



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Επιπτώσεις στα Δίκτυα Διανομής από τη Φόρτιση
Ηλεκτρικών Οχημάτων**

Διπλωματική Εργασία

Αντωνίου Θεόδωρος

Επιβλέπων: Περαντζάκης Γεώργιος

Βόλος 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

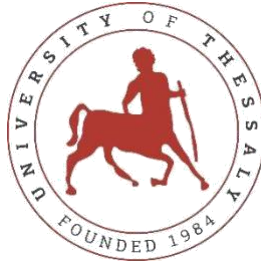
**Επιπτώσεις στα Δίκτυα Διανομής από τη Φόρτιση
Ηλεκτρικών Οχημάτων**

Διπλωματική Εργασία

Αντωνίου Θεόδωρος

Επιβλέπων: Περαντζάκης Γεώργιος

Βόλος 2021



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Impact on Distribution Networks from Electric Vehicle Charging

Diploma Thesis

Antoniou Theodoros

Supervisor: Perantzakis Georgios

Volos 2021

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων

Περαντζάκης Γεώργιος

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Σταμούλης Γεώργιος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Τσουκαλάς Ελευθέριος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ημερομηνία έγκρισης:

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας κύριο Περαντζάκη Γεώργιο, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της επιτροπής, κύριο Σταμούλη Γεώργιο και κύριο Τσουκαλά Ελευθέριο, για την πολύτιμη καθοδήγηση που μου παρείχαν.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και τους φίλους μου που χωρίς αυτούς δεν θα είχα την δυνατότητα να είμαι εδώ που βρίσκομαι σήμερα.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο Δηλών,

Αντωνίου Θεόδωρος



Βόλος, 25 Ιανουαρίου 2021

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διεθνής τάση προς τα ηλεκτρικά οχήματα είναι εμφανή ολοένα και περισσότερο. Η κλιματική αλλαγή, σε συνδυασμό με την αύξηση του κόστους εξόρυξης ορυκτών καυσίμων, οδηγούν τις κυβερνήσεις να χαράξουν πολιτική προς περιβαλλοντικά φιλικότερους τρόπους μεταφοράς και παραγωγής ενέργειας. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες, έχουν στραφεί πλέον προς τα ηλεκτροκίνητα οχήματα, παράγοντας κάθε χρόνο φθηνότερα και αποδοτικότερα μοντέλα σε ταχύτατους ρυθμούς. Σε αυτό το δυναμικά μεταβαλλόμενο περιβάλλον ο ενεργειακός σχεδιασμός πρέπει να επαναπροσδιοριστεί στα νέα δεδομένα και στις ανάγκες που προκύπτουν.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται παρουσίαση της κατάστασης της ηλεκτροκίνησης σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και ελληνικό επίπεδο αντίστοιχα. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι κατηγορίες των ηλεκτρικών οχημάτων και τεχνολογίες συσσωρευτών που απασχολούν τον κλάδο των ηλεκτρικών οχημάτων καθώς και οι μέθοδοι φόρτισης τους.

Επιπρόσθετα στο 4^ο κεφάλαιο αναλύεται ο τρέχων ενεργειακός σχεδιασμός της Ελλάδας με τωρινά δεδομένα. Ταυτόχρονα παρουσιάζονται οι μακροπρόθεσμοι στόχοι του σχεδιασμού και σχολιάζονται σε συσχέτιση με την βιωσιμότητα τους στο προσεχές μέλλον.

Ολοκληρώνοντας στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των επιπτώσεων που έχει η διείσδυση των ηλεκτρικών οχημάτων, στις καμπύλες ζήτησης του συστήματος και ως συνέπεια στα δίκτυα διανομής. Παράλληλα γίνεται ανάλυση μεθόδων με στόχο την εξομάλυνση των επιπτώσεων που προκύπτουν.

ABSTRACT

The international trend towards electric vehicles is becoming more and more evident. Climate change, coupled with rising fossil fuel mining costs, is leading governments to pursue policies toward more environmentally friendly modes of transport and energy production. The automotive industry has now turned to electric vehicles, producing cheaper and more efficient models at a rapid pace every year. In this dynamically changing environment, energy planning must be redefined taking under concern the needs that arise.

This dissertation presents the state of electric mobility at a global, European and Greek level respectively. Moreover there is a presentation of the categories of electric vehicles and battery technologies, that are available currently at the electric vehicle industry as well as their charging methods.

In addition, the 4th chapter analyzes the current energy planning of Greece with current data. At the same time, the long-term goals of the design are presented and commented on in relation to their sustainability in the near future.

To conclude with, the 5th chapter presents the effects of the penetration of electric vehicles, on the demand curves of the system and as a consequence on the distribution networks. Meanwhile, methods are analyzed that aid the suppression of the effects.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	xiii
ABSTRACT	xv
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	xvii
ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xix
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	xx
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	xxi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Ηλεκτροκίνηση Παγκοσμίως	1
1.2 Ηλεκτροκίνηση Στη Ευρώπη	3
1.3 Ηλεκτροκίνηση Στην Ελλάδα	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	4
Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο	4
2.1 Πρωτοεμφάνιση Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων	10
2.2 Άνοδος και πτώση	11
2.3 Σύγχρονη Εποχή	11
2.4 Τύποι Ηλεκτρικών Οχημάτων	14
2.4.1 Ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (Battery Electric Vehicles – BEV)	14
2.4.2 Ηλεκτρικά οχήματα με μονάδα επέκτασης της αυτονομίας τους.....	15
2.4.3 Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	18
3.1 Τεχνολογίες και Τύποι συσσωρευτών	18
3.1.1 Συσσωρευτής ιόντων λιθίου(Li-Ion).....	18
3.1.2 Συσσωρευτής Νικελίου-Υδρίδιου Μετάλλου (NI-MH) και Νικελίου-Καδμίου(NI-CD)	19
3.1.3 Συσσωρευτής Λιθίου Θείου (LI-S).....	19
3.1.4 Συσσωρευτής νατρίου-χλωριούχου νικελίου (Na-NiCl2).....	20
3.1.5 Σύγκριση Συσσωρευτών.....	20
3.1.6 Κόστος Συσσωρευτών.....	21
3.2 Φόρτιση συσσωρευτών	22

3.2.1 Τύποι Ρευματοδοτών και βύσματα.....	24
3.2.2 Η ισχύς των φορτιστών και οι χρόνοι Φόρτισης.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	27
<i>Ενεργειακός σχεδιασμός και σύστημα στην Ελλάδα.....</i>	<i>27</i>
4.1 Ενεργειακό σύστημα.....	27
4.2 Στόχοι.....	29
4.2.1 Σχολιασμός των στόχων ενεργειακού σχεδιασμού	31
Κεφάλαιο 5	33
Επιπτώσεις στο δίκτυο διανομής απο τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.....	33
5.1 Προσδιορισμός Αναγκών Φόρτισης.....	33
5.1.1 Μέθοδος.....	33
5.2 Επιπτώσεις της φόρτισης στην Καμπύλη ζήτησης ισχύος του ηλεκτρικού συστήματος.....	36
5.2.1 Μη ελεγχόμενη Φόρτιση.....	36
5.2.2 Μη ελεγχόμενη Φόρτιση με επίπεδη Φόρτισης των συσσωρευτών.....	38
5.2.3 Ελεγχόμενη Φόρτιση "Valley filling".....	39
5.2.4 Ελεγχόμενη Φόρτιση με διζωνικό Τιμολόγιο.....	40
5.3 Επιπτώσεις της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο αστικό δίκτυο διανομής.....	41
5.4 Σχολιασμός.....	45
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Αθροιστικές πωλήσεις Ηλεκτρικών Οχημάτων [1].....	1
Σχήμα 1.2: Εγκατεστημένος αριθμός σημείων Φόρτισης Παγκοσμίως[2].....	2
Σχήμα 1.3: Συνολικό μερίδιο των πρόσφατα εγγεγραμμένων επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2012 έως το 2019[3].....	3
Σχήμα 1.4: Κορυφαία μοντέλα επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων ανά μέγεθος στόλου στην Ευρωπαϊκή Ένωση[4].....	4
Σχήμα 1.5: Αριθμός δημόσιων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη από το 2010 έως το 2019[5].....	5
Σχήμα 1.6: Αριθμός δημόσιων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη από το 2010 έως το 2019[6].....	6
Σχήμα 1.7: Αθροιστικός αριθμός υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα [9].....	7
Σχήμα 1.8: Συνολικός αριθμός κανονικών και ταχέων δημόσιων σημείων φόρτισης[10].....	8
Σχήμα 3.1: κόστους Li-ION τύπου συσσωρευτών [22].....	9
Σχήμα 3.2: Mode1[23].....	22
Σχήμα 3.3: Mode2[23].....	22
Σχήμα 3.4: Mode3[23].....	23
Σχήμα 3.5: Mode4[23].....	23
Σχήμα 4.1: Ποσοστό (%) στο Σύνολο της ετήσιας παραγωγής στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο [25].....	27
Σχήμα 4.2: Μηνιαία Εγκατεστημένη Ισχύς Μονάδων στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο [25].....	28
Σχήμα 4.3: Εξέλιξη μεριδίου ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο σύνολο των επιβατικών αυτοκινήτων έως το έτος 2030. [26].....	29
Σχήμα 4.4: Εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής έως το έτος 2030[26].....	30
Σχήμα 5.1: Προφίλ χρονικής στιγμής επιστροφής για την Ελλάδα [28].....	34
Σχήμα 5.2: Μέσο Ευρωπαϊκό προφίλ διανυόμενων αποστάσεων ανά ημέρα [28].....	35
Σχήμα 5.3: Ημερήσιο προφίλ ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων - μη ελεγχόμενη φόρτιση [29].....	36
Σχήμα 5.4: Τροποποιημένη ημερήσια καμπύλη φορτίου του Ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας – μη ελεγχόμενη φόρτιση [29].....	37
Σχήμα 5.5: Ετήσια καμπύλη φορτίου του Ελληνικού συστήματος - μη ελεγχόμενη φόρτιση[29].....	37
Σχήμα 5.6: Ημερήσιο προφίλ ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων - μη ελεγχόμενη φόρτιση με κριτήριο το επίπεδο φόρτισης των μπαταριών[29].....	38
Σχήμα 5.7: Ημερήσιο προφίλ ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων – Valley filling.....	39
Σχήμα 5.8: ημερήσια καμπύλη φορτίου του Ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας –valley filling.....	39
Σχήμα 5.9: προφίλ ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων - ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο.....	40
Σχήμα 5.10: Χειμερινή ημερήσια καμπύλη.....	40
Σχήμα 5.11: Θερινή ημερήσια καμπύλη.....	40
Σχήμα 5.12: Τυπικές ημερήσιες καμπύλες του δικτύου της Κατερίνης[29].....	41
Σχήμα 5.13: καμπύλη φορτίου του δικτύου της Κατερίνης για μια τυπική χειμωνρινή (Αριστερά) και καλοκαιρινή (δεξιά).....	42
Σχήμα 5.14: Προφίλ τάσης δικτύου Κατερίνης για διαφορεικά σενάρια διείσδυσης και στρατηγικές φόρτισης οχημάτων [29].....	43
Σχήμα 5.15: Μέγιστη φόρτιση γραμμών και απώλειες δικτύου Κατερίνης για διαφορεικά σενάρια διείσδυσης και στρατηγικές φόρτισης: α)μέγιστη φόρτιση γραμμών καλοκαίρι β) απώλειες δικτύου καλοκαίρι, γ)μέγιστη φόρτιση γραμμών χειμώνα δ) απώλειες δικτύου χειμώνα (ποσοστά ως προς το σενάριο χωρίς ηλεκτρικά οχήματα) [29].....	44

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: καταστάσεων Λειτουργίας (PHEV)[18].....	17
Πίνακας 3.1: αποτελεσμάτων Προσομίωσης τύπου συσσωρευτών [22].....	20
Πίνακας 3.2: Τύπων Ρευματοδοτών και Χρόνοι Φόρτισης [24].....	26
Πίνακας 4.1: Πίνακας Ποσοτικοί στόχοι μείωσης των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων για την περίοδο 2020-2029 και για το έτος 2030 σε σχέση με το έτος 2005. [26].....	29
Πίνακας 5.1: Ποσοστό του στόλου ηλεκτρικών οχημάτων που πρέπει να φορτίσουν μέσα στην ημέρα [29].....	38
Πίνακας 5.2: δείκτες λειτουργίας του δικτύου (συντελεστής ομοιομορφίας = ελάχιστο/μέγιστο φορτίο) της Κατερίνης με ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων [29].....	42

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

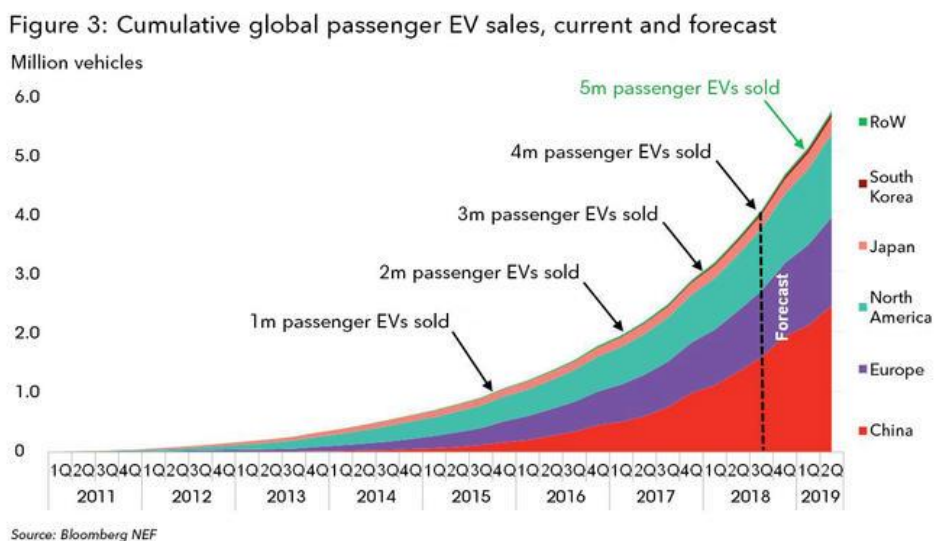
Εικόνα 2.1: Toyota Prius.....	12
Εικόνα 2.2: Toyota Prius Υβριδικό σύστημα απεικόνιση.....	12
Εικόνα 2.3: Tesla Model S.....	13
Εικόνα 2.4: Tesla Model S P85D.....	13
Εικόνα 2.5: Στοιχειώδη στοιχεία Ηλεκτρικού Αυτοκινήτου (BEV)[15].....	14
Εικόνα 2.6: Στοιχειώδη στοιχεία Ηλεκτρικού Αυτοκινήτου με επέκταση αυτονομίας[18].....	15
Εικόνα 2.7: Στοιχειώδη στοιχεία Ηλεκτρικού Αυτοκινήτου (PHEV)[17].....	16
Εικόνα 2.8: Καταστάσεις Λειτουργίας (σε σειρά η συμβατική μηχανή φορτίζει την μπαταρία ενώ σε παράλληλη συμμετέχει ενεργά στην κίνηση των τροχών) (PHEV)[18].....	17
Εικόνα 3.1: Εικόνα βυσματος Mode1 [24].....	24
Εικόνα 3.2: Εικόνα βυσματος Mode2 [24].....	24
Εικόνα 3.3: βυσματος IEC 62196-Type 2 [18].....	25
Εικόνα 3.4: βυσματος τύπου Combo 2.....	25
Εικόνα 4.1: Χάρτης δικτύου Φορτιστών 2020 [25].....	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

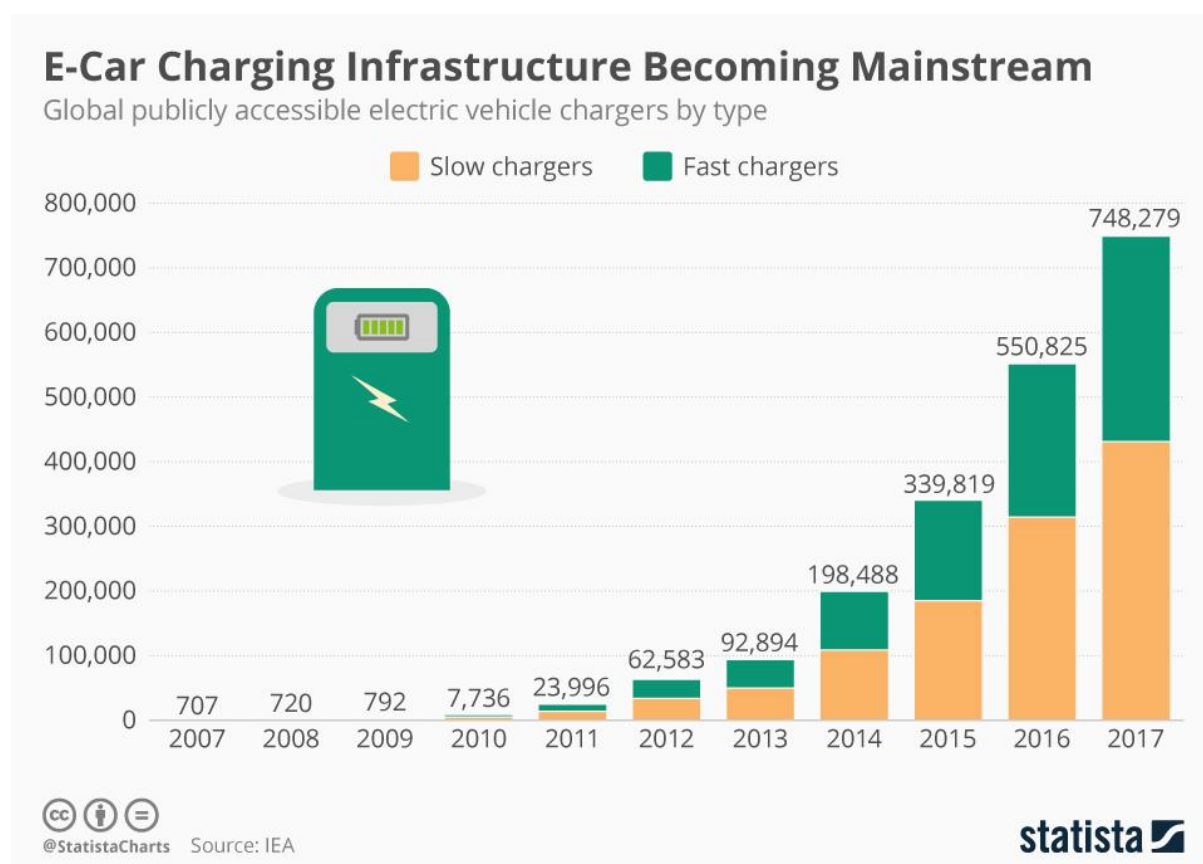
1.1 Ηλεκτροκίνηση Παγκοσμίως

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει έντονα μια τάση παγκοσμίως για απεξάρτηση από συμβατικά ορυκτά καύσιμα στον τομέα των μεταφορών και μεταστροφή σε πιο καθαρές προς το περιβάλλον μορφές ενέργειας όπως είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Ταυτόχρονα, καθώς όλο και περισσότερες εταιρείες αυτοκινήτων στην αγορά έχουν όλο και πιο περίπλοκα μοντέλα υβριδικών και καθαρών ηλεκτρικών οχημάτων, και όλες οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν αναπτύξει εκτεταμένη υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για την τροφοδοσία των ταχέως αναπτυσσόμενων ηλεκτρικών οχημάτων, όσο η τεχνολογία ηλεκτρικής πρόωσης ωριμάζει. Κατά την τελευταία δεκαετία, οι παγκόσμιες πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων έχουν αυξηθεί ραγδαία. Από το Σχήμα 1.1 φαίνεται ότι αν και χρειάστηκαν συνολικά 60 μήνες για την πώληση 1 εκατομμυρίου ηλεκτρικών οχημάτων στο τέλος του 2015, μετέπειτα καταγράφηκαν συνολικά 4 εκατομμύρια πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων μέχρι τα μέσα του 2018. Ο όγκος των πωλήσεων αναμένεται να αυξηθεί κατά ένα εκατομμύριο εντός έξι μηνών. Η χώρα με τον μεγαλύτερο αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων είναι η Κίνα, ακολουθούμενη από την Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική, την Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν στρέψει την προσοχή τους στην κατασκευή ηλεκτρικών οχημάτων, σε συνδυασμό με την πτώση των τιμών της μπαταρίας, έχουν αρχίσει να διαμορφώνουν ένα νέο μοτίβο στον τομέα των επιβατικών μεταφορών.



Σχήμα 1.1 Αθροιστικές πωλήσεις Ηλεκτρικών Οχημάτων [1]

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.2, ο αριθμός των υποδομών φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα στον κόσμο έχει επίσης δείξει μια αντίστοιχη τάση ανάπτυξης. Εκτιμάται ότι έως το 2019, περίπου 9 εκατομμύρια σημεία φόρτισης θα εγκατασταθούν παγκοσμίως, σε σύγκριση με λιγότερα από 340 χιλιάδες το 2015. Οι χώρες επενδύουν σε ηλεκτρικές μεταφορές, εγκαθιστούν δημόσιους σταθμούς φόρτισης και ενθαρρύνουν τους πολίτες να αγοράσουν ηλεκτρικά οχήματα, επιδιώκοντας έτσι τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις αστικές περιοχές και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.



