



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Μελέτη και πρόβλεψη της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά της Ευρώπης.



**Φοιτητής: Δημήτρης Τσίκο
ΑΜ: 44530**

Επιβλέπων Καθηγητής

**Κωνσταντίνος Ψωμόπουλος
Καθηγητής**

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2021



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

Study and Analysis on EVs penetration scenarios based in prognostic tools.



Student: Dimitris Tsiko
Registration Number: 44530

Supervisor

C.S. Psomopoulos
Professor

ATHENS-EGALEO, JULY 2021

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)	(Όνοματεπώνυμο), (βαθμίδα)
 (Υπογραφή)	 (Υπογραφή)	 (Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Δημήτρης Τσίκο, Ιούλιος, 2021

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας 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 τους συγγραφείς.

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, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος/ηΔημήτρης....Τσίκο.....
του...Βασίλη....., με αριθμό μητρώου..44530...φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

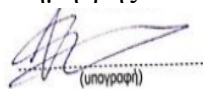
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό 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.

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

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος καθηγητή.»

Ο/Η Δηλών/ούσα

Δημήτρης Τσίκο



(υπογραφή)

Μελέτη και πρόβλεψη της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά της Ευρώπης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος του τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την δρ. Χριστίνα Παπαδημητρίου και τον καθηγητή κ. Κωσταντίνο Ψωμόπουλο τόσο για την βοήθεια και την καθοδήγηση που μου προσέφεραν, καθώς και για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε κατά την σύνταξη της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα θέλω να εκφράσω ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, για την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η ρύπανση του περιβάλλοντος από τις διεργασίες του ανθρώπου πάνω στη Γη, έχει οδηγήσει σε εκτεταμένες καταστροφές στα δάση, στους υδάτινους πόρους και κατ'επέκταση στην ατμόσφαιρα και τον αέρα που εισπνέουμε. Ως αποτέλεσμα της αλλοίωσης του περιβάλλοντος από τον ίδιο τον άνθρωπο, καθώς και η αναγνώριση από τα περισσότερα κράτη του κόσμου της ύπαρξης του φαινομένου του θερμοκηπίου, έχουν οδηγήσει σε μια συνολική αντίδραση και στην λήψη σημαντικών αποφάσεων (κυρίως τα τελευταία 27 χρόνια) για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, σε συνεργασία και με άλλα κράτη (εκτός Ευρώπης), κατάφερε από το 1992 και μετά, μέσω μεταρρυθμίσεων και νομοθεσιών να μειώσει σημαντικά τους ρύπους που παράγονται στον Ευρωπαϊκό χώρο. Σήμερα, οι τομείς τις βιομηχανίας, των υπηρεσιών, της εκμετάλλευσης γης αλλά και της ενέργειας έχουν καταφέρει να μειώσουν τους ρύπους σε σύγκριση με τους ρύπους που παρήγαγαν οι ίδιοι τομείς το 1990. Σε αυτό έχει συμβάλει τόσο η στάση της Ευρωπαϊκή Ένωση πάνω στο θέμα της ρύπανσης, όσο και η τεχνολογική πρόοδος που σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια και οδήγησε στην εξέλιξη ή και αντικατάσταση των παλιών τεχνολογιών, όντας πιο ρυπογόνες και με χαμηλότερη αποδοτικότητα.

Παρ' όλα αυτά ο τομέας των μέσων μεταφοράς παρουσιάζει άνοδο (ο λόγος αυτής της ανόδου περιγράφεται στα επόμενα κεφάλαια) των ρύπων σε σύγκριση με το 1990. Για αυτόν τον λόγο, η Ευρωπαϊκή Ένωση, επιθυμεί την αντικατάσταση των παραδοσιακών αυτοκινήτων ΜΕΚ (Μηχανές Εσωτερικής Καύσης), με τα πιο φιλικά για το περιβάλλον ηλεκτρικά αυτοκίνητα, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).

Η διπλωματική αυτή, προσπαθεί να αναλύσει και να αποδείξει το αντίκτυπο που θα μπορούσε να έχει στο περιβάλλον μια μετάβαση από τα οχήματα ΜΕΚ, που χρησιμοποιούμε σήμερα, στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα του αύριο. Μέσω της εφαρμογής διάφορων μεθόδων πρόβλεψης, θα προσπαθήσουμε να προβλέψουμε τον βαθμό διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά για την χρονική περίοδο 2017-2030. Στην συνέχεια θα υπολογίσουμε τους συνολικούς ρύπους για την ίδια χρονική περίοδο και θα δούμε, εάν και κατά πόσο είναι εφικτοί οι στόχοι που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Για την πρόβλεψη μας, μετά από αρκετή μελέτη, επιλεχθήκαν ως πιο κατάλληλες για το αντικείμενο το οποίο εξετάζουμε, η μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης και η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης Brown.

Τέλος, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων και γίνεται μια ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Λέξεις – κλειδιά

Ηλεκτρικά οχήματα, ρύποι, μέσα μεταφοράς, Ευρωπαϊκή Ένωση, τεχνολογίες BEV, πρόβλεψη ρύπων CO₂

Abstract

Environmental pollution from human processes on Earth has led to extensive disasters in forests, water resources, and, by extension, in the atmosphere and the air we inhale. As a result of the environmental degradation from the humans, as well as the recognition by most countries of the world, of the existence of a greenhouse effect, they have led to a total reaction and to making important decisions (especially in the last 27 years) to deal with this phenomenon.

The European Union, in cooperation with and with non-European states, has succeeded, since 1992, through reforms and legislation, to significantly reduce the pollutants produced in the European area. Today, the sectors of industry, services, land use (agriculture) and energy have managed to reduce pollutants compared to the pollutants produced by the same sectors in 1990. This has been contributed by both the European Union's attitude towards the issue of as well as the technological progress that has been made in recent years and has led to the development and / or replacement of old technologies, being more polluting and less efficient. However, the transport sector is increasing (the reason for this increase is described in the next chapters) of pollutants compared to 1990. For this reason, the European Union wishes to replace the traditional ICE (Internal Combustion Engines), with the most environmentally friendly electric cars, in conjunction with the development of clean electricity (renewable energy).

This diploma thesis tries to analyze and prove the impact that a transition from the ICE vehicles we use today to tomorrow's electric cars could have on the environment. By applying various forecasting methods, we will try to predict the degree of penetration of electric vehicles into the market for the period 2017-2030. Then we will calculate total pollutants for the same time period and see if and to what extent the objectives set by the European Union are feasible.

After a lot of study, we have chosen as the most suitable forecast method for the object we are considering, the method of linear regression and the method of exponential smoothing Brown. Finally, the results of the two methods are compared and an analysis of the results is made.

Keywords

Electric vehicles, GHG emissions, transport, European Union, BEV technologies, environment, forecasting CO₂

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	9
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	10
1^ο Κεφάλαιο: Εισαγωγή	14
1.1 Τι είναι τα ηλεκτρικά οχήματα;	14
2^ο Κεφάλαιο: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ	19
2.1 Επιπτώσεις που προέρχονται από την χρήση των μέσων μεταφοράς	19
2.2 Η στάση της Ευρωπαϊκής Ένωσης	22
2.2.1 Συμφωνίες των κρατών για την κλιματική αλλαγή και τους μακροπρόθεσμους στόχους ..	22
2.2.2 Ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων-ΟΔΗΓΙΑ 2014/94/εε ^[6]	26
2.2.3 Μεγάλες προκλήσεις για τις Ευρωπαϊκές μεταφορές	29
2.3 Καταγραφή κατάστασης στην Ευρωπαϊκή Ένωση	31
2.3.1 Ανάπτυξη υποδομών-επενδύσεις	32
2.4 Καταγραφή κατάστασης στον κόσμο	32
3^ο Κεφάλαιο: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	34
4^ο Κεφάλαιο: ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ MARKET SHARE ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ	65
4.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	65
5^ο Κεφάλαιο: ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ	81
5.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ^[17,18]	81
5.1.1 ΧΡΟΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ (TIME FRAME) ^[17]	82
5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ^[17,18]	83
5.2.1 ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ^[17,18]	84
5.2.2 ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ^[16,17]	89
5.2.2.1 ΑΙΤΙΟΚΡΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ^[17,18]	90
5.2.2.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ^[17,18,19]	94
5.3 ΜΟΤΙΒΟ ΤΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ^[17,19]	95
5.4 ΣΦΑΛΜΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ^[17]	98
5.5 ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ^[17]	100
5.5.1 ΑΠΛΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ (SIMPLE MOVING AVERAGE)	100
5.5.2 ΔΙΠΛΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ^[17]	105
5.6 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ^[17]	109
5.6.1 ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ (EXPONENTIAL SMOOTHING)	109
5.6.2 ΔΙΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ: ΜΕΘΟΔΟΣ BROWN ^[17]	114
5.6.3 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ: ΜΕΘΟΔΟΣ HOLT ^[17]	119
5.6.4 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ: ΜΕΘΟΔΟΣ WINTERS ^[17]	123
5.7 ΑΠΛΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ ^[20]	125
6^ο Κεφάλαιο: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΡΥΠΩΝ	129
6.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ	129
6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΚΘΕΤΙΚΗΣ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗΣ BROWN	142
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	149
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	153

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3-1 Μετρήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων που προέρχονται από τα μέσα μεταφοράς στην ΕΕ την περίοδο 2000-2014	38
Πίνακας 3-2 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO ₂ ανα κάτοικο	44
Πίνακας 4-1 Σημεία φόρτισης ανά κράτος στην ΕΕ	76
Πίνακας 4-2 Επισκόπηση πωλήσεων PHEV	79
Πίνακας 4-3 Επισκόπηση πωλήσεων BEV	80
Πίνακας 5-1 Συνοπτική ανάλυση των ποιοτικών μεθόδων πρόβλεψης	88
Πίνακας 5-2 Συνοπτική ανάλυση των αιτιοκρατικών μεθόδων πρόβλεψης	93
Πίνακας 6-1 Μηνιαίες πωλήσεις BEV και PHEV	131
Πίνακας 6-2 Αποτελέσματα πρόβλεψης με την εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης ..	138
Πίνακας 6-3 Πρόβλεψη των εκπομπών ρύπων με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης	139
Πίνακας 6-4 Μερίδιο των BEV και PHEV στην αγορά με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης	141
Πίνακας 6-5 Τριμηνιαίες πωλήσεις BEV και PHEV	143
Πίνακας 6-6 Αποτελέσματα πρόβλεψης με την εφαρμογή της εκθετικής εξομάλυνσης Brown	144
Πίνακας 6-7 Πρόβλεψη των εκπομπών ρύπων με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown	145
Πίνακας 6-8 Μερίδιο των BEV και PHEV στην αγορά με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown	147

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 1.1 Βασικά μέρη ενός PHEV οχήματος.....	16
Εικόνα 2.1 ρύποι στο περιβάλλον.....	20
Εικόνα 2.2 Φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	21
Εικόνα 2.3 Ευρωπαϊκή οργάνωση για την μόλυνση και την κλιματική αλλαγή.....	23
Εικόνα 2.4 Αύξηση θερμοκρασίας στον πλανήτη.....	32
Εικόνα 2.5 Η δράση- αντίδραση και τα αποτελέσματα από τις αποφάσεις τις ΕΕ.....	44
Εικόνα 3.1 Εμπορικό λιμάνι.....	49
Εικόνα 4.1 Ηλεκτρικό αυτοκίνητο.....	63

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2-1 Η παραγωγή CO ₂ στην ΕΕ 1990-2014	23
Διάγραμμα 3-1 Συμβολή του τομέα των μεταφορών στις συνολικές εκπομπές των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων για το 2014	35
Διάγραμμα 3-2 Ατμοσφαιρικοί ρύποι που παράγουν τα μέσα μεταφοράς στην ΕΕ	37
Διάγραμμα 3-3 Ρύποι που παράγουν τα μέσα μεταφοράς στην ΕΕ	39
Διάγραμμα 3-4 Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂) που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από τα μέσα μεταφοράς	40
Διάγραμμα 3-5 Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂) που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από τα μέσα μεταφοράς	41
Διάγραμμα 3-6 Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂) που παράγουν οι χώρες της ΕΕ	42
Διάγραμμα 3-7 Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂) που παράγουν οι χώρες της ΕΕ	43
Διάγραμμα 3-8 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στο Λουξεμβούργο (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	45
Διάγραμμα 3-9 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Εσθονία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	46
Διάγραμμα 3-10 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ισλανδία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	47
Διάγραμμα 3-11 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ιρλανδία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	47
Διάγραμμα 3-12 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Τσεχία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	48
Διάγραμμα 3-13 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ολλανδία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	49
Διάγραμμα 3-14 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Γερμανία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	49
Διάγραμμα 3-15 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Φινλανδία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	50
Διάγραμμα 3-16 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Κύπρο (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	51
Διάγραμμα 3-17 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στο Βέλγιο (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	51
Διάγραμμα 3-18 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Πολωνία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	52
Διάγραμμα 3-19 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Δανία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	53
Διάγραμμα 3-20 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ελλάδα (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	53
Διάγραμμα 3-21 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Αυστρία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	54
Διάγραμμα 3-22 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ηνωμένο Βασίλειο (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	55
Διάγραμμα 3-23 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Σλοβενία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	55
Διάγραμμα 3-24 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Βουλγαρία (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	56
Διάγραμμα 3-25 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Μάλτα (Tonnes of CO ₂ equivalent per capita)	57

Διάγραμμα 3-26 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Σλοβακία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	57
Διάγραμμα 3-27 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ισπανία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	58
Διάγραμμα 3-28 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Γαλλία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	59
Διάγραμμα 3-29 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ιταλία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	59
Διάγραμμα 3-30 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Λιθουανία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	60
Διάγραμμα 3-31 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Πορτογαλία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	60
Διάγραμμα 3-32 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Σουηδία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	61
Διάγραμμα 3-33 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ουγγαρία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	62
Διάγραμμα 3-34 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Λετονία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	62
Διάγραμμα 3-35 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ρουμανία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	63
Διάγραμμα 3-36 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Κροατία (Tonnes of CO2 equivalent per capita).....	64
Διάγραμμα 4-1 Παραγωγή ρύπων ανά κατηγορία οχήματος.....	44
Διάγραμμα 4-2 Νέοι επιβάτες οχημάτων με εναλλακτικά καύσιμα.....	45
Διάγραμμα 4-3 Ποσοστό οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων ως προς τον συνολικό στόλο οχημάτων.....	45
Διάγραμμα 4-4 Ποσοστό εναλλακτικών καυσίμων σε επιβατικά οχήματα ως προς τον συνολικό στόλο οχημάτων.....	46
Διάγραμμα 4-5 Αριθμός οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων που κυκλοφορούν στην ΕΕ.....	46
Διάγραμμα 4-6 Νέα καταγραφή των ηλεκτρικών επιβατικών αυτοκινήτων.....	47
Διάγραμμα 4-7 Αριθμός δημόσιων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.....	47
Διάγραμμα 4-8 Αριθμός δημόσιων σταθμών φόρτισης.....	48
Διάγραμμα 4-9 Συνολικός αριθμός σταθμών φόρτισης PEV.....	48
Διάγραμμα 4-10 Κίνηση αγοράς BEV για το 2016.....	52
Διάγραμμα 4-11 Κίνηση αγοράς PHEV για το 2016.....	52
Διάγραμμα 5-1 Οριζόντιο- επίπεδο στοιχείο ή στατικό (horizontal pattern – H).....	95
Διάγραμμα 5-2 Εποχικότητα (seasonal pattern – S).....	96
Διάγραμμα 5-3 Κυκλικότητα (cyclical pattern – C).....	97
Διάγραμμα 5-4 Τάση (trend pattern – T).....	97
Διάγραμμα 5-5 Τυχειότητα (random pattern – R).....	98
Διάγραμμα 6-1 Πορεία πωλήσεις BEV την περίοδο 2013-2017.....	132
Διάγραμμα 6-2 Γραμμικότητα τάσης-εποχικότητας.....	136
Διάγραμμα 6-3 Πρόβλεψη των πωλήσεων για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης.....	139
Διάγραμμα 6-4 Εκπομπές ρύπων για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης.....	140
Διάγραμμα 6-5 Μερίδιο των BEV και PHEV στην αγορά για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης.....	141

Διάγραμμα 6-6 Πρόβλεψη των πωλήσεων για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown	146
Διάγραμμα 6-7 Εκπομπές ρύπων για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown	146
Διάγραμμα 6-8 Μερίδιο των BEV και PHEV στην αγορά για την χρονική περίοδο 2017-2030, με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown	148

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Τι είναι τα ηλεκτρικά οχήματα;

Τα Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα (ΗΑ) [1], συμπεριλαμβανομένων των υβριδικών, των υβριδίων plug-in και των ηλεκτρικών οχημάτων με μπαταρίες, αποτελούν ένα όλο και πιο σημαντικό κομμάτι της παγκόσμιας αγοράς αυτοκινήτων. Η αύξηση των πωλήσεων αυτών των οχημάτων οδηγείται όχι μόνο από την ελκυστικότητα των οχημάτων, αλλά και από την ζήτηση των καταναλωτών για οχήματα που κοστίζουν λιγότερο να λειτουργούν από τις παραδοσιακές μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Όμως τι είναι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και ποια τα πλεονεκτήματά τους απέναντι στα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν ΜΕΚ;

Το **Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο (ΗΑ)** χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται σε επαναφορτιζόμενες συστοιχίες συσσωρευτών. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες αντί των μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Αντιθέτως, τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν και τα δύο (ηλεκτρικές μηχανές και ΜΕΚ) καλούνται *υβριδικά αυτοκίνητα* και συνήθως δεν θεωρούνται καθαρά ΗΑ. Τα *αυτοκίνητα με τις μπαταρίες* που μπορούν να φορτιστούν και να χρησιμοποιηθούν χωρίς ΜΕΚ καλούνται «βυσματωτά» ηλεκτρικά οχήματα, και είναι καθαρά ΗΑ, ενώ δεν καταναλώνουν καύσιμα. Τα ΗΑ είναι συνήθως αυτοκίνητα, ελαφριά φορτηγά, ποδήλατα, ηλεκτρικά μηχανικά δίκυκλα, μικρά οχήματα γκολφ, ανυψωτικά (forklifts) και παρόμοια. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ήταν μεταξύ των αυτοκινήτων που εμφανίστηκαν από τις πρώτες μέρες της αυτοκίνησης και έχουν υψηλότερο συντελεστή ενεργειακής απόδοσης από όλα τα αυτοκίνητα με μηχανές εσωτερικής καύσης.

Σε σύγκριση με τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, τα ΗΑ παρουσιάζουν πολλά εμφανή σημεία υπεροχής, αλλά και σημαντικούς περιορισμούς.

Πλεονεκτήματα:

- Δεν παράγουν κανενός είδους ρύπους εξάτμισης.
- Προκαλούν την ελάχιστη δυνατή ρύπανση σε μακροχρόνια βάση, υπό τον όρο ότι χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Υπό αυτή την προϋπόθεση, μπορούν να μετριάσουν την παγκόσμια θέρμανση που προκαλείται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου και να μειώσουν την εξάρτηση από το πετρέλαιο.
- Είναι πιο αθόρυβα από τα αυτοκίνητα εσωτερικής καύσης.
- Επιτυγχάνουν σχεδόν σταθερή ροπή από την ακινησία έως το μέγιστο όριο στροφών λειτουργίας.
- Έχουν ευχέρεια να λειτουργούν σε πιο υψηλές στροφές από τους βενζινοκινητήρες, συχνά ακόμα και ως τις 14.000 στροφές / λεπτό.

- Έχουν χαμηλότερο κόστος σε βάθος χρόνου, καθώς δεν επηρεάζονται από την κάθε τόσο αύξηση της τιμής της βενζίνης, αλλά και λόγω του χαμηλότερου κόστους σέρβις και συντήρησης. Τα ΗΑ χρειάζονται πολύ λιγότερο σέρβις και συντήρηση, καθώς:
 1. δεν απαιτούν τις τακτικές αλλαγές λαδιών.
 2. δεν εκπέμπουν ρύπους, δεν έχουν σύστημα εξαγωγής καυσαερίων και διάταξη εξάτμισης, ούτε σιγαστήρα (σιλανσιέ) προ της εξάτμισης, ούτε καταλύτη ή φίλτρο καπνού.
 3. δεν απαιτούν αντικατάσταση ή έστω συντήρηση σε μηχανικά μέρη, όπως σύστημα ανάφλεξης, πιστόνια, βαλβίδες ή εκκεντροφόρους, διότι στα ΗΑ δεν υπάρχουν, ενώ οι μηχανές εσωτερικής καύσης έχουν πάνω από 100 κινούμενα μέρη.
 4. μπορούν να σχεδιαστούν έτσι ώστε να αυτο-φορτίζονται κατά τις επιβραδύνσεις του οχήματος (regenerative braking), βελτιώνοντας έτσι τον δείκτη κατανάλωσης.

Μειονεκτήματα:

- Υψηλές δαπάνες κατασκευής, με αποτέλεσμα την υψηλή τιμή πώλησης.
- Περιορισμένη απόσταση ταξιδιού μεταξύ κάθε επαναφόρτισης της μπαταρίας. Στο παρελθόν κάθε 100 χιλιόμετρα χρειάζονταν επαναφόρτιση. Ωστόσο, τα πιο σύγχρονα μοντέλα επιτυγχάνουν αυτονομίες που ξεκινούν από 100 έως 120 χιλιόμετρα στα αυτοκίνητα πόλης και φτάνουν στα 250 - 300 χιλιόμετρα ή και παραπάνω, σε αυτοκίνητα μεγάλης ισχύος (Tesla Model S: 430 χλμ). Το σημερινό ρεκόρ ανήκει σε ένα σπορ ηλεκτροκίνητο Tesla Roadster, που κατάφερε να διανύσει 504 χιλιόμετρα (313 μίλια) με μία μόνο φόρτιση, με μέση ταχύτητα 56 χιλιόμετρα/ώρα (35 μίλια/ώρα) και είχε 5 χιλιόμετρα (3 μίλια) ακόμα αυτονομία όταν έφτασε στον τερματισμό. Το ρεκόρ επετεύχθη στις 27 Οκτωβρίου 2009, κατά τη διάρκεια του παγκόσμιου οικολογικού διαγωνισμού Global Green Challenge, στην Αυστραλία.
- Μεγάλος χρόνος επαναφόρτισης, συνήθως 6 ώρες για πλήρη επαναφόρτιση. Ωστόσο, αρκετά σύγχρονα μοντέλα μπορούν να φορτιστούν κατά 80% σε χρόνο λιγότερο της 1 ώρας.
- Περιορισμένη διάρκεια ζωής μπαταριών, συνήθως 3 - 5 χρόνια. Παρ' όλα αυτά, για το Chevrolet Volt, η General Motors δίνει εγγύηση 8 έτη ή 100.000 μίλια (160.000 χιλιόμετρα) για τις μπαταρίες

Οι κατηγορίες στις οποίες χωρίζουμε τα ΗΑ είναι:

- **Υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (HEV):** Οχήματα που βασίζονται κατά κύριο λόγο στις ΜΕΚ, ενώ η ηλεκτρική μηχανή ενεργοποιείται μόνο σε χαμηλές ταχύτητες μέσα στην πόλη.
- **Plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα (PHEV):** Τα οχήματα που χρησιμοποιούν την ενέργεια που αποθηκεύονται από το δίκτυο, αλλά έχουν επίσης ένα ΜΕΚ για να επεκτείνουν το εύρος του οχήματος.

- **Ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (BEV):** Οχήματα που χρησιμοποιούν ενέργεια που αποθηκεύεται από το δίκτυο.

[2]Ένα υβριδικό όχημα περιλαμβάνει τόσο συμβατικό κινητήρα όσο και ηλεκτρικό με μπαταρία- κινητήρα, γεγονός που αυξάνει την πολυπλοκότητα του συστήματος αυτού του είδους οχημάτων. Τα ηλεκτρικά οχήματα, τροφοδοτημένα από μια μόνο μπαταρία, έχουν επίσης μεγαλύτερο αριθμό εξειδικευμένων εξαρτημάτων απ' ό,τι τα συμβατικά οχήματα. Την τελευταία δεκαετία, οι κατασκευαστές οχημάτων έχουν εισαγάγει έναν σημαντικό αριθμό εναλλακτικής τεχνολογίας κινητήρων. Αυτά περιλαμβάνουν BEV οχήματα που αποτελούνται από μια σειρά από εξειδικευμένα μέρη, συμπεριλαμβανομένης της μπαταρίας, ενός ηλεκτροκινητήρα, έναν ελεγκτή κινητήρα και αναζωογόνηση πέδησης. Από την άλλη, τα υβριδικά οχήματα (PHEV) περιλαμβάνουν όλα τα κύρια μέρη ενός ηλεκτρικού οχήματος με μπαταρία, καθώς επίσης και έναν βοηθητικό κινητήρα εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) συν τη σχετική δεξαμενή καυσίμου.

Ηλεκτρικός κινητήρας

Ένας ηλεκτρικός κινητήρας τροφοδοτεί το όχημα χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στη μπαταρία. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί επίσης να λειτουργήσει ως ενσωματωμένη γεννήτρια για την μπαταρία παράγοντας ηλεκτρισμό ενώ το όχημα επιβραδύνει. Οι ηλεκτροκινητήρες έχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους συμβατικούς κινητήρες καύσης. Αυτό περιλαμβάνει την υψηλότερη αποτελεσματικότητά τους (ένα ηλεκτρικό όχημα μετατρέπει περίπου το 80% της ενέργειας που καταναλώνει σε καταναλώσιμη ισχύ, σε σύγκριση με περίπου 20% για ένα συμβατικό όχημα), υψηλή ανθεκτικότητα, μικρότερο κόστος συντήρησης και μικρότερη ηχορύπανση σε χαμηλές ταχύτητες. Διαφορετικοί τύποι ηλεκτρικών κινητήρων χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά οχήματα, συμπεριλαμβανομένων κινητήρων επαγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) και διαφορετικών τύπων συνεχούς ρεύματος (DC) κινητήρες. Γενικά, οι διάφορες τεχνολογίες που υποστηρίζουν τους ηλεκτροκινητήρες θεωρούνται αρκετά ανεπτυγμένες όσον αφορά την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία τους. Παρ' όλα αυτά, ορισμένα έξοδα που συνδέονται με την παραγωγή τους είναι πιθανό να μειωθούν στο μέλλον χάρη σε πιο αποδοτικά συστήματα παραγωγής, βελτιωμένα σχέδια και μικρότερους κινητήρες.

Μπαταρία

Η μπαταρία σε ένα ηλεκτρικό όχημα αποθηκεύει την ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιεί ο ηλεκτρικός κινητήρας για την τροφοδοσία του οχήματος. Τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν μπαταρίες ιόντων λιθίου. Αυτά έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τους περισσότερους άλλους τύπους μπαταριών, συμπεριλαμβανομένης της μεγαλύτερης χωρητικότητας αποθήκευσης ενέργειας και μεγαλύτερης διάρκειας ζωής. Ωστόσο, τα τρέχοντα συστήματα μπαταριών τείνουν να είναι τόσο βαριά και δαπανηρά. Επιπλέον, ακόμη και αν οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, χάνουν τη χωρητικότητά τους με την πάροδο του χρόνου ως

αποτέλεσμα της γήρανσης και επαναλαμβανόμενων κύκλων φόρτισης. Η ανάπτυξη βελτιωμένων τεχνολογιών μπαταριών αποτελεί μείζονα προτεραιότητα για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη.

Ηλεκτροκινητήρας

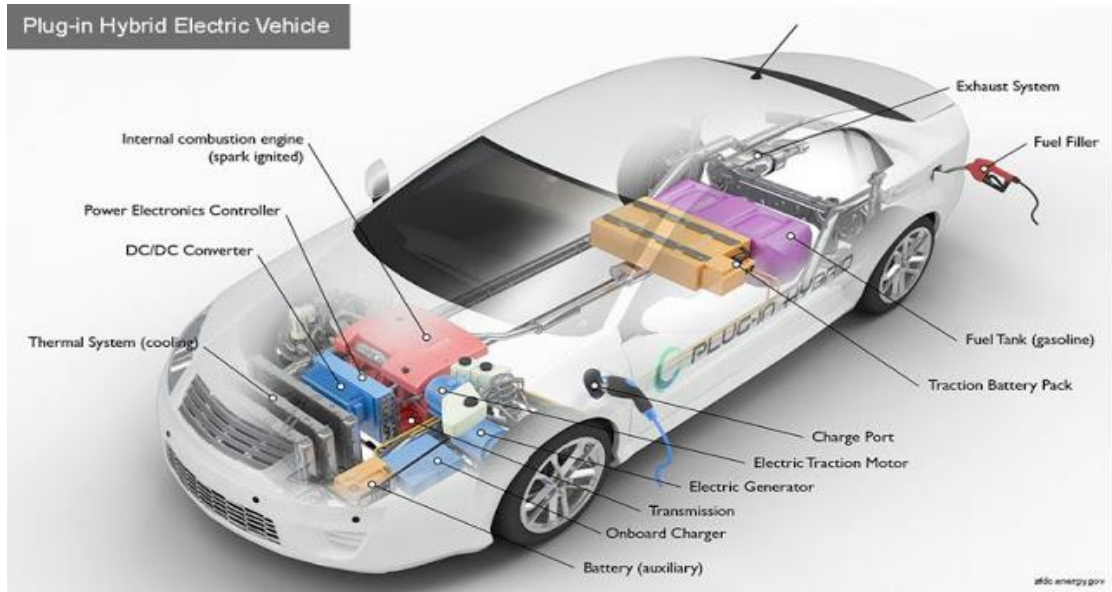
Ο ηλεκτροκινητήρας ελέγχει την απόδοση του ηλεκτροκινητήρα, συμπεριλαμβανομένης της ρύθμισης της ποσότητας ισχύος που παρέχει η μπαταρία στον κινητήρα.

Regenerative brakes

Τα συστήματα regenerative brakes βοηθούν στη διατήρηση της μπαταρίας σε φορτισμένο ηλεκτρικό όχημα, μετατρέποντας σε ηλεκτρική ενέργεια μέρος της ενέργειας που κανονικά θα χαθεί ως θερμότητα κατά τη διάρκεια της πέδησης. Τέτοια συστήματα περιλαμβάνουν ένα μικρό ηλεκτρική γεννήτρια ως μέρος των συστημάτων πέδησης του οχήματος · πρέπει να χρησιμοποιούνται μαζί με συμβατικά φρένα με βάση την τριβή. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα των αναγεννητικών φρένων, εκτός από τη βελτίωση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης του οχήματος, είναι ότι επεκτείνουν τη διάρκεια ζωής του συστήματος πέδησης του οχήματος, καθώς τα μέρη του δεν φθείρονται τόσο γρήγορα.

Βοηθητικός εξοπλισμός

Όπως συμβατικά οχήματα, τα ηλεκτρικά οχήματα ενσωματώνουν διάφορους τύπους βοηθητικού εξοπλισμού. Αυτά περιλαμβάνουν το υδραυλικό τιμόνι, το στήριγμα πέδησης, τα φώτα, τα συστήματα ψύξης και θέρμανσης των επιβατών και τη θέρμανση των μπαταριών και συστήματα ψύξης. Ειδικά κατά τη διάρκεια των ψυχρών περιόδων, τόσο τα συστήματα θέρμανσης μπαταριών όσο και επιβατών μπορούν να καταναλώσουν μεγάλο μέρος της χωρητικότητας της μπαταρίας, μειώνοντας ενδεχομένως το εύρος οδήγησης. Η βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας από βοηθητικό εξοπλισμό γίνεται πιο σημαντική στα ηλεκτρικά οχήματα.



Εικόνα 1.1 Βασικά μέρη ενός PHEV οχήματος

2^ο Κεφάλαιο: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

2.1 Επιπτώσεις που προέρχονται από την χρήση των μέσων μεταφοράς

Η αναμενόμενη αύξηση των μεγεθών των μεταφορών με τον τρόπο οργάνωσής τους που υιοθετήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες δημιουργεί ιδιαίτερο προβληματισμό από το γεγονός ότι οι θετικές επιπτώσεις από την ικανοποίηση της ζήτησης για μετακινήσεις είναι άμεσα συνδεδεμένες με επιπτώσεις αρνητικές για το περιβάλλον.



Εικόνα 2.1 ρύποι στο περιβάλλον

Οι μεταφορές είναι μείζων παράγοντας εκπομπής ρύπων στη φύση. Ιδιαίτερα σημαντικές είναι οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από τις οδικές μεταφορές, αν και οι αντίστοιχες εκπομπές από τις εναέριες και θαλάσσιες μεταφορές δεν είναι καθόλου ευκαταφρόνητες. Οι σημαντικότερες εκπομπές ρύπων των οδικών μεταφορών είναι:

- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το οποίο συμβάλει τα μέγιστα για την αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και αποτελεί την μεγαλύτερη απείλη, τόσο για την δημόσια υγεία του ανθρώπινου είδους όσο και για το περιβάλλον.
- Οι υδρογονάνθρακες (HC), τα οποία παράγονται είτε από ατελή ή μερική καύσης και τα οποία είναι τοξικά για την ανθρώπινη υγεία. Οι υδρογονάνθρακες, και ιδιαίτερα οι

πτητικέςοργανικές ενώσεις (VOCs), συμβάλλουν στον σχηματισμός του όζοντος σε επίπεδο εδάφους και φωτοχημικού νέφους στην ατμόσφαιρα.

- Το μονοξειδίο του άνθρακα (CO), είναι ένα προϊόν της ατελούς καύσης, η οποία λαμβάνει χώρα όταν ο άνθρακας στο καύσιμο είναι μόνο εν μέρει οξειδωμένο, σχηματίζοντας CO και όχι CO₂. Είναι άχρωμο και άοσμο, αλλά εξαιρετικά τοξικό. Η άμεση έκθεση σε CO μειώνει τη ροή του οξυγόνου στην κυκλοφορία του αίματος και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για τα άτομα με καρδιακές παθήσεις. Όπως και παραπάνω το μονοξειδίο του άνθρακα συμβάλλει επίσης στον σχηματισμός του όζοντος σε επίπεδο εδάφους και στον σχηματισμό νέφους.
- Τα οξειδία αζώτου (NOx) που αποτελείται από μια ομάδα διαφορετικών χημικών που σχηματίζονται από την αντίδραση του αζώτου (η πιο άφθονη αερίου στον αέρα με το οξυγόνο). Τα οξειδία του αζώτου χωρίζεται στο άχρωμο μονοξειδίο του αζώτου (NO) και το πολυ τοξικό και αντιδραστικό διοξειδίο του αζώτου (NO₂). Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου προκαλούν βλάβες στο περιβάλλον συμβάλλοντας στην αύξηση της οξύτητας και ευτροφισμού των υδάτων και του εδάφους.

Ιδιαίτερα αρνητική είναι και η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα που μαζί με τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου και μεθανίου συντελούν στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου[3], που επιδρά αρνητικά στις κλιματολογικές συνθήκες. Παράλληλα διαρροές πετρελαίου και άλλων χημικών συστατικών στο περιβάλλον τόσο από τα φορτηγά αυτοκίνητα όσο και από τα πλοία, ιδιαίτερα τα δεξαμενόπλοια, συμβάλλουν σημαντικά στη μόλυνση των εδαφών, των ποταμών και των θαλασσών, και μάλιστα όχι μόνο σε περίπτωση ατυχημάτων αλλά και σε καθημερινή βάση από τη λειτουργία τους.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι από την αρχή της δεκαετίας του 1970 οι μεταφορές έχουν γίνει ο κύριος καταναλωτής μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αφού οι σχετικές ανάγκες ικανοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά από τη χρήση πετρελαίου. Οποιαδήποτε προσπάθεια μέχρι σήμερα βελτίωσης της κατανάλωσης ενέργειας υπερφαλαγγίστηκε από την κατακόρυφη αύξηση του αριθμού των κυκλοφορούντων οχημάτων και άλλων μέσων μεταφοράς.

Η συγκοινωνιακή υποδομή, που περιλαμβάνει το οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, τα λιμάνια, τα αεροδρόμια, τους χώρους στάθμευσης και τους σταθμούς μεταφόρτωσης εμπορευμάτων, καταλαμβάνει σημαντικό μέρος γης που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί διαφορετικά. Κατά κανόνα η κατασκευή της συγκοινωνιακής υποδομής αλλοιώνει κατά τρόπο μη αναστρέψιμο το φυσικό περιβάλλον και υποβαθμίζει αισθητικά το τοπίο.

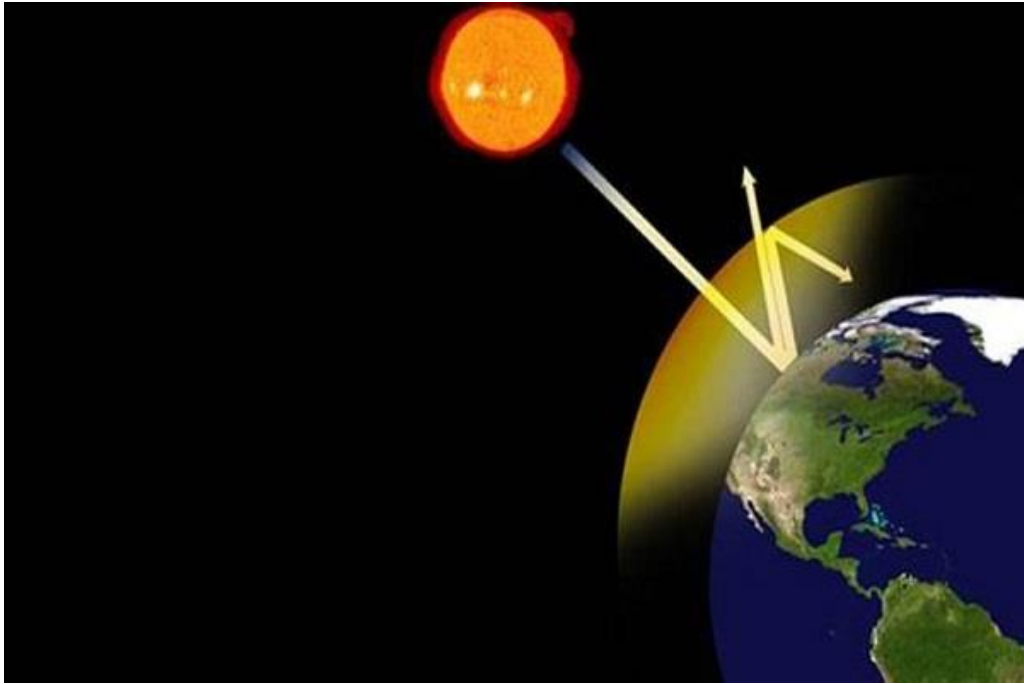
Αξίζει να σημειωθεί πως για να παραχθεί ένα αυτοκίνητο χρειάζονται περίπου 148.000 λίτρα νερού, όση ποσότητα δηλαδή χρειάζεται ένας άνθρωπος για όλη του τη ζωή. Το μέσο οικογενειακό αυτοκίνητο που καλύπτει 15.000 χλμ το χρόνο εκπέμπει 3 τόνους διοξειδίου του άνθρακα CO₂/έτος. Επίσης αξιοσημείωτο είναι πως απαιτούνται 150 μεγάλα δέντρα ή μια δασική περιοχή 5 στρεμμάτων για να απορροφήσουν 1 τόνο του CO₂ ετησίως. Η καύση ενός λίτρου βενζίνης παράγει 2,6 κιλά διοξειδίο του άνθρακα.

Οι συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου είναι δύσκολο να προεκτιμηθούν, εξαιτίας του γεγονότος ότι η άνοδος της θερμοκρασίας συνδέεται με παράγοντες των οποίων ο ρόλος δεν είναι πλήρως γνωστός. Οι σημαντικότερες συνέπειες είναι:

- **Αλλαγή του κλίματος της Γης:** Μετακίνηση των ζωνών βροχοπτώσεως, από τον ισημερινό προς τον βορρά και ερημοποίηση του κάτω τμήματος της εύκρατης ζώνης. Αυτό σημαίνει ότι θα πραγματοποιηθούν αλλαγές στους διάφορους τύπους βλάστησης τόσο στις γεωργικές όσο και στις δασικές εκτάσεις.
- **Άνοδος της στάθμης των θαλασσών:** Οι λόγοι που οδηγούν στο φαινόμενο αυτό είναι η διαστολή των υδάτων που επιφέρει η αύξηση της θερμοκρασίας και η τήξη των πάγων. Μία άνοδος της στάθμης κατά 50 έως 150 εκατοστά θα έχει βαρύτερες συνέπειες, καθώς θα πλημμυρίσουν πολλές περιοχές που βρίσκονται κοντά στο επίπεδο της θάλασσας (οι περισσότερες από αυτές είναι εύφορες και πυκνοκατοικημένες).
- **Μείωση των υδάτινων πόρων:** Αρνητικές συνέπειες θα δημιουργηθούν από τη μεταβολή του ρυθμού του υδρολογικού κύκλου, ενώ παράλληλα οι ανάγκες άρδευσης και ύδρευσης θα είναι μεγαλύτερες.
- **Συμβολή στην εμφάνιση του φαινομένου Ελ Νίνιο:** Το φαινόμενο Ελ Νίνιο, δηλαδή η περιοδική αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων στον κεντρικό και ανατολικό Ειρηνικό ωκεανό, συσχετίζεται από πολλούς επιστήμονες με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επιπτώσεις του φαινομένου είναι ασυνήθιστοι άνεμοι, πλημμύρες, ξηρασίες, ενώ αναφέρεται ότι επηρεάζει και τις καιρικές συνθήκες της Μεσογείου, και συγκεκριμένα συνδέεται με τις χαμηλές βροχοπτώσεις στην περιοχή.
- **Άμεση επίδραση της θερμοκρασίας:** Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του Καλοκαιριού σε πολλές περιοχές του πλανήτη θα φτάσει σε τέτοια επίπεδα που θα είναι ανυπόφορη για τους ανθρώπους και τους άλλους ζωϊκούς και φυτικούς οργανισμούς. Περισσότερο έντονο θα είναι (ήδη έχει αρχίσει να γίνεται σε πολλές περιοχές) το πρόβλημα στις πόλεις, όπου η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τον περιβάλλοντα χώρο κατά 0,5 – 3C λόγω της έλλειψης βλάστησης και της μεγαλύτερης απορρόφησης ακτινοβολίας των δομικών υλικών.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι η διαδικασία κατά την οποία η ατμόσφαιρα ενός πλανήτη συγκρατεί θερμότητα και συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς του. Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά από τον Γάλλο μαθηματικό, αστρονόμο και φυσικό Ζοζέφ Φουριέ, το 1838, ενώ διερευνήθηκε συστηματικά από το Σουηδό χημικό Σβάντε Αρρένιους. Σε αυτόν οφείλεται και η ονομασία του φαινομένου, όταν το 1896, την εποχή του προετοιμάζε τη διδακτορική του διατριβή, ανέπτυξε τη θεωρία ότι οι ραγδαία αυξανόμενες βιομηχανίες που στέλνουν άνθρακα και άλλους ρύπους στον αέρα ίσως να μη διαφέρουν, όσον αφορά τις επιπτώσεις στις κλιματικές αλλαγές, από τα στοιχεία που εκλύθηκαν στην ατμόσφαιρα με την έκρηξη του ηφαιστείου Κρακατόα στην Ινδονησία το 1883. Τα τελευταία χρόνια, ο όρος συνδέεται με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης (παγκόσμια θέρμανση), ενώ θεωρείται πως το φαινόμενο έχει ενισχυθεί σημαντικά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Πηγή: Wikipedia



Εικόνα 2.2 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Όσο αφορά τις επιπτώσεις που έχει πάνω στον άνθρωπο, ορατά είναι τα συμπτώματα στην υγεία των πνευμόνων αμέσως μετά από έκθεση σε υψηλά επίπεδα ρύπανσης όπου περιλαμβάνουν ερεθισμό των αεραγωγών, δύσπνοια και αυξημένη πιθανότητα για κρίση άσθματος. Η παρατεταμένη έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους έχει αποδειχτεί ότι αυξάνει την εμφάνιση πνευμονικών νοσημάτων (π.χ. καρκίνος) και θανάτων από αυτά.

2.2 Η στάση της Ευρωπαϊκής Ένωσης

2.2.1 Συμφωνίες των κρατών για την κλιματική αλλαγή και τους μακροπρόθεσμους στόχους

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, ο πιο ένθερμος υποστηρικτής του *Πρωτοκόλλου του Κιότο*[3], αποφάσισε να εφαρμόσει πιλοτικά την εμπορία εκπομπών εντός της κοινότητας πριν από την επίσημη έναρξη του διεθνούς συστήματος και να ενσωματώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο στην κοινοτική νομοθεσία μέσα από τις *Οδηγίες 2003/87/EK* και *2004/101/EK*.

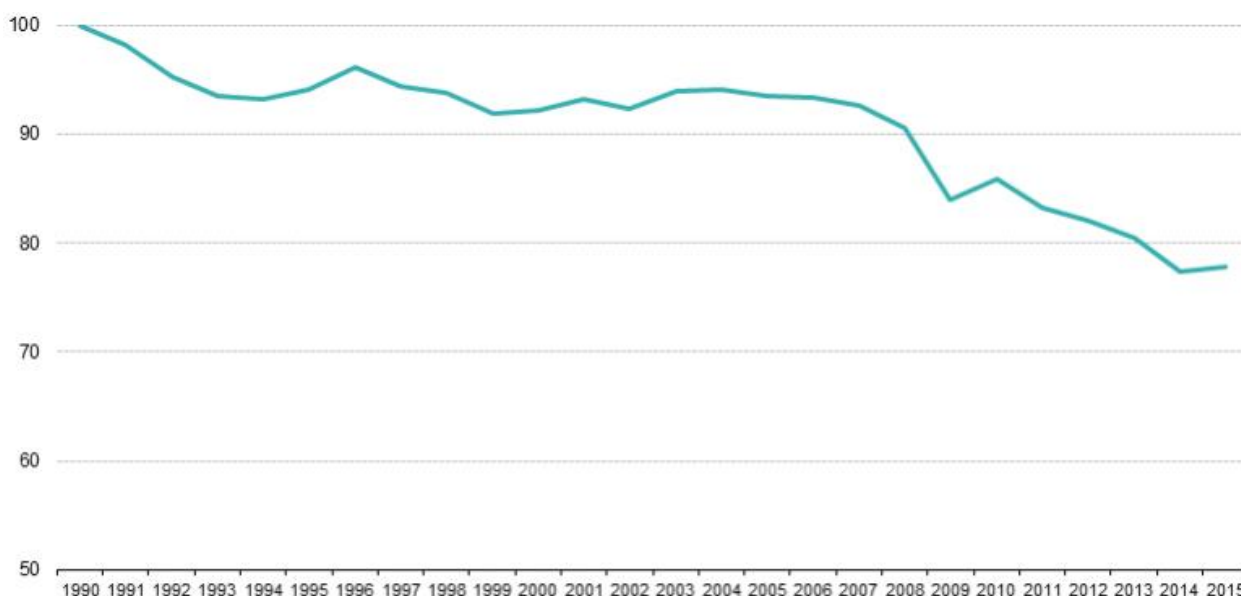
European Environment Agency European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation



Εικόνα 2.3 Ευρωπαϊκή οργάνωση για την μόλυνση και την κλιματική αλλαγή

Σύμφωνα με αυτές η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε τρεις βασικούς στόχους για το κλίμα και την ενεργειακή πολιτική, που θα έπρεπε να επιτευχθούν μέχρι το 2020:

- την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990
 - την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20% και
 - προχωρώντας προς μια αύξηση κατά 20% της ενεργειακής απόδοσης.
- Οι στόχοι αυτοί είναι επίσης γνωστοί ως στόχοι των “20 -20 έως 20”.



Διάγραμμα 2-0-1 Η παραγωγή CO₂ στην ΕΕ 1990-2014
[πηγή δεδομένων: ΕΕΑ]

[5] Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε και στο *διάγραμμα 2.1* η ΕΕ έχει καταφέρει μέσα σε μια 24ετία (από το 1990 μέχρι το 2014) να μειώσει τους ρύπους CO₂ που συμβάλλουν στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου κατά 22,9%. Από το 1990, όπου και ξεκίνησε η προσπάθεια μειώσεις των ρύπων CO₂, μέχρι το 2002 παρατηρούμε αρκετά σκαμπανεβάσματα στους δείκτες.

Η μεγαλύτερη μείωση των ρύπων που είχε επιτευχθεί μέχρι τότε ήταν το 1998, όπου και σημειώθηκε μείωση των ρύπων σε σχέση με το 1990 κατά 8,2%, για να φτάσουμε το 2002 στο 7,8%.

