



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

# Ανάλυση Δεδομένων Φορτίσεων Ηλεκτρικών Οχημάτων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Χ. ΣΚΑΛΟΥΜΠΑΚΑ**

Επιβλέπων: Χρυσόστομος Δούκας  
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2021

---





Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
Τομεας Ηλεκτρικων Βιομηχανικων Διαταξεων και Συστηματων Αποφασε-  
ων

# Ανάλυση Δεδομένων Φορτίσεων Ηλεκτρικών Οχημάτων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Χ. ΣΚΑΛΟΥΜΠΑΚΑ**

**Επιβλέπων:** Χρυσόστομος Δούκας  
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 16η Ιουλίου 2021.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....  
Χρυσόστομος Δούκας  
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Δημήτριος Ασκούνης  
Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2021







Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφασίσεων

Copyright © – All rights reserved. Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.  
Παναγιώτης Σκαλούμπakas, 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.

Το περιεχόμενο αυτής της εργασίας δεν απηχεί απαραίτητα τις απόψεις του Τμήματος, του Επιβλέποντα, ή της επιτροπής που την ενέκρινε.

## **ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ**

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπογράφως ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή. Έχω αναφέρει πλήρως και με σαφείς αναφορές, όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης. Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των ανωτέρω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στην Πτυχιακή μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης του Τίτλου Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων. Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Πτυχιακή Εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας.

(Υπογραφή)

.....  
Παναγιώτης Σκαλούμπakas

15 Ιουλίου 2021



## Περίληψη

---

Η ηλεκτροποίηση του τομέα μεταφορών αποτελεί τον καταλύτικο παράγοντα για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και την μετρίαση της κλιματικής αλλαγής. Η αύξηση της ηλεκτρικής αυτονομίας των ηλεκτρικών οχημάτων, η μείωση της τιμής των συσσωρευτών τους και τα οικονομικά κίνητρα που δίνονται από τις κυβερνήσεις των χωρών έχουν συμβάλει στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης σε ολόκληρη την Ευρώπη. Ειδικότερα στην Ελλάδα, η αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων σημείωσε σημαντική πρόοδο τον τελευταίο χρόνο με την εισαγωγή υποστηρικτικών κινήτρων από την κυβέρνηση. Η μαζική εισροή ηλεκτρικών οχημάτων που έπεται να συμβεί καθιστά αναγκαία την υλοποίηση κατάλληλης κλίμακας υποδομών φόρτισης. Κατ' επέκταση είναι απαραίτητη η συντονισμένη διαχείριση τους για την αποφυγή ανισορροπίας φορτίου, υπερβολικής διακύμανσης της τάσης αλλά και για τη βέλτιστη εξυπηρέτηση των οδηγών. Η επίτευξη αυτού του βήματος επιτυγχάνεται μέσω της ανάλυσης πραγματικών δεδομένων φόρτισης που πραγματοποιείται στην παρούσα διπλωματική. Συγκεκριμένα, εξάγονται χρήσιμες πληροφορίες για την ώρα εκκίνησης, το χρόνο φόρτισης και την ενέργεια επαναφόρτισης ανάλογα την τοποθεσία του σταθμού αλλά και για το γενικό μοτίβο που παρουσιάζει η χρήση των δημόσιων φορτιστών ανάλογα την ημέρα και την ώρα.

## Λέξεις Κλειδιά

Ηλεκτρικά οχήματα, Ηλεκτρικά αυτοκίνητα, Ηλεκτροκίνηση, Υποδομές φόρτισης, Δεδομένα φόρτισης, Δημόσιοι σταθμοί επαναφόρτισης



## Abstract

---

Electrification of the transport sector is the catalyst for reducing greenhouse gas emissions and mitigating climate change. The increase in the electric autonomy of electric vehicles, the decrease in the price of their batteries and the provided government incentives have greatly contributed to the development of e-mobility in Europe. In particular for Greece, the electric vehicle market made significant progress in the last year with the introduction of supportive incentives by the government. The ensuing mass influx of electric vehicles makes it necessary to implement an appropriate scale of charging infrastructure. Consequently, their coordinated management is necessary to avoid load imbalances, excessive voltage fluctuations and to provide the best services for the drivers. This step is achieved only through the analysis of real charging data that is performed in this dissertation. Specifically, useful information is extracted for the starting time, the charging time and the recharging energy depending on the location of the station. Moreover a general pattern of public chargers usage is presented depending on the day and the hour that are being used.

## Keywords

Electric Vehicles, Electric Cars, e-Mobility, Charging Infrastructure, Charging Data, Public Charging Station



*στην οικογένειά μου*





## Ευχαριστίες

---

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Χρυσόστομο Δούκα για την επίβλεψη αυτής της διπλωματικής εργασίας και για την ευκαιρία που μου έδωσε να την εκπονήσω στο εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης. Επίσης ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Χρήστο Στεφανάτο για την καθοδήγησή του και την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την καθοδήγηση και την ηθική συμπαράσταση που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Αθήνα, Ιούλιος 2021

*Παναγιώτης Σκαλούμπακας*



## Περιεχόμενα

---

Περίληψη	1
Abstract	3
Ευχαριστίες	7
<b>1 Εισαγωγή</b>	<b>17</b>
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής	18
1.2 Οργάνωση του τόμου	18
<b>I Θεωρητικό Μέρος</b>	<b>19</b>
<b>2 Εισαγωγή στα ηλεκτρικά οχήματα</b>	<b>21</b>
2.1 Τα είδη των ηλεκτρικών οχημάτων	21
2.2 Τύποι συνδέσμων ηλεκτρικών οχημάτων	23
2.3 Οι μέθοδοι φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων	24
2.4 Ο συσσωρευτής στα ηλεκτρικά οχήματα	25
2.5 Οι τεχνικές προδιαγραφές των ηλεκτρικών οχημάτων	26
2.6 Νομοθετικό - Φορολογικό πλαίσιο	27
<b>3 Η αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων</b>	<b>29</b>
3.1 Η αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη	29
3.2 Ανάπτυξη υποδομών φόρτισης στην Ευρώπη	32
3.3 Η αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα	34
3.4 Ανάπτυξη υποδομών φόρτισης στην Ελλάδα	36
3.5 Σύνοψη βιβλιογραφικής μελέτης	38
<b>II Πρακτικό Μέρος</b>	<b>39</b>
<b>4 Μεθοδολογία</b>	<b>41</b>
4.1 Τα προγραμματιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση	41
4.2 Πηγές δεδομένων φόρτισης	41
4.2.1 Τα δεδομένα φόρτισης από την Go To-U	41
4.2.2 Καθαρισμός των δεδομένων της Go To-U	43
4.2.3 Τα δεδομένα φόρτισης από την Elaadnl	43

4.2.4	Καθαρισμός των δεδομένων της ElaadNL . . . . .	44
4.3	Τρόπος αξιοποίησης των δεδομένων . . . . .	45
<b>5</b>	<b>Υλοποίηση της ανάλυσης δεδομένων φόρτισης</b>	<b>47</b>
5.1	Ανάλυση των δεδομένων φόρτισης της Go To-U . . . . .	47
5.1.1	Αρχική εικόνα των δεδομένων της Go To-U . . . . .	47
5.1.2	Ανάλυση δεδομένων δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης στην Ουκρανία . . . . .	50
5.1.3	Σύγκριση αποτελεσμάτων . . . . .	60
5.2	Ανάλυση των δεδομένων φόρτισης της ElaadNL . . . . .	63
5.2.1	Αρχική εικόνα των δεδομένων της ElaadNL . . . . .	63
5.2.2	Μοτίβο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων . . . . .	64
<b>III</b>	<b>Επίλογος</b>	<b>71</b>
<b>6</b>	<b>Επίλογος</b>	<b>73</b>
6.1	Συμπεράσματα . . . . .	73
6.2	Μελλοντικές Επεκτάσεις . . . . .	73
	<b>Παραρτήματα</b>	<b>75</b>
<b>A'</b>	<b>Πηγαίος Κώδικας σε Python</b>	<b>77</b>
A'.1	Κώδικας για τα δεδομένα της Go To-U . . . . .	77
A'.2	Κώδικας για τα δεδομένα της ElaadNL . . . . .	79
<b>B'</b>	<b>Σημεία φόρτισης στο χάρτη</b>	<b>83</b>
	<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>87</b>

## Κατάλογος Σχημάτων

---

2.1	Είδη ηλεκτρικών οχημάτων . . . . .	22
3.1	Αριθμός πωλήσεων EV(εκ.) και μερίδιο αγοράς(%) στην Ευρώπη την περίοδο 2010 έως 2020 [1], [2] . . . . .	30
3.2	Αριθμός πωλήσεων BEV και PHEV στην Ευρώπη την περίοδο 2010 έως 2020 [1], [2] . . . . .	30
3.3	Οι ευρωπαϊκές χώρες με τις περισσότερες πωλήσεις EVs το 2020 [2] . . . . .	31
3.4	Μερίδιο ηλεκτρικών οχημάτων επί του συνολικού στόλου των επιβατικών οχημάτων . . . . .	31
3.5	Συνολικός αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων φόρτισης στην Ευρώπη και αριθμός EV ανά σημείο φόρτισης [3] . . . . .	32
3.6	Αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων ταχείας και κανονικής φόρτισης στην Ευρώπη [3] . . . . .	33
3.7	Αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων ταχείας φόρτισης ανά 100km σε αυτοκινητόδρομο στην Ευρώπη [3] . . . . .	33
3.8	Μερίδιο αγοράς BEV και PHEV στην Ελλάδα ανά τρίμηνο [2] . . . . .	34
3.9	Αριθμός πωλήσεων BEV και PHEV στην Ελλάδα ανά τρίμηνο [2] . . . . .	35
3.10	Μερίδιο των εγγραφών νέων αυτοκινήτων ανά είδος καυσίμου στην Ελλάδα το 2020 [2] . . . . .	35
3.11	Συνολικός αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων φόρτισης στην Ελλάδα και αριθμός EV ανά σημείο φόρτισης [3] . . . . .	36
3.12	Αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων ταχείας και κανονικής φόρτισης στην Ελλάδα [3] . . . . .	37
3.13	Αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων ταχείας φόρτισης ανά 100km σε αυτοκινητόδρομο στην Ελλάδα [3] . . . . .	37
5.1	Ιστόγραμμα και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας του χρόνου φόρτισης . .	48
5.2	Ιστόγραμμα και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ισχύος φόρτισης . .	48
5.3	Διάγραμμα διασποράς χρόνου φόρτισης - ενέργειας βάσει της ισχύος . . . .	49
5.4	Αριθμός φορτίσεων ανά ώρα της ημέρας στο εμπορικό πολυκατάστημα . . . .	51
5.5	Μέσος χρόνος φόρτισης ανά ώρα της ημέρας στο εμπορικό πολυκατάστημα .	51
5.6	Μέση ενέργεια ανά φόρτιση ανά ώρα της ημέρας στο εμπορικό πολυκατάστημα	52
5.7	Αριθμός φορτίσεων ανά ώρα της ημέρας στη ξενοδοχειακή μονάδα . . . . .	53
5.8	Μέσος χρόνος φόρτισης ανά ώρα της ημέρας στη ξενοδοχειακή μονάδα . . . .	54
5.9	Μέση ενέργεια ανά φόρτιση ανά ώρα της ημέρας στη ξενοδοχειακή μονάδα . .	54

5.10	Αριθμός φορτίσεων ανά ώρα της ημέρας στο μεσιτικό γραφείο . . . . .	56
5.11	Μέσος χρόνος φόρτισης ανά ώρα της ημέρας στο μεσιτικό γραφείο . . . . .	56
5.12	Μέση ενέργεια ανά φόρτιση ανά ώρα της ημέρας στο μεσιτικό γραφείο . . . . .	57
5.13	Αριθμός φορτίσεων ανά ώρα της ημέρας στο επιχειρηματικό μέγαρο . . . . .	58
5.14	Μέσος χρόνος φόρτισης ανά ώρα της ημέρας στο επιχειρηματικό μέγαρο . . . . .	59
5.15	Μέση ενέργεια ανά φόρτιση ανά ώρα της ημέρας στο επιχειρηματικό μέγαρο . . . . .	59
5.16	Μέση ισχύς φορτίσεων στα τέσσερα σημεία . . . . .	60
5.17	Κατανομή του χρόνου φόρτισης αναλόγως της τοποθεσίας του σημείου φόρτισης . . . . .	61
5.18	Κατανομή της ενέργειας φόρτισης αναλόγως της τοποθεσίας του σημείου φόρτισης . . . . .	62
5.19	Ιστόγραμμα και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας του χρόνου φόρτισης . . . . .	63
5.20	Ιστόγραμμα και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ισχύος φόρτισης . . . . .	64
5.21	Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων τη Δευτέρα . . . . .	64
5.22	Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Τρίτη . . . . .	65
5.23	Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Τετάρτη . . . . .	65
5.24	Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Πέμπτη . . . . .	66
5.25	Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Παρασκευή . . . . .	66
5.26	Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων το Σάββατο . . . . .	67
5.27	Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Κυριακή . . . . .	67
5.28	Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την καθημερινή και το σαββατοκύριακο . . . . .	68
5.29	Θηκογράμματα (boxplots) του χρόνου σύνδεσης κάθε ημέρας (η πράσινη διακεκομμένη γραμμή δείχνει τη μέση τιμή) . . . . .	69
5.30	Ωριαία διακύμανση της μέσης ενέργειας ανά φόρτιση την καθημερινή και το σαββατοκύριακο . . . . .	69