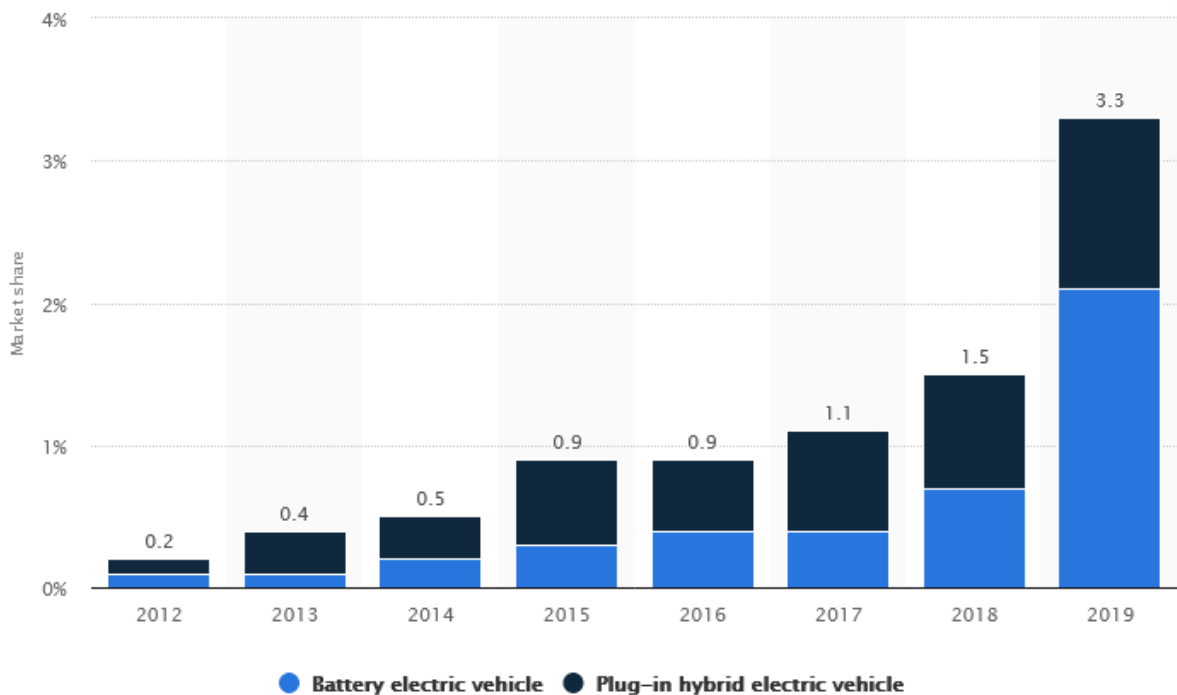
Σχήμα 1.2 Εγκατεστημένος αριθμός σημείων Φόρτισης Παγκοσμίως[2]

Η ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων είναι εφικτή μόνο από την ταυτόχρονη συνύπαρξη ενός καλά ανεπτυγμένου συστήματος σταθμών φόρτισης, το οποίο θα επιτρέπει την απροβλημάτιστα συγκοινωνία εντός και εκτός αστικού περιβάλλοντος. Η μικρότερη αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων αυτήν την στιγμή σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα καθιστά τις υποδομές φόρτισης σημαντικότερες και από τις υποδομές πρατηρίων υγρών καυσίμων. Η ανάπτυξη αυτών των υποδομών πρέπει να πραγματοποιείται σε ιδιωτικό επίπεδο, με σημεία φόρτισης εγκατεστημένα σε σπίτια και ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης τόσο όσο και σε δημόσιο επίπεδο, με εγκατάσταση

ταχυφορτηστών σε αυτοκινητόδρομους και γενικώς κεντρικών οδικών δικτύων. Το σημαντικό είναι να επιτρέπεται στους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων να εξοικονομούν χρόνο και να τους χρεώνουν με όσο το δυνατόν λιγότερους τεχνικούς περιορισμούς.

1.2 Ηλεκτροκίνηση Στην Ευρώπη

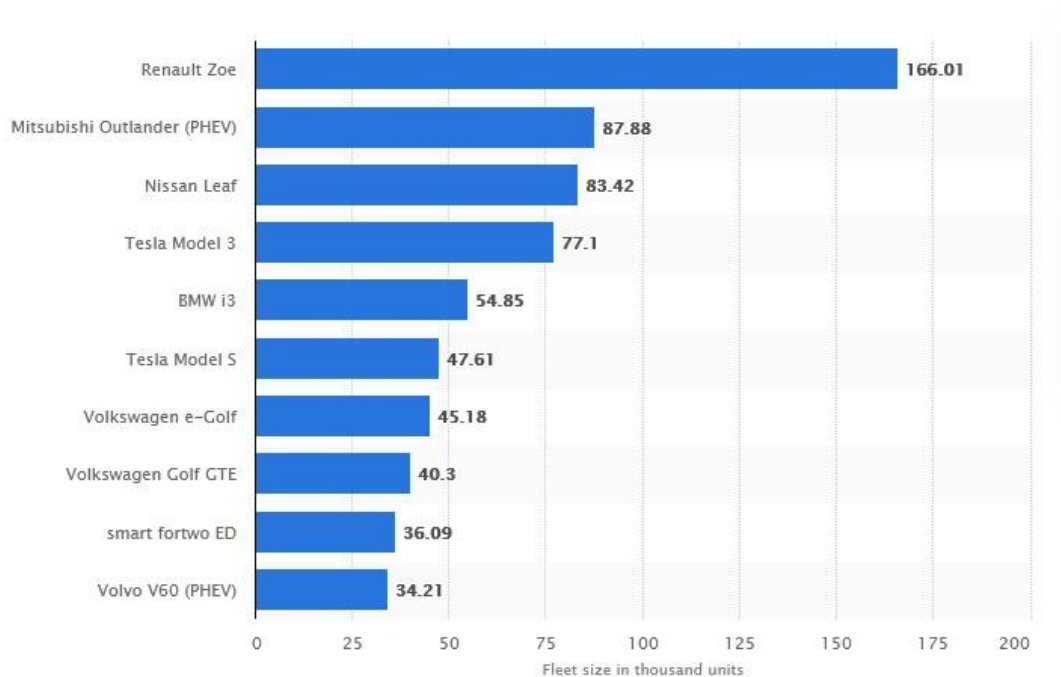
Με το τέλος της πετρελαϊκής εποχής και την κλιματική αλλαγή που δημιουργεί μια ολοένα και πιο σοβαρή απειλή, όλα τα επίπεδα διακυβέρνησης εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν αναγνωρίσει ότι χρειάζονται EV(ηλεκτρικά οχήματα) για να κάνουν τις μεταφορές πιο έξυπνες και πιο βιώσιμες. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το μερίδιο των ταξινομήσεων νέων επιβατικών αυτοκινήτων με ηλεκτρική πρόωση ανήλθε στο 3,3 τοις εκατό το 2019 Σχήμα 1.3. Μεταξύ 2012 και 2019, το μερίδιο των ταξινομήσεων ηλεκτρικών οχημάτων μπαταρίας αυξήθηκε από 0,1% σε 2,1%. Εν τω μεταξύ, οι εγγραφές υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων plug-in (με δυνατότητα επαναφόρτισης με ρευματοληψία) παρουσίασαν κάπως πιο μέτρια αύξηση, αλλά έφτασαν επίσης σε επίπεδα ρεκόρ 1,2% το 2019. Οι πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων με προσθήκη στην Ευρωπαϊκή Ένωση έφθασαν σχεδόν τις 130.000 μονάδες το τέταρτο τρίμηνο του 2019.[3]



Σχήμα 1.3 Συνολικό μερίδιο των πρόσφατα εγγεγραμμένων επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2012 έως το 2019[3]

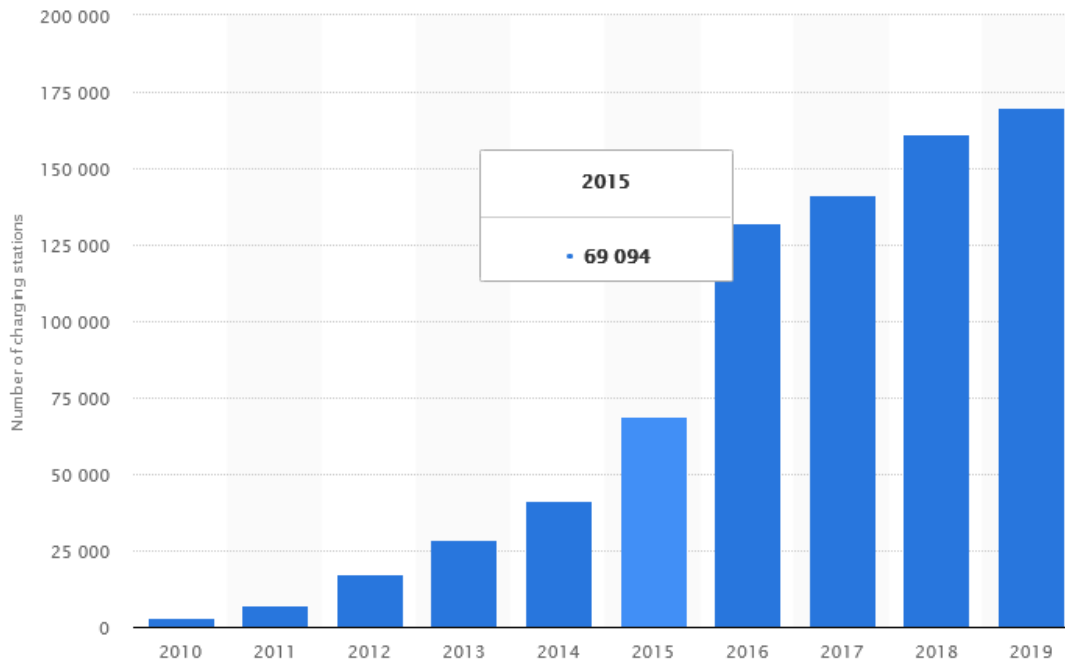
Η Γερμανία είναι η κορυφαία ευρωπαϊκή αγορά πωλήσεων ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Ωστόσο, η Νορβηγία έχει το μεγαλύτερο μερίδιο εγγραφών EV μεταξύ ευρωπαϊκών χωρών. Τα ηλεκτρικά οχήματα αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 60% των νέων αυτοκινήτων που έχουν ταξινομηθεί στη Νορβηγία, με πληθυσμό περίπου 5,4 εκατομμύρια άτομα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι πωλήσεις ελαφρών οχημάτων με plug-in ξεπέρασαν τις δύο εκατομμύρια μονάδες το 2019.

Τα μοντέλα Tesla model 3, Nissan Leaf, Mitsubishi Outlander και Renault Zoe συγκαταλέγονται μεταξύ των μοντέλων ηλεκτρικών οχημάτων με τις μεγαλύτερες πωλήσεις στην Ευρώπη όπως φέεται στο Σχήμα 1.4, τόσο από άποψη οχημάτων σε λειτουργία όσο και από νέες ταξινομήσεις αυτοκινήτων.



Σχήμα 1.4 Κορυφαία μοντέλα επιβατικών ηλεκτρικών οχημάτων ανά μέγεθος στόλου στην Ευρωπαϊκή Ένωση[4]

Τα ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία είναι ο δημοφιλέστερος τύπος ηλεκτρικών οχημάτων επιβατών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Προκειμένου να παρέχει την κατάλληλη υποδομή φόρτισης, ο αριθμός των σταθμών φόρτισης που διατίθενται σε ολόκληρη την Ευρώπη αυξάνεται με ταχύ ρυθμό. Μέχρι το 2030, ο αριθμός των σημείων φόρτισης που απαιτείται για τα ηλεκτρικά οχήματα αναμένεται να φτάσει τα 720.000 μόνο στη Γερμανία. Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο αριθμός των διαθέσιμων στο κοινό γρήγορων φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων ανήλθε σε 328.000 μονάδες Σχήμα 1.2 το 2017.



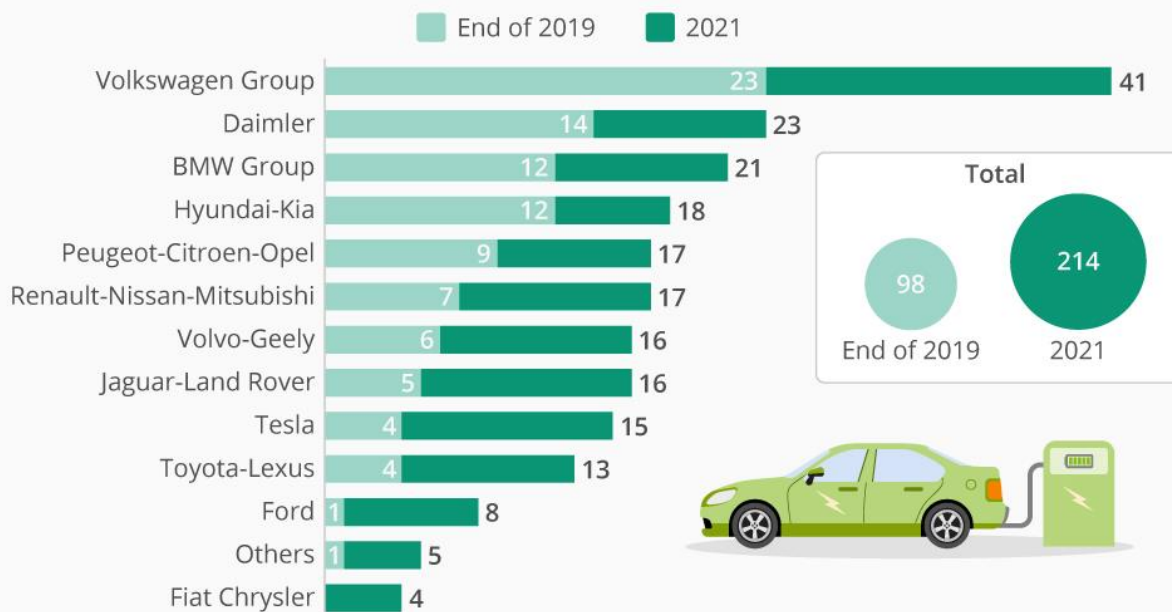
Σχήμα 1.5 Αριθμός δημόσιων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη από το 2010 έως το 2019[5]

Παρόλο που η υποδομή φόρτισης για EV αυξάνεται με διάφορες ταχύτητες σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση, εξακολουθεί να είναι ανεπαρκής σε ορισμένα κράτη μέλη και υπάρχει έλλειψη κεντρικών πληροφοριών για όλα τα υπάρχοντα σημεία φόρτισης. Τα περισσότερα διαθέσιμα στο κοινό σημεία φόρτισης στην Ευρωπαϊκή Ένωση βρίσκονται στις αστικές περιοχές χωρών όπως η Ολλανδία, η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Γαλλία. Το 2017, για παράδειγμα, οι Κάτω Χώρες είχαν πάνω από 32.000 σημεία επαναφόρτισης και πάνω από 119.000 καταχωρημένα EV, ενώ η Ελλάδα είχε λιγότερα από 40 σημεία επαναφόρτισης και ελαφρώς πάνω από 300 EV. Στον υπόλοιπο κόσμο, η Νορβηγία, η Κίνα και οι ΗΠΑ πρωτοστατούν. Στους κύριους αυτοκινητόδρομους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, υπάρχει περίπου ένα σημείο γρήγορης φόρτισης κάθε 60 χιλιόμετρα.

Μία από τις κινητήριες δυνάμεις πίσω από την τάση να γίνουν ποιά δημοφιλή τα ηλεκτρικά οχήματα και σε περισσότερες χώρες κράτη θα είναι η προσιτή τιμή με φθηνότερα ηλεκτρικά μοντέλα Σχήμα 1.6 που αναμένεται να οδηγήσουν σε αύξηση του αριθμού των καταναλωτών που κάνουν τη μετάβαση από βενζίνη και ντίζελ. Το 2021, ο Όμιλος Volkswagen αναμένεται να έχει τα περισσότερα μοντέλα που προσφέρονται, 41, ακολουθούμενο από τους Daimler (23) και BMW (21).

Electric Car Models Set To Triple In Europe By 2021

Expected number of electric car models available in Europe in late 2019 and in 2021*



* Includes plug-in hybrid and fully electric models.
Source: Transport & Environment

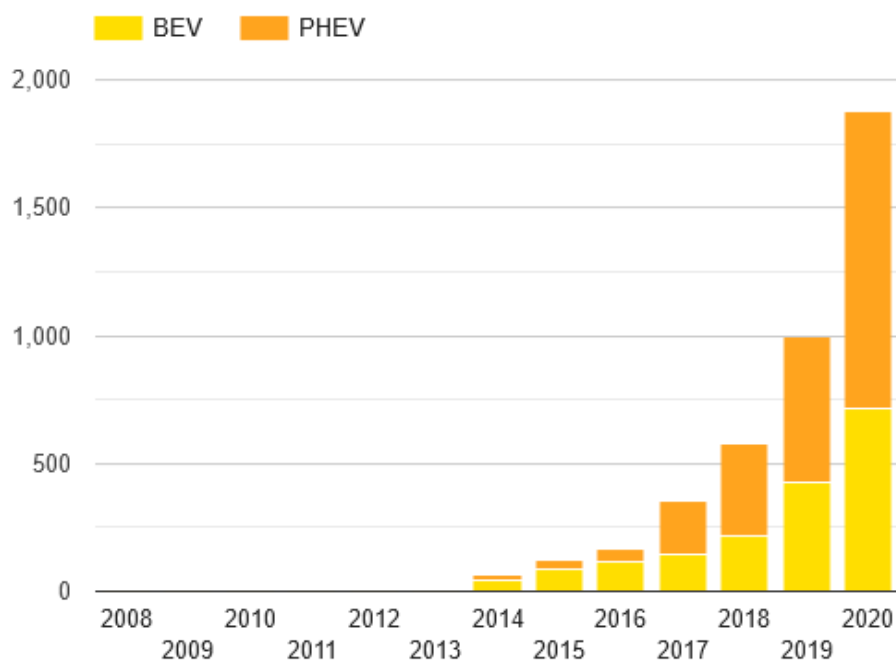
statista

Σχήμα 1.6 Αριθμός δημόσιων σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη από το 2010 έως το 2019[6]

Ως αποτέλεσμα της πανδημίας COVID-19, οι πωλήσεις αυτοκινήτων ντίζελ και βενζίνης στην Ευρωπαϊκή Ένωση μειώθηκαν πάνω από 32% κατά το πρώτο τρίμηνο του 2020. Παρά τη συνολική πτώση που προκλήθηκε από την επιδείνωση του ιού, οι εγγραφές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων ανήλθαν σε 167.132 μονάδες σε όλη στην Ευρωπαϊκή Ένωση, υπερδιπλασιάζοντας (100,7%) σε σύγκριση με την ίδια περίοδο το 2019 [7], [8]. Όσον αφορά τις πωλήσεις που αντιστοιχούν, στις χώρες της ευρωζώνης και στο Ηνωμένο Βασίλειο, οι πωλήσεις ανήλθαν συνολικά σε 228.210 μονάδες, αυξημένες κατά 81,7% από το πρώτο τρίμηνο του 2019, αποτελούμενες από 130.297 αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα (αύξηση 58,2%) και 97.913 plug-in υβρίδια (αύξηση 126,5%) [17]. Σε αυτό το τρίμηνο, το μερίδιο αγοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης έφτασε το 6,8% και ολόκληρη η ήπειρος πέτυχε 7,47%. [7]

1.3 Ηλεκτροκίνηση Στην Ελλάδα

Η ελληνική αγορά σε σύγκριση με την Ευρώπη είναι πίσω σε πολύ μεγάλο βαθμό, ωστόσο τα τελευταία χρόνια η ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων ολοένα και αυξάνει. Οι δυσμενείς συνθήκες που προκλήθηκαν από την οικονομική κρίση έχουν κάνει τους περισσότερους χρήστες ιδιωτικών αυτοκινήτων να μην έχουν την δυνατότητα να συγκεντρώσουν τα χρήματα που απαιτούνται για την αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Τα ηλεκτρικά οχήματα εξακολουθούν να διατηρούν υψηλό κόστος, λόγω της περιορισμένης παραγωγής, το οποίο προς το παρόν δεν είναι προσιτό. Ταυτόχρονα οι υποδομές φόρτισης δεν έχουν αναπτυχθεί ικανοποιητικά, προσθέτοντας ένα επιπλέον αποτρεπτικό παράγοντα σε πιθανούς ενδιαφερόμενους. Η τρέχουσα υποδομή επιτρέπει την χρήση ηλεκτρικών οχημάτων στις πόλεις αν και τα πράγματα στα επόμενα χρόνια φέρεται να αλλάζουν όπως θα δούμε παρακάτω.

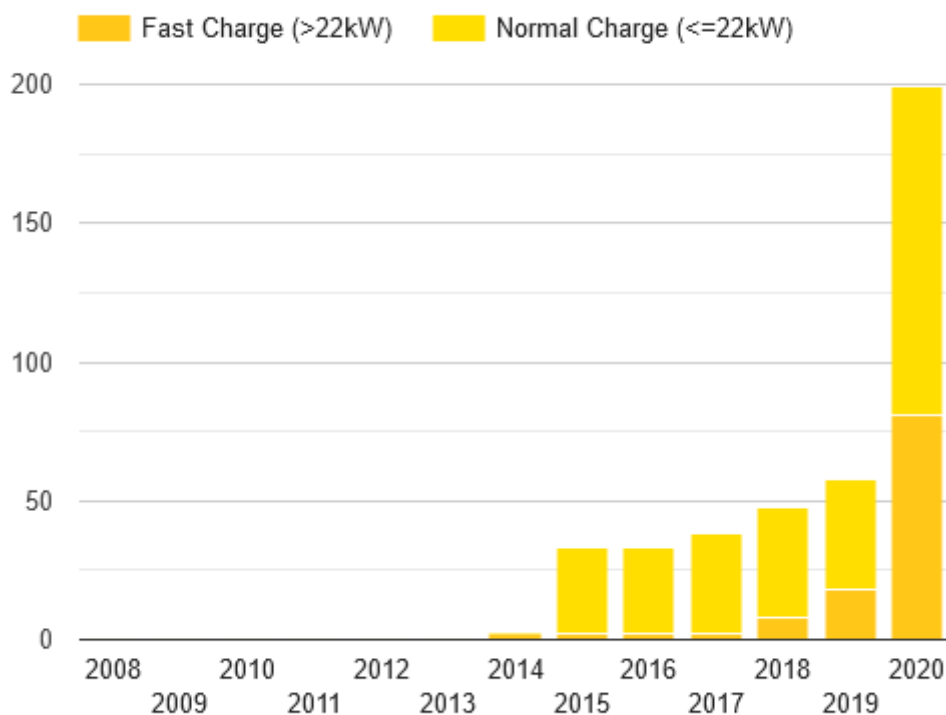


Σχήμα 1.7 Αθροιστικός αριθμός υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα [9]

Όπως παρατηρούμε λόγω των παραπάνω παραγόντων βλέπουμε πως ο αριθμός ταξινομημένων οχημάτων από το 2014 μέχρι το 2019 έφτασε μόλις κοντά τα 1000 ωστόσο παρατήρουμε σταθερά κάθε χρόνο διπλασιασμό του στόλου. Ειδικότερα αυτήν την στιγμή υπάρχουν 1879 οχήματα εκ των οποίων 716 αμιγώς ηλεκτρικά. Όσο αφορά το μερίδιο που μεταφράζονται αυτοί οι αριθμοί στην αγορά, για φέτος συνολικά αποτέλεσαν το 1.6% των

συνολικών πωλήσεων. Το ποσοστό αυτό είναι μικρό σε σχέση με τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο που κυμαίνεται συνολικά στο 8 %. [7]

Όσον αφορά τα δημόσια σημεία φόρτισης αν και βρισκόμαστε σε πρώιμο βαθμό έχοντας λίγο λιγότερο από 50 σταθμούς φόρτισης το 2018 πλέον σε 2 χρόνια τετραπλασιάστηκαν φτάνοντας τους 200. Η 81 εκ των οποίων αφορούν ταχυφορτιστές $\geq 22\text{KW}$ (fast charge). [10]



Σχήμα 1.8 Συνολικός αριθμός κανονικών και ταχέων δημόσιων σημείων φόρτισης[10]

Βάσει της οδηγίας 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου τα κράτη-μέλη πρέπει να εξασφαλίσουν ένα επαρκές δίκτυο υποδομών δημόσιας φόρτισης για την εξυπηρέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Ο ενδεικτικός αριθμός για την Ελλάδα είναι περί τους 13.000 σταθμούς έως το 2020 όπως εύκολα καταλαβαίνουμε είμαστε κατά 12.800 σταθμούς φόρτισης πίσω. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) έχει θέσει προς δημόσια διαβούλευση σχέδιο για το ρυθμιστικό πλαίσιο εγκατάστασης και λειτουργίας υποδομών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα, ενώ πρόσφατα εξέδωσε γνωμοδότηση που αφορά τους όρους και τη λειτουργία των Φορέων Εκμετάλλευσης Υποδομών Επαναφόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων.[11]

Όπως αναφέρεται, σκοπός του εγχειρήματος είναι η εξυπηρέτηση της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων σε αστικούς δημόσιους χώρους, καθώς και η εγκατάσταση υποδομών ταχείας φόρτισης στις κεντρικές οδικές αρτηρίες, με στόχο την ανάπτυξης ενός κρίσιμου πανελλαδικού δικτύου υποδομών δημόσιας φόρτισης που θα συμβάλει σημαντικά στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης[11].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο

2.1 Πρωτοεμφάνιση Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων

Τα τελευταία χρόνια, τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν μεγάλη ζήτηση, αλλά η εμφάνισή τους μπορεί να εντοπιστεί στις αρχές του 19ου αιώνα. Είναι δύσκολο να εντοπίσουμε την εφεύρεση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου σε έναν εφευρέτη ή χώρα. Αντ'αυτού, ήταν μια σειρά ανακαλύψεων - από την μπαταρία - στον ηλεκτρικό κινητήρα που οδήγησε στο πρώτο ηλεκτρικό όχημα στο δρόμο.