Από το 2002 μέχρι το 2007 δεν υπήρξαν σημαντικές αλλαγές, με τους ρύπους CO₂ να παραμένουν μειωμένη σχεδόν στα ίδια επίπεδα μεταξύ 6%-7,6% σε σχέση με το 1990. Από το 2007 μέχρι και το 2014 σημειώνεται η μεγαλύτερη μείωση των ρύπων CO₂, όπου αγγίζει το 12,9%, σε σχέση με το 1990. Εξαιρέση σε εκείνη την περίοδο αποτελεί η χρονική περίοδος 2009-2010, όπου και σημειώθηκε αύξηση των ρύπων CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά 3% σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά.

Από το 2002 μέχρι το 2007 δεν υπήρξαν σημαντικές αλλαγές, με τους ρύπους CO₂ να παραμένουν μειωμένη σχεδόν στα ίδια επίπεδα μεταξύ 6%-7,6% σε σχέση με το 1990. Από το 2007 μέχρι και το 2014 σημειώνεται η μεγαλύτερη μείωση των ρύπων CO₂, όπου αγγίζει το 12,9%, σε σχέση με το 1990. Εξαιρέση σε εκείνη την περίοδο αποτελεί η χρονική περίοδος 2009-2010, όπου και σημειώθηκε αύξηση των ρύπων CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά 3% σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά.

Το **Πρωτόκολλο του Κιότο** αποτελεί έναν «οδικό χάρτη», στον οποίο περιλαμβάνονται τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος που προκαλείται λόγω της αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με αυτό, τα κράτη που το έχουν συνυπογράψει δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων (2008-2012) κατά ένα συγκεκριμένο στόχο σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 (ή του 1995 για ορισμένα αέρια).

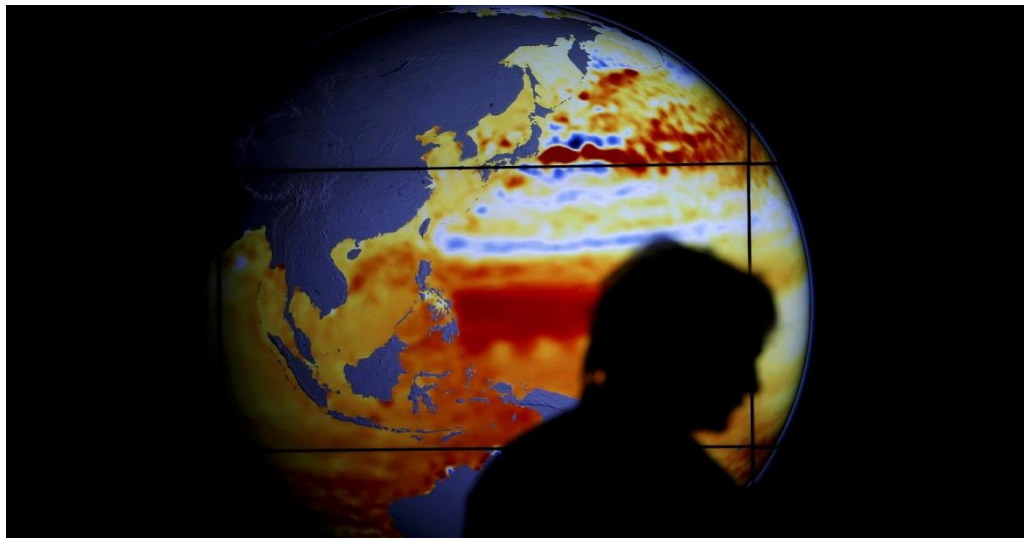
Αυτό επιχειρείται να γίνει με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο, ώστε να μην επιβαρυνθεί η παγκόσμια οικονομία. Έτσι, το Πρωτόκολλο του Κιότο περιλαμβάνει τρεις ευέλικτους μηχανισμούς:

- την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών,
- την κοινή εφαρμογή,
- και το μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης.

Ο πρώτος μηχανισμός προβλέπει την αγοραπωλησία δικαιωμάτων εκπομπών μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών (όπως για παράδειγμα κράτη και υπόχρεες εγκαταστάσεις) κατά τη θεωρία των property rights, ενώ οι άλλοι δύο βασίζονται σε προγράμματα έργων (σε χώρες του Παραρτήματος I ο δεύτερος και σε χώρες εκτός του Παραρτήματος I ο τρίτος).

Πηγή: Wikipedia

Οι επίτευξη κάποιων στόχων πιο γρήγορα από ότι προέβλεπε το Πρωτόκολλο του Κιότο σε συνδιασμό με την αναθεώρηση αρκετών κομματιών αυτής της συμφωνίας οδήγησαν στην πρόταση για αλλαγή των στόχων που είχαν τεθεί από την συμφωνία του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Έτσι, στις 12 Δεκέμβριου του 2015, υιοθετήθηκε η συμφωνία του Παρισιού, η οποία αντικατέστησε το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο υπεγράφη το 1992. Τα μέτρα που υιοθετήθηκαν αποβλέπουν στην επιβράδυνση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής εντός των επόμενων δεκαετιών.



Εικόνα 2.4 Αύξηση θερμοκρασίας στον πλανήτη

Η συμφωνία αποτελεί ένα σχέδιο δράσης για τη συγκράτηση της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη αρκετά κάτω από τους 2°C. Καλύπτει την περίοδο από το 2020 και μετά. Τα κύρια στοιχεία της νέας συμφωνίας του Παρισιού είναι τα εξής:

- **μακροπρόθεσμος στόχος:** οι κυβερνήσεις συμφώνησαν να συγκρατηθεί η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη αρκετά κάτω από 2 °C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα και να συνεχιστούν οι προσπάθειες για τον περιορισμό της σε 1,5 °C
- **συνεισφορές:** πριν και κατά τη διάσκεψη του Παρισιού οι χώρες υπέβαλαν ολοκληρωμένα εθνικά σχέδια δράσης για το κλίμα με στόχο τη μείωση των εκπομπών τους
- **φιλοδοξία:** οι κυβερνήσεις συμφώνησαν να κοινοποιούν κάθε 5 χρόνια τις συνεισφορές τους με σκοπό τον καθορισμό πιο φιλόδοξων στόχων
- **διαφάνεια:** δέχθηκαν επίσης να κοινοποιούν μεταξύ τους και να ενημερώνουν το κοινό σχετικά με την πρόοδο υλοποίησης των στόχων, με σκοπό την εξασφάλιση διαφάνειας και εποπτείας

- **αλληλεγγύη:** η ΕΕ και οι άλλες ανεπτυγμένες χώρες θα εξακολουθήσουν να παρέχουν χρηματοδότηση για το κλίμα ώστε να βοηθήσουν τις αναπτυσσόμενες χώρες να μειώσουν τις εκπομπές και να θωρακιστούν έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής

2.2.2 Ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων-ΟΔΗΓΙΑ 2014/94/εε^[6]

Η παρούσα οδηγία θεσπίζει κοινό πλαίσιο μέτρων για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στην Ένωση, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η εξάρτηση από το πετρέλαιο και να περιοριστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον τομέα των μεταφορών. Η παρούσα οδηγία ορίζει ελάχιστες προδιαγραφές για τη δημιουργία υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, περιλαμβανομένων των σημείων επαναφόρτωσης των ηλεκτρικών οχημάτων και των σημείων ανεφοδιασμού φυσικού αερίου (LNG και CNG) και υδρογόνου οι οποίες θα εφαρμοστούν μέσω των εθνικών πλαισίων πολιτικής των κρατών μελών, καθώς και κοινές τεχνικές προδιαγραφές για την εν λόγω επαναφόρτωση και σημεία ανεφοδιασμού, και προδιαγραφές ως προς τις πληροφορίες προς τους χρήστες.

Για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας, νοούνται ως:

1) «**εναλλακτικά καύσιμα**»: τα καύσιμα ή οι πηγές ενέργειας που χρησιμεύουν, έστω και εν μέρει, ως υποκατάστατο για τις πηγές ορυκτού πετρελαίου στον ενεργειακό εφοδιασμό στις μεταφορές και που έχουν τη δυνατότητα να συμβάλουν στην απαλλαγή των μεταφορών από τις ανθρακούχες εκπομπές και να ενισχύσουν τις περιβαλλοντικές επιδόσεις του εν λόγω τομέα. Σε αυτά περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων:

- η ηλεκτρική ενέργεια,
- το υδρογόνο
- τα βιοκαύσιμα όπως ορίζονται στο άρθρο 2 σημείο i) της οδηγίας 2009/28/EK,
- τα συνθετικά και παραφινικά καύσιμα,
- το φυσικό αέριο, συμπεριλαμβανομένου του βιομεθανίου, σε αέρια μορφή (συμπιεσμένο φυσικό αέριο – CNG) και σε υγροποιημένη μορφή (υγροποιημένο φυσικό αέριο – LNG), και
- το υγροποιημένο πετρελαικό αέριο (υγραέριο – LPG)

2) «**ηλεκτρικό όχημα**»: μηχανοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης της κίνησης το οποίο περιέχει τουλάχιστον μία μη περιφερειακή ηλεκτρική μηχανή ως μετατροπέα ενέργειας με ηλεκτρικό επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο μπορεί να επαναφορτίζεται εξωτερικά,

3) «**σημείο επαναφόρτισης**»: διεπαφή ικανή να φορτίσει ένα ηλεκτρικό όχημα κάθε φορά ή να ανταλλάξει την μπαταρία ενός ηλεκτρικού οχήματος κάθε φορά,

4) «**σημείο επαναφόρτισης κανονικής ισχύος**»: σημείο επαναφόρτισης που επιτρέπει τη μεταφορά ηλεκτρισμού σε ηλεκτρικό όχημα ισχύος έως 22 kW, αποκλειομένων των

μηχανημάτων με ισχύ έως 3,7 kW τα οποία είναι εγκατεστημένα σε ιδιωτικές κατοικίες ή των οποίων ο κύριος σκοπός δεν είναι να φορτίζουν ηλεκτρικά οχήματα και τα οποία δεν είναι δημοσίως προσβάσιμα,

5) «**σημείο επαναφόρτισης υψηλής ισχύος**»: σημείο επαναφόρτισης που επιτρέπει τη μεταφορά ηλεκτρισμού σε ηλεκτρικό όχημα ισχύος υψηλότερης των 22 kW,

6) «**από ξηράς παροχή ηλεκτρικής ενέργειας**»: η από ξηράς παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω τυποποιημένης διεπαφής σε ελλιμενισμένα θαλασσοπλοούντα πλοία ή πλοία εσωτερικής ναυσιπλοΐας,

7) «**δημοσίως προσβάσιμο σημείο επαναφόρτισης ή ανεφοδιασμού**»: σημείο επαναφόρτισης ή ανεφοδιασμού που παρέχει εναλλακτικό καύσιμο με άνευ διακρίσεων πρόσβαση σε όλους τους χρήστες στο σύνολο της Ένωσης. Η άνευ διακρίσεων πρόσβαση μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα μέσα για την ταυτοποίηση, τη χρήση και την πληρωμή,

8) «**σημείο ανεφοδιασμού**»: εγκατάσταση ανεφοδιασμού για την παροχή οποιουδήποτε καυσίμου εξαιρουμένου του LNG, μέσω σταθερής ή κινητής εγκατάστασης,

9) «**σημείο ανεφοδιασμού με LNG**»: εγκατάσταση ανεφοδιασμού για την παροχή LNG, η οποία αποτελείται από εγκατάσταση σταθερή ή κινητή ή υπεράκτια εγκατάσταση, ή από άλλα συστήματα.

Εθνικά πλαίσια πολιτικής

1. Κάθε κράτος μέλος θεσπίζει εθνικό πλαίσιο πολιτικής για την ανάπτυξη της αγοράς υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών και την υλοποίηση των σχετικών υποδομών. Περιλαμβάνει τουλάχιστον τα ακόλουθα στοιχεία:

- αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης και της μελλοντικής ανάπτυξης της αγοράς σε ό,τι αφορά τα εναλλακτικά καύσιμα στον τομέα των μεταφορών, μεταξύ άλλων υπό το πρίσμα της πιθανής ταυτόχρονης και συνδυασμένης χρήσης τους, και της ανάπτυξης των υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, λαμβανομένης υπόψη, εφόσον υπάρχει, της διασυνοριακής συνέχειας,
- εθνικούς σκοπούς και στόχους, δυνάμει του άρθρου 4 παράγραφοι 1, 3 και 5, του άρθρου 6 παράγραφοι 1, 2, 3, 4, 6, 7 και 8 και, ενδεχομένως, του άρθρου 5 παράγραφος 1, για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων. Οι εν λόγω εθνικοί σκοποί και στόχοι καθορίζονται και μπορούν να αναθεωρούνται βάσει της εκτίμησης της εθνικής, περιφερειακής ή πανενωσιακής ζήτησης, διασφαλίζοντας παράλληλα τη συμμόρφωση προς τις ελάχιστες προδιαγραφές περί υποδομών που ορίζονται στην παρούσα οδηγία,
- μέτρα που απαιτούνται για την εξασφάλιση της επίτευξης των εθνικών σκοπών και στόχων που προβλέπονται στο εθνικό πλαίσιο πολιτικής,
- εξέταση της ανάγκης εγκατάστασης ηλεκτρικού ανεφοδιασμού σε αερολιμένες προς χρήση από ακινητοποιημένα αεροσκάφη.
- αξιολόγηση της ανάγκης εγκατάστασης σημείων ανεφοδιασμού με LNG σε λιμένες εκτός του κεντρικού δικτύου του ΔΕΔ-Μ,
- ορισμός των αστικών/προαστιακών και άλλων πυκνοκατοικημένων περιοχών και δικτύων, οι οποίες, αναλόγως των αναγκών της αγοράς, θα είναι εξοπλισμένες με σημεία ανεφοδιασμού με CNG σύμφωνα προς το άρθρο 6 παράγραφος 7,
- ορισμός των αστικών/προαστιακών και άλλων πυκνοκατοικημένων περιοχών και δικτύων, οι οποίες, αναλόγως των αναγκών της αγοράς, θα είναι εξοπλισμένες με

- δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης σύμφωνα προς το άρθρο 4 παράγραφος 1,
- μέτρα που μπορούν να προάγουν την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στις υπηρεσίες δημόσιων μεταφορών,
2. Τα κράτη μέλη διασφαλίζουν ότι στα εθνικά πλαίσια πολιτικής λαμβάνονται υπόψη οι ανάγκες των διαφόρων τρόπων μεταφοράς που υπάρχουν στο έδαφος κάθε κράτους μέλους, συμπεριλαμβανομένων αυτών για τους οποίους οι διαθέσιμες εναλλακτικές αντί των ορυκτών καυσίμων είναι περιορισμένες.
 3. Στα εθνικά πλαίσια πολιτικής λαμβάνονται υπόψη, αναλόγως, τα συμφέροντα των περιφερειακών και των τοπικών αρχών, καθώς και εκείνα των ενδιαφερόμενων φορέων.
 4. Εφόσον απαιτείται, τα κράτη μέλη συνεργάζονται, μέσω διαβουλεύσεων ή κοινών πλαισίων πολιτικής, ώστε να διασφαλιστεί ότι τα μέτρα που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων της παρούσας οδηγίας είναι συνεκτικά και συντονισμένα.
 5. Τα μέτρα στήριξης των υποδομών εναλλακτικών καυσίμων εφαρμόζονται σύμφωνα με τους κανόνες περί κρατικών ενισχύσεων της ΣΛΕΕ.
 6. Τα εθνικά πλαίσια πολιτικής οφείλουν να συμμορφώνονται προς την ισχύουσα ενωσιακή νομοθεσία ως προς το περιβάλλον και την προστασία του κλίματος.
 7. Τα κράτη μέλη κοινοποιούν τα εθνικά πλαίσια πολιτικής τους στην Επιτροπή έως τις 18 Νοεμβρίου 2016.
 8. Βάσει των πλαισίων εθνικής πολιτικής, η Επιτροπή δημοσιεύει και ενημερώνει τακτικά τις πληροφορίες σχετικά με τους εθνικούς στόχους και τους σκοπούς που υποβάλλει κάθε κράτος μέλος όσον αφορά:
 - τον αριθμό των δημοσίως προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης,
 - τα σημεία ανεφοδιασμού με υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) σε θαλάσσιους και εσωτερικούς λιμένες,
 - τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία ανεφοδιασμού μηχανοκίνητων οχημάτων με LNG,
 - τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία ανεφοδιασμού μηχανοκίνητων οχημάτων με συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG).

Κατά περίπτωση δημοσιεύονται επίσης οι ακόλουθες πληροφορίες σχετικά με:

- δημοσίως προσβάσιμα σημεία ανεφοδιασμού με υδρογόνο,
 - υποδομές για από ξηράς παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε θαλάσσιους και εσωτερικούς λιμένες,
 - υποδομές ηλεκτρικού ανεφοδιασμού για ακινητοποιημένα αεροπλάνα.
9. Η Επιτροπή επικουρεί τα κράτη μέλη κατά την υποβολή εκθέσεων ως προς τα εθνικά πλαίσια πολιτικής μέσω κατευθυντήριων γραμμών που αναφέρονται στο άρθρο 10 παράγραφος 4, αξιολογεί τη συνάφεια των εθνικών πλαισίων πολιτικής σε ενωσιακό επίπεδο και συνδράμει τα κράτη μέλη στη διαδικασία συνεργασίας που προβλέπεται στην παράγραφο 4 του παρόντος άρθρου.

2.2.3 Μεγάλες προκλήσεις για τις Ευρωπαϊκές μεταφορές



Εικόνα 2.5 Η δράση- αντιδραση και τα αποτελέσματα από τις αποφάσεις της ΕΕ

[6]Καθώς η κινητικότητα αυξάνεται στις κοινωνίες του σήμερα, η πολιτική της ΕΕ έχει ως στόχο να βοηθήσει τα συστήματα μεταφορών να ανταποκριθούν στις παρακάτω μείζονες προκλήσεις:

- Η ζήτηση μεταφορών θα αυξηθεί (μόνο οι εμπορευματικές μεταφορές αναμένεται να σημειώσουν αύξηση κατά 80 % έως το 2050), η δε τάση της αστυφιλίας θα εξακολουθήσει να υφίσταται.
- Ο κλάδος των μεταφορών της ΕΕ, ιδίως οι οδικές μεταφορές, βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στο πετρέλαιο ως καύσιμο. Λόγω της μεταβλητότητας των αγορών πετρελαίου καθώς και των πιθανών μελλοντικών δυσκολιών στην προμήθεια πετρελαίου, πρέπει να εξευρεθούν αξιόπιστες εναλλακτικές λύσεις.
- Η ΕΕ έχει δεσμευθεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 80 % έως το 2050. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, ο κλάδος των μεταφορών — ένας από τους μείζονες ρυπαντές καθώς ευθύνεται για το 25% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της ΕΕ — πρέπει να συμβάλει σημαντικά
- Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα του κλάδου των μεταφορών είναι το φαινόμενο της συμφόρησης, ιδίως της συμφόρησης των δρόμων και του εναέριου χώρου, το οποίο κοστίζει στην Ευρώπη σχεδόν το 1 % του ΑΕΠ ετησίως, ενώ ευθύνεται και για σημαντικό ποσοστό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ανεπιθύμητων εκπομπών. Το πρόβλημα αυτό πρέπει να αντιμετωπιστεί.

- Πρέπει να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των μεταφορών, η οποία προϋποθέτει τη βελτίωση της εφοδιαστικής καθώς και την ανάπτυξη μιας εξυπνότερης «συμπεριφοράς όσον αφορά τις μετακινήσεις» με βελτιστοποίηση της χρήσης των σύγχρονων συστημάτων ΤΠΕ και των τεχνολογιών που βασίζονται στη χρήση δορυφόρου. Η Ευρώπη, αντί να χρησιμοποιεί ένα μόνο είδος μεταφοράς, θα πρέπει να συνδυάζει καλύτερα όλους τους διαθέσιμους τρόπους μεταφοράς και όλα τα διαθέσιμα δίκτυα. Έτσι, θα επιτύχει τη βέλτιστη χρήση των μέσων και τη βέλτιστη μεταφορική ικανότητα.

- Η έμφαση στην έρευνα και την καινοτομία θα διατηρήσει τον ευρωπαϊκό κλάδο μεταφορών ανταγωνιστικό στη διεθνή αγορά και πρωτοπόρο όσον αφορά τη χρήση της πλέον σύγχρονης τεχνολογίας μεταφορών.

- Υποδομές: στόχος είναι η ολοκλήρωση του Διευρωπαϊκού Δικτύου Μεταφορών

- η προσφορότερη ενοποίηση των οδικών, σιδηροδρομικών, αεροπορικών και πλωτών (θαλάσσιων και εσωτερικών) μέσων σε μια αδιάλειπτη εφοδιαστική αλυσίδα

- η εξάλειψη των κυριότερων συμφορήσεων και η κατασκευή των ελλειπουσών, ιδίως διασυννοριακών, συνδέσεων. Οι υποδομές μεταφορών της Ευρώπης πρέπει να εκσυγχρονιστούν και να συντηρηθούν, ενώ τόσο ο δημόσιος όσο και ο ιδιωτικός τομέας πρέπει να διαθέσουν την απαιτούμενη χρηματοδότηση.

- Ενώ ο κλάδος των μεταφορών έχει σημειώσει στο σύνολό του σημαντική πρόοδο στο πλαίσιο της διαδικασίας ολοκλήρωσης της εσωτερικής αγοράς, εκκρεμούν ακόμη αρκετά ζητήματα σε τομείς όπως το άνοιγμα της αγοράς των οδικών και σιδηροδρομικών μεταφορών και η διασφάλιση όρων θεμιτού και ελεύθερου ανταγωνισμού.

Όπως προείπαμε υπάρχουν κάποιες προκλήσεις και ερωτήματα τα οποία τίθενται για το κατά πόσο μπορεί το δίκτυο ηλεκτροδότησης να υποστηρίξει τα επιπλέον φορτία που θα παρουσιάσουν στο δίκτυο της.

1. Με τα σημερινά δεδομένα, μια αύξηση της τάξεως του 10% στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα οδηγούσε σε κατάρρευση του δικτύου ηλεκτροδότησης, επομένως η αντοχή του δικτύου ηλεκτροδότησης θα είναι μια από τις κύριες προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστεί.
2. Επίσης σύμφωνα με έρευνες στην περίπτωση που επιτευχουν οι στόχοι και ο συνολικός στόλος των ηλεκτρικών οχημάτων φτάσει το 80%, τότε θα έχει ως αποτέλεσμα οι ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια να αυξηθούν, αυτό σημαίνει 150GW ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών της ηλεκτροκίνησης. Εδώ τίθεται το ερώτημα, μπορεί να παραχθεί αυτή η ενέργεια αποκλειστικά από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας;[7]

2.3 Καταγραφή κατάστασης στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Μια από τις κυριότερες πηγές, που είναι υπεύθυνη για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι η καύση ορυκτών καυσίμων. Από την καύση τους απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αέρια και ραδιενεργές ουσίες όπως το μεθάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα, το ουράνιο κ.α. Παρόλο την τεχνολογική πρόοδο αλλά και την τεχνογνωσία που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια σε πολλούς τόμους, τα μέσα μεταφοράς, κατά κύριο λόγο καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα. Τα τελευταία χρόνια έχουν κάνει την εμφάνιση τους τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και τα αυτοκίνητα υδραργυρου τα οποία είναι πιο φιλικά ως προς το περιβάλλον.

Η ΕΕ θα πρέπει να αυξήσει δραματικά τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας (σημαντικό ρόλο θα έχουν και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας) προκειμένου να επιτύχει τους στόχους που συμφωνήθηκαν στο Παρίσι το 2015. Η συμφωνία αποτελεί ένα αρκετά φιλόδοξο επιχείρημα της ΕΕ, καθώς στόχος της είναι η αρχική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% μέχρι το 2030, και η περαιτέρω μείωση των εκπομπών αερίων κατά 80-95% μέχρι το 2050.

Σημαντικό ρόλο στην μάχη που δίνει η ΕΕ για την επίτευξη των στόχων και την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα παίξει η ηλεκτροκίνηση. Η ηλεκτροκίνηση δεν είναι τόσο διαδεδομένη στον ευρωπαϊκό χώρο, παρόλο που υπήρξε αύξηση στις πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων το 2016 κατά 30% σε σχέση με το 2015. Επιπλέον από το 2013 και μετά υπάρχει μια συνεχής αύξηση στις υποδομές φόρτισης η οποία κυμαίνεται από 30%-60% κάθε χρόνο. Η ΕΕ διαθέτει σήμερα πάνω από 100000 σημεία φόρτισης, αλλά μερικά χιλιάδες από αυτά είναι αργής φόρτισης (8 ώρες για την φόρτιση μιας μπαταρίας). Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους δεν προτιμούνται τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα από το επιβατικό κοίνο είναι:

- έλλειψη υποδομών (σταθμοί φόρτισης)
- μεγάλο κόστος αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες από την πλευρά τους έχουν ως στόχο την παραγωγή 100 εκ. ηλεκτρικών αυτοκινήτων και 400 εκ. ηλεκτρικών μοτοσυκλετών και μοτοποδηλάτων μέχρι το 2030. Επιπλέον παραμένει κύριος στόχος για τις αυτοκινητοβιομηχανίες η ανάπτυξη της τεχνολογίας και της τεχνογνωσίας, έτσι ώστε να μειώθουν οι ρύποι που προέρχονται από τα αυτοκίνητα. Εώς τώρα οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν καταφέρει να ανταπεξέλθουν στους στόχους που τους έχει θέσει η ΕΕ. Πλέον κυκλοφορούν ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία παράγουν εκπομπές CO₂, όχι περισσότερες από 50gr/km, κάτι το οποίο ξεπερνάει κατά πολύ τον αρχικό στόχο που είχε θέσει η ΕΕ, καθώς είχε ορίσει ως στόχο τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία θα ήταν σε κυκλοφορία πως θα παράγαν 95gr/km μέχρι το 2021. Επιπλέον έχει καταφέρει να μειώσει κατά μεγάλο ποσοστό το κόστος παραγωγής των ηλεκτρικών οχημάτων (μείωση 80% κόστους μπαταρίας σε σχέση με το 2010), έτσι ώστε να είναι πιο προσιτά στο επιβατικό κοινό.

Μελέτες του ΕΟΠ (Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος) δείχνουν πως ο στόλος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα αποτελεί το 80% του συνολικού στόλου των αυτοκινήτων στην ΕΕ και πως αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα CO₂ της τάξεως των 255 εκ.τόνων CO₂ τον χρόνο, δηλαδή 84% λιγότεροι ρύποι στην ατμόσφαιρα σε σχέση με τα τωρινά δεδομένα.

2.3.1 Ανάπτυξη υποδομών-επενδύσεις

Η ΕΕ θα πρέπει να αντιμετωπίσει κάποιες προκλήσεις, έτσι ώστε να καταφέρει να φτάσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα, το οποίο είναι η απεξάρτηση των μεταφορών από τα ορυκτά καύσιμα και η αντικατάστασή τους με ηλεκτρική ενέργεια, της οποίας κύρια πηγή θα είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η ΕΕ επιθυμεί την ανάπτυξη των υποδομών εναλλακτικών καυσίμων και προβλέπει τα εξής:

- τα νέα και ανακαινισμένα σπίτια θα διαθέτουν σταθμούς φόρτισης από το 2019,
- 10% των χώρων στάθμευσης όλων των κτιρίων θα πρέπει να έχουν ειδικούς σταθμούς φόρτισης για τα ηλεκτρικά οχήματα,
- Περισσότεροι σταθμοί φόρτισης, και
- Ανάπτυξη του V2G (vehicle to grid).

Για να υποστηρίξει της μετάβασης από τα ορυκτά καύσιμα στην ηλεκτρική ενέργεια, η ΕΕ είναι έτοιμη να επενδύσει και να χρηματοδοτήσει η ίδια την όποια προσπάθεια γίνεται με σκοπό να μειώθουν οι εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα. Πιο αναλυτικά σύμφωνα με το επενδυτικό σχέδιο για την Ευρώπη (σχέδιο Γιούνκερ) η χρηματοδότηση έχει ως εξής:

- 70 δις ευρώ στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού και διαρθρωτικού επενδυτικού ταμείου, συν 39 δις ευρώ από τα οποία τα 27 δις ευρώ θα αξιοποιηθούν για την μετάβαση προς την κινητικότητα χαμηλών εκπομπών και τα άλλα 12 δις ευρώ για την περαιτέρω μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και
- Επιπλέον χρηματοδότηση 6,4 δις ευρώ από την HORIZON 2020 για την περαιτέρω μείωση του διοξειδίου του άνθρακα CO₂ στην ατμόσφαιρα.

2.4 Καταγραφή κατάστασης στον κόσμο

Για πολλές χώρες, η αντικατάσταση των οχημάτων που χρησιμοποιούν ΜΕΚ με τα αντίστοιχα ΗΟ έχει ήδη ξεκινήσει. Κάποιες από αυτές προχώρισαν στην ψήφιση νομοσχεδίων όπου προβλέπουν την απαγόρευση πώλησης οποιουδήποτε οχήματος που καταναλώνει ορυκτά καύσιμα, και την προώθηση και ανάπτυξη υποδομών για την υποστήριξη των ΗΟ στην αγορά. Κάποιες από αυτές τις χώρες παρουσιάζονται παρακάτω:

- Το *Ηνωμένο Βασίλειο* δήλωσε ότι θα απαγορεύσει την πώληση βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων από το 2040. Η Οξφόρδη θα είναι η πρώτη πόλη στο Ηνωμένο Βασίλειο που θα ξεκινήσει τη σταδιακή κατάργηση των πωλήσεων βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων το 2020. Η Σκωτία σχεδιάζει να σταματήσει τα αυτοκίνητα το 2032. Τα ηλεκτρικά οχήματα αντιστοιχούσαν στο 1,4% του μεριδίου αγοράς του οχήματος στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2016, σύμφωνα με την έκθεση.
- Η *Γαλλία* δήλωσε ότι θα απαγορεύσει την πώληση αυτοκινήτων αερίου και πετρελαίου ντίζελ μέχρι το 2040, με στόχο να είναι ουδέτερη από το 2050. Το Παρίσι σχεδιάζει να ξεκινήσει τη σταδιακή κατάργηση των οχημάτων από το 2030. Τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα αντιπροσώπευαν το 1,4% μερίδιο αγοράς το 2016, σύμφωνα με τον Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA).

Πόλεις όπως η Βαρκελώνη, η Κοπεγχάγη και το Βανκούβερ σκοπεύουν να απαγορεύσουν τα αυτοκίνητα που τροφοδοτούνται με αέριο και ντίζελ μέχρι το 2030. Παρόλο που ορισμένες χώρες δεν έχουν εκδώσει πλήρεις απαγορεύσεις των οχημάτων, ορισμένοι δήμαρχοι αναλαμβάνουν πρωτοβουλία να απαγορεύσουν τα αυτοκίνητα που κινούνται με βενζίνη και ντίζελ από τα κέντρα των πόλεων τους. Ορισμένες πόλεις, συμπεριλαμβανομένων μερικών στις Ηνωμένες Πολιτείες, έχουν πάρει πρωτοβουλίες για την προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Η Κοπεγχάγη, η πιο φιλική προς το ποδήλατο πόλη στον κόσμο, εργάζεται σε ένα επιθετικό χρονοδιάγραμμα. Σχεδιάζει να απαγορεύσει όλα τα αυτοκίνητα με κινητήρα ντίζελ ξεκινώντας το 2019. Οι δήμαρχοι του Λος Άντζελες, της Πόλη του Μεξικού, του Σιάτλ, της Βαρκελώνης, του Βανκούβερ, του Μιλάνου, του Κίτο, του Κέιπ Τάουν και του Ωκλαντ δεσμεύθηκαν να απαγορεύσουν τα αυτοκίνητα με βενζίνη και ντίζελ από τα «μεγάλα τμήματα» των πόλεων τους μέχρι το 2030. Οι ΗΠΑ υστερούν πίσω από άλλες χώρες όταν πρόκειται να θέσουν σε εφαρμογή πολιτικές που θα ενθαρρύνουν την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων. Ορισμένες πολιτείες, όπως η Καλιφόρνια, συμβάλλουν στη δημιουργία υποδομής για την υποστήριξη οχημάτων με μπαταρίες και για την αφαίρεση αυτοκινήτων με αέριο από το δρόμο. Ωστόσο, οι ΗΠΑ δεν έχουν ακόμη ολοκληρώσει ολοκληρωμένες πολιτικές με στόχο τη μείωση των εκπομπών καυσίμων που σχετίζονται με τις μεταφορές.

Όσο αφορά τις χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουμε τα εξής:

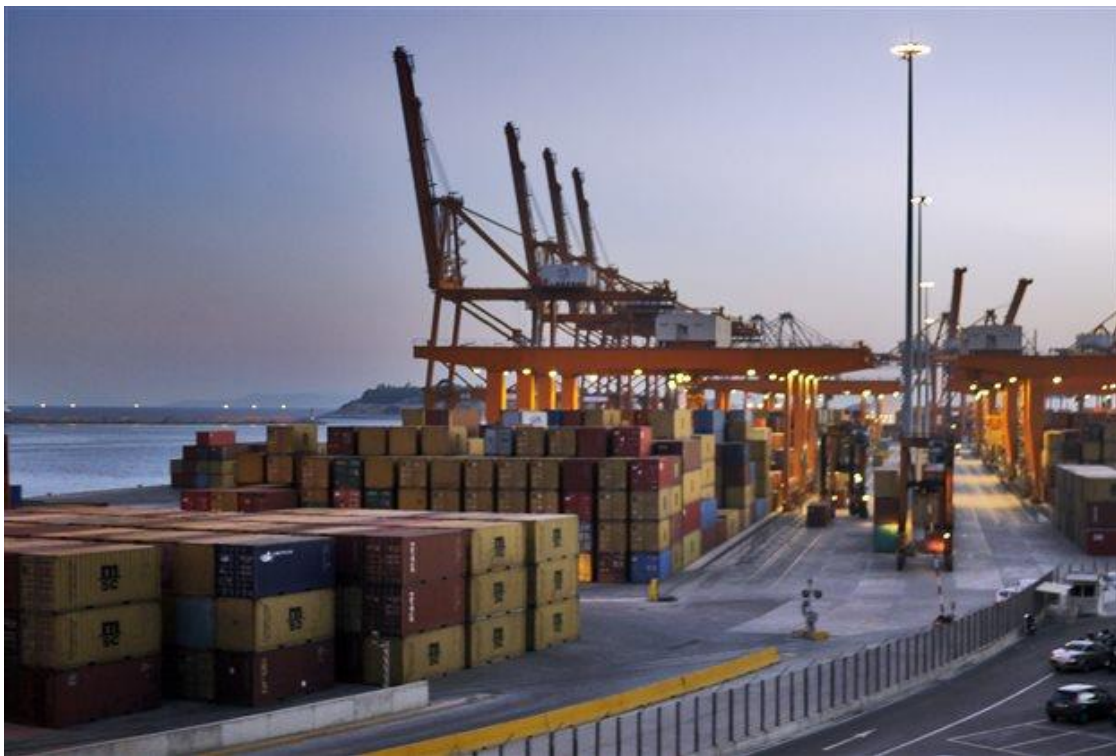
- Η *Νορβηγία* θα πουλά ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα μόνο από το 2030. Η Νορβηγία είναι η πιο προοδευτική χώρα όσον αφορά την ηλεκτροκίνηση. Τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα αντιπροσώπευαν το 28% του μεριδίου αγοράς της Νορβηγίας το 2016, σύμφωνα με έκθεση του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (IEA) του 2017.
- Η *Ινδία* έχει φιλόδοξους στόχους για την ηλεκτροκίνηση, λέγοντας ότι θα πουλάει μόνο ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα από το 2030. Η Ινδία δεν έχει ακόμη αναπτύξει υποδομή για την υποστήριξη οχημάτων με μπαταρίες, γι' αυτό αντιπροσωπεύουν μόνο ένα μικροσκοπικό μερίδιο αγοράς (λιγότερο από 1%).
- Η *Κίνα* δήλωσε ότι τελικά θα πουλήσει μόνο ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, αλλά δεν έχει ακόμη θέσει συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός plug-in ηλεκτρικών αυτοκινήτων στον κόσμο. Στην πραγματικότητα, η χώρα αντιπροσώπευε πάνω από το 40% όλων των ηλεκτρικών αυτοκινήτων που πωλούνται παγκοσμίως το 2016. Τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα αντιστοιχούσαν

στο 1,4% του μεριδίου αγοράς της Κίνας το 2016, σύμφωνα με την έκθεση του ΙΕΑ.
[8]

3^ο Κεφάλαιο: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

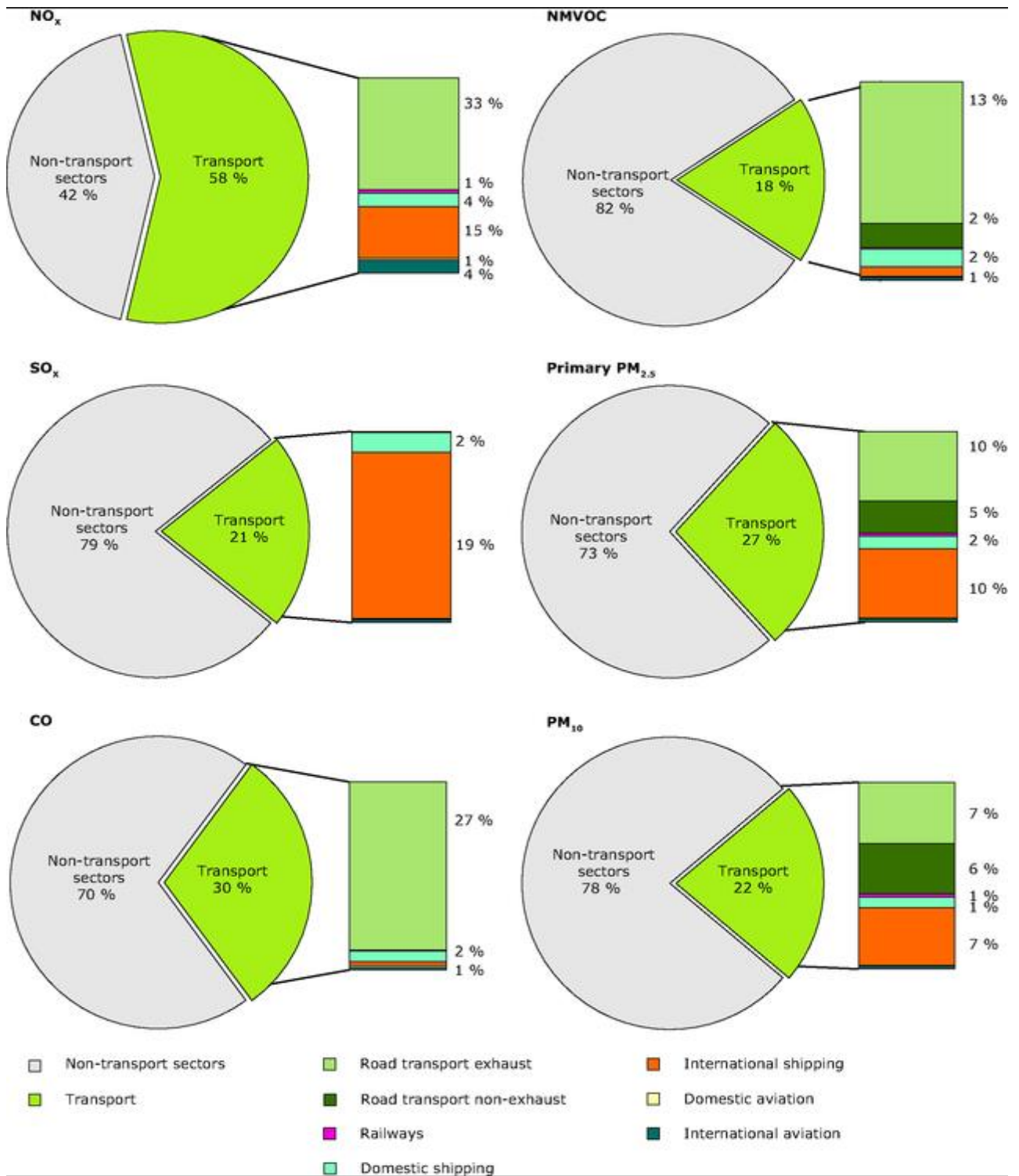
Ο άνθρωπος έχει μια ιδιαίτερη σχέση με τα μέσα μεταφοράς, καθώς τα χρησιμοποιεί σε καθημερινή βάση, έτσι ώστε να ικανοποιήσει τις καθημερινές ανάγκες του, τόσο για μετακίνηση (δουλειά, σπίτι), όσο και για να μεταφέρει και να προσφέρει αγαθά και υπηρεσίες που έχει ανάγκη (εισαγωγές, εξαγωγές προϊόντων).

Η αύξηση του υπερκαταναλωτισμού σε συνδυασμό με την οικονομική ευημερία που επικρατεί στα περισσότερα κράτη της ΕΕ, καθώς επίσης και η ελευθερία ανταλλαγής προϊόντων και υπηρεσιών μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών έχουν αυξήσει σημαντικά τον αριθμό των μέσων μεταφοράς στην ΕΕ, όπως επίσης και την σημασία που έχουν στην εξυπηρέτηση των αναγκών μας.



Εικόνα 3.1 Εμπορικό λιμάνι

Στα παρακάτω διαγράμματα θα δούμε αναλυτικά τι έχει αλλάξει την 14ετία (2000-2014) στον τομέα των μέσων μεταφοράς και πως διαμορφώθηκε αυτή το 2014. Ξεκινώντας θα δούμε την συμβολή που έχουν τα μέσα μεταφοράς στις συνολικές εκπομπές των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων καθώς επίσης και ποιά μέσα παράγουν τους περισσότερους ρύπους στην ατμόσφαιρα.



Διάγραμμα 3-1 Συμβολή του τομέα των μεταφορών στις συνολικές εκπομπές των κύριων ατμοσφαιρικών ρύπων για το 2014
 [πηγή: EEA][9]

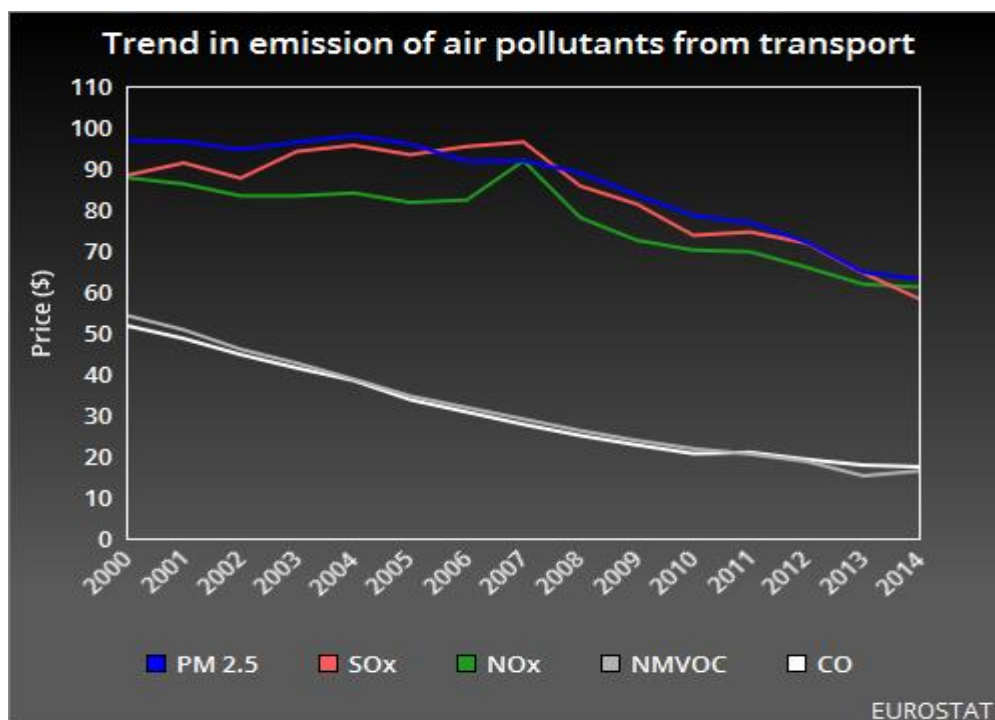
Όπως μπορούμε να δούμε αναλυτικά και στο *διάγραμμα 3.1*, τα μέσα μεταφοράς, στις περισσότερες των περιπτώσεων, συμβάλλουν περίπου το 20% με 30% των συνολικών ατμοσφαιρικών ρύπων που παράγονται στην ΕΕ, με εξαίρεση τους ρύπους διοξειδίου του αζότου (NO_x). Το ποσοστό των συνολικών ρύπων που παράγονται στην ΕΕ από τα μέσα μεταφοράς είναι οι εξής:

- Διοξειδίου του αζότου (NO_x) 58%
- Θειώδη (SO_x) 21%
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) 30%
- Μη μεθανιούχες πτητικές ουσίες (NMVOC) 18%
- Αιωρούμενα σωματίδια (PM 2.5) 27%
- Αιωρούμενα σωματίδια (PM 10) 22%
-

Αντίστοιχα οι συνολικοί ρύποι που παράγονται σε άλλους τομείς της ΕΕ είναι οι εξής:

- Διοξειδίου του αζότου (NO_x) 42%
- Θειώδη (SO_x) 79%
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) 70%
- Μη μεθανιούχες πτητικές ουσίες (NMVOC) 78%
- Αιωρούμενα σωματίδια (PM 2.5) 73%
- Αιωρούμενα σωματίδια (PM 10) 82%

Ωστόσο όπως φαίνεται παρακάτω, στο *διάγραμμα 3.2*, έχει επιτευθεί μια σημαντική μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων που παράγονται από τα μέσα μεταφοράς στην ΕΕ.



Διάγραμμα 3-2 Ατμοσφαιρικοί ρύποι που παράγουν τα μέσα μεταφοράς στην ΕΕ
[πηγή: ΕΕΑ][9]

Οι μειώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων που έχουν επιτευχθεί την 14ετία ,από το 2000 μέχρι το 2014, κυμαίνονται από 30% μέχρι και 70%. Πιο αναλυτικά οι μειώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων που παράγονται από τα μέσα μεταφοράς στην ΕΕ ,σε σχέση με το 2000, είναι οι παρακάτω:

- Αιωρούμενα σωματίδια (PM 2.5) 34.8%
- Θειώδη (SOx) 34.8%
- Διοξειδίου του αζότου (NOx) 30.33%
- Μη μεθανιούχες πτητικές ουσίες (NMVOC) 69.74%
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) 66.34%

Years	PM 2.5	Sox	Nox	NMVOC	CO
2000	96.8	88.3	87.7	54.2	51.7
2001	96.5	91.3	86.2	50.7	48.6
2002	94.6	87.6	83.3	46	44.7
2003	96.3	94.1	83.3	42.6	41.4

2004	98	95.6	84	38.7	38.4
2005	95.9	93.3	81.7	34.6	33.7
2006	91.7	95.3	82.3	31.8	30.7
2007	91.8	96.4	81.8	29	27.7
2008	88.9	85.7	78	26.2	25
2009	83.5	81.3	72.5	23.8	22.7
2010	78.5	73.7	70.1	21.8	20.6
2011	76.8	74.5	69.7	20.5	20.9
2012	72	71.8	65.9	18.7	19.2
2013	64.7	64.5	61.8	15.2	17.8
2014	63.1	58.2	61.1	16.4	17.4

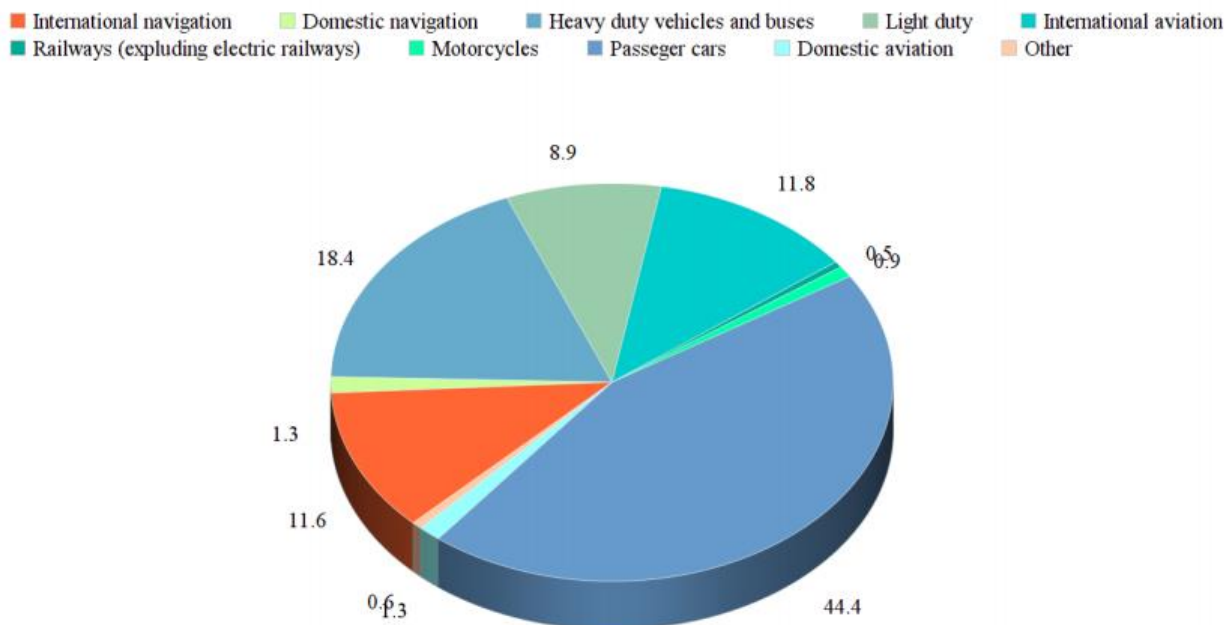
Πίνακας 3-1 Μετρήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων που προέρχονται από τα μέσα μεταφοράς στην ΕΕ την περίοδο 2000-2014

[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Κάποια μέσα μεταφοράς παράγουν περισσότερους ρύπους από άλλα μέσα μεταφοράς. Όπως μπορούμε να δούμε και στο *διάγραμμα 3.3*, τα επιβατικά αυτοκίνητα παράγουν το 44,4% των συνολικών ρύπων ενώ όλα τα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς παράγουν το 55,6% των συνολικών ρύπων που παράγουν τα μέσα μεταφοράς. Αυτή η τεράστια διαφορά που παρουσιάζεται μεταξύ των επιβατικών αυτοκινήτων σε σχέση με όλα τα μέσα μεταφοράς που κυκλοφορούν είναι λογική εάν αναλογιστεί κανείς πως κάθε μέση οικογένεια διαθέτει κατά μο 1,4 επιβατικά αυτοκίνητα, τα οποία και χρησιμοποιεί σε καθημερινή βάση.

