:

$$A'_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)A'_{t-1}$$

όπου για κάθε σημείο της χρονικής σειράς μετά το πρώτο, οι τιμές υπολογίζονται με βάση την προηγούμενη τιμή της κανονικοποιημένης σειράς A'_t , ενώ η πρώτη τιμή (για $t = 1$) ορίζεται από την αρχική συνθήκη $A'_1 = A_1$.

III. Η διαφορά a_t υπολογίζεται αφαιρώντας την κανονικοποιημένη τιμή A'_t από το διπλάσιο της τρέχουσας τιμής $2A_t$, δηλαδή:

$$a_t = 2A_t - A'_t$$

IV. Η κανονικοποίηση της τάσης b_t για τον προσαρμοστικό παράγοντα υπολογίζεται ως:

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (A_t - A'_t)$$

V. η μελλοντική πρόβλεψη \hat{Y}_{t+h} για τη μελλοντική περίοδο h , όπου $h = 1, 2, 3, \dots, n$ τα έτη ενδιαφέροντος, υπολογίζεται ως εξής:

$$\hat{Y}_{t+h} = a_t + hb_t$$

Αυτή η μέθοδος επιτρέπει να γίνονται προβλέψεις για πολλές μελλοντικές περιόδους, εν αντιθέσει με την προηγούμενη μέθοδο που προβλέπει μόνο την επόμενη περίοδο. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να κατανοηθούν καλύτερα οι τάσεις και οι αλλαγές στα δεδομένα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα [Ξ57-Ξ60].

3.2 ΚΥΡΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

Η βασική μαθηματική εξίσωση της παρούσας εργασίας σχεδιάστηκε με σκοπό να προβλέψει τις συνέπειες που θα έχει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την εισροή των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων στις ευρωπαϊκές αγορές. Το κύριο ερώτημα που τίθεται είναι πώς η παραγωγή ενέργειας από διάφορες πηγές επηρεάζει την υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων και, κατά συνέπεια, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέχρι και το έτος 2050. Η κύρια εξίσωση πρόβλεψης, που δίνεται παρακάτω, αποτελεί τον πυρήνα της ανάλυσης, καθώς προσφέρει ένα πλαίσιο για την κατανόηση των συνεπειών των ενεργειακών πολιτικών στην προοπτική της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

$$E_{net}(t) = \frac{e_{ev} \cdot N_{cars} \cdot d_{an}}{n_{ch} \cdot [1 - losses_{net}]}$$

όπου:

$E_{net}(t)$, η ενέργεια του δικτύου για την φόρτιση των BEV

e_{ev} , η μέση τυπική κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος των BEV σε MWh / km (σταθερό μέγεθος)

N_{cars} , ο αριθμός των BEV έως το 2050 σύμφωνα με τις δύο μεθόδους πρόβλεψης

d_{an} , η μέση τυπική απόσταση που διανύουν ετησίως τα αυτοκίνητα στην Ε.Ε. σε km

n_{ch} , ο σταθμισμένος βαθμός απόδοσης των φορτιστών

$losses_{net}$, οι συνολικές απώλειες μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως

Οι εκπομπές άνθρακα που προκύπτουν από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μετριούνται σε $t \cdot CO_2 / year$ μπορούν να υπολογιστούν με βάση τον τύπο:

$$GHG_{net}(t) = E_{net}(t) \cdot CO_2eq(t)$$

όπου $CO_2eq(t)$ ο ισοδύναμος συντελεστής εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα ετησίως σε g CO₂ / MWh.

Τέλος, είναι αρκετά σημαντικό να αναφερθεί πως σε κάθε μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα λάθους, καθώς αυτά τα μοντέλα βασίζονται στην ανάλυση προηγούμενων δεδομένων για να αντιληφθούν τις τάσεις και τα μοτίβα που μπορεί να επηρεάσουν τις μελλοντικές τιμές της μεταβλητής που εξετάζουν. Με άλλα λόγια, αναλύει τα προηγούμενα δεδομένα για να κατανοήσει τα μοτίβα και να προβλέψει τις μελλοντικές τιμές [Ξ61].