Στις αρχές του αιώνα, οι καινοτόμοι στην Ουγγαρία, τις Κάτω Χώρες και τις Ηνωμένες Πολιτείες - συμπεριλαμβανομένου ενός σιδηρουργού από το Βερμόντ - άρχισαν να παίζουν με την ιδέα ενός οχήματος με μπαταρία και δημιούργησαν μερικά από τα πρώτα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μικρής κλίμακας. Και ενώ ο Ρόμπερτ Άντερσον, ένας Βρετανός εφευρέτης, ανέπτυξε το πρώτο ακατέργαστο ηλεκτρικό φορείο περίπου την ίδια στιγμή, μόλις το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα οι Γάλλοι και Άγγλοι εφευρέτες κατασκεύασαν μερικά από τα πρώτα πρακτικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Στις ΗΠΑ, το πρώτο επιτυχημένο ηλεκτρικό αυτοκίνητο έκανε το ντεμπούτο του γύρω στο 1890 χάρη στον William Morrison, χημικό που έζησε στο Des Moines της Αϊόβα. Το όχημα των έξι επιβατών του με ικανότητα τελικής ταχύτητας 14 μιλίων ανά ώρα ήταν λίγο περισσότερο από ένα ηλεκτρικό βαγόνι, αλλά βοήθησε να προκαλέσει ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά οχήματα.

Κατά τα επόμενα χρόνια, ηλεκτρικά οχήματα από διαφορετικές αυτοκινητοβιομηχανίες άρχισαν να εμφανίζονται σε όλη την πόλη της Νέας Υόρκης των ΗΠΑ. Μέχρι το 1900, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα βρίσκονταν στην ακμή τους, αντιπροσωπεύοντας περίπου το ένα τρίτο όλων των οχημάτων στο δρόμο. Κατά τα επόμενα 10 χρόνια, συνέχισαν να δείχνουν ισχυρές πωλήσεις.[12]

2.2 Άνοδος και πτώση

Στις αρχές του 20ού αιώνα, η ταχεία εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να θεωρηθεί και η χρυσή εποχή τους αγγίζοντας τις 30.000 πωλήσεις το 1912. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ήταν ανώτερα από άλλες επιλογές εκείνη τη στιγμή. Τα αυτοκίνητα με ατμό χρειάζονταν έως και 45 λεπτά για να ξεκινήσουν, ενώ τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα είχαν δυσκολία στην αλλαγή ταχυτήτων και απαιτούσαν ένα χειροκίνητο στρόφαλο για εκκίνηση, καθιστώντας δύσκολη τη χρήση. Αντίθετα, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα δεν ήταν θορυβώδη με ευκολία στην οδήγηση και χωρίς ρύπους.

Ωστόσο αυτή η περίοδος ακμής ήρθε σε γρήγορο τέλος με την εισαγωγή του Ford Model T και του βενζινοκινητήρα που ξεκίνησε το 1908 με την ενσωμάτωση της ηλεκτρικής μίζας. Πολλά από τα μειονεκτήματα των οχημάτων εσωτερικής καύσης άρχισαν να εξαλείφονται. Έτσι η δημοτικότητα τους άρχισε να πέφτει και έφτασε το 1930 σχεδόν να εξαλειφθεί εντελώς. Θα χρειαστεί να φτάσουμε προς τα τέλη του 20ού αιώνα για να επανεμφανιστεί στην συζήτηση το ηλεκτρικό αυτοκίνητο σε συσχέτιση με την ρύπανση και κόστος των καυσίμων.[12]

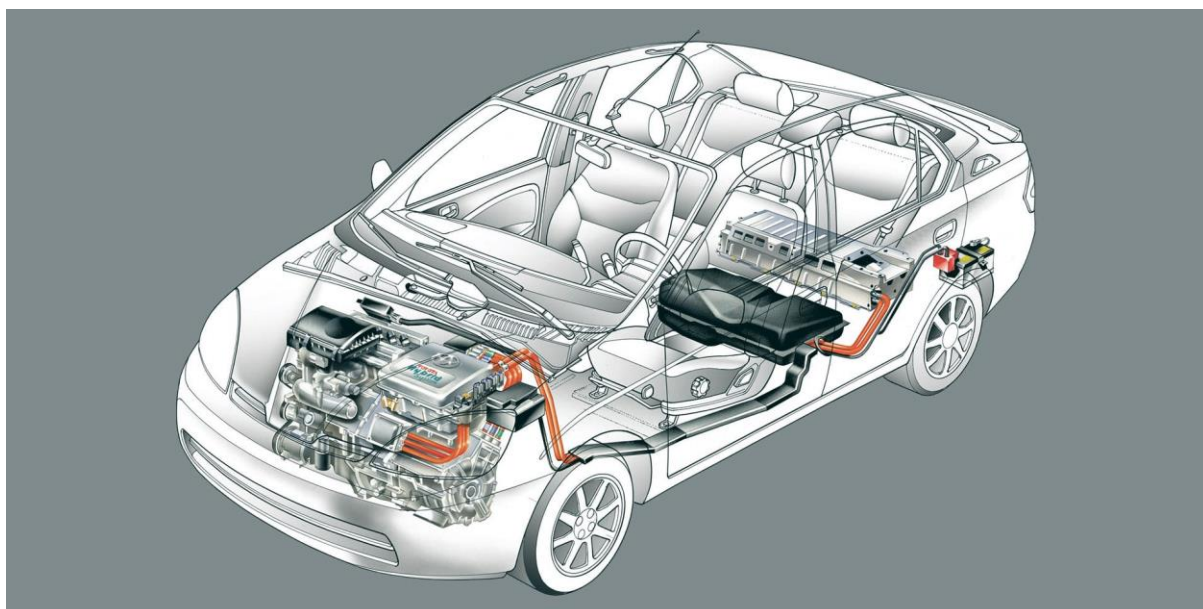
2.3 Σύγχρονη Εποχή

Από τη δεκαετία του 1990, η κλιματική αλλαγή, η περιβαλλοντική κρίση και η εξάντληση των φυσικών πόρων έχουν μεταστρέψει για άλλη μια φορά το ενδιαφέρον των παγκόσμιων κυβερνήσεων και της αυτοκινητοβιομηχανίας σε ηλεκτρικά οχήματα. Η τεχνολογική βελτιστοποίηση που έχει πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα σε ζητήματα όπως η αυτονομία, οι επιδόσεις σε ισχύ και η ταχύτητα φόρτισης είναι αξιοσημείωτη και αποτυπώνεται στην παγκόσμια αύξηση της ζήτησης. Η δημιουργία υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων είναι ένα ενδιάμεσο βήμα που ταυτόχρονα ξεπερνά τις προσωρινές αδυναμίες των καθαρών ηλεκτρικών οχημάτων, χρησιμοποιεί κινητήρες εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικούς κινητήρες, οι οποίοι μπορούν να τροφοδοτηθούν με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ή να απορροφήσουν ενέργεια από τον πρώτο κινητήρα λαμβάνοντας τα πλεονεκτήματα και των δυο τεχνολογιών. [12]



Εικόνα 2.1 Toyota Prius

Το πρώτο σημείο καμπής ήταν η εισαγωγή του Toyota Prius. Κυκλοφόρησε στην Ιαπωνία το 1997, το Prius έγινε το πρώτο υβριδικό ηλεκτρικό όχημα μαζικής παραγωγής στον κόσμο. Το 2000, το Prius κυκλοφόρησε παγκοσμίως, και έγινε μια άμεση επιτυχία με διασημότητες, βοηθώντας στην αύξηση του προφίλ του αυτοκινήτου. Για να κάνει το Prius πραγματικότητα, η Toyota χρησιμοποίησε μια μπαταρία υδριδίου νικελίου μετάλλου - μια τεχνολογία που υποστηρίχθηκε από την έρευνα του Υπουργείου Ενέργειας. Έκτοτε, οι αυξανόμενες τιμές της βενζίνης και η αυξανόμενη ανησυχία για τη ρύπανση του άνθρακα έχουν βοηθήσει το Prius να είναι το υβριδικό με τις μεγαλύτερες πωλήσεις παγκοσμίως την τελευταία δεκαετία.



Εικόνα 2.2 Toyota Prius Υβριδικό σύστημα απεικόνιση



Εικόνα 2.3 Tesla Model S

Το άλλο γεγονός που βοήθησε στη διαμόρφωση των ηλεκτρικών οχημάτων ήταν η ανακοίνωση το 2006 όπου μια Startup (Νεοφυείς επιχείρηση) της Silicon Valley, η Tesla Motors, ξεκίνησε να παράγει ένα πολυτελές ηλεκτρικό σπορ αυτοκίνητο που θα μπορούσε να φτάσει πάνω από 200 μίλια με μία μόνο φόρτιση. Το 2010, η Tesla έλαβε δάνειο ύψους 465 εκατομμυρίων δολαρίων από το Γραφείο Προγραμμάτων Δανείων του Τμήματος Ενέργειας - ένα δάνειο που η Tesla πλήρωσε εννέα χρόνια νωρίτερα - για να ιδρύσει μια μονάδα παραγωγής στην Καλιφόρνια. Στο σύντομο χρονικό διάστημα από τότε, η Tesla έχει κερδίσει ευρεία αναγνώριση για τα αυτοκίνητά της και έχει γίνει πλέον η μεγαλύτερη χρηματιστηριακά αυτοκινητοβιομηχανία αγγίζοντας τα 500.000.000\$ δολάρια χρηματιστηριακής αξίας ξεπερνώντας την Toyota μέσα στο 2020.[13][14]



Εικόνα 2.4 Tesla Model S P85D

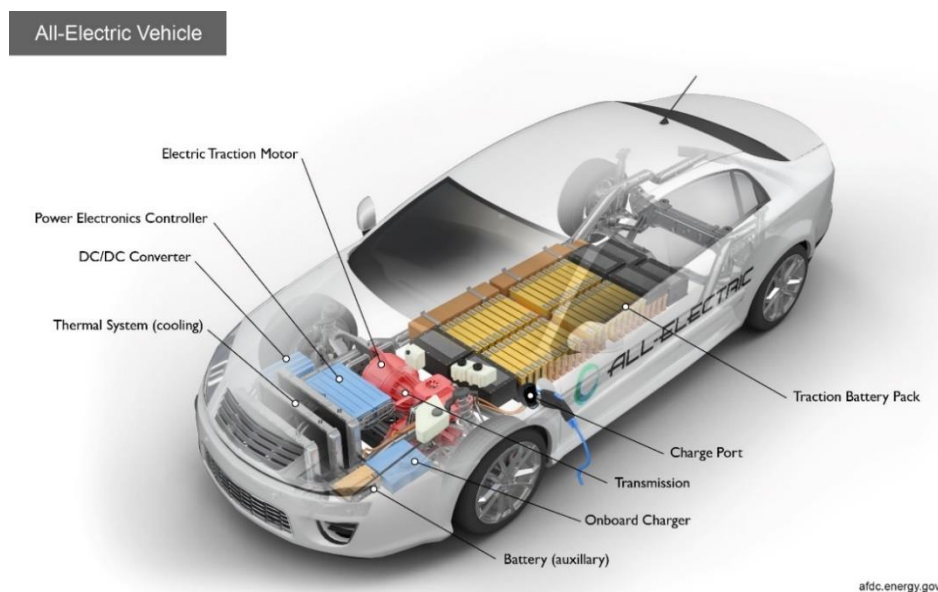
2.4 Τύποι Ηλεκτρικών Οχημάτων

Με τον όρο *ηλεκτρικό όχημα (EV)* αναφερόμαστε σε οχήματα που χρησιμοποιούν για την κίνηση τους έναν ή περισσότερους ηλεκτροκινητήρες. Τα ηλεκτρικά οχήματα που διατίθενται σήμερα στην αγορά μπορούν να διαιρεθούν με βάση την τεχνολογία τους σε τρεις βασικές κατηγορίες

- *Ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (Battery Electric Vehicles – BEV)*
- *Ηλεκτρικά οχήματα με μονάδα επέκτασης της αυτονομίας τους (Battery Electric Vehicles with Range Extender)*
- *Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Plug-in Hybrid Electric Vehicles – PHEV)*

2.4.1 Ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (Battery Electric Vehicles – BEV)

Είναι ηλεκτρικά οχήματα που λειτουργούν μόνο με την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που είναι αποθηκευμένη στις εσωτερικές μπαταρίες του αυτοκινήτου και μπορούν να συλλέγουν ηλεκτρισμό από το δίκτυο ή από εξωτερικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Η τεχνολογία φόρτισης μπαταρίας χρησιμοποιείται επίσης με το λεγόμενο "αναγεννητικό φρενάρισμα" (εκμετάλευση της θερμικής ενέργειας κατά την διάρκεια της πέδησης) , το οποίο χρησιμοποιεί τη θερμότητα που παράγεται κατά το φρενάρισμα του οχήματος. Με τα σημερινά δεδομένα οι μπαταρίες μολύβδου – οξέος (lead – acid) αποτελούν την οικονομικότερη επιλογή, όμως τεχνολογίες όπως οι υδριδίου μετάλλων νικελίου (NiMH), ιόντων λιθίου (Li-Ion) και πολυμερών ιόντων λιθίου κερδίζουν συνεχώς έδαφος λόγω της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής, του μικρότερου μεγέθους και βάρους. [15]



Εικόνα 2.5 Στοιχειώδη στοιχεία Ηλεκτρικού Αυτοκινήτου (BEV)[15]

Τα σημερινά BEV έχουν γενικά μικρότερη αυτονομία (ανά φόρτιση) από τα αντίστοιχα συμβατικά οχήματα. Ωστόσο, η αυξανόμενη αυτονομία νέων μοντέλων και η συνεχής ανάπτυξη εξοπλισμού φόρτισης υψηλής ισχύος μειώνει αυτό το κενό. Η απόδοση και το εύρος οδήγησης των BEV ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης. Οι ακραίες εξωτερικές θερμοκρασίες τείνουν να μειώνουν την εμβέλεια, επειδή πρέπει να χρησιμοποιείται περισσότερη ενέργεια για τη θέρμανση ή την ψύξη της καμπίνας. Τα EV είναι πιο αποτελεσματικά στην οδήγηση στην πόλη από τα ταξίδια στον αυτοκινητόδρομο. Οι συνθήκες οδήγησης στην πόλη έχουν συχνότερες στάσεις, οι οποίες μεγιστοποιούν τα οφέλη της αναγεννητικής πέδησης, ενώ τα ταξίδια στον αυτοκινητόδρομο συνήθως απαιτούν περισσότερη ενέργεια για να ξεπεραστεί η αυξημένη έλξη σε υψηλότερες ταχύτητες. Σε σύγκριση με τη σταδιακή επιτάχυνση, η γρήγορη επιτάχυνση μειώνει την εμβέλεια του οχήματος. Η ανύψωση βαρέων φορτίων ή η αύξηση σημαντικών κλίσεων έχει επίσης τη δυνατότητα μείωσης της εμβέλειας.[15]

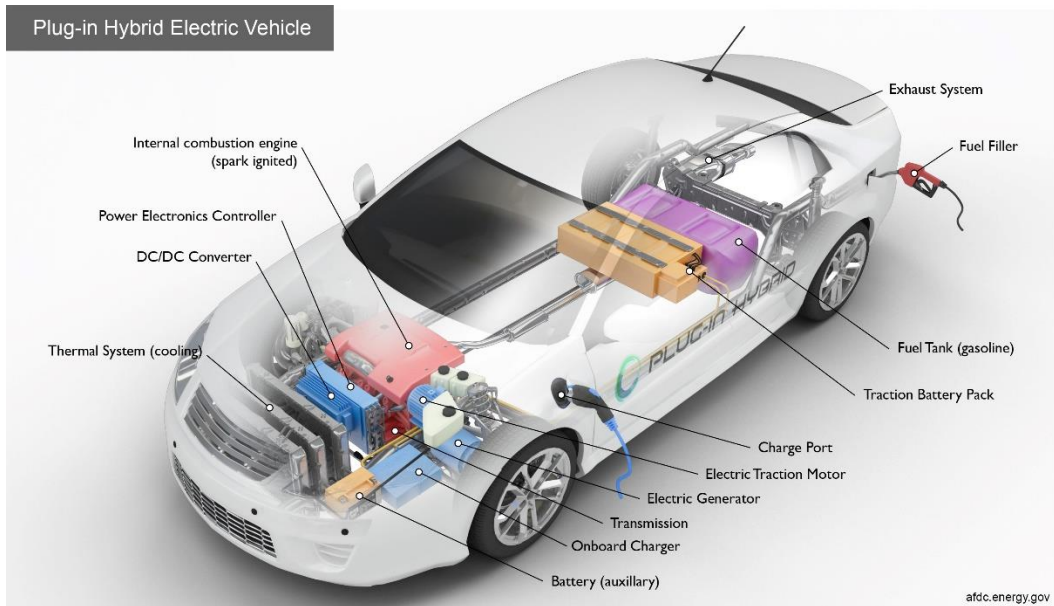
2.4.2 Ηλεκτρικά οχήματα με μονάδα επέκτασης της αυτονομίας τους (Battery Electric Vehicles with Range Extender)

Είναι ηλεκτρικά οχήματα με τις προαναφερθείσες μπαταρίες και έχουν επίσης μια μονάδα παραγωγής ενέργειας (γεννήτρια) στο όχημα. Ανάλογα με την κατάσταση, η γεννήτρια χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των μπαταριών του οχήματος όταν είναι αποφορτισμένες, ή τροφοδοτεί απευθείας τον ηλεκτρικό κινητήρα όταν χρειάζεται. Όπως τα BEV, τα οχήματα λαμβάνουν ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο, αλλά ταυτόχρονα πρέπει να ανεφοδιάσουν και με τον κατάλληλο τύπο καυσίμου με τον οποίο λειτουργούν οι αυτόνομες συσκευές επέκτασης συνήθως μικρές μηχανές εσωτερικής καύσης.



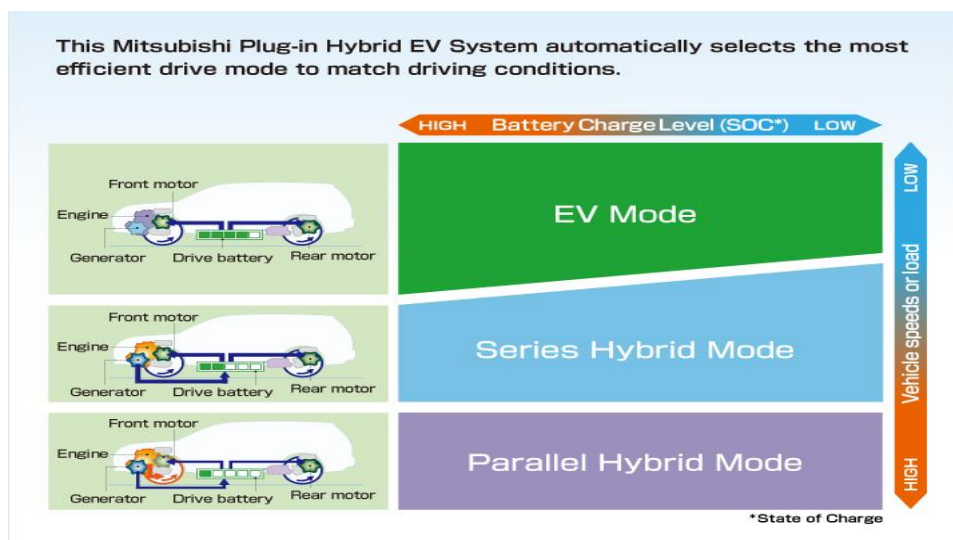
2.6 Στοιχειώδη στοιχεία Ηλεκτρικού Αυτοκινήτου με επέκταση αυτονομίας[18]

2.4.3 Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Plug-in Hybrid Electric Vehicles – PHEV)



Εικόνα 2.7 Στοιχειώδη στοιχεία Ηλεκτρικού Αυτοκινήτου (PHEV)[17]

Αυτά τα αυτοκίνητα χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό ηλεκτρικών κινητήρων και κινητήρων εσωτερικής καύσης. Εκτός από την παροχή συμβατικών καυσίμων κινητήρων θερμότητας, έχουν επίσης τη δυνατότητα να φορτίζουν μπαταρίες απευθείας από το δίκτυο ή από μια εξωτερική πηγή ισχύος. Η διάταξη αυτών των οχημάτων είναι διπλή: παράλληλη και σειριακή



Εικόνα 2.8 Καταστάσεις Λειτουργίας (σε σειρά η συμβατική μηχανή φορτίζει την μπαταρία ενώ σε παράλληλη συμμετέχει ενεργά στην κίνηση των τροχών) (PHEV)[18]

Στην παράλληλη κατάσταση η υβριδική λειτουργία συνδέει τον κινητήρα και τον ηλεκτρικό κινητήρα με τους τροχούς μέσω μηχανικής ζεύξης. Τόσο ο ηλεκτροκινητήρας όσο και ο κινητήρας μπορούν να οδηγήσουν τους τροχούς απευθείας. Αντιθέτως σε σειρά χρησιμοποιούν μόνο τον ηλεκτρικό κινητήρα για την κίνηση των τροχών. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τον κινητήρα. Τα οχήματα αυτού του τύπου αναφέρονται συχνά ως ηλεκτρικά οχήματα μεγάλης εμβέλειας. Ο ηλεκτρικός κινητήρας οδηγεί τους τροχούς σχεδόν όλη την ώρα, αλλά το όχημα μπορεί να αλλάξει για να λειτουργεί σαν ένα παράλληλο υβριδικό σε ταχύτητες αυτοκινητόδρομου όταν εξαντλείται η μπαταρία.