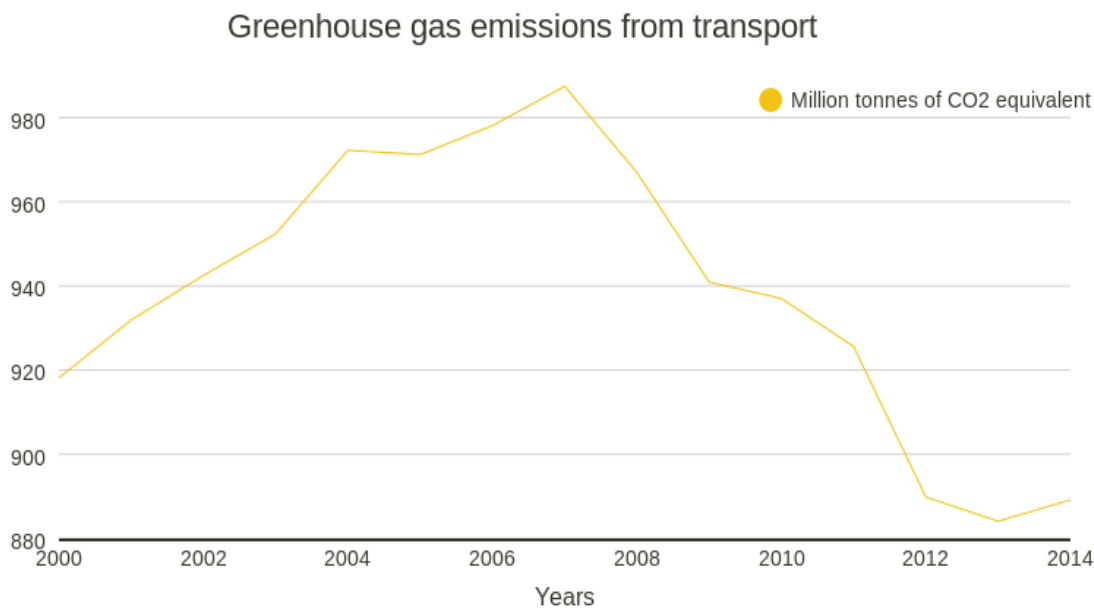
Ωστόσο όπως προαναφέρθηκε, η οικονομική άνεση αλλά και η εξυπηρέτηση που σου προσφέρει ένα επιβατικό όχημα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης σε όλη την Ευρώπη. Χαρακτηριστικά είναι και τα στοιχεία για την χώρα μας, όπως τα παρουσίασε η ΕΣΑ (Ελληνική Στατιστική Αρχή). Το 2014 κατέγραψε στην χώρα μας συνολικά 8.038.597 οχήματα. Από τα περίπου 8 εκατομμύρια κυκλοφορούντα οχήματα, τα 5,1 εκ. είναι επιβατικά, τα 1,58 εκ. μοτοσικλέτες, τα 1,32 εκ. φορτηγά και τα υπόλοιπα λεωφορεία. Συγκριτικά με 10 χρόνια πριν (το 2004), ο συνολικός στόλος ανερχόταν στα 6.258.379 οχήματα, που μεταφράζεται σε αύξηση της τάξεως του σχεδόν 28%. Η άνοδος αυτή προήλθε κυρίως από τα σχεδόν ένα εκατομμύριο επιβατικά και τις 500.000 μοτοσικλέτες που προστέθηκαν στον στόλο.

GHG gas emission from transport in EU-28



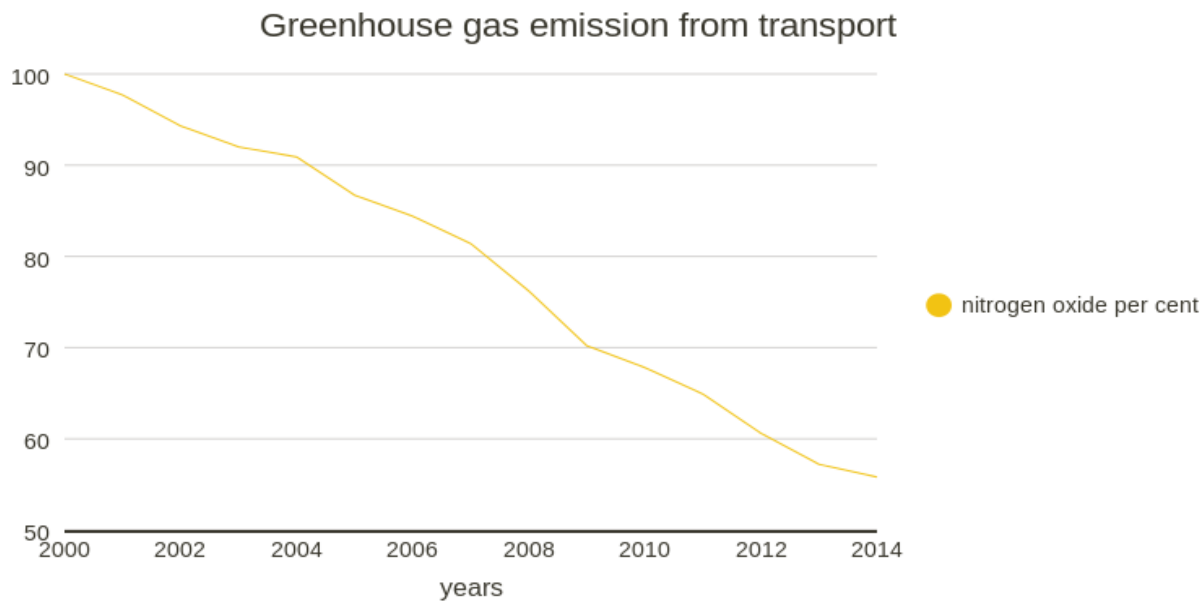
Διάγραμμα 3-Ρύποι που παράγουν τα μέσα μεταφοράς στην ΕΕ
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Παρ'λο την συνεχή αύξηση του στόλου των μέσων μεταφοράς σε ξηρά, θάλασσα και αέρα, οι ρύποι CO₂ που προέρχονται από τα μέσα μεταφοράς έχουν μειωθεί έστω και ελάχιστα. Όπως φαίνεται χαρακτηριστικά και στο *διάγραμμα 3.4*, το 2014 οι ρύποι CO₂ που προέρχονταν από τα μέσα μεταφοράς ήταν μειωμένη κατά 3,16% σε σχέση με το 2000. Από το 2000 μέχρι το 2007 βλέπουμε μια συνεχή αύξηση των ρύπων CO₂ στην ατμόσφαιρα. Αυτή η αύξηση έφτασε μέχρι το 7,5%. Από το 2007 μέχρι το 2014 οι ρύποι μειώθηκαν κατά 9,9%. Το αποτέλεσμα αυτής της μείωσης στους ρύπους CO₂ που καταγράφεται τα τελευταία χρόνια είναι αποτέλεσμα των σκληρών μέτρων και περιορισμών που έχει θέσει η ΕΕ στις βιομηχανίες σχετικά με την ρύθμιση των ρύπων που θα πρέπει παράγουν κάποια μέσα μεταφοράς, όπως τα αυτοκίνητα. Αυτό ανάγκασε τις βιομηχανίες να αναπτύξουν νέες τεχνολογίες οι οποίες θα είναι το ίδιο αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον.



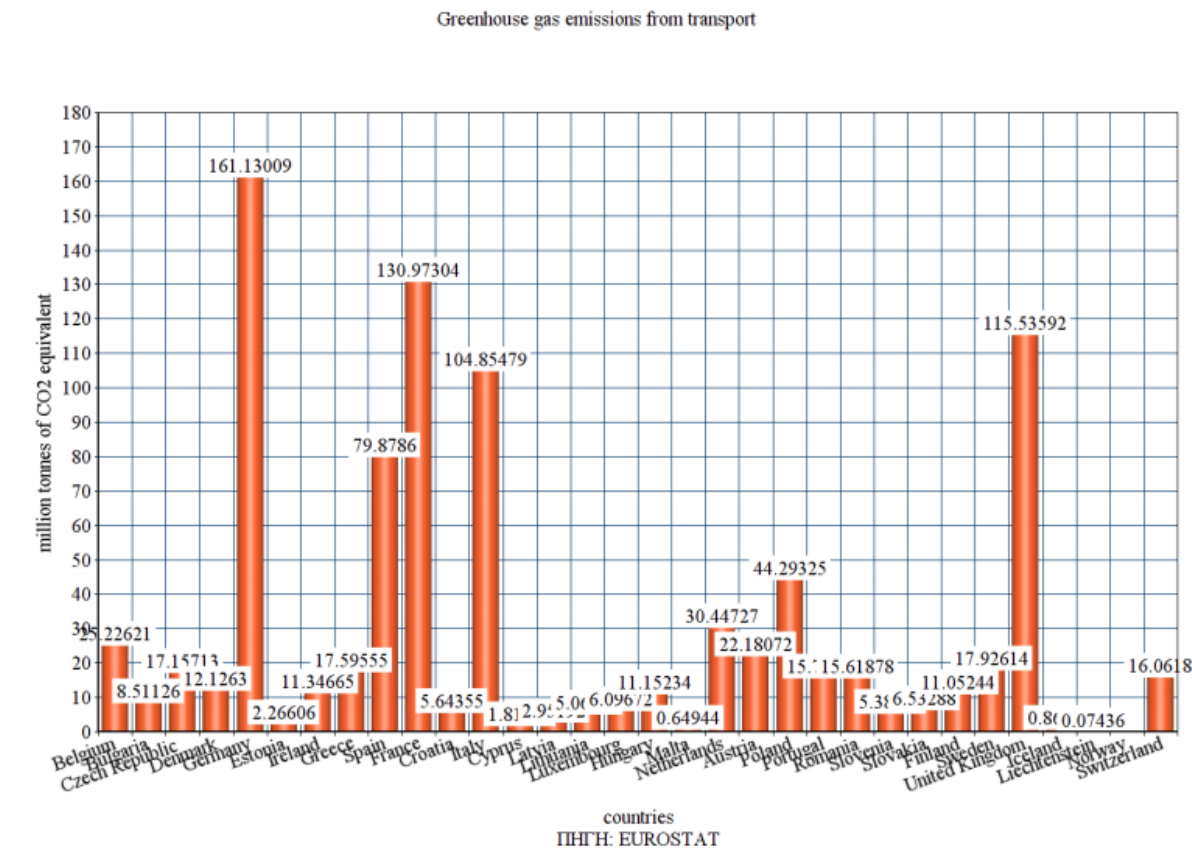
Διάγραμμα 3-4 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από τα μέσα μεταφοράς
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Ωστόσο όπως φαίνεται ξεκάθαρα και στο *διάγραμμα 3.5*, χάρη την τεχνολογική πρόοδο που εφαρμόστηκε πάνω στα μέσα μεταφοράς, οι ρύποι NO₂ μέσα σε μια 14ετία από το 2000 μέχρι το 2014 μειώθηκαν σχεδόν στο μισό, και πιο συγκεκριμένα μειώθηκε κατά 44,2%. Σε αντίθεση με τους ρύπους CO₂ που επιτευχθεί μείωση μόλις 3,16% από το 2000 μέχρι το 2014, οι ρύποι NO₂ έχουν μειωθεί σημαντικά.



Διάγραμμα 3-5 Διοξείδιο του αζώτου (NO₂) που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από τα μέσα μεταφοράς
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Στην τελευταία έρευνα που πραγματοποίησε η Eurostat, σε 28 κράτη μέλη της ΕΕ για το 2014, δημοσίευσε τα παρακάτω αποτελέσματα (διάγραμμα 3.6) με τους συνολικούς ρύπους CO₂ που παράγουν τα μέσα μεταφοράς του κάθε κράτους-μέλους της ΕΕ.



Διάγραμμα 3-6 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγουν οι χώρες της ΕΕ
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Οι χώρες που παράγουν τους περισσότερους ρύπους CO₂ στην ατμόσφαιρα της ΕΕ είναι:

- | | | |
|---------------------|----------|----------------------------|
| 1. Γερμανία | 16113009 | εκ. τόνους CO ₂ |
| 2. Γαλλία | 13097304 | εκ. τόνους CO ₂ |
| 3. Ηνωμένο Βασίλειο | 11553592 | εκ. τόνους CO ₂ |
| 4. Ιταλία | 10485479 | εκ. τόνους CO ₂ |

Οι 4 χώρες μαζί παράγουν το 57,63% των συνολικών ρύπων CO₂ στην ατμόσφαιρα της ΕΕ, ποσοστό πολύ μεγάλο εάν αναλογιστεί κανείς πως οι 24 χώρες της ΕΕ μαζί παράγουν το 42,37% των συνολικών ρύπων CO₂ στην ατμόσφαιρα της ΕΕ (διάγραμμα 3.7). Αυτό το ποσοστό είναι λογικό καθώς και οι τέσσερις αυτές χώρες αποτελούν τις μεγαλύτερες στην ΕΕ, τόσο σε έκταση όσο και σε πληθυσμό. Επιπλέον οι μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες ανήκουν σε αυτές τις χώρες.

CO2 emission from transport in EU-28



Διάγραμμα 3-7 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που παράγουν οι χώρες της ΕΕ
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

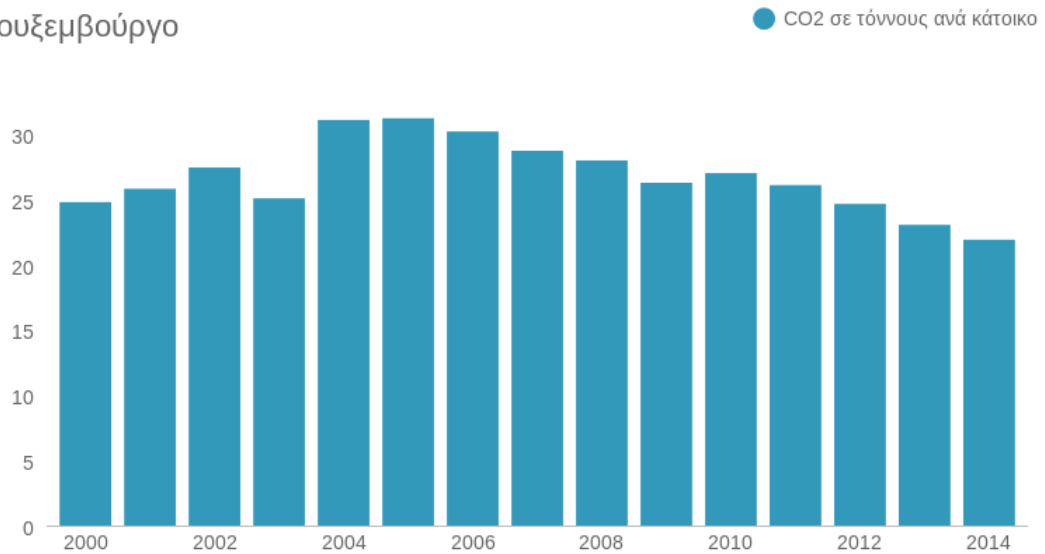
Ωστόσο, στον παρακάτω πίνακα διαπιστώνεται πως χώρες με πολύ μικρότερες ανάγκες και έκταση όπως το Λουξεμβούργο και η Ισλανδία, παράγουν περισσότερους ρύπους ανά κάτοικο, σε αντίθεση με τις μεγαλύτερες χώρες στην ΕΕ όπως είναι η Γερμανία και η Γαλλία.

Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EU (28 countries)	10.85	10.93	10.81	10.96	10.93	10.81	10.76	10.61	10.35	9.57	9.76	9.44	9.28	9.08	8.72
Belgium	15.03	14.8	14.63	14.62	14.69	14.21	13.77	13.27	13.42	12.07	12.68	11.57	11.07	11.04	10.53
Bulgaria	7.14	7.56	7.49	8.19	8.11	8.22	8.37	8.95	8.86	7.71	8.13	8.9	8.26	7.61	7.97
Czech Rep	14.74	14.76	14.45	14.81	14.89	14.67	14.82	14.86	14.28	13.33	13.49	13.32	12.91	12.51	12.06
Denmark	13.78	14.04	13.87	14.75	13.64	12.8	14.2	13.3	12.57	11.89	11.93	10.95	10.03	10.34	9.57
Germany	12.91	13.06	12.78	12.73	12.56	12.28	12.39	12.09	12.13	11.33	11.78	11.54	11.6	11.81	11.45
Estonia	12.22	12.58	12.28	13.7	14.01	13.57	13.17	15.62	14.54	12.19	15.02	15.48	14.74	16.49	16.1
Ireland	18.84	19.2	18.39	18.14	17.65	17.74	17.28	16.63	16	14.4	14.21	13.19	13.19	13.19	13.14
Greece	12.08	12.06	12	12.35	12.39	12.62	12.27	12.5	12.15	11.49	10.87	10.61	10.35	9.74	9.54
Spain	9.87	9.69	9.99	9.99	10.22	10.41	10.09	10.12	9.25	8.3	8.04	8.02	7.88	7.29	7.37
France	9.4	9.32	9.16	9.2	9.11	9.09	8.85	8.66	8.51	8.12	8.21	7.75	7.73	7.67	7.22
Croatia	5.64	6.19	6.41	6.73	6.76	6.85	6.91	7.24	6.99	6.54	6.41	6.31	5.86	5.66	5.48
Italy	9.88	10	9.99	10.27	10.25	10.16	9.97	9.82	9.54	8.61	8.75	8.5	8.05	7.51	7.04
Cyprus	13.29	13.28	13.41	13.91	13.93	13.81	13.96	14.14	14.07	13.36	12.65	12.04	11.08	10.1	10.7
Latvia	4.43	4.74	4.79	4.92	4.98	5.15	5.44	5.72	5.59	5.34	6.01	5.77	5.81	5.83	5.85
Lithuania	5.36	5.69	5.85	5.99	6.27	6.69	6.93	7.65	7.46	6.1	6.46	6.82	6.9	6.55	6.58
Luxembourg	24.76	25.78	27.4	28.05	31.05	31.18	30.17	28.69	27.95	26.24	26.98	26.06	24.62	23.02	21.88
Hungary	7.26	7.48	7.35	7.67	7.59	7.6	7.51	7.34	7.18	6.56	6.61	6.46	6.1	5.86	5.85
Malta	7.82	7.81	7.46	7.93	7.64	8.06	8.28	8.52	8.48	8.14	8.22	8.5	8.68	7.76	7.8
Netherlands	14.51	14.38	14.17	14.09	14.15	13.83	13.5	13.42	13.35	12.89	13.52	12.65	12.29	12.25	11.76
Austria	10.27	10.73	10.87	11.54	11.49	11.56	11.15	10.8	10.75	9.85	10.42	10.13	9.75	9.71	9.21
Poland	10.27	10.21	9.95	10.31	10.43	10.43	10.82	10.82	10.62	10.13	10.65	10.63	10.47	10.37	10.04
Portugal	8.39	8.31	8.65	8.13	8.41	8.63	8.14	7.9	7.67	7.34	6.9	6.77	6.61	6.46	6.48
Romania	6.36	6.67	6.79	7.1	7.07	7	7.14	7.05	6.97	6.16	5.89	6.17	6.12	5.61	5.62
Slovenia	9.66	10.09	10.15	10	10.15	10.3	10.37	10.41	10.76	9.68	9.62	9.61	9.29	8.93	8.08
Slovakia	9.23	9.71	9.35	9.44	9.58	9.59	9.57	9.24	9.37	8.5	8.66	8.49	8.02	7.94	7.53
Finland	13.75	14.75	15.17	16.59	15.85	13.53	15.64	15.33	13.8	13	14.5	13.03	11.91	12.02	11.2
Sweden	7.99	8	8.06	8.07	7.95	7.65	7.62	7.42	7.14	6.61	7.19	6.72	6.3	6.09	5.88
United Kingdom	12.66	12.66	12.26	12.34	12.26	12.08	11.91	11.61	11.18	10.13	10.27	9.45	9.63	9.37	8.65
Iceland	15.66	15.03	14.82	14.74	14.86	14.71	16.51	16.98	17.65	16.25	16.08	15.52	15.62	15.64	15.83

Πίνακας 3-1 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ ανά κάτοικο
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

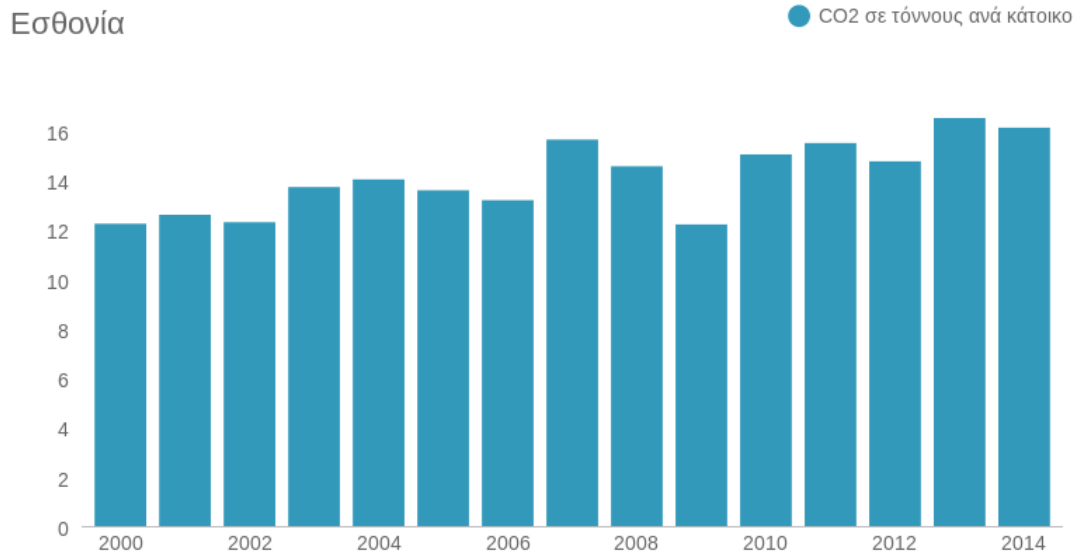
Γίνεται αντιληπτό ότι, το Λουξεμβούργο, μια χώρα με πληθύσιμο 569.676 κατοίκους και έκταση 2.586 km², βρίσκεται πρώτη στην λίστα των κρατών της ΕΕ, όπου παράγουν τις περισσότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ ανά κάτοικο. Αναλυτικότερα το 2014 το Λουξεμβούργο παρήγαγε 21,88 τόνους CO₂ ανά κάτοικο, το οποίο σε σχέση με το 2000 ήταν μειωμένο κατά 11,63%. Παρόλο την μείωση που επιτεύχθηκε την περίοδο 2000-2014 οι εκπομπές CO₂ ανά κάτοικο παραμένουν υψηλές σε σχέση με το μ.ο. της ΕΕ.

Λουξεμβούργο



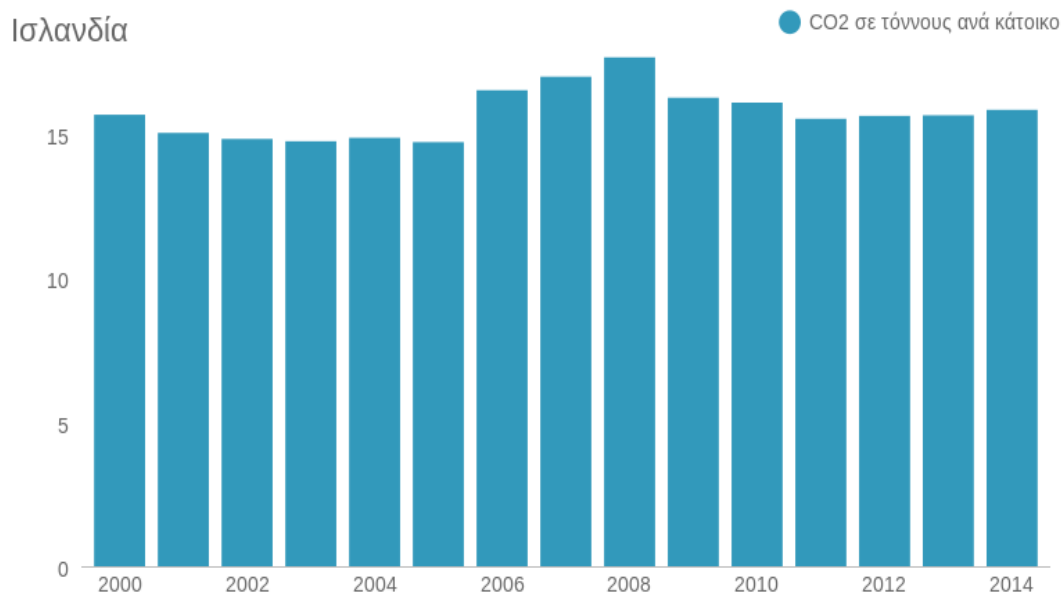
Διάγραμμα 3-8 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στο Λουξεμβούργο (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Δεύτερη στην σχετική λίστα βρίσκεται ακόμα ένα μικρό κράτος της ΕΕ, η *Εσθονία*. Η Εσθονία με πληθυσμό 1.317.797 κατοίκους και έκταση 45.339 km² παράγαγε, για το 2014, 16,1 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές CO₂ ήταν αυξημένες σε σχέση με το 2000 κατά 31,7%.



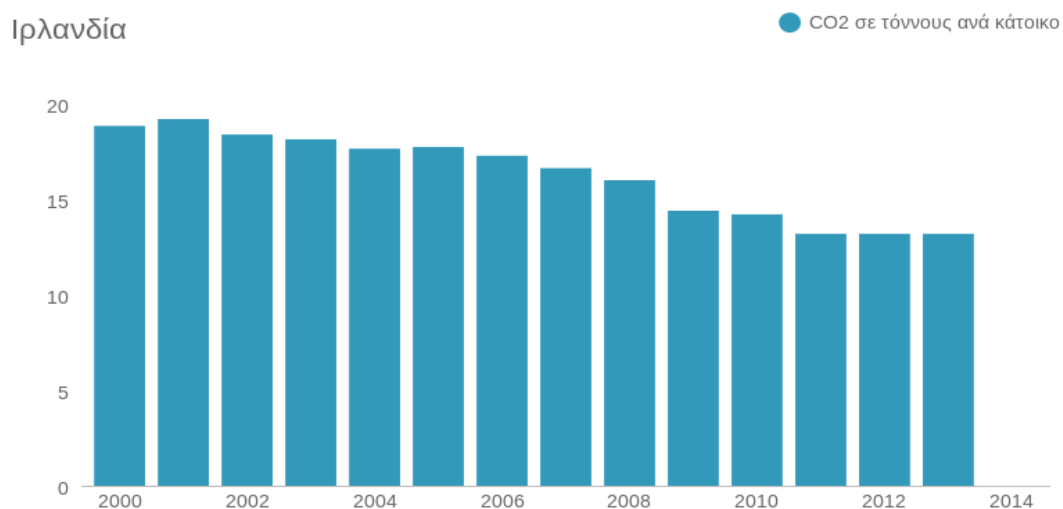
Διάγραμμα 3-9 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Εσθονία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Τρίτη στην λίστα η *Ισλανδία* με πληθυσμό 330.823 κατοίκους και έκταση 103.000 km². Για το 2014 η Ισλανδία παράγαγε 15,83 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές αυξήθηκαν ελάχιστα σε σχέση με το 2000, πιο συγκεκριμένα μόλις κατά 1,08%.



Διάγραμμα 3-10 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ισλανδία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

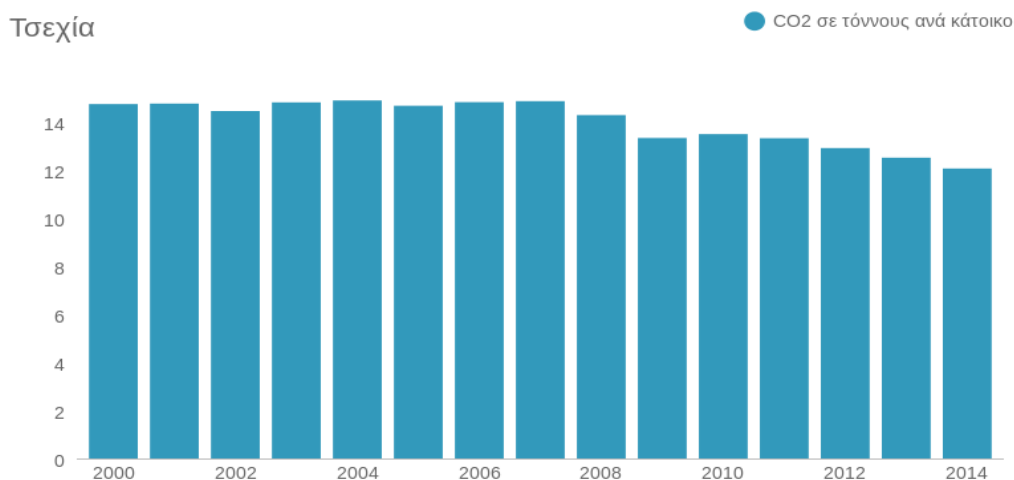
Η Ιρλανδία με πληθυσμό 6.399.115 κατοίκους και έκταση 84.421 km² βρίσκεται τέταρτη στην λίστα της ΕΕ σχετικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ ανά κάτοικο. Η Ιρλανδία κατάφερε να μειώσει τις εκπομπές CO₂ ανά κάτοικο από 18,84 τόνους CO₂ ανά κάτοικο σε 13,14 τόνους CO₂ ανά κάτοικο, μία μείωση της τάξεως του 30,2%.



Διάγραμμα 3-11 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ιρλανδία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)

[πηγή δεδομένων: Eurostat]

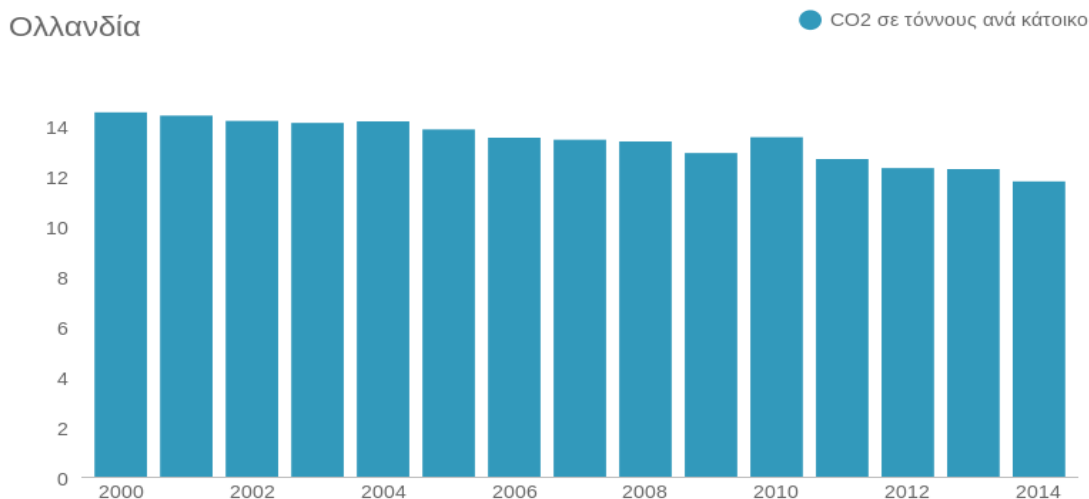
Η Τσεχία με πληθυσμό 10.553.843 κατοίκους και έκταση 78.866 km² καταλαμβάνει την πέμπτη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Τσεχία παρήγαγε 12,06 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές ήταν μειωμένες σε σχέση με το 2000 κατά 18,1%.



Διάγραμμα 3-12 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Τσεχία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)

[πηγή δεδομένων: Eurostat]

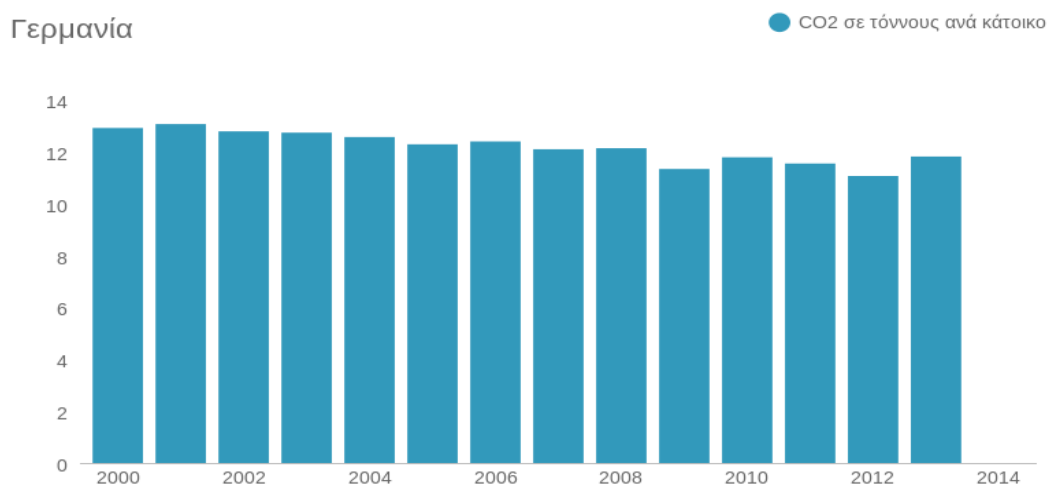
Την έκτη θέση στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η Ολλανδία. Η Ολλανδία με πληθυσμό 16.94 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 41.543 km² παρήγαγε, για το 2014, 11,76 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές ήταν μειωμένες, σε σχέση με το 2000, κατά 18,9%.



Διάγραμμα 3-13 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ολλανδία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)

[πηγή δεδομένων: Eurostat]

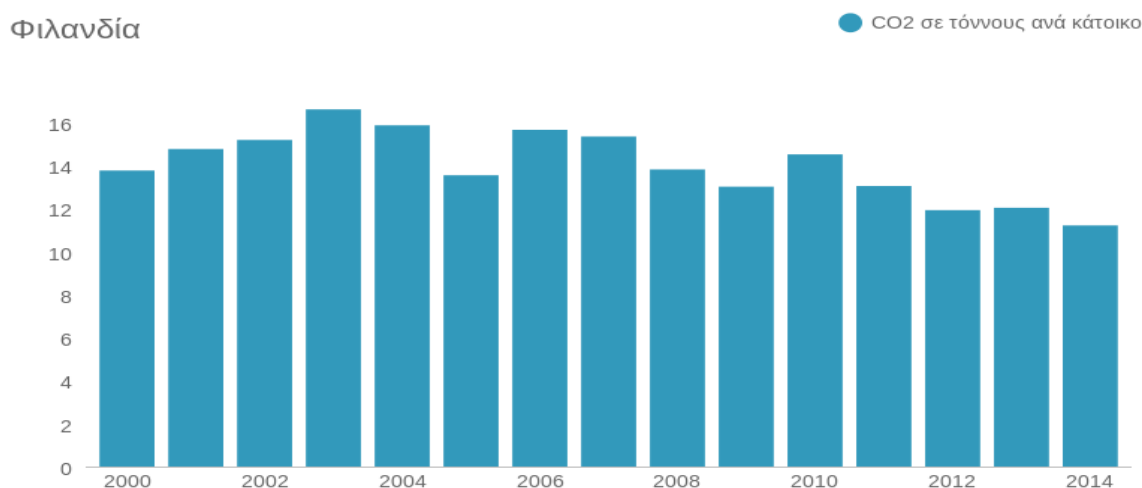
Την έβδομη θέση στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η Γερμανία. Η Γερμανία με πληθυσμό 81,41 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 357.376 km² παράγαγε, για το 2014, 11,45 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές ήταν μειωμένες, σε σχέση με το 2000, κατά 11,3%.



Διάγραμμα 3-14 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Γερμανία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)

[πηγή δεδομένων: Eurostat]

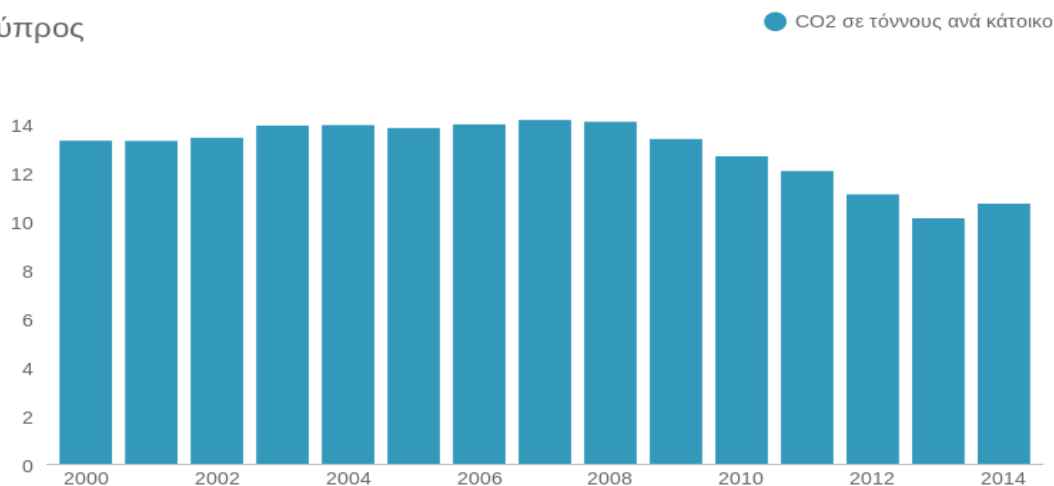
Η Φινλανδία με πληθυσμό 5,482 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 338,145 km² καταλαμβάνει την όγδοη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Φινλανδία παρήγαγε 11,2 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές ήταν μειωμένες σε σχέση με το 2000 κατά 18,54%.



Διάγραμμα 3-15 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Φινλανδία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Την ένατη θέση στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η Κύπρος. Η Κύπρος με πληθυσμό 1,165 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 9,251 km² παρήγαγε, για το 2014, 10,7 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές ήταν μειωμένες, σε σχέση με το 2000, κατά 19,48%.

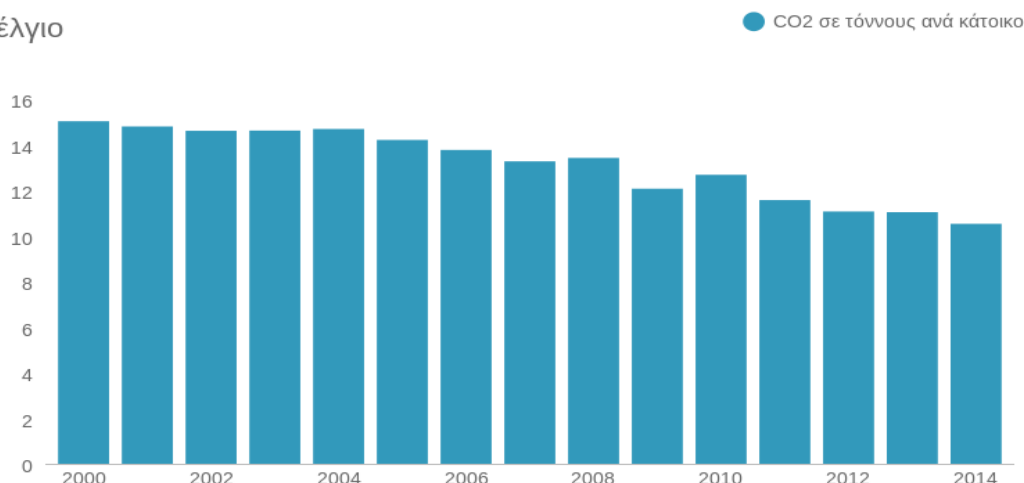
Κύπρος



Διάγραμμα 3-16 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Κύπρο (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

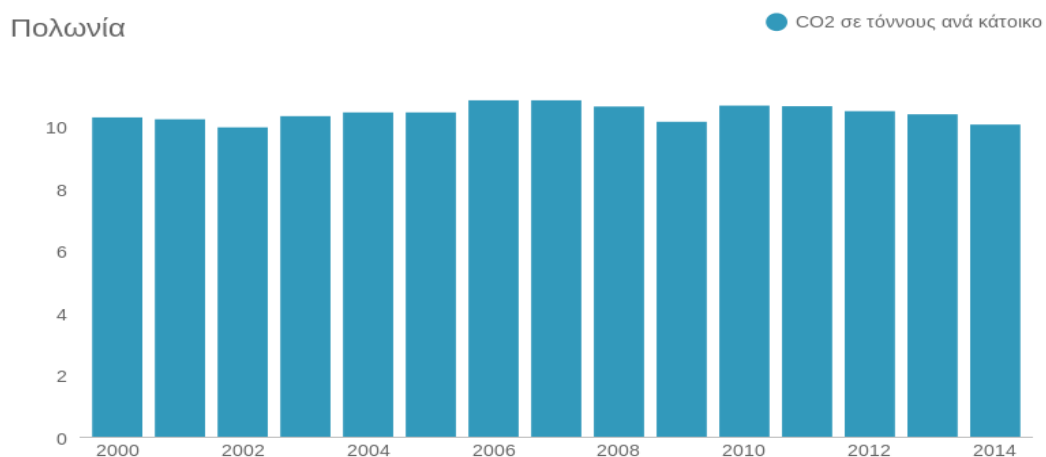
Το Βέλγιο με πληθυσμό 11,29 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 30.528 km² καταλαμβάνει την δέκατη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, το Βέλγιο παρήγαγε 10,53 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές ήταν σημαντικά μειωμένες σε σχέση με το 2000 κατά 29,94%.

Βέλγιο



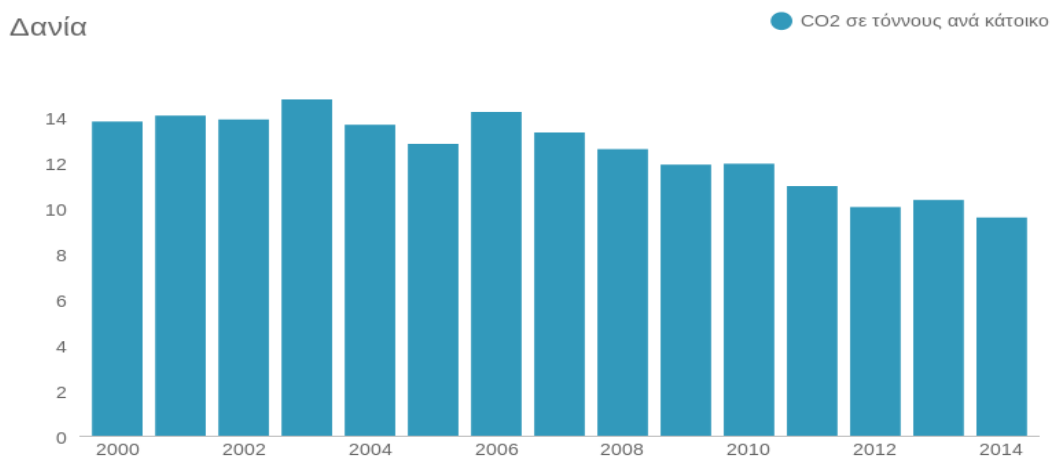
Διάγραμμα 3-17 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στο Βέλγιο (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Την ενδέκατη θέση στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η Πολωνία. Η Πολωνία με πληθυσμό 38 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 312.679 km² παράγαγε, για το 2014, 10,04 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν ελάχιστα, μόλις κατά 2,23% σε σχέση με το 2000.



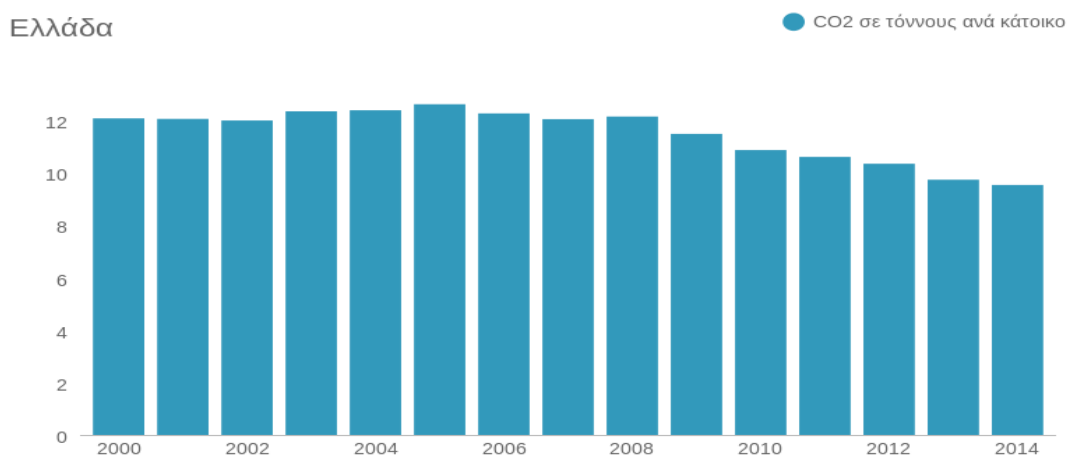
Διάγραμμα 3-18 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Πολωνία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Η Δανία με πληθυσμό 5.748.769 κατοίκους και έκταση 7.314 km² καταλαμβάνει την δωδέκατη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Δανία παράγαγε 9,57 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές ήταν σημαντικά μειωμένες σε σχέση με το 2000 κατά 30,5%.



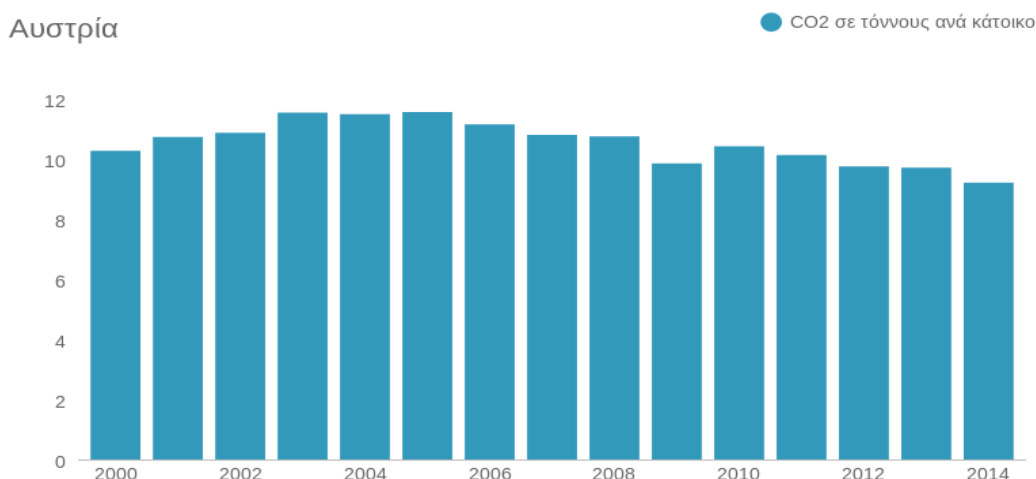
Διάγραμμα 3-19 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Δανία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Την δέκατη τρίτη θέση στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η Ελλάδα. Η Ελλάδα με πληθυσμό 11,82 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 131.957 km² παράγαγε, για το 2014, 9,54 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν κατά 21% σε σχέση με το 2000.