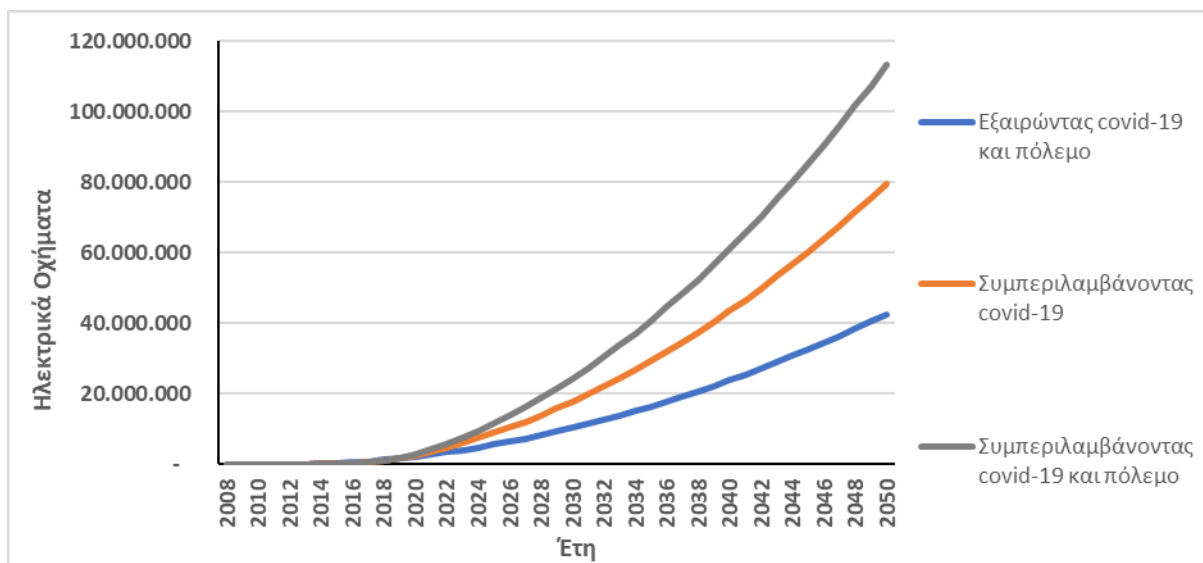
4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σε αυτή την ενότητα, θα αναλυθούν τα αποτελέσματα της διαδικασίας εισροής των ηλεκτρικών οχημάτων στις αγορές των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Θα δοθεί έμφαση στις επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν στο δίκτυο ηλεκτρισμού από την αύξηση της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια, καθώς και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούνται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι και το έτος 2050. Η παραπάνω ανάλυση θα πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια τριών σεναρίων, δηλαδή με τη βοήθεια τριών καμπυλών πρόβλεψης που περιλαμβάνουν διαφορετικά στατιστικά δεδομένα και εμφανίζονται στα παρακάτω γραφήματα. Η πρώτη καμπύλη πρόβλεψης (μπλε) εξαιρεί τα δεδομένα της πανδημίας και του πολέμου. Η δεύτερη καμπύλη (πορτοκαλί) συμπεριλαμβάνει μόνο τα δεδομένα του covid-19 και η τελευταία (γκρι) εμπεριέχει τα στατιστικά στοιχεία της πανδημίας και της σύγκρουσης Ρωσίας Ουκρανίας. Η σύγκριση των τριών καμπυλών πρόβλεψης με τα διαφορετικά χρονολογικά δεδομένα θα παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για το πώς σημαντικά γεγονότα είναι ικανά να επηρεάσουν μακροπρόθεσμα τους στόχους που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση στον τομέα των μεταφορών και της ενέργειας αλλά και τις επιπτώσεις αυτών στο περιβάλλον.

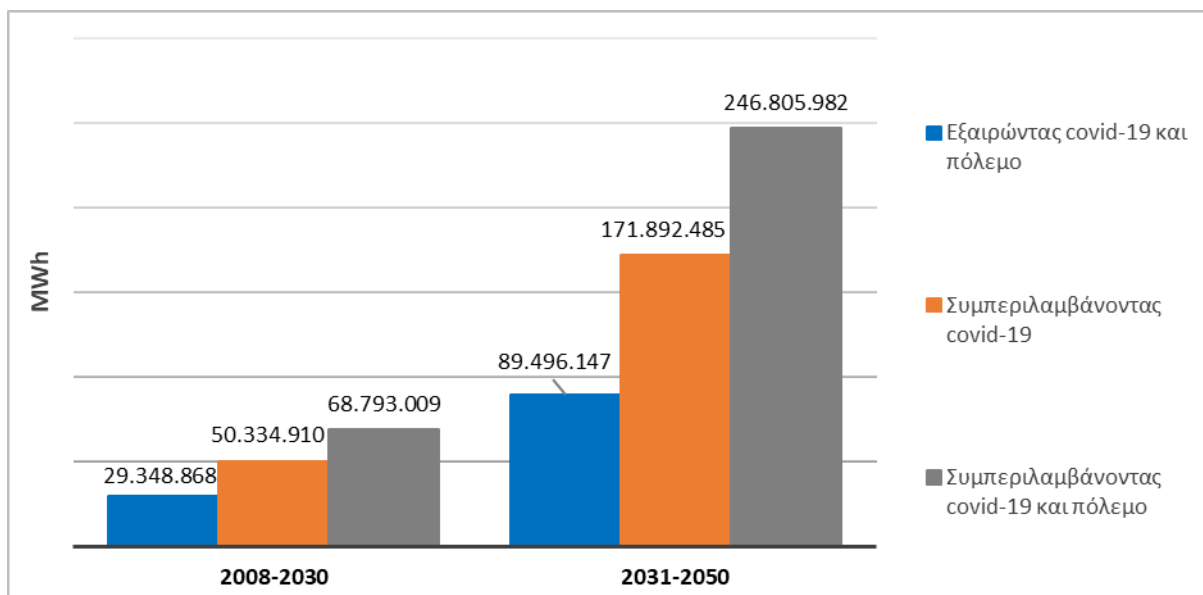
4.1.1 Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης

Με βάση τα στατιστικά στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από την EAF0 και επεξεργάστηκαν με τη χρήση του μοντέλου πρόβλεψης της γραμμικής παλινδρόμησης, παρατηρείται στο γράφημα 12 μια τάση αύξησης της χρήσης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με μπαταρία τα επόμενα χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι τα ηλεκτρικά οχήματα αναμένεται να γίνουν πιο διαδεδομένα και να αντικαταστήσουν σταδιακά τα αυτοκίνητα με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι η πανδημία φαίνεται να μην έχει σημαντική επίδραση στην αγορά των ηλεκτροκίνητων, καθώς ο αριθμός των πωλήσεων αυξάνεται σημαντικά σε σύγκριση με προηγούμενες περιόδους. Πιο συγκεκριμένα, την περίοδο 2024 - 2050, προβλέπεται ότι εισέρχονται στην αγορά περίπου 73.625.259 νέα BEVs, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα της σύγκρουσης Ουκρανίας με Ρωσία. Επιπλέον, το ίδιο γράφημα, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα δεδομένα, δείχνει ότι από το 2024 μέχρι το 2050, ο αριθμός των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων στους δρόμους της Ευρώπης αναμένεται να φτάσει τα 105.542.987.