## Κατάλογος Εικόνων

---

2.1	Είδη συνδέσμων φόρτισης [4] . . . . .	24
2.2	Σταθμισμένη μέση τιμή συστοιχίας μπαταριών (Pack) και κυττάρου μπαταρίας (Cell) [5] . . . . .	26
2.3	Τυπική καμπύλη DC φόρτισης [6] . . . . .	27
B'.1	Τοποθεσία του εμπορικού πολυκαταστήματος . . . . .	83
B'.2	Τοποθεσία της ξενοδοχειακής μονάδας . . . . .	83
B'.3	Τοποθεσία του μεσιτικού γραφείου . . . . .	84
B'.4	Τοποθεσία του επιχειρηματικού μεγάρου . . . . .	84





## Κατάλογος Πινάκων

---

2.1	Μέθοδοι φόρτισης στην Ευρώπη [7] . . . . .	25
2.2	Οι τεχνικές προδιαγραφές των δημοφιλέστερων EV στην Ευρώπη, 2020 . . . . .	26
2.3	Οικονομικά κίνητρα της δράσης «Κινούμαι Ηλεκτρικά»[8] . . . . .	28
4.1	Αρχική μορφή δεδομένων φόρτισης της Go To-U . . . . .	42
4.1	Αρχική μορφή δεδομένων φόρτισης της Go To-U (συνέχεια) . . . . .	42
4.2	Αρχικά στατιστικά στοιχεία των δεδομένων της Go To-U . . . . .	43
4.3	Στατιστικά στοιχεία των δεδομένων της Go To-U μετά το στάδιο καθαρισμού . . . . .	43
4.4	Αρχική μορφή δεδομένων φόρτισης της Elaadnl . . . . .	44
4.4	Αρχική μορφή δεδομένων φόρτισης της Elaadnl (συνέχεια) . . . . .	44
4.5	Αρχικά στατιστικά στοιχεία των δεδομένων της ElaadNL . . . . .	45
4.6	Στατιστικά στοιχεία των δεδομένων της ElaadNL μετά το στάδιο καθαρισμού . . . . .	45
5.1	Χαρακτηριστικά σταθμού φόρτισης εμπορικού πολυκαταστήματος και της τοποθεσίας του . . . . .	50
5.2	Χαρακτηριστικά σταθμού φόρτισης ξενοδοχειακής μονάδας και της τοποθεσίας του . . . . .	53
5.3	Χαρακτηριστικά σταθμού φόρτισης μεσιτικού γραφείου και της τοποθεσίας του . . . . .	55
5.4	Χαρακτηριστικά σταθμού φόρτισης επιχειρηματικού μεγάρου και της τοποθεσίας του . . . . .	58



## Κεφάλαιο **1**

### Εισαγωγή

---

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα που έχει επιτάξει τη συνεργασία όλων των χωρών. Κρίσιμο σημείο για την αντιμετώπιση του προβλήματος αποτέλεσε η συμφωνία του Παρισιού, που επικυρώθηκε από όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) και στην οποία συμφωνήθηκε ένα σχέδιο δράσης με σκοπό τη μείωση των εκπομπών κατά τουλάχιστον 55% μέχρι το 2030 και απώτερο στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας.

Σήμερα, ο τομέας των μεταφορών αποτελεί το μεγαλύτερο συντελεστή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις χώρες της ΕΕ[9]. Συνεπώς, η μείωση των εκπομπών μεταφορών αποτελεί το κλειδί στην επίτευξη των στόχων για μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα, βάσει της νομοθεσίας της ΕΕ, έχουν τεθεί στόχοι για μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από καινούρια αυτοκίνητα κατά 15% έως το 2025 και κατά 37,5% έως το 2030 με αναφορά βάσης το 2021[10]. Στην επίτευξη αυτών των στόχων αποτελεσματικό ρόλο θα συντελέσει η ηλεκτροποίηση του τομέα μεταφορών, δηλαδή η αντικατάσταση των παραδοσιακών οχημάτων, εξοπλισμένα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, με ηλεκτρικά οχήματα (Electric Vehicles, EVs) φορτιζόμενα από το ηλεκτρικό δίκτυο.

Παρά τα πολλά περιβαλλοντικά οφέλη που μια μαζική εισροή EVs θα επιφέρει, πολλά είναι τα εμπόδια και οι προκλήσεις της ηλεκτροδότησης του τομέα των μεταφορών. Μία ταχεία ενσωμάτωση μεγάλου αριθμού EVs θα προκαλέσει, αναπόφευκτα, αβεβαιότητα και μεταβλητότητα στη λειτουργία του υπάρχοντος συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ). Η αβεβαιότητα αυτή οφείλεται στην ταχύτητα και την κλίμακα υιοθέτησης EVs, αλλά και στις απαιτήσεις ενέργειας και ισχύος των EVs από το δίκτυο. Εξίσου σημαντικές προκλήσεις είναι η περιορισμένη αποστάση που μπορούν να διανύσουν τα EVs, δίχως ανάγκη επαναφόρτισης, γεγονός που προκαλεί ένα αίσθημα άγχους στον οδηγό, γνωστό ως «άγχος αυτονομίας» (range anxiety[11]. Παράλληλα η χρονοβόρα διαδικασία φόρτισης ενός EV αποτελεί παράγοντα αποθάρρυνσης αγοράς τους.

Τα παραπάνω προβλήματα που παρουσιάζονται καθιστούν αναγκαία τη βέλτιστη τοποθέτηση υποδομών φόρτισης και την εύρεση μοτίβων φόρτισης, για την ταχεία εξυπηρέτηση των οδηγών και την εξάλειψη του άγχους. Σε συνδυασμό με τις δυνατότητες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things, IoT) και το σχεδιασμό έξυπνων πόλεων, η σωστή διαχείριση των EVs και των σταθμών φόρτισης θα συμβάλλει σε έναν οικονομικότερο τρόπο μετακίνησης και στον πλήρη έλεγχο της απαιτούμενης ενέργειας από το δίκτυο.

## 1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Το αντικείμενο της διπλωματικής μπορεί να χωριστεί σε δύο σκέλη:

1. Στο θεωρητικό μέρος γίνεται περιγραφή των βασικών χαρακτηριστικών των EVs που συναντώνται σήμερα, του τρόπου επαναφόρτισης τους, ενώ αναφέρονται συνοπτικά οι κύριοι παράγοντες που έχουν συντελέσει στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης τα τελευταία χρόνια. Ακόμη παρουσιάζεται η εξέλιξη της αγοράς των EVs και των υποδομών φόρτισης σε Ευρώπη και Ελλάδα.
2. Στο πρακτικό μέρος πραγματοποιείται η ανάλυση δεδομένων φορτίσεων από δημόσια προσβάσιμους σταθμούς στην Ουκρανία και στην Ολλανδία. Προκύπτουν συμπεράσματα για το μοτίβο που ακολουθούν οι φορτίσεις των EVs, απαραίτητα για την ανάπτυξη κατάλληλων αλγορίθμων πρόβλεψης της διαθεσιμότητας και της ζήτησης ενέργειας, με στόχο τη βέλτιστη εξυπηρέτηση των οδήγων και την εξασφάλιση σταθερού δικτύου.

## 1.2 Οργάνωση του τόμου

Η εργασία αυτή είναι οργανωμένη σε επτά κεφάλαια: Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μία εισαγωγή σε βασικές έννοιες που σχετίζονται με τα ηλεκτρικά οχήματα, όπως είναι τα είδη ηλεκτρικών οχημάτων, ο συσσωρευτής τους και οι τεχνικές προδιαγραφές τους. Ακόμη περιγράφονται οι μέθοδοι φόρτισης και οι τύποι συνδέσμων που συναντώνται σήμερα στην Ευρώπη. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο που είναι σε δράση, με στόχο την ενίσχυση της αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η εξέλιξη της αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων και η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης σε Ευρώπη και Ελλάδα. Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι πίνακες δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση και η αρχική επεξεργασία τους. Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται η ανάλυση των δεδομένων από τους σταθμούς φόρτισης. Τέλος στο Κεφάλαιο 6 δίνεται η συνεισφορά αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και μελλοντικές επεκτάσεις.

## Μέρος **I**

### Θεωρητικό Μέρος

---



## Κεφάλαιο **2**

# Εισαγωγή στα ηλεκτρικά οχήματα

---

Η αύξηση της δημοτικότητας των ηλεκτρικών οχημάτων τα τελευταία χρόνια οφείλεται σε μια σειρά από τεχνολογικές εξελίξεις. Σε αυτό το κεφάλαιο δίνεται το θεωρητικό πλαίσιο της διπλωματικής, το οποίο αφορά τα είδη των ηλεκτρικών οχημάτων, τις μεθόδους φόρτισης και τους τύπους συνδέσμων που χρησιμοποιούνται για τη φόρτιση τους. Επιπλέον αναφέρονται, συνοπτικά, οι βασικοί λόγοι που έχουν συμβάλει στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης, όπως η μείωση της τιμής των συσσωρευτών, η αύξηση της ηλεκτρικής αυτονομίας των EVs και τα κίνητρα που δίνουν οι κυβερνήσεις των κρατών.

### 2.1 Τα είδη των ηλεκτρικών οχημάτων

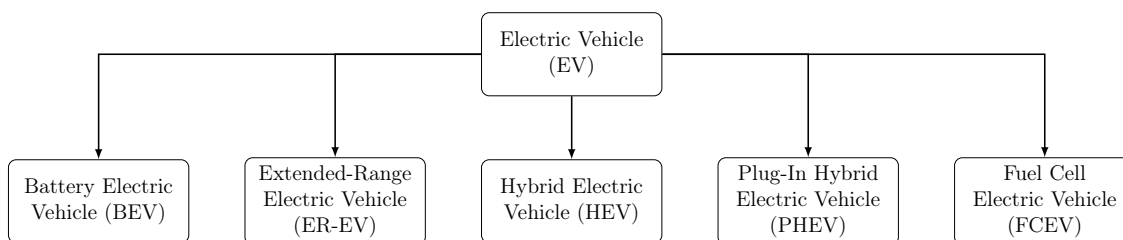
Σήμερα, υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλεκτρικών οχημάτων, αναλόγα με την τεχνολογία των μηχανών τους. Σε γενικές γραμμές, τα ηλεκτρικά οχήματα κατηγοριοποιούνται σε πέντε είδη (Σχήμα 2.1):

- **Αμιγώς Ηλεκτρικά Οχήματα (Battery Electric Vehicles - BEV):** Αποτελούν τον τελικό στόχο της ηλεκτροκίνησης, καθώς επιτυγχάνονται μετακινήσεις με τοπικά μηδενικές εκπομπές αερίων ρύπων CO<sub>2</sub>, διότι η κίνησή τους παρέχεται αποκλειστικά από ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στους συσσωρευτές τους. Ιστορικά, αυτά τα οχήματα προϋπήρξαν των συμβατικών οχημάτων αλλά δεν μπόρεσαν να επικρατήσουν λόγω των μειονεκτημάτων της τεχνολογίας αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μειονεκτήματα αυτά έχουν τώρα σε μεγάλο βαθμό αρθεί αλλά δεν έχουν ακόμα πλήρως εκλείψει. Οι σημερινές τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν την κατασκευή και διάθεση στην αγορά σύγχρονων BEVs με απόσταση αυτονομίας 160 έως 250 km, με μερικά από αυτά να μπορούν να διανύσουν αποστάσεις έως 500 km με μία μόνο φόρτιση. Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου οχήματος είναι το Nissan Leaf, το οποίο είναι 100% ηλεκτρικό και παρέχει μπαταρία 62 kWh που επιτρέπει στους χρήστες να έχουν αυτονομία 325 km.
- **Αναφορτιζόμενα Υβριδικά Οχήματα (Plug-in Hybrid Electric Vehicles - PHEV):** Διαθέτουν δύο προωστήριες μονάδες, οι οποίες είναι ένας θερμικός κινητήρας που λειτουργεί με υγρό ή αέριο καύσιμο (ορυκτό ή βιοκαύσιμο) και ένα ηλεκτροκινητήρα που λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για την κίνησή τους παρέχεται από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ή μέσω της

αναγεννητικής πέδησης. Ένα σημαντικό μέρος ή ακόμα και το σύνολο της συνήθους καθημερινής κίνησης αυτών των οχημάτων μπορεί να επιτευχθεί τοπικά με μηδενικές εκπομπές ρύπων CO<sub>2</sub>, διότι μπορούν να κινούνται σε σημαντικές αποστάσεις (από 20 έως 60 χιλιόμετρα) ως αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα με συσσωρευτές.

- Υβριδικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicles - HEV):** Διαθέτουν δύο πρωσθήριες μονάδες, οι οποίες είναι ένας θερμικός κινητήρας και ένας ηλεκτροκινητήρας, όπως και τα PHEVs, με τη μόνη διαφορά πως δεν είναι δυνατή η φόρτιση των συσσωρευτών τους από εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ηλεκτροκινητήρας χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από μία ηλεκτρογεννήτρια μηχανικά συνδεδεμένη με το θερμικό κινητήρα ή μέσω της αναγεννητικής πέδησης.
- Ηλεκτρικά Οχήματα Κυψέλης Καυσίμου (Fuel Cells Electric Vehicles - FCEV):** Αυτά τα οχήματα διαθέτουν έναν ηλεκτρικό κινητήρα που χρησιμοποιεί ένα μείγμα συμπιεσμένου υδρογόνου και οξυγόνου που λαμβάνεται από την ατμόσφαιρα και εκπέμπουν στο περιβάλλον μόνο υδρατμούς. Αν και αυτά τα είδη οχημάτων θεωρείται ότι παρουσιάζουν «μηδενικές εκπομπές», αξίζει να τονιστεί ότι, αν και υπάρχει πράσινο υδρογόνο, το μεγαλύτερο μέρος του χρησιμοποιημένου υδρογόνου εξάγεται από φυσικό αέριο. Τα περισσότερα FCEVs χρησιμοποιούν τους συσσωρευτές τους για την ανάκτηση ενέργειας πέδησης, παρέχοντας επιπλέον ισχύ κατά τη διάρκεια συμβάντων μικρής επιτάχυνσης και για εξομάλυνση της ισχύς που παρέχεται από την κυψέλη καυσίμου (Fuel Cell).
- Ηλεκτροκίνητα Οχήματα με Συσσωρευτές και Ηλεκτροπαραγωγική Μονάδα (Extended Range Electric Vehicles – ER-EV):** Αυτά τα οχήματα είναι παρόμοια με αυτά της κατηγορίας BEV. Ωστόσο, στα ER-EVs παρέχεται επίσης ένας συμπληρωματικός κινητήρας καύσης, ο οποίος φορτίζει τις μπαταρίες του οχήματος σε περίπτωση ανάγκης. Αυτός ο τύπος θερμικού κινητήρα, σε αντίθεση με αυτούς που παρέχονται από τα PHEVs και τα HEVs, χρησιμοποιείται μόνο για φόρτιση, έτσι δεν συνδέεται με τους κινητήριους τροχούς του οχήματος και, επομένως, δεν σχετίζεται καθόλου με την πρόωσή του. Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου οχημάτων είναι η BMW i3, η οποία διαθέτει μπαταρία 42,2 kWh που έχει ως αποτέλεσμα αυτονομία 230 km σε ηλεκτρική λειτουργία, ενώ οι χρήστες μπορούν να επωφεληθούν επιπλέον 130 km από τη λειτουργία εκτεταμένης εμβέλειας.

Σχήμα 2.1: Είδη ηλεκτρικών οχημάτων



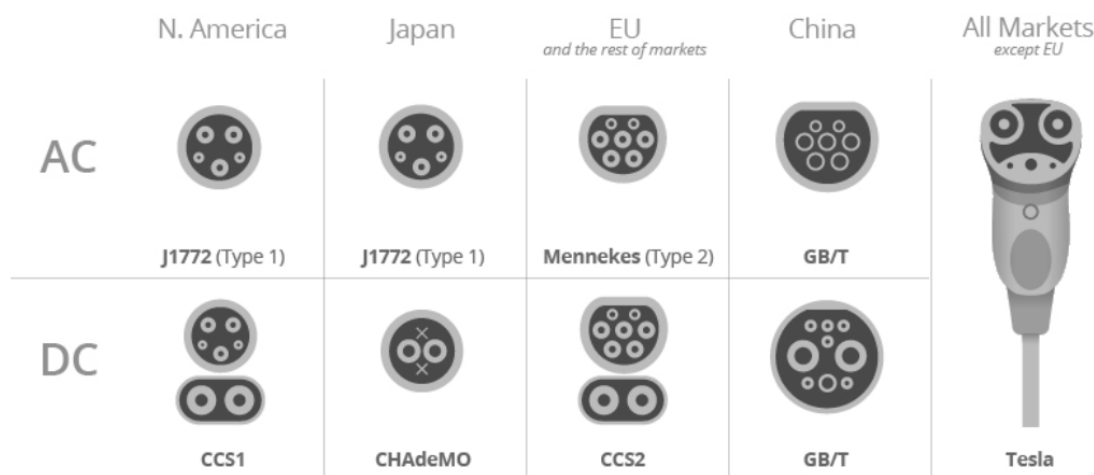


Στην παρούσα διπλωματική εργασία η αναφορά σε ηλεκτρικά οχήματα ή EV αφορά τα οχήματα που τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια από δίκτυο, δηλαδή τα BEV, ER-EV και τα PHEV.

## 2.2 Τύποι συνδέσμων ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα περιλαμβάνουν στο βασικό εξοπλισμό τους έναν AC/DC μετατροπέα που επιτρέπει τη φόρτιση των συσσωρευτών στο σπίτι μέσω της χρήσης απλής πρίζας σούχο. Ωστόσο, όταν απαιτούνται γρηγορότερες φορτίσεις, πρέπει να χρησιμοποιούνται σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, που μπορούν να τροφοδοτούν ηλεκτρισμό μέσω διαφόρων συνδέσμων, ανάλογα με το πρότυπο που υποστηρίζεται. Οι τύποι των συνδέσμων που συναντώνται σήμερα είναι οι εξής:

- **Type 1 (J1772)** - Χρησιμοποιείται στη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία και επιτρέπει μονοφασική AC φόρτιση. Διαθέτει πέντε ακροδέκτες, δύο από αυτούς είναι για την παροχή ισχύος (φάση και ούδετερος), ένας για τη γείωση, ένας για την αποτροπή της κίνησης του οχήματος ενώ είναι συνδεδεμένο και ένας ακροδέκτης που επιτρέπει την επικοινωνία σταθμού - οχήματος.
- **Type 2 (Mennekes)** - Χρησιμοποιείται κυρίως στην Ευρώπη και είναι κατάλληλο για μονοφασική και τριφασική AC φόρτιση. Ο συγκεκριμένος σύνδεσμος έχει επτά ακίδες, τέσσερις για την παροχή ισχύος (σε λειτουργία τριών φάσεων και ουδέτερος), μία για τη γείωση και δύο ακίδες για την επικοινωνία με το όχημα.
- **SAE Combo (CCS1 ή CCS2)** - Πρόκειται για σύνδεσμο που χρησιμοποιείται στην περίπτωση DC φόρτισης και συνδυάζει την αξιοποίηση του συνδέσμου Type 1 ή Type 2 με την χρήση δύο επιπλέον ακροδεκτών, οπότε και προκύπτουν αντίστοιχα οι σύνδεσμοι CCS1 ή CCS2. Ο CCS1 σύνδεσμος συναντάται κυρίως στην αμερικάνικη αγορά ενώ ο CCS2 σε ευρωπαϊκά ηλεκτρικά οχήματα.
- **CHAdeMo** - Τύπος συνδέσμου που σχεδιάστηκε για την παροχή ταχείας συνεχούς φόρτισης. Σταθμοί που διαθέτουν τέτοιου είδους σύνδεσμο μπορούν να παρέχουν ισχύς μέχρι και 150kW, με επιδίωξη να φτάσουν τα 350kW στο μέλλον [12]. Αυτός ο σύνδεσμος διαθέτει δέκα ακροδέκτες, δύο για την παροχή DC ισχύος, έναν για τη γείωση και επτά για την επικοινωνία με το δίκτυο.
- **GB/T 20234** – Αυτός ο σύνδεσμος χρησιμοποιείται στα ηλεκτρικά οχήματα της κινέζικης αγοράς. Στην εκδοχή του για AC φόρτιση, μοιάζει με το βύσμα Mennekes, ωστόσο δεν είναι συμβατός με τα ευρωπαϊκά οχήματα, καθώς χρησιμοποιείται διαφορετικό πρωτόκολλο επικοινωνίας. Για τη DC φόρτιση ορίζεται καινούριο είδος συνδέσμου από το συγκεκριμένο πρότυπο.
- **Tesla Superchargers** - Η Tesla χρησιμοποιεί δύο διαφορετικούς συνδέσμους για τη γρήγορη φόρτιση των οχημάτων της, αναλόγως αν τα οχήματα πωλούνται στην Ευρώπη ή στις Ηνωμένες Πολιτείες. Στην Ευρώπη, η Tesla έχει υιοθετήσει το βύσμα Mennekes, ενώ για τις Ηνωμένες Πολιτείες έχει σχεδιάσει το δικό της σύνδεσμο.



Εικόνα 2.1: Είδη συνδέσμων φόρτισης [4]

### 2.3 Οι μέθοδοι φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων

Η επαναφόρτιση των EVs, όπως αναφέρθηκε, μπορεί να γίνει είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), είτε με συνεχές (DC). Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα (IEC 61851), υπάρχουν τέσσερις μέθοδοι φόρτισης, διαφοροποιημένες ως προς την ταχύτητα φόρτισης, τα επίπεδα ασφαλείας αλλά και τον έλεγχο της διαδικασίας της φόρτισης.

- **Μέθοδος Φόρτισης 1 (Mode 1)** – Πρόκειται για μη ελεγχόμενη μέθοδο φόρτισης με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) που πραγματοποιείται κυρίως σε οικιακό επίπεδο. Χρησιμοποιείται η συνηθισμένη πρίζα σούκο, ενώ το όριο ρεύματος φόρτισης δεν ξεπερνά τα 16Α. Δεν υπάρχει επικοινωνία με το όχημα, ενώ το καλώδιο φόρτισης σε αυτή την περίπτωση δεν παρέχει κάποια επιπλέον προστασία για την διαδικασία της φόρτισης εκτός από αυτήν που έχει προβλεφθεί στην υπάρχουσα ηλεκτρολογική εγκατάσταση.
- **Μέθοδος Φόρτισης 2 (Mode 2)** – Μη ελεγχόμενη μέθοδος, στην οποία επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ισχύς φόρτισης (έως 22kW (3Φ)) συγκριτικά με τη μέθοδο 1, ενώ το καλώδιο φόρτισης παρέχει επιπλέον μέσα προστασίας καθώς και ρύθμιση της έντασης του ρεύματος φόρτισης μέσω επικοινωνίας με το ηλεκτρικό όχημα.
- **Μέθοδος Φόρτισης 3 (Mode 3)** – Πρόκειται για ελεγχόμενη μέθοδο φόρτισης με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων που επιτυγχάνουν ισχύ φόρτισης έως 44kW (63A (3Φ)). Τα ειδικού τύπου καλώδια που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο αυτή βρίσκονται είτε ενσωματωμένα στον σταθμό φόρτισης είτε συνδέονται από τον χρήστη σε κατάλληλη πρίζα που φέρει ο σταθμός, ενώ επιτρέπουν την επικοινωνία του οχήματος με τον σταθμό φόρτισης προκειμένου να επιτυγχάνεται ρύθμιση της ισχύος φόρτισης ή διάγνωση σφαλμάτων. Η Μέθοδος 3 χρησιμοποιείται κυρίως σε δημοσίως προσβάσιμους χώρους.
- **Μέθοδος Φόρτισης 4 (Mode 4)** – Η Μέθοδος 4 επιτρέπει την υπερταχεία φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων με συνεχές ρεύμα (DC). Οι σταθμοί φόρτισης που απαιτούνται στην περίπτωση αυτή περιλαμβάνουν εξοπλισμό μετατροπής του ρεύματος από AC

σε DC, έχουν πάντοτε ενσωματωμένα τα ειδικά καλώδια φόρτισης, ενώ η ισχύς φόρτισης που επιτυγχάνουν συνήθως είναι 50-170kW. Λόγω των υψηλών αυτών επιπέδων ισχύος υπάρχουν και αυξημένες απαιτήσεις για τις υποδομές εγκατάστασης τέτοιων σταθμών.

Πίνακας 2.1: Μέθοδοι φόρτισης στην Ευρώπη [7]

Πρότυπο	Μέθοδος Φόρτισης	Πηγή	Τάση	Μέγιστο Ρεύμα	Μέγιστη Ισχύς	Ελεγχόμενη Μέθοδος
IEC 61851	Mode 1	AC 1Φ	230V	16A	3.7kW	Όχι
		AC 3Φ	400V		6.4kW	
	Mode 2	AC 1Φ	230V	32A	7.4kW	Όχι
		AC 3Φ	400V		22kW	
	Mode 3	AC 1Φ	230V	63A*	14.5kW	Ναι
		AC 3Φ	400V		44kW	
	Mode 4	DC	600-1000V	250-400A	150-400kW	Ναι

\*Μέγιστο ρεύμα για σύνδεσμο Mennekes (IEC 62196 - Type 2) που χρησιμοποιείται για την AC φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη.