Κατά τη διάρκεια της αστικής οδήγησης, το μεγαλύτερο μέρος της ισχύος του PHEV μπορεί να προέρχεται από αποθηκευμένο ηλεκτρισμό. Για παράδειγμα, ένας ήρεμος οδηγός PHEV μπορεί να οδηγεί από και προς την εργασία με ηλεκτρική ισχύ, να συνδέσει το όχημα για να φορτίσει τη νύχτα και να είναι έτοιμος για άλλη ηλεκτρική μετακίνηση την επόμενη μέρα. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης τροφοδοτεί το όχημα όταν η μπαταρία έχει σχεδόν εξαντληθεί, κατά τη διάρκεια γρήγορης επιτάχυνσης, ή όταν υπάρχουν εντατικά φορτία θέρμανσης ή κλιματισμού. Ορισμένα βαρέως τύπου PHEV λειτουργούν με τον αντίθετο τρόπο, με τον κινητήρα εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιείται για οδήγηση από και προς τον τόπο προορισμού και ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του βοηθητικού εξοπλισμού του οχήματος ή για τον έλεγχο του κλίματος της καμπίνας.

Πίνακας 2.1 καταστάσεων Λειτουργίας (PHEV)[18]

■ Operation of Motor and Engine in each mode

	Motor	Engine	Situation
EV Mode	Drive	Not Used	City driving
Series Mode	Drive	Power Generation	Uphill/Acceleration
Parallel Mode	Drive	Drive+Power Generation	Highway driving

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

3.1 Τεχνολογίες και τύποι συσσωρευτών

Ένας συσσωρευτής είναι μια συσκευή που αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική απελευθερώνοντας ηλεκτρική ενέργεια μέσω της αντίστροφης διαδικασίας. Αποτελείται από δύο διαφορετικά αγώγιμα υλικά, τα οποία βυθίζονται σε ένα αγώγιμο υγρό που ονομάζουμε ηλεκτρολύτη σε μικρή απόσταση το ένα από το άλλο. Οι μπαταρίες διαφέρουν ανάλογα με το αγώγιμο υλικό τους. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι μπαταριών είναι: μολύβδου-οξέως, νικελίου-καδμίου, νικελίου-μετάλλου υδριδίου και ιόντων λιθίου. Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υλικό, τα σημαντικά χαρακτηριστικά του συσσωρευτή είναι μεταβλητά, όπως ενέργεια ανά μονάδα μάζας (Wh / kg), κόστος ανά μονάδα ενέργειας (€ / Wh), βάθος εκφόρτισης (DOD%), ποσοστό εκφόρτισης κτλ. Παρακάτω θα ανεφερθούν περιγραφικά τύποι συσσωρευτών που είναι σε χρήση σήμερα.

3.1.1 Συσσωρευτής ιόντων λιθίου (Li-Ion)

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-Ion) αποτελούνται από μια σειρά μπαταριών που χρησιμοποιούν διαφορετικούς συνδυασμούς υλικών ανόδου και καθόδου. Κάθε συνδυασμός έχει προφανή πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όσον αφορά την ασφάλεια, την απόδοση, το κόστος και άλλες παραμέτρους. Οι συσσωρευτές αυτής της τεχνολογίας εφαρμόζονται σήμερα ευρέως σε πολλές ηλεκτρονικές συσκευές με άριστη αποδοτικότητα. Έχουν υψηλή πυκνότητα ισχύος, καλή απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες και είναι ανακυκλώσιμα. Το λίθιο είναι το τρίτο ελαφρύτερο χημικό στοιχείο, οπότε έχει συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι άλλων μπαταριών που χρησιμοποιούν βαρέα μέταλλα. Ένα άλλο πλεονέκτημα των μπαταριών ιόντων λιθίου είναι ότι έχουν υψηλότερη τάση ανοικτού κυκλώματος από άλλες μπαταρίες νερού όπως μπαταρίες μολύβδου-οξέος, μπαταρίες νικελίου-υδρογόνου και μπαταρίες νικελίου-καδμίου. Η πυκνότητα ισχύος της τάξης του 300W/kg και ενέργειας της τάξης του 100W/kg σε συνδυασμό με την μεγάλη διάρκεια ζωής (1000 κύκλοι) αποτελούν χαρακτηριστικά που εδραιώσαν τους συσσωρευτές ιόντων λιθίου στα ηλεκτρικά οχήματα. Ωστόσο, το μόνο μειονέκτημα των μπαταριών ιόντων λιθίου είναι

ότι η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται επίσης από τον χρόνο που έχει παρέλθει από την κατασκευή τους, ανεξάρτητα από το εάν έχουν φορτιστεί ή όχι και τον αριθμό των κύκλων φόρτισης / εκφόρτισης. Επομένως, μόνο λόγω του χρόνου κατασκευής της μπαταρίας, η διάρκεια της θα είναι μικρότερη από αυτή μίας νέας μπαταρίας ανεξαρτήτως χρήσης.[20]

3.1.2 Συσσωρευτής Νικελίου – Υδριδίου Μετάλλου (Ni -MH) και Νικελίου – Καδμίου (Ni -Cd)

Στις αρχές του 2000, οι Ni-MH μπαταρίες αντιπροσώπευαν την πιο προηγμένη τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε σε υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα, και δικαίως θεωρείται το πρώτο βήμα για την επίτευξη της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται σήμερα. Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας μπαταριών είναι η αξιόπιστη διάρκεια ζωής της, η ογκομετρική χωρητικότητα (αποθήκευση ογκομετρικής ενέργειας και ισχύος) και η ικανότητα αποτελεσματικής λειτουργίας σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. Ωστόσο, έχουν προφανείς περιορισμούς στην ενεργειακή πυκνότητα (50-60% της ενεργειακής πυκνότητας των μπαταριών ιόντων λιθίου) και της ισχύος. Το κύριο μειονέκτημά τους είναι ότι η συνεχής αποφόρτιση αυτής της μπαταρίας σε υψηλή ισχύ θα μειώσει σημαντικά τη διάρκεια ζωής της σε 200-300 πλήρεις κύκλους εργασίας. Όταν η χωρητικότητα εκφόρτισης κυμαίνεται μεταξύ 20% και 50% της ονομαστικής χωρητικότητας, η μπαταρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά. [20]

Οι μπαταρίες νικελίου-καδμίου έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μπορούν να αποφορτιστούν εντελώς χωρίς να επηρεαστεί η απόδοσή τους. Σε σύγκριση με τις μπαταρίες ιόντων λιθίου, αυτές οι μπαταρίες έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα (περίπου 45-80Wh / kg). Το κύριο μειονέκτημά τους είναι το κόστος τους.

3.1.3 Συσσωρευτής Λιθίου Θείου (Li-S)

Οι συσσωρευτές Li-S προκάλεσαν το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας, η οποία οφείλεται κυρίως στην αύξηση της θεωρητικής ειδικής ενέργειας (2500 Wh / kg) και της θεωρητικής ειδικής χωρητικότητας (1672 mAh / kg), καθιστώντας την τεχνικά ανταγωνιστική. Χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα και μπορεί να είναι μια βιώσιμη λύση για τη μελλοντική τεχνολογία ηλεκτρικής πρόωσης. Επί του παρόντος, η χρήση τέτοιων

συσσωρευτών είναι περιορισμένη λόγω της μείωμενης διάρκειας ζωής και των δυνατοτήτων διατήρησης φόρτισης.[20]

3.1.4 Συσσωρευτής νατρίου-χλωριούχου νικελίου (Na-NiCl₂)

Αυτοί οι τύποι συσσωρευτών είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτοι επειδή έχουν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα (90-120 WH / kg) και επίσης λόγω του χαμηλότερου κόστους τους σε σύγκριση με άλλες υπάρχουσες τεχνολογίες. Τα άλλα πλεονεκτήματά τους είναι ότι μπορούν να αντισταθούν στην υπερφόρτωση και την υπερεκφόρτωση και να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και προσαρμοστικότητα στις συνθήκες λειτουργίας, γεγονός που τους επιτρέπει να χρησιμοποιούνται σε σκληρά περιβάλλοντα, επειδή η απόδοσή τους δεν επηρεάζεται από χαμηλές θερμοκρασίες.

3.1.4 Σύγκριση συσσωρευτών

Σε έρευνα που έγινε [22] σε προσομοίωση βασισμένη πάνω στο μοντέλο VW E-Golf εξετάζονται και παρουσιάζονται τα ευρήματα στον παρακάτω πίνακα 3.1

3.1 Πίνακας αποτελεσμάτων Προσομοίωσης τύπου συσσωρευτών [22]

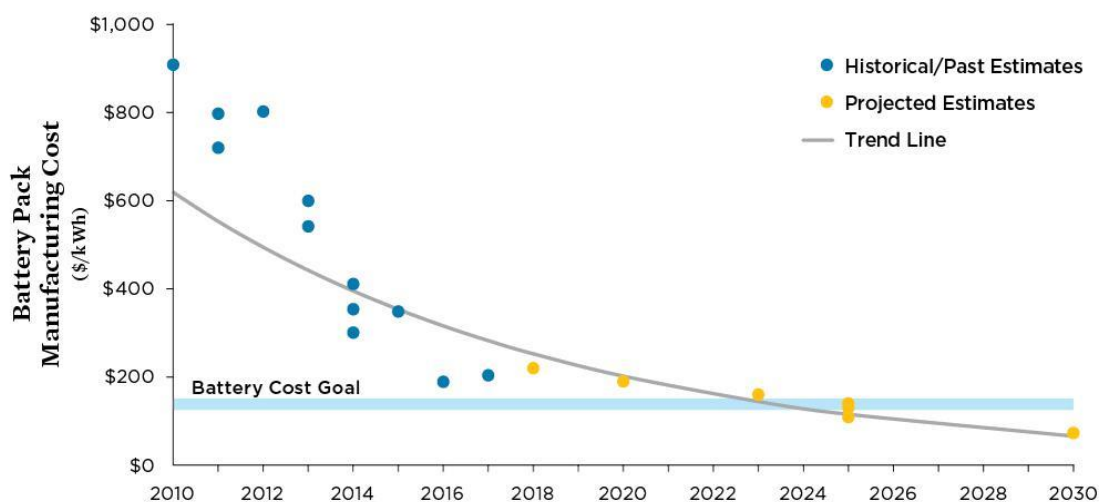
Name	Value for Battery Type				Unit
	Li-Ion	Na-NiCl ₂	Ni-MH	Li-S	
Stored Energy	24.2	24.2	24.2	24.2	kWh
Electrical Consumption (AVL Cruise)	14.7	12.6	15.8	17.2	kWh/100km
Electrical Vehicle Autonomy (AVL Cruise)	165	192	153	140	km
Total Output Energy	6826	5927	7006	7979	kJ
Total Input Energy	184	222	184	159	kJ
Mass of Battery	318	457	534	173	kg
Battery Price	300	500	400	250	€

Παρατηρούμε ότι οι μπαταρίες Na-NiCl₂ καταφέρνουν την μικρότερη κατανάλωση και ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ζητούμενη αυτονομία ωστόσο έχουν πολύ μεγάλο βάρος και κόστος. Οι μπαταρίες Ni-MH πέφτουν και αυτές στην ίδια κατηγορία. Οι μπαταρίες Li-S δείχνουν να έχουν μέλλον και για αυτό στρέφεται η μελέτη προς την κατεύθυνσή τους αφού έχουν μικρό βάρος μικρό κόστος και αυξημένη χωρητικότητα. Ολοκληρώνοντας μπορούμε να παρατηρήσουμε γιατί σήμερα οι μπαταρίες Li-Ion είναι η βέλτιστη επιλογή

αφού είναι αποδεκτού κόστους αρκετά καλής χωρητικότητας και με μικρότερη κατανάλωση.[22]

3.1.5 Κόστος Συσσωρευτών

Η τιμή των μπαταριών ιόντων λιθίου έχει μειωθεί απότομα καθώς η κλίμακα παραγωγής τους έχει αυξηθεί και οι κατασκευαστές έχουν αναπτύξει πιο αποδοτικές μεθόδους. Όταν κυκλοφόρησαν τα πρώτα EVs μαζικής αγοράς το 2010, οι μπαταρίες τους κοστίζουν περίπου 1.000 \$ ανά κιλοβατώρα (kWh). Σήμερα, το πακέτο μπαταριών Model 3 της Tesla κοστίζει 190 \$ ανά kWh και η μπαταρία Chevrolet Bolt 2017 της General Motors εκτιμάται ότι κοστίζει περίπου 205 \$ ανά kWh. Αυτή είναι μια πτώση πάνω από 70% στην τιμή ανά kWh σε 6 χρόνια. Τα ηλεκτρικά οχήματα προβλέπεται να κοστίζουν το ίδιο ή λιγότερο από ένα συγκρίσιμο όχημα με βενζίνη όταν η τιμή των μπαταριών πέφτει μεταξύ 125 \$ και 150 \$ ανά kWh. Οι αναλυτές έχουν προβλέψει ότι αυτή η ισοτιμία τιμών μπορεί να επιτευχθεί μόλις το 2020, ενώ άλλες μελέτες έχουν προβλέψει ότι η τιμή μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου θα μειωθεί στα 73 \$ / kWh έως το 2030.



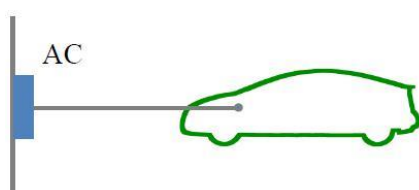
Σχήμα 3.1 κόστος Li-ION τύπου συσσωρευτών [22]

3.2 Φόρτιση συσσωρευτών

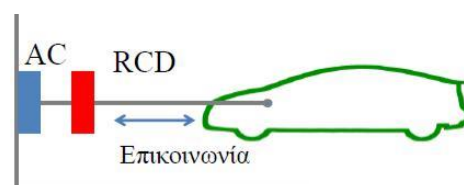
Η διαδικασία φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων και οι διαθέσιμες τεχνολογίες είναι κρίσιμες για τη δημοτικότητα και την απρόσκοπτη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι τα σημερινά δίκτυα διανομής ενέργειας και οι πηγές ενέργειας καλύπτουν σχεδόν κάθε περιοχή από πυκνοκατοικημένες μεγάλες πόλεις έως απομακρυσμένα νησιά και αγροτικές περιοχές, και οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν καταστήσει τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων προσιτή και εύκολη διαδικασία. Μόλις εγκατασταθεί η σχετική υποδομή, η διαδικασία θα προχωρήσει απροβλημάτιστα. Για τη φόρτιση των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων, έχουν καθιερωθεί διεθνώς διάφορα πρότυπα και μέθοδοι, οι οποίες παρέχουν διαφορετικές ποιότητες, ταχύτητες και δυνατότητες φόρτισης ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών και τις δυνατότητες ηλεκτροδότησης κάθε σημείου φόρτισης. Σήμερα, οι πιο συνηθισμένοι τρόποι φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι:

Mode1 και Mode 2 – (AC) Βραδεία φόρτιση από ρευματοδότη γενικής χρήσεως.

Ο πρώτος τύπος φόρτισης (Mode 1) πραγματοποιείται με κοινό ρευματοδότη οικιακού τύπου, εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) και με καλώδιο ελεύθερο και από τις δύο άκρες. Δεν υπάρχει διάταξη προστασίας κατά της ηλεκτροπληξίας (RCD) επί του καλωδίου, ενώ δεν υπερβαίνονται τα 16A και τα 250V σε μονοφασική ή τα 400V σε τριφασική παροχή. Ο δεύτερος τύπος φόρτισης (Mode 2) χρησιμοποιεί επίσης κοινό ρευματοδότη, οικιακού τύπου, εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), με καλώδιο ελεύθερο και από τις δύο άκρες. Σε αυτήν την περίπτωση, το καλώδιο που συνδέει το όχημα με την πηγή τροφοδοσίας διαθέτει συσκευή αντιηλεκτροπληξίας τύπου RCD (Residual Current Device) και η μονοφασική δεν υπερβαίνει τα 32A και 250V και η τριφασική δεν υπερβαίνει τα 400V.



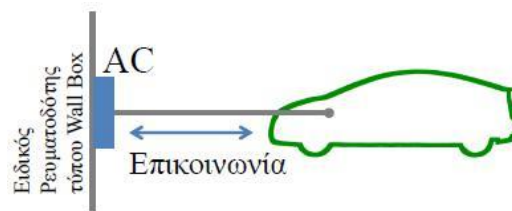
Σχήμα 3.2 Mode1 [23]



Σχήμα 3.3 mode2 [23]

Mode3 – (AC) Από βραδεία έως και ημι-ταχεία φόρτιση από ειδικό ρευματοδότη.

Αυτό το επίπεδο αναφέρεται στη γρήγορη φόρτιση (<1 ώρα) των ηλεκτρικών οχημάτων που χρησιμοποιούν τριφασική ισχύ ή ισχύ DC. Σε αυτό το επίπεδο φόρτισης, το ονομαστικό ρεύμα AC είναι 63A, το οποίο μπορεί να μεταδώσει 42kW ισχύος. Σε περίπτωση συνεχούς ρεύματος, η ισχύς φόρτισης μπορεί να φτάσει τα 100kW. Οι φορτιστές DC είναι πολύ περίπλοκοι, επειδή πρέπει να ενσωματώσουν την τροφοδοσία AC στην τροφοδοσία DC στην υποδομή φόρτισης. Το κόστος αυτής της υποδομής χρέωσης είναι πολύ υψηλό, πιθανώς τόσο υψηλό όσο δεκάδες χιλιάδες ευρώ.



Σχήμα 3.4 Mode3 [23]

Mode4 – (DC) Ταχεία/Υπερταχεία φόρτιση από εξωτερικό φορτιστή που παρέχει συνεχές ρεύμα

Στη μέθοδο αυτή το εναλλασσόμενο ρεύμα AC μετατρέπεται σε συνεχές ρεύμα DC στον εξωτερικό φορτιστή. Το συνεχές ρεύμα παρέχεται στους συσσωρευτές του οχήματος απευθείας από τον εξωτερικό φορτιστή και υπάρχει συνεχής επικοινωνία μεταξύ του εξωτερικού φορτιστή και του οχήματος για τον πλήρη έλεγχο της φόρτισης και για προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας. Επιτυγχάνονται πολύ γρήγορες φορτίσεις, ανάλογα με την ισχύ του εξωτερικού φορτιστή (από 40 kW έως και 350 kW).



Σχήμα 3.5 Mode4 [23]

3.2.1 Τύποι Ρευματοδοτών και βύσματα

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ρευματοδοτών και των βυσμάτων που χρησιμοποιούνται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων καθορίζονται από πολλά πρότυπα που έχουν υιοθετηθεί από την αυτοκινητοβιομηχανία, αλλά καθορίζονται επίσης από τα σχετικά νομικά πλαίσια που ισχύουν σήμερα στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συγκεκριμένα, οι κύριοι τύποι πριζών και αντίστοιχων πριζών για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων είναι οι εξής :[24]

Για παροχή εναλλασύμενου (AC) ρεύματος



Εικόνα 3.1 βυσματος Mode1 [24]



Εικόνα 3.2 βυσματος Mode2 [24]

Για παροχή συνεχούς ρεύματος (DC)



Εικόνα 3.3 θυσματος IEC 62196-Τυρε 2 [18]



Εικόνα 3.4 θυσματος τύπου Combo 2

Οι σύνδεσμοι τύπου 2 και τύπου 2 Combo σχεδιάσθηκαν στην Ευρώπη και φαίνεται να επικρατούν. Ο σύνδεσμος τύπου 2 Combo βασίζεται μεν στον σύνδεσμο Τύπου 2 αλλά διαθέτει και δύο πρόσθετες επαφές που επιτρέπουν την ταχεία φόρτιση με συνεχές ρεύμα υψηλής έντασης(200 A).

3.2.2 Η ισχύς των φορτιστών και οι χρόνοι φόρτισης

Ο φορτιστής αυτοκινήτου είναι συνήθως 3,5 ή 7kW, αυτή η λειτουργία μπορεί επίσης να προκαθορίσει τον χρόνο φόρτισης της μπαταρίας του. Ο φορτιστής 3,5kW επιτρέπει τη σύνδεση σε οικιακό μονοφασικό τροφοδοτικό 230V που προστατεύεται από ασφάλεια 16A. Χρειάζονται περίπου 6 ώρες για τη φόρτιση του αυτοκινήτου με μπαταρία 16kWh. Εάν η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι 24kWh, θα χρειαστούν 8 ώρες [13]. Εάν ο ενσωματωμένος φορτιστής είναι 7kW, μπορεί να συνδεθεί σε μονοφασικό τροφοδοτικό 230V που προστατεύεται από ασφάλεια 32A. Για μια πλήρης φόρτιση αυτοκινήτου με μπαταρία 16kWh, ο χρόνος φόρτισης μειώνεται σημαντικά σε 3 έως 4 ώρες. Για ένα αυτοκίνητο εξοπλισμένο με μπαταρία 24kWh, ο χρόνος φόρτισης μειώνεται σημαντικά σε 4 έως 5 ώρες. Ορισμένα ηλεκτρικά οχήματα είναι εξοπλισμένα με ισχυρότερους φορτιστές 21kW που μπορούν να συνδεθούν σε μια κοινόχρηστη ή δημόσια τριφασική πηγή φόρτισης 400V. Χρειάζονται περίπου 1 έως 1,5 ώρες για να φορτιστεί με αυτήν την ισχύ. Τα σύγχρονα ηλεκτρικά οχήματα έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν απευθείας σε έναν εξωτερικό γρήγορο φορτιστή παράκαμψης (παρακάμπτοντας το φορτιστή στο όχημα), ο οποίος παρέχει συνεχές ρεύμα με εύρος ισχύος από 50kW έως 120kW (ανακοινώθηκε πρόσφατα 350kW) Η φόρτιση μπορεί να ολοκληρωθεί σε 20 έως 40 λεπτά [24].