Καθώς το πλήθος των BEVs αυξάνεται, γίνεται σαφές ότι αυξάνονται και οι ανάγκες για επαρκή κάλυψη της φόρτισης των μπαταριών τους. Η πρόσθετη ηλεκτρική ενέργεια που θα απαιτηθεί για να καλυφθεί η αυξημένη ζήτηση παρουσιάζεται στο γράφημα 13. Οι δύσκολες καταστάσεις που αντιμετωπίστηκαν το 2019 και το 2022 δεν επηρέασαν την αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων από τους καταναλωτές, επομένως η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για την επαναφόρτιση των μπαταριών των BEVs δε μειώθηκε. Συγχρόνως, παρατηρείται ιδιαίτερη αύξηση στους φορτιστές αυτοκινήτων, καθώς πολλές εταιρείες επενδύουν σε αυτούς και τους εγκαθιστούν σε δημόσιους ή ιδιωτικούς χώρους [Ε42].

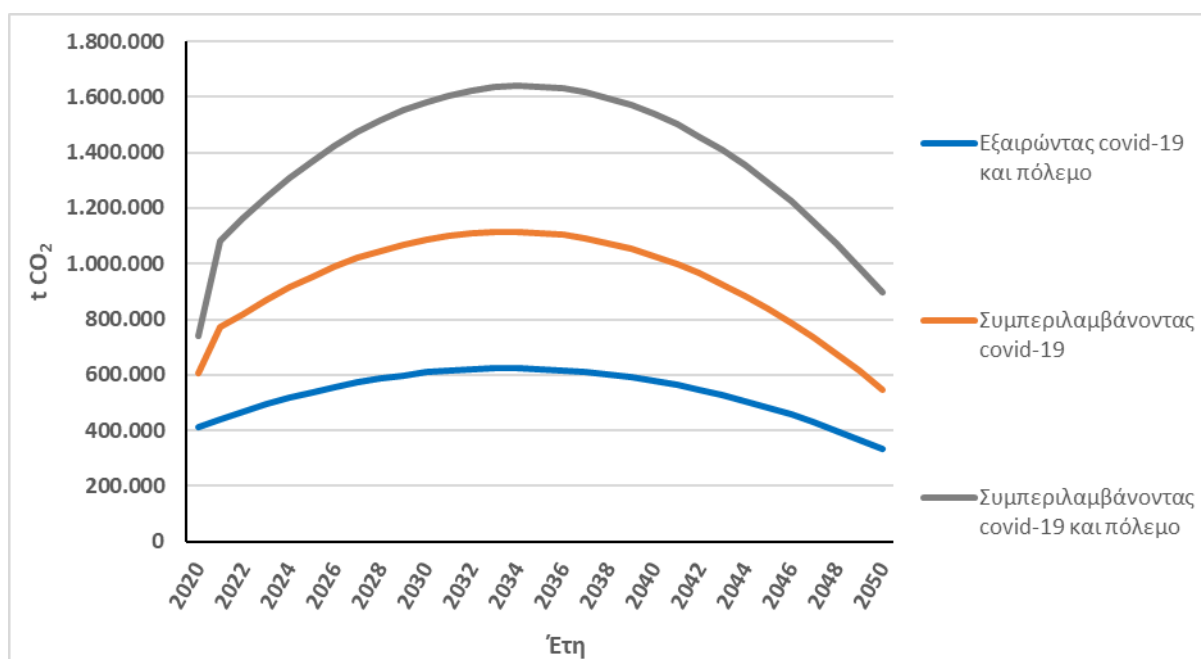


Γράφημα 12. Καμπύλες πρόβλεψης διείσδυσης των BEV στην ΕΕ (EU-27), 2008 – 2050



Γράφημα 13. Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των BEV σε MWh για δύο περιόδους

Η αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη του φορτίου των ηλεκτρικών οχημάτων έχει ως επακόλουθο εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον. Σύμφωνα με την πρόβλεψη του μοντέλου της γραμμικής παλινδρόμησης, οι εκπομπές αερίων το 2050 παραμένουν περίπου στα ίδια επίπεδα με αυτά του 2020, χωρίς να μειώνονται σημαντικά και στις τρεις καμπύλες πρόβλεψης. Μάλιστα, θα μπορούσε να ειπωθεί πως είναι ανησυχητική η μέγιστη τιμή των 1.638.891 τόνων διοξειδίου του άνθρακα που φτάνει το έτος 2034 η καμπύλη με τα δεδομένα της πανδημίας και της σύγκρουσης των δύο χωρών.



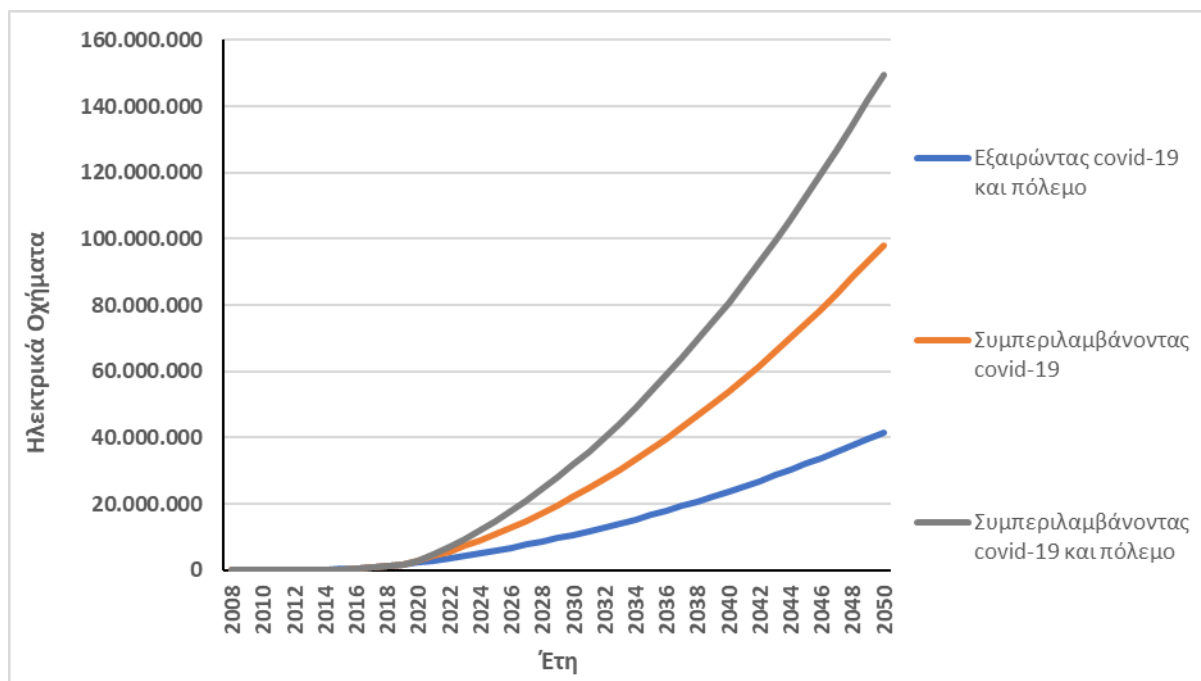
Γράφημα 14. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των BEVs σε τόνους CO₂ ανά έτος στην ΕΕ, 2020 – 2050