Πέραν των τεσσάρων μεθόδων φόρτισης, τα δημόσια προσβάσιμα σημεία φόρτισης στην Ευρώπη διακρίνονται σε δύο κατηγορίες αναλόγως τη μέγιστη ισχύ που παρουσιάζουν [13]. Στην πρώτη ανήκουν τα σημεία επαναφόρτισης κανονικής ισχύος, τα οποία επιτρέπουν τη μεταφορά ηλεκτρισμού σε ηλεκτρικό όχημα με ισχύ έως 22 kW, αποκλεισμένων των σημείων επαναφόρτισης 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. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα σημεία επαναφόρτισης υψηλής ισχύος που επιτρέπουν τη φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος με ισχύ υψηλότερη των 22 kW.

## 2.4 Ο συσσωρευτής στα ηλεκτρικά οχήματα

Ο συσσωρευτής αποτελεί το κύριο εξάρτημα των EVs και είναι ο βασικός λόγος για τις υψηλές τιμές αγοράς τους. Με την εμπορευματοποίηση των μπαταριών ιόντων λιθίου (LIBs), οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή ως επί το πλείστον στα EVs, έχει σημειωθεί τεράστια πρόοδος στην αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της απόδοσης των μπαταριών. Οι εξελίξεις που σημειώνονται στην τεχνολογία των μπαταριών συνεπάγεται την αύξηση των δυνατοτήτων των ηλεκτρικών οχημάτων (EVs) και την ανάπτυξη της αγοράς τους [14].

Οι τιμές των συστοιχιών μπαταριών ιόντων λιθίου, οι οποίες ήταν πάνω από 1.100\$/kWh το 2010, μειώθηκαν κατά 89% και κόστιζαν μόλις 137\$/kWh το 2020. Η μείωση της τιμής τους που έχει σημειωθεί οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως είναι η αύξηση των πωλήσεων των BEVs και η εισαγωγή νέων σχεδίων συστοιχίας μπαταριών. Σύμφωνα με την τελευταία πρόβλεψη από την ερευνητική εταιρεία BloombergNEF (BNEF), η τιμή της μπαταρίας των EVs θα πέσει στα 101\$/kWh το 2023. Αυτό θα επιτρέψει στις αυτοκινητοβιομηχανίες τη μαζική

παραγωγή και πώληση EVs σε τιμές συγκρίσιμες με αντίστοιχα οχήματα εσωτερικής καύσης [5].



Εικόνα 2.2: Σταθμισμένη μέση τιμή συστοιχίας μπαταριών (Pack) και κυττάρου μπαταρίας (Cell) [5]

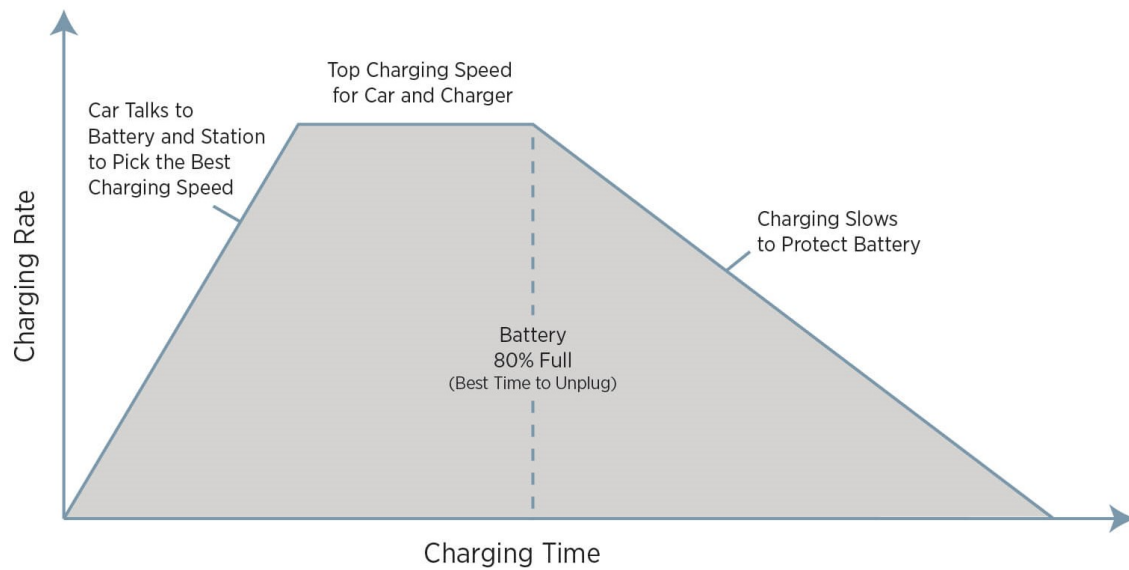
## 2.5 Οι τεχνικές προδιαγραφές των ηλεκτρικών οχημάτων

Στον πίνακα 2.2, αναγράφονται οι τεχνικές προδιαγραφές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων με τις περισσότερες πωλήσεις στην Ευρώπη το 2020[15]. Οι χρόνοι κανονικής και ταχείας φόρτισης έχουν υπολογιστεί για τριφασική AC φόρτιση των 11kW και DC φόρτιση των 50kW αντίστοιχα. Η μεγάλη διασπορά που εμφανίζουν οι χρόνοι της AC φόρτισης οφείλεται στο μέγεθος της μπαταρίας αλλά και στην αδυναμία αξιοποίησης τριφασικής παροχής ορισμένων μοντέλων. Για τη DC φόρτιση, ο χρόνος έναρξης της φόρτισης του EV στο σταθμό γίνεται στο 10% της μπαταρίας και εξετάζεται η φόρτιση μέχρι το 80%, καθώς έπειτα από εκείνο το σημείο επιβραδύνεται αισθητά ο ρυθμός φόρτισης για λόγους προστασίας της μπαταρίας (Εικόνα 2.3).

Φαίνεται πως όλα τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα που εμφανίζονται στον πίνακα μπορούν να διανύσουν αποστάσεις μεγαλύτερες των 200km (ανά φόρτιση) και εμφανίζουν παρόμοια απόδοση μπαταρίας, γύρω στις 165 Wh/km.

Πίνακας 2.2: Οι τεχνικές προδιαγραφές των δημοφιλέστερων EV στην Ευρώπη, 2020

Μοντέλο οχήματος	Χωρητικότητα Μπαταρίας (kWh)	Ηλεκτρική Αυτονομία (km)	Απόδοση Μπαταρίας (Wh/km)	Χρόνος Κανονικής Φόρτισης (0% - 100%)	Χρόνος Ταχείας Φόρτισης (10% - 80%)
Renault Zoe [16]	54.7	255	161	2h15m	45m
Tesla Model 3 [17]	82	460	165	8h15m	67m
Volkswagen ID.3 [18]	62	350	166	6h15m	51m
Hyundai Kona [19]	67.5	395	162	7h	71m
Peugeot e-208 [20]	50	275	164	5h	43m
Kia e-Niro [21]	42	235	167	4h15m	43m
Nissan Leaf [22]	62	325	164	18h	62m
Audi e-tron [23]	95	365	237	9h15m	76m
BMW i3 [24]	42.2	230	165	4h15m	36m



Εικόνα 2.3: Τυπική καμπύλη DC φόρτισης [6]

Το 2020 ήταν διαθέσιμα 370 μοντέλα EVs , μία αύξηση 40% από το 2019 και η ηλεκτρική αυτονομία των BEVs ήταν κατά μέσο όρο 350km, τη στιγμή που το 2015 ήταν μόλις 200km [25]. Οι αυξανόμενες δυνατότητες των EVs όσον αφορά την ηλεκτρική αυτονομία τους αλλά και η μεγάλη γκάμα των διαθέσιμων μοντέλων αποτελούν σημαντικούς παράγοντες της αύξησης του μεριδίου αγοράς τους τα τελευταία χρόνια [26].

## 2.6 Νομοθετικό - Φορολογικό πλαίσιο

Ένας επιπλέον σημαντικός παράγοντας, που συνέβαλε στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια, είναι ο συνδυασμός υποστηρικτικών κινήτρων και συντονισμένης πολιτικής της κάθε κυβέρνησης. Όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ, σήμερα, παρέχουν κάποιο είδος κινήτρου για την αγορά EVs, όπως απαλλαγές από φόρους αγοράς, εφάπαξ επιδοτήσεις σε φυσικά πρόσωπα και επιχειρήσεις κτλ [27].

Η Ελλάδα το 2020 αποφάσισε την προκήρυξη της δράσης με τίτλο «Κινούμαι Ηλεκτρικά» [28]. Στόχος της συγκεκριμένης δράσης είναι η ενίσχυση της αγοράς αμιγώς ηλεκτρικών ή υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων εξωτερικής φόρτισης (με όριο εκπομπών CO<sub>2</sub> τα 50 g/km), με δυνατότητα απόσυρσης (ή αντικατάστασης) παλαιού οχήματος, καθώς και της αγοράς και εγκατάστασης «έξυπνου» οικιακού σημείου επαναφόρτισης ηλεκτρικού οχήματος. Το ύψος των ενισχύσεων (οικολογικό bonus για την αγορά νέου οχήματος, επιδότησης αγοράς «έξυπνου» οικιακού σημείου επαναφόρτισης και επιδότησης μέσω της απόσυρσης) ανά κατηγορία τελικού αποδέκτη και ανά όχημα, φαίνονται στον Πίνακα 2.3 [8].

Εκτός των οικονομικών κινήτρων της παραπάνω δράσης, προσφέρονται κίνητρα φορολογικού χαρακτήρα, αλλά και κίνητρα όπως:

- η δημιουργία δωρεάν θέσεων στάθμευσης για τα ηλεκτρικά οχήματα,
- τα κίνητρα αδειοδότησης μονάδων παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων και αγαθών ή ειδών

ηλεκτρικών οχημάτων,

- η επιβολή περιβαλλοντικού τέλους και η απαγόρευση εισαγωγής σε παλαιά, ρυπογόνα μεταχειρισμένα οχήματα.

Όλα τα παραπάνω συνέβαλαν σε μία πρωτόγνωρη ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα το 2020, η οποία παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3.

Πίνακας 2.3: Οικονομικά κίνητρα της δράσης «Κινούμαι Ηλεκτρικά»[8]

	Λιανική Τιμή Προ Φόρων έως 30.000€	Λιανική Τιμή Προ Φόρων 30.001€-50.000€	Προαιρετική Απόσυρση	"Εξυπνο" σημείο επαναφόρτισης EV	ΑμεΑ, Τρίτεκνοι/ Πολύτεκνοι (επιπλέον)
<b>Φυσικά Πρόσωπα - ΙΧ</b>	20%, έως 6.000€	15%, έως 6.000€	1.000€	500€	1.000€
<b>ΕΔΧ ΤΑΞΙ</b>	BEV	RHEV εκπομπών έως 50g/km	Απόσυρση		ΑμεΑ, Τρίτεκνοι/ Πολύτεκνοι (επιπλέον)
	25%, έως 10.500€	15%, έως 8.000€	Περιλαμβάνει υποχρεωτική Απόσυρση		1.000€
<b>ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ</b>	BEV	RHEV εκπομπών έως 50g/km	Προαιρετική Απόσυρση		
	15%, έως 5.500€	15%, έως 4.000€	1.000€		
<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΔΙΚΥΚΛΑ, ΤΡΙΚΥΚΛΑ</b>	Οικολογικό bonus	Προαιρετική Απόσυρση	ΑμεΑ, Τρίτεκνοι/ Πολύτεκνοι (επιπλέον μόνο για φυσικά πρόσωπα)		
	20%, έως 8.000€	400€	500€		
<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΟΔΗΛΑΤΑ</b>	Οικολογικό bonus	Προαιρετική Απόσυρση	ΑμεΑ, Πολύτεκνοι		
	40%, έως 800€	-	500€		

## Κεφάλαιο **3**

# Η αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων

---

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η ανάπτυξη της αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων και των υποδομών φόρτισης που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη και ειδικότερα στην Ελλάδα.