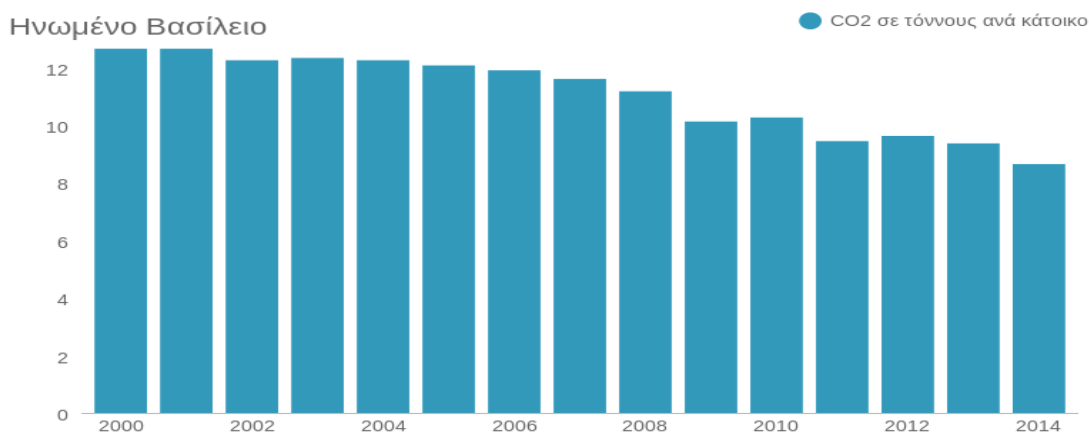
Διάγραμμα 3-20 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ελλάδα (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Η *Αυστρία* με πληθυσμό 8,611 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 83.879 km² καταλαμβάνει την δέκατη τέταρτη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Αυστρία παράγαγε 9,21 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές ήταν μειωμένες σε σχέση με το 2000 κατά 10,3%.



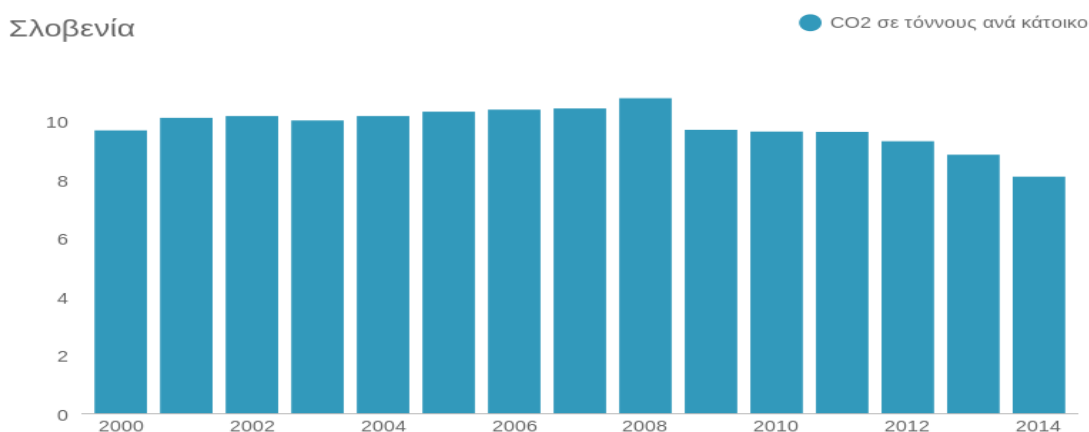
Διάγραμμα 3-21 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Αυστρία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Την δέκατη πέμπτη θέση στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει το *Ηνωμένο Βασίλειο*. Το Ηνωμένο Βασίλειο με πληθυσμό 65,14 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 242.495 km² παράγαγε, για το 2014, 8,65 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν σημαντικά, σε σχέση με το 2000, κατά 31,67%.



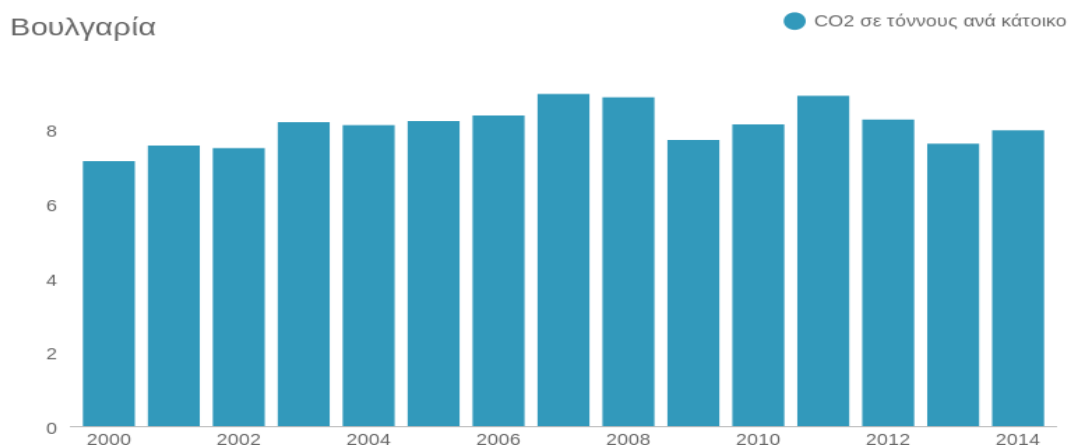
Διάγραμμα 3-22 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ηνωμένο Βασίλειο (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Η Σλοβενία με πληθυσμό 2,064 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 20.273 km² καταλαμβάνει την δέκατη έκτη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Σλοβενία παράγαγε 8,08 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές ήταν μειωμένες σε σχέση με το 2000 κατά 16,3%.



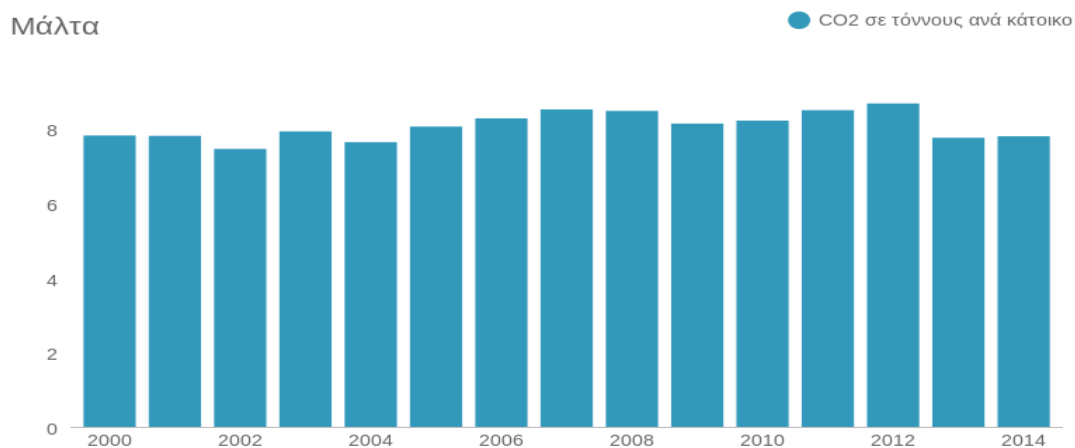
Διάγραμμα 3-23 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Σλοβενία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Την δέκατη έβδομη θέση στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η *Βουλγαρία*. Η Βουλγαρία με πληθυσμό 7,178 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 110.994km² παράγαγε, για το 2014, 7,97 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές αυξήθηκαν, σε σχέση με το 2000, κατά 11,6%.



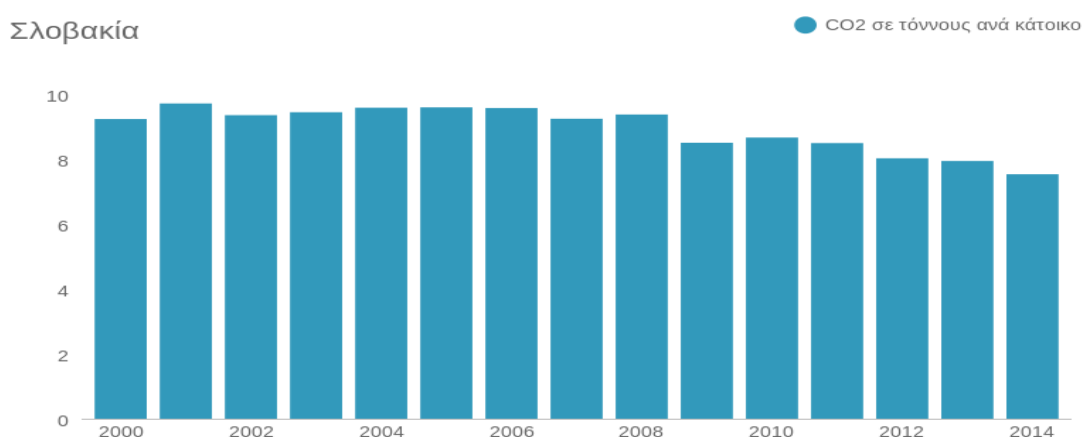
Διάγραμμα 3-24 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Βουλγαρία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Η *Μάλτα* με πληθυσμό 2,064 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 20.273 km² καταλαμβάνει την δέκατη όγδοη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Μάλτα παράγαγε 7,8 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές σημείωσαν μια σχεδόν μηδενική μείωση, σε σχέση με το 2000, τις τάξεως του 0,25%.



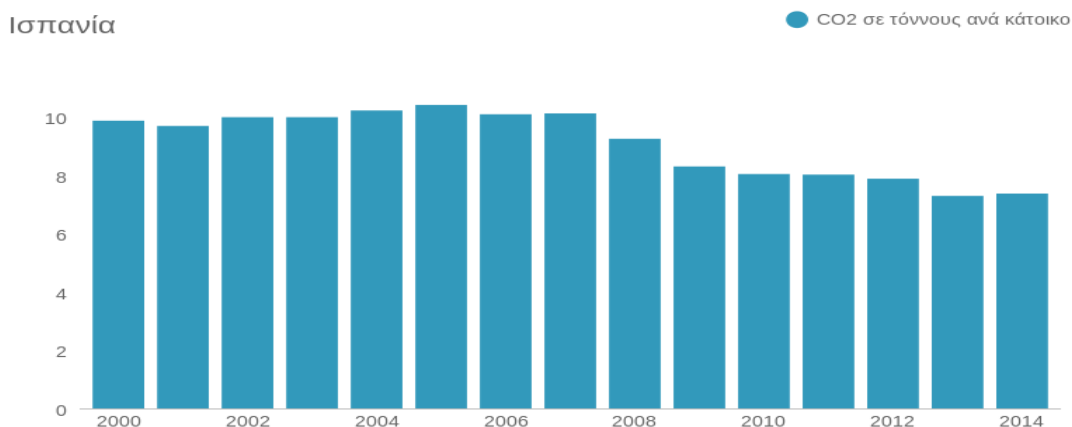
Διάγραμμα 3-25 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Μάλτα (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Η Σλοβακία με πληθυσμό 5,424 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 49.035km² καταλαμβάνει την δέκατη ένατη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Σλοβακία παρήγαγε 7,53 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν, σε σχέση με το 2000, τις τάξεως του 18,4%.



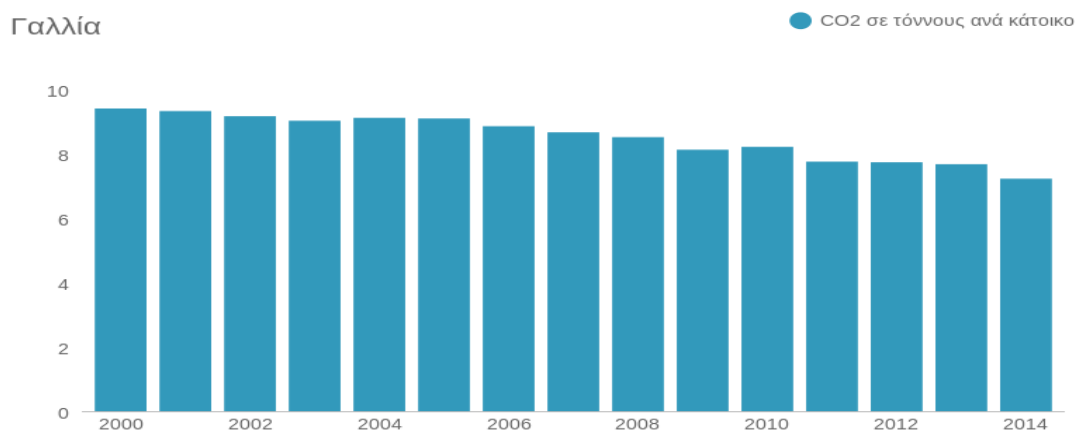
Διάγραμμα 3-26 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Σλοβακία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Η *Ισπανία* με πληθυσμό 46,56 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 504.645km² καταλαμβάνει την εικοστή θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Ισπανία παράγαγε 7,37 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν, σε σχέση με το 2000, τις τάξεως του 25,3%.



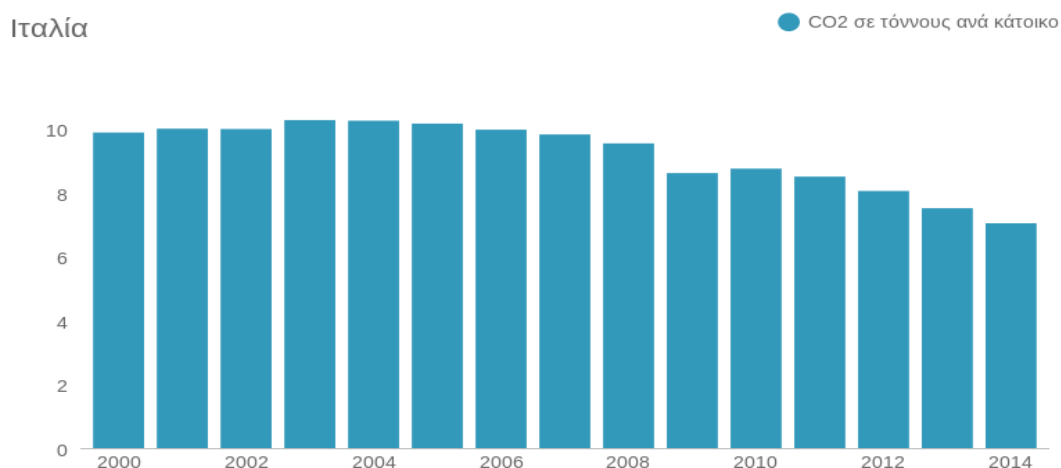
Διάγραμμα 3-27 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ισπανία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Την εικοστή πρώτη θέση στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η *Γαλλία*. Η Γαλλία με πληθυσμό 66,81 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 674.843km² παράγαγε, για το 2014, 7,22 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν, σε σχέση με το 2000, κατά 23,1%.



Διάγραμμα 3-28 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Γαλλία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

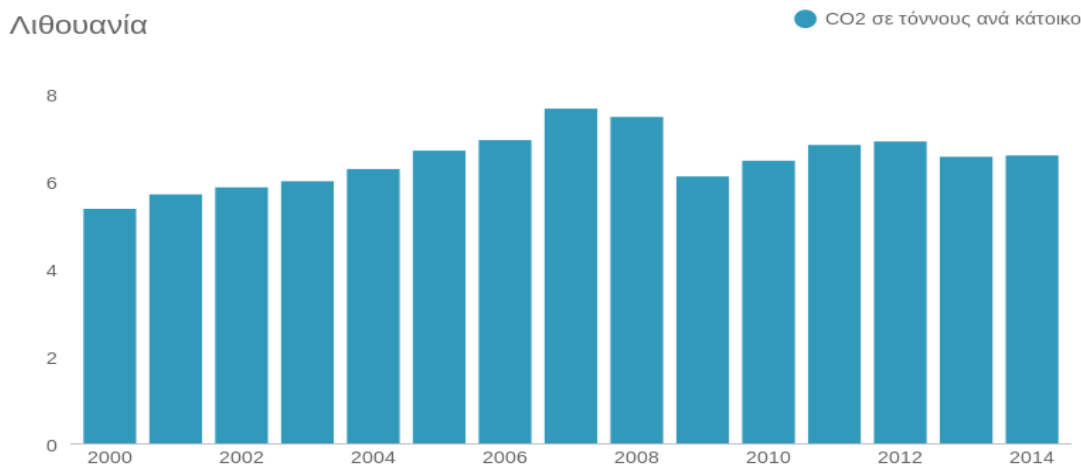
Η *Ιταλία* με πληθυσμό 60,8 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 301.340 km² καταλαμβάνει την εικοστή δεύτερη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η *Ιταλία* παράγαγε 7,04 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν σημαντικά, σε σχέση με το 2000, τις τάξεως του 28,7%.



Διάγραμμα 3-29 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην *Ιταλία* (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

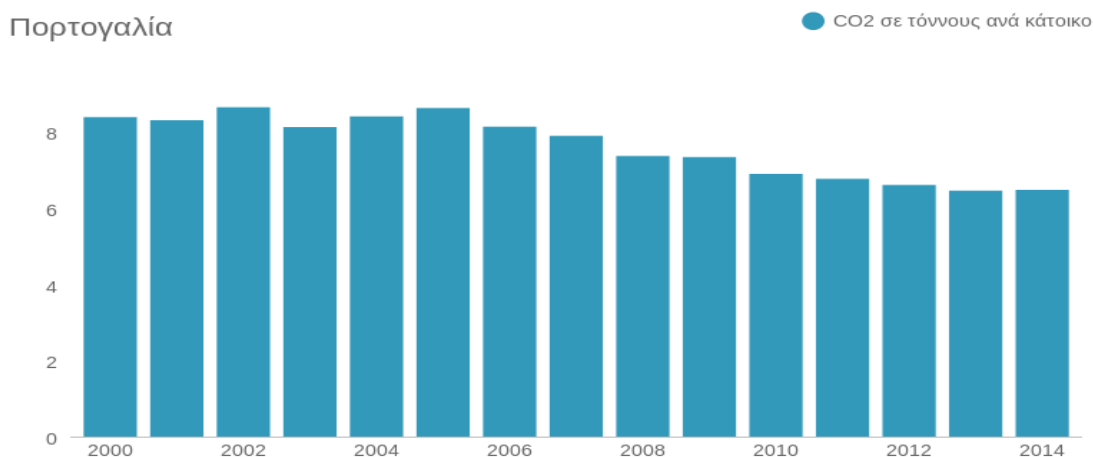
Την εικοστή τρίτη στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η *Λιθουανία*. Η *Λιθουανία* με πληθυσμό

2,91 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 65.300km² παράγαγε, για το 2014, 6,58 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές αυξήθηκαν, σε σχέση με το 2000, 22,76%.



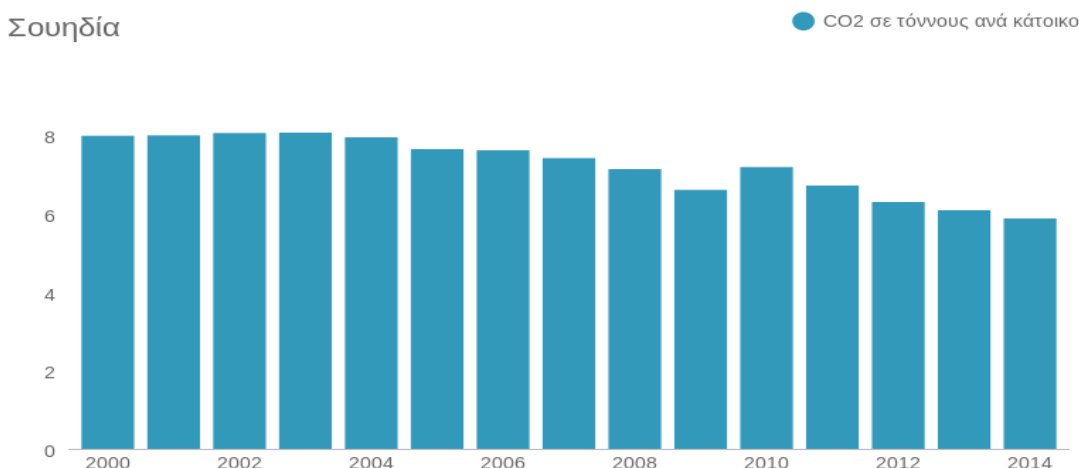
Διάγραμμα 3-30 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Λιθουανία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Η Πορτογαλία με πληθυσμό 10,35 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 92.090km² καταλαμβάνει την εικοστή τέταρτη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Πορτογαλία παράγαγε 6,48 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν σημαντικά, σε σχέση με το 2000, τις τάξεις του 22,7%.



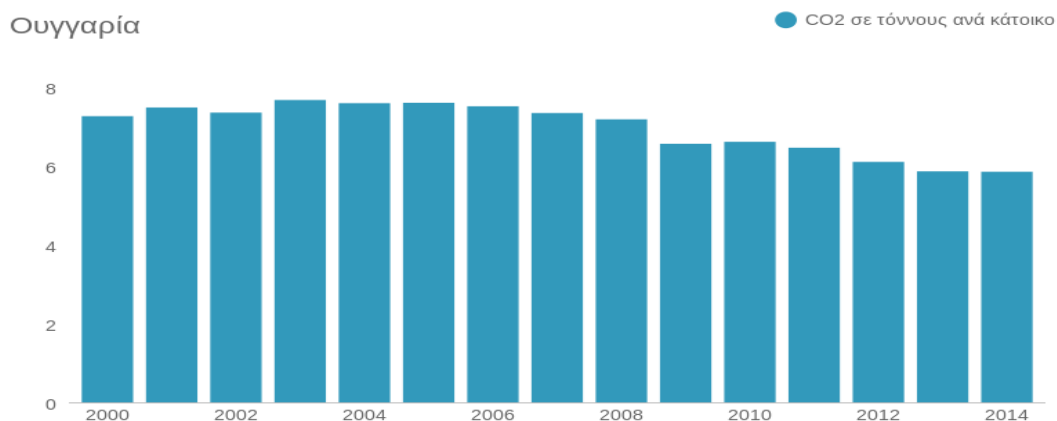
Διάγραμμα 3-31 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Πορτογαλία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Την εικοστή πέμπτη στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η Σουηδία. Η Σουηδία με πληθυσμό 9,799 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 450.295km² παράγαγε, για το 2014, 5,88 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν, σε σχέση με το 2000, 26,4%.

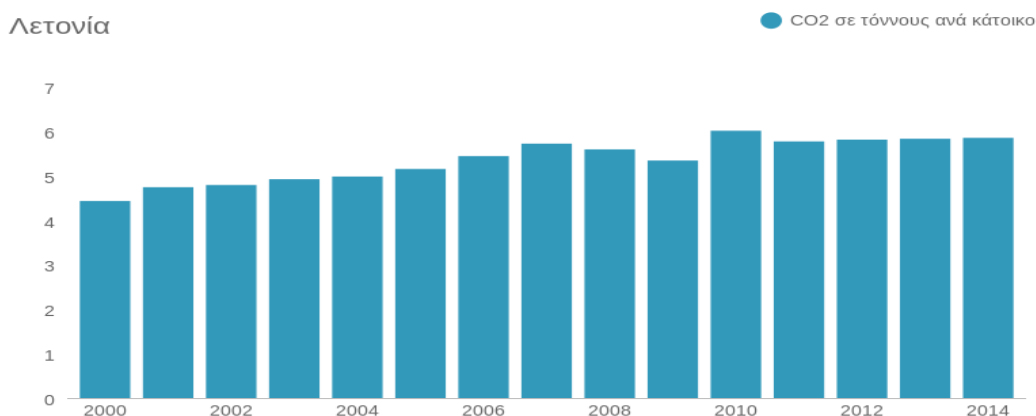


Διάγραμμα 3-32 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Σουηδία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Την εικοστή έκτη στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνουν δύο χώρες, η Ουγγαρία και η Λετονία. Η Ουγγαρία με πληθυσμό 2,91 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 65.300km² και η Λετονία με πληθυσμό 1,978 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 64.589 km² παράγαγαν, για το 2014, 5,85 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι Λετονία αύξησε τις εκπομπές της κατά 32,05%, σε σχέση με το 2000, ενώ η Ουγγαρία κατάφερε να μειώσει τις εκπομπές κατά 19,42%, σε σχέση με το 2000.



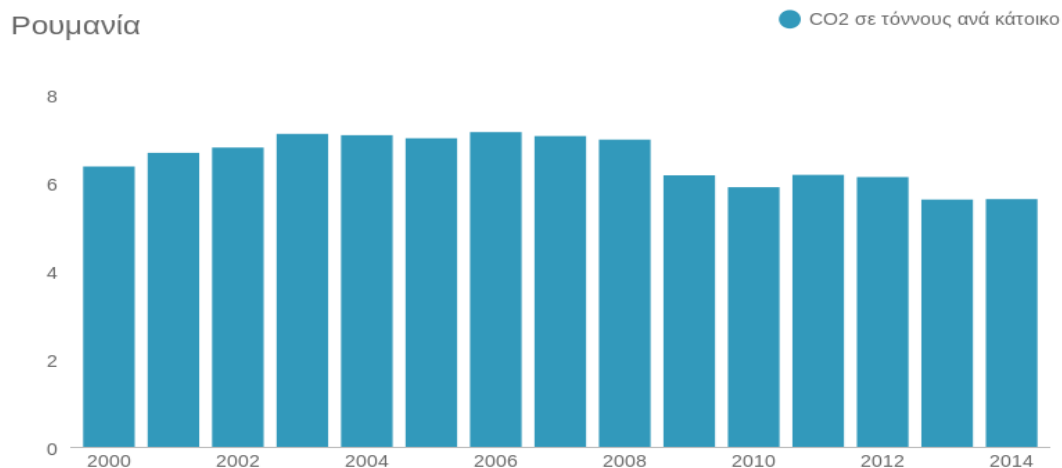
Διάγραμμα 3-33 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ουγγαρία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]



Διάγραμμα 3-34 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Λετονία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

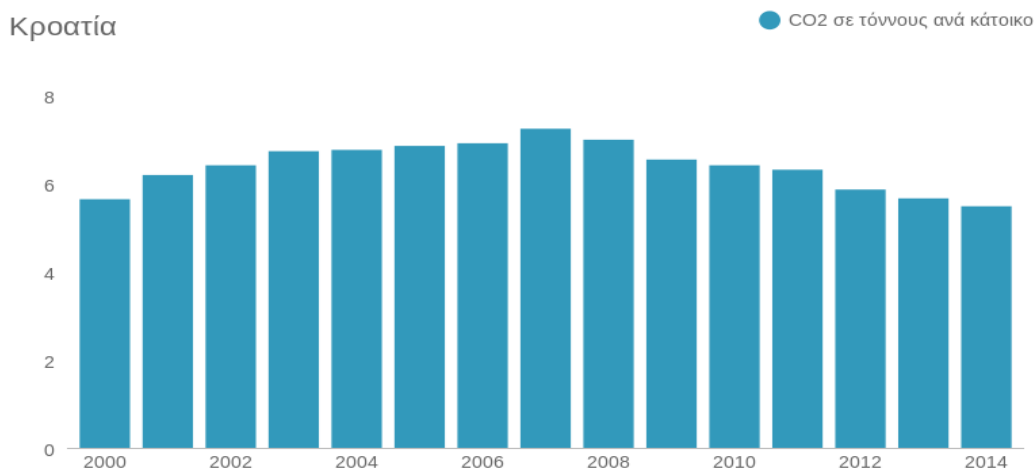
Η Ρουμανία με πληθυσμό 19,83 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 238.391km² καταλαμβάνει την εικοστή έβδομη θέση στην σχετική λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του

άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ. Το 2014, η Ρουμανία παράγαγε 5,62 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν, σε σχέση με το 2000, κατά 11,6%.



Διάγραμμα 3-35 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Ρουμανία (Tonnes of CO₂ equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Την εικοστή έβδομη, και τελευταία θέση, στην λίστα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα CO₂ που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ καταλαμβάνει η *Κροατία*. Η Κροατία με πληθυσμό 4,224 εκατομμύρια κατοίκους και έκταση 56.542 km² παράγαγε, για το 2014, 5,48 τόνους CO₂ ανά κάτοικο. Οι εκπομπές μειώθηκαν ελάχιστα σε σχέση με το 2000, πιο συγκεκριμένα μόλις κατά 2,83%.



Διάγραμμα 3-36 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κάτοικο στην Κροατία (Tonnes of CO2 equivalent per capita)
[πηγή δεδομένων: Eurostat]

Όπως μπορούμε να συμπεράνουμε χώρες με πολύ μικρό πληθυσμό αλλά και ανάγκες παράγουν περισσότερους ρύπους ανά κάτοικο σε σχέση με τις μεγάλες χώρες στον ευρωπαϊκό χώρο. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως:

1. κακή ενημέρωση των πολιτών σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργεια και την μείωση των ρύπων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς και τα οφέλη που μπορεί να έχει αυτή η κίνηση τόσο στο περιβάλλον όσο και στην οικονομία
2. μη ευσθητοποίηση των πολιτών
3. μη κατάλληλες υποδομές για την πραγματοποίηση ανακύκλωσης υλικών
4. έλλειψη χρηματοδότησης ανάπτυξης της τεχνολογίας των ΑΠΕ

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ MARKET SHARE ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

4.1 ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Μια από τις κυριότερες πηγές, που είναι υπεύθυνη για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι η καύση ορυκτών καυσίμων. Από την καύση τους απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αέρια και ραδιενεργές ουσίες όπως το μεθάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα, το ουράνιο κ.α. Παρόλο την τεχνολογική πρόοδο αλλά και την τεχνογνωσία που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια σε πολλούς τομείς, τα μέσα μεταφοράς, κατά κυρίο λόγο καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα. Τα τελευταία χρόνια έχουν κάνει την εμφάνισή τους τα ΗΑ, καθώς επίσης και τα αυτοκίνητα εναλλακτικών καυσίμων (biodiesel, ethanol, LPG, NG), τα οποία είναι πιο φιλικά ως προς το περιβάλλον.

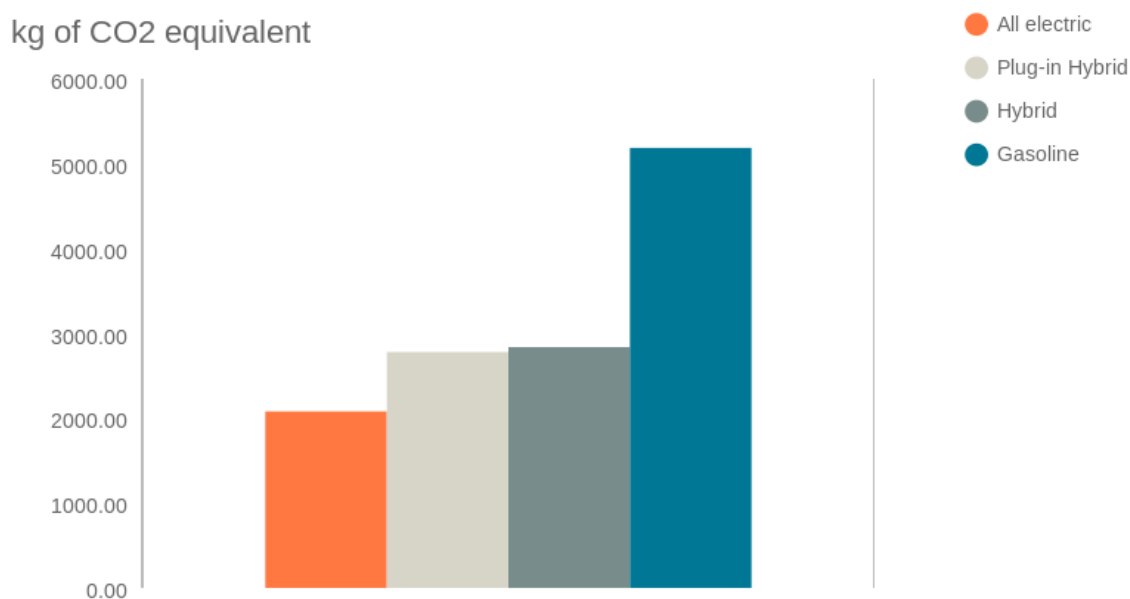


Εικόνα 4.1 Ηλεκτρικό αυτοκίνητο

Όπως προαναφέραμε, η ΕΕ προσπαθεί να προμοτάρει, την μετάβαση από τα αυτοκίνητα με ΜΕΚ που χρησιμοποιούμε σήμερα, στα αυτοκίνητα του μέλλοντος, με ηλεκτρική ενέργεια ή αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα. Η ΕΕ για να

ενισχύσει και να δώσει κίνητρα στις χώρες της Ευρώπης, χρηματοδοτεί τόσο τις προσπάθειες που γίνονται για την βελτιστοποίηση των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων, καθώς επίσης επιβραβεύει τις χώρες οι οποίες κάνουν τα μεγαλύτερα βήματα για την μετάβαση σε μια νέα εποχή με λιγότερους ρύπους στην ατμόσφαιρα. Στα διαγράμματα που ακολουθούν θα δούμε διάφορα στοιχεία που αφορούν την εξέλιξη των υποδομών και πως κινείται η αγορά των αυτοκινήτων εναλλακτικώς πηγώς καυσίμων.

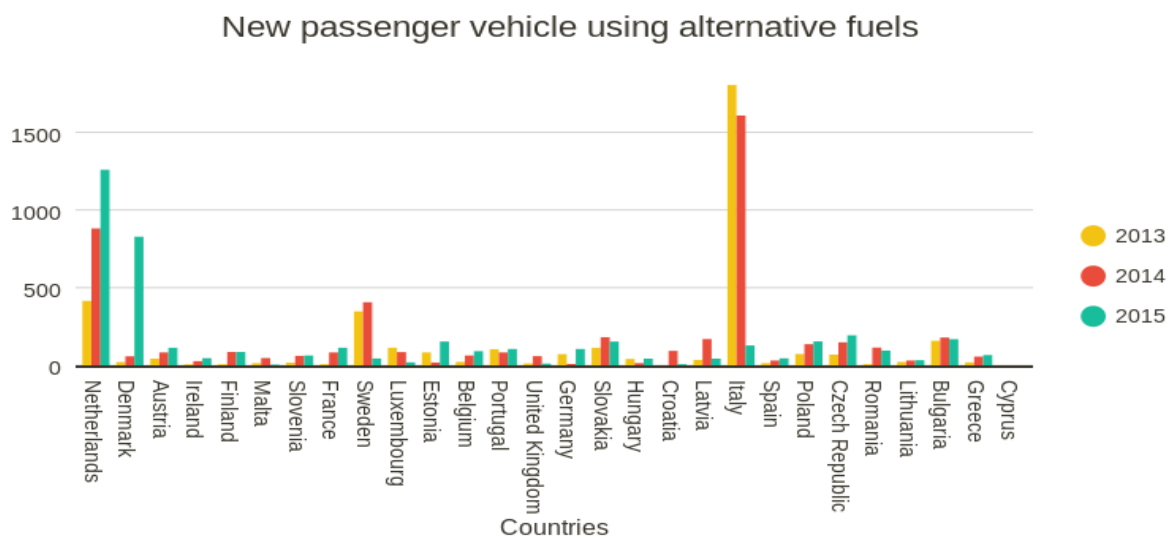
Στο *διάγραμμα 4.1*, [10] βλέπουμε το ισοδύναμο CO₂ για κάθε τύπου οχήματος. Όπως αναμενόταν, τα βενζινοκίνητα οχήματα παράγουν περισσότερους ρυπους στην ατμόσφαιρα σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά οχήματα, τα οποία δείχνουν να είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον. Επομένως, η ετήσια εκπομπή ανά όχημα είναι 2.080 kg CO₂ για τα ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία, 2.780 kg CO₂ για το Plug-in hybrid, 2.838 kg CO₂ για υβριδικά και 5,186 kg CO₂ για οχήματα που χρησιμοποιούν βενζίνη



Διάγραμμα 4-1 Παραγωγή ρύπων ανά κατηγορία οχήματος
[πηγή δεδομένων: U.S. DEPARTMENT OF ENERGY Energy Efficiency & Renewable Energy]

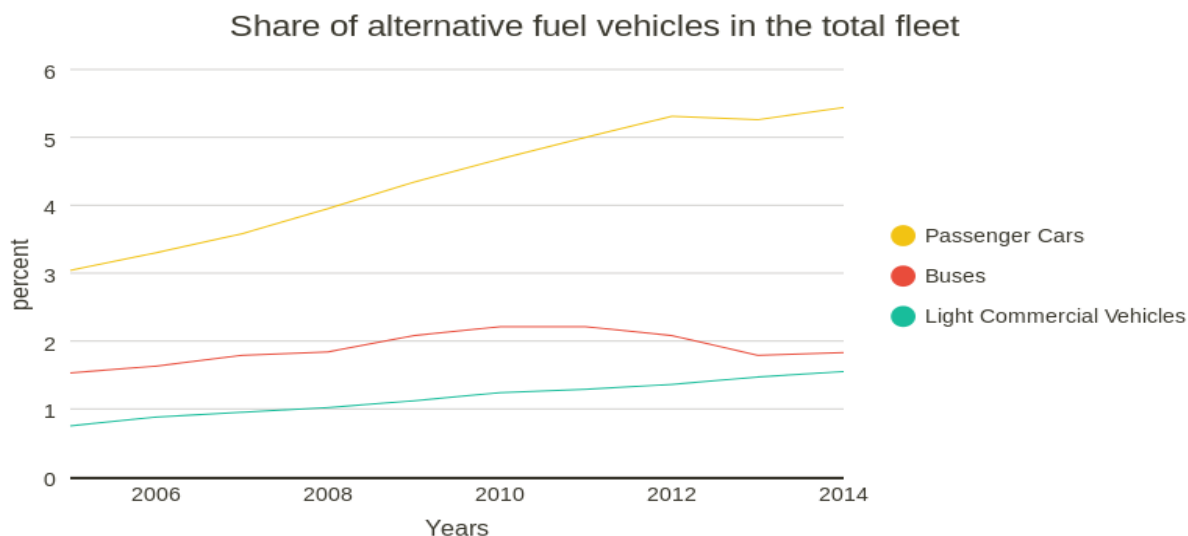
Όπως μπορούμε να δούμε, στο *διάγραμμα 4.2*, τα περισσότερα κράτη-μέλη της ΕΕ δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη πρόοδο, όσο αφορά την προώθηση των οχημάτων εναλλακτικών πηγών καυσίμων. Οι χώρες που κάνουν την διαφορά είναι η Ολλανδία, η Ιταλία, η Σουηδία, η Δανία και η Βουλγαρία, οπού με διαφορά (για την τριετία 2013-2015) από τις υπόλοιπες χώρες

της ΕΕ, οι κατοικοί τους φαίνεται να στρέφονται προς τα αυτοκίνητα εναλλακτικών πηγών καυσίμων. [11]



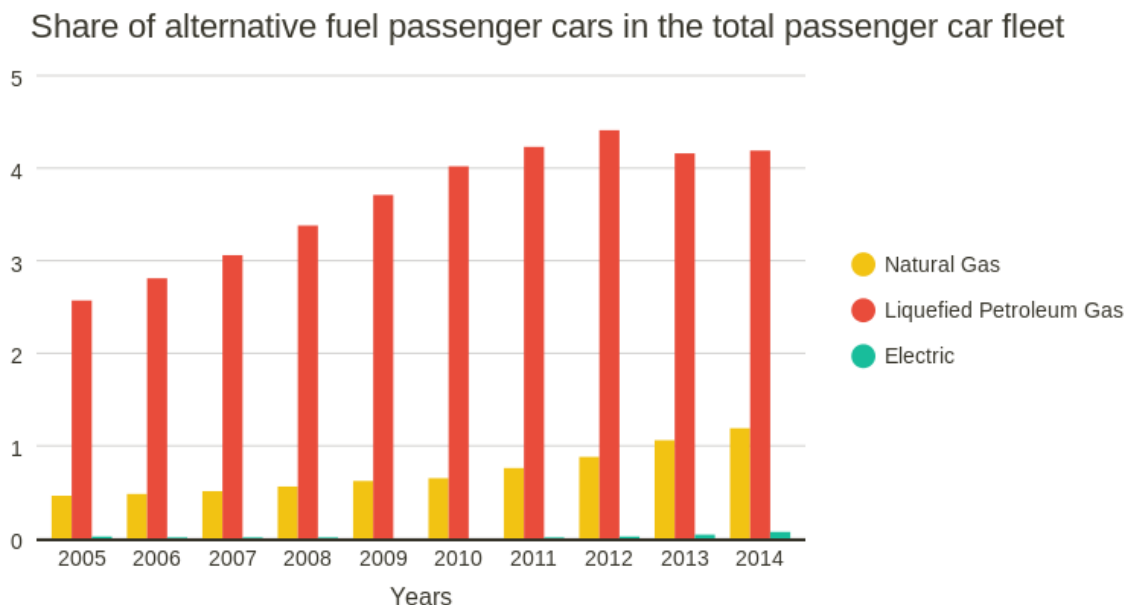
Διάγραμμα 4-2 Νέοι επιβάτες οχημάτων με εναλλακτικά καύσιμα
[πηγή δεδομένων: ΕΕΑ]

Αξιοσημείωτο είναι ότι από τον συνολικό στόλο οχημάτων που βρίσκονταν σε κυκλοφορία στην ΕΕ το 2014, μόλις 8,83% αυτών των οχημάτων χρησιμοποιούσαν εναλλακτικές πηγές καυσίμων, όπου το 5,45% αποτελούσαν επιβατικά αυτοκίνητα, το 1,83 λεωφορεία και τέλος το 1,55% βαρέου τύπου φορτηγά (διάγραμμα 4.3).[12]

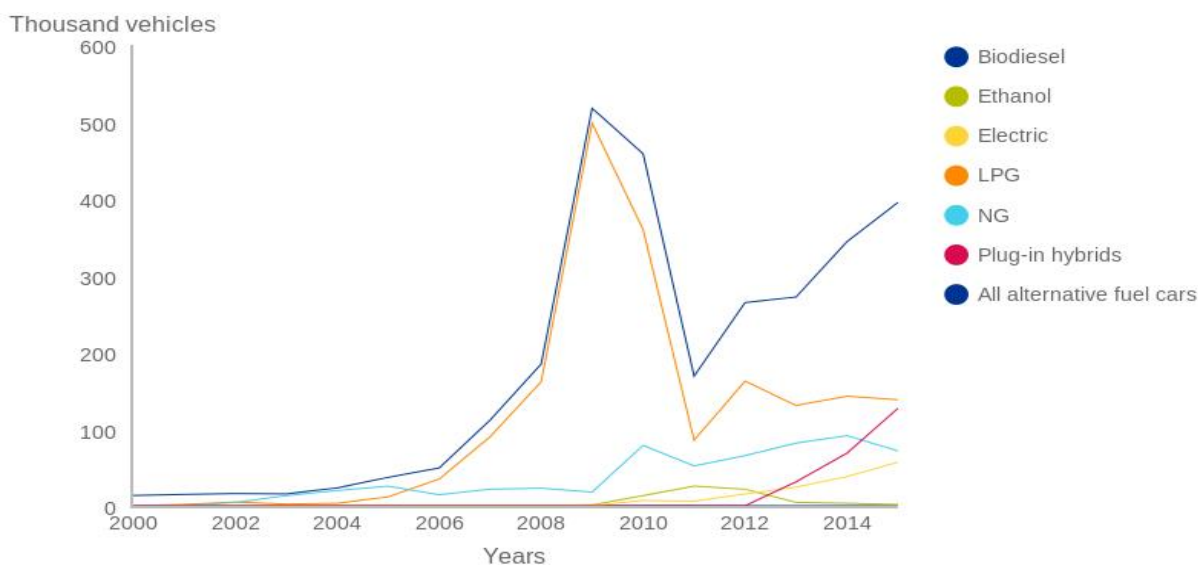


Διάγραμμα 4-3 Ποσοστό οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων ως προς τον συνολικό στόλο οχημάτων
[πηγή δεδομένων: EEA]

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε και στο *διάγραμμα 4.4*, για το 2014, από τα επιβατικά οχήματα που βρίσκονταν στον δρόμο, μόλις το 0,07% χρησιμοποιούσε ως καύσιμο την ηλεκτρική ενέργεια, ενώ το 1,19% κινούνταν με φυσικό αέριο και το 4,19% με υγροποιημένο αέριο πετρελαίου(LPG). Πιο αναλυτικά στο παρακάτω *διάγραμμα 4.5*, φαίνεται ακριβώς πως διαμορφώνεται ο στόλος των οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων, την 14ετία 2000-2014, στην ΕΕ.[13]



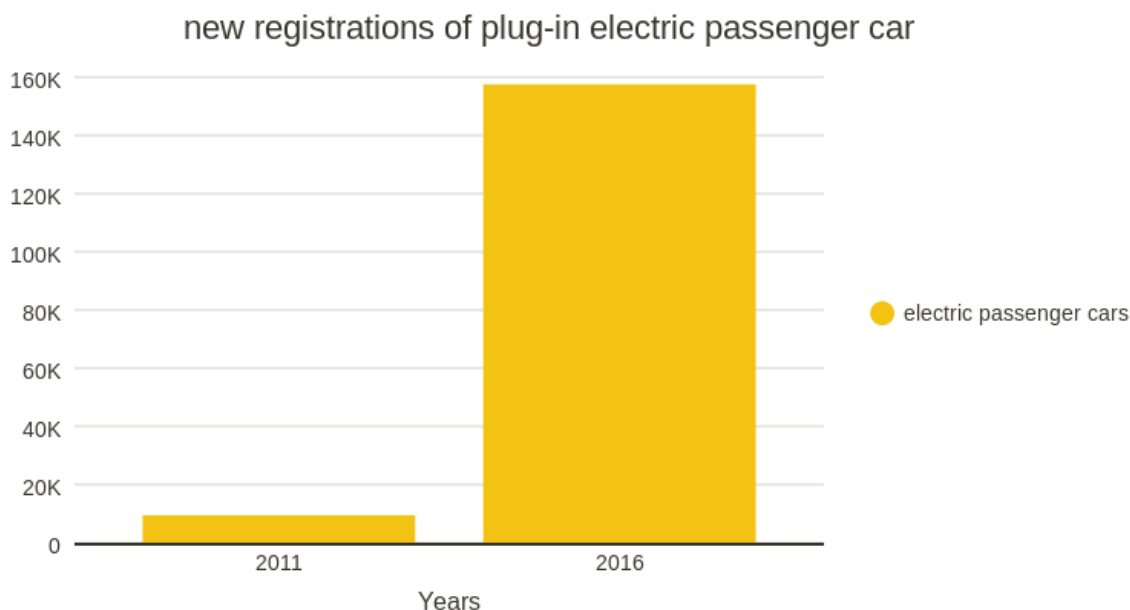
Διάγραμμα 4-4 Ποσοστό εναλλακτικών καυσίμων σε επιβατικά οχήματα ως προς τον συνολικό στόλο οχημάτων [πηγή δεδομένων: EEA]



Διάγραμμα 4-5 Αριθμός οχημάτων εναλλακτικών καυσίμων που κυκλοφορούν στην ΕΕ [πηγή δεδομένων: EEA]