3.2 Πίνακας Τύπων Ρευματοδοτών και Χρόνοι Φόρτισης [24]

Τρόπος Φόρτισης	Mode 1 110 η 220V (~1,4-3 kW)	Modes 2-3 220 V (~7,2 kW)	Mode 4 DC 400 V (50 kW) Ταχεία	Mode 4 DC 400 V (140 kW) Tesla	Mode 4 DC 400 V (350 kW) * Υπερταχεία
Περιγραφή του τρόπου φόρτισης	Η παροχή αυτή είναι μια κοινή οικιακή παροχή	Πιο ισχυρή από Mode 1 Είναι η συνήθης περίπτωση	Συνεχές ρεύμα απευθείας στο όχημα Σε 20 λεπτά προσθέτει 70-100 χλμ αυτόνομια	Διατίθεται μόνο για Tesla Είναι η ταχύτερη εν χρήσει φόρτιση	Θα είναι η ταχύτερη φόρτιση που θα διατίθεται σε σχέση με όλες τις άλλες
Πρόσθεση αυτονομίας για 1 ώρα φόρτισης	5 – 15 χλμ	25 - 40 χλμ	160 χλμ	530 χλμ	1250 χλμ
Χρόνος φόρτισης για 320 χλμ	40 - 25 ώρες	8 ώρες	2 ώρες	40 λεπτά	15 λεπτά

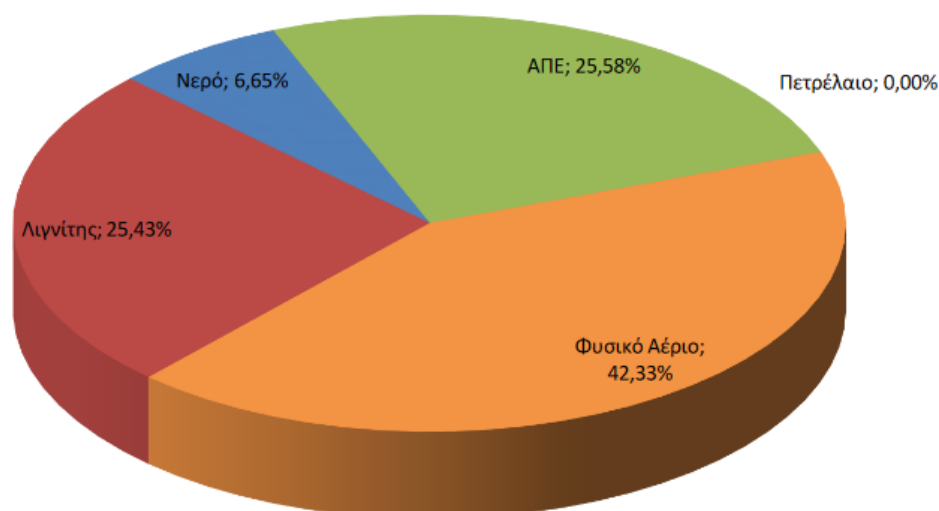
* Εκτιμήσεις βασισμένες σε θεωρητικούς υπολογισμούς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Ενεργειακός σχεδιασμός και σύστημα στην Ελλάδα

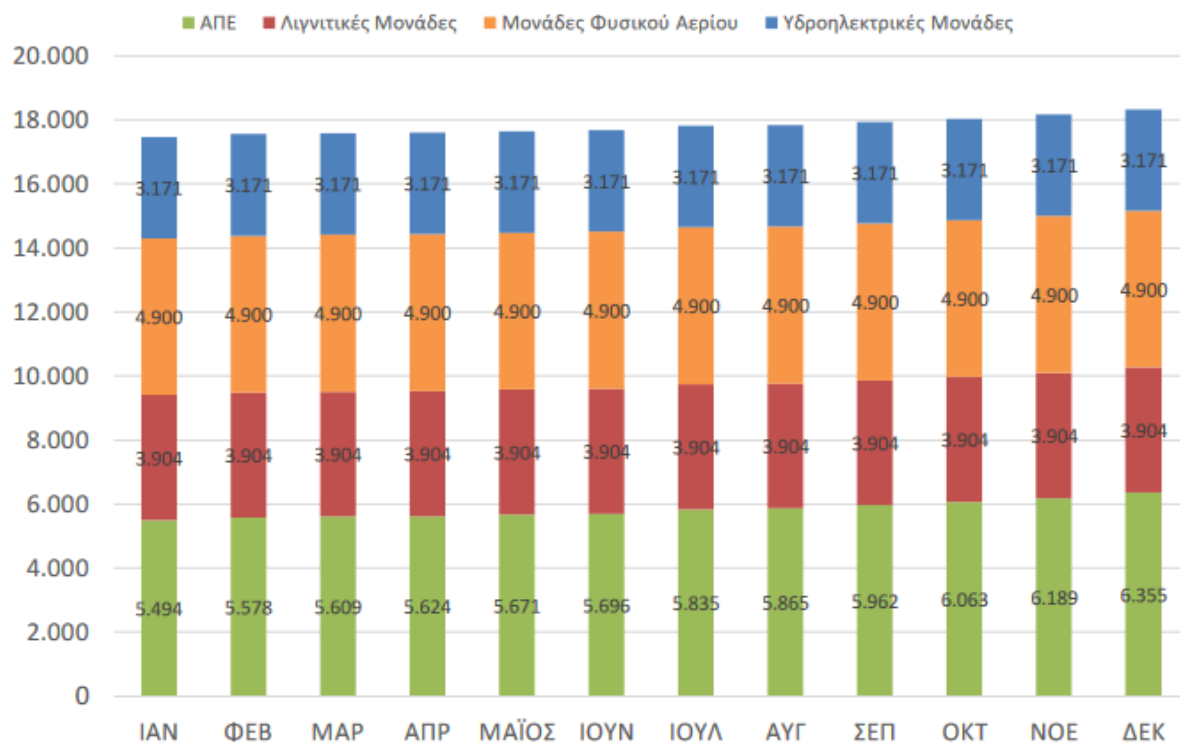
4.1 Ενεργειακό σύστημα

Η παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια εξελίσσεται και διαφοροποιείται αν και ακόμα βασίζεται κατα βάση στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Ποιό συγκεκριμένα απο την ετήσια αναφορά της ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας) τα ποσοστά στην ετήσια παραγωγή ανά τύπο καυσίμου για το 2019 Σχήμα 4.1 ήταν: για το Φυσικό Αέριο 4,900.3MW (42,33%), τις ΑΠΕ 25,58%, τον Λιγνίτη 25,43%, τους ΥΗΣ6,65%. Σε σχέση με το προηγούμενο έτος, η Παραγωγή από Μονάδες Φυσικού Αερίου σημείωσε αύξηση (+13%). Οι Εισαγωγές σημείωσαν αύξηση (+14%), ενώ οι Εξαγωγές μειώθηκαν σημαντικά (-44%). Η Λιγνιτική Παραγωγή σημείωσε σημαντική μείωση (-32%) και η Υδροηλεκτρική Παραγωγή σημείωσε, επίσης, σημαντική μείωση(-40%). Τέλος, η Παραγωγή των ΑΠΕ σημείωσε μικρή αύξηση (+5%). Ο ρυθμός διείσδυσης των ΑΠΕ στο σύστημα πρέπει να αυξηθεί, ιδίως με την προοπτική ανοικοδόμησης ενός αυτόνομου και σταθερού δικτύου παραγωγής ενέργειας, το οποίο μπορεί να υποστηρίξει τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο θα οδηγήσει ηλεκτρικά οχήματα στην αγορά.[25]



Σχήμα 4.1 Ποσοστό (%) στο Σύνολο της ετήσιας παραγωγής στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο [25]

Το ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα έχει την ιδιομορφία ότι αποτελείται από το διασυνδεδεμένο σύστημα και τα αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα των νησιών (Μη-Διασυνδεδεμένα Νησιά -ΜΔΝ), τα οποία βρίσκονται σε σχετικά μεγάλη απόσταση από την ηπειρωτική χώρα. Το διασυνδεδεμένο σύστημα τροφοδοτεί την ηπειρωτική χώρα και τα διασυνδεδεμένα νησιά, ενώ ταυτόχρονα διασυνδέεται με τα ηλεκτρικά συστήματα όλων των γειτονικών χωρών.Επιπλέον, στο βόρειο τμήμα της χώρας (κυρίως λιγνίτης και υδροηλεκτρικοί σταθμοί), πολλοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας λειτουργούν πολύ μακριά από τα μεγαλύτερα κέντρα κατανάλωσης ενέργειας (κυρίως στην περιοχή της Αττικής). Ωστόσο, σταδιακά, πολλές μονάδες έχουν αναπτυχθεί στην κεντρική περιοχή της χώρας, με αποτέλεσμα μια πιο ομοιόμορφη κατανομή των μονάδων ισχύος. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τη συνολική καθαρή εγκατεστημένη χωρητικότητα διασυνδεδεμένων συστημάτων (δεδομένα για το 2019).[26]



Σχήμα 4.2 Μηνιαία Εγκατεστημένη Ισχύς Μονάδων στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα ανά Καύσιμο [25]

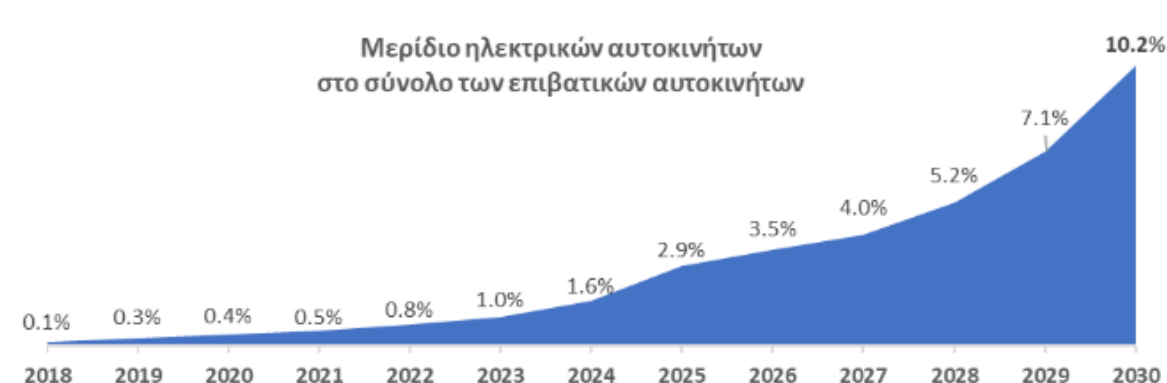
4.2 Στόχοι

Το Εθνικό Ενεργειακό Σχέδιο καθορίζει βασικούς ποσοτικούς στόχους πολιτικής έως το 2030. Οι στόχοι αυτοί προέρχονται από τις προτεραιότητες που έχουν τεθεί σε εθνικό επίπεδο, καθώς και από το κλίμα και τις ενεργειακές φιλοδοξίες που διατυπώνονται και επιτυγχάνονται σε επίπεδο ΕΕ. Ταυτόχρονα αποτελούν ενδιάμεσους στόχους στο πλαίσιο των κεντρικών διεθνών και ευρωπαϊκών σχεδίων και στρατηγικών για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το έτος 2050. Στον παρακάτω πίνακα 4.1 μπορούμε να δούμε την ποσοτικοποίηση αυτών των στόχων για την μείωση εκπομπής ρύπων. [26]

Πίνακας 4.1 Ποσοτικοί στόχοι μείωσης των εθνικών εκπομπών ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων για την περίοδο 2020-2029 και για το έτος 2030 σε σχέση με το έτος 2005. [26]

Ατμοσφαιρικοί ρύποι	Ποσοστό μείωσης εκπομπών σε σχέση με το έτος 2005	
	Περίοδος 2020-2029	2030
Διοξειδίου του θείου (SO ₂)	31%	55%
Οξειδίων του αζώτου (NO _x)	54%	62%
Πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός του μεθανίου (NMVOC)	74%	88%
Αμμωνίας (NH ₃)	7%	10%
Λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων (ΑΣ _{2,5})	35%	50%

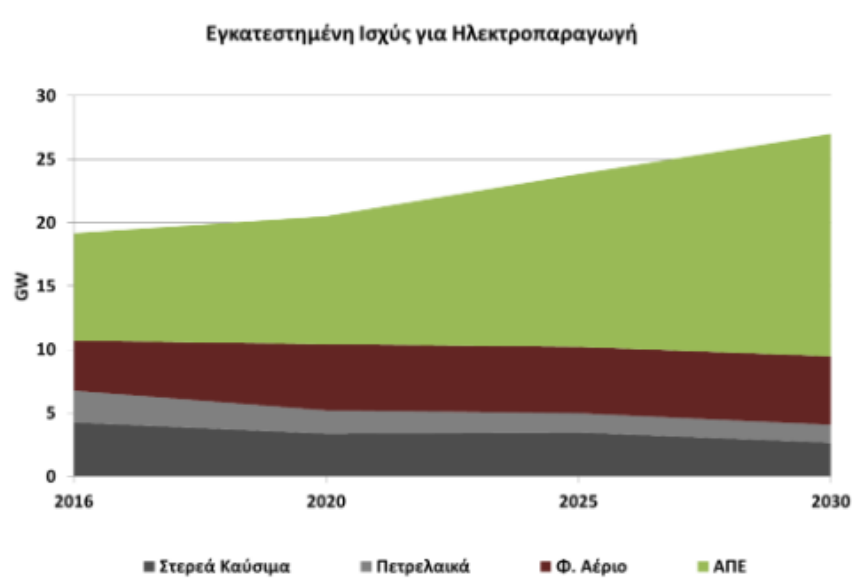
Ο σταδιακός εξηλεκτρισμός συγκεκριμένων τομέων της τελικής κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί επίσης συμπληρωματικό στόχο για την περίοδο έως το έτος 2030. Πιο συγκεκριμένα, αναμένεται αξιοσημείωτη διεύρυνση των ηλεκτρικών οχημάτων σε ποσοστό 10% επί του συνολικού στόλου. Σε απόλυτα νούμερα αυτός ο αριθμός ανέρχεται πάνω από μισό εκατομύριο ηλεκτρικά οχήματα



Σχήμα 4.3 Εξέλιξη μεριδίου ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο σύνολο των επιβατικών αυτοκινήτων έως το έτος 2030. [26]

Μέχρι το 2030, η ανάπτυξη συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει τη μαζική εισαγωγή των ΑΠΕ και την απόσυρση των εγκαταστάσεων λιγνίτη και πετρελαίου. Αυτό οφείλεται στις υψηλές εκπομπές αερίων ρύπων και στην ηλικία αυτών των εγκαταστάσεων. Ο υψηλός ρυθμός διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οφείλεται στην αναμενόμενη περαιτέρω μείωση του κόστους των τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας, ιδίως των φωτοβολταϊκών και αιολικών σταθμών παραγωγής ενέργειας, και στην αναμενόμενη αύξηση του κόστους παραγωγής συμβατικών συσκευών λόγω της αύξησης του κόστους αγοράς. [26]

Εκτιμάται ότι έως το 2030, το ποσοστό διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας να αυξηθεί στο 55%, ενώ το τρέχον ποσοστό συνεισφοράς είναι 18%. Προκειμένου να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, προβλέπεται να μειωθεί σταδιακά η συνολική εγκατεστημένη χωρητικότητα του λιγνίτη κατά 1,6 GW και η χωρητικότητα καυσίμου των θερμοηλεκτρικών σταθμών κατά 1,1 GW. Αυτή η μείωση θα συμπέσει με την αύξηση της συνολικής εγκατεστημένης χωρητικότητας ΑΠΕ, η οποία θα προσφερθεί ως κάλυψη της επικείμενης ενεργειακής ζήτησης. Συγκεκριμένα, ο στόχος είναι να εγκαταστηθεί επιπλέον 9,1 GW σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το 90% των οποίων θα χρησιμοποιηθεί για φωτοβολταϊκά και αιολικά πάρκα. Το Σχήμα 4.4 παρακάτω δείχνει την αναμενόμενη συμβολή των ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας από άποψη ποσότητας ενέργειας και ποσοστώσεων έως το 2030 και τα ενδιάμεσα έτη[26]

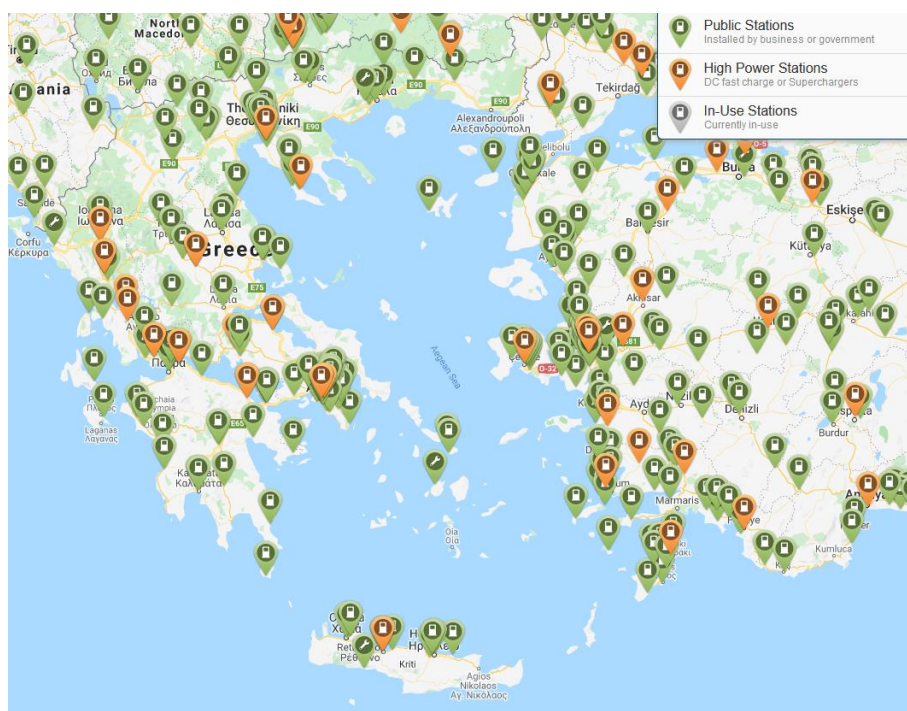


Σχήμα 4.4 Εξέλιξη της εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής έως το έτος 2030[26]

4.2.1 Σχολιασμός των στόχων του ενεργειακού σχεδιασμού

Όπως έχει προαναφερθεί ο κύριος στόχος όσον αφορά τα ηλεκτρικά οχήματα είναι η επίτευξη του αισιόδοξου 10% του συνολικού στόλου επιβατικών οχημάτων. Αυτός ο αριθμός ανέρχεται στην τάξη των 500-600 χιλιάδων οχημάτων. Όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο μέχρι το 2020 υπάρχουν στους Ελληνικούς δρόμους σχεδόν 2000 ηλεκτρικά οχήματα. Για να μπορέσουμε να επιτύχουμε αυτόν τον στόχο πρέπει κατά μέσο όρο να γίνεται αγορά 50.000 ηλεκτρικών οχημάτων κάθε έτος είτε να διατηρήσουμε τον συνεχή εκθετικό ρυθμό αύξησης διπλασιασμού που παρατηρείτε από το 2014 (Σχήμα 1.7) και έπειτα. Όσοσο μπορούμε να πούμε ότι σίγουρα το ποσοστό είναι αρκετά φιλόδοξο από μια σκοπία οικονομικών και τεχνολογικών παραγόντων.

Αρχικά με το κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων ακόμα αρκετά υψηλό, για μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού λόγω των δυσμενών οικονομικών συνθηκών στην χώρα. Επιπρόσθετα ένας τέτοιος στόλος ηλεκτρικών οχημάτων χρειάζεται ένα εκτενή σύστημα φόρτισης. Σήμερα υπάρχουν αθροιστικά κοντά 200 φορτιστές για τον στόλο των 2000 αυτοκινήτων. Πρόσφατα ο διευθύνων σύμβουλος του ΔΕΔΔΗΕ Αναστάσιος Μάνος παρουσίασε μελέτη σύμφωνα με την οποία η εγκατάσταση 1448 φορτιστών σε δημόσιους χώρους στις πόλεις και 300-340 ταχυφορτιστών στο εθνικό οδικό δίκτυο, επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες ακόμη και αυξημένης διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων. [28]



Εικόνα 4.1 Χάρτης δικτύου Φορτιστών 2020 (υφιστάμενη κατάσταση) [25]

Όσον αφορά την υψηλή διείσδυση ΑΠΕ ο χάρτης πορείας του Υπουργείου Ενέργειας 2050 εξέτασε τις προκλήσεις που σχετίζονται με την ευρεία υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ελληνικό δίκτυο παραγωγής ενέργειας. Ο κύριος σκοπός είναι να αποφευχθεί η ασταθής συχνότητα της παραγόμενης τάσης. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται συνεχής και ευέλικτη παρέμβαση σε συμβατικό εξοπλισμό καθώς και εξοπλισμό αποθήκευσης και παραγωγής ενέργειας. Η αποθήκευση ενέργειας θεωρείται απαραίτητη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι όπως η αποθήκευση μέσω αντλησιοταμίευσης. Σύμφωνα με τα νέα δεδομένα εισαγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, απαιτείται η αναδιοργάνωση της μεθόδου διαχείρισης ενέργειας και του ελέγχου του ενεργειακού συστήματος. Η αύξηση της ονομαστικής ισχύος των αιολικών πάρκων θα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες απώλειες αιολικής ενέργειας. Αυτό θα προκύψει εφόσον, το ποσοστό της ενέργειας που δεν είναι εφικτό να αξιοποιηθεί χάνεται ως θερμότητα στις γραμμές μεταφοράς. Ωστόσο οι παραγωγοί θα αποζημιωθούν όπως και να έχει επομένως το κόστος της αιολικής ενέργειας θα αυξηθεί σημαντικά για τους καταναλωτές. Το σύστημα μεταφοράς και διανομής ενέργειας δε θα μείνει ανεπηρέαστο, καθώς θα πρέπει να ενισχυθούν οι γραμμές και οι υποσταθμοί του. Ο έλεγχος του συστήματος χρήζει βελτιστοποίησης, μέσω συνεχών προσομοιώσεων, ώστε να εξασφαλισθεί ικανοποιητική πρόβλεψη της στοχαστικότητας των μονάδων ΑΠΕ.[27]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Επιπτώσεις στο δίκτυο διανομής από τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων

5.1 Προσδιορισμός Αναγκών Φόρτισης

Η ενεργειακή ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων εξαρτάται από την καθημερινή τους κίνηση, δηλαδή την απόσταση που διανύεται καθημερινά και την συμπεριφορά των χρηστών στην κυκλοφορία. Η καθημερινή τους συμπεριφορά στον τρόπο κυκλοφορίας δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ντετερμινιστικό τρόπο, επομένως το φορτίο φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ντετερμινιστικές μεθόδους. Επιπλέον, οι τεχνικές προδιαγραφές του ηλεκτρικού στόλου (τεχνολογία οχήματος, κατανάλωση ανά χιλιόμετρο κ.λπ.) και η υποδομή φόρτισης (επίπεδο φόρτισης, απώλεια μετάδοσης κ.λπ.) καθορίζουν επίσης την καμπύλη φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Επομένως, αυτή η ενότητα θα αναπτύξει και θα αναλύσει μια προσεκτική μέθοδο για τον προσδιορισμό των αναγκών φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Η κατανομή της ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων κατά τη διάρκεια της ημέρας βασίζεται στη στο χρονικό σημείο που το αυτοκίνητο είναι συνδεδεμένο στο σημείο φόρτισης, τον χρόνο παραμονής του και τη διαθεσιμότητα της υποδομής φόρτισης (φόρτιση στο σπίτι, στην εργασία ή στους δημόσιους χώρους). . Αυτοί οι παράγοντες καθορίζουν τις αλλαγές στην ημερήσια κατάσταση ζήτησης του δικτύου.