### 3.1 Η αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη

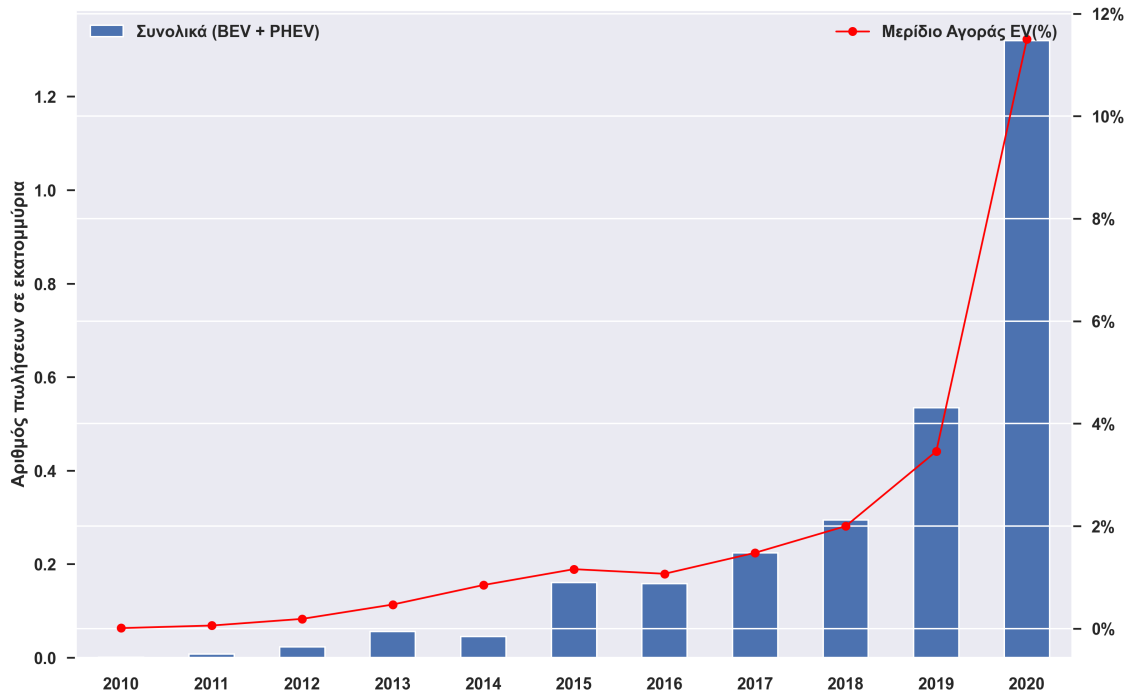
Μετά από μια δεκαετία ταχείας ανάπτυξης, το παγκόσμιο απόθεμα ηλεκτρικών αυτοκινήτων έφτασε τα 10 εκατομμύρια το 2020, μία αύξηση 43% από το 2019, αντιπροσωπεύοντας μερίδιο αγοράς της τάξης του 1%. Συγκεκριμένα το 2020 σημειώθηκαν 3,24 εκ. πωλήσεις EVs παγκοσμίως σε σύγκριση με το 2019 που είχαν σημειωθεί 2,26 εκ. πωλήσεις.

Στην Ευρώπη, η αγορά αυτοκινήτων μειώθηκε κατά 22% το 2020, αλλά οι εγγραφές καινούριων ηλεκτρικών αυτοκινήτων υπερδιπλασιάστηκαν στα 1,4 εκατομμύρια, αντιπροσωπεύοντας μερίδιο πωλήσεων μεγαλύτερο του 10% (Σχήμα 3.1). Στις ευρωπαϊκές χώρες, οι εγγραφές BEV αντιπροσώπευαν το 54% των ηλεκτρικών αυτοκινήτων το 2020, συνεχίζοντας να υπερβαίνουν εκείνες των PHEV (Σχήμα 3.2).

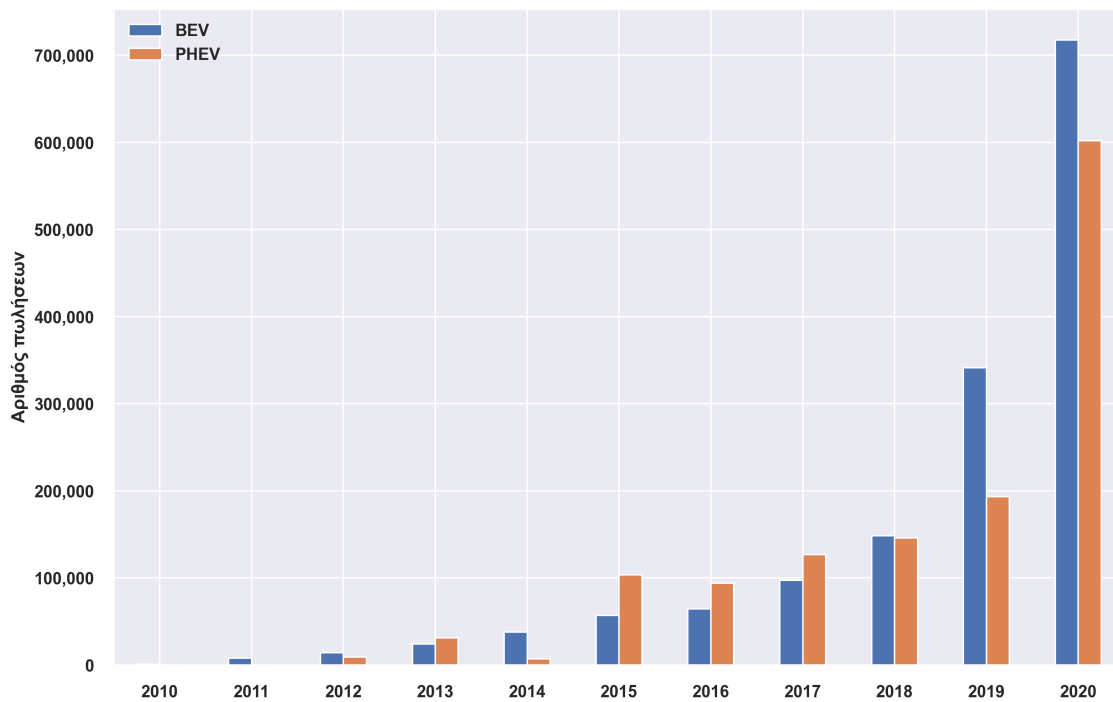
Οι χώρες με τις περισσότερες πωλήσεις EVs το 2020 βρίσκονται κατά κύριο λόγο στη Βόρεια και Δυτική Ευρώπη και είναι αυτές που παρουσιάζουν το υψηλότερο κατά κεφαλήν ΑΕΠ, υποδεικνύοντας την άμεση συσχέτιση των δύο. Συγκεκριμένα, η Γερμανία καταχώρησε 395.000 νέα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, η Γαλλία καταχώρησε 185.000 και το Ηνωμένο Βασίλειο υπερδιπλασίασε τις εγγραφές για να φτάσει 176.000. Το μερίδιο των BEVs ήταν ιδιαίτερα υψηλό στην Ολλανδία (82% όλων των εγγραφών ηλεκτρικών αυτοκινήτων), στη Νορβηγία (73%), στο Ηνωμένο Βασίλειο (62%) και στη Γαλλία (60%) (Σχήμα 3.3). Ακόμη στο Σχήμα 3.4 φαίνεται το ποσοστό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων επί του συνολικού στόλου των χωρών αυτών. Η Νορβηγία αποτελεί τη μακράν πιο ώριμη αγορά EVs στην Ευρώπη, το οποίο οφείλεται κατά κύριο λόγο στο προοδευτικό φορολογικό σύστημα που ισχύει και καθιστά τα περισσότερα μοντέλα EVs φθηνότερα από τα αντίστοιχα βενζινοκίνητα [29].

Η ραγδαία ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης σε ολόκληρη την Ευρώπη οφείλεται στο συνδυασμό των παραγόντων που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2, αλλά και στην έναρξη ισχύος του ανανεωμένου κανονισμού της ΕΕ, βάσει του οποίου οι αυτοκινητοβιομηχανίες πρέπει να μειώσουν τις συνολικές εκπομπές του στόλου νέων οχημάτων σε 95 gCO<sub>2</sub>/km το 2020/21 [30]. Ως αποτέλεσμα, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων έχουν διαφοροποιήσει την προσφορά τους και αύξησαν την παραγωγή των EVs[31].

Σύμφωνα με το Σενάριο Δηλωμένων Πολιτικών (Stated Policies Scenario, STEPS) , το παγκόσμιο απόθεμα EVs θα φτάσει τα 145 εκ. το 2030, αντιπροσωπεύοντας ετήσιο ρυθμό αύξησης ίσο σχεδόν με 30% [25].

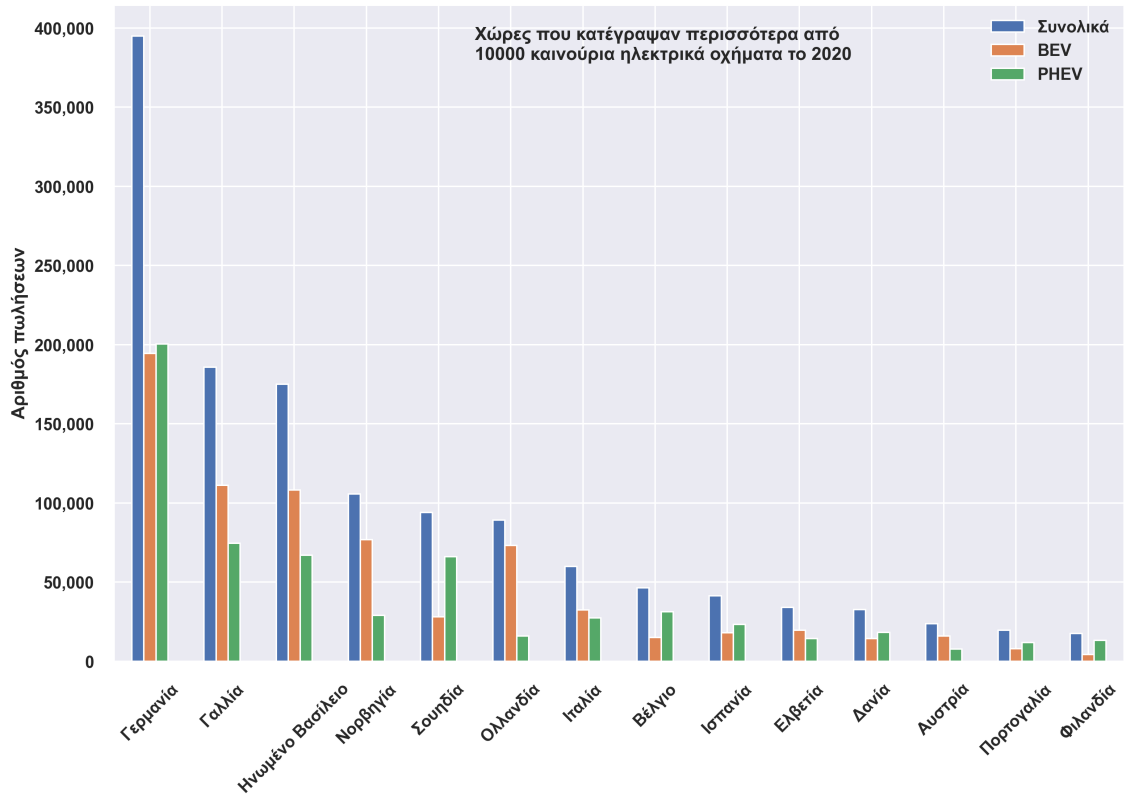


Σχήμα 3.1: Αριθμός πωλήσεων EV(εκ.) και μερίδιο αγοράς(%) στην Ευρώπη την περίοδο 2010 έως 2020 [1], [2]

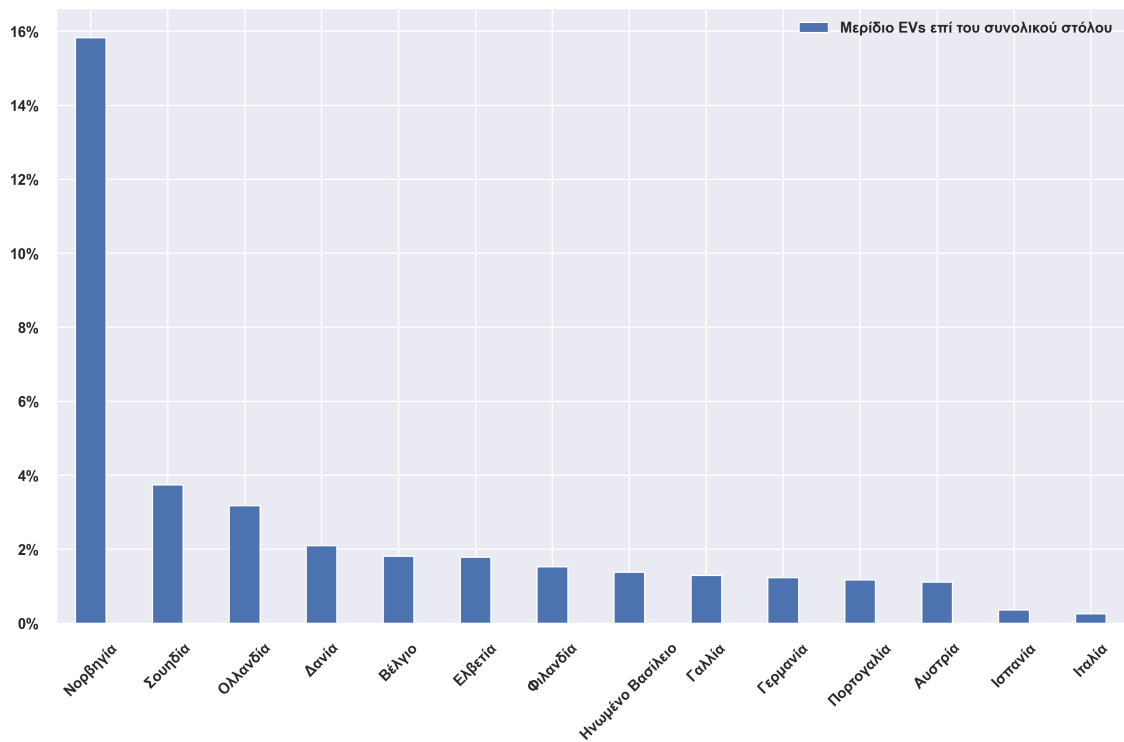


Σχήμα 3.2: Αριθμός πωλήσεων BEV και PHEV στην Ευρώπη την περίοδο 2010 έως 2020 [1], [2]