Σύμφωνα με τα παραπάνω, παρόλο τις προσπάθειες που καταβάλλει η ΕΕ να περιορίσει τις αυξημένες εκπομπές στην ατμόσφαιρα, υποδηλώνεται η ανάγκη για την αντιμετώπιση του προβλήματος των εκπομπών με περισσότερο συντονισμένες δράσεις και αποτελεσματικές πολιτικές στον τομέα της ενέργειας.

4.1.2 Αποτελέσματα μεθόδου Brown

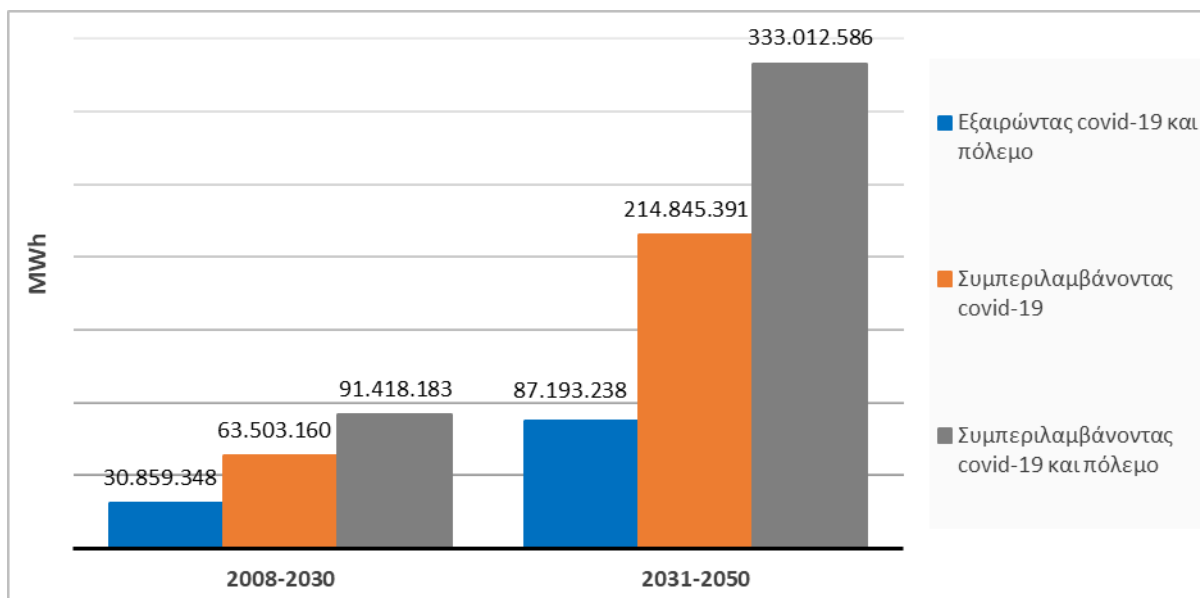
Στο πλαίσιο αυτής της υποενότητας, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της δεύτερης μαθηματικής μεθόδου που εφαρμόστηκε στη μελέτη. Σύμφωνα με τη μέθοδο Brown, οι δύο καμπύλες πρόβλεψης που συμπεριλαμβάνουν τα στατιστικά δεδομένα της πανδημίας αλλά και του πολέμου προσδίδουν μεγαλύτερη διείσδυση ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην ΕΕ. Αναλυτικότερα, η πρόβλεψη με τα δεδομένα του covid-19

προσδίδει 18.349.189 BEVs περισσότερα σε σχέση με τη μέθοδο γραμμικής παλινδρόμησης και αντίστοιχα η καμπύλη που συμπεριλαμβάνει τα στατιστικά στοιχεία και του covid-19 και της σύγκρουσης είναι μεγαλύτερη κατά 36.324.039 οχήματα σε σχέση με την προηγούμενη μέθοδο. Μάλιστα, η τελευταία προβλέπει πως η διείσδυση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα καταλαμβάνει περίπου πάνω από το 50% του στόλου των οχημάτων που θα κυκλοφορούν στην Ευρώπη. Αυτό σημαίνει ότι στους δρόμους των ευρωπαϊκών χωρών, για κάθε δύο επιβατικά αυτοκίνητα, το ένα θα είναι αμιγώς ηλεκτρικό. Με άλλα λόγια, η μέθοδος Brown προβλέπει μια πιο απότομη αύξηση στην υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με την προβλεπόμενη από τη γραμμική παλινδρόμηση.