5.1.1 Μέθοδος

Οι παράμετροι που προσδιορίζουν τις καμπύλες φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες στις σταθερές και στις στοχαστικές πιθανοτικές.

Σταθερές Παράμετροι :

- Αριθμός ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο
- Χωρητικότητα των συσσωρευτών
- Τύπου σταθμών Φόρτισης (Mode 1,2,3)
- Απώλειες φόρτισης (10 – 15%)
- Στρατηγική Φόρτισης (Μη ελεγχόμενη, Ελεγχόμενη)

Στοχαστικοί Παράμετροι :

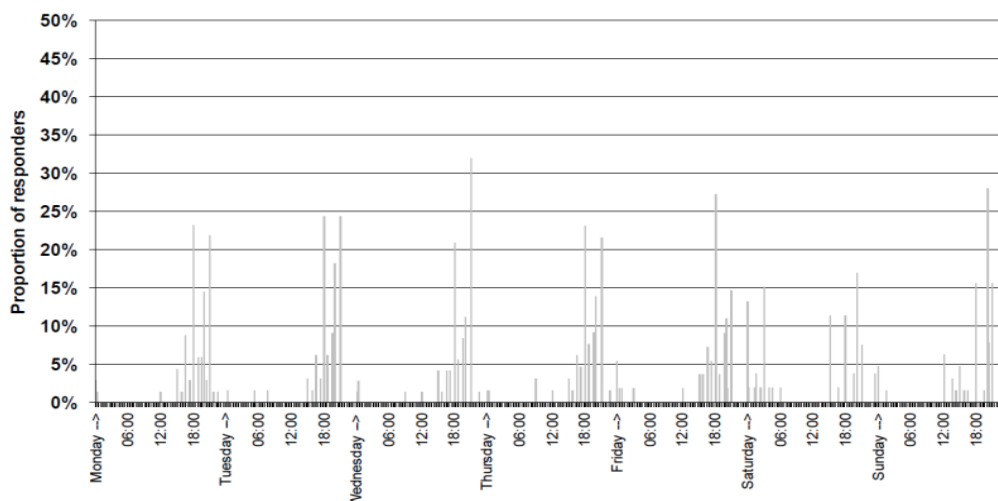
- Ημερήσια απόσταση που διανύουν τα οχήματα
- Ώρες μέσα στην ημέρα που γίνεται η φόρτιση

Επίπεδο διείσδυσης ηλεκτρικών οχημάτων

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχουν κάποια μοντέλα που αφορούν την πόσοτητα ηλεκτρικών οχημάτων στο Ελληνικό και Ευρωπαϊκό δίκτυο. Όσον αφορά το Ελληνικό που μας αφορά ο φιλόδοξος στόχος του 10% του συνολικού στόλου όπως (500-600 χιλιάδες οχήματα) προαναφέρθηκε είναι αντιφατικός. Για την ανάλυση που θα ακολουθήσει στις επόμενες ενότητες θα επιλεχτούν τρία σενάρια που προκύπτουν απο την πανευρωπαϊκή έρευνα Merge [28] που πιστεύω αντικατοπτρίζουν πραγματικά σενάρια μέχρι το έτος 2030 και είναι τα εξής:

- Σενάριο 1 : 34.000 Οχήματα
- Σενάριο 2 : 70.000 Οχήματα
- Σενάριο 3 : 142.000 Οχήματα

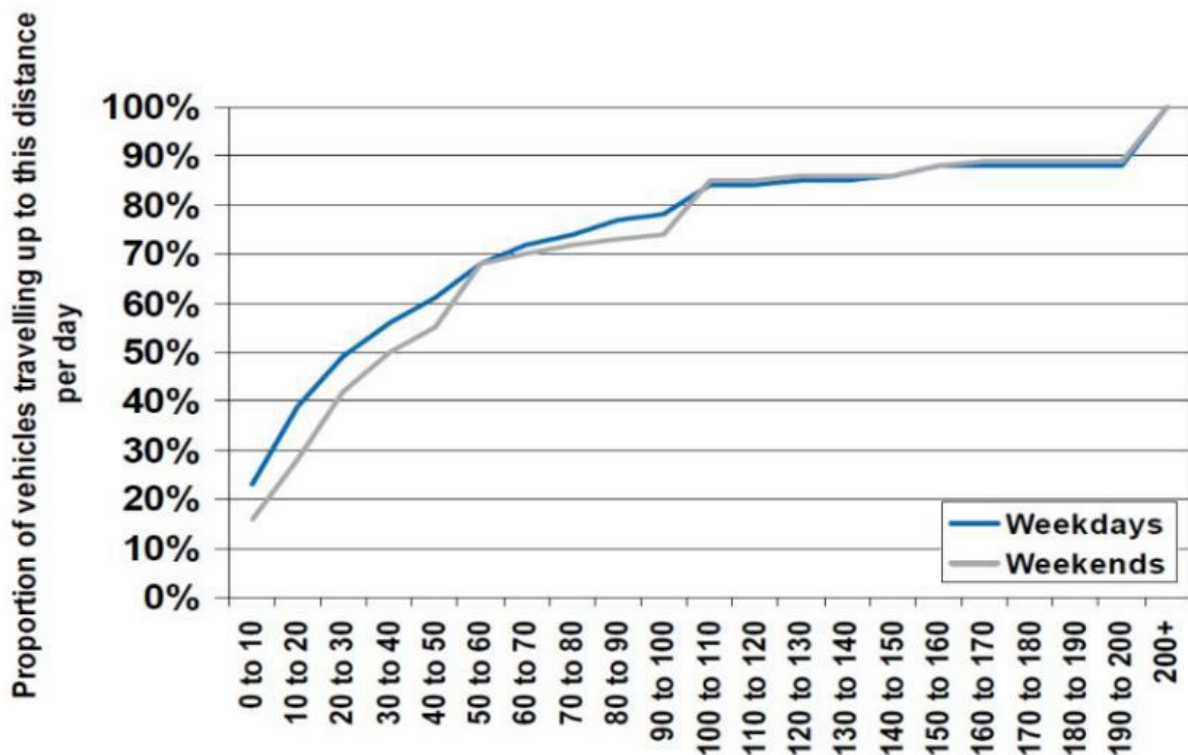
Στην συνέχεια πρέπει να ορίσουμε την ημερήσια απόσταση που διανύουν τα ηλεκτρικά οχήματα και την ώρα επιστροφής τους στον χώρο φόρτισης. Παράμετροι που παίζουν καταλυτικό ρόλο στις καμπύλες ζήτησης του συστήματος όπως θα δούμε και στην συνέχεια. Απο την πανευρωπαϊκή έρευνα Merge [28] που μία χώρα που ερευνήθηκε μεταξύ άλλων και η Ελλάδα έχουμε τα δεδομένα ωρών επιστροφής των οδηγων όπως φέρεται στο επόμενο σχήμα 5.1



Σχήμα 5.1 Προφίλ χρονικής στιγμής επιστροφής για την Ελλάδα [28]

Παρατηρούμε πώς μέσα στην εβδομάδα το μοτίβο είναι σταθερό τις απογευματινές ώρες όπου το μεγαλύτερο κομμάτι του πλυθισμού επιστρέφει στο χώρο κατοικίας του. Τα Σαββατοκύριακα τα πράγματα γίνονται λίγο διαφορετικά αλλά το μοτίβο των απογευματινών ωρών σε μεγάλο ποσοστό συνεχίζεται.

Όσον αφορά την αναμενόμενη μέση διανυόμενη των οδηγών απόσταση παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.2. Παρατηρούμε ότι το υψηλότερο ποσοστό των οδηγών (90%) διανύει λιγότερο από 100km ημερησίως με ένα μέσο όρο 35km και 46km όπως αναφέρεται στην έρευνα [28]. Το υπόλοιπο 10 % κάνει πολύ μεγάλες απόστασεις αλλά το αντικτυπό του στην συνολική καμπύλη ζήτησης θα είναι μικρό

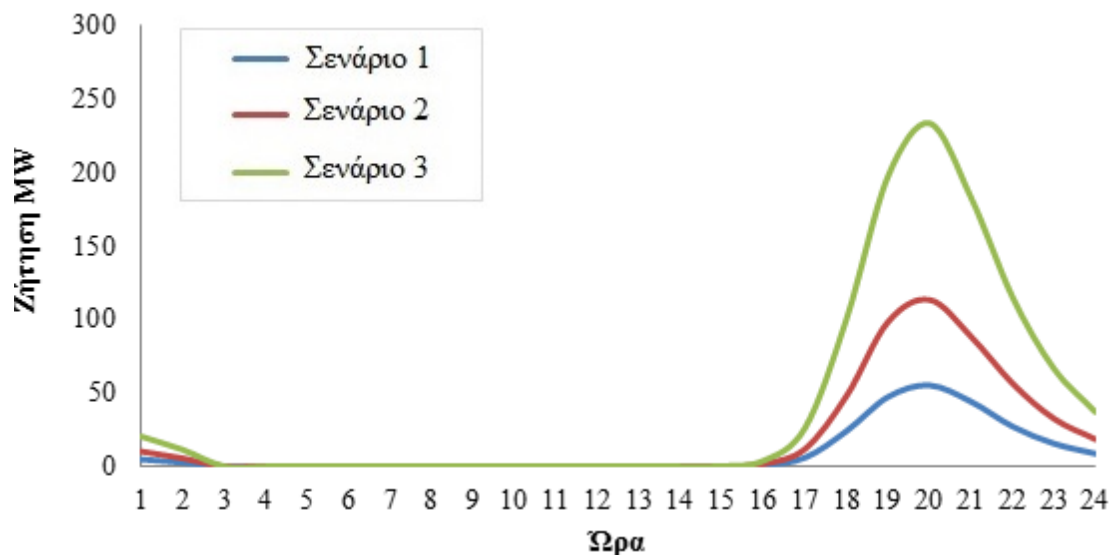


Σχήμα 5.2 Μέσο Ευρωπαϊκό προφίλ διανυόμενων αποστάσεων ανά ημέρα [28]

5.2 Επιπτώσεις της φόρτισης στην καμπύλη ζήτησης ισχύος του ηλεκτρικού συστήματος

5.2.1 Μη ελεγχόμενη Φόρτιση

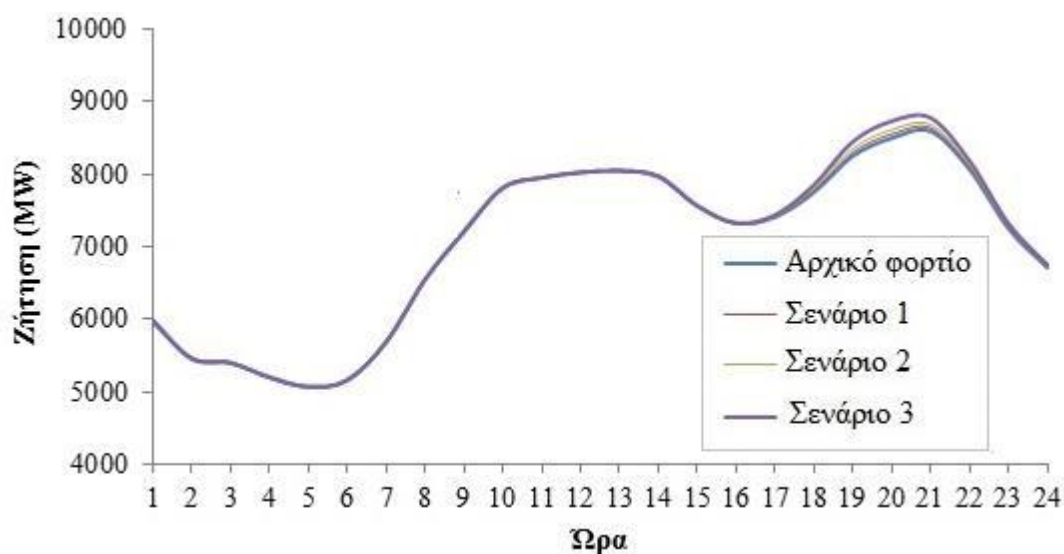
Αρχικά θα εξετάσουμε τις καμπύλες ζήτησης από μια μη ελεγχόμενη φόρτιση. Μη ελεγχόμενη αφορά οικιακούς ρευματοδότες τύπου 1 συνήθως όπου τοποθετούν για φόρτιση σχεδόν στο ίδιο χρονικό σημείο ζητώντας την μέγιστη ισχύ. Επισημαίνεται ότι τα γραφήματα που ακολουθούν είναι αποτέλεσμα τις διδακτορικής διατριβής του Ε.Καρφόπουλου[29].



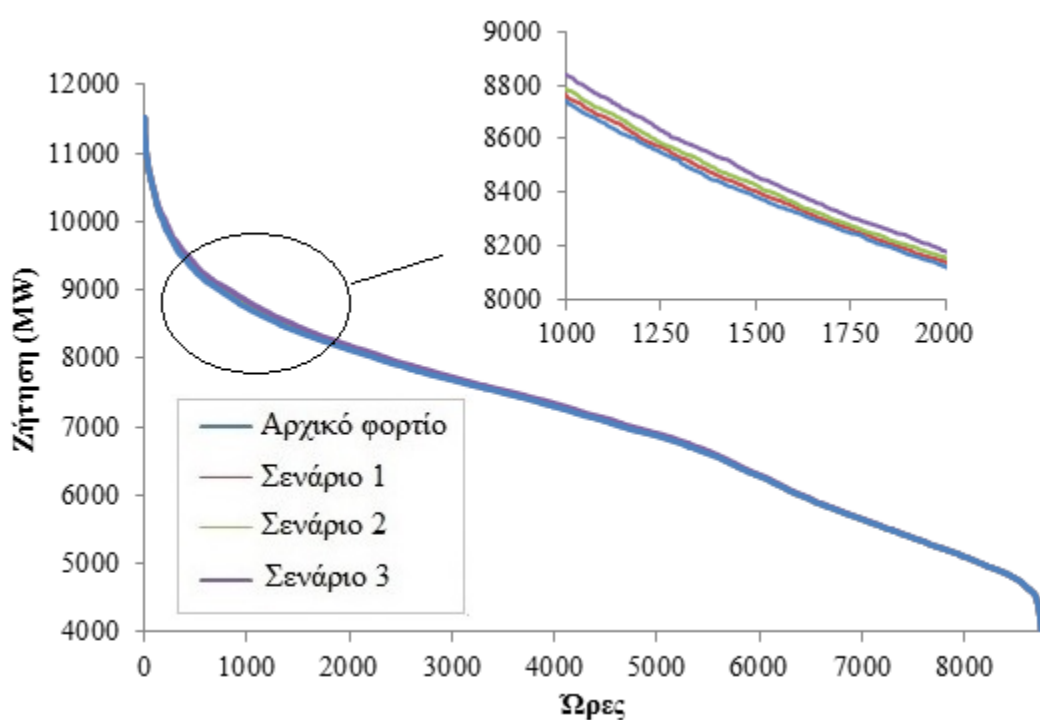
Σχήμα 5.3 Ημερήσιο προφίλ ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων - μη ελεγχόμενη φόρτιση [29]

Δεν προκαλεί έκπληξη, καθώς όσο ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων αυξάνεται, η κορυφή της καμπύλης ζήτησης αυξάνεται ομοίως. Στην πρώτη περίπτωση (34.000 αυτοκίνητα), η συνολική ζήτηση φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι ίση με 236MWh και η μέγιστη ζήτηση είναι περίπου ίση με 55MW. Στη δεύτερη περίπτωση (70.000 αυτοκίνητα), ο στόλος των ηλεκτρικών οχημάτων σχεδόν διπλασιάστηκε σε σύγκριση με την πρώτη περίπτωση, προκαλώντας τη διπλή ζήτηση (113MW) και τη ζήτηση ενέργειας (485MWh) να διπλασιαστεί. Στην τρίτη περίπτωση (142.000 αυτοκίνητα), η αύξηση του ρυθμού διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων θα αυξήσει τη μέγιστη ζήτηση (233MW) και τη ζήτηση φόρτισης ενέργειας (995MWh).

Στην συνέχεια θα παρατηρήσουμε την ημερήσια καμπύλη φορτίου κατα τους χειμερινούς μήνες. Στο Σχήμα 5.4 παρατήρουμε οτι το γενικο φορτίο και για τα 3 σεναρία σε σχέση με αυτό που ήδη υπάρχει δεν είναι πολυ μεγάλο ωστόσο συμπίπτει πάνω στην μέγιστη υπάρχουσα ζήτηση. Ειδικότερα για τα τρία αυτα σεναρία με την σειρά έχουμε αυξήσεις 0.51% , 1,02% και 2.13% αντίστοιχα. Στο Σχήμα 5.5 παρατηρούμε την



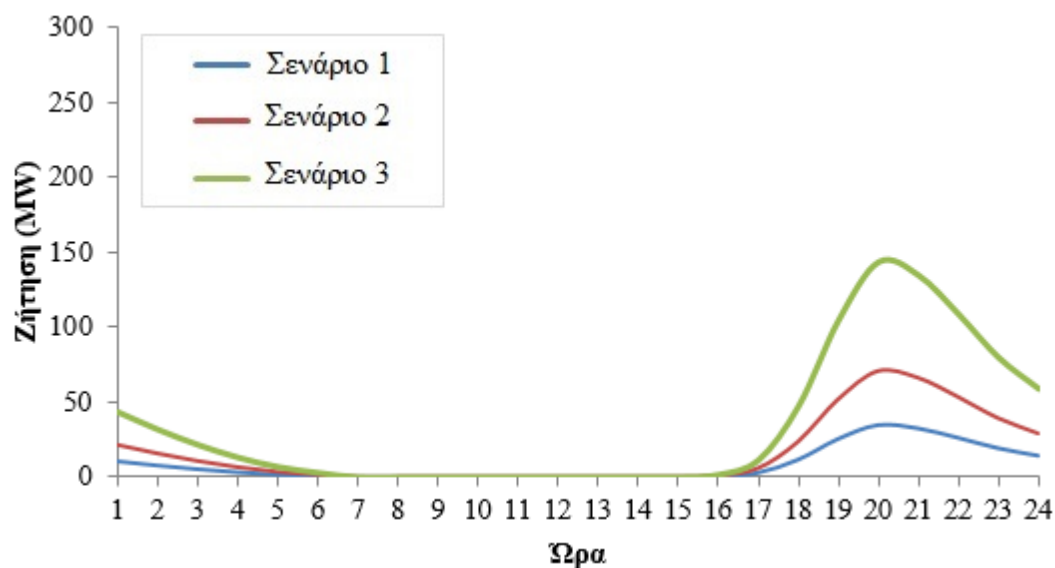
Σχήμα 5.4 Τροποποιημένη ημερήσια καμπύλη φορτίου του Ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας – μη ελεγχόμενη φόρτιση [29]



Σχήμα 5.5 Ετήσια καμπύλη φορτίου του Ελληνικού συστήματος - μη ελεγχόμενη φόρτιση

5.2.2 Μη ελεγχόμενη Φόρτιση με επίπεδο Φόρτισης των συσσωρευτών

Το μεγαλύτερο πλήθος των ηλεκτρικών οχημάτων δεν καταναλώνει μεγάλο ποσοστό της ενέργειας μπαταρίας καθημερινά. Αυτό σημαίνει ότι δεν χρειάζεται ένα όχημα καθημερινή φόρτιση. Επομένως θα δούμε παρακάτω σενάριο για φόρτιση μπαταριών για μικρότερο του 40% συνολικής φόρτισης που αποδίδει 18% χαμηλότερη ενέργεια φόρτισης.