Σχήμα 3.3: Οι ευρωπαϊκές χώρες με τις περισσότερες πωλήσεις EVs το 2020 [2]



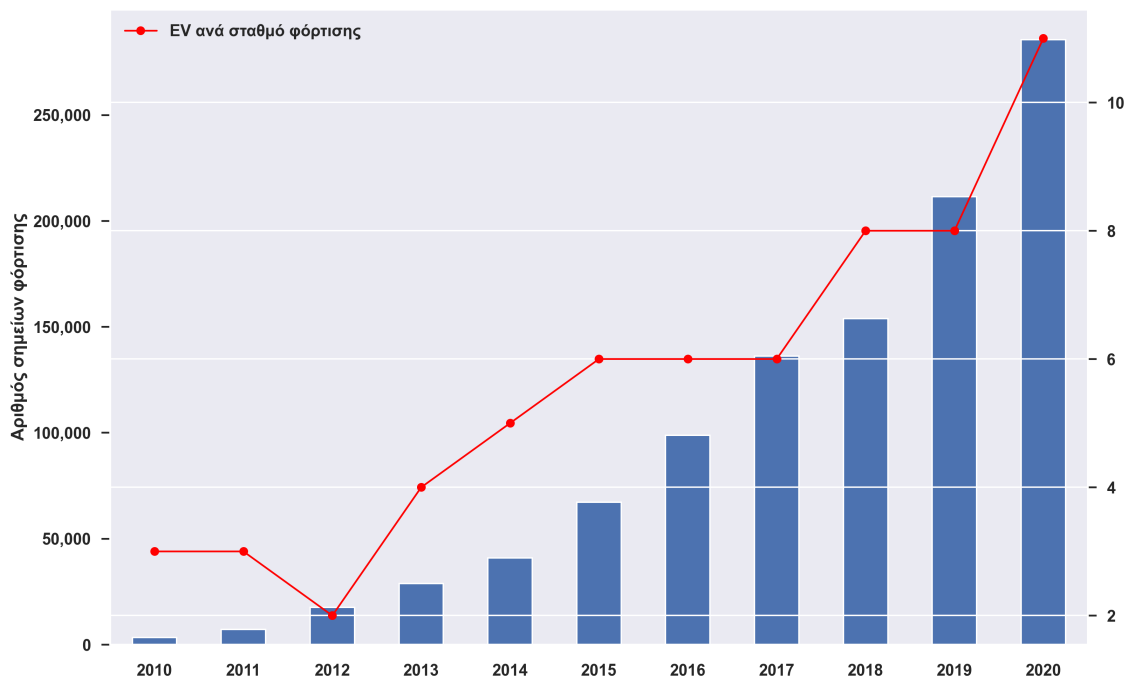
Σχήμα 3.4: Μερίδιο ηλεκτρικών οχημάτων επί του συνολικού στόλου των επιβατικών οχημάτων

### 3.2 Ανάπτυξη υποδομών φόρτισης στην Ευρώπη

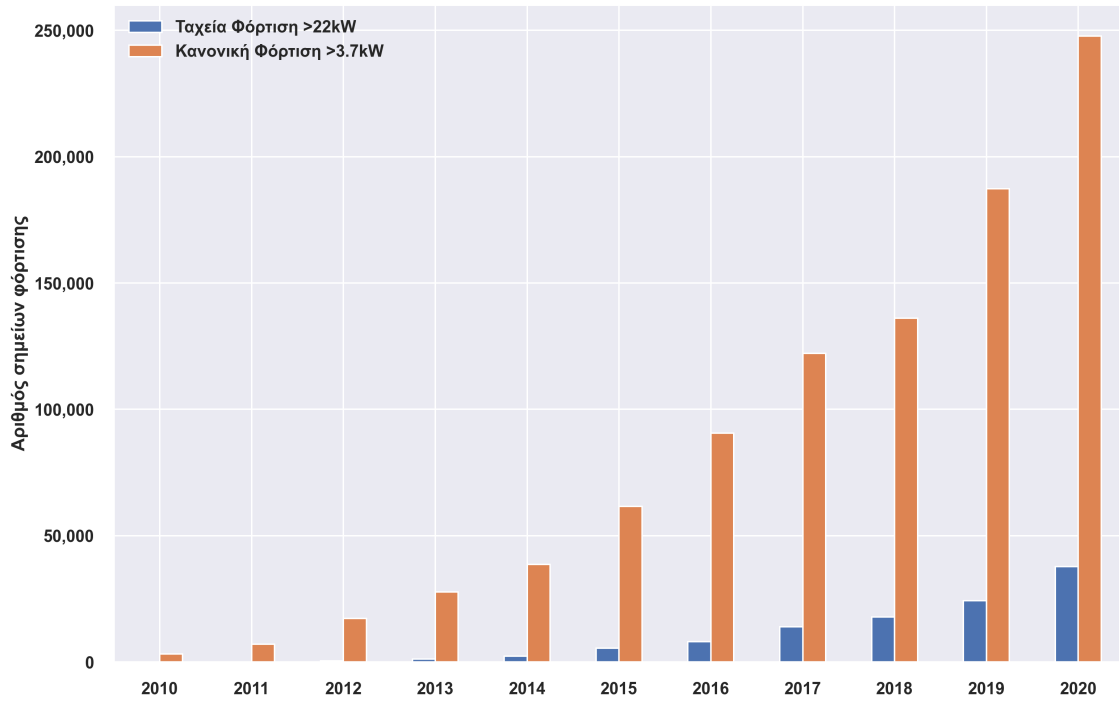
Η συνεχόμενη αύξηση του αριθμού των ηλεκτρικών οχημάτων απαιτεί και την ανάλογη ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης. Τα δημόσια προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων αυξήθηκαν κατά 45% και έφτασαν τις 1,3 εκ. μονάδες το 2020 παγκοσμίως, εκ των οποίων το 30% αφορά σταθμούς ταχείας επαναφόρτισης. Ο ρυθμός εγκατάστασής τους ήταν μικρότερος από το 85% που καταγράφηκε το 2019, γεγονός που πολύ πιθανόν να οφείλεται στη διακοπή της εργασίας σε σημαντικές αγορές λόγω της πανδημίας ;;

Στην Ευρώπη υπήρχαν περίπου 288.000 δημόσια σημεία φόρτισης στο τέλος του 2020, μία αύξηση 35% από το 2019. Παρά την ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης που σημειώθηκε, ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων ανά σημείο φόρτισης αυξήθηκε και έφτασε τα 11, μία αύξηση κατά 3 οχήματα (Σχήμα 3.5). Επομένως, γίνεται σαφές ότι ο ρυθμός αύξησης των ηλεκτρικών οχημάτων ήταν μεγαλύτερος από το ρυθμό εγκατάστασης δημόσιων σημείων φόρτισης το 2020.

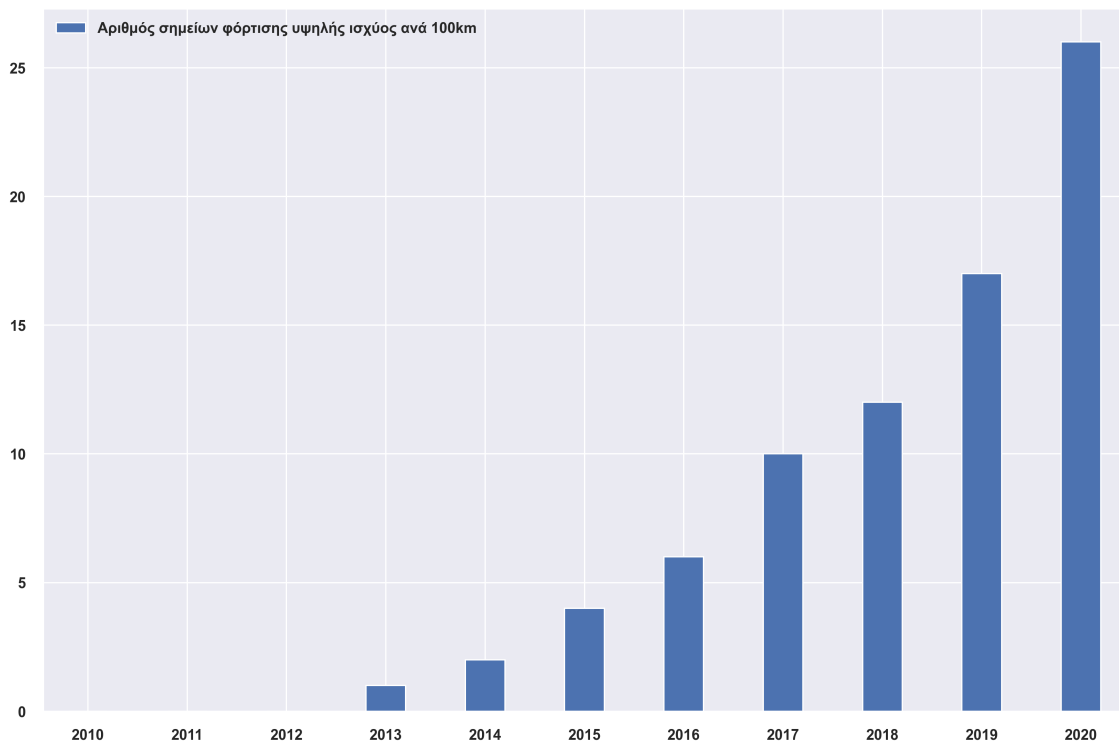
Η Ευρώπη έφτασε περίπου τα 250.000 δημόσια προσβάσιμα σημεία κανονικής φόρτισης (ισχύς φόρτισης μικρότερη των 22kW), σημειώνοντας αύξηση 33% από το 2019. Παράλληλα ο αριθμός των σημείων ταχείας φόρτισης (ισχύς φόρτισης μεγαλύτερη των 22kW) έφτασε τις 38.000 μονάδες, μία αύξηση που αντιστοιχεί σε 55% από το 2019 (Σχήμα 3.6). Τα τελευταία τοποθετούνται κυρίως σε αυτοκινητόδρομους, για τη διευκόλυνση διάνυσης μεγαλύτερων διαδρομών. Το 2020 ο αριθμός τους ανά 100km σε αυτοκινητόδρομο έφτασε τα 26, μία αύξηση 52% από το 2019 (Σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.5: Συνολικός αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων φόρτισης στην Ευρώπη και αριθμός EV ανά σημείο φόρτισης [3]



Σχήμα 3.6: Αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων ταχείας και κανονικής φόρτισης στην Ευρώπη [3]



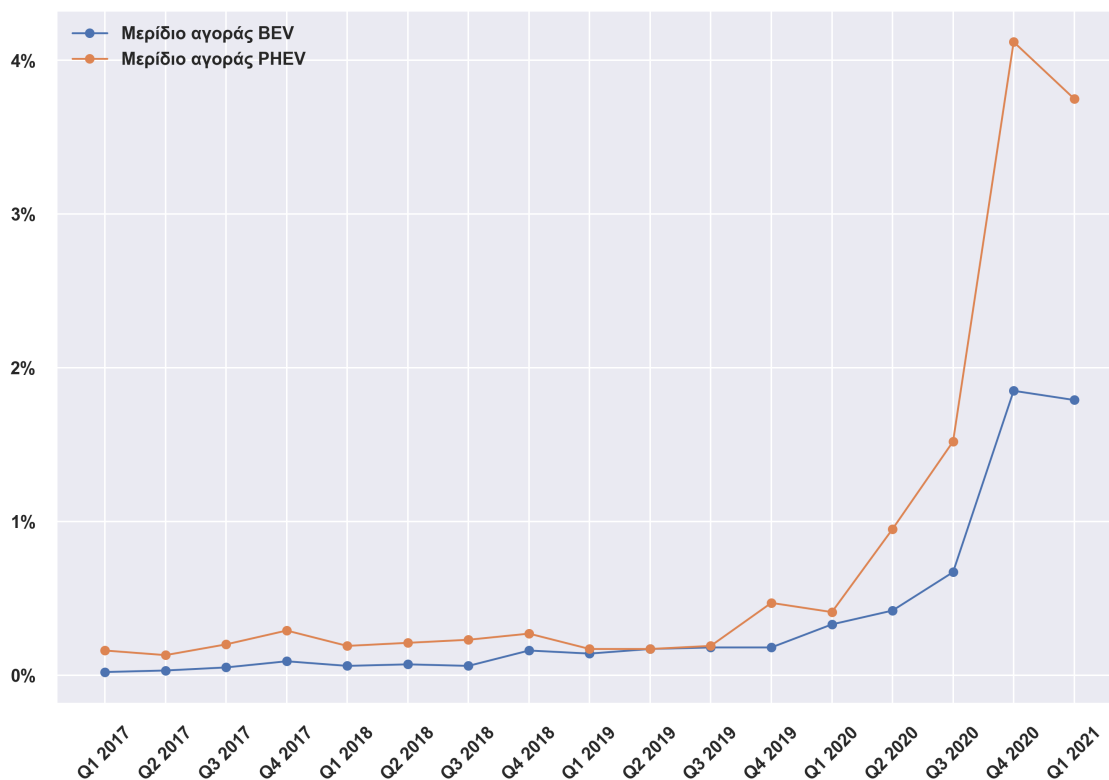
Σχήμα 3.7: Αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων ταχείας φόρτισης ανά 100km σε αυτοκινητόδρομο στην Ευρώπη [3]