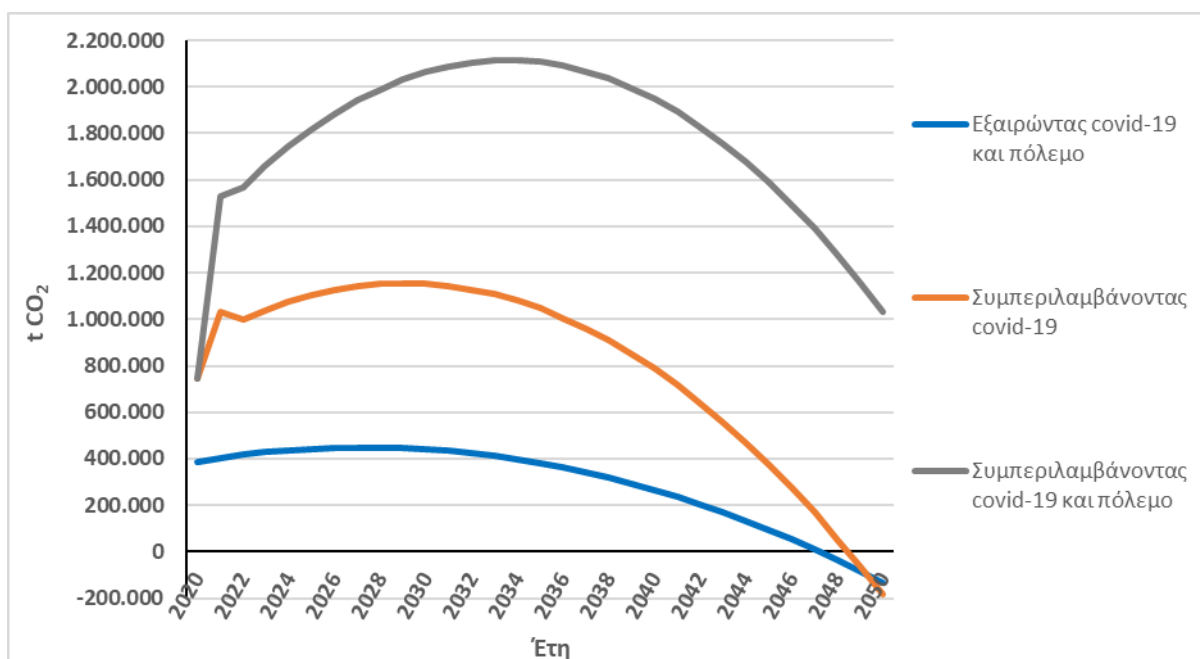


Γράφημα 15. Καμπύλες πρόβλεψης διείσδυσης των BEV στην ΕΕ (EU-27), 2008 – 2050

Η έντονη εισροή των ηλεκτρικών οχημάτων συμβάλλει στην αύξηση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Το γράφημα 16 παρουσιάζει τις διαφορές στη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτροκίνητων κατά τις περιόδους 2008-2030 και 2031-2050. Κατά την περίοδο 2031-2050, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των BEVs αναμένεται να είναι περίπου 3-3,5 φορές υψηλότερη σε σύγκριση με την περίοδο 2008-2030. Αυτό είναι απολύτως λογικό καθώς όσο περνούν τα χρόνια, τόσο αυξάνεται στις προτιμήσεις των καταναλωτών η αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων σύμφωνα με τα σενάρια της διπλωματικής εργασίας, με αποτέλεσμα η ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη του φορτίου των μπαταριών των BEVs να είναι πολύ μεγάλη.



Γράφημα 16. Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των BEV σε MWh για δύο περιόδους



Γράφημα 17. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας των BEVs σε τόνους CO₂ ανά έτος στην ΕΕ, 2020 – 2050

Το τελευταίο γράφημα απεικονίζει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτροκίνητων κατά την περίοδο 2020-2050. Όπως παρατηρείται, η καμπύλη που περιλαμβάνει τα στοιχεία που σχετίζονται με την πανδημία και τον πόλεμο στην Ουκρανία κρατά τα επίπεδα εκπομπών υψηλά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μη επίτευξη του στόχου της ΕΕ για ένα καλύτερο και βιώσιμο περιβάλλον. Αντίθετα, η

πρόβλεψη που βασίζεται στα δεδομένα της πανδημίας δείχνει μία αυξητική πορεία μέχρι το 2031, όπου και φτάνει στην κορύφωση των εκπομπών της με 1.143.727 τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Στη συνέχεια, ξεκινά η σταθερή μείωση των εκπομπών μέχρι να μηδενιστεί και να φτάσει σε αρνητικές τιμές το έτος 2049, δηλαδή ένα χρόνο αργότερα από την καμπύλη πρόβλεψης που δεν περιλαμβάνει τις επιδράσεις της πανδημίας και του Ρωσο-ουκρανικού πολέμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία βασίστηκε στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Γρυπάρη et al. (2020) [Ε61], η οποία ερευνούσε τη διείσδυση των αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων στις χώρες της ΕΕ έως το 2050, την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τη φόρτιση των προβλεπόμενων BEVs και εν συνεχεία τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την αντίστοιχη παραγωγή ενέργειας. Όλη η έρευνα βασίστηκε στα μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης της γραμμικής παλινδρόμησης και της διπλής εκθετικής εξομάλυνσης (Brown). Επιπροσθέτως, χρησιμοποιήθηκε η βασική μαθηματική εξίσωση πρόβλεψης για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ενεργειακής ποσότητας για τη φόρτιση των ηλεκτροκινήτων και τις αντίστοιχες εκπομπές άνθρακα.

Η διπλωματική αυτή εργασία επεκτείνει την παραπάνω έρευνα. Χρησιμοποιώντας την ίδια κύρια μαθηματική εξίσωση καθώς και όμοια μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης, γίνεται μία προσπάθεια να εξεταστούν οι συνέπειες της αυξημένης διείσδυσης των BEVs στα ηλεκτρικά δίκτυα και τη ρύπανση του περιβάλλοντος συμπεριλαμβάνοντας δύο σοβαρά γεγονότα. Το ένα εξ αυτών είναι η εξάπλωση του κορωνοϊού το 2019, που μεταφέρθηκε στην ευρωπαϊκή ήπειρο το 2020, ενώ το δεύτερο γεγονός είναι η πολεμική σύγκρουση μεταξύ Ουκρανίας και Ρωσίας το 2022. Σκοπός λοιπόν είναι να πραγματοποιηθεί μία σύγκριση ανάμεσα στις καμπύλες πρόβλεψης της παρούσας μελέτης με την καμπύλη της προηγούμενης, επιτρέποντας μια βαθύτερη κατανόηση του πώς ορισμένα γεγονότα έχουν την ικανότητα να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά τα συμπεράσματα της έρευνας.