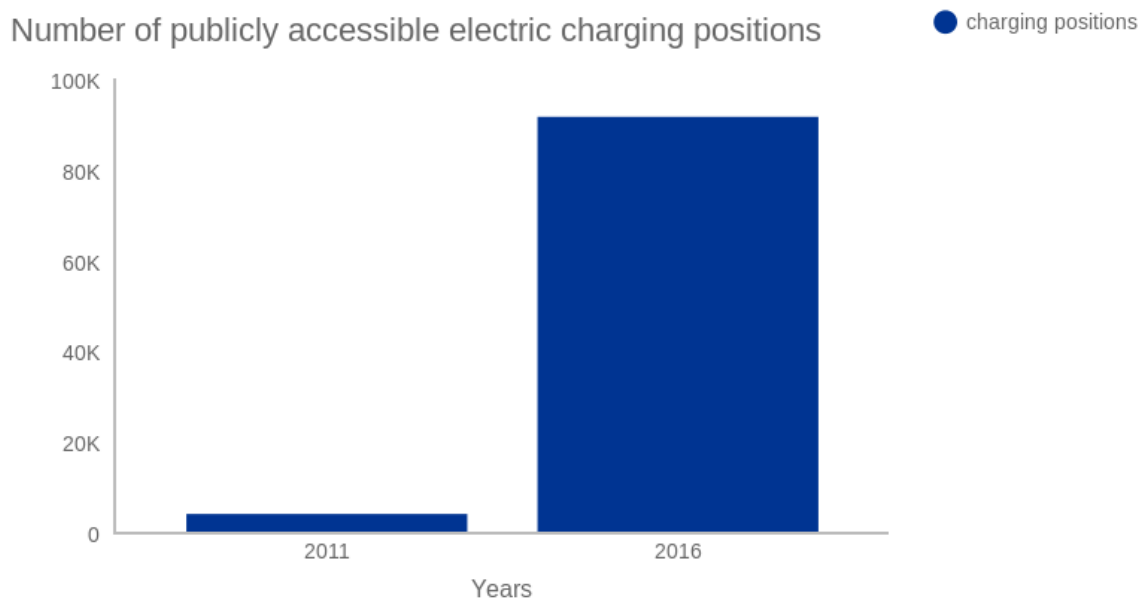
Τα ηλεκτρικά οχήματα βρίσκονται σε ανοδική πορεία τα τελευταία χρόνια, κάτι το οποίο μπορεί να διαπιστωθεί από την καταγραφεί που έγινε το 2016, όπου καταγράφηκαν

157.560 ΗΑ, δηλαδή 148.130 ΗΑ περισσότερα σε σχέση με το 2011. Μια πολύ μεγάλη, αλλά παράλληλα σημαντική αύξηση της τάξεως του 1670,8% (διάγραμμα 4.6) .[14]



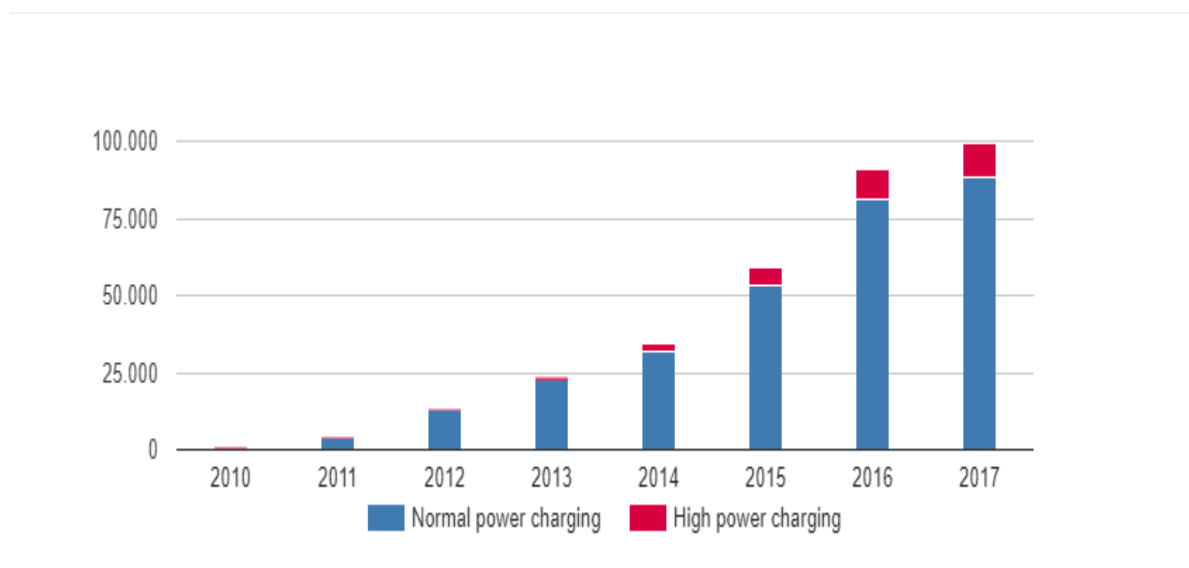
Διάγραμμα 4-6 Νέα καταγραφή των ηλεκτρικών επιβατικών αυτοκινήτων
[πηγή δεδομένων: *European Commission*] [13]

Όπως ήταν αναμενόμενο η αύξηση της χρήσης των ΗΑ οδήγησε αναπόφευκτα στην δημιουργία υποδομών για την κάλυψη των αναγκών που δημιουργήθηκαν. Έτσι δημιουργήθηκαν 87.620 νέοι σταθμοί φόρτισης ΗΟ την 5ετία 2011-2016, φτάνοντας συνολικά τους 91.520 σταθμούς φόρτισης (διάγραμμα 4.7). Μια αύξηση της τάξεως του 2441,01%. [14]

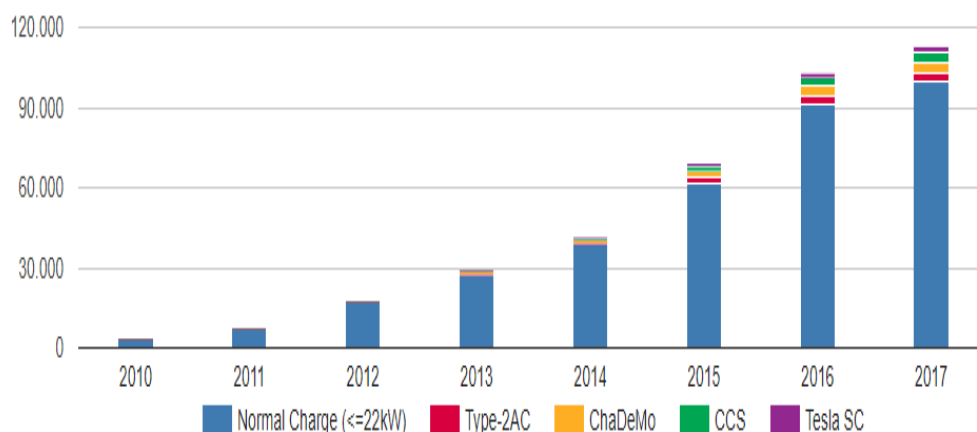


Διάγραμμα 4-7 Αριθμός δημόσιων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων
[πηγή δεδομένων: European Commission]

Στα διαγράμματα 4.8,4.9, καθώς και στον πίνακα 3, μπορούμε να δούμε αναλυτικότερα τις υποδομές – τα σημεία φόρτισης ΗΟ που είναι διαθέσιμα στον ευρωπαϊκό χώρο (σημεία φόρτισης υψηλής και χαμηλής τάσης).[15]



Διάγραμμα 4-8 Αριθμός δημόσιων σταθμών φόρτισης
[πηγή δεδομένων: EAFO]



Διάγραμμα 4-9 Συνολικός αριθμός σταθμών φόρτισης PEV
[πηγή δεδομένων: EAF0]

Σημείωση: Το *Tesla SC* είναι ένας ιδιόκτητος σταθμός γρήγορης φόρτισης συνεχούς ρεύματος (DC), ο οποίος παρέχει ισχύ έως και 135 kW, δίνοντας στο Tesla model S 85 kWh, δηλαδή περίπου 270 χιλιόμετρα εύρους σε περίπου 30 λεπτά και πλήρη φόρτιση σε 75 λεπτά. Ο σύνδεσμος *Type-2 AC* (επίσης γνωστός ως Mennekes) χρησιμοποιείται για τη φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων, το βύσμα είναι κυκλικού σχήματος, με πεπλατυσμένο άνω άκρο και ικανό να φορτίζει ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας σε 3-70 κιλοβάτ. Το *ChaDeMO* είναι ένα σημείο επαναφόρτισης «διασύνδεση ικανή να φορτίζει ένα ηλεκτρικό όχημα κάθε φορά», περιλαμβάνει το τροφοδοτικό, το βύσμα και το χώρο στάθμευσης του αυτοκινήτου. Ο *SSC* είναι ένας συνδυασμός ζεύξης που βασίζεται στο βύσμα φόρτισης AC τύπου 2 (VDE), με πλήρη συμβατότητα με τις προδιαγραφές SAE για φόρτιση συνεχούς ρεύματος, με επιπλέον ακίδες για γρήγορη φόρτιση συνεχούς ρεύματος στα 200-450V DC και μέχρι 90kW.

Country	Charging Power	KW	Positions	PEV per position
Austria	Normal Power	<=22	2592	6
	High Power	>22	416	40
	Totals		3008	5
Belgium	Normal Power	<=22	1485	17
	High Power	>22	166	160
	Totals		1651	16
Bulgaria	Normal Power	<=22	18	2
	High Power	>22	4	9
	Totals		22	1
Croatia	Normal Power	<=22	202	1
	High Power	>22	32	10
	Totals		234	1
Cyprus	Normal Power	<=22	36	3
	High Power	>22	0	0
	Totals		36	36
Czech Republic	Normal Power	<=22	389	4
	High Power	>22	157	10
	Totals		546	3
Denmark	Normal Power	<=22	2114	4
	High Power	>22	432	23
	Totals		2546	3
Estonia	Normal Power	<=22	191	6
	High Power	>22	193	6
	Totals		384	3

Finland	Normal Power	<=22	706	6
	High Power	>22	223	20
	Totals		929	4
France	Normal Power	<=22	14407	9
	High Power	>22	1722	77
	Totals		16129	8
Germany	Normal Power	<=22	18334	5
	High Power	>22	1961	54
	Totals		20295	5
Greece	Normal Power	<=22	31	7
	High Power	>22	2	110
	Totals		33	6
Hungary	Normal Power	<=22	163	6
	High Power	>22	50	19
	Totals		213	4
Iceland	Normal Power	<=22	11	323
	High Power	>22	40	88
	Totals		51	69
Ireland	Normal Power	<=22	837	2
	High Power	>22	164	5
	Totals		1001	2
Italy	Normal Power	<=22	1980	6
	High Power	>22	248	53
	Totals		2228	5
Latvia	Normal Power	<=22	60	5

	High Power	>22	12	28
	Totals		72	4
Lithuania	Normal Power	<=22	15	12
	High Power	>22	11	16
	Totals		26	7
Luxembourg	Normal Power	<=22	202	9
	High Power	>22	10	185
	Totals		212	8
Malta	Normal Power	<=22	97	1
	High Power	>22	0	0
	Totals		97	1
Netherlands	Normal Power	<=22	29813	3
	High Power	>22	680	173
	Totals		30493	3
Norway	Normal Power	<=22	7947	18
	High Power	>22	1686	87
	Totals		9633	15
Poland	Normal Power	<=22	290	3
	High Power	>22	39	28
	Totals		329	3
Portugal	Normal Power	<=22	1192	5
	High Power	>22	92	67
	Totals		1284	4
Romania	Normal Power	<=22	95	4
	High Power	>22	15	27
	Totals		110	3

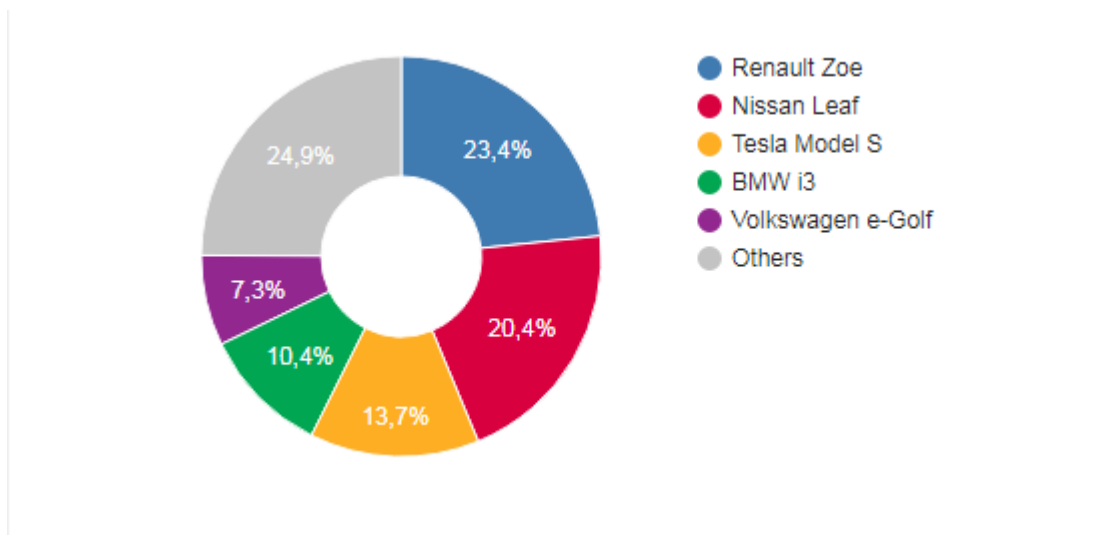
Slovakia	Normal Power	<=22	347	1
	High Power	>22	95	7
	Totals		442	1
Slovenia	Normal Power	<=22	348	2
	High Power	>22	135	6
	Totals		483	1
Spain	Normal Power	<=22	4153	3
	High Power	>22	394	38
	Totals		4547	3
Sweden	Normal Power	<=22	1955	20
	High Power	>22	1764	22
	Totals		3719	10
Switzerland	Normal Power	<=22	3460	5
	High Power	>22	409	49
	Totals		3869	5
United Kingdom	Normal Power	<=22	11117	10
	High Power	>22	2407	49
	Totals		13524	8

Πίνακας 4-1 Σημεία φόρτισης ανά κράτος στην ΕΕ
[πηγή δεδομένων: EAFO]

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της *eafo* (*European Alternative Fuels Observatory*) [16] τα BEV που προτιμήθηκαν περισσότερο και σημείωσαν τις περισσότερες πωλήσεις για το 2016 είναι οι εξής:

1. Renault Zoe 21.339
2. Nissan Leaf 18.599

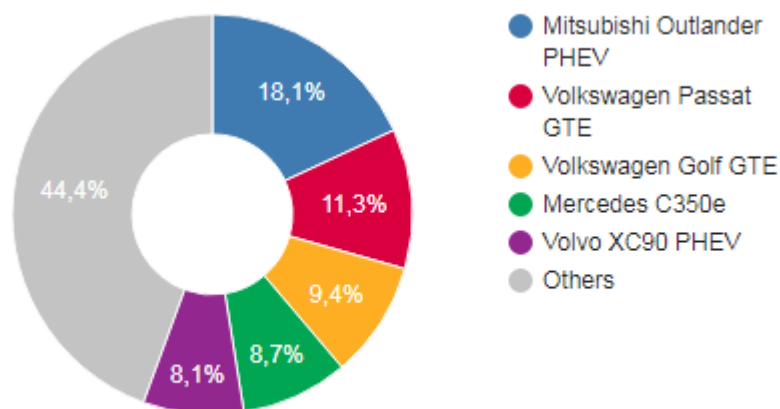
3. Tesla Model S	12.508
4. BMW i3	9.465
5. Volkswagen e-Golf	6.678
6. Others	22.754



Διάγραμμα 4-10 Κίνηση αγοράς BEV για το 2016
[πηγή: EAF0]

Όσο αφορά τα PHEV, τα στοιχεία για το 2016 έχουν ως εξής :

1. Mitsubishi Outlander PHEV	21.343
2. Volkswagen Passat GTE	13.332
3. Volkswagen Golf GTE	11.106
4. Mercedes C350e	10.233
5. Volvo XC90 PHEV	9.587
6. Others	52.398



Διάγραμμα 4-11 Κίνηση αγοράς PHEV για το 2016
[πηγή: EAF0]

Ranking	Make	Model	YTD 2017	Share PEV market	YTD 2016	2016 Total	Share PEV market	2015 Total	2014 Total	2013 Total	2012 Total	2011 Total
1	Mitsubishi	Outlander PHEV	10709	7.2%	12514	21343	10.2%	31275	20035	8193	0	0
2	Mercedes	GLC350e	6925	4.7%	500	1829	0.9%	0	0	0	0	0
3	Volkswagen	Passat GTE	6868	4.6%	5429	13332	6.4%	4819	0	0	0	0
4	BMW	255xe Active Tourer	6062	4.1%	2606	5937	2.8%	266	0	0	0	0
5	BMW	330e	5619	3.8%	3908	8695	4.2%	89	0	0	0	0

6	Audi	A3 e-Tron	4934	3.3%	3642	6600	3.2%	12080	729	0	0	0
7	Volvo	XC90 PHEV	4312	2.9%	5677	9587	4.6%	2859	0	0	0	0
8	Mercedes	C350e	3886	2.6%	5373	10233	4.9%	5858	0	0	0	0
9	BMW	X5 40e	3639	2.5%	3250	5389	2.6%	1539	0	0	0	0
10	Volkswagen	Golf GTE	3559	2.4%	6490	11106	5.3%	17258	768	0	0	0
Others	/	/	20720	14%	10074	23948	11.4%	24533	14432	18252	9758	36

Πίνακας 4-2 Επισκόπηση πωλήσεων PHEV
[πηγή: EAF0]

Ranking	Make	Model	YTD 2017	Share PEV market	YTD 2016	2016 Total	Share PEV market	2015 Total	2014 Total	2013 Total	2012 Total	2011 Total
1	Renault	Zoe	18973	12.8%	12881	21339	10.2%	18566	11029	8833	68	0
2	Nissan	Leaf	12195	8.2%	11918	18599	8.9%	15346	14691	10894	5383	174
3	BMW	i3	8149	5.5%	2981	9465	4.5%	6217	5458	998	0	0
4	Tesla	Model S	7272	4.9%	7351	12508	6%	16643	9550	3975	0	0
5	Tesla	Model X	6027	4.1%	108	3750	1.8%	0	0	0	0	0
6	Volkswagen	e-Golf	4141	2.8%	4405	6678	3.2%	11170	2931	0	48	0
7	Hyundai	Ioniq Electric	3088	2.1%	10	1143	0.5%	0	0	0	0	0
8	Kia	Soul EV	2720	1.8%	2179	4484	2.1%	5812	598	0	0	0

9	Mercedes	B250e	2028	1.4%	1810	3513	1.7%	2795	185	0	0	0
10	Volkswagen	e-Up!	1544	1%	1492	2576	1.2%	2976	5838	940	0	0
Others	/	/	4681	3.2%	4318	7288	3.5%	8197	6980	7090	12280	860

Πίνακας 4-3 Επισκόπηση πωλήσεων BEV
[πηγή: EAF0]

5^ο Κεφάλαιο: ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ

5.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ^[17,18]

Η διαδικασία προβλέψεων περιλαμβάνει συνήθως τρεις κυρίες φάσεις ως ακολούθως:

- Συλλογή και ανάλυση ιστορικών στοιχείων και πληροφοριών (Collect & analyzing data)
- Αξιολόγηση παραγόντων που επηρεάζουν τη ζήτηση (Adding deterministic overrides)
- Παρακολούθηση των προβλέψεων (Management Action)

Φάση 1^η: Συλλογή και ανάλυση ιστορικών στοιχείων και πληροφοριών

Η 1^η φάση της διαδικασίας πρόβλεψης περιλαμβάνει αρχικά τη συλλογή ιστορικών στοιχείων και πληροφοριών από διάφορες πηγές δεδομένων που σχετίζονται είτε άμεσα είτε έμμεσα με τη ζήτηση. Εν συνεχεία, τα συλλεχθέντα στοιχεία αναλύονται με στόχο το ξεκαθάρισμα και την επιλογή εκείνων που διαστρεβλώνουν λιγότερο και αποτυπώνουν καλύτερα την παρελθοντική εικόνα της ζήτησης. Τέλος, παράγεται μια προκαταρκτική στατιστική πρόβλεψη της ζήτησης (base statistical forecast) χρησιμοποιώντας την τεχνική πρόβλεψης που ταιριάζει καλύτερα (best forecasting fit) με το προφίλ και τα χαρακτηριστικά της ζήτησης.

Η συλλογή και η επιλογή των κατάλληλων στοιχείων είναι ίσως το κρισιμότερο βήμα. Έστω ότι πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στοιχεία από εντολές πωλήσεων της προηγούμενης διαχειριστικής περιόδου για την πρόβλεψη της ζήτησης ενός συγκεκριμένου προϊόντος. Αν υποθεθεί ότι για κάποιο χρονικό διάστημα είχαν παρατηρηθεί ελλείψεις στο απόθεμα του υπό εξέταση προϊόντος, οι πωλήσεις στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα θα εμφανίζουν κάμψη, οι οποίες θα οδηγήσουν σε μια ενδεχόμενη υποεκτίμηση της μελλοντικής ζήτησης. Σε γενικές γραμμές μπορεί να λεχτεί ότι όσο αυξάνει ο όγκος των διαθέσιμων δεδομένων τόσο αυξάνει η ακρίβεια των προβλέψεων υπό την προϋπόθεση ότι τα δεδομένα είναι καθαρά και δεν επισύρουν στρεβλώσεις.

Φάση 2^η: Αξιολόγηση παραγόντων που επηρεάζουν τη ζήτηση

Η 2^η φάση περιλαμβάνει τη μελέτη, αξιολόγηση και προσθήκη παραγόντων (deterministic overrides) είτε εξωτερικών είτε εσωτερικών που πιθανώς επηρεάζουν τη ζήτηση. Πιο συγκεκριμένα, στόχος της 2^{ης} φάσης είναι ο καθορισμός του αντίκτυπου των εκάστοτε παραγόντων που ενδεχομένως επηρεάζουν τη ζήτηση, έτσι ώστε να αναθεωρηθούν και να αναπροσαρμοστούν κατάλληλα οι προκαταρκτικές προβλέψεις ζήτησης. Οι εξωτερικοί

παράγοντες σχετίζονται συνήθως με το πολιτικοοικονομικό πλαίσιο, τον ανταγωνισμό και τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στις αγορές. Για παράδειγμα, το πλήθος των ανταγωνιστών, τα νέα προϊόντα, η διαφήμιση, οι τεχνολογικές αλλαγές και ο τρόπος διάθεσης επηρεάζουν τις προτιμήσεις των καταναλωτών και συνεπώς τη ζήτηση. Από την άλλη πλευρά, η τιμή, η στρατηγική προώθησης, ο τρόπος παρουσίασης των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και η ποιότητα των προϊόντων είναι παράγοντες που ρυθμίζονται εσωτερικά από την εκάστοτε επιχείρηση και επηρεάζουν πολλές φορές καθοριστικά τη ζήτηση.

Φάση 3^η: Παρακολούθηση των προβλέψεων

Η τελική φάση αφορά στην παρακολούθηση και τη συνεχή αξιολόγηση των προβλέψεων σε σύγκριση με την πραγματική διακύμανση της ζήτησης. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η αξιοπιστία της πρόβλεψης μπορεί να βελτιωθεί θεαματικά μέσα από την κατανόηση των αιτιών που ενδεχομένως οδήγησαν σε μεγάλα σφάλματα ή λανθασμένες εκτιμήσεις. Παράλληλα με τη συνεχή βελτίωση των προβλέψεων, δίνεται η δυνατότητα στην επιχείρηση να κάνει διορθωτικές κινήσεις (π.χ. επανακοστολόγηση των προϊόντων) και να πάρει αποφάσεις που θα αυξήσουν την αποδοτικότητα και την ανταγωνιστικότητα της (π.χ. μείωση των αποθεμάτων).

5.1.1 ΧΡΟΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ (TIME FRAME) ^[17]

Οι προβλέψεις αναφέρονται σε μελλοντικές καταστάσεις. Επομένως, ο χρόνος αποτελεί άμεσο και σημαντικό παράγοντα. Κάθε πρόβλεψη αναφέρεται σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Το μήκος του διαστήματος μεταξύ της χρονικής στιγμής στην οποία γίνεται η πρόβλεψη ονομάζεται χρονικό πλαίσιο (time frame) ή χρονικός ορίζοντας (time horizon) της πρόβλεψης. Γενικά, οι μεταβολές στο χρονικό πλαίσιο επηρεάζουν την επιλογή της μεθόδου πρόβλεψης και την ακρίβεια της προβλεπτικής της ικανότητας. Κατά κανόνα, όσο μεγαλώνει το χρονικό πλαίσιο, τόσο δυσκολότερη γίνεται η λήψη μιας ακριβούς πρόβλεψης. Τα χρονικά πλαίσια των προβλέψεων μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με το μήκος τους ως εξής:

- **Βραχυπρόθεσμα (short-term)** χρονικά πλαίσια: από μηδέν έως τρεις μήνες.
- **Μεσοπρόθεσμα (medium-term)** χρονικά πλαίσια: από τρεις μήνες έως δύο χρόνια.
- **Μακροπρόθεσμα (long-term)** χρονικά πλαίσια: από δύο χρόνια και περισσότερα.

5.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ^[17,18]

Το Πτολεμαϊκό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε στην αστρονομία για να προβέψη το τότε πρωτοφανές φαινόμενο που είχε παρατηρηθεί, πριν από 2000 χρόνια περίπου, αποτελεί μία από τις πρώτες μεθόδους πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο για να προβλέψει τις κινήσεις των αστεριών. Μάλιστα το Πτολεμαϊκό σύστημα φάνηκε να είναι αρκετά ακριβές για την εποχή. Παρόλα αυτά δεν έλειψαν τα σφάλματα και οι αποκλίσεις από την χρήση του Πτολεμαϊκού συστήματος. Αυτό οδήγησε (αιώνες αργότερα) στην ανάπτυξη νέων μεθόδων πρόβλεψης και την αντικατάσταση του Πτολεμαϊκού συστήματος με ένα πιο ακριβές σύστημα πρόβλεψης, το Καρπενίκειο σύστημα.

Αυτά τα συστήματα αποτέλεσαν τα πρώτα του είδους τους και η βάση για την ανάπτυξη και άλλων μεθόδων πρόβλεψης που θα κάλυπταν όλο το φάσμα των αναγκών μας για καλύτερες και με περισσότερη ακρίβεια προβλέψεις.

Στην σύγχρονη εποχή, η ανάγκη για ακρίβεια και αποτελεσματικότητα έκανε αρκετά διαδεδομένη την χρήση μεθόδων πρόβλεψης, κυρίως από εταιρίες οικονομικών συμφερόντων-οικονομικού χαρακτήρα.

Βαρόμετρο για την βελτίωση της ακρίβειας και την ελαχιστοποίηση των αποκλίσεων που υπήρχαν κατά την χρήση των μεθόδων πρόβλεψης υπήρξε τόσο η ανάγκη για καλύτερες προβλέψεις αλλά και η τεχνολογία που αναπτύχθηκε πάνω στις μεθόδους πρόβλεψης.

Σε σχεδόν κάθε απόφαση που κάνουν τα στελέχη μιάς εταιρίας σήμερα περιλαμβάνει κάποιου είδους πρόβλεψη. Οι υγιείς προβλέψεις των αναγκών και των τάσεων δεν είναι πλέον είδος πολυτελείας, αλλά μια αναγκαιότητα, για τα στελέχη που θα πρέπει να αντιμετωπίσουν την εποχικότητα, τις ξαφνικές μεταβολές στα επίπεδα ζήτησης, τους “ελιγμούς” μείωσης της τιμής του ανταγωνισμού, τις απεργίες και τις μεγάλες διακυμάνσεις της οικονομίας. Η πρόβλεψη μπορεί να τους βοηθήσει να αντιμετωπίσουν αυτά τα προβλήματα, αλλά μπορεί να τους βοηθήσει περισσότερο, εάν έχουν τις κατάλληλες γνώσεις πάνω στις γενικές αρχές της πρόβλεψης, τι μπορεί και τι δεν μπορεί να κάνει για αυτούς επί του παρόντος, και ποιες τεχνικές είναι κατάλληλες για τις ανάγκες της στιγμής.

Για να χειριστεί την αυξανόμενη ποικιλία και την πολυπλοκότητα των προβλημάτων διαχείρισης προβλέψεων, πολλές τεχνικές πρόβλεψης έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια. Κάθε μία από αυτές έχει την ιδιαίτερη χρήση του, και πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την επιλογή της σωστής τεχνικής για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Ο μάνατζερ καθώς και ο αναλύτης έχουν ένα ρόλο να διαδραματίσουν στην επιλογή της τεχνικής, και όσο καλύτερα κατανοούν το εύρος

των δυνατοτήτων πρόβλεψης, τόσο πιο πιθανό είναι ότι οι προσπάθειες πρόβλεψης μιας εταιρείας θα αποδώσουν καρπούς.

Η επιλογή μιας μεθόδου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το πλαίσιο της πρόβλεψης, τη συνάφεια και τη διαθεσιμότητα των ιστορικών δεδομένων, τον επιθυμητό βαθμό ακρίβειας, την προβλεπόμενη χρονική περίοδο, το κόστος/όφελος (ή την αξία) της πρόβλεψης επιχείρησης και τον διαθέσιμο χρόνο για την ανάλυση.

Αυτοί οι παράγοντες πρέπει να ζυγίζονται συνεχώς και σε διάφορα επίπεδα. Σε γενικές γραμμές, για παράδειγμα, ο υπεύθυνος πρόβλεψης (ή αναλυτή) θα πρέπει να επιλέξει μια τεχνική που θα κάνει την καλύτερη δυνατή χρήση των διαθέσιμων δεδομένων. Εάν ο υπεύθυνος πρόβλεψης μπορεί εύκολα να εφαρμόσει μια τεχνική αποδεκτής ακρίβειας, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιήσει μια πιο προηγμένη τεχνική που προσφέρει δυνητικά μεγαλύτερη ακρίβεια, αλλά απαιτεί ανύπαρκτες πληροφορίες ή πληροφορίες που είναι δαπανηρές για την απόκτηση. Αυτό το είδος συμβιβασμού είναι σχετικά εύκολο, αλλά άλλοι, όπως θα δούμε, απαιτούν πολύ περισσότερη σκέψη.

Επιπλέον, όταν μια εταιρεία επιθυμεί να προβλέψει με αναφορά σε ένα συγκεκριμένο προϊόν, πρέπει να εξετάσει το στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος για το οποίο κάνει την πρόβλεψη. Η διαθεσιμότητα δεδομένων και η δυνατότητα δημιουργίας σχέσεων μεταξύ των παραγόντων εξαρτώνται άμεσα από την ωριμότητα ενός προϊόντος και ως εκ τούτου το στάδιο του κύκλου ζωής αποτελεί πρωταρχικό καθοριστικό παράγοντα της μεθόδου πρόβλεψης που πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

Οι μέθοδοι πρόβλεψης μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης (qualitative forecasting methods) και ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης (quantitative forecasting methods).

5.2.1 ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ^[17,18]

Οι ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης είναι ιδιαίτερα σημαντικές όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, όπως θα ήταν η περίπτωση, για παράδειγμα, που τα τμήματα marketing μιας εταιρείας θα ήθελε να προβλέψει τις πωλήσεις ενός νέου προϊόντος. Οι ποιοτικές μέθοδοι πρόβλεψης θεωρούνται ότι είναι πολύ υποκειμενικές. Συχνά, ονομάζονται και προβλεπτικές μέθοδοι κρίσης (judgemental forecasting methods), επειδή συνδέονται με την κρίση του ερευνητή. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει την μέθοδο Delphi, την έρευνα αγοράς (market research), την συναινετική μέθοδο (consensus method), την visionary forecast και την ιστορική ανάλυση (historical analogy).

Μέθοδος	Ποιοτικές προβλέψεις		
	1. Delphi method	2. Market research	3. Consensus method
Περιγραφή	<p>Μία ομάδα ειδικών απαντάει σε ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο τροποποιείται σύμφωνα με τα αποτελέσματα και αποστέλλεται ξανά με στόχο να δημιουργηθεί μια διαδικασία μάθησης για τα μέλη της ομάδας χωρίς πίεση από προϊστάμενους.</p>	<p>Η συστηματική, επίσημη και συνειδητή διαδικασία εξέλιξης και δοκιμής υποθέσεων σχετικά με την πραγματική αγορά.</p>	<p>Αυτή η τεχνική βασίζεται στην υπόθεση ότι πολλοί ειδικοί μπορούν να φτάσουν σε μια καλύτερη πρόβλεψη από ένα άτομο. Δεν υπάρχει καθήλωση και η επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας ενθαρρύνεται για ένα καλύτερο αποτέλεσμα. Οι προβλέψεις επηρεάζονται μερικές φορές από παράγοντες που επηρεάζουν το περιβάλλον και μπορεί να μην αντικατοπτρίζουν μια πραγματική συναίνεση.</p>
Ακρίβεια			
Βραχυπρόθεσμα (0-3 μήνες)	Μέτριο έως πολύ καλό	Εξαιρετικό	Κακό έως μέτριο
Μεσοπρόθεσμα (3 μήνες – 2 χρόνια)	Μέτριο έως πολύ καλό	Καλό	Κακό έως μέτριο
Μακροπρόθεσμα	Μέτριο έως πολύ καλό		Κακό

<i>(2 χρόνια και πάνω)</i>		<i>Μέτριο έως αρκετά καλό</i>	
<i>Τοπική εφαρμογή</i>	<i>Προβλέψεις για μελλοντικές πωλήσεις και νέα προϊόντα, προβλέψεις περιθωρίων.</i>	<i>Προβλέψεις για μελλοντικές πωλήσεις και νέα προϊόντα, προβλέψεις περιθωρίων.</i>	<i>Προβλέψεις για μελλοντικές πωλήσεις και νέα προϊόντα, προβλέψεις περιθωρίων.</i>
<i>Δεδομένα που απαιτούνται</i>	<i>Ένας συντονιστής εκδίδει τη σειρά ερωτηματολογίων, επεξεργάζεται και ενοποιεί τις απαντήσεις.</i>	<i>Ως ελάχιστο, δύο σειρές αναφορών που αφορά το πέρασμα του χρόνου. Χρειάζεται μια σημαντική συλλογή δεδομένων αγοράς από ερωτηματολόγια, έρευνες και ανάλυση χρονοσειρών των μεταβλητών της αγοράς.</i>	<i>Οι πληροφορίες από μια ομάδα εμπειρογνομόνων παρουσιάζονται ανοιχτά στις συνεδριάσεις των ομάδων για να επιτευχθεί μια συναινετική πρόβλεψη. Κατά πάλι ως ελάχιστο, δύο σειρές αναφορών που αφορά το πέρασμα του χρόνου.</i>
<i>Χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη μιας πρόβλεψη</i>	<i>2 μήνες +</i>	<i>3 μήνες +</i>	<i>2 εβδομάδες +</i>

<i>Μέθοδος</i>	<i>Ποιοτικές προβλέψεις (συνέχεια)</i>	
	<i>4. Visionary forecast</i>	<i>5. Historical analogy</i>
<i>Περιγραφή</i>	<p>Θα μπορούσαμε να το περιγράψουμε ως μια προφητεία που χρησιμοποιεί προσωπικές ιδέες και την κρίση του κάθε αναλυτή, και όταν είναι δυνατόν, γεγονότα για διάφορα σενάρια του μέλλοντος.</p> <p>Χαρακτηρίζεται από υποκειμενικές εικασίες και φαντασία. Γενικά, οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι μη επιστημονικές.</p>	<p>Πρόκειται για μια συγκριτική ανάλυση της εισαγωγής και της ανάπτυξης παρόμοιων νέων προϊόντων που βασίζουν την πρόβλεψη στα πρότυπα σχέδια.</p>
<i>Ακρίβεια</i>		
<i>Βραχυπρόθεσμα (0-3 μήνες)</i>	Κακό	Κακό
<i>Μεσοπρόθεσμα (3 μήνες – 2 χρόνια)</i>	Κακό	Καλό έως μέτριο

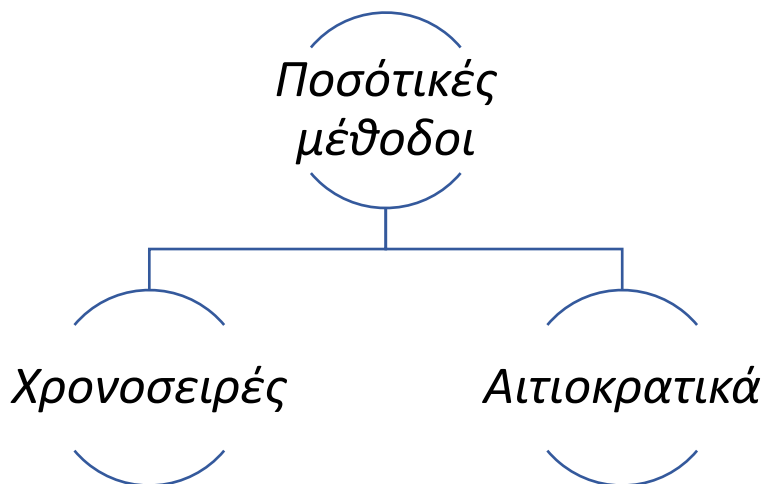
<i>Μακροπρόθεσμα (2 χρόνια και πάνω)</i>	Κακό	Καλό έως μέτριο
<i>Τοπική εφαρμογή</i>	<i>Προβλέψεις για μελλοντικές πωλήσεις και νέα προϊόντα, προβλέψεις περιθωρίων.</i>	<i>Προβλέψεις για μελλοντικές πωλήσεις και νέα προϊόντα, προβλέψεις περιθωρίων.</i>
<i>Δεδομένα που απαιτούνται</i>	<i>Ένα σύνολο πιθανών σεναρίων σχετικά με το μέλλον που προετοιμάστηκαν από λίγους εμπειρογνώμονες με βάση παλιότερα γεγονότα-δεδομένα.</i>	<i>Ιστορικά δεδομένα από ένα ή περισσότερα προϊόντα.</i>
<i>Χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη μιας πρόβλεψη</i>	<i>1 εβδομάδα +</i>	<i>1 μήνας +</i>

Πίνακας 5-1 Συνοπτική ανάλυση των ποιοτικών μεθόδων πρόβλεψης [18]

5.2.2 ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ^[16,17]

Οι ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης κάνουν χρήση ιστορικών δεδομένων. Ο στόχος τους είναι η μελέτη στοιχείων του παρελθόντος για την βαρύτερη κατανόηση της δομής των δεδομένων, η οποία θα οδηγήσει στα απαραίτητα μέσα για την πρόβλεψη μελλοντικών ενδεχομένων.

Οι ποσοτικές μέθοδοι πρόβλεψης μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τεχνικές πρόβλεψης, οι οποίες στηρίζονται στις λεγόμενες *χρονολογικές σειρές ή χρονοσειρές (time series)*. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις τεχνικές πρόβλεψης, που στηρίζονται στα λεγόμενα *αιτιώδη-αιτιοκρατικά μοντέλα (causal models)*.



Εικόνα 5.1 Διαχωρισμός των ποσοτικών μεθόδων

Οι μέθοδοι της πρώτης κατηγορίας βασίζονται στην ανάλυση ακολουθιών δεδομένων, τα οποία αποτελούν παρατηρήσεις πάνω σε μια τυχαία μεταβλητή που έχει ληφθεί σε διαδοχικές και εν γενει ισαπάχουσες χρονικές σειρές.

5.2.2.1 ΑΙΤΙΟΚΡΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ^[17,18]

Οι αιτιώδεις μέθοδοι πρόβλεψης στοχεύουν στον προσδιορισμό παραγόντων, οι οποίοι σχετίζονται με την μεταβλητή, της οποίας οι τιμές πρόκειται να προβλεφθούν. Δηλαδή, τα αιτιώδη μοντέλα χρησιμοποιούν άλλες μεταβλητές που σχετίζονται με την υπο εξέταση μεταβλητή και με βάση αναμενόμενες μελλοντικές τιμές τους προβλέπουν τη μέση τιμή της υπο εξέταση μεταβλητής. Επομένως, στα αιτιώδη μοντέλα αναζητούμε σχέσεις οι οποίες προσεγγίζουν το μηχανισμό παραγωγής των δεδομένων. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει μοντέλα ανάλυσης πολλαπλής παλινδρόμησης (multiple regression analysis) με μεταβλητές υστέρησης (lagged variables),οικονομετρικά μοντέλα (econometric models), μοντέλα ανάλυσης προσδομικών δεικτών (leading indicator analysis), μοντέλα ανάλυσης δεικτών διάχυσης (diffusion indices) και άλλων οικονομικών βαρομέτρων (economic barometers), όπως το οικονομικό μοντέλο εισόδου-εξόδου (economic input-output model) καθώς και την πρόθεση αγοράς και έρευνες προβλέψεων (intention to buy and anticipations surveys).

	<i>Αιτιοκρατικές μέθοδοι</i>		
<i>Μέθοδος</i>	<i>1. Multiple regression analysis</i>	<i>2. Econometric models</i>	<i>3. Intention to buy and anticipations surveys</i>
<i>Περίληψη</i>	<i>Πολυμεταβλητή ανάλυση παλινδρόμησης παρόμοια με εκείνη των χρονοσειρών, που λαμβάνει υπόψη και εξωτερικές μεταβλητές.</i>	<i>Εφαρμογή εξαρτημένων εξισώσεων με σκοπό την περιγραφή ενός τομέα της οικονομίας.</i>	

<i>Ακρίβεια</i>			
<i>Βραχυπρόθεσμα (0-3 μήνες)</i>	<i>Καλό έως πολύ καλό</i>	<i>Καλό έως πολύ καλό</i>	<i>Κακό έως μέτριο</i>
<i>Μεσοπρόθεσμα (3 μήνες – 2 χρόνια)</i>	<i>Καλό έως πολύ καλό</i>	<i>Πολύ καλο έως εξαιρετικό</i>	<i>Κακό έως μέτριο</i>
<i>Μακροπρόθεσμα (2 χρόνια και πάνω)</i>	<i>Κακό</i>	<i>Καλό</i>	<i>Πολύ κακό</i>
<i>Τυπική εφαρμογή</i>	<i>Προβλέψεις πωλήσεων κατά κατηγορίες προϊόντων, τις προβλέψεις περιθωρίων.</i>	<i>Προβλέψεις πωλήσεων κατά κατηγορίες προϊόντων, τις προβλέψεις περιθωρίων.</i>	<i>Πρόβλεψη πωλήσεων κατά κατηγορία προϊόντων.</i>
<i>Δεδομένα που απαιτούνται</i>	<i>Απαιτούνται στοιχεία αρκετών χρόνων για να αποκτηθούν καλές, και ουσιώδεις σχέσεις. Από μαθηματικής σκοπιάς είναι απαραίτητο μα υπάρχουν δύο επιπλέον παρατηρήσεις οι οποίες είναι ανεξάρτητες μεταβλητές.</i>	<i>Ομοίως όπως και για το μοντέλο παλινδρόμησης.</i>	<i>Απαιτούνται συνήθως δεδομένα αρκετών χρόνων για τη συσχέτιση αυτών των δεικτών με τις πωλήσεις της εταιρείας.</i>

<i>Χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη μιας πρόβλεψη</i>	<i>Εξαρτάται από την ικανότητα προσδιορισμού των σχέσεων.</i>	<i>2 μήνες +</i>	<i>Μερικές εβδομάδες</i>
--	---	------------------	--------------------------

<i>Μέθοδος</i>	<i>Αιτιοκρατικές μέθοδοι (συνέχεια)</i>		
	<i>4. Input-output model</i>	<i>5. Economic input-output model</i>	<i>6. Leading indicator analysis</i>
<i>Περίληψη</i>	<i>Εστιάζεται στις πωλήσεις κάθε βιομηχανίας προς άλλες εταιρείες και Κυβερνήσεις προβλέπει αλλαγές στις πωλήσεις μιας βιομηχανίας σύμφωνα με επικείμενες αλλαγές στις αγορές από άλλες βιομηχανίες.</i>	<i>Εστιάζεται στις πωλήσεις κάθε βιομηχανίας προς άλλες εταιρείες και Κυβερνήσεις προβλέπει αλλαγές στις πωλήσεις μιας βιομηχανίας σύμφωνα με επικείμενες αλλαγές στις αγορές από άλλες βιομηχανίες.</i>	<i>Εντοπισμός προϊόντων ή μεγεθών που έχουν την ίδια πορεία αλλά προηγούνται του μεγέθους πρόβλεψης.</i>
<i>Ακρίβεια</i>			
<i>Βραχυπρόθεσμα (0-3 μήνες)</i>	<i>Μη εφαρμοζόμενο</i>	<i>Μη εφαρμοζόμενο</i>	<i>Κακό έως καλό</i>
<i>Μεσοπρόθεσμα (3 μήνες – 2 χρόνια)</i>	<i>Καλό έως πολύ καλό</i>	<i>Καλό έως πολύ καλό</i>	<i>Κακό έως καλό</i>

Μακροπρόθεσμα (2 χρόνια και πάνω)	<i>Καλό έως πολύ καλό</i>	<i>Καλό έως εξαιρετικό</i>	<i>Πολύ κακό</i>
Τυπική εφαρμογή	<i>Τις προβλέψεις των πωλήσεων των εταιρειών και των πωλήσεων των κλάδων για βιομηχανικούς τομείς και υποτομείς.</i>	<i>Πωλήσεις εταιρειών για βιομηχανικούς τομείς και υποτομείς.</i>	<i>Προβλέψεις πωλήσεων κατά κατηγορία προϊόντων.</i>
Δεδομένα που απαιτούνται	<i>Δέκα ή δεκαπέντε χρόνια ιστορίας. Σημαντικές ποσότητες πληροφοριών για ροές προϊόντων και υπηρεσιών εντός μιας εταιρείας για κάθε έτος για τις οποίες είναι επιθυμητή μια ανάλυση εισροών-εκροών.</i>	<i>Ομοίως όπως και για το κινητό μέσο και το X-11.</i>	<i>Ομοίως όπως και για την πρόθεση αγοράς και έρευνες προβλέψεων.</i>
Χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη μιας πρόβλεψη	<i>6 μήνες +</i>	<i>6 μήνες +</i>	<i>1 μήνας +</i>

Πίνακας 5-2 Συνοπτική ανάλυση των αιτιοκρατικών μεθόδων πρόβλεψης [18]

5.2.2.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ^[17,18,19]

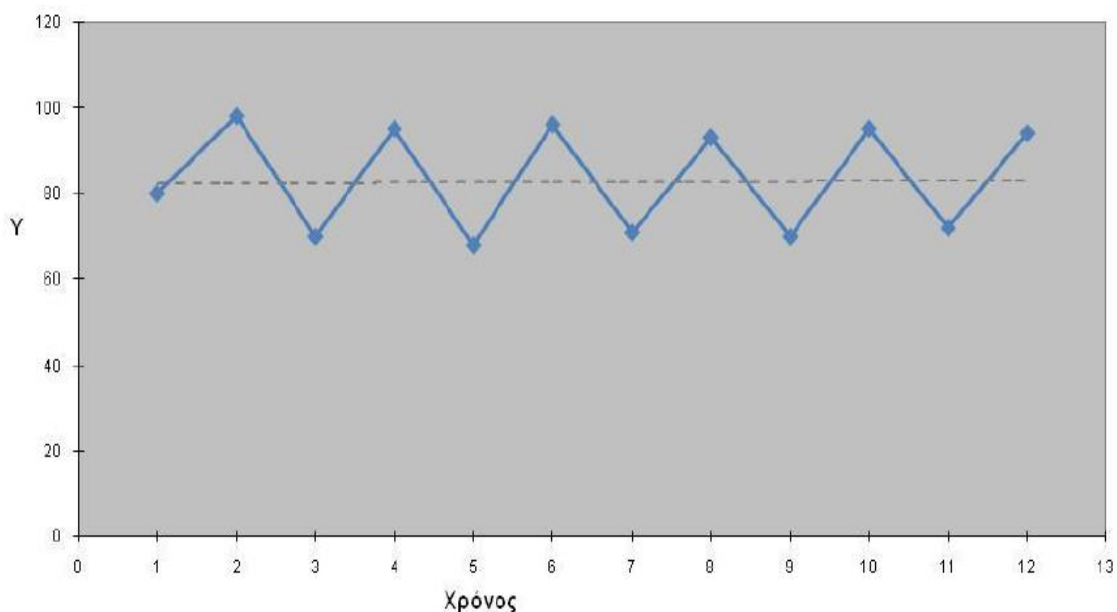
Από την άλλη πλευρά, οι μέθοδοι πρόβλεψης που στηρίζονται στις χρονολογικές σειρές στοχεύουν στην προβολή των μελλοντικών τιμών μιας μεταβλητής με βάση παρελθούσες και τρέχουσες παρατηρήσεις πάνω στη μεταβλητή αυτή. Τα μοντέλα πρόβλεψης που στηρίζονται στις χρονολογικές σειρές, επομένως, υποθέτουν ότι το σχήμα (pattern) της χρονολογικής εμφάνισης των τιμών της μεταβλητής που παρατηρήθηκαν στο παρελθόν θα συνεχίσει να υφίσταται και στο μέλλον. Μοντέλα αυτής της κατηγορίας μπορούν να προσδιοριστούν αποκλειστικά από το ιστορικό σχήμα της προς την πρόβλεψη της μεταβλητής. Επομένως, ένα μοντέλο της κατηγορίας αυτής θα δίνει την ίδια πρόβλεψη ανεξάρτητα από τις μεταβολές του περιβάλλοντος. Αυτό αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου, αφού για παράδειγμα, τέτοια μοντέλα δεν είναι χρήσιμα για την πρόβλεψη των μεταβλητών που θα προκύψουν από μια αλλαγή πολιτικής της διοίκησης μιας επιχείρησης, όπως είναι η μείωση τιμών ή μια νέα διαφημιστική εκστρατεία. Σε αντίθεση με τα μοντέλα των χρονοσειρών, τα αιτιωκρατικά μοντέλα έχουν το πλεονέκτημα ότι μας επιτρέπουν να ενσωματώσουμε σε αυτά μεταβολές του περιβάλλοντος, όπως μεταβολές στην πολιτική της διοίκησης μιας εταιρίας. Τα μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζουν είναι ότι τα μοντέλα αυτά είναι περισσότερο δύσκολο να αναπτυχθούν, απαιτούν πολύ περισσότερα ιστορικά δεδομένα (δηλαδή απαιτούν δεδομένα πάνω σε διάφορες μεταβλητές και όχι μόνο πάνω στην υπό προβλεψη μεταβλητή) και η ικανότητα πρόβλεψής τους απαιτεί γνώση, ή την δυνατότητα ακριβής πρόβλεψης, των μελλοντικών τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών. Παρ'όλα αυτά, τέτοια μοντέλα εν'γένει είναι περισσότερο χρήσιμα στην αποτίμηση του αποτελέσματος μιας πολιτικής της διοίκησης από ο'τι είναι τα μοντέλα που στηρίζονται στις χρονολογικές σειρές, ιδιαίτερα για μεσοπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες προβλέψεις.