### 3.3 Η αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα

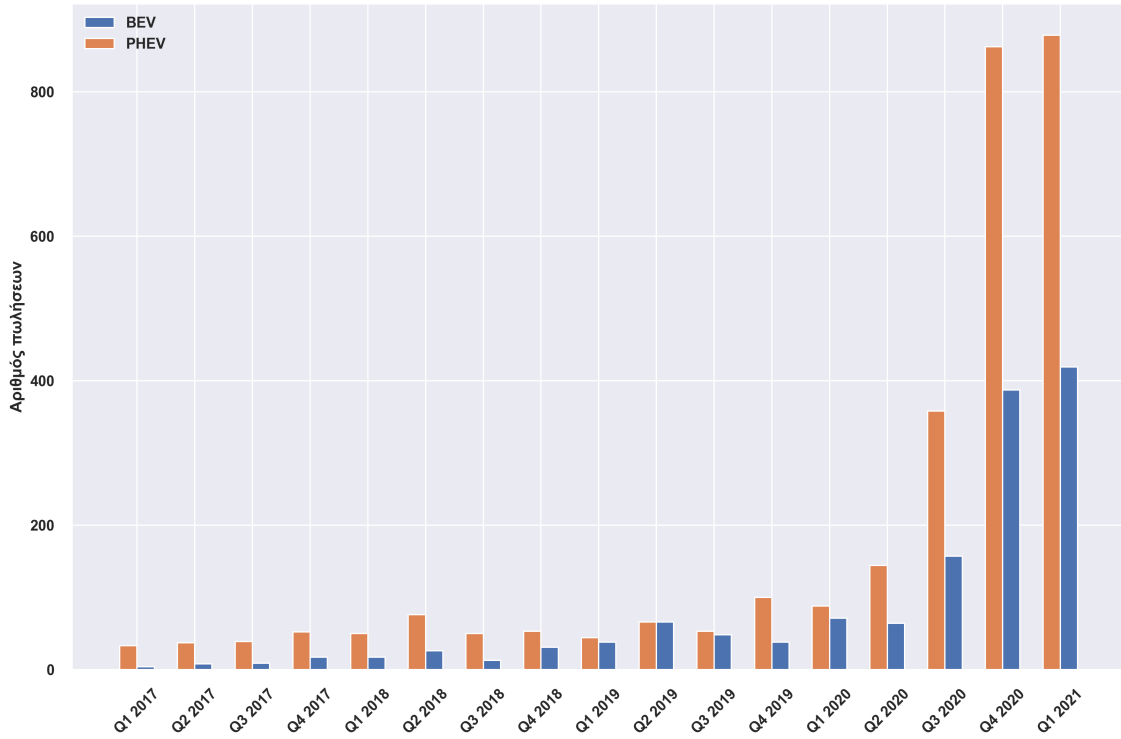
Η Ελλάδα σημείωσε μεγάλη πρόοδο στον τομέα της ηλεκτροκίνησης συγκριτικά με προηγούμενες χρονιές, η οποία κατά κύριο λόγο οφείλεται στην έναρξη ισχύος της δράσης «Κινούμαι Ηλεκτρικά» τον Αύγουστο του 2020. Τα μερίδια αγοράς των BEVs και των PHEVs αυθήθησαν αισθητά το τέταρτο τρίμηνο του 2020, ενώ τις προηγούμενες χρονιές τα μερίδια αγοράς τους ήταν της τάξης του 0.1% (Σχήμα 3.8).

Συγκεκριμένα, το 2020, σημειώθηκαν 679 πωλήσεις BEVs, αντιπροσωπεύοντας σχεδόν τριπλάσια αύξηση από το 2019, και 1.456 πωλήσεις PHEVs, αντιπροσωπεύοντας τετραπλάσια αύξηση από το 2019. Οι περισσότερες νέες εγγραφές πραγματοποιήθηκαν στο τελευταίο τρίμηνο του 2020 και στο πρώτο τρίμηνο του 2021, με σαφή προτίμηση στα PHEVs (Σχήμα 3.9) σε αντίθεση με τα ευρωπαϊκά δεδομένα, όπου οι πωλήσεις των BEVs ήταν περισσότερες.

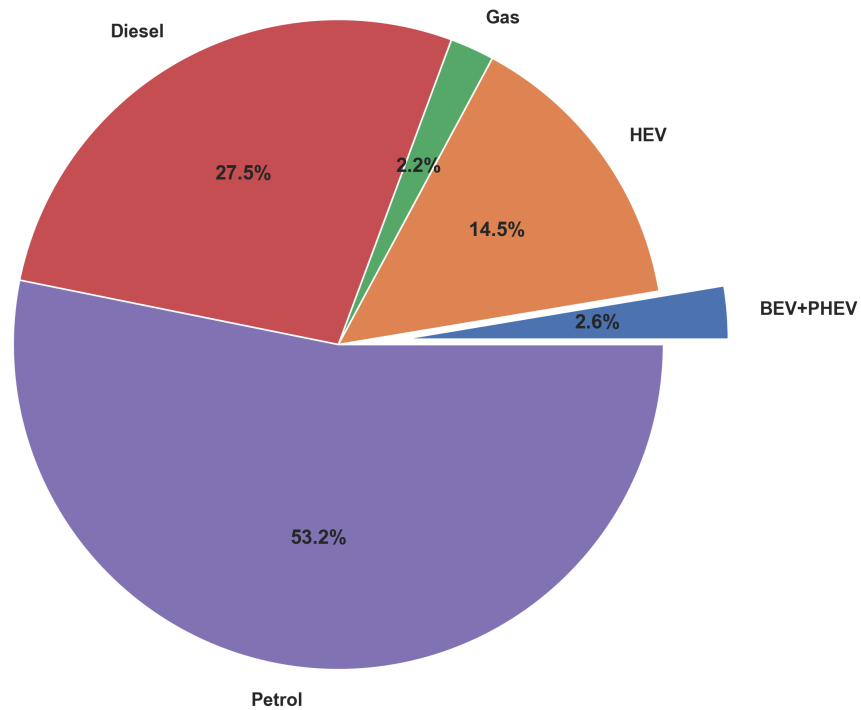
Παρά την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης το τελευταίο χρόνο στην Ελλάδα, το μερίδιο των εγγραφών EVs ήταν πολύ μικρότερο από εκείνο των αυτοκινήτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (Σχήμα 3.10), όπου τα βενζινοκίνητα οχήματα κυριάρχησαν με το μερίδιο αγοράς τους να ξεπερνάει το 50%. Τέλος, το μερίδιο των EVs επί του συνολικού στόλου των επιβατικών οχημάτων ήταν μόλις 0.06% στο τέλος του 2020.



Σχήμα 3.8: Μερίδιο αγοράς BEV και PHEV στην Ελλάδα ανά τρίμηνο [2]



Σχήμα 3.9: Αριθμός πωλήσεων BEV και PHEV στην Ελλάδα ανά τρίμηνο [2]

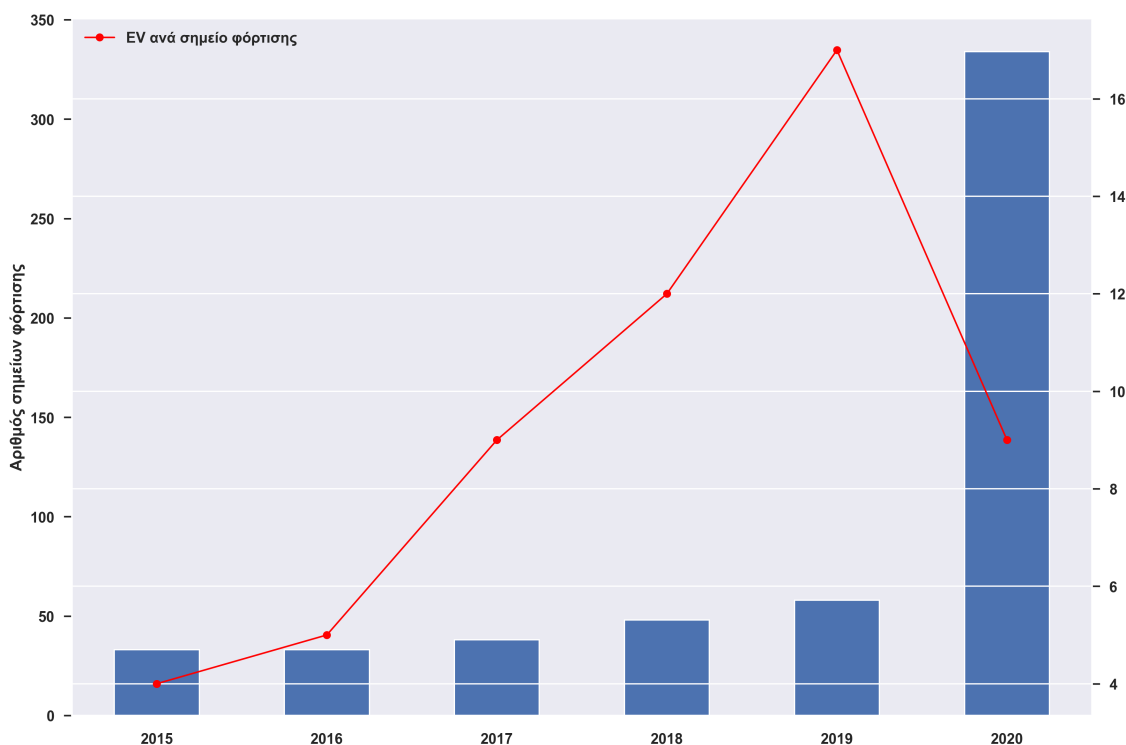


Σχήμα 3.10: Μερίδιο των εγγραφών νέων αυτοκινήτων ανά είδος καυσίμου στην Ελλάδα το 2020 [2]

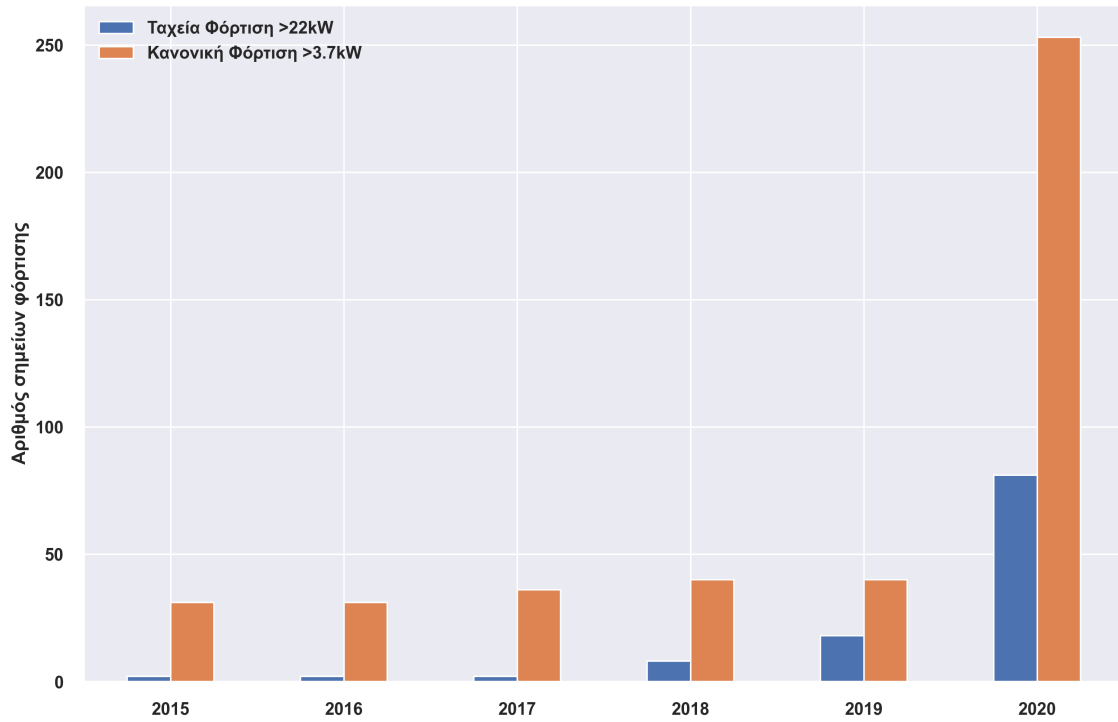
### 3.4 Ανάπτυξη υποδομών φόρτισης στην Ελλάδα

Παρόμοια ανάπτυξη σημειώθηκε και στις υποδομές φόρτισης της Ελλάδας. Τα δημόσια προσβάσιμα σταθμό φόρτισης πενταπλασιάστηκαν, φτάνοντας τις 334 μονάδες και ταυτόχρονα ο αριθμός των EVs ανά σημείο φόρτισης έπεσε από το 17 που ήταν το 2019 στο 9 (Σχήμα 3.11). Φαίνεται πως ο αριθμός των EVs τα προηγούμενα χρόνια δεν ήταν αρκετός για να δικαιολογήσει την εγκατάσταση δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης και η φόρτιση τους γινόταν, στο μεγαλύτερο μέρος, οικιακά. Ωστόσο, όλο και περισσότερες επιχειρήσεις ξεκίνησαν να επενδύουν σε υποδομές φόρτισης, ώστε να είναι προετοιμασμένες για την επερχόμενη είσοδο EVs στην ελληνική αγορά. Κατά συνέπεια, η αναλογία EVs ανά σταθμό φόρτισης που επιτεύχθηκε το 2020 ήταν οριακά καλύτερη από αυτή που συνιστάται σήμερα από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, δηλαδή ενός δημόσιου φορτιστή για κάθε δέκα EVs [13].