Σύμφωνα με τις δύο μαθηματικές μεθόδους πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκαν, παρατηρείται ότι η μέθοδος Brown για όλα τα ζητούμενα της μελέτης προσδίδει μεγαλύτερες τιμές από την γραμμική παλινδρόμηση. Αυτό συμβαίνει διότι, η διπλή εκθετική εξομάλυνση είναι σχεδιασμένη να ανιχνεύει και να προσαρμόζεται σε αυξανόμενες τάσεις πιο αποτελεσματικά. Για παράδειγμα, εάν τα δεδομένα δείχνουν

μια επιτάχυνση στην αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων, η διπλή εκθετική εξομάλυνση θα αντανακλά αυτή την επιτάχυνση με υψηλότερες μελλοντικές τιμές. Αντιθέτως, η γραμμική παλινδρόμηση μπορεί να υποτιμήσει την αύξηση επειδή εξομαλύνει τη συνολική τάση με μια ευθεία γραμμή.

Συγκρίνοντας τα επικαιροποιημένα δεδομένα του πίνακα 3 με τις προβλέψεις των δύο μεθόδων και για τις τρεις καμπύλες που προκύπτουν κατά την περίοδο 2020-2024, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα. Η καμπύλη πρόβλεψης, η οποία δεν συμπεριλαμβάνει τα στατιστικά δεδομένα της πανδημίας και του πολέμου, προβλέπει τις τιμές διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων αρκετά κοντά στην πραγματικότητα. Για να φανεί αυτό θα δοθούν τα αριθμητικά δεδομένα που προέκυψαν κατά την ανάλυση. Τα δεδομένα της EAF0 δείχνουν ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα το 2022 ήταν 3.080.913 και το επόμενο έτος 4.370.096 στην ΕΕ. Για το 2022, η γραμμική παλινδρόμηση προβλέπει 3.427.407 αυτοκίνητα, ενώ για το ίδιο έτος η άλλη μαθηματική μέθοδος προβλέπει 3.669.903 οχήματα. Για το έτος 2023, το πρώτο και δεύτερο μοντέλο προβλέπουν να κυκλοφορούν στους ευρωπαϊκούς δρόμους 4.102.302 και 4.388.834 ηλεκτρικά αυτοκίνητα, αντίστοιχα. Συνολικά, η παραπάνω ανάλυση υποδηλώνει, πως η μελέτη που βασίστηκε η διπλωματική αυτή εργασία παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα για μελλοντικές προβλέψεις πάνω στα θέματα που ερευνώνται.

Σύμφωνα με τις μεθόδους ανάλυσης και πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκαν, παρατηρείται ότι μελλοντικά περίπου ένα στα δύο αυτοκίνητα που θα κυκλοφορούν στην Ευρώπη θα είναι ηλεκτρικό το 2050. Αυτή η αύξηση είναι ικανή να οδηγήσει σε τεράστιες ποσότητες ζήτησης ηλεκτρισμού για την κάλυψη της φόρτισης μπαταριών των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Η διαφορά αυτή έγκειται στα πολύ σημαντικά γεγονότα που συνέβησαν και επηρέασαν το ενεργειακό μείγμα στο σύνολο των χωρών της Ευρώπης. Κατά τη διάρκεια της πανδημίας, η ζήτηση ενέργειας μειώθηκε, οι ενεργειακές ανάγκες καλύφθηκαν κυρίως από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με αποτέλεσμα το ενεργειακό μείγμα να διαφοροποιηθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό. Το τελευταίο οδήγησε σε μικρότερη ή αρνητική επίδραση στην ατμόσφαιρα προς όφελος του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Από την άλλη πλευρά, η λήξη της πανδημίας σήμαινε μια οξεία αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς σταμάτησαν οι απαγορεύσεις που είχαν επιβληθεί και υπήρξε η σταδιακή επιστροφή στην κανονικότητα. Προτού όμως οι χώρες της ΕΕ να συνέλθουν απόλυτα από τις συνέπειες της πανδημίας, η σύγκρουση μεταξύ Ρωσίας και Ουκρανίας επηρέασε σημαντικά το ενεργειακό μείγμα, καθώς η πρώτη ήταν ο κύριος προμηθευτής ορυκτών καυσίμων για τις χώρες της ΕΕ. Ως αποτέλεσμα αυτού, ορισμένες συμβατικές μονάδες έπρεπε να παραμείνουν σε λειτουργία ή κάποιες άλλες να ενεργοποιηθούν ξανά για να καλύψουν τις ενεργειακές απαιτήσεις, οδηγώντας σε αυξημένες εκπομπές ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα.