Η βασική υπόθεση της μορφής της ανάλυσης που στηρίζεται σε χρονολογικές σειρές είναι ότι το μέλλον θα μοιάζει με το παρελθόν, δηλαδή, εκείνοι οι παράγοντες οι οποίοι επηρέασαν τα σχήματα δραστηριότητας στο παρελθόν, και το παρόν θα συνεχίσουν να τα επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο και στο μέλλον. Επομένως, ο πρωταρχικός στόχος της ανάλυσης χρονοσειρών είναι η αναγνώριση και απομόνωση αυτών των παραγόντων και του σχήματος συμπεριφοράς των δεδομένων που προκαλείται από αυτούς και η προβολή του σχήματος αυτού στο μέλλον.

5.3 ΜΟΤΙΒΟ ΤΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ^[17,19]

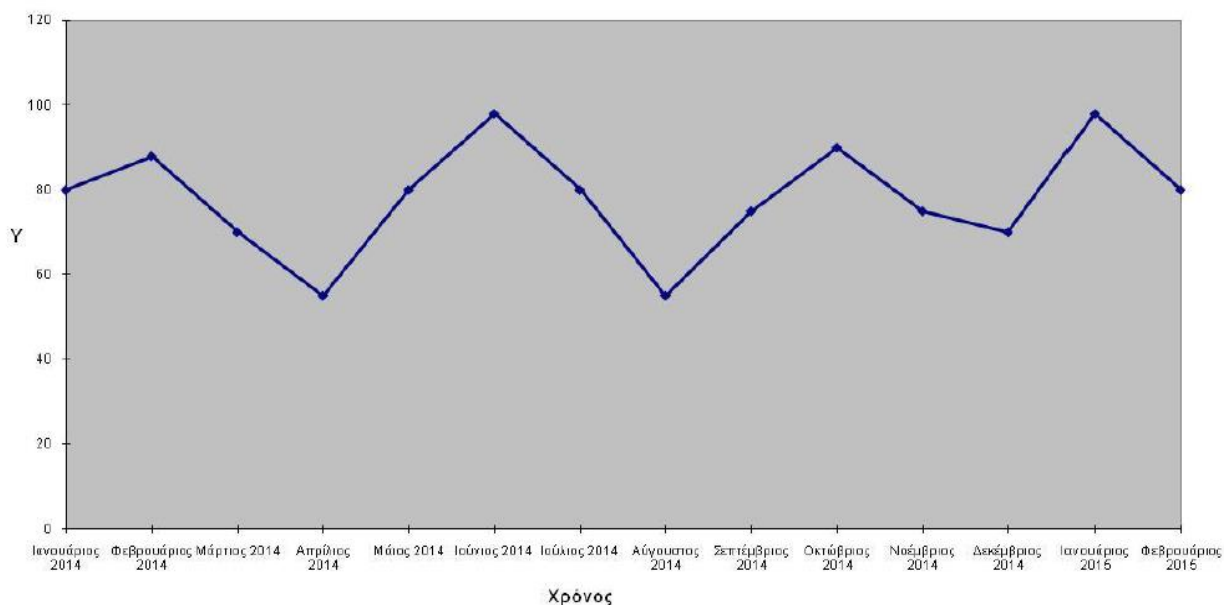
Σημαντικό στοιχείο για την επιλογή και ανάλυση μιας κατάλληλης μεθόδου χρονοσειρών είναι η εξέταση των ειδών των μοτίβων των δεδομένων, έτσι ώστε να είμαστε σε θέση να καταλάβουμε τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρονται, και επομένως, να μπορούν να ελεγχθούν οι καταλληλότερες μέθοδοι για αυτά τα μοτίβα. Διακρίνονται τέσσερις τύποι μοτίβων μοντέλων: το οριζόντιο- επίπεδο στοιχείο ή στατικό (horizontal pattern - H), η εποχικότητα (seasonal pattern - S), η κυκλικότητα (cyclical pattern - C), η τάση (trend pattern - T) και η τυχαιότητα (random pattern - R).

Το οριζόντιο- επίπεδο στοιχείο ή στατικό (horizontal pattern - H) χαρακτηρίζει σειρές τιμών που διακυμαίνονται γύρω από μια μέση τιμή, χωρίς να υπάρχει συστηματική τάση για αύξηση ή μείωση τους.



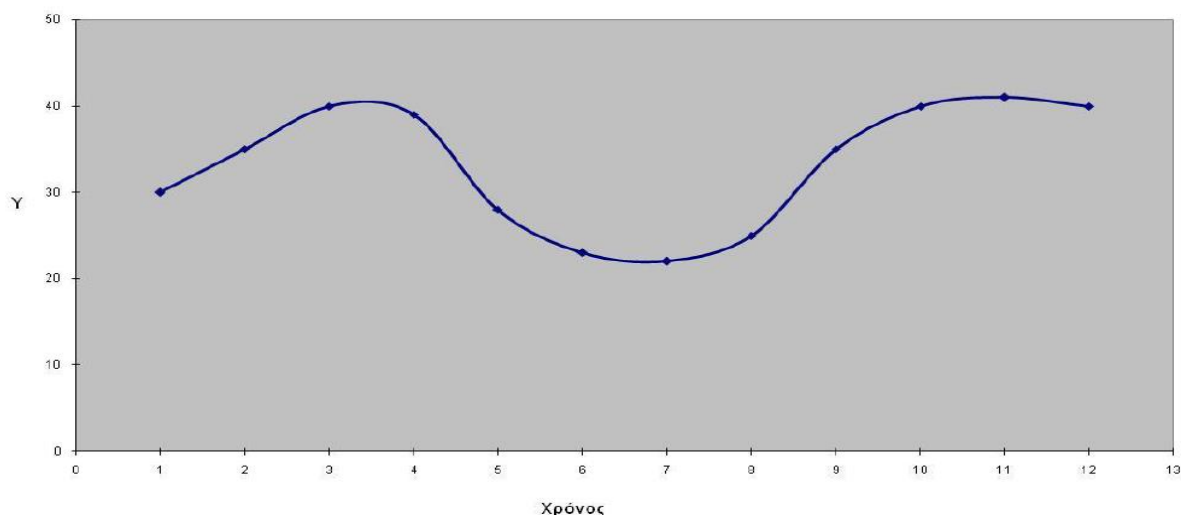
Διάγραμμα 5-0-1 Οριζόντιο- επίπεδο στοιχείο ή στατικό (horizontal pattern - H)
(πηγή: ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ, ΚΟΥΤΣΟΘΑΝΑΣΗ
ΒΑΣΙΛΙΚΗ, ΠΕΙΡΑΙΑ, 2015)

Το μοντέλο εποχικότητα (seasonal pattern – S) χαρακτηρίζει χρονοσειρές, όπου η διακύμανση των τιμών οφείλεται σε κάποιο εποχικό στοιχείο (π.χ. το τρίμηνο του έτους, ο μήνας ή ημέρα της εβδομάδας). Δηλαδή, είναι η κανονική επαναλαμβανόμενη κίνηση των δεδομένων μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα και αφορά τις αυξομειώσεις της ζήτησης λόγω αλλαγής των αγοραστικών προτιμήσεων, καιρικές συνθήκες και άλλων απρόβλεπτων παραμέτρων μέσα στο έτος.



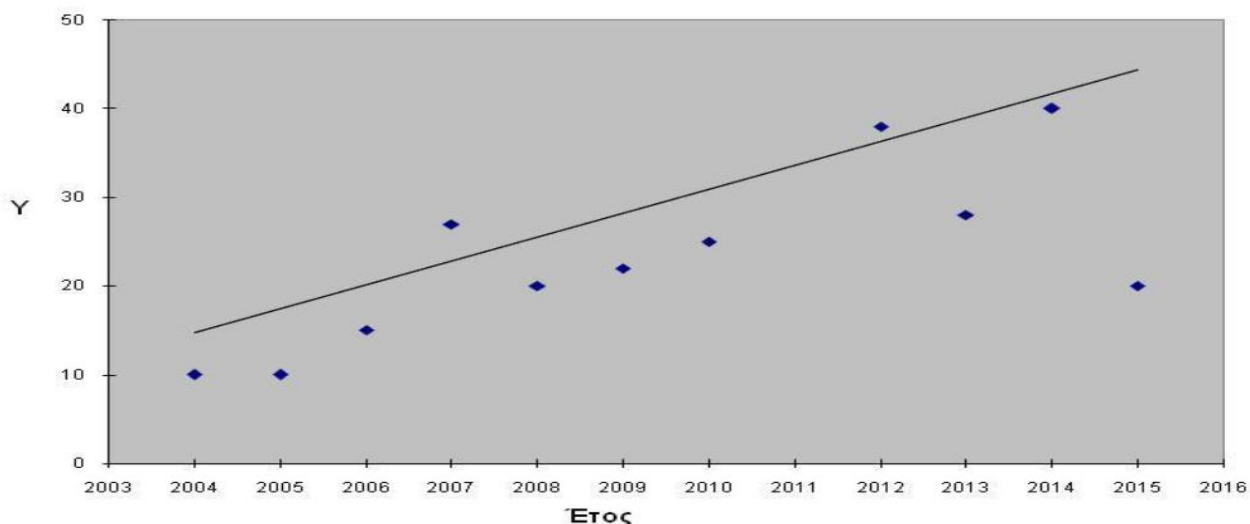
Διάγραμμα 5-0-2 Εποχικότητα (seasonal pattern – S)
(πηγή: ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ, ΚΟΥΤΣΟΘΑΝΑΣΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, ΠΕΙΡΑΙΑ, 2015)

Το μοντέλο κυκλικότητας (cyclical pattern – C) είναι παρόμοιο με το εποχικό, μόνο που το εποχικό χαρακτηρίζεται από σταθερή περιοδικότητα και διάρκεια κύκλου ενώ στο κυκλικό τόσο η περιοδικότητα όσο και ο κύκλος δεν εμφανίζουν σταθερότητα.



Διάγραμμα 5-0-3 Κυκλικότητα (cyclical pattern – C)
(πηγή: ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ, ΚΟΥΤΣΟΘΑΝΑΣΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, ΠΕΙΡΑΙΑ, 2015)

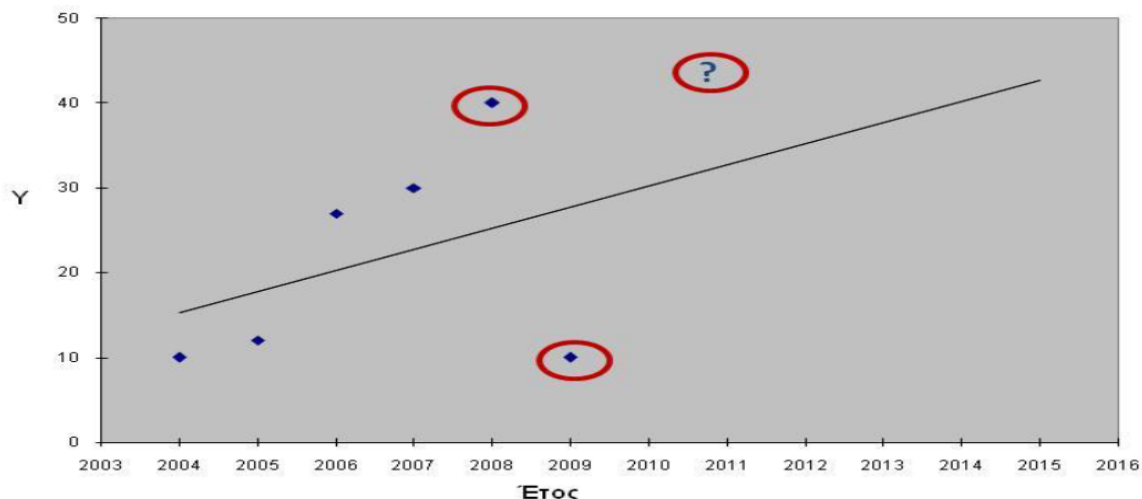
Το μοντέλο τάσης (trend pattern – T) χαρακτηρίζει χρονοσειρές όπου παρατηρείται μια συστηματική μεταβολή, αύξηση ή ελάττωση, της μέσης τιμής της μεταβλητής με την πάροδο του χρόνου.



Διάγραμμα 5-0-4 Τάση (trend pattern – T)
(πηγή: ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ, ΚΟΥΤΣΟΘΑΝΑΣΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, ΠΕΙΡΑΙΑ, 2015)

Το μοντέλο Τυχειότητα (random pattern – R) χαρακτηρίζει χρονοσειρές, όπου δεν παρουσιάζεται καμία κανονικότητα στην κίνηση των δεδομένων. Αναφέρεται στη διακύμανση

της ζήτησης, η οποία δεν οφείλεται στην τάση, την κυκλικότητα ή την εποχικότητα, αλλά σε απρόβλεπτα και μη επαναλαμβανόμενα γεγονότα.



Διάγραμμα 5-0-5 Τυχασιότητα (random pattern – R)
(πηγή: ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ, ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ, ΚΟΥΤΣΟΘΑΝΑΣΗ
ΒΑΣΙΛΙΚΗ, ΠΕΙΡΑΙΑ, 2015)

5.4 ΣΦΑΛΜΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ^[17]

Σύμφωνα με τους Χρήστος Ν. Αγιάκογλου και Γεώργιος Σ. Οικονόμου, για την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου για την πρόβλεψη χρονοσειρών, οι επιχειρήσεις θα πρέπει να λάβουν διάφορα στοιχεία υπ' όψιν. Ένα σημαντικό στοιχείο που θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν είναι η απόδοση των προβλέψεων, όπως αυτή καθορίζεται με βάση τα σφάλματα πρόβλεψης. Οι επιχειρήσεις, λοιπόν, θα πρέπει να γνωρίζουν πώς να υπολογίζουν τα σφάλματα πρόβλεψης και πώς να εντοπίζουν τυχόν λάθη στις μεθόδους πρόβλεψης.

Οι προβλέψεις πάντα εμπεριέχουν κάποιο σφάλμα. Τα σφάλματα πρόβλεψης διακρίνονται σε συστηματικά (bias errors) και τυχαία (random errors). Τα συστηματικά σφάλματα οφείλονται σε συστηματικά λάθη του μοντέλου δηλαδή η πρόβλεψη είναι πάντα μεγαλύτερη ή πάντα μικρότερη από την πραγματική. Τα λάθη αυτά συχνά οφείλονται στην παράβλεψη ή στην μη ακριβή εκτίμηση του υποδείγματος της μεταβλητής. Τα τυχαία λάθη είναι αποτέλεσμα μη προβλέψιμων παραγόντων που προκαλούν απόκλιση της πρόβλεψης από την πραγματική τιμή. Με τον όρο σφάλμα πρόβλεψης αναφερόμαστε στη διαφορά μεταξύ της προβλεπόμενης και της πραγματικής τιμής για μία δεδομένη περίοδο. Στη στατιστική, τα λάθη αυτά αποκαλούνται κατάλοιπα και είναι αποδεκτά μέσα σε κάποια όρια εμπιστοσύνης. Η ζήτηση για ένα προϊόν δημιουργείται από την αλληλεπίδραση διαφόρων παραγόντων αρκετά

πολύπλοκων για να περιγραφούν επαρκώς από ένα μοντέλο. Συνεπώς, όλες οι προβλέψεις της ζήτησης περιέχουν κάποιο σφάλμα.

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (5.1)$$

όπου Y_t = πραγματική ζήτηση της περιόδου t

\hat{Y}_t = προβλεπόμενη ζήτηση της περιόδου t

e_t = σφάλμα πρόβλεψης ζήτησης

Για την μέτρηση των σφαλμάτων πρόβλεψης μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέτρα όπως η μέση απόλυτη απόκλιση (mean absolute deviation), το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (mean square error), η τετραγωνική ρίζα μέσου σφαλμάτος τετραγώνου (Root Mean Squared Error), το μέσο απόλυτο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Absolute Percentage Error), και το μέσο ποσοστιαίο σφάλμα (Mean Percentage Error).

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (5.2)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (5.3)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (5.4)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{Y_t} \quad (5.5)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)}{Y_t} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{Y_t} \quad (5.6)$$

Αν αυτά τα μέτρα διασποράς είναι μικρά, η προβλεπόμενη τιμή βρίσκεται κοντά στην πραγματική. Τα μέτρα διαφέρουν στον τρόπο που δίνουν βαρύτητα στα σφάλματα. Μεγάλα σφάλματα έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα και την τυπική απόκλιση γιατί υψώνονται στο τετράγωνο. Η μέση τυπική απόκλιση χρησιμοποιείται ευρέως στις επιχειρήσεις καθ' ότι είναι πιο κατανοητή στους εργαζόμενους. Είναι ο μέσος όρος των σφαλμάτων πρόβλεψης σε μία σειρά περιόδων χωρίς να λαμβάνει υπ' όψιν αν το σφάλμα ήταν υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση της πραγματικής τιμής.

5.5 ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ^[17]

5.5.1 ΑΠΛΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ (SIMPLE MOVING AVERAGE)

Η μέθοδος του απλού κινητού μέσου (simple moving average) είναι μια πολύ απλή μέθοδος προβλέψεων που χρησιμοποιεί ως πρόβλεψη την τιμή του αριθμητικού μέσου όρου των m πλέον πρόσφατων παρατηρήσεων της χρονοσειράς. Αυτό συμβαίνει διότι οι πλέον πρόσφατες παρατηρήσεις της χρονοσειράς θεωρούνται περισσότερο αντιπροσωπευτικές για την δημιουργία προβλέψεων απ' ό,τι οι πιο απομακρυσμένες στο παρελθόν. Ο μέσος όρος αυτός ονομάζεται "κινητός", επειδή η τιμή του δεν είναι σταθερή, αλλά αναπροσαρμόζεται κάθε φορά που μια νέα παρατήρηση της χρονοσειράς γίνεται διαθέσιμη.

Για την πρόβλεψη μιας χρονοσειράς Y_t , για $t=1, 2, \dots, n$, με την μέθοδο του απλού κινητού μέσου ισχύει:

$$\hat{Y}_{t+1} = M_{t+1} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Y_{t-j+1} = \frac{1}{m} (Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-n+1}) \quad (5.7)$$

Όπου Y_{t+1} είναι η πρόβλεψη για την περίοδο $t+1$ και n ο αριθμός των περιόδων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της τιμής του μεσου όρου. Η μέθοδος του απλού κινητού μέσου μπορεί να συμβολιστεί και ως $M_t + 1$. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι να γνωρίζουμε τον αριθμό n . Αν η τιμή του n είναι γνωστή, τότε μπορούμε να εφαρμόσουμε την σχέση 5.7 για να προβλέψουμε την περίοδο $(t+1)$.

Παράδειγμα 5,1

Στον πίνακα δίνονται οι εβδομαδιαίες πωλήσεις ενός καταστήματος για τις τελευταίες 10 εβδομάδες, καθώς και οι προβλέψεις με την μέθοδο του απλού κινητού μέσου για $m=2$ και $m=4$.

Εβδομάδες t	Πωλήσεις Y_t	Πρόβλεψη \hat{Y}_t	Σφάλμα e_t	Τετραγωνικό σφάλμα e^2_t
1	230			
2	240			
3	250			
4	245			
5	265			
6	250			
7	255			
8	250			
9	260			
10	270			
11				

Ενδεικτικά, η πρόβλεψη της εβδομάδας 3 με την μέθοδο του απλού κινητού μέσου για $m=2$ υπολογίζεται από την σχέση 5.7 ως εξής:

$$\hat{Y}_{t3} = \frac{1}{2} (Y_1 + Y_2) = \frac{1}{2} (230 + 240) = 235$$

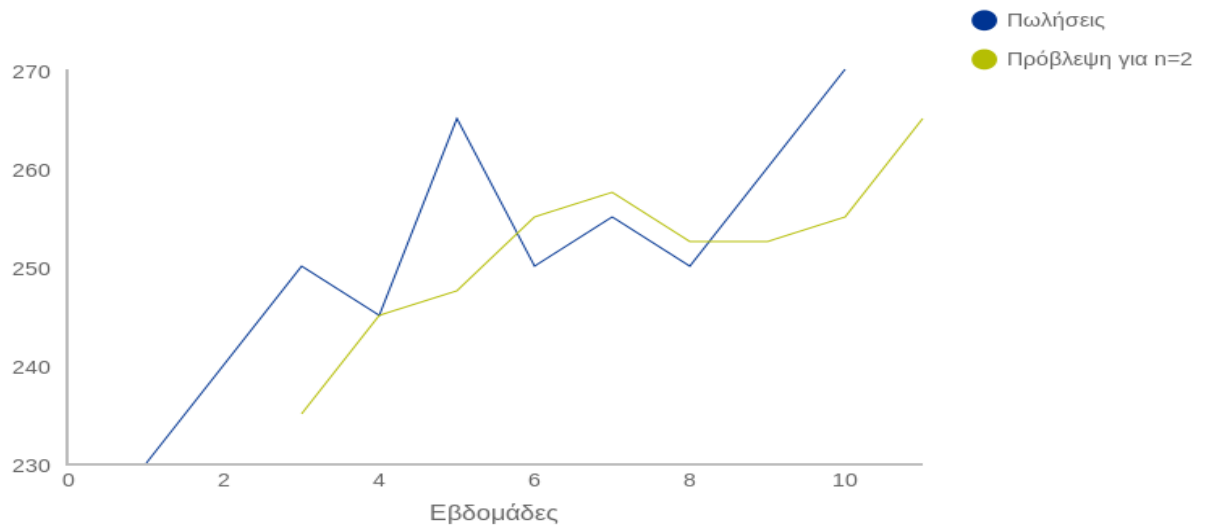
Ενώ το σφάλμα για την ίδια εβδομάδα είναι ίσο με:

$$e_3 = Y_{t3} - \hat{Y}_{t3} = 250 - 235 = 15$$

Με τον ίδιο τρόπο προσδιορίζονται και οι υπόλοιπες τιμές του πίνακα που αφορούν τις προβλέψεις για $m=2$.

Εβδομάδες t	Πωλήσεις Y_t	Πρόβλεψη \hat{Y}_t	Σφάλμα e_t	Τετραγωνικό σφάλμα e^2_t
1	230	-	-	-
2	240	-	-	-
3	250	235	15	225
4	245	245	0	0
5	265	247.5	17.5	306.25
6	250	255	-5	25
7	255	257.5	-2.5	6.25
8	250	252.5	-2.5	6.25
9	260	252.5	7.5	56.25
10	270	255	15	225

11	265	SSE= 850
----	-----	----------

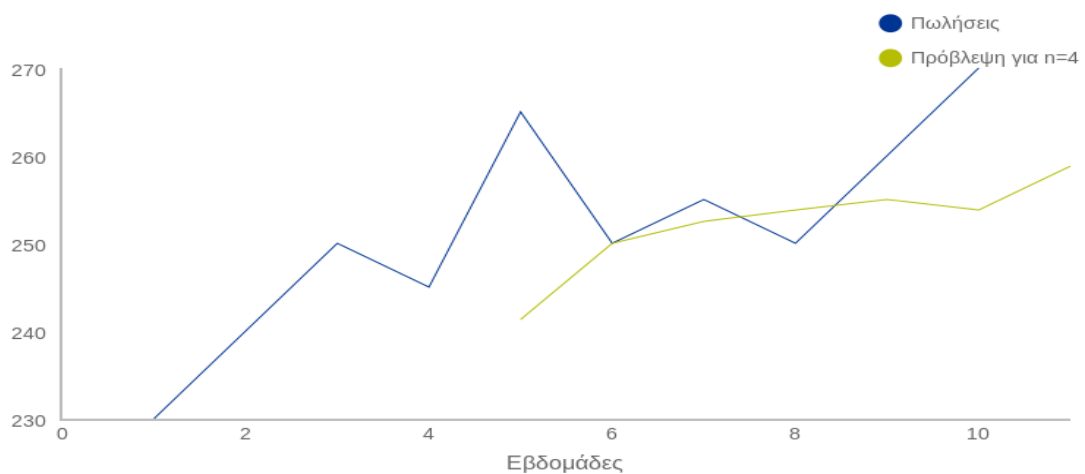


Αντίστοιχα για m=4 έσχυει:

$$\hat{Y}_{t5} = \frac{1}{4}(Y_{t1} + Y_{t2} + Y_{t3} + Y_{t4}) = \frac{1}{4}(230 + 240 + 250 + 245) = 241.3$$

Εβδομάδες	Πωλήσεις Y_t	Πρόβλεψη \hat{Y}_t	Σφάλμα e_t	Τετραγωνικό σφάλμα e^2_t
1	230	-	-	-

2	240	-	-	-
3	250	-	-	-
4	245	-	-	-
5	265	241.3	23.7	561.69
6	250	250	0	0
7	255	252.5	2.5	6.25
8	250	253.8	-3.8	14.44
9	260	255	5	25
10	270	253.8	16.2	262.44
11		258.8		SSE= 869.82



Έχοντας ολοκληρώσει τον υπολογισμό όλων των τιμών για για την πρόβλεψη, για $m=2$ και $m=4$, μπορούμε να συνεχίσουμε υπολογίζοντας την τιμή του κριτηρίου του μέσου σφάλματος τετραγώνου MSE. Η τιμή του μέσου τετραγωνικού σφάλματος για τη μέθοδο του απλού κινητου μέσου, για $m=2$, είναι:

$$MSE_{m=2} = \dots = \frac{1}{8} 850 = 106.2$$

Ενώ για τη μέθοδο του απλού κινητού μέσου, για $m=4$, είναι:

$$MSE_{m=4} = \dots = \frac{1}{6} 869.89 = 144.98$$

Επειδή η τιμή $MSE_{m=2}$ είναι μικρότερη από την τιμή $MSE_{m=4}$, η μέθοδο του απλού κινητού μέσου για $m=4$ είναι πιο καταλλήλη για την δημιουργία προβλέψεων της συγκεκριμένης χρονοσειράς από τη μέθοδο του απλού κινητού μέσου για $m=2$.

5.5.2 ΔΙΠΛΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ^[17]

Η μέθοδος του διπλού κινητού μέσου (double moving average) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των τιμών μιας χρονοσειράς, οι παρατηρήσεις της οποίας παρουσιάζουν ανοδική ή πτωτική πορεία που εκφράζεται από κάποια γραμμική τάση. Για την διαμόρφωση των προβλέψεων με την μέθοδο αυτή υπολογίζεται ένας δεύτερος κινητός μέσος από τον απλό κινητό μέσο, ενώ στην συνέχεια λαμβάνεται υπόψη και η γραμμική τάση των παρατηρήσεων της σειράς. Για τον λόγο αυτό η μέθοδος ονομάζεται πολύ συχνά και μέθοδος του γραμμικού κινητού μέσου (linear moving average).

Η εφαρμογή της μεθόδου του διπλού κινητού μέσου βασίζεται στην ακόλουθη διαδικασία:

1. Υπολογίζεται ο απλός κινητός μέσος για n -περιόδους, M_t , ως:

$$M_{t+1} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Y_{t-j+1} \quad (5.8)$$

2. Υπολογίζεται ο διπλός κινητός μέσος m -περιόδων, M'_t , ως:

$$M'_{t+1} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m M_{t-j+1} \quad (5.9)$$

3. Υπολογίζεται η διαφορά a_t ως:

$$a_t = 2M_t - M'_t \quad (5.10)$$

4. Υπολογίζεται ο παράγοντας προσαρμογής για την τάση, b_t , ως:

$$b_t = \frac{2}{m-1} (M_t - M'_t) \quad (5.11)$$

5. Υπολογίζεται η πρόβλεψη \hat{Y}_{t+h} για την h μελλοντική περίοδο ως:

$$\hat{Y}_{t+h} = a_t + hb_t \quad (5.12)$$

όπου h είναι ακέραιος θετικός αριθμός

Η μέθοδος αυτή μπορεί για $h > 1$ να χρησιμοποιηθεί για τη διενέργεια προβλέψεων για περισσότερες από μια μελλοντικές προβλέψεις, ενώ για $h = 1$ δίνει την πρόβλεψη για την επόμενη περίοδο. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου του διπλού κινητού μέσου αποτελεί η ύπαρξη μεγάλου αριθμού παρατηρήσεων, ιδιαίτερα όταν η τιμή του m είναι μεγάλη. Όπως και στην μέθοδο του απλού κινητού μέσου, όταν η τιμή του m δεν είναι γνωστή, επιλέγουμε εκείνη την τιμή που ελαχιστοποιεί την τιμή του κριτηρίου MSE ή κάποιου άλλου κριτηρίου στα δεδομένα της χρονοσειράς, εμφανίζοντας τη μέθοδο για διάφορες τιμές του m .

Παράδειγμα 5.2

Εφαρμογή της μεθόδου διπλού κινητού μέσου για $m=3$.

T	Y_t	M_t	M'_t	a_t	b_t	\hat{Y}_t	e_t
1	230						
2	240						
3	250						
4	245						

5	265
6	250
7	255
8	250
9	260
10	270
11	
12	

Ενδεικτικά, η πρόβλεψη της εβδομάδας 10 με την μέθοδο του απλού κινητού μέσου για $m=3$ υπολογίζεται από την σχέση (5.8) ως εξής:

$$M_{10} = \frac{1}{3}(Y_9 + Y_8 + Y_7) = \frac{(260 + 250 + 255)}{3} = 255$$

ενώ ο διπλός κινητός μέσος για την ίδια περίοδο είναι:

$$M'_{10} = \frac{1}{3}(M_9 + M_8 + M_7) = \frac{(251,7 + 256,7 + 253,3)}{3} = 253,9$$

άρα η διαφορά a_7 ισούται με:

$$a_{10} = 2M_{10} - M'_{10} = (2 * 255) - 253,9 = 256,1$$

και η τάση b_7 με:

$$b_{10} = \frac{2}{m-1}(M_{10} - M'_{10}) = \frac{2}{3-1}(255 - 253,9) = 1,1$$

με τον ίδιο τρόπο συνεχίζουμε και υπολογίζουμε και τις υπόλοιπες τιμές του πίνακα.

Η πρόβλεψη για την 11^η εβδομάδα, δηλαδή για h=1 θα είναι:

$$\hat{Y}_{11} = a_{10} + hb_{10} = 256,1 + (1 * 1,1) = 257,2$$

ενώ για την 12^η εβδομάδα, δηλαδή για h=2 θα είναι:

$$\hat{Y}_{12} = a_{11} + hb_{11} = 256,1 + (2 * 1,1) = 258,3$$

τέλος το σφάλμα της πρόβλεψης, e_t είναι:

$$e_{10} = Y_{10} - \hat{Y}_{10} = 270 - 246,1 = 23,9$$

t	Y_t	M_t	M'_t	a_t	b_t	\hat{Y}_t	e_t
1	230	-	-	-	-	-	-
2	240	-	-	-	-	-	-
3	250	-	-	-	-	-	-
4	245	240	-	-	-	-	-
5	265	245	-	-	-	-	-
6	250	253,3	-	-	-	-	-
7	255	253,3	246,1	260,5	7,2	-	-

8	250	256,7	250,6	262,8	6,1	267,8
9	260	251,7	254,4	248,9	-2,78	268,9
10	270	255	253,9	256,1	1,1	246,1
11						257,2
12						258,3

5.6 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ^[17]

5.6.1 ΑΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ (EXPONENTIAL SMOOTHING)

Αυτή η τεχνική είναι παρόμοια με τον απλό κινητό μέσο. Η μοναδική διαφορά αυτών των τεχνικών αφορά την βαρύτητα της κάθε παρατήρησης. Για παράδειγμα, ο απλός κινητός μέσος 5-περιόδων δίνει την ίδια βαρύτητα, δηλαδή 1/5, τόσο στην πιο πρόσφατη παρατήρηση όσο και στην Πέμπτη κατά σειρά πιο απομακρυσμένη παρατήρηση. Το μειονέκτημα αυτό γίνεται περισσότερο αντιληπτό όταν η τιμή του n αυξάνεται σε σχέση με το είδος των δεδομένων. Στην περίπτωση της εκθετικής εξομάλυνσης οι προβλέψεις δημιουργούνται με βάση κάποιο σταθμικό μέσο όρο, έτσι ώστε να δίνεται διαφορετική βαρύτητα σε κάθε παρατήρηση. Πιο συγκεκριμένα, η εκθετική μέθοδος δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στις πιο πρόσφατες περιόδους, υποθέτοντας ότι οι συντελεστές βαρύτητας ακολουθούν μια εκθετική κατανομή. Συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των προηγούμενων μεθόδων είναι η ευκολία των υπολογισμών και το γεγονός ότι απαιτεί λιγότερα ιστορικά δεδομένα. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές εκθετικής εξομάλυνσης: μερικές είναι πιο ευπροσάρμοστες από άλλες, μερικές είναι υπολογιστικά πιο περίπλοκες, μερικές απαιτούν περισσότερο χρόνο υπολογισμού.

$$\hat{Y}_{t+1} = aY_t + (1 + a)\hat{Y}_t \quad (5.13)$$

Η σχέση αυτή είναι η μαθηματική έκφραση της μεθόδου της εκθετικής εξομάλυνσης και ορίζεται, για $t = 2, 3, \dots, n$, με αρχική συνθήκη $\hat{Y}_{t2} = Y_{t1}$, όπου η παράμετρος a ονομάζεται σταθερά εξομάλυνσης (smoothing constant) και λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1, δηλαδή:

$$0 \leq a \leq 1$$

Παράδειγμα 5.3

Προβλέψεις με την μέθοδο της εκθετικής εξομάλυνσης για $\alpha=0,3$ και $\alpha=0,7$.

Έτος n	Πωλήσεις Y_t	Πρόβλεψη \hat{Y}_t	Σφάλμα e_t	Τετραγωνικό σφάλμα e^2_t
1	2438			
2	2338			
3	2325			
4	2288			
5	2044			
6	2403			
7	2244			
8	2499			
9	2489			
10	2229			
11	2466			
12	2515			
13				

Όπως ήδη γνωρίζουμε ισχύει :

$$\hat{Y}_{t2}=Y_{t1}=2.438$$

Ενδεικτικά, η πρόβλεψη \hat{Y}_{t3} των πωλήσεων του τρίτου έτους, για $\alpha=0.3$ θα είναι:

$$\hat{Y}_{t3} = 0.3Y_{t2} + (1 - 0.3)\hat{Y}_{t2} = 0.3 * 2.338 + (1 - 0.3)2.438 = 2.408$$

Ενώ αντίστοιχη τιμή του σφάλματος της πρόβλεψης είναι :

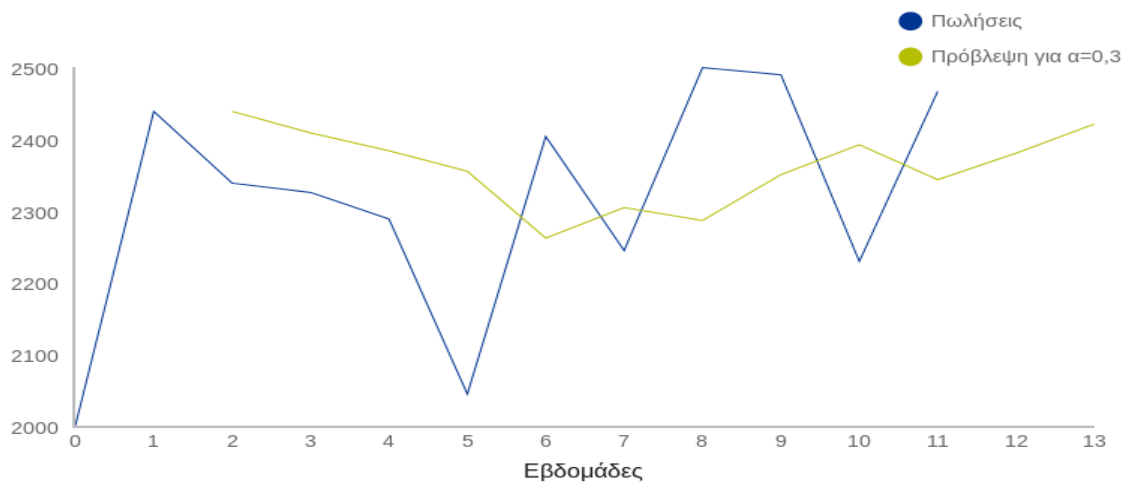
$$e_{t3} = Y_{t3} - \hat{Y}_{t3} = 2.325 - 2.408 = -83$$

Με τον ίδιο τρόπο προσδιορίζουμε και τις υπόλοιπες τιμές του πίνακα. Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της χρονοσειράς, για $\alpha=0,3$, είναι:

$$MSE = \frac{1}{11} \sum_{t=2}^{12} e_t^2 = \frac{269724.2}{11} = 24520.38$$

Έτος n	Πωλήσεις Y_t	Πρόβλεψη \hat{Y}_t	Σφάλμα e_t	Τετραγωνικό σφάλμα e_t^2
1	2438	-	-	-
2	2338	2438	-100	10000
3	2325	2408	-83	6889
4	2288	2383.1	-95.1	9044

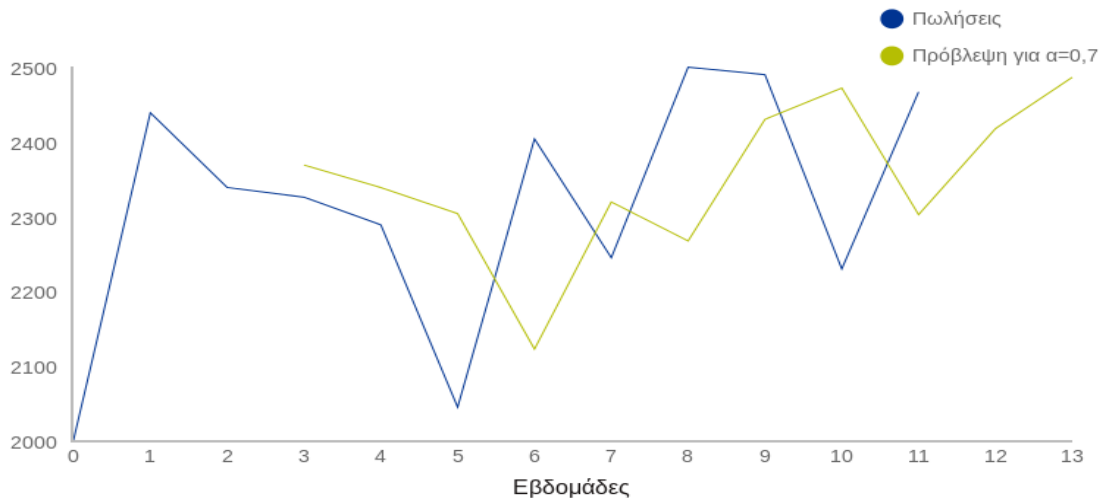
5	2044	2354.6	-310.6	96472.4
6	2403	2261.4	141.6	20050.6
7	2244	2303.9	-59.9	3588
8	2499	2285.9	213.1	45411.6
9	2489	2349.8	139.2	19376.6
10	2229	2391.6	-162.6	26438.8
11	2466	2342.8	123.2	14178.2
12	2515	2379.8	135.2	18279
13		2420.4		SSE= 269724.2



Αντίστοιχα, για α=0,7, θα έχουμε τα εξής αποτελέσματα

Έτος n	Πωλήσεις Y_t	Πρόβλεψη \hat{Y}_t	Σφάλμα e_t	Τετραγωνικό σφάλμα e^2_t
1	2438	-	-	-

2	2338	2438	-100	10000
3	2325	2368	-43	1849
4	2288	2337.9	-49.9	2490
5	2044	2303	259	67065.5
6	2403	2121.7	281.3	79129.7
7	2244	2318.6	-74.6	5566.6
8	2499	2266.4	232.6	54112
9	2489	2429.2	59.8	3573.6
10	2229	2471.1	-242.1	58593
11	2466	2301.6	164.4	27017.5
12	2515	2416.7	98.3	9666.8
13		2485.5		SSE=319063.7



Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της χρονοσειράς, για $\alpha=0,7$, είναι:

$$MSE = \frac{1}{11} \sum_{t=2}^{12} e_t^2 = \frac{319063.7}{11} = 29005.8$$

Επειδή η τομή MSE για $\alpha=0,3$ είναι μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή για $\alpha=0,7$, η μέθοδος της εκθετικής εξομάλυνσης αναμένεται να δώσει καλύτερα αποτελέσματα για $\alpha=0,3$, με την προϋπόθεση πως οι συνθήκες που ισχύουν δεν θα αλλάξουν στο μέλλον.

5.6.2 ΔΙΠΛΗ ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ: ΜΕΘΟΔΟΣ BROWN^[17]

Η μέθοδος της διπλής εκθετικής εξομάλυνσης (double exponential smoothing), η οποία ονομάζεται και μέθοδος Brown, είναι μια άλλη μέθοδος πρόβλεψεων που χρησιμοποιείται σε χρονοσειρές, οι παρατηρήσεις των οποίων παρουσιάζουν τάση. Η βασική φιλοσοφία της μεθόδου αυτής είναι η παραπλήσια με την μέθοδο του διπλού κινητού μέσου, δηλαδή η εξομάλυνση των παρατηρήσεων της χρονοσειράς γίνεται δύο φορές, ενώ στην διαμόρφωση των προβλέψεων λαμβάνεται υπ' όψιν και η τάση.

Η εφαρμογή της μεθόδου της διπλής εκθετικής εξομάλυνσης στηρίζεται στην ακόλουθη διαδικασία:

1. Εξομαλύνονται οι αρχικές παρατηρήσεις της χρονοσειράς με την μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης ως εξής:

$$A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)A_{t-1} \quad (5.14)$$

όπου α είναι η σταθερά εξομάλυνσης για $0 \leq \alpha \leq 1$, A_t οι εξομαλυνθείσες τιμές της χρονοσειράς που προκύπτουν απλό την πρώτη εξομάλυνση, για $t=2, 3, \dots, n$, ενώ για $t=1$ ορίζεται ως αρχική συνθήκη $A_1=Y_1$.

2. Εξομαλύνονται οι εξομαλυνθείσες τιμές A_t της χρονοσειράς με τη μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης ως:

$$A'_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)A'_{t-1} \quad (5.15)$$

όπου A'_t είναι οι εξομαλυνθείσες τιμές της χρονοσειράς που προκύπτουν απλό την δεύτερη εξομάλυνση, για $t=2, 3, \dots, n$, ενώ για $t=1$ ορίζεται ως αρχική συνθήκη $A'_1=A_1$

3. Υπολογίζεται η διαφορά a_t ως:

$$a_t = 2A_t - A'_t \quad (5.16)$$

4. Υπολογίζεται ο παράγοντας προσαρμογής για την τάση b_t ως:

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (A_t - A'_t) \quad (5.17)$$

5. Υπολογίζεται η πρόβλεψη \hat{Y}_{t+h} για την h μελλοντική περίοδο ως:

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

όπου $h=1, 2, 3, \dots, n$.

Η μέθοδος αυτή μπορεί αν εφαρμοστεί για την διαμόρφωση προβλέψεων για περισσότερες από μια μελλοντικές περιόδους σε αντίθεση με τη μέθοδο της απλής εκθετικής εξομάλυνσης, η οποία παρέχει προβλέψεις μόνο για την επόμενη χρονική περίοδο. Σημαντικό είναι όταν δεν γνωρίζουμε την τιμή της σταθεράς εξομάλυνσης α , κάτι το οποίο συμβαίνει όταν εφαρμόζουμε για πρώτη φορά την μέθοδο στα δεδομένα που έχουμε, επιλέγουμε την τιμή του α που ελαχιστοποιεί την τιμή του κριτηρίου MSE ή κάποιου άλλου κριτηρίου. Την συγκεκριμένη μέθοδο δεν απαιτείται μεγάλος αριθμός δεδομένων.

Παράδειγμα 5.4

Πρόβλεψη με την μέθοδο διπλής εκθετικής εξομάλυνσης, για $\alpha=0,3$.

T	Y_t	A_t	A'_t	a_t	b_t	\hat{Y}_t	e_t
1	56						
2	75,2						
3	84,5						
4	53,2						
5	68,9						
6	59,3						
7	71,4						
8	67,4						
9	60,1						
10	54,8						
11	73,5						
12	74,2						
13	75						
14	74,1						
15	73,2						
16							
17							
18							

Ενδεικτικά, η εξομάλυνση για την 2^η εβδομάδα με την μέθοδο της διπλής εκθετικής εξομάλυνσης για $\alpha=0,3$ υπολογίζεται από την σχέση (5.14) ως εξής:

για $t=1$ ισχύει η συνθήκη $A_1=Y_1$ επομένως

$$A_2 = \alpha Y_2 + (1 - \alpha)A_1 = (0,3 * 75,2) + (1 - 0,3)56 = 61,76$$

ενώ η αντίστοιχη τιμή της δεύτερης εξομάλυνσης θα είναι:

$$A'_2 = \alpha A_2 + (1 - \alpha)A'_1 = (0,3 * 61,76) + (1 - 0,3)56 = 57,73$$

η διαφορά a_2 θα είναι:

$$a_2 = 2A_2 - A'_2 = (2 * 61,76) - 57,73 = 65,8$$

Και η τάση b_2 θα είναι:

$$b_2 = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (A_2 - A'_2) = \frac{0,3}{1 - 0,3} (61,76 - 57,73) = 1,73$$

τέλος το σφάλμα της πρόβλεψης, e_t είναι:

$$e_2 = Y_2 - \hat{Y}_2 = 75,2 - 56 = 19,2$$

ομοίως συμπληρώνουμε και τα υπόλοιπα νούμε του πίνακα.