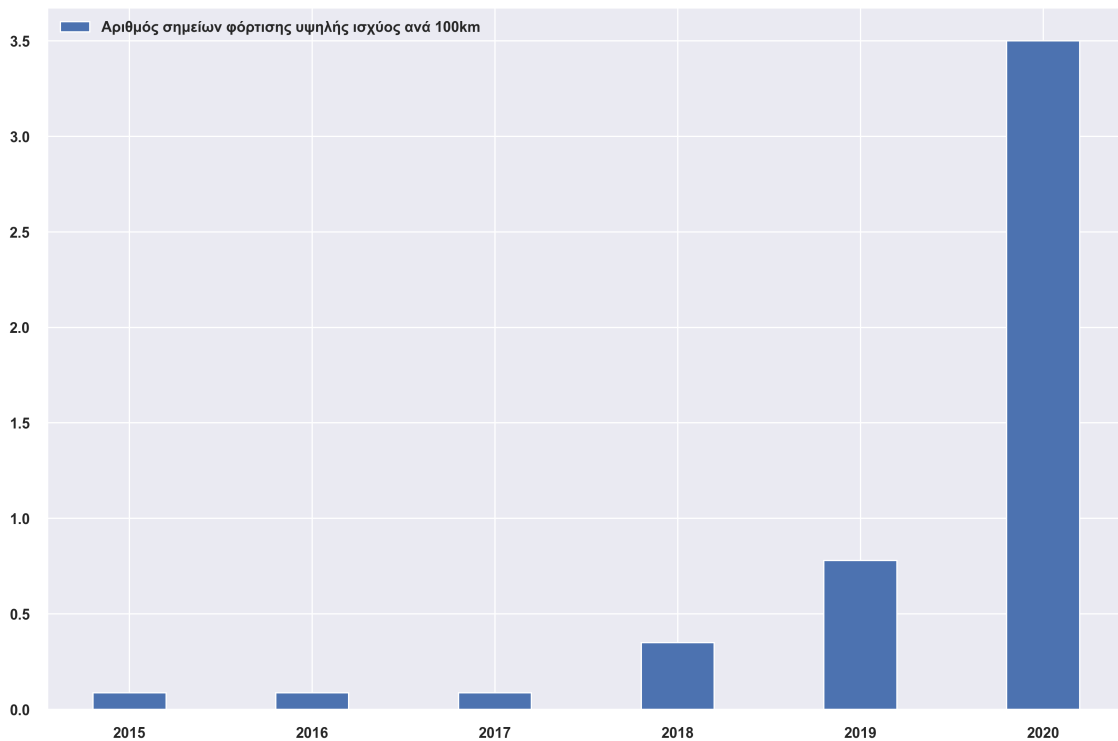
Συγκεκριμένα, η Ελλάδα έφτασε τα 253 δημόσια προσβάσιμα σημεία κανονικής φόρτισης (ισχύς φόρτισης μικρότερη των 22kW), αντιπροσωπεύοντας πενταπλάσια αύξηση από το 2019. Παράλληλα ο αριθμός των σημείων ταχείας φόρτισης (ισχύς φόρτισης μεγαλύτερη των 22kW) έφτασε τις 81 μονάδες, αντιπροσωπεύοντας τριπλάσια αύξηση από το 2019 (Σχήμα 3.12), ενώ ο αριθμός τους ανά 100km σε αυτοκινητόδρομο τριπλασιάστηκε και ξεπέρασε τα 3 σημεία (Σχήμα 3.13).



Σχήμα 3.11: Συνολικός αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων φόρτισης στην Ελλάδα και αριθμός EV ανά σημείο φόρτισης [3]



Σχήμα 3.12: Αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων ταχείας και κανονικής φόρτισης στην Ελλάδα [3]



Σχήμα 3.13: Αριθμός δημόσια προσβάσιμων σημείων ταχείας φόρτισης ανά 100km σε αυτοκινητόδρομο στην Ελλάδα [3]

### 3.5 Σύνοψη βιβλιογραφικής μελέτης

Ανακεφαλαιώνοντας, η ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης που έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη και παρουσιάστηκε στο παρόν κεφάλαιο, οφείλεται σε μία πληθώρα παραγόντων που σχετίζονται με τις αυξανόμενες δυνατότητες των ηλεκτρικών οχημάτων ως προς την ηλεκτρική αυτονομία, τη συνεχόμενη μείωση της τιμής των συσσωρευτών και κατ'επέκταση των EVs, αλλά και των υποστηρικτικών κινήτρων που δίνονται από τις κυβερνήσεις των κρατών. Η ανάπτυξη της αγοράς των EVs στην Ελλάδα ξεκίνησε τον τελευταίο χρόνο με την έναρξη της δράσης «Κινούμαι Ηλεκτρικά».

Επιπλέον, φαίνεται πως η αγορά ηλεκτρικών οχημάτων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης. Η σχέση μεταξύ των EVs και των υποδομών φόρτισης αποτελεί μία συμπληρωματική σχέση, όπως είναι και αυτές, του Η/Υ και του διαδικτύου, του κινητού και των εφαρμογών του [32]. Κύριο χαρακτηριστικό τέτοιων σχέσεων είναι πως αν ένα από αυτά λείπει, ο καταναλωτής δεν μπορεί να επωφεληθεί από το προϊόν κατά το μέγιστο βαθμό. Το ίδιο συμβαίνει με τα EVs και τους σταθμούς φόρτισης. Έλλειψη κατάλληλων υποδομών είναι δυνατό να αποθαρρύνει μελλοντικούς αγοραστές EVs και να τους αναγκάσει να καταφύγουν σε εναλλακτικές λύσεις. Επομένως, για την περαιτέρω ανάπτυξη του τομέα της ηλεκτροκίνησης, με τελικό στόχο την απανθροκοποίηση του τομέα μεταφορών, είναι αναγκαία η υλοποίηση μίας κατάλληλης διάταξης και κλίμακας δικτύου φόρτισης.

Το δεύτερο μέρος της παρούσας διπλωματικής αφορά την ανάλυση πραγματικών δεδομένων φορτίσεων ηλεκτρικών οχημάτων, με στόχο τη δημιουργία κατάλληλου δικτύου φόρτισης EVs στην Ελλάδα, ικανού να ικανοποιήσει την αναμενόμενη εισροή EVs και να τονώσει την αγορά τους.



## Μέρος **II**

### Πρακτικό Μέρος

---



## Κεφάλαιο 4

# Μεθοδολογία

---

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στα προγραμματιστικά εργαλεία που βοήθησαν στη διεκπαιρέωση της ανάλυσης, στις πηγές δεδομένων φόρτισης που χρησιμοποιήθηκαν και στον καθαρισμό των δεδομένων πριν την τελική τους επεξεργασία.

### 4.1 Τα προγραμματιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση

Στην παρούσα ανάλυση η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Python. Τα κριτήρια επιλογής της συγκεκριμένης γλώσσας ήταν ότι η Python χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάλυση δεδομένων, καθώς και ότι αποτελεί μια συνεχώς αναπτυσσόμενη γλώσσα. Τα κυριότερα προγραμματιστικά πακέτα – βιβλιοθήκες της Python που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της ανάλυσης των δεδομένων φόρτισης είναι τα ακόλουθα:

- **Pandas.** Για την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων.
- **Matplotlib, Seaborn.** Για την γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων.
- **NumPy.** Για τη χρήση διαφόρων μαθηματικών σχέσεων.

### 4.2 Πηγές δεδομένων φόρτισης

Τα δεδομένα φόρτισης που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από την Go To-U , μία διαδικτυακή πλατφόρμα αναζήτησης σταθμών φόρτισης που παρέχει πληροφορίες για παραπάνω από 65χιλιάδες EV φορτιστές σε 47 χώρες [33]. Η συλλογή των δεδομένων αυτών προέκυψε από τη συμμετοχή του εργαστηρίου Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων και Διοίκησης του ΕΜΠ σε hackathon με θέμα τις υποδομές φόρτισης. Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν τα ανοιχτά δεδομένα φόρτισης της Elaad NL , εταιρεία που ασχολείται με την έξυπνη φόρτιση και τις υποδομές φόρτισης των EVs στην Ολλανδία [34].

#### 4.2.1 Τα δεδομένα φόρτισης από την Go To-U

Τα δεδομένα φόρτισης της Go To-U πάνω στα οποία θα γίνει η ανάλυση περιλαμβάνουν 4471 φορτίσεις (γραμμές του πίνακα δεδομένων) τη χρονική περίοδο 30-07-2020 έως 12-11-

2020. Η αρχική μορφή των δεδομένων, πριν την επεξεργασία τους, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.1: Αρχική μορφή δεδομένων φόρτισης της Go To-U

sessionID	charge_box_id	connector_id	id_tag	start_timestamp	
0	4633	t54_hu1_0820_003	3	tag_003_2	2020-11-12T12:44:02.000Z
1	4632	19028824	1	RestTavernetta1	2020-11-12T12:03:26.179Z
2	4631	19028824	1	predefinedTokenId	2020-11-12T12:01:25.742Z

Πίνακας 4.1: Αρχική μορφή δεδομένων φόρτισης της Go To-U (συνέχεια)

	start_value	stop_timestamp	stop_value	stop_reason	location_id
0	3669798	2020-11-12T12:58:52.000Z	3670994.0	NaN	370377.0
1	3787009	NaN	NaN	NaN	370377.0
2	3787009	2020-11-12T12:01:30.554Z	3787009.0	DeAuthorized	370377.0

Τα στοιχεία του πίνακα είναι τα εξής:

- **session ID** Ο αριθμός της φόρτισης.
- **charge box ID** Ο κωδικός του μοντέλου του φορτιστή.
- **connector ID** Ο κωδικός του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε στο σταθμό φόρτισης.
- **ID tag** Ο κωδικός του σημείου φόρτισης.
- **start timestamp** Η ημερομηνία και η ώρα που άρχισε η φόρτιση.
- **start value** Η συνολική ενέργεια (Wh) που έχει καταγραφεί πριν αρχίσει η συγκεκριμένη φόρτιση.
- **stop timestamp** Η ημερομηνία και η ώρα που σταμάτησε η φόρτιση.
- **stop value** Η συνολική ενέργεια (Wh) που έχει καταγραφεί μετά το πέρας της φόρτισης.
- **stop reason** Ο λόγος που σταμάτησε η φόρτιση.
- **location ID** Ο κωδικός της γεωγραφικής τοποθεσίας.

Στην ανάλυση δεν περιλαμβάνονται οι πληροφορίες των στηλών charge box id, connector id, stop reason και location id , λόγω έλλειψης ή/και ασάφειας των τιμών τους. Από τα αρχικά δεδομένα άμεσα προκύπτουν:

1. η συνολική ενέργεια με την οποία φορτίστηκε το EV:  $TotalEnergy = stop\_value - start\_value$
2. ο χρόνος φόρτισης που θεωρείται ισοδύναμος με το χρόνο διεκπεραίωσης της συναλλαγής, εφόσον δεν υπάρχει περαιτέρω πληροφορία για διάκρισή τους :  $ChargeTime = stop\_timestamp - start\_timestamp$
3. η μέση ισχύς με την οποία φορτίστηκε το EV:  $Power = TotalEnergy/ChargeTime$

### 4.2.2 Καθαρισμός των δεδομένων της Go To-U

Πρωταρχικό μέλημα μετά τη συλλογή των δεδομένων είναι ο καθαρισμός τους, δηλαδή η διαδικασία εντοπισμού και διόρθωσης (ή αφαίρεσης) ανακριβών, λανθασμένων και μη λογικών δεδομένων. Μία αρχική περιγραφή των στατιστικών στοιχείων των δεδομένων φαίνεται παρακάτω.

Πίνακας 4.2: Αρχικά στατιστικά στοιχεία των δεδομένων της Go To-U

	Charge Time(minutes)	Total