Σχήμα 5.6 Ημερήσιο προφίλ ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων - μη ελεγχόμενη φόρτιση με κριτήριο το επίπεδο φόρτισης των μπαταριών[29]

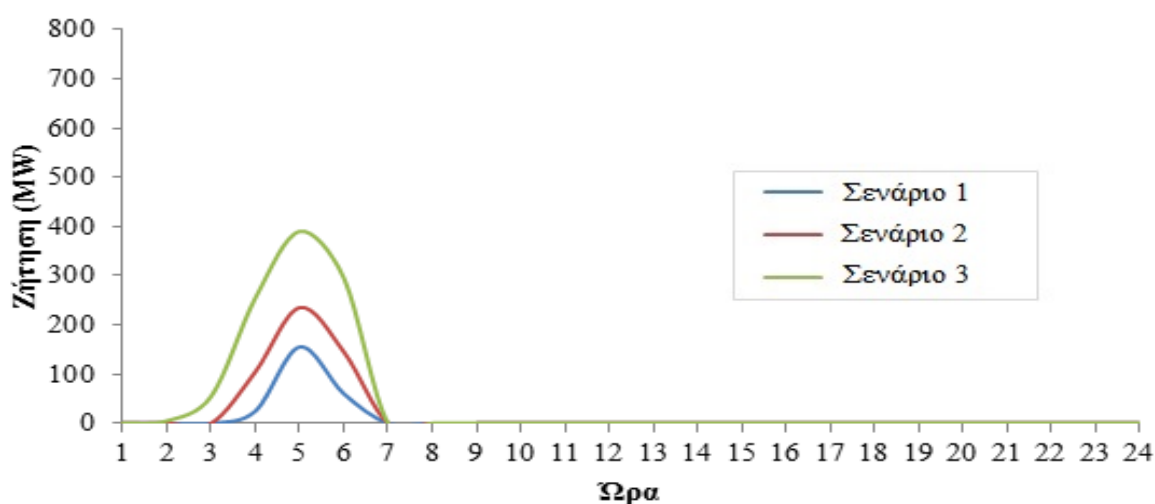
Το παραπάνω Σχήμα 5.6 προκύπτει από την παρακάτω μοντελοποίηση φόρτισης συσσωρευτών των οχημάτων σε ένα διάστημα 15 ημερών. Καθημερινώς χρειάζεται να φορτιστεί περί το 1/3 του συνολικού στόλου

5.1 Πίνακας Ποσοστό του στόλου ηλεκτρικών οχημάτων που πρέπει να φορτίσουν μέσα στην ημέρα [29]

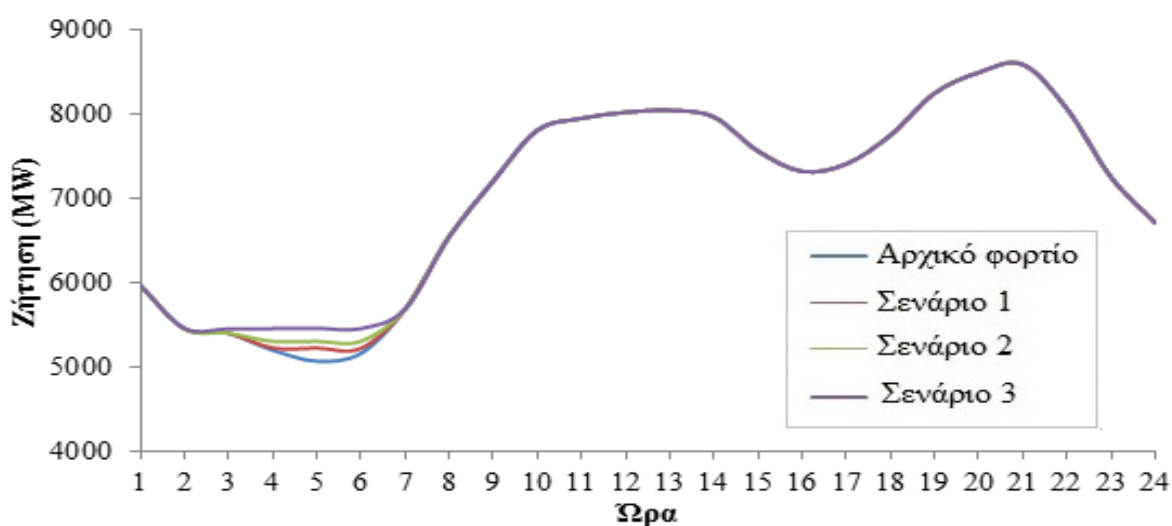
Εξεταζόμενη μέρα	Ποσοστό (%) στόλου που φορτίζει	Εξεταζόμενη μέρα	Ποσοστό (%) στόλου που φορτίζει
1	18,17	9	34,89
2	30,57	10	35,79
3	35,46	11	35,12
4	36,00	12	35,07
5	35,44	13	30,93
6	30,48	14	34,16
7	33,38	15	32,55
8	34,24		

5.2.3 Ελεγχόμενη Φόρτιση “Valley filling”

Με τον όρο “Valley filling” αναφερόμαστε στις κοιλάδες που σχηματίζονται στην καμπύλη ζήτησης του συστήματος που υποδηλώνουν χαμηλή ζήτηση ενέργειας. Όπως είδαμε στο Σχήμα 5.4 τις πρωινές ώρες υπάρχει όπως είναι λογικό πολύ μικρή ζήτηση. Θα ήταν εύλογο να μεταφέρουμε το μεγαλύτερο ποσοστό φόρτισης των οχημάτων σε αυτές τις ώρες με αποτέλεσμα να αποφύγουμε τα υψηλά φορτία ζήτησης που παρατηρήθηκαν προηγουμένως σε ώρες αιχμής. Στο Σχήμα 5.7 μπορούμε να δούμε την μετατόπιση της ζήτησης και στο Σχήμα 5.8 πως γεμίζει την κοιλάδα στην ημερήσια καμπύλη ζήτησης. Αυτό μας αποφέρει μικρότερη απόκλιση στην διαφορά μέγιστης και ελάχιστης ζήτησης βελτιώνοντας τον συντελεστή φορτίου ($\text{συντελεστής φορτίου} = \frac{\text{μέσο φορτίο}}{\text{μέγιστο φορτίο}}$) του συστήματος.



Σχήμα 5.7 Ημερήσιο προφίλ ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων – Valley filling



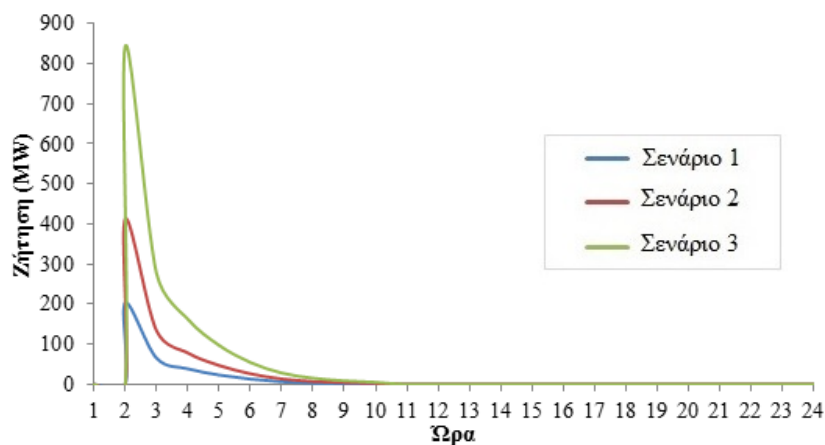
Σχήμα 5.8 ημερήσια καμπύλη φορτίου του Ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας –valley filling

5.2.4 Ελεγχόμενη Φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο

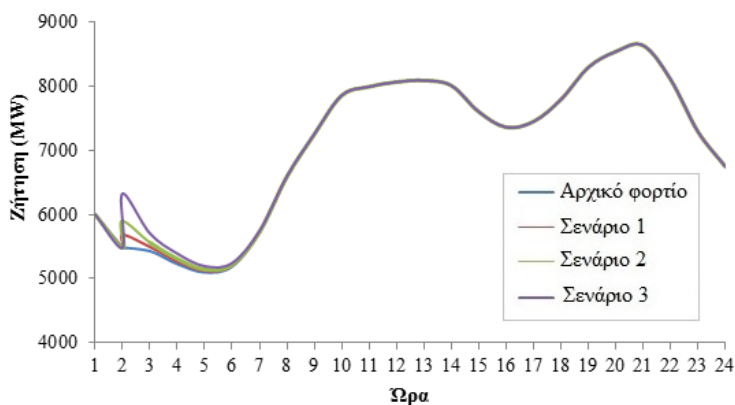
Η ύπαρξη διζωνικού τιμολογίου υπάρχει για να δίνει κίνητρο στους καταναλωτές να μεταφέρουν ένα κομμάτι της ζήτησης τους από ώρες αιχμής σε ώρες με αισθητά μικρότερη ζήτηση. Αυτές ορίζονται ως εξής :

- Χειμερινή περίοδος (1/11 μέχρι 30/4) : 2:00 μέχρι 8:00 και 15:30 μέχρι 17:30
- Θερινή περίοδος (1/5 μέχρι 30/10) : 23:00 μέχρι και 7:00

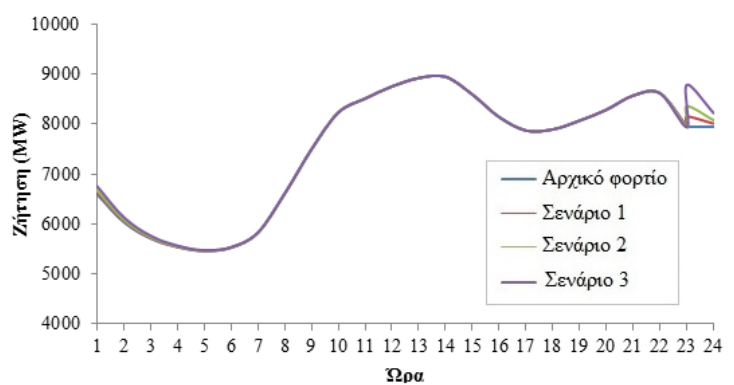
Στο σχήμα 5.9 παρουσιάζεται το προφίλ ζήτησης ημέρας με την χρήση διζωνικού τιμολογίου. Οι αιχμές ζήτησης για τα τρία σενάρια ηλεκτρικών οχημάτων είναι 204MW, 413MW, 814MW αντίστοιχα. Υπάρχει όπως ήταν αναμενόμενο μια απότομη αύξηση στις πρώτες ώρες του χαμηλότερου τιμολογίου. Στα σχήματα 5.10 και 5.11 παρουσιάζεται η αλοίωση που επιφέρει αυτό το σύστημα σε χειμερινή και θερινή περίοδο αντίστοιχα.



Σχήμα 5.9 προφίλ ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων - ελεγχόμενη φόρτιση με διζωνικό τιμολόγιο



Σχήμα 5.10 Χειμερινή ημερήσια καμπύλη

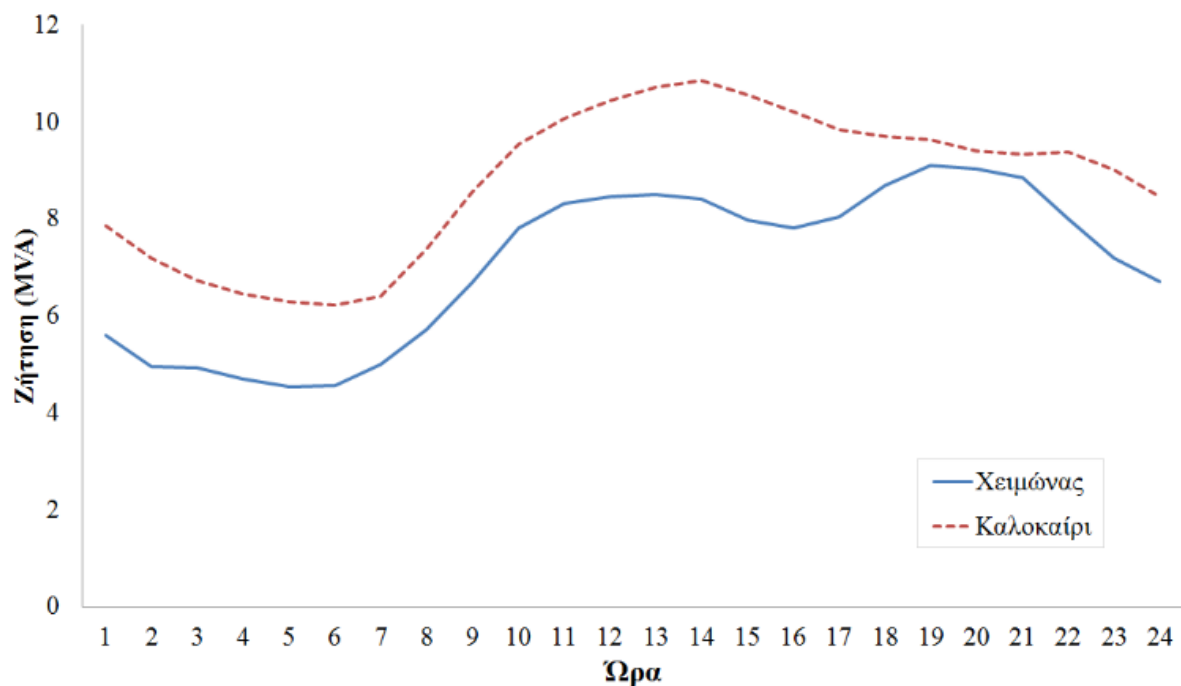


Σχήμα 5.11 Θερινή ημερήσια καμπύλη

5.3 Επιπτώσεις της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στο αστικό δίκτυο διανομής

Σε αυτήν την υποενότητα θα παρουσιαστεί μια γραμμή διανομής απο το αστικό δίκτυο της μέσης τάσης της Πόλης της Κατερίνης 20kV. Η εγκατεστημένη ισχύς του κεντρικού μετασχηματιστή (ΥΤ/ΧΤ) της γραμμής ανέρχεται στα 25MVA.

Στο σχήμα 5.8 απεικονίζονται οι καμπύλες καλοκαιριού και χειμώνα. Την καλοκαιρινή περίοδο παρουσιάζεται μια ζήτηση αιχμής στα 11MW και η ελάχιστη παρατηρείτε την χειμερινή περίοδο και είναι 4,5MW.

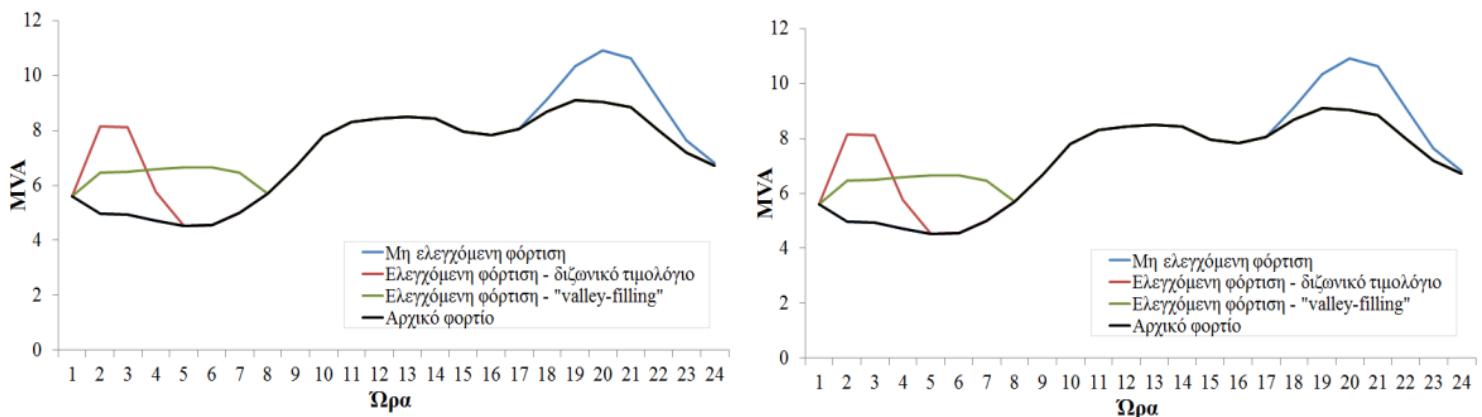


Σχήμα 5.12 Τυπικές ημερήσιες καμπύλες του δικτύου της Κατερίνης[29]

Συνεχίζοντας θα εξετάσουμε την επίπτωση που θα έχει το επιπρόσθετο φορτίο των ηλεκτρικών οχημάτων σε διάφορες στρατηγικές φόρτισης που είδαμε στην παραπάνω ενότητα. Το σενάριο που θα εξεταστεί είναι το σενάριο 3 το οποίο αισιόδοξο και τα ηλεκτρικά οχήματα ανέρχονται σε κλίμακα τα 1200 απο τον συνολικό στόλο των 140.000. Ως παραδοχές παίρνονται πως η μέση κατανάλωση κάθε οχήματος είναι 0.15Wh/km και η συνολική χωρητικότητα των συσσωρευτών είναι 24kWh.

Το Σχήμα 5.12 δείχνει τις καθημερινές αλλαγές καμπυλών του δικτύου Κατερίνης για μία τυπική μέρα χειμώνα και καλοκαιριού λαμβάνοντας υπόψη την ενσωμάτωση των ηλεκτρικών οχημάτων σε διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης. Όπως ήταν αναμενόμενο, η ανεξέλεγκτη φόρτιση θα δημιουργήσει νέες αιχμές ζήτησης που είτε προστίθενται στην αρχική αιχμή της ζήτησης δικτύου (χειμώνας) είτε διαφέρουν ανάλογα με το πότε το

ηλεκτρικό όχημα φτάνει στο σπίτι (καλοκαίρι). Σε σύγκριση με την αιχμή της αύξησης το καλοκαίρι (3,94%), η αναγνώριση της μέγιστης ζήτησης ηλεκτρικών οχημάτων με υψηλή κατανάλωση δικτύου συμβάλλει στην τροποποιημένη αύξηση της καμπύλης δικτύου (19,74%). Η υιοθέτηση μιας απλής στρατηγικής φόρτισης (για παράδειγμα, οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας δύο ζωνών) δεν είναι η κατάλληλη λύση, επειδή η μέγιστη ζήτηση φόρτισης που δημιουργείται από την ταυτόχρονη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων στην αρχή των χαμηλών τιμών ηλεκτρικής ενέργειας θα επιβαρύνει σημαντικά το δίκτυο. Ειδικότερα, σε μια καλοκαιρινή μέρα, στην περίπτωση ελεγχόμενης φόρτισης μέσω τιμών ηλεκτρικής ενέργειας δύο ζωνών, η μέγιστη ζήτηση της τροποποιημένης καμπύλης δικτύου αυξήθηκε κατά 7,2% σε σύγκριση με την αντίστοιχη κορυφή της ανεξέλεγκτης φόρτισης. Αντίθετα, στην περίπτωση της ελεγχόμενης φόρτισης “valley filling”, η ζήτηση για ηλεκτρικά οχήματα θα κατανέμεται σε ολόκληρο το χρονικό διάστημα κατά το οποίο τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να φορτιστούν χωρίς να αλλάξει η μέγιστη ζήτηση του δικτύου

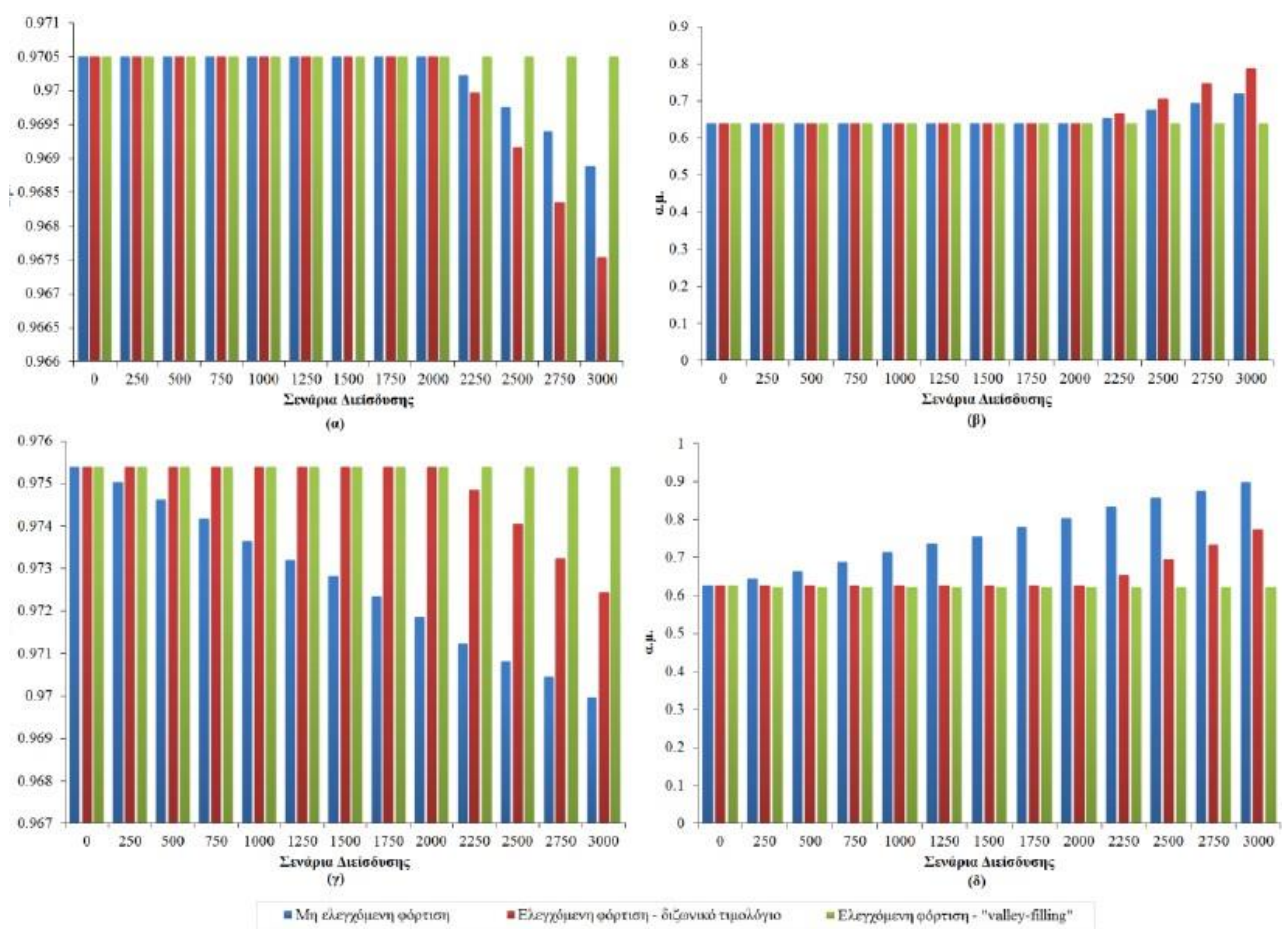


Σχήμα 5.13 καμπύλη φορτίου του δικτύου της Κατερίνης για μια τυπική χειμερινή (Αριστερά) και καλοκαιρινή (δεξιά) ημέρα [29]

Πίνακας 5.2 δείκτες λειτουργίας (συντελεστής ομοιομορφίας = ελάχιστο/μέγιστο φορτίο) του δικτύου της Κατερίνης με ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων [29]