Επομένως, η πρόβλεψη για την 16^η εβδομάδα, δηλαδή για h=1, θα είναι:

$$\hat{Y}_{16} = a_{15} + hb_{15} = 74,47 + (1 * 1,13) = 75,6$$

ενώ για την 17^η εβδομάδα, δηλαδή για h=2, θα είναι:

$$\hat{Y}_{17} = a_{15} + hb_{15} = 74,47 + (2 * 1,13) = 76,73$$

Και τέλος, για την 18^η εβδομάδα, δηλαδή για h=3, θα είναι:

$$\hat{Y}_{18} = a_{15} + hb_{15} = 74,47 + (3 * 1,13) = 77,86$$

t	Y_t	A_t	A'_t	a_t	b_t	\hat{Y}_t	e_t
1	56	56	56	56	0	-	-
2	75,2	61,76	57,73	65,79	1,73	56	19,2
3	84,5	68,58	60,98	76,18	3,26	67,52	16,98
4	53,2	63,97	61,88	66,06	0,89	79,44	-26,24
5	68,9	65,45	62,95	67,94	1,07	66,95	1,95
6	59,3	63,6	63,15	64,06	0,2	69,02	-9,72
7	71,4	65,94	63,98	67,9	0,84	64,26	7,14
8	67,4	66,38	64,7	68,06	0,72	68,74	-1,34
9	60,1	64,5	64,64	64,35	-0,06	68,77	-8,67
10	54,8	61,59	63,72	59,45	-0,092	64,29	-9,49
11	73,5	65,16	64,16	66,17	0,43	58,53	14,97

12	74,2	67,87	65,27	70,47	1,12	66,6	7,6
13	75	70,01	66,69	73,33	1,42	71,59	3,41
14	74,1	71,24	68,06	74,42	1,36	74,75	-0,65
15	73,2	71,83	69,19	74,47	1,13	75,78	-2,58
16						75,6	
17						76,73	
18						77,83	

5.6.3 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ: ΜΕΘΟΔΟΣ HOLT^[17]

Η εκθετική εξομάλυνση με προσαρμογή στην τάση (exponential smoothing adjusted for trend), γνωστή και ως μέθοδος Holt, χρησιμοποιείται κι αυτή όταν υπάρχει τάση στις παρατηρήσεις της χρονοσειράς. Η μέθοδος Holt έχει δύο παραμέτρους εξομάλυνσης, την παράμετρο α για εξομάλυνση των τιμών της χρονοσειράς και την παράμετρο β για την εξομάλυνση της τάσης, σε αντίθεση με την μέθοδο Brown που έχει μόνο μια παράμετρο.

Η εφαρμογή της μεθόδου Holt βασίζεται στην ακόλουθη διαδικασία.

1. Η εξομάλυνση των τιμών της χρονοσειράς γίνεται ως εξής:

$$A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5.18)$$

όπου α είναι η σταθερά εξομάλυνσης για $0 \leq \alpha \leq 1$, A_t οι εξομαλυνθείσες τιμές της χρονοσειράς, για $t=2, 3, \dots, n$, ενώ για $t=1$ ορίζεται ως αρχική συνθήκη $A_1=Y_1$.

2. Η εξομάλυνση της τάσης γίνεται ως εξής:

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (5.19)$$

όπου β , $0 \leq \beta \leq 1$, είναι η σταθερά για την εξομάλυνση της τάσης, T_t οι εξομαλυνθείσες τιμές της τάσης, για $t=2, 3, \dots, n$, ενώ για $t=1$ ορίζεται ως αρχική συνθήκη $T_1=0$.

3. Υπολογίζεται η πρόβλεψη \hat{Y}_{t+h} για την h μελλοντική περίοδο ως:

$$\hat{Y}_{t+h} = a_t + hT_t \quad (5.20)$$

όπου $h = 1, 2, 3, \dots, n$.

Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διενέργεια προβλέψεων της χρονοσειράς για περισσότερες από μια μελλοντικές περιόδους. Οι τιμές των a και β για μια συγκεκριμένη χρονοσειρά προκύπτουν από την ελαχιστοποίηση του κριτηρίου MSE ή κάποιου άλλου κριτηρίου, εφαρμόζοντας την μέθοδο για όλους τους δυνατούς συνδιασμούς των τιμών a και β .

Παράδειγμα 5.5

Εφαρμογή πρόβλεψης με την χρήση εκθετικής εξομάλυνσης με προσαρμογή στην τάση, για $\alpha=0,3$ και $\beta=0,1$.

t	Y_t	A_t	T_t	\hat{Y}_t	e_t
1	56				
2	75,2				
3	84,5				
4	53,2				
5	68,9				
6	59,3				
7	71,4				

8	67,4
9	60,1
10	54,8
11	73,5
12	74,2
13	75
14	74,1
15	73,2
16	
17	
18	

Από τις αρχικές συνθήκες ισχύει:

$$A_1 = Y_1$$

$$T_1 = 0$$

επομένως \hat{Y}_t και e_t δεν λαμβάνονται υπ' όψιν για τον πρώτο μήνα.

Ενδεικτικά, η εξομαλυνθείσα τιμή της χρονοσειράς για τον 2^ο μήνα θα είναι:

$$A_2 = \alpha Y_2 + (1 - \alpha)(A_1 + T_1) = (0,3 * 75,2) + (1 - 0,3)(56 + 0) = 61,76$$

ενώ η εξομαλυνθείσα τιμή της τάσης θα είναι:

$$T_2 = \beta(A_2 - A_1) + (1 - \beta)T_1 = 0,1(61,76 - 56) + (1 - 0,1)0 = 0,576$$

ομοίως συμπληρώνουμε και τα υπόλοιπα νούμερα του πίνακα.

Επομένως, η πρόβλεψη για την 16^η εβδομάδα, δηλαδή για $h=1$, θα είναι:

$$\hat{Y}_{16} = a_{15} + hT_{15} = 73,42 + (1 * 0,87) = 74,29$$

ενώ για την 17^η εβδομάδα, δηλαδή για h=2, θα είναι:

$$\hat{Y}_{17} = a_{15} + hT_{15} = 73,42 + (2 * 0,87) = 75,16$$

Και τέλος, για την 18^η εβδομάδα, δηλαδή για h=3, θα είναι:

$$\hat{Y}_{18} = a_{15} + hT_{15} = 73,42 + (3 * 0,87) = 76,03$$

t	Y_t	A_t	T_t	\hat{Y}_t	e_t
1	56	56	0	-	-
2	75,2	61,76	0,58	56	19,2
3	84,5	68,98	1,24	62,34	22,16
4	53,2	65,12	0,73	70,23	-17,02
5	68,9	66,76	0,82	65,85	3,05
6	59,3	65,1	0,57	67,58	-8,28
7	71,4	67,39	0,74	65,67	5,73
8	67,4	67,91	0,72	68,14	-0,74
9	60,1	66,08	0,47	68,64	-8,54
10	54,8	63,02	0,11	66,54	-11,74
11	73,5	66,24	0,42	63,13	10,36
12	74,2	68,93	0,65	66,67	7,53
13	75	71,21	0,81	69,58	5,42
14	74,1	72,64	0,88	72,02	2,08
15	73,2	73,42	0,87	73,52	-0,32
16				74,29	

17	73,16
18	76,03

5.6.4 ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ: ΜΕΘΟΔΟΣ WINTERS^[17]

Σε πολλές χρονοσειρές, οι παρατηρήσεις των οποίων αναφέρονται σε χρονικές περιόδους μικρότερες του έτους (μήνες, τρίμηνα, κ.α), είναι δυνατόν να παρατηρούνται εποχικές διακυμάνσεις, οι οποίες επαναλαμβάνονται κάθε έτος με την ίδια ή περίπου την ίδια μορφή. Η εποχικότητα στις παρατηρήσεις των χρονοσειρών είναι ένα φαινόμενο που εμφανίζεται συχνά κατά την διερεύνηση των οικονομικών φαινομένων και για να εξεταστεί χρειάζεται η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξομάλυνσης, η οποία θα πρέπει να λαμβάνει υπ'όψιν την εποχικότητα. Μια τέτοια μέθοδος είναι η εκθετική εξομάλυνση με προσαρμογές στην τάση και την εποχικότητα (exponential smoothing adjusted for trend and seasonality) ή μέθοδος Winters, η οποία αποτελεί επέκταση της μεθόδου Holt. Η μέθοδος Winters έχει τρεις παραμέτρους, τις α , β , και γ , οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εξομάλυνση των τιμών της χρονοσειράς, της τάσης και της εποχικότητας αντίστοιχα. Η διαφοράς της μεθόδου Winters και της μεθόδου Holt είναι ότι η πρώτη μέθοδο χρησιμοποιεί μια επιπλέον παραμετρο σε σχέση με την Holt.

Η εφαρμογή της μεθόδου Winters στηρίζεται στην ακόλουθη διαδικασία:

1. Η εξομάλυνση των τιμών της χρονοσειράς γίνεται ως εξής:

$$A_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-L}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5.21)$$

όπου α , για $0 \leq \alpha \leq 1$, είναι η σταθερά για την εξομάλυνση των τιμών της χρονοσειράς, A_t οι εξομαλυνθείσες τιμές της χρονοσειράς, ενώ S_t είναι ο εποχικός συντελεστής της περιόδου t και L η περιοδικότητα της εποχικότητας, δηλαδή $L=12$ για μηνιαία δεδομένα, $L=4$ για τριμηνιαία δεδομένα κ.ο.κ.

2. Η εξομάλυνση της τάσης γίνεται με τον ίδιο τρόπο, όπως με την μέθοδο Holt, δηλαδή ως εξής:

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (5.22)$$

όπου β , για $0 \leq \beta \leq 1$, είναι η σταθερά για την εξομάλυνση της τάσης, ενώ T_t είναι εξομαλυνσθείσες τιμές της τάσης.

3. Η εξομάλυνση της εποχικότητας γίνεται ως εξής:

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-L} \quad (5.23)$$

όπου γ , για $0 \leq \gamma \leq 1$, είναι η σταθερά για την εξομάλυνση της εποχικότητας.

4. Η πρόβλεψη \hat{Y}_{t+h} για τις h μελλοντικές περιόδους του πρώτου έτους προσδιορίζονται από την ακόλουθη σχέση:

$$\hat{Y}_{t+h} = (A_t + hT_t)S_{t+h-L} \quad (5.24)$$

για $h=1, 2, \dots, L$

και για τις h μελλοντικές περιόδους του δεύτερου έτους από τηνσχέση:

$$\hat{Y}_{t+h} = (A_t + hT_t)S_{t+h-2L} \quad (5.25)$$

για $h= L+1, L+3, \dots, 2L$

Για την εφαρμογή της μεθόδου Winters χρειαζόμαστε τις αρχικές συνθήκες για τις σχέσεις (5.21), (5.22) και (5.23). Ειδικότερα, για τις σχέσεις (5.21) και (5.23), στις οποίες εμφανίζονται οι εποχικοί συντελεστές S_{t-L} , δεν είναι διαθέσιμες οι αρχικές τιμές των $S_{1-L}, S_{2-L}, \dots, S_0$ για την εφαρμογή των σχέσεων αυτών για το πρώτο έτος. Ένας εύκολος τρόπος καθορισμού των αρχικών συνθηκών είναι αυτός που προτείνει ο Chatfield το 1978.

Ειδικότερα, ο Chatfield χρησιμοποιεί τις παρατηρήσεις της χρονοσειράς του πρώτου έτους, δηλαδή τις Y_1, Y_2, \dots, Y_L , για να προσδιορίσει τις αρχικές τιμές των A_t, T_t , και S_t που φορούν το πρώτο έτος, δηλαδή για $t=1, 2, \dots, L$, ως εξής:

1. Για $t=1, 2, \dots, L-1$ δεν προσδιορίζονται οι τιμές A_t , ενώ για $t = L$ το A_L ορίζεται ως εξής:
- 2.

$$A_L = \frac{Y_1+Y_2+\dots+Y_L}{L} \quad (5.26)$$

3. Για $t=1, 2, \dots, L-1$ δεν προσδιορίζονται οι τιμές T_t , ενώ για $t = L$, $T_L = 0$.
4. Για $t=1, 2, \dots, L$ οι τιμές των εποχικών συντελεστών S_t υπολογίζεται ως εξής:

$$S_t = \frac{Y_t}{A_L} \quad (5.27)$$

Οι τιμές των α , β και γ , για μια συγκεκριμένη χρονοσειρά προκύπτουν από την ελαχιστοποίηση του κριτηρίου MSE ή κάποιου άλλου κριτηρίου, εφαρμόζοντας την μέθοδο για όλους τους δυνατούς συνδιασμούς.

5.7 ΑΠΛΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ ^[20]

Σε πολλές στατιστικές εφαρμογές συναντάμε το πρόβλημα της μελέτης της σχέσης δύο ή περισσότερων τυχαίων μεταβλητών. Παραδείγματα τέτοιας σχέσης έχουμε στη μελέτη του ύψους και του βάρους μιας ομάδας ανθρώπων, του εισοδήματος και κατανάλωσης εργαζομένων σε μια εταιρεία κλπ. Το πρόβλημα που θέλουμε να λύσουμε είναι αφ' ενός να αποφασίσουμε αν υπάρχει μια τέτοια σχέση και στη συνέχεια να προσδιορίσουμε τη σχέση αυτή με βάση ορισμένες παρατηρήσεις. Ένας από τους κύριους λόγους που η μελέτη αυτή είναι σημαντική, κυρίως σε εφαρμογές που έχουν σχέση με επιχειρήσεις και με την οικονομία, είναι ότι οι σχέσεις αυτές χρησιμοποιούνται συχνά για προβλέψεις. Είναι προφανές ότι συχνά, είτε ιδιωτικές εταιρείες είτε κρατικές μονάδες χρειάζεται να προβλέψουν μεταβλητές όπως η ζήτηση, τα επιτόκια, ο πληθωρισμός, οι τιμές πρώτων υλών, το εργατικό κόστος κλπ.

Ανεξάρτητα, όμως, από τους λόγους για τους οποίους η μελέτη της σχέσης δύο ή περισσότερων μεταβλητών είναι χρήσιμη, το πρώτο βήμα για να πραγματοποιηθεί η μελέτη αυτή είναι η κατασκευή μιας μαθηματικής εξίσωσης (μοντέλου) που περιγράφει τη φύση της σχέσης που υφίσταται μεταξύ των υπό μελέτη μεταβλητών.

Η διαδικασία δημιουργίας μιας μαθηματικής εξίσωσης για την περιγραφή ενός φαινομένου μπορεί να είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για την

κατασκευή του μοντέλου απαιτείται κάποια γνώση της φύσης της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών. Για παράδειγμα, ένας επενδυτής στην αγορά χρυσού, προκειμένου να προβεί σε μια μεγάλη αγορά, θα ενδιαφερόταν να προβλέψει την τιμή του χρυσού σε δύο χρόνια από τώρα χρησιμοποιώντας κάποια τεχνική. Παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την τιμή αυτή είναι τα επιτόκια, ο πληθωρισμός, η τιμή του πετρελαίου, η ζήτηση για χρυσά κοσμήματα, η ζήτηση για βιομηχανικό και εμπορικό χρυσό και ο δείκτης του Χρηματιστηρίου. Έστω, πιο συγκεκριμένα, ότι ο επενδυτής αυτός ενδιαφέρεται να μελετήσει αρχικά τον τρόπο που τα επιτόκια επηρεάζουν την τιμή του χρυσού. Αν θεωρήσει ότι υπάρχει μια γραμμική σχέση, αυτό θα συνεπάγεται ίσως ότι όταν τα επιτόκια αυξάνουν (ή πέφτουν) η τιμή του χρυσού θα αυξάνει (θα μειώνεται). Μια εξίσωση τετραγωνικής μορφής θα οδηγεί, ενδεχομένως, στο συμπέρασμα ότι η τιμή του χρυσού θα αυξάνει για κάποιο συγκεκριμένο φάσμα τιμών του πληθωρισμού αλλά θα μειώνεται για κάποιο διαφορετικό φάσμα. Ενδεχομένως, οι συγκεκριμένοι συνδυασμοί τιμών του πληθωρισμού και άλλων μεταβλητών επιδρούν στην τιμή του χρυσού με ένα τρόπο, ενώ άλλοι συνδυασμοί επηρεάζουν την τιμή αυτή με ένα άλλο τρόπο. Ο αριθμός των διαφορετικών μαθηματικών μοντέλων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν είναι σχεδόν άπειρος.

Στα περισσότερα από τα πρακτικά προβλήματα που θα μας απασχολήσουν μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε πώς μεταβάλλεται μια τυχαία μεταβλητή Y σε σχέση με μια - ή περισσότερες - μεταβλητές X_1, X_2, \dots, X_n των οποίων ο ερευνητής μπορεί να επιλέξει τις τιμές. Αν το μοντέλο που εξετάζουμε είναι τέτοιας μορφής που η τυχαία μεταβλητή Y είναι γραμμική συνάρτηση των παραμέτρων του μοντέλου τότε μιλάμε για ένα γραμμικό μοντέλο (linear model). Η απλούστερη μορφή τέτοιας σχέσης είναι:

$$Y = \alpha + \beta X$$

όπου α και β είναι σταθερές.

Η μελέτη γραμμικών μοντέλων είναι χρήσιμη και για την πρόβλεψη της τιμής της τυχαίας μεταβλητής Y για μια δοθείσα τιμή x του X , όπως ήδη αναφέραμε, όπως επίσης για τον προσδιορισμό του βαθμού εξάρτησης μεταξύ των τυχαίων μεταβλητών X και Y .

Μοντέλα τέτοιας μορφής συναντώνται συχνά σε διάφορες επιστήμες. Για παράδειγμα, σχέσεις τέτοιας μορφής που συναντάμε στη Φυσική είναι, μεταξύ άλλων και οι εξής:

$$E = m c^2$$

όπου E = ενέργεια, m = μάζα και c = ταχύτητα του φωτός.

$$F = m a$$

όπου F = δύναμη, m = μάζα και a = επιτάχυνση.

$$S = a t^2 / 2$$

όπου S = απόσταση, t = χρόνος και a = επιτάχυνση βαρύτητας.

Σε μαθήματα οικονομικού περιεχομένου συναντώνται επίσης σχέσεις όπως οι εξής:

Κέρδος = Εισπράξεις - Κόστος Συνολικό κόστος = Σταθερό κόστος + (Μεταβλητό κόστος x αριθμό μονάδων που παρήχθησαν).

Όλα τα παραπάνω παραδείγματα είναι παραδείγματα ντετερμινιστικών μοντέλων (deterministic models). Η ονομασία οφείλεται στο γεγονός ότι εξισώσεις τέτοιας μορφής επιτρέπουν τον καθορισμό της τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής (της μεταβλητής στο αριστερό μέρος της εξίσωσης) από την τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής (της μεταβλητής στο δεξί μέρος της εξίσωσης), με εξαίρεση μικρά λάθη μετρήσεων. Η μελέτη σχέσεων τέτοιας μορφής είναι γνωστή από τα Μαθηματικά

Στην πράξη όμως (στην καθημερινή ζωή) τα πράγματα δεν είναι πάντα ιδεώδη, είναι δηλαδή σχεδόν απίθανο να έχουμε δύο μεγέθη που να έχουν μια τέλεια γραμμική σχέση. Είναι δύσκολο, για παράδειγμα, να πιστέψουμε ότι μπορούμε να καθορίσουμε την τιμή πώλησης ενός διαμερίσματος με βάση αποκλειστικά το μέγεθός του. Είναι βέβαια αναμφίβολο ότι το μέγεθος του διαμερίσματος επηρεάζει την τιμή του, υπάρχουν όμως και άλλες μεταβλητές (μερικές από τις οποίες μπορεί να μην είναι καν μετρήσιμες) που επίσης επηρεάζουν την τιμή του. Στις περισσότερες, επομένως, περιπτώσεις που αναφέρονται σε πρακτικά προβλήματα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μοντέλα που να περιλαμβάνουν το στοιχείο της τυχαιότητας (randomness), στοιχείο που είναι μέρος της καθημερινής ζωής. Τέτοια μοντέλα ονομάζονται μοντέλα πιθανότητας (probabilistic models).

Προκειμένου να κατασκευάσουμε ένα μοντέλο πιθανότητας ξεκινάμε με ένα ντετερμινιστικό μοντέλο που προσεγγίζει ικανοποιητικά τη σχέση την οποία θέλουμε να μελετήσουμε. Στην συνέχεια, προσθέτουμε ένα τυχαίο όρο που μετρά τις αποκλίσεις (τα λάθη) του ντετερμινιστικού όρου. Ο τυχαίος αυτός όρος αναφέρεται σε όλες τις μεταβλητές, μετρήσιμες και μη μετρήσιμες, που δεν είναι μέρος του μοντέλου. Γραμμικά μοντέλα τέτοιας μορφής είναι, για παράδειγμα, αυτά που ακολουθούν:

- I. $Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$ (απλή γραμμική παλινδρόμηση, simple linear regression).
- II. $Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$ (πολλαπλή παλινδρόμηση, multiple regression).
- III. $Y = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_k X^k + \varepsilon$ (πολυωνυμική παλινδρόμηση, multinomial regression).

Μελέτη και πρόβλεψη της διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά της Ευρώπης.

Τα μοντέλα αυτά ονομάζονται μοντέλα απλής γραμμικής παλινδρόμησης (simple linear regression models).

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΡΥΠΩΝ

6.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ

Οι παρακάτω προβλέψεις αφορούν τις δύο τεχνολογίες BEV και PHEV των ηλεκτρικών οχημάτων. Η εφαρμογή της μεθόδου γίνεται με την βοήθεια του εργαλείου Microsoft office 2010, και πιο συγκεκριμένα με το Excel. Παρακάτω θα προσπαθήσουμε να κάνουμε μια πρόβλεψη για τις πιθανές πωλήσεις που θα έχουμε για την περίοδο 2017-2030, καθώς επίσης θα δούμε εάν και κατά πόσο η αύξηση του στόλου των ΗΟ θα επηρεάσει τους ρύπους CO₂.

Periods	Years	Months	Sales BEV	Sales PHEV
1	2013	Jan	955	958
2		Feb	1406	737
3		Mar	1931	819
4		Apr	1807	515
5		May	1866	577
6		Jun	2155	731
7		Jul	1507	963
8		Aug	1414	1552
9		Sep	2107	1636
10		Oct	2775	2612
11		Nov	2886	5446
12		Dec	2974	9332
13	2014	Jan	1660	926
14		Feb	1416	1919

15		Mar	3407	2560
16		Apr	2515	3429
17		May	2799	3247
18		Jun	3689	2598
19		Jul	2725	2406
20		Aug	2302	2596
21		Sep	4746	3373
22		Oct	3502	3529
23		Nov	3197	3548
24		Dec	5757	3268
25	2015	Jan	3006	4817
26		Feb	2661	3680
27		Mar	6413	7497
28		Apr	4143	5016
29		May	3544	6202
30		Jun	6052	5869
31		Jul	4052	6013
32		Aug	3688	4307
33		Sep	5252	6705
34		Oct	5725	7739
35		Nov	5614	9313
36		Dec	8248	22765
37	2016	Jan	4221	6208
38		Feb	4389	5810
39		Mar	7875	8035

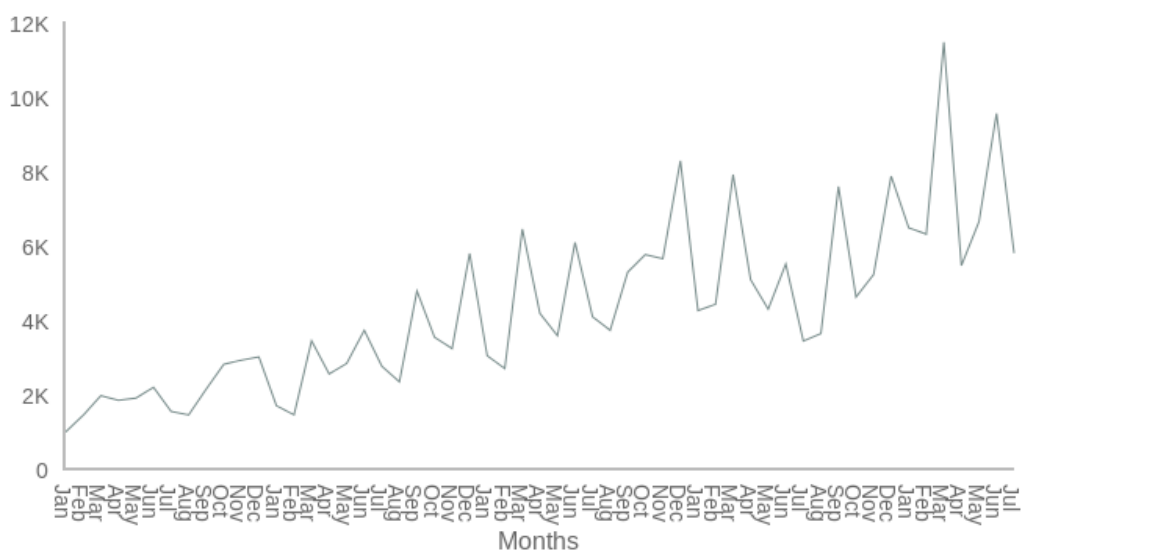
40		Apr	5048	6767
41		May	4258	5916
42		Jun	5472	6937
43		Jul	3401	6077
44		Aug	3602	4856
45		Sep	7555	10537
46		Oct	4584	7953
47		Nov	5187	8348
48		Dec	7835	16866
49	2017	Jan	6444	6713
50		Feb	6275	5458
51		Mar	11436	11663
52		Apr	5430	7772
53		May	6608	8885
54		Jun	9521	11038
55		Jul	5765	8875

Πίνακας 6-1 Μηνιαίες πωλήσεις BEV και PHEV

Η πρώτη προβλέψει αφορά την τεχνολογία BEV, των ηλεκτρικών οχημάτων, και για την εφαρμογή του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης θα χρησιμοποιήσουμε τα μηνιαία δεδομένα των πωλήσεων για την περίοδο 2013-2017(για το 2017 τα δεδομένα είναι από τον Ιανουάριο μέχρι τον Ιούλιο). Τα δεδομένα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 6.1. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πορεία την ζήτησης HO BEV για την περίοδο 2013-2017:

Όπως μπορούμε να διακρίνουμε και στο *διάγραμμα 6.1*, η πορεία των πωλήσεων ακολουθεί μια ασθενή θετική γραμμική συσχέτιση, όπου κατά την αρχή του έτους (Ιαν-Φεβ) και τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιουν-Ιουλ-Αυγ), κάθε έτους, σημειώνει τις χαμηλότερες πωλήσεις, ενώ για τους ανοιξιάτικους μήνες (Μαρ-Απρ-Μαϊ) και τα Χριστούγεννα (Δεκ) σημειώνει τις περισσότερες πωλήσεις για κάθε έτος.

BEV sales

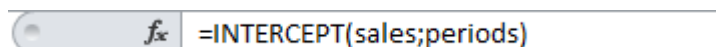


Διάγραμμα 6-1 Πορεία πωλήσεις BEV την περίοδο 2013-2017

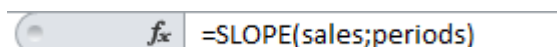
Σύμφωνα με τα όσα αναλύσαμε στα παραπάνω κεφάλαια, εφαρμόσαμε την μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης για να προβλέψουμε τις πωλήσεις HO BEV για την περίοδο 2017-2030.

	A	B	C	D	E	F
1	Periods	Years	Months	Yt	Linear trend forecast	Seasonal forecast with trend
2	1	2013	Jan	955		
3	2		Feb	1406		
4	3		Mar	1931		
5	4		Apr	1807		
6	5		May	1866		
7	6		Jun	2155		
8	7		Jul	1507		
9	8		Aug	1414		
10	9		Sep	2107		
11	10		Oct	2775		
12	11		Nov	2886		
13	12		Dec	2974		

Αρχικά με την βοήθεια της συνάρτησης INTERCEPT, η οποία χρησιμοποιείται για να υπολογίσουμε το σημείο στο οποίο μια γραμμή θα τέμνει τον άξονα y, χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες τιμές x και y. Εμείς έχουμε ορίσει τις μεταβλητές μας ως x=periods και y=sales. Το σημείο τομής προσδιορίζεται από τη βέλτιστη προσαρμογή της γραμμής παλινδρόμησης που σχεδιάζεται διαμέσου των γνωστών τιμών x και y.

 `=INTERCEPT(sales;periods)`

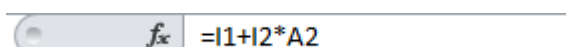
Στην συνέχεια χρησιμοποιούμε της συνάρτησης SLOPE, η οποία επιστρέφει την κλίση της γραμμής γραμμικής παλινδρόμησης που προσαρμόζεται στα σημεία δεδομένων των ορισμάτων y και x. Η κλίση είναι το πηλίκο της κατακόρυφης προς την οριζόντια απόσταση μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων της γραμμής και αντιπροσωπεύει το ρυθμό μεταβολής, κατά μήκος της γραμμής παλινδρόμησης.

 `=SLOPE(sales;periods)`

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω:

H	I
INTERCEPT	1148,37
SLOPE	111,46

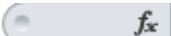
Στην συνέχεια υπολογίζουμε την γραμμική τάση της πρόβλεψης η οποία προκύπτει από το άθροισμα των INTERCEPT και SLOPE επί της PERIODS για κάθε μήνα.

 `=I1+I2*A2`

Κάνουμε το ίδιο για όλους τους μήνες (από 2013 έως 2030) και έχουμε τα έξης αποτελέσματα:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Periods	Years	Months	Yt	Linear trend forecast	Seasonal forecast with trend		INTERCEPT	1148,37
2	1	2013	Jan	955	1259,82			SLOPE	111,46
3	2		Feb	1406	1371,28				
4	3		Mar	1931	1482,73				
5	4		Apr	1807	1594,19				
6	5		May	1866	1705,64				
7	6		Jun	2155	1817,10				
8	7		Jul	1507	1928,56				
9	8		Aug	1414	2040,01				
10	9		Sep	2107	2151,47				
11	10		Oct	2775	2262,92				
12	11		Nov	2886	2374,38				
13	12		Dec	2974	2485,83				

Στην συνέχεια υπολογίζουμε τον εποχικό παράγοντά (seasonality index), όπου και θα βρούμε το μέσο όρο πωλήσεων του κάθε μήνα. Για να το κάνουμε αυτό αθροίζουμε τις πωλήσεις ενός συγκεκριμένου μήνα για κάθε έτος, και στην συνέχεια το διαιρούμε με ένα άθροισμα η δεδομένων. Τα αποτελέσματα προκύπτουν παρακάτω με την βοήθεια των συναρτήσεων AVERAGEIF και AVERAGE.

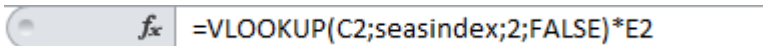
▼  =AVERAGEIF(Months;H5;sales)/AVERAGE(sales)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Periods	Years	Months	Yt	Linear trend forecast	Seasonal forecast with trend		INTERCEPT	1148,37
2	1	2013	Jan	955	1259,82			SLOPE	111,46
3	2		Feb	1406	1371,28				
4	3		Mar	1931	1482,73			Months	Seasonality index
5	4		Apr	1807	1594,19			Jan	0,76
6	5		May	1866	1705,64			Feb	0,76
7	6		Jun	2155	1817,10			Mar	1,46
8	7		Jul	1507	1928,56			Apr	0,89
9	8		Aug	1414	2040,01			May	0,89
10	9		Sep	2107	2151,47			Jun	1,26
11	10		Oct	2775	2262,92			Jul	0,82
12	11		Nov	2886	2374,38			Aug	0,64
13	12		Dec	2974	2485,83			Sep	1,15
14	13	2014	Jan	1660	2597,29			Oct	0,97
15	14		Feb	1416	3043,11			Nov	0,99
16	15		Mar	3407	2820,20			Dec	1,45

Ουσιαστικά, αυτός ο πίνακας που υπολογίσαμε μας δίνει την δυνατότητα να αποκτήσουμε μια καλύτερη εικόνα για το τι μπορούμε να περιμένουμε τους επόμενους μήνες. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του Ιανουαρίου υπολογίσαμε τον εποχικό παράγοντα 0,76. Αυτό σημαίνει πως για τα χρόνια που έρχονται, αν δεν γίνει κάποια ριζική αλλαγή στην αγορά, οι πωλήσεις θα είναι 24% χαμηλότερες από το μέσο όρο πωλήσεων. Αντίστοιχα για τον μήνα Μάρτιο, όπου υπολογίσαμε τον εποχικό παράγοντά 1,46, σημαίνει πως θα έχουμε 46% υψηλότερες πωλήσεις σε σχέση με το μέσο όρο, για κάθε έτος.

Στην συνέχεια, μπορούμε να ολοκληρώσουμε την πρόβλεψη μας υπολογίζοντας τις εποχικές προβλέψεις λαμβάνοντας υπόψιν την τάση (seasonal forecast with trend). Για να το κάνουμε αυτό πολλαπλασιάζουμε την γραμμική τάση πρόβλεψης (linear trend forecast), για κάθε περίοδο ξεχωριστά, με τον εποχικό παράγοντα που αντιστοιχεί στον κάθε μήνα. Όπως προαναφέραμε, ο εποχικός παράγοντας που υπολογίσαμε μας δίνει μια εικόνα του τι να περιμένουμε. Για παράδειγμα, για την 1^η περίοδο έχουμε βρει την γραμμική τάση πρόβλεψης 1259,82 και τον εποχικό παράγοντά 0,76. Άρα η τιμή που πρέπει να περιμένουμε, και που θα είναι η πρόβλεψή μας, αναμένεται να είναι 24% χαμηλότερη από την τιμή της γραμμική τάση πρόβλεψης.

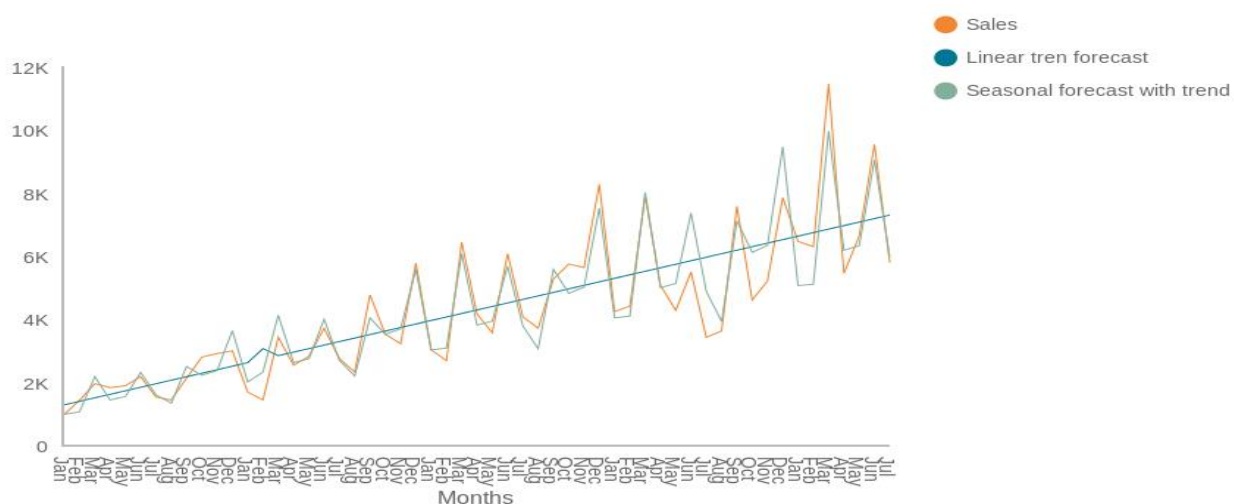
Για να κάνουμε τους υπολογισμούς χρησιμοποιούμε την συνάρτηση VLOOKUP, μια από τις [συναρτήσεις αναζήτησης και αναφοράς](#), καθώς χρειάζεται να πολλαπλασιάζουμε δεδομένα με τον αντίστοιχο μήνα στον οποίο ανήκουν.



Τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Periods	Years	Months	Yt	Linear trend forecast	Seasonal forecast with trend		INTERCEPT	1148,37
2	1	2013	Jan	955	1259,82	961,20		SLOPE	111,46
3	2		Feb	1406	1371,28	1037,31			
4	3		Mar	1931	1482,73	2157,66		Months	Seasonality index
5	4		Apr	1807	1594,19	1414,75		Jan	0,76
6	5		May	1866	1705,64	1524,21		Feb	0,76
7	6		Jun	2155	1817,10	2288,99		Mar	1,46
8	7		Jul	1507	1928,56	1576,59		Apr	0,89
9	8		Aug	1414	2040,01	1314,81		May	0,89
10	9		Sep	2107	2151,47	2476,96		Jun	1,26
11	10		Oct	2775	2262,92	2197,92		Jul	0,82
12	11		Nov	2886	2374,38	2347,61		Aug	0,64
13	12		Dec	2974	2485,83	3612,18		Sep	1,15
14	13	2014	Jan	1660	2597,29	1981,65		Oct	0,97
15	14		Feb	1416	3043,11	2301,98		Nov	0,99
16	15		Mar	3407	2820,20	4103,94		Dec	1,45

Στο διάγραμμα 6.2 μπορούμε να πάρουμε μια καλύτερη εικόνα των τάσεων και των προβλέψεων σε συνάρτηση των πωλήσεων κάθε μήνα.



Διάγραμμα 6-2 Γραμμικότητα τάσης-εποχικότητας

Ως τελικό αποτέλεσμα, εκτιμάται πως για την περίοδο 2017-2030 θα πωληθούν 2.640.737 BEV HO στην ΕΕ.

Με την ίδια μέθοδο θα προβλέψουμε τις πωλήσεις PHEV HO για την ίδια χρονική περίοδο. Τα δέδομένα δίνονται στον παραπάνω πίνακα 6.1.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα πωλήσεων των PHEV HO, ακολουθώντας ακριβώς την ίδια διαδικασία όπως και για τα BEV HO, εκτιμάται πως για την περίοδο 2017-2030 θα πωληθούν 4.119.549 PHEV HO στην ΕΕ. Αναλυτικά τα αποτελέσματα της πρόβλεψης μας παρουσιάζονται στον πίνακα 6.2:

<i>Years</i>	<i>Sales BEV</i>	<i>Sales PHEV</i>	<i>Sales All vehicles</i>
2017(Sep-Dec)	39817	61576	10.128.163
2018	103438	154105	9.870.620
2019	119543	180446	9.570.631
2020	135649	206787	9.228.195
2021	151754	233128	8.843.313
2022	167860	259470	8.415.983
2023	183965	285811	7.946.207
2024	200071	312152	7.433.984
2025	216176	338493	6.879.315
2026	232282	364834	6.282.199
2027	248387	391175	5.642.637
2028	264493	417516	4.960.628
2029	280598	443857	4.236.173
2030	296704	470199	3.469.270

Total	2.640.737	4.119.549	3.469.270
--------------	------------------	------------------	------------------

Πίνακας 6-2 Αποτελέσματα πρόβλεψης με την εφαρμογή της γραμμικής παλινδρόμησης

Ο υπολογισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ανά kg CO₂ / km επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των εγγεγραμμένων ηλεκτρικών οχημάτων με τον συλλέκτη ρύπων που αντιστοιχεί σε κάθε ένα από τα οχήματα BEV και PHEV.

$$CO_2 \text{ emissions BEV} = BEV \text{ sales} * 2.080 \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

$$CO_2 \text{ emissions PHEV} = PHEV \text{ sales} * 2.838 \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

$$CO_2 \text{ emissions All vehicles} = PHEV \text{ sales} * 5.186 \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

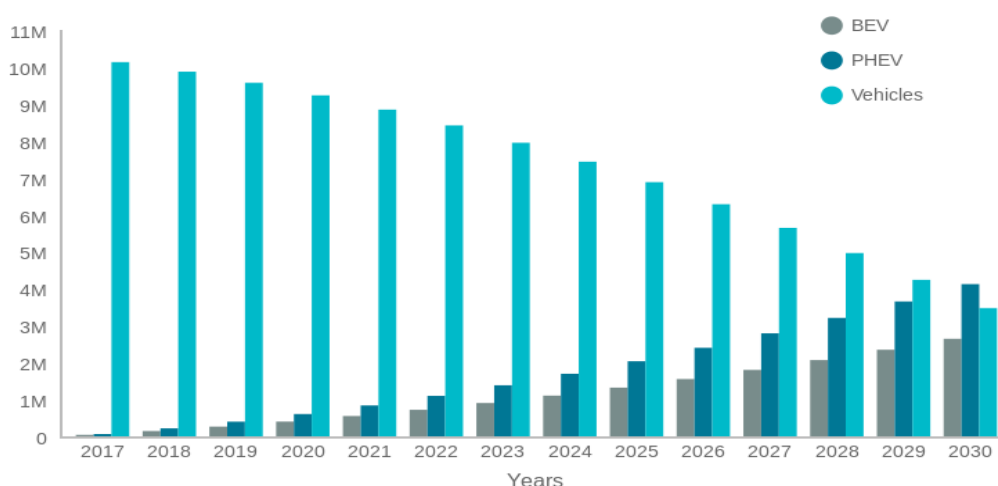
Τα αποτελέσματα των εκπομπών ρύπων που προβλέπονται με βάση την μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης παρουσιάζονται στον πίνακα 6.3:

Years	CO₂ emissions BEV	CO₂ emissions PHEV	CO₂ emissions All vehicles	CO₂ emissions for all type vehicles
2017(Sep-Dec)	82.819,36	171.181,3	52.524.653	52.778.653,6
2018	215.151	428.411,9	51.189.035	51.832.597,9
2019	248.649,4	501.639,9	49.633.292	50.383.581,3
2020	282.149,9	574.867,9	47.857.419	48.714.436,8
2021	315.648,3	648.095,8	45.861.421	46.825.165,1
2022	349.148,8	721.326,6	43.645.288	44.715.763,4
2023	382.647,2	794.554,6	41.209.030	42.386.231,8
2024	416.147,7	867.782,6	38.552.641	39.836.571,3
2025	449.646,1	941.010,5	35.676.128	37.066.784,6

2026	483.146,6	1.014.239	32.579.484	34.076.869,6
2027	516.645	1.087.467	29.262.715	30.866.827
2028	550.145,4	1.160.694	25.725.817	27.436.656,4
2029	583.643,8	1.233.922	21.968.793	23.786.358,8
2030	617.144,3	1.307.153	17.991.634	19.915.931,3
Total	5.492.733	11.452.346	17.991.634	34.936.713

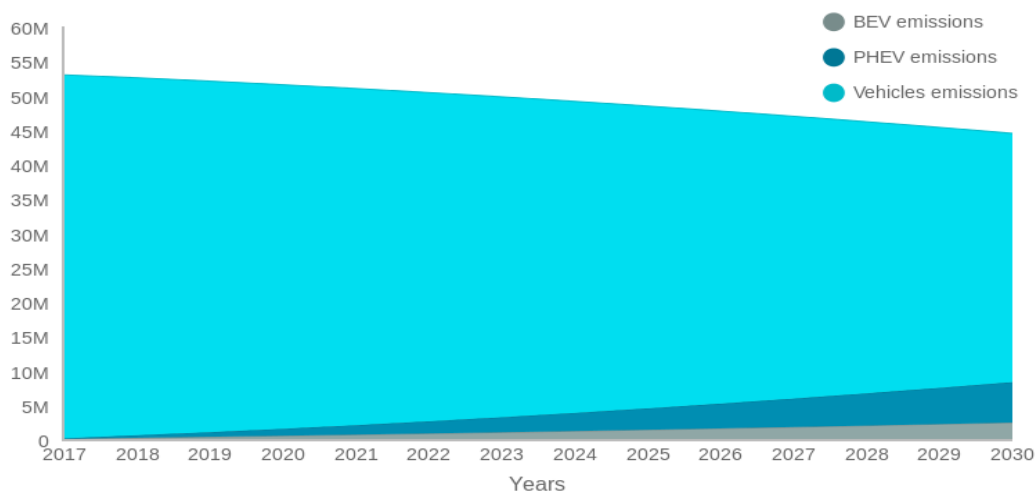
Πίνακας 6-3 Πρόβλεψη των εκπομπών ρύπων με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης

Στο διάγραμμα 6.3 μπορούμε να δούμε και σχηματικά τα αποτελέσματα της μεθόδου που εφαρμόστηκε παραπάνω. Όπως προέκυψε, μέχρι το 2030 τα ΗΟ θα παρουσιάζουν μεγαλύτερη απήχηση στο επιβατικό κοινό σε σύγκριση με τα οχήματα ΜΕΚ. Το 2017 τα ΗΟ αποτελούσαν μόλις το 1,17% των συνολικών πωλήσεων οχημάτων στην ΕΕ. Η πρόβλεψη μας, προβλέπει μια εντυπωσιακή άνοδο στις πωλήσεις ΗΟ, η οποία σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μεθόδου απλής γραμμικής παλινδρόμησης αγγίζει το 66,89% των συνολικών πωλήσεων οχημάτων για το 2030 (πίνακας 6.4, διάγραμμα 6.5). Παράλληλα, με την αύξηση του στόλου των ΗΟ σημειώνεται σημαντική μείωση των πωλήσεων οχημάτων ΜΕΚ σε σχέση με το 2017, η οποία αγγίζει το 65,7% μέχρι το 2030.



Διάγραμμα 6-3 Πρόβλεψη των πωλήσεων για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης

Το διάγραμμα 6.4, παριστά γραφικά τις εκπομπές ρύπων CO₂ στην ατμόσφαιρα για την χρονική περίοδο 2017-2030. Όπως μπορούμε να δούμε, η αύξηση του στόλου των ΗΟ σε συνδιασμό με την μείωση των πωλήσεων οχημάτων ΜΕΚ οδηγεί (όπως αναμενόταν) σε μείωση των εκπομπών CO₂. Προβλέπεται μείωση των εκπομπές ρύπων CO₂ για το 2030 κατά 33,8% σε σχέση με τους αντίστοιχους ρύπους του 2017.

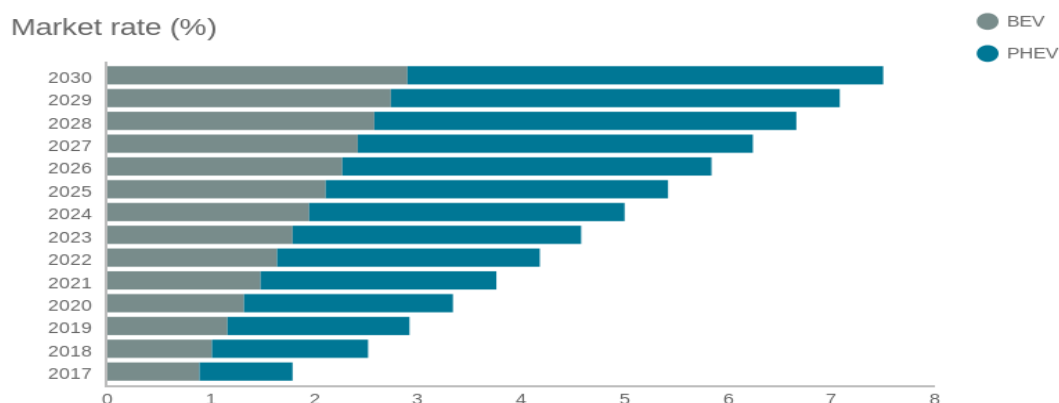


Διάγραμμα 6-4 Εκπομπές ρύπων για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης

Years	Market share (%) BEV	Market share (%) PHEV
2017	0,89	0,90
2018	1,01	1,51
2019	1,16	1,76
2020	1,32	2,02
2021	1,48	2,28
2022	1,64	2,54
2023	1,79	2,79

2024	1,95	3,05
2025	2,11	3,31
2026	2,27	3,57
2027	2,42	3,82
2028	2,58	4,08
2029	2,74	4,34
2030	2,90	4,60
Total	26,32 %	40,57 %

Πίνακας 6-4 Μερίδιο των BEV και PHEV στην αγορά με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης



Διάγραμμα 6-5 Μερίδιο των BEV και PHEV στην αγορά για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο απλή γραμμικής παλινδρόμησης

Εκτιμάται ότι οι πωλήσεις ΗΟ θα ανέλθουν σε **6.760.286** (BEV και PHEV) για την περίοδο 2017-2030. Όσον αφορά τις συνολικές εκπομπές, το 2030 θα είναι **19.915.931,3 kg CO₂ / km**. Αυτό σημαίνει ότι οι εκπομπές CO₂ θα μειωθούν κατά **62,4%** σε σύγκριση με τις εκπομπές το 2017 και κατά **73,2%** σε σύγκριση με τις εκπομπές το 2008 και κατά **50,2%** σε σύγκριση με τις εκπομπές το 2008. Το συνολικό μερίδιο αγοράς θα είναι **66,89%** μέχρι το 2030, σε σύγκριση με τα δεδομένα του 2017. Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως “υπεραισιόδοξο”, καθώς προβλέπει μια αρκετά μεγάλη και απότομη αύξηση του στόλου

των ΗΟ στην ΕΕ, την ίδια στιγμή όπου πολλές χώρες δεν έχουν λάβει τα απαραίτητα μέτρα για την μετάβαση στην εποχή της ηλεκτροκίνησης. Ελάχιστες είναι οι χώρες με την οικονομική άνεση(οικονομική κρίση) όπου μπορούν να υποστηρίξουν μια τέτοια μετάβαση, και αυτό καθώς χρειάζεται η δημιουργία κατάλληλων σταθμών φόρτισης καθώς και η αναβάθμιση του δικτύου ηλεκτροδότησης λόγω της αναμενόμενης αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΚΘΕΤΙΚΗΣ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗΣ BROWN

Στην εφαρμογή της μεθόδου της εκθετικής εξομάλυνσης Brown ο στόχος παραμένει ο ίδιος. Η πρόβλεψη μας αφορά τις τεχνολογίες BEV και PHEV των ΗΟ, για την περίοδο 2017-2030. Για την εφαρμογή της μεθόδου εκθετικής εξομάλυνσης Brown, θα χρειαστούμε τους τύπους που προαναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Επίσης θα πρέπει να επισημάνουμε πως τα δεδομένα τα οποία θα χρησιμοποιήθουν είναι τα παρακάτω τριμηνιαία δεδομένα για την χρονική περίοδο 2013-2017.