Οι προβλέψεις των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα με βάση την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα δείχνουν σημαντικές

διαφορές αλλά και ομοιότητες. Οι καμπύλες στα γραφήματα 14 και 17 παρουσιάζουν παρόμοια γενική τάση αύξησης των εκπομπών μέχρι τα μέσα του 2030, αλλά από εκεί και έπειτα η τάση αυτή είναι πτωτική. Βέβαια, οι απόλυτες τιμές αυτών διαφέρουν σημαντικά. Στην γραμμική παλινδρόμηση εξάγεται το συμπέρασμα πως οι εκπομπές ρύπων του μακροπρόθεσμου στόχου θα είναι παρόμοιες με αυτές του έτους 2020 και στα τρία σενάρια που εξετάζονται. Άρα, η διείδυση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων δε θα επιφέρει απτά θετικά αποτελέσματα στο περιβάλλον. Αντίθετα, στη μέθοδο Brown παρατηρείται ότι ο στόχος των μηδενικών εκπομπών μπορεί να επιτευχθεί σύμφωνα με τα 2 σενάρια πρόβλεψης. Όμως, η καμπύλη με τα στατιστικά δεδομένα της πανδημίας και της σύγκρουσης προβλέπει ότι οι εκπομπές θα παραμείνουν σε αρκετά υψηλά επίπεδα μέχρι το 2050. Οι διαφορές αυτές τονίζουν την επίδραση των διαφορετικών μοντέλων πρόβλεψης, υπογραμμίζουν την πολυπλοκότητα των προβλέψεων εκπομπών και υποδηλώνουν την ανάγκη για ενίσχυση των προσπαθειών για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.

Γενικώς, τα μαθηματικά προγνωστικά μοντέλα συγκλίνουν στα αποτελέσματά τους και η εγκυρότητά τους ενισχύεται. Η διαφορά βρίσκεται στο ενεργειακό μείγμα ανάλογα με τα γεγονότα που λαμβάνονται υπόψη. Για αυτόν τον λόγο, η αυξημένη διείδυση των ηλεκτρικών οχημάτων, η οποία με τη σειρά της θα οδηγήσει σε αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτεί την αναβάθμιση του ηλεκτρικού δικτύου σε συνδυασμό με εναλλακτικές πηγές ενέργειας, μειώνοντας την παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Με αυτόν τον τρόπο, η Ευρωπαϊκή Ένωση μπορεί να επιτύχει τον στόχο της απανθρακοποίησης στον τομέα των οδικών μεταφορών και να έρθει ένα βήμα πιο κοντά ώστε να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ

Βιβλιογραφία – Πηγές σε ξένες γλώσσες

- [Ε1] NASA. Solar System Exploration. Earth Our Home Planet. [Available at: <https://solarsystem.nasa.gov/planets/earth/in-depth/>]
- [Ε2] Formation of Earth. [Available at: <https://education.nationalgeographic.org/resource/formation-earth/>]
- [Ε3] United Nations. Climate Action. [Available at: <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>]
- [Ε4] NASA. Global Climate Change. What Is Climate Change? [Available at: <https://climate.nasa.gov/what-is-climate-change/>]
- [Ε5] NASA. Global Climate Change. What is the greenhouse effect? [Available at: <https://climate.nasa.gov/faq/19/what-is-the-greenhouse-effect/>]
- [Ε6] European Commission. Climate Action. Causes of climate change [Available at: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_el]
- [Ε7] Crippa M., Guizzardi D., Banja M., Solazzo E., Muntean M., Schaaf E., Pagani F., Monforti-Ferrario F., Olivier, J.G.J., Quadrelli, R., Grassi, G., Rossi, S., Oom, D., Branco, A., San-Miguel, J., Vignati, E. CO2 emissions of all world countries - 2022 Report, EUR 31182 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-55802-6, (doi: 10.2760/07904), JRC130363.
- [Ε8] Copernicus. Climate Change Service. Surface temperature. [Available at: <https://climate.copernicus.eu/ESOTC/2019/surface-temperature>]
- [Ε9] European Environment Agency. Air quality in Europe. 2017 report. 74 pp. ISBN 978-92-9213-921-6. (doi:10.2800/850018)
- [Ε10] European Space Agency. Air pollution. [Available at: https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_GR/SEMQ3T4SZLG_0.html]
- [Ε11] Eurostat. Air pollution statistics - emission inventories. [Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Air_pollution_statistics_-_emission_inventories#General_overview]
- [Ε12] European Environment Agency. Air pollution. [Available at: <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>]
- [Ε13] WHO. New WHO Global Air Quality Guidelines aim to save millions of lives from air pollution. [Available at: <https://www.who.int/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>]

- [E14] UNFCCC. What is the Kyoto Protocol? [Available at: https://unfccc.int/kyoto_protocol]
- [E15] United Nations. Conferences. Environment and sustainable development. [Available at: <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>]
- [E16] UN. General Assembly. Institutional and financial arrangements for international environmental co-operation. A/RES/2997(XXVII). Resolutions adopted by the General Assembly during its 27th session, 19 September-19 December 1972. - A/8730. - 1973. - p. 43-45. - (GAOR, 27th sess., Suppl. no. 30).
- [E17] UNEP. What is UNEP? [Available at: <https://www.unep.org/who-we-are/about-us/frequently-asked-questions>]
- [E18] UNEP. Treaties. [Available at: <https://ozone.unep.org/treaties/vienna-convention>]
- [E19] IPCC. About the IPCC. [Available at: <https://www.ipcc.ch/about/>]
- [E20] UNEP. About Montreal Protocol. [Available at: <https://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>]
- [E21] UNFCCC. What is the United Nations Framework Convention on Climate Change? [Available at: <https://unfccc.int/process-and-meetings/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>]
- [E22] European Commission. Kyoto Protocol. [Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_04_43]
- [E23] UNFCCC. The Paris Agreement. [Available at: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>]
- [E24] IPCC. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Geneva, Switzerland. 151 pp.
- [E25] EUR-Lex. 22016A1019(01). [Available at: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:22016A1019\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:22016A1019(01))]
- [E26] European Commission. 2020 climate & energy package. [Available at: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_en]
- [E27] Eurostat. [Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_13_10_custom_7630079/default/table?lang=en]
- [E28] European Environment Agency. Is Europe reducing its greenhouse gas emissions? [Available at: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/eu-greenhouse-gas-inventory/is-europe-reducing-its-greenhouse>]
- [E29] European Commission. 2030 climate & energy framework. [Available at: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en]