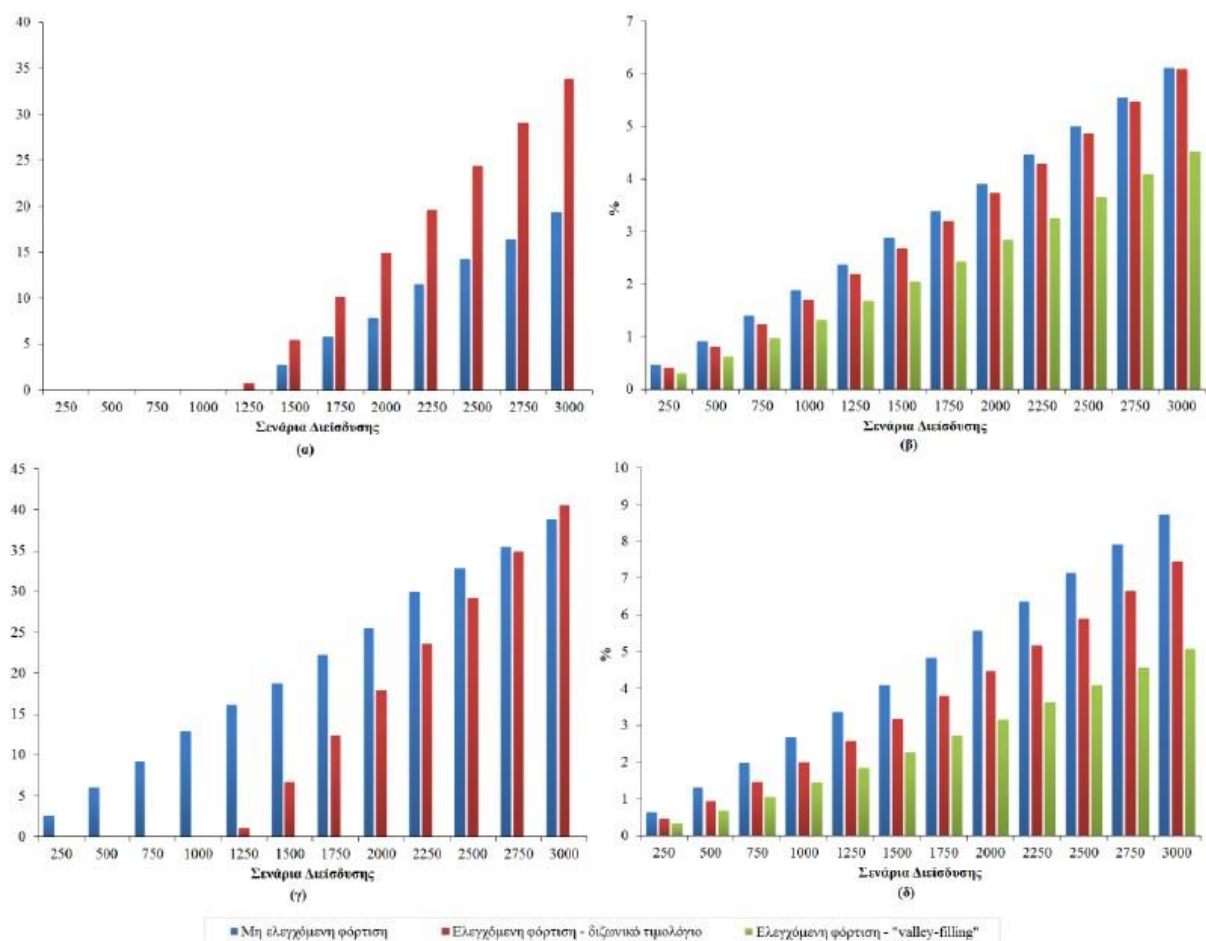
Χαρακτηριστικά μεγέθη καμπυλών φορτίου				
		Συντελεστής Φορτίσεως (Load Factor)	Συντελεστής ομοιομορφίας (Uniformity factor)	Αύξηση αιχμής (%)
ΧΕΙΜΩΝΑΣ	Αρχικό Σενάριο	0.7764	0.4973	-
	Μη ελεγχόμενη φόρτιση	0.6753	0.4153	19.4%
	Ελεγχόμενη φόρτιση - διζωνικό τιμολόγιο	0.8103	0.4973	-
	Ελεγχόμενη φόρτιση - "valley-filling"	0.8252	0.6149	-
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	Αρχικό Σενάριο	0.8071	0.5741	-
	Μη ελεγχόμενη φόρτιση	0.8024	0.5523	3.94%
	Ελεγχόμενη φόρτιση - διζωνικό τιμολόγιο	0.7492	0.5152	11.43%
	Ελεγχόμενη φόρτιση - "valley-filling"	0.8484	0.6803	-

Στη συνέχεια, ελέγχεται η καμπύλη τάσης για διαφορετικές καταστάσεις διείσδυσης ηλεκτρικού οχήματος και διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης Σχήμα 5.14 . Σε περίπτωση ανεξέλεγκτης φόρτισης, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων, τόσο χαμηλότερη θα είναι η ελάχιστη τιμή τάσης καθώς αυξάνεται το μέγιστο φορτίο. Στο υψηλότερο ποσοστό διείσδυσης για ηλεκτρικά οχήματα άνω των 1200, και στην περίπτωση ελεγχόμενης φόρτισης με τιμές ηλεκτρικής ενέργειας δύο ζωνών, παρατηρείται μείωση της ελάχιστης τάσης τροφοδοσίας. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η μέγιστη ζήτηση για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων υπό υψηλού βαθμού διείσδυσης υπερβαίνει την αρχική αιχμή ζήτησης του δικτύου. Επομένως, το καλοκαίρι, για το χαμηλό ποσοστό διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων, η υψηλότερη αιχμή του δικτύου δεν θα επηρεαστεί από καμία στρατηγική φόρτισης, ενώ για το υψηλό ποσοστό διείσδυσης, η αιχμή της ζήτησης λόγω της ελεγχόμενης φόρτισης του συστήματος φόρτισης δύο ζωνών παρουσιάζεται μεγαλύτερη από την αντίστοιχη για μη ελεγχόμενη φόρτιση, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη πτώση τάσης.



Σχήμα 5.14 Προφίλ τάσης δικτύου Κατερίνης για διαφορετικά σενάρια διείσδυσης και στρατηγικές φόρτισης οχημάτων [29]

Αντίθετα, στην περίπτωση ελεγχόμενης φόρτισης valley filling, η ομοιόμορφη κατανομή του φορτίου των ηλεκτρικών οχημάτων κατά τη διάρκεια της περιόδου χαμηλής φόρτισης δεν θα επηρεάσει την αρχική τιμή αιχμής του δικτύου και συνεπώς ούτε την ελάχιστη τιμή τάσης. Όσον αφορά τη μέγιστη διακύμανση τάσης δικτύου, αυτό επηρεάζεται επίσης από την αλλαγή της τιμής αιχμής του δικτύου. Η χρήση μιας ευέλικτης στρατηγικής φόρτισης μπορεί να βελτιώσει τον δείκτη ποιότητας τάσης. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειωθεί ότι, σε οποιαδήποτε κατάσταση διεύθυνσης ή στρατηγικής φόρτισης, η ελάχιστη και μέγιστη τάση τροφοδοσίας διατηρείται εντός του καθορισμένου εύρους. Το Σχήμα 5.15 απεικονίζει το φορτίο δικτύου σε όρους μέγιστου φορτίου γραμμής και απώλειας δικτύου για διαφορετικά σενάρια διεύθυνσης και διαφορετικές στρατηγικές φόρτισης. Η ποσοστιαία αύξηση των απωλειών υπολογίστηκε από τις απώλειες δικτύου εξαιρουμένων ηλεκτρικών οχημάτων. Τα ληφθέντα αποτελέσματα δείχνουν σαφώς ότι στην περίπτωση της ανεξέλεγκτης φόρτισης και στην περίπτωση της ελεγχόμενης φόρτισης με τιμολόγιο δύο ζωνών, το φορτίο γραμμής αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση της διεύθυνσης των ηλεκτρικών οχημάτων.



Σχήμα 5.15 Μέγιστη φόρτιση γραμμών και απώλειες δικτύου Κατερίνης για διαφορετικά σενάρια διεύθυνσης(οριζόντιος άξονας) και στρατηγικές φόρτισης: α)μέγιστη φόρτιση γραμμών καλοκαίρι β) απώλειες δικτύου καλοκαίρι, γ)μέγιστη φόρτιση γραμμών χειμώνα δ) απώλειες δικτύου χειμώνα (ποσοστά ως προς το σενάριο χωρίς ηλεκτρικά οχήματα) [29]

Στην πραγματικότητα, μια καλοκαιρινή μέρα, με μεσαία και υψηλή διείσδυση ηλεκτρικών οχημάτων, η ελεγχόμενη φόρτιση με τιμολόγιο διπλής ζώνης προκαλεί μεγαλύτερο φορτίο στη γραμμή, λόγω του συγχρονισμού της φόρτισης των οχημάτων, σε σύγκριση με την ανεξέλεγκτη φόρτιση. Κάτι παρόμοιο δεν συμβαίνει μια χειμερινή ημέρα καθώς η καμπύλη φόρτωσης δείχνει μια πιο απότομη κοιλάδα κατά τη διάρκεια μιας περιόδου χαμηλής κατανάλωσης. Σε αντίθεση με τις άλλες δύο στρατηγικές φόρτισης, στην περίπτωση της ελεγχόμενης φόρτισης της κοιλάδας, επιτρέποντας υψηλότερα ποσοστά διείσδυσης δικτύου από ηλεκτρικά οχήματα, λαμβάνοντας υπόψη την υπάρχουσα υποδομή δικτύου, δεν συμβάλλει στο μέγιστο φορτίο στο δίκτυο. Όσον αφορά τις απώλειες δικτύου, η αύξηση της ζήτησης δικτύου λόγω φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι συνέπεια της αύξησης των απωλειών δικτύου. Ωστόσο, η υιοθέτηση ευέλικτων στρατηγικών φόρτισης μπορεί να μειώσει την αντίστοιχη αύξηση των απωλειών στο δίκτυο διανομής έως και 3,7% σε σύγκριση με την ανεξέλεγκτη φόρτιση.

5.4 Σχολιασμός

Συνοψίζοντας παρατηρούμε πως η μέθοδος της μη ελεγχόμενης φόρτισης είναι η χειρότερη στρατηγική φόρτισης και παρατηρείτε σε όλα τα επίπεδα. Αυτό είναι σε άμεση συσχέτιση με την αυξανόμενη οικιακή κατανάλωση ενέργειας σε ώρες αιχμής προκαλώντας επιβάρυνση στο δίκτυο διανομής και στο γενικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Λύση δε αυτό το πρόβλημα έρχεται να δώσει η ελεγχόμενη φόρτιση είτε με την μέθοδο του διζωνικού τιμολογίου, είτε με την μέθοδο του valley filling. Και οι δύο μέθοδοι μεταβιβάζουν το μεγάλο όγκο φορτίου σε ώρες χαμηλής ζήτησης αποτρέποντας διακυμάνσεις σε φορτία αιχμής. Να σημειώσουμε πως η μέθοδος διζωνικού τιμολογίου προκαλεί απότομη αύξηση στις χρονικές στιγμές που αρχίζουν οι περίοδοι όποτε πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σύστημα παραγωγής.

Για την αναλύση που έγινε στο αστικό δίκτυο διανομής είναι εμφανές ότι υπάρχει ένα όριο στον επιτρεπόμενο αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων. Ο αριθμός αυτός περιορίζεται λόγω λειτουργικών περιορισμών του εκάστοτε δικτύου όπως θερμικά όρια γραμμών, μέγιστη διακύμανση τάσης και φόρτιση των μετασχηματιστών τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Τα αστικά δίκτυα έχουν το χαρακτηριστικό να είναι πολύ πυκνά και ως συνέπεια η ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων επιβαρύνει ακόμα περισσότερο. Ως εκ τούτου, οι

ευέλικτες μέθοδοι φόρτισης που παρουσιάστηκαν είναι αναγκαίες ειδικά με την ολοένα και μεγαλύτερη αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Τέλος σε οποιοδήποτε σενάριο φόρτισης υπάρχει αύξηση των απωλειών λόγω των επιπρόσθετων φορτίων των ηλεκτρικών οχημάτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ηλεκτροδότηση του τομέα των μεταφορών απαιτεί τα ηλεκτρικά οχήματα να συνδέονται στο δίκτυο μέσω κατάλληλης υποδομής φόρτισης. Η ενεργειακή ζήτηση ηλεκτρικών οχημάτων και η κατανάλωση οικιακής χρήσης πρέπει να ικανοποιούνται χωρίς διακρίσεις. Η διαφορά μεταξύ του φορτίου του ηλεκτρικού οχήματος και του οικιακού φορτίου είναι ότι το φορτίο του ηλεκτρικού οχήματος δεν είναι στατικό και μπορεί να μετατοπιστεί τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο. Από την προοπτική του ηλεκτρικού δικτύου, η ζήτηση για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων είναι ένα επιπλέον φορτίο, ανάλογα με τον βαθμό ολοκλήρωσης των ηλεκτρικών οχημάτων και τη μέθοδο φόρτισης, η οποία αναμένεται να αλλάξει την καμπύλη φορτίου του συστήματος. Στην περίπτωση που ο ρυθμός διεύθυνσης των ηλεκτρικών οχημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι μικρός, δεν αναμένεται να έχει σημαντική επίδραση στη λειτουργία και τη διαχείριση του συστήματος ισχύος. Ωστόσο, καθώς αυξάνεται το επίπεδο διεύθυνσης, είναι απαραίτητο να διαμορφωθούν και να εφαρμοστούν κατάλληλες ευέλικτες στρατηγικές φόρτισης για να εξασφαλιστεί η σταθερή και ασφαλής λειτουργία του δικτύου.

Πιο συγκεκριμένα, η ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο χωρίς κανένα έλεγχο αποδείχθηκε η πιο αναποτελεσματική στρατηγική φόρτισης. Σε αυτήν την περίπτωση, η ζήτηση ισχύος από τα ηλεκτρικά οχήματα εξαρτάται άμεσα από την ώρα επιστροφής του χρήστη στην κατοικία του, με αποτέλεσμα το φορτίο του να συμπίπτει με την υψηλή κατανάλωση νοικοκυριού, γεγονός που αυξάνει περαιτέρω το φορτίο στο δίκτυο. Η ανεξέλεγκτη φόρτιση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την οικονομική και τεχνική απόδοση του συστήματος ισχύος. Κατά τις ώρες αιχμής, η εξυπηρέτηση της ζήτησης ενέργειας καλύπτεται από τις μονάδες υψηλής ζήτησης με υψηλότερο κόστος παραγωγής. Επομένως το μοναδιαίο κόστος της επιπλέον ενέργειας φόρτισης (€ / kWh) είναι το υψηλότερο. Όσον αφορά την αποδοτικότητα του δικτύου, η αύξηση των αιχμών της ζήτησης σημαίνει μεγιστοποίηση του βάρους του εξοπλισμού δικτύου και των απωλειών του.

Ανάλογα με την κατάσταση, μπορεί να είναι οικονομικώς αποδοτικό να υιοθετηθεί ένας απλός μηχανισμός αγοράς για τη μετάβαση της ζήτησης από τις ώρες αιχμής σε περιόδους χαμηλής κατανάλωσης (όπως τιμολόγια δύο ζωνών). Το πιο σημαντικό μειονέκτημα της χρήσης τιμών ηλεκτρικής ενέργειας δύο ζωνών για ελεγχόμενη φόρτιση είναι ότι στην αρχή της περιόδου χαμηλής τιμής, το φορτίο των ηλεκτρικών οχημάτων συγχρονίζεται λόγω της ταυτόχρονης ζήτησης ενέργειας των οχημάτων. Εφόσον ο ρυθμός διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων δεν είναι υψηλός και η κατανάλωση δικτύου είναι χαμηλότερη από το μέγιστο φορτίο του δικτύου, η μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικών οχημάτων στην αρχική χρονική στιγμή χαμηλής τιμολόγησης δεν θα επηρεάσει σημαντικά τη λειτουργία του δικτύου. Διαφορετικά, σε σύγκριση με την ανεξέλεγκτη φόρτιση, η ελεγχόμενη φόρτιση με ρυθμούς διπλής ζώνης μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερο βάρος στο δίκτυο. Επομένως, μόνο στο πρώτο στάδιο της ενσωμάτωσης ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο, το σύστημα φόρτισης δύο ζωνών συνιστάται για ελεγχόμενη φόρτιση.

Η εφαρμογή πιο σύνθετων στρατηγικών φόρτισης προσαρμοσμένων στις ανάγκες και τις αδυναμίες κάθε δικτύου είναι ιδανική για αποτελεσματικότερη ενσωμάτωση ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο. Στην παρούσα διπλωματική παρουσιάστηκε η μέθοδος “valley filling”. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτής της στρατηγικής φόρτισης είναι ότι η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αποτελεσματικά, έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί ο ρυθμός ένταξης των ηλεκτρικών οχημάτων χωρίς να παραβιάζονται οι περιορισμοί λειτουργίας του δικτύου, μεταθέτοντας τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων στις ώρες μειωμένης ενεργειακής ζήτησης (Σχήμα 5.8).

Τέλος, όσον αφορά την επάρκεια του συστήματος ισχύος, ακόμη και στη χειρότερη περίπτωση, δηλαδή τον υψηλό ρυθμό διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων και την ανεξέλεγκτη φόρτιση, το επιπλέον φορτίο των ηλεκτρικών οχημάτων δεν θα προκαλέσει την επάρκεια του συστήματος παραγωγής ή μεταφοράς διότι τα φορτία είναι διαχειρίσιμα. Λειτουργικά προβλήματα μπορεί να προκύψουν στο τοπικό δίκτυο. Κάθε δίκτυο διανομής έχει τη δυνατότητα να ενσωματώνει έναν μέγιστο αριθμό ηλεκτρικών οχημάτων, πέραν του οποίου παραβιάζονται ένας ή περισσότεροι περιορισμοί λειτουργίας του δικτύου (θερμικός περιορισμός γραμμής, φόρτιση μετασχηματιστή, αλλαγή μέγιστης τάσης κ.λπ.). Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά του αντίστοιχου δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, τα αστικά δίκτυα διανομής είναι συνήθως πυκνά και λόγω της αύξησης του

πληθυσμού που εξυπηρετούν, οι ενεργειακές ανάγκες είναι υψηλές. Έτσι η ένταξη μεγάλου αριθμού ηλεκτρικών οχημάτων θα προκαλέσει ακόμα περισσότερη επιβάρυνση.

Μελλοντικά ερωτήματα και θέματα που προκύπτουν για περαιτέρω ανάλυση και μπορούν να είναι ένα μέρος μίας άλλης εργασίας είναι τα εξής:

- "Επιπτώσεις από τις εγκαταστάσεις φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με ήδη υψηλή διείσδυση ΑΠΕ"
- "Ανάπτυξη αλγορίθμων διαχείρισης συστημάτων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για έλεγχο διακύμανσης τάσης δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας "
- "Μακροπρόθεσμη ανάλυση για πρόβλεψη μελλοντικών αναγκών (π.χ. 2020-2050) φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και έλεγχο επάρκειας υφισταμένων δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας"

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] T. smarter E. Global, "Global EV sales hit 4 million, soaring market sees next million in May 2019." https://www.thesmartere.com/en/home/news-and-publications/industry-news/industry-news-details?tx_news_pi1%5Bnews%5D=3143&cHash=b047b58ba86eb11ba89b2b3dd04b614f
- [2] "Infographic: E-Car Charging Infrastructure Becoming Mainstream," Statista Infographics. <https://www.statista.com/chart/14119/amount-of-electric-vehicle-chargers-by-type/>
- [3] "EU: PEV market share 2012-2019," Statista. <https://www.statista.com/statistics/625010/electric-vehicle-market-share-in-eu-annual/>
- [4] "EU: leading passenger electric vehicle models 2020," Statista. <https://www.statista.com/statistics/965507/eu-leading-passenger-electric-vehicle-models/>
- [5] "Europe: number of electric vehicle charging stations 2010-2019," Statista. <https://www.statista.com/statistics/955443/number-of-electric-vehicle-charging-stations-in-europe/>
- [6] "Infographic: Electric Car Models Set To Triple In Europe By 2021," Statista Infographics. <https://www.statista.com/chart/18720/number-of-electric-car-models-available-in-europe/>
- [7] European Automobile Manufacturers Association (ACEA) (2020-05-12). "[New Passenger Car Registrations By Alternative Fuel Type In The European Union: Quarter 1 2020](#)"
- [8] "As the Covid-19 crisis hammers the auto industry, electric cars remain a bright spot – Analysis," IEA. <https://www.iea.org/commentaries/as-the-covid-19-crisis-hammers-the-auto-industry-electric-cars-remain-a-bright-spot>
- [9] "EAFO | European Alternative Fuels Observatory." <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/summary/compare>
- [10] "Country detail electricity compare | EAFO." <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/infrastructure/electricity/compare> (accessed Dec. 06, 2020).
- [11] ΔΕΔΗΕ "Σχέδιο Ανάπτυξης Δικτύου 2019 - 2023," p. 81.

- [12] “The History of the Electric Car,” Energy.gov.
<https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>
- [13] “Tesla Overtakes Toyota as the World’s Most Valuable Automaker,” Bloomberg.com, Jul. 01, 2020.
- [14] , “Tesla’s market cap breaches \$500 billion as mammoth 2020 rally charges on | Markets Insider,” markets.businessinsider.com. <https://www.businessinsider.com/tesla-market-cap-500-billion-stock-price-rally-elon-musk-2020-11>
- [15] “Alternative Fuels Data Center: All-Electric Vehicles.”
https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html
- [16] “Alternative Fuels Data Center: Hybrid Electric Vehicles.”
https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_hev.html
- [17] “Alternative Fuels Data Center: Plug-In Hybrid Electric Vehicles.”
- [18] Δρ.Γιώργος Αγερίδης Ημερίδα για την Παγκόσμια Ημέρα Περιβάλλοντος Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας –Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας
https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_phev.html
- [19] “PHEV | Technology Library | Innovation,” MITSUBISHI MOTORS.
<https://www.mitsubishi-motors.com/en/innovation/technology/library/phev.html?intcid2=innovation-technology-library-phev>
- [20] T. B. Reddy, Linden’s Handbook of Batteries, Fourth Edition. McGraw-Hill Education, 2011.
- [21] “Sodium Nickel Chloride - an overview | ScienceDirect Topics.”
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/sodium-nickel-chloride>
- [22] C. Iclodean, B. Varga, N. Burnete, D. Cimerdean, and B. Jurchiș, “Comparison of Different Battery Types for Electric Vehicles,” IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 252, p. 012058, Oct. 2017
- [23] “Φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων,” Fortisis.
<https://www.fortisis.eu/information/ev-charging/>
- [24] Διονύσιος Νέγκας, Ημερίδα ΙΔΕΕΑ, 16 Νοεμβρίου 2017
- [25] “DAS Monthly Reports | EXE.” <http://www.enxgroup.gr/en/markets/market-analysis/das-monthly-reports/doccat/list/Document/684/> (accessed Dec. 06, 2020).
- [26] Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο.) [Online] [Available: <http://www.heliev.gr>]

- [27] “Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός – Οδικός Χάρτης για το 2050 | Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.” <http://www.opengov.gr/minenv/?p=4207> (accessed Dec. 07, 2020).
- [28] EU MERGE project, Task 3.2, Part 1 of Deliverable D3.2, “Evaluation of the Impact that a Progressive Deployment of EV will Provoke on Electricity Demand, Steady State Operation, Market Issues, Generation Schedules and on the Volume of Carbon Emissions-Electric Vehicle Penetration Scenarios in Germany, UK, Spain, Portugal and Greece”.
- [29] Ε. Καρφόπουλος, “Συμβολή στη διαχείριση των ηλεκτρικών οχημάτων για την αποδοτικότερη ενσωμάτωσή τους στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας,” Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος, 2017.