Years	Quarterly	Sales BEV	Sales PHEV
2013	1	4292	2514
	2	5828	1823
	3	5028	4151
	4	8635	17390
2014	1	6483	5405
	2	9003	9274
	3	9773	8375
	4	12456	10345
2015	1	12080	15994
	2	13739	17087
	3	12992	17025
	4	19587	39817

2016	1	16485	20053
	2	14778	19620
	3	14558	21470
	4	17606	33167
2017	1	24155	23834
	2	21559	27695
	3	5765	8875

Πίνακας 6-5 Τριμηνιαίες πώλησεις BEV και PHEV

Χρησιμοποιώντας τους τύπους και την μεθοδολογία την οποία προαναφέραμε στο κεφάλαιο 5, εφαρμόσαμε μέσω του εργαλείου Microsoft Office, και συγκεκριμένα το excel, την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown.

Από την στιγμή που εφαρμόζουμε για πρώτη φορά την μέθοδο Brown για τα δεδομένα της χρονοσειράς μας, η σταθερά εξομάλυνσης α δεν είναι γνωστή. Επομένως, θα πρέπει να επιλέξουμε εμείς εκείνη την τιμή της σταθεράς εξομάλυνσης α η οποία θα ελαχιστοποιεί την τιμή του κριτηρίου MSE. Για την δικιά μας εφαρμογή η τιμή της σταθεράς εξομάλυνσης α η οποία ελαχιστοποιεί την τιμή του κριτηρίου MSE είναι το 0,21 για τα BEV και 0,12 για τα PHEV. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 6.6:

<i>Years</i>	<i>Sales BEV</i>	<i>Sales PHEV</i>	<i>Sales All vehicles</i>
2017(Sep-Dec)	66884	23742	10.128.163
2018	70223	101123	10.021.608
2019	73562	110974	9.840.411

2020	76901	120825	9.646.024
2021	80240	130676	9.438.447
2022	83579	140526	9.217.680
2023	86918	150377	8.983.724
2024	90257	160228	8.736.578
2025	93596	170079	8.476.242
2026	96935	179930	8.202.716
2027	100273	189781	7.916.000
2028	103612	199632	7.616.095
2029	106951	209483	7.303.000
2030	66884	219333	6.976.715
Total	1.146.130	2.106.709	6.976.715

Πίνακας 6-6 Αποτελέσματα πρόβλεψης με την εφαρμογή της εκθετικής εξομάλυνσης Brown

Ο υπολογισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ανά kg CO₂ / km επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των εγγεγραμμένων ηλεκτρικών οχημάτων με τον συλλέκτη ρύπων που αντιστοιχεί σε κάθε ένα από τα οχήματα BEV και PHEV.

$$CO_2 \text{ emissions BEV} = BEV \text{ sales} * 2.080 \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

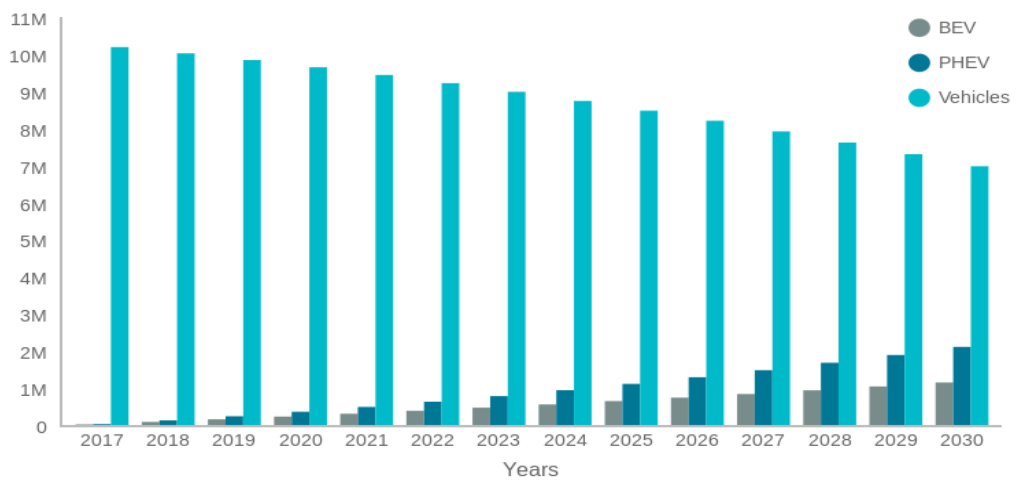
$$CO_2 \text{ emissions PHEV} = PHEV \text{ sales} * 2.838 \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

$$CO_2 \text{ emissions All vehicles} = PHEV \text{ sales} * 5.186 \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

<i>Years</i>	<i>CO₂ emissions BEV</i>	<i>CO₂ emissions PHEV</i>	<i>CO₂ emissions All vehicles</i>	<i>CO₂ emissions for all type vehicles</i>
2017(Sep-Dec)	336.93,92	660.02,76	52.843.343	52.943.040
2018	139.118,7	281.121,9	51.972.059	52.392.300
2019	146.063,8	308.507,7	51.032.371	51.486.943
2020	153.009	335.893,5	50.024.280	50.513.183
2021	159.954,1	363.279,3	48.947.786	49.471.020
2022	166.899,2	390.665,1	47.802.888	48.360.453
2023	173.844,3	418.048,1	46.589.593	47.181.485
2024	180.789,4	445.433,8	45.307.894	45.934.117
2025	187.734,6	472.819,6	43.957.791	44.618.345
2026	194.679,7	500.205,4	42.539.285	43.234.170
2027	201.624,8	527.591,2	41.052.376	41.781.592
2028	208.567,8	554.977	39.497.069	40.260.613
2029	215.513	582.362,7	37.873.358	38.671.234
2030	222.458,1	609.748,5	36.181.244	37.013.451
Total	2.383.950	5.856.657	36.181.244	44.421.851

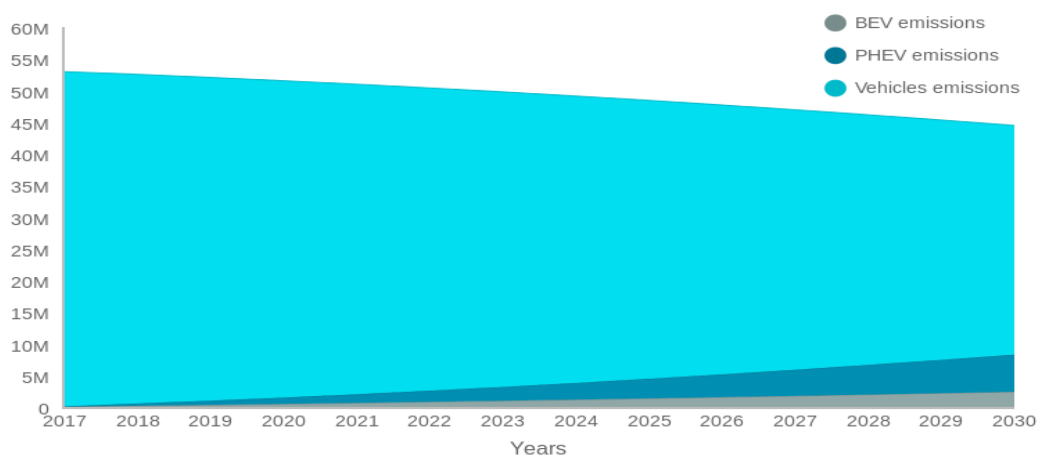
Πίνακας 6-7 Πρόβλεψη των εκπομπών ρύπων με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown

Στο διάγραμμα 6.6 μπορούμε να δούμε και σχηματικά τα αποτελέσματα της μεθόδου που εφαρμόστηκε παραπάνω. Όπως προέκυψε, από το 2017 μέχρι το 2030 θα σημειωθεί σταδιακή αύξηση στις πωλήσεις ΗΟ. Η μέθοδος προβλέπει ότι για το 2030 η πωλήσεις ΗΟ θα αντιστοιχούν στο 34% των συνολικών πωλήσεων οχημάτων στην ΕΕ(πίνακας 6.8, διάγραμμα 6.8). Παράλληλα, με την αύξηση του στόλου των ΗΟ σημειώνεται σημαντική μείωση των πωλήσεων οχημάτων ΜΕΚ σε σχέση με το 2017, η οποία αγγίζει το 31,1% μέχρι το 2030.



Διάγραμμα 6-6 Πρόβλεψη των πωλήσεων για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown

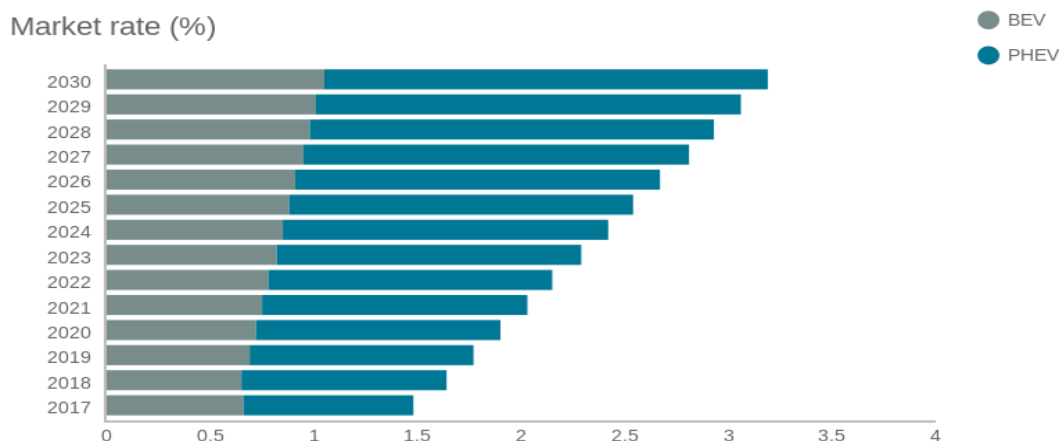
Το διάγραμμα 6.7, παριστά γραφικά τις εκπομπές ρύπων CO₂ στην ατμόσφαιρα για την χρονική περίοδο 2017-2030. Όπως μπορούμε να δούμε, η αύξηση του στόλου των ΗΟ σε συνδιασμό με την μείωση των πωλήσεων οχημάτων ΜΕΚ οδηγεί (όπως αναμενόταν) σε μείωση των εκπομπών CO₂. Προβλέπεται μείωση των εκπομπές ρύπων CO₂ για το 2030 κατά περίπου 30,5% σε σχέση με τους αντίστοιχους ρύπους του 2017.



Διάγραμμα 6-7 Εκπομπές ρύπων για την χρονική περίοδο 2017-2030 με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown

Years	Market share (%) BEV	Market share (%) PHEV
2017	0,66	0,82
2018	0,65	0,99
2019	0,69	1,08
2020	0,72	1,18
2021	0,75	1,28
2022	0,78	1,37
2023	0,82	1,47
2024	0,85	1,57
2025	0,88	1,66
2026	0,91	1,76
2027	0,95	1,86
2028	0,98	1,95
2029	1,01	2,05
2030	1,05	2,14
Total	11,71	21,18

Πίνακας 6-8 Μερίδιο των BEV και PHEV στην αγορά με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown



Διάγραμμα 6-8 Μερίδιο των BEV και PHEV στην αγορά για την χρονική περίοδο 2017-2030, με την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown

Εκτιμάται ότι οι πωλήσεις HO θα ανέλθουν σε **3.252.841** (BEV και PHEV) για την περίοδο 2017-2030. Όσον αφορά τις συνολικές εκπομπές, το 2030 θα είναι **37.013.451kg CO₂ / km**. Αυτό σημαίνει ότι οι εκπομπές CO₂ θα μειωθούν κατά **30,5%** σε σύγκριση με τις εκπομπές το 2017 και κατά **50,2%** σε σύγκριση με τις εκπομπές το 2008. Το συνολικό μερίδιο αγοράς θα είναι **34%** μέχρι το 2030, σε σύγκριση με τα δεδομένα του 2017.

Το σενάριο αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί αρκετά ρεαλιστικό με βάση τα δεδομένα και τις συνθήκες που έχουν αναπτυχθεί γύρω από το θέμα της ηλεκτροκίνησης. Κάποιες χώρες ήδη έχουν ανακοίνωση την απαγόρευση πωλήσεων οχημάτων MEK μετά το 2025, ενώ άλλες έχουν ξεκινήσει την χρηματοδότηση για την ανάπτυξη υποδομών για την υποστήριξη της μετάβασης από τα οχήματα MEK στα HO. Την ίδια στιγμή όμως υπάρχουν χώρες στην ΕΕ οι οποίες είτε δεν έχουν λάβει τις απαραίτητες αποφάσεις είτε δεν έχουν κάνει αποφασιστικά βήματα για την υποστήριξη των HO στις χώρες τους.

Παρ' όλα αυτά, φαίνεται πως το αποτέλεσμα είναι ελαφρώς πιο κάτω από τους στόχους που έχει θέσει η ΕΕ σχετικά με την πολιτική μείωσης των εκπομπών ρύπων στον τομέα των μέσων μεταφοράς. Ωστόσο, η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας μπορεί να οδηγήσει στην περαιτέρω μείωση των εκπομπών ρύπων στην ατμόσφαιρα και παράλληλα στην επίτευξη, ή ακόμα και στο να ξεπεραστεί ο στόχος της ΕΕ για το 2030.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η εργασία αυτή ασχολήθηκε κατά τα πρώτα δυο κεφάλαια με την κατανόηση κάποιων βασικών στοιχείων, όπως η τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων γενικά, και η παρουσίαση της συνολικής προσπάθειας που έχει καταβάλλει τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και άλλα κράτη του κόσμου, για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάστηκαν διάφορα διαγράμματα με τα αποτελέσματα της πολιτικής που εφαρμόστηκε από πλευράς Ευρωπαϊκή Ένωση από το 1992 ως σήμερα, καθώς επίσης και κάποιες γενικές πληροφορίες σχετικά με τις πιο ρυπογόνες χώρες της Ευρώπης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται ανάλυση της κατάστασης-εξέλιξης των υποδομών φόρτισης αλλά και του market rate των ηλεκτρικών οχημάτων στην ευρωπαϊκή αγορά μέσω διαγραμμάτων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται μελέτη των μεθόδων πρόβλεψης, ποιοτικών και ποσοτικών μεθόδων, με μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την ανάλυση χρονοσειρών. Η μελέτη αυτή, μας βοήθησε να κατανοήσουμε και να εφαρμόσουμε την κατάλληλη μέθοδο πρόβλεψης για το θέμα μας.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο, μετά από μελέτη, εφαρμόσαμε (μέσω Excel) δυο μεθόδους πρόβλεψης, αυτή της απλής γραμμικής παλινδρόμησης και την μέθοδο εκθετικής εξομάλυνσης Brown, όπου προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Απλή γραμμική παλινδρόμηση:

I.	Συνολικός στόλος ΗΟ το 2030:	6.760.286
II.	Συνολικές εκπομπές το 2030: / km	34.936.713 kg CO ₂
III.	Μείωση εκπομπών CO ₂ σε σύγκριση με τις εκπομπές το 2008:	73,2%
IV.	Μείωση εκπομπών CO ₂ σε σύγκριση με τις εκπομπές το 2017:	33,8%
V.	Συνολικό μερίδιο ΗΟ στην αγοράς το 2030:	66,89%

Εκθετική εξομάλυνση Brown:

I.	Συνολικός στόλος ΗΟ το 2030:	3.252.841
II.	Συνολικές εκπομπές το 2030: / km	44.421.851 kg CO ₂

III.	Μείωση εκπομπών CO ₂ σε σύγκριση με τις εκπομπές το 2008:	50,2%
IV.	Μείωση εκπομπών CO ₂ σε σύγκριση με τις εκπομπές το 2017:	30,5%
V.	Συνολικό μερίδιο ΗΟ στην αγοράς το 2030:	34%

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν, η μέθοδος εκθετική εξομάλυνση Brown και η μέθοδος απλής γραμμικής παλινδρόμησης βγάζουν αρκετά αισιόδοξα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα των δυο μεθόδων παρουσιάζουν απόκλιση της τάξεων του 48,2%. Η μέθοδος εκθετική εξομάλυνση Brown προβλέπει μια διείσδυση της τάξεως του 34% έως το 2030 όπου αντιστοιχεί σε 30% μείωση των εκπομπών CO₂ σε σχέση με τις εκπομπές CO₂ το 2017 και 50,2% σε σχέση με το 2008. Από την άλλη, η μέθοδος απλής γραμμικής παλινδρόμησης προβλέπει μια διείσδυση της τάξεως του 66,89% έως το 2030 όπου αντιστοιχεί σε 33,8% μείωση των εκπομπών CO₂ σε σχέση με τις εκπομπές CO₂ το 2017 και 73,2% σε σχέση με το 2008. Το αποτέλεσμα που προέκυψε από την μέθοδο της απλής γραμμικής παλινδρόμησης το αποκλείουμε ως πιθανό μελλοντικό σενάριο καθώς ελάχιστες είναι οι ευρωπαϊκές χώρες οι οποίες έχουν ανακοίνωση επίσημα μέτρα και σχεδιασμούς για την αντικατάσταση των οχημάτων ΜΕΚ με τα αντίστοιχα ΗΟ. Επίσης ελάχιστες είναι οι χώρες που έχουν ανακοίνωση την απαγόρευση πώλησης οχημάτων ΜΕΚ μετά το 2025. Επιπλέον δεν έχει δημιουργηθεί ένα ευνοϊκό νομικό πλαίσιο από τις ευρωπαϊκές χώρες το οποίο να βοηθάει στην γρήγορη και ομαλή μετάβαση προς την ηλεκτροκίνηση.

Με βάση τα παραπάνω, η αύξηση του στόλου των ΗΟ συνεπάγεται με μείωση των ρύπων στην ατμόσφαιρα, όπως αναμενόταν. Φαίνεται, ωστόσο, ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση πρέπει να επενδύσει στην παροχή περισσότερων κινήτρων για την τεχνολογική πρόοδο και τους ιδιοκτήτες ΗΟ, προκειμένου να αυξήσει το μερίδιό της στην αγορά με σταθερό τρόπο και να μειώσει περαιτέρω το αποτύπωμα τους.

Ωστόσο, θα πρέπει να προστατεύσει και το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο θα βρεθεί αντιμέτωπο με ένα σημαντικό φορτίο το οποίο και θα πρέπει να εξυπηρετήσει. Αυτό συνεπάγεται με αναβάθμιση του δικτύου καθώς με τα τωρινά δεδομένα πολύ πιθανό να υπάρχουν συχνά προβλήματα που μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και σε υπόταση στο δίκτυο, όλα αυτά λόγω τις παλαιότητας του δικτύου. Η αναβάθμιση αυτή θα φέρει έξυπνους μετρητές οι οποίοι θα μπορούν να προβλέψουν και να δουν τυχών ανομοιογένειες στο δίκτυο.

Βιβλιογραφία

- [1] Wikipedia, Electric Vehicle, https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle
- [2] Electric vehicles in Europe, European Environment Agency Report, No 20/2016, pp.1-39
- [3] Wikipedia, Φαινόμενο του θερμοκηπίου, https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%AF%CE%BF%CF%85
- [4] Wikipedia, Πρωτόκολλο του Κιότο, https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%9A%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%BF
- [5] Eurostat, Greenhouse gas emissions (including international aviation, indirect CO2 and excluding LULUCF) trend, EU-28, 1990 – 2015, [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Greenhouse_gas_emissions_\(including_international_aviation,_indirect_CO2_and_excluding_LULUCF\)_trend,_EU-28,_1990_-_2015_\(Index_1990%3D100\)-Fig1.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Greenhouse_gas_emissions_(including_international_aviation,_indirect_CO2_and_excluding_LULUCF)_trend,_EU-28,_1990_-_2015_(Index_1990%3D100)-Fig1.png)
- [6] Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ΟΔΗΓΙΑ 2014/94/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 22ας Οκτωβρίου 2014 για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, pp 1-20
- [7] Ypodomes.com, possible challenges <http://www.ypodomes.com/index.php/special-editions/europaikes-ypodomes/item/37762-miso-ekatommyrio-ilektrika-aftokinita-stin-evropi>
- [8] Futurism <https://futurism.com/nations-banning-gas-powered-cars-2040/>
- [9] European Environment Agency, Emissions of air pollutants from transport, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-9>
- [10] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY Energy Efficiency & Renewable Energy, https://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_emissions.php
- [11] European Commission, mobility and transport, https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/scoreboard/compare/energy-union-innovation/alternative-fuel_nl#2015
- [12] European Environment Agency https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/term-034-share-of-alternative-3#tab-chart_1
- [13] European Commission, Europe on the Move, Encourage clean and sustainable mobility, <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/mobility-package-factsheet-iii.pdf>

- [14] Europe on Move, European Commission, 2015, pp 1-2.
- [15] EAFO, EV charging infrastructure, <http://www.eafo.eu/electric-vehicle-charging-infrastructure>
- [16] EAFO, EV statistics, <http://www.eafo.eu/vehicle-statistics/m1>
- [17] Χ.Ν. Αγιάκλογλου και Γ.Σ. Οικονόμου, Μέθοδοι προβλέψεων και ανάλυσης αποφάσεων, Β' Έκδοση, Αθήνα, 2004, pp 1-443.
- [18] J. C. Chambers, S. K. Mullick, and D. D. Smith, How to Choose the Right Forecasting Technique, <https://hbr.org/1971/07/how-to-choose-the-right-forecasting-technique>
- [19] Μέθοδοι πρόβλεψης, ανάλυση και εφαρμογή, Κουτσοθανάση Βασιλική, Διπλωματική εργασία, Πειραιάς, 2015, pp 1-162
- [20] Ι. Παναρέτου, Γραμμικά μοντέλα με έμφαση στις εφαρμογές, Ε' έκδοση, Αθήνα, 2007

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Μέρος των πρώτων αποτελεσμάτων της διπλωματικής εργασίας δημοσιεύτηκαν στο συνέδριο International Scientific Conference που πραγματοποιήθηκε στο συνεδριακό κέντρο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής την περίοδο 24-26 Οκτωβρίου του 2017 με τίτλο “*Estimation Study on the Emissions’ Reduction for Different Penetration Scenarios of EV in the Market*” και συγγραφείς τους *Τσίκο Δημήτρη, Παπαδημητρίου Χριστίνα και Ψωμόπουλο Κωνσταντίνο*.

Τέλος, τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας έχουν κατατεθεί στο περιοδικό *Elsevier Editorial System for Energy Conversion and Management* με τίτλο “*An estimation study on different EVs penetration scenarios based in prognostic tools*” και συγγραφείς τους *Τσίκο Δημήτρη, Παπαδημητρίου Χριστίνα και Ψωμόπουλο Κωνσταντίνο*.

An overview on the EVs penetration in EU market and study on the emissions' reduction for different scenarios

D. Tsiko¹, C. N. Papadimitriou², C.S. Psomopoulos³

^{1, 2, 3} Electrical Engineering dpt., Piraeus University of Applied Sciences, Athens, Greece,
dimitris.tsikos@yahoo.com

ABSTRACT

This paper overviews the so far penetration of the Electric Vehicles (EV) Technology in Europe and provides an estimation about the future.

In specific, the authors analyze the statistical data of the EV penetration and use prognostic tools to estimate the foreseen EV market penetration in the next decade.

The estimation of emissions reduction is based in three different scenarios derived from above study: pessimistic, mediocre and optimistic scenario and provide an insight about the future of EV penetration and potential of climate change mitigation.

Keywords: Electric Vehicle (EV), carbon dioxide, Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV), Battery Electric Vehicle (BEV), Plug-in Electric Vehicle (PEV), GreenHouse Gas (GHG).

INTRODUCTION

Transportation is really important now days. Both public and individual means of transportation are increasing by numbers through the years. This increase, though, has an equal impact in the environment. The transportation emissions in European Union (EU) for the year 2014 corresponds up to 88.912.694 million tons of CO² equivalent [1].

In order to reduce the gas emissions from transportation, EU countries signed unanimously the agreement of the "Kyoto protocol" (1992). According to the agreement, EU has set three key climate and energy objectives, which should be achieved by 2020:

- reducing greenhouse gas emissions by at least 20% compared to 1990 levels
- increasing the share of renewable energy sources in final energy consumption to 20%;
- progressing towards a 20% increase in energy efficiency.[2]

The latter agreement remained in force until 2015. Both achieving some goals faster than anticipated and the need for target revision led to a new agreement. Thus, on 12 December 2015, Paris Agreement was adopted, replacing the Kyoto Protocol, aiming at slowing the impact of climate change over the next decades. The new target regarding the transportation emissions is to reduce the greenhouse gas emission by 80-95% until 2050, setting the EV emissions threshold up to 95 gr / km by 2021. [2, 3]

Given that, the EV technology will have a major role in reducing gas emissions resulting from both public and individual transportation in the following years. EVs are divided into two categories, the battery electric vehicles (BEV), which use a charging battery bank, and the Plug-in hybrid electric vehicles (PHEV), which use both electric energy and internal combustion engine. Today, more than 500.000 EVs from both categories are registered in the EU.

In order that the above targets are reached, EU has to address certain challenges regarding the de-fueling of fossil fuels and the penetration of new energy technologies such as photovoltaics, batteries or fuel cells in the automotive technology. [3].

EU aims to develop infrastructure as following:

- The new and refurbished houses will have charging stations from 2019,
- 10% of parking spaces for all buildings should have dedicated charging stations for electric vehicles,

- More charging stations points, and
- Development of V2G (vehicle to grid) services. [4]

In order to support the transition from fossil fuels to electricity, EU funds and give incentives for innovation to reduce CO² emissions. According to the investment plan for Europe (Juncker Plan) the funding is as follows:

- € 70 billion under the European and Structural Funds, plus € 39 billion of which € 27 billion will be used to move towards low-emission mobility and the rest € 12 billion to further reduce greenhouse gas emissions, and
- Additional funding of 6.4 billion euros from HORIZON 2020 for further reduction of CO² in the atmosphere.[4]

Automobile industry, have set as target to produce 100 million EVs and 400 million electric motorcycles until 2030. In addition, the main objective is the development of new and innovative technologies to reduce the transportation pollutants.

To that direction, EVs that produce CO² emissions of no more than 50 gr / km are now in the market, which exceeds by far the original target set by the EU. In addition, the cost of EV production has been reduced (a reduction up to 80% of the cost of motorcycles compared to 2010) making the penetration in the market easier.

In the literature, the penetration of EVs in the market has been tackled before. Ref. [5] explores medium and long term carbon emission targets for passenger cars in EU (for 2030 and 2050 horizon). According to their study, in the short term (2020), the target of 95 gCO² / km will contribute to further reduction of CO² emissions of passenger cars. However, the same survey shows a slow reduction in pollutants, for the long term by 2050. According to the researchers, this is probably due to the gradual

replacement of older technologies with new technologies and the autonomous advancement of advanced technologies. [5]

According to Ref. [6], if electricity in EVs is produced from renewable energy sources, such as photovoltaics, then the pollutants generated by EVs will be zero and so the cost to the electric vehicle owners.

This paper is built as following. Next section analyzes briefly the statistical data for the EV penetration in the EU market. In section II, an overview of the qualitative forecasting methods is presented. Section III studies different penetration scenarios of EVs to forecast the positive influence in the environment and make conclusions about the feasibility of the EU targets.

I. statistical data and analysis of ev_s penetration

The economic comfort and the service offered by a passenger car has resulted to an increase in demand across Europe.

Despite the steady increase in the fleet of land, sea and air transport, CO² emissions from transport have been reduced.

In 2014 CO² emissions from transport were down by 22, 9% compared to 1990 (Fig.1). The result of this reduction in CO² emissions in recent years, comes as a result of the EU's measures and restrictions on the regulation of the pollutants that certain types of transport -such as cars- have to produce.

This has forced automotive industry to develop new technologies that are as efficient and environmentally friendly as possible.

The EV running only on electricity has zero tailpipe emissions, but emissions may be produced by the source of electrical power, such as the power plant during combustion of fossil fuels, lignite, coal and other

materials. This means that-as mentioned before- if the electrical energy is produced exclusively and only from renewable energy sources, the pollutants are near to zero.

Fig. 2 shows the CO² equivalent for each type of vehicle. As expected, gasoline is the greater pollutant for the environment whereas all electric vehicles are more environmentally friendly.

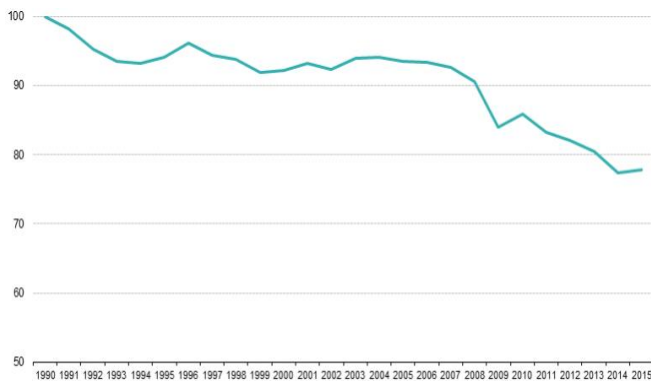


Figure 1: Percent CO² emission from 1990 in EU[7]

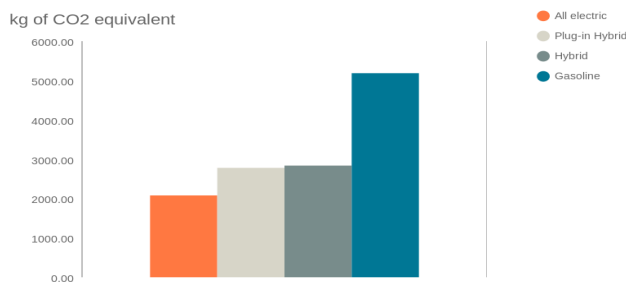


Figure 2: shows the Kg of CO² equivalent that each of the vehicles produces [data source: U.S. Department of energy, author elaboration]

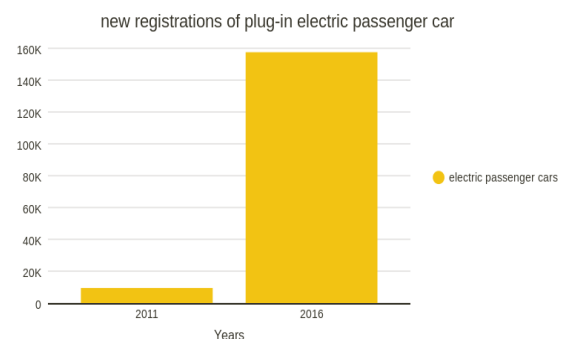
So, the annual emission per vehicle is 2,080 kg of CO² for all electric vehicles, 2,780 kg of CO² for Plug-in hybrid, 2,838 kg of CO² for hybrid and 5,186 kg of CO² for vehicles that use gasoline. [8]

Fig.3 shows the new plug in EVs and the charging points. One can notice, an increase of new plug-in electric passenger cars by 148130 with 2011(fig. 3 (a)). At the same time, infrastructure was developed in order to support the increase of EV. That has as a result the creation of 87620 new publicly accessible electric charging positions. The biggest part of charging positions has a normal charging power (<=22kw) and a smaller part high charging power (>22kw). [9]

An important role in the EU's battle to achieve the goals and reduce greenhouse gas emissions will be driven by automobile electrification. Electrification is not so widespread in Europe, although there has been an increase in sales of electric cars in 2016 to 30% compared to 2015 as seen in Fig.4.

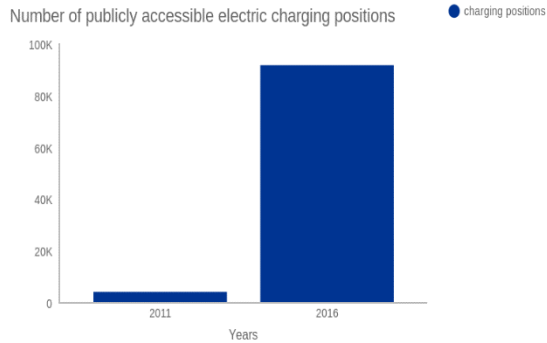
In addition to 2013 and beyond, there has been a steady increase in charging infrastructure ranging from 30% -60 % each year. The EU now has more than 100,000 charging points, but some thousands of them are slow charging (8 hours to charge a battery).

Fig.4, also, shows the new registrations in BEV and PHEV in EU. It seems that, in recent years, the sales of EVs have increased dramatically. The peak years are 2015-2016, where 184233 PHEV and 121825 BEV were registered. In total, a 540952 of new EV registrations passenger cars are noticed (258024 BEV and 282928 PHEV).



(a)

both BEV and PHEV vehicle, is not surpassing 1,18% out of the total vehicles.



(b)

Figure 3: (a) new registrations of plug-in electric passenger car, (b) number of publicly accessible electric charging positions [data source: European Commission, author elaboration]

TABLE I. PEV market share in the European Union[10]

Years	BEV	PHEV
2008	-	-
2009	-	-
2010	0,01%	0%
2011	0,07%	0%
2012	0,12%	0,07%
2013	0,2%	0,22%
2014	0,3%	0,27%
2015	0,43%	0,65%
2016	0,43%	0,64%
2017	0,54%	0,64%

PEV new registrations in the European Union

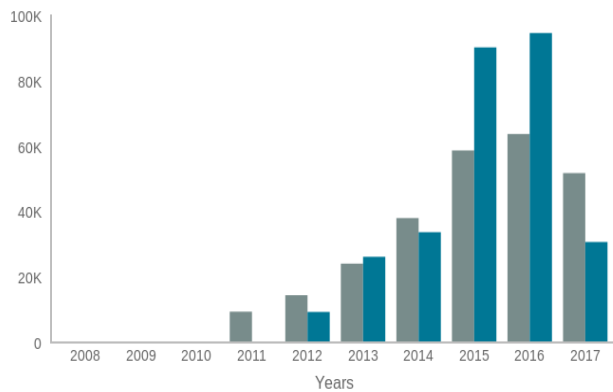


Figure 4: BEV and PHEV new registrations in the EU [data source: eaf0, author elaboration]

According to the European Alternative Fuels Observatory, BEV sales for 2016, are [10]:

1. Renault Zoe 21.339
2. Nissan Leaf 18.599
3. Tesla Model S 12.508
4. BMW i3 9.465
5. Volkswagen e-Golf 6.678
6. Others 22.754

TABLE I shows the PEV market through the years. One can notice that despite the steady increase since 2011 and beyond, the total share in the market, for

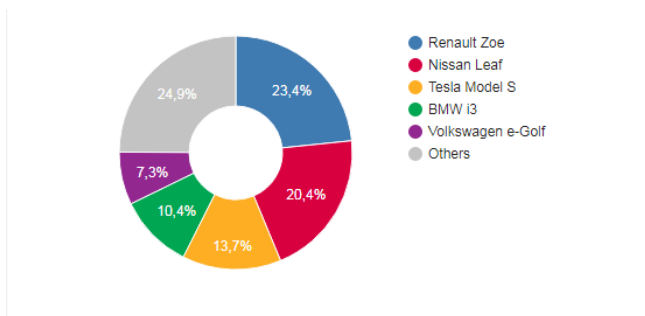


Figure 5: BEV market sales of 2016 [source: eafo]

As far as PHEVs are concerned, data for 2016 given below [9]:

1. Mitsubishi Outlander PHEV 21.343
2. Volkswagen Passat GTE 13.332
3. Volkswagen Golf GTE 11.106
4. Mercedes C350e 10.233
5. Volvo XC90 PHEV 9.587
6. Others 52.398

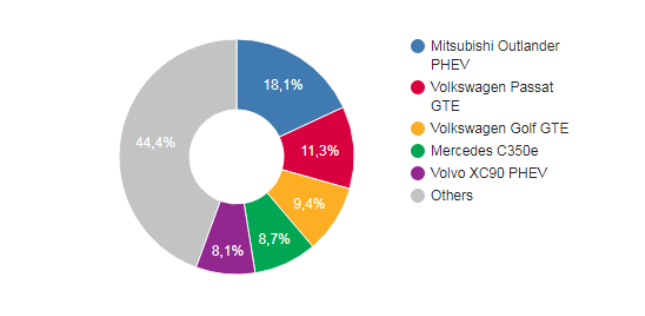


Figure 6: PHEV market sales of 2016 [source: eafo]

According to the ESA (Hellenic Statistical Authority), in 2014, a total fleet of 8,038,597 vehicles were registered in Greece. Of the approximately 8 million vehicles in the market, 5.1 million are passenger cars, 1.58 million motorcycles, 1.32 million trucks and other buses. The last ten years an increase of almost 28% is recorded bearing in mind that by the year 2004, the total fleet amounted to 6,258,379 vehicles. This rise resulted mainly from nearly a million passenger and 500,000 motorcycles added to the fleet.

II. Forecasting methods

The investigation of the behavior of a phenomenon is based on the quantitative processing of a number of observations of one or more variables. [11]

The aim of this effort is to produce numerical estimations concerning the future evolution of the values of a variable, which interprets the behavior of the phenomenon under consideration. To achieve this, the choice of the most appropriate forecasting method is needed.

There are a large number of methods that can be used for estimating the EVs penetration in the market. Most of these have been developed over many decades and have been applied on a large scale due to the rapid development of the appropriate computational programs.

Forecasting methods can be categorized into two categories: qualitative forecasting methods and quantitative forecasting methods.

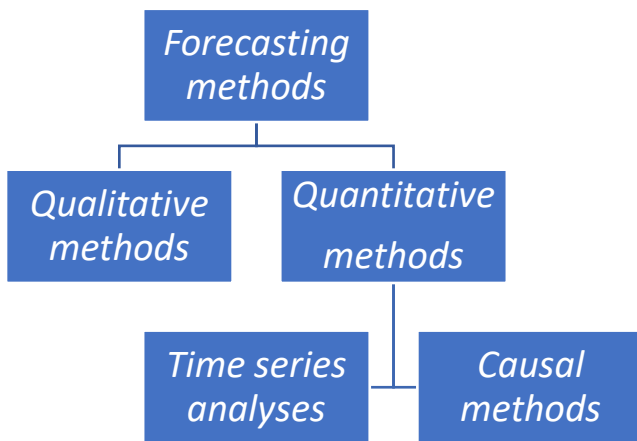


Figure 7: Categories of forecasting methods

Quantitative methods are beyond of this paper scope to be analyzed.

Qualitative forecasting methods are particularly important when there are no data available, as would be the case, for example, where a marketing department of a company would like to predict sales of a new product. Qualitative forecasting methods are considered to be very subjective. Often, they are also called judgmental forecasting methods because they are linked to the investigator's judgment. This category includes:

- Delphi method: A team of experts responds to a questionnaire, which is modified in accordance with the results and sent again with a view to creating a learning process for them members of the group without pressure from bosses.[12]
- Market research: The systematic, formal and conscious process of developing and testing assumptions about the actual market.
- Consensus method: This technique is based on the hypothesis that many specialists can reach a better prediction than an individual. There is no fixation and communication between team members is encouraged for a better result. Forecasts are sometimes influenced by factors

that affect the environment and may not reflect a real consensus.

- Visionary forecast: We could describe it as a prophecy that uses personal ideas and the judgment of each analyst, and when possible, facts about various scenarios of the future. Characterized by subjective speculation and imagination. Generally, the methods used are non-scientific.
- Historical analogy: This is a comparative analysis of the introduction and development of similar new products that rely on the provision in the pilot projects. [13]

In our case, we are going to use the historical analysis for the forecast, given that we have a satisfactory number of past data. Also, this method is more effective for long terms forecast (2 years and up).

III. ev penetration scenarios

In this section, a deployment of the above qualitative prognosis tools leads to different EV penetration scenarios.

TABLE II, shows the cumulated EU numbers of new registered passenger vehicles for the period 2011-2017(2017 from January until August).

TABLE II. New passenger vehicle registration in EU[14,15]

Years	All vehicles	BEV	PHEV
2011	14.227.387	9090	-
2012	11.203.629	14130	9010
2013	10.801.973	23780	25880
2014	9.399.875	37720	33400
2015	12.731.875	58400	89920
2016	13.638.551	63430	94310
2017	10.229.556	51480	30400
Total	72.003.290	258030	282920

Fig. 8 shows the CO² emissions for the same time period 2011-2017. The main assumptions that were made for the projections are the following:

- The technology advance haven't been taken under consideration through the projection period
- The penetration rates are the same for both EVs technologies
- The penetration rates don't fluctuate but remain constant.

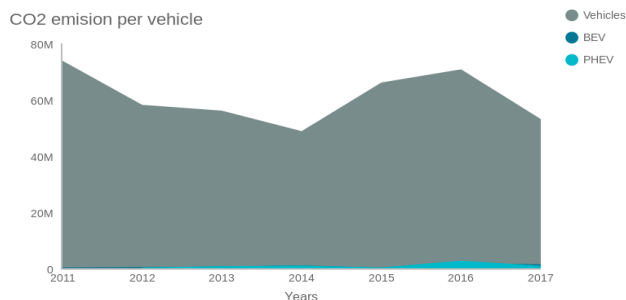


Figure 8: CO² emissions of regular, BEV and PHEV vehicles for the period 2011-2017 (data for 2017 are from January until August)

[data source: European Automobile Manufacturers Association and Eurostat, author elaboration]

The pessimistic scenario concerns a 30% penetration rate of each of EVs technology in the market for the following projection period 2018-2028.

Table III shows in numbers the vehicles in the market and the EVs share.

TABLE III. Projection of passenger vehicle registration in EU(30%)

Years	BEV	PHEV	Emissions savings (gr CO ² /km)
2018	66492	39520	252773
2019	86439	51376	328604,9
2020	112371	66788,8	427186,3
2021	146081	86825,44	555342,3
2022	189908	112873,1	721944,9

2023	246880	146735	938528,4
2024	320944	190755,5	1220087
2025	417228	247982,1	1586113
2026	542396	322376,8	2061947
2027	705115	419089,8	2680531
2028	916650	544816,8	3484690
Total	3.750.511	2.229.139	14.257.747,9

The total EV share in the market will be **14,28%** by the year 2028 and the emissions reduction will be **6,56%**.

In case of an increase of penetration rate by 50%, the EVs penetration in numbers is shown in the following table

TABLE IV. Projection of passenger vehicle registration in EU(50%)

Years	BEV	PHEV	Emissions savings (gr CO ² /km)
2018	76721	45600	291661,138
2019	115082	68400	437491,707
2020	172623	102600	656237,5605
2021	258935	153900	984356,3408
2022	388403	230850	1476534,511
2023	582605	346275	2214801,767
2024	873907	519412	3322202,65
2025	1310862	779118	4983303,975
2026	1966292	1168678	7474955,963
2027	2949439	1753017	11212433,94
2028	4424158	2629526	16818650,92

Total	13.119.031	7.797.377	49.872.630,5
--------------	-------------------	------------------	---------------------

The total EV share in the market will be **68,95%** by the year 2028 and the emissions reduction will be **31,7%..**

The optimistic scenario will be an increase of 70% of the penetration rate. Table V shows in numbers the results for the third scenario.

TABLE V. Projection of passenger vehicle registration in EU(70%)

Years	BEV	PHEV	Emissions savings(gr CO ² /km)
2018	86951	51680	330549,2898
2019	147817	87856	561933,7926
2020	251289	149355	955287,4474
2021	427191	253903	1623988,661
2022	726225	431636	2760780,723
2023	1234583	733782	4693327,229
2024	2098791	1247430	7978656,289
2025	3567945	2120630	13563715,69
2026	6065507	3605071	23058316,68
2027	10311361	6128621	39199138,35
2028	10311361	6128621	39194128,49
Total	35228031	20937470	133.919.823

The total EV share in the market will be **100%** by the year 2027 and the emissions reduction will be **73,8%** by the year 2028.

In Fig.9 the comparison of the three projection scenarios is shown in terms of emissions savings.

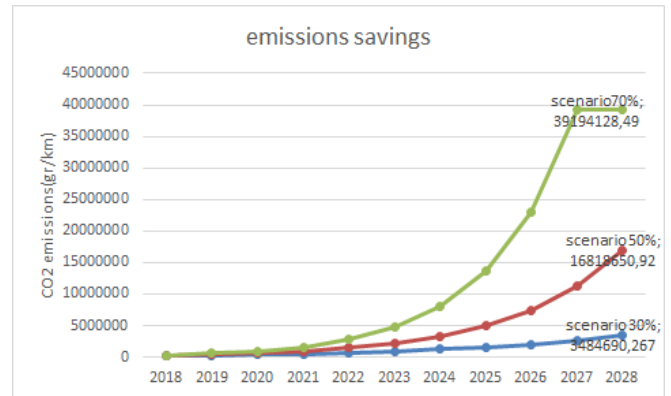


Figure 9: CO² emissions savings for the three scenarios.[author elaboration]

First scenario seems to give poor results regarding the EVs share in the market and thus the reduction of the emissions. Second scenario seems to have the potential to achieve targets of EU whereas the optimistic scenario surpass the EU projections for the year 2050.

In order to increase the market share of the EVs, EU needs to give solid incentives and funds for advanced technology regarding EVs.

IV. Conclusion

This paper overviews the EVs penetration in the market and uses some qualitative forecast methods to predict the future of the EVs. Based on the above, an increase in the fleet of EV results a reduction in pollutants in the atmosphere, as expected. It seems, though, that EU has to invest in giving more incentives for technology advance and EVs owners in order to increase their market share in a solid way and reduce further their footprint.

REFERENCES

- [1] Eurostat, Energy Transport And Environment Indicators, Pocket books 2014 edition, <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3930297>

/6613266/KS-DK-14-001-EN-N.pdf/4ec0677e-8fec-4dac-a058-5f2ebd0085e4

- [2] United Nations, Framework Convention on Climate change, Kyoto protocol, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
- [3] European Environment Agency, Evolution of CO2 emissions from new passenger cars by fuel type, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/evolution-of-co2-emissions-from-1>
- [4] The European Council and Council of the European Union <http://www.consilium.europa.eu/el/policies/climate-change/reform-eu-ets/>
- [5] P. Siskos, A. De Vita and P. Capros, "The role of carbon standards on passenger cars towards the reduction of GHG emissions in EU: A model-based scenario analysis," *2014 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC)*, Florence, 2014, pp. 1-8.
- [6] G. R. Chandra Mouli *et al.*, "Economic and CO2 Emission Benefits of a Solar Powered Electric Vehicle Charging Station for Workplaces in the Netherlands," *2016 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)*, Dearborn, MI, 2016, pp. 1-7.
- [7] Eurostat, Greenhouse gas emissions (including international aviation, indirect CO2 and excluding LULUCF) trend, EU-28, 1990 – 2015, [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Greenhouse_gas_emissions_\(including_international_aviation,_indirect_CO2_and_excluding_LULUCF\)_trend,_EU-28,_1990_-_2015_\(Index_1990%3D100\)-Fig1.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Greenhouse_gas_emissions_(including_international_aviation,_indirect_CO2_and_excluding_LULUCF)_trend,_EU-28,_1990_-_2015_(Index_1990%3D100)-Fig1.png)
- [8] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY Energy Efficiency & Renewable Energy, https://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_emiissions.php
- [9] European Commission, Europe on the Move, Encourage clean and sustainable mobility, <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/mobility-package-factsheet-iii.pdf>
- [10] European Alternative Fuels Observatory, PEV market sales, <http://www.eafo.eu/vehicle-statistics/m1>
- [11] C. N. Agiaklogou and G. S. Oikonomou, Athens 2004. Predictive and decision-making methods
- [12] H. Liimatainen, E. Kallionpää, M. Pöllänen, P. Stenholm, P. Tapio, A. McKinnon, "Decarbonizing road freight in the future – Detailed scenarios of the carbon emissions of Finnish road freight transport in 2030 using a Delphi method approach", In *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 81, 2014, Pages 177-191
- [13] J. C. Chambers, S. K. Mullick, and D. D. Smith, How to Choose the Right Forecasting Technique, <https://hbr.org/1971/07/how-to-choose-the-right-forecasting-technique>
- [14] Eurostat, New registrations of passenger cars by unloaded weight, http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/road_eqr_unlweig
- [15] European Automobile Manufacturers Association, Passenger car registrations, <http://www.acea.be/press-releases/article/passenger-car-registrations-4.5-over-eight-months-5.6-in-august>