- [E30] European Commission. A European Green Deal. [Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en]
- [E31]. European Commission. Energy. EU energy statistical pocketbook and country datasheets. [Available at: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/eu-energy-statistical-pocketbook-and-country-datasheets_en]
- [E32] European Council. Fit for 55. [Available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>]
- [E33] European Commission. Horizon Europe. [Available at: https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/horizon-europe_en]
- [E34] European Council. Infographic - How dependent are EU member states on energy imports? [Available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-dependent-are-eu-member-states-on-energy-imports/>]
- [E35] IEA (2022). A 10-Point Plan to Reduce the European Union’s Reliance on Russian Natural Gas. IEA. Paris. [Available at: <https://www.iea.org/reports/a-10-point-plan-to-reduce-the-european-unions-reliance-on-russian-natural-gas>]
- [E36] IEA. Energy Security. Ensuring the uninterrupted availability of energy sources at an affordable price. [Available at: <https://www.iea.org/topics/energy-security>]
- [E37] European Commission. Towards Energy Union: The Commission presents sustainable energy security package. [Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_16_307]
- [E38] European Commission. REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition [Available at https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3131]
- [E39] European Commission. REPowerEU. Affordable, secure and sustainable energy for Europe. [Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en]
- [E40] Euractiv. EU to target 30 million electric cars by 2030. [Available at: <https://www.euractiv.com/section/electric-cars/news/eu-to-target-30-million-electric-cars-by-2030-draft/>]
- [E41] Octopus electric vehicles. A guide to the different types of electric vehicles. [Available at: <https://octopusev.com/ev-hub/types-of-electric-vehicles-explained>]
- [E42] EAFO. European Union (EU27). [Available at: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/european-union-eu27/infrastructure>]

[E43] EUR-Lex. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council. COM/2021/559 final. Document 52021PC0559. [Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52021PC0559>]

[E44] EAFO. Alternative fuels. [Available at: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/alternative-fuels>]

[E45] EAFO. European Union (EU27). [Available at: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/european-union-eu27/vehicles-and-fleet>]

[E46] EAFO. About the European Alternative Fuels Observatory. [Available at: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/about-european-alternative-fuels-observatory>]

[E47] EAFO. Electric vehicle model statistics. [Available at: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/policymakers-and-public-authorities/electric-vehicle-model-statistics>]

[E48] EUR-Lex. Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 setting CO₂ emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles, and repealing Regulations (EC) No 443/2009 and (EU) No 510/2011. Document 02019R0631. [Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019R0631-20210301>]

[E49] European Commission. Climate Action. CO₂ emission performance standards for cars and vans. [Available at: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans_en]

[E50] EEA. Average emissions from new cars and vans in Europe continue to fall, according to provisional data. [Available at: <https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/news/average-emissions-from-new-cars-and-vans>]

[E51] ACEA. Average CO₂ emissions of new cars in the EU, 2012-2022 trend. [Available at: <https://www.acea.auto/figure/average-co2-emissions-of-new-cars-in-eu/>]

[E52] EUR-Lex. Regulation (EU) 2023/851 of the European Parliament and of the Council of 19 April 2023 amending Regulation (EU) 2019/631 as regards strengthening the CO₂ emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles in line with the Union's increased climate ambition. Document 32023R0851. [Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=celex%3A32023R0851>]

[E53] European Parliament. Reducing car emissions: new CO₂ targets for cars and vans explained. [Available at: <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20180920STO14027/reducing-car-emissions-new-co2-targets-for-cars-and-vans-explained>]

- [E54] Eurostat. Share of energy from renewable sources. [Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_ren_custom_10436210/default/table]
- [E55] European Council. Infographic - Infographic - How is EU electricity produced and sold? [Available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>]
- [E56] European Environment Agency. Greenhouse gas emission intensity of electricity generation. [Available at: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-14/#tab-chart_7]
- [E57] Hamilton JD. Time Series Analysis. 1994. p. 200-232.
- [E58] Mc Cleary R., Hay RA, Meidinger EE, Mc Dowall D. Applied Time Series Analysis for the Social Sciences. 1980. p. 170-215.
- [E59] WW S Wei. Time Series Analysis. Oxford Press. 2006. p. 32-63.
- [E60] GEP Box. GM Jenkins. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 2015. p. 6-15.
- [E61] Gryparis E., Papadopoulos P., Leligou H. C., Psomopoulos S. C., Electricity demand and carbon emission in power generation under high penetration of electric vehicles. A European Union perspective. Energy Reports. Volume 6. Supplement 6. 2020. Pages 475-486. ISSN 2352-4847. doi.org/10.1016/j.egyr.2020.09.025.

Βιβλιογραφία – Πηγές στην ελληνική γλώσσα

- [E1] Ατμοσφαιρική ρύπανση. [Διαθέσιμο σε: https://el.wikipedia.org/wiki/Ατμοσφαιρική_ρύπανση]
- [E2] Φωτοχημικό νέφος. [Διαθέσιμο σε: https://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοχημικό_νέφος]
- [E3] Όξινη βροχή. [Διαθέσιμο σε: https://el.wikipedia.org/wiki/Όξινη_βροχή]
- [E4] Foreign Affairs Hellenic Edition. Τα οικονομικά της κλιματικής αλλαγής. [Διαθέσιμο σε: <https://www.foreignaffairs.gr/articles/68939/apo-poy-tha-ksekinisei-i-meiosi-ton-ekpompon-aerion-toy-thermoki/ta-oikonomika-tis-klimatikis-allagis?page=show>]
- [E5] Ορίζοντας Ευρώπη. [Διαθέσιμο σε: <https://horizoneurope.gr/>]
- [E6] Ρωσο-Ουκρανικός πόλεμος. [Διαθέσιμο σε: https://el.wikipedia.org/wiki/Ρωσο-Ουκρανικός_πόλεμος]
- [E7] Εισβολή της Ρωσίας στην Ουκρανία. [Διαθέσιμο σε: https://el.wikipedia.org/wiki/Εισβολή_της_Ρωσίας_στην_Ουκρανία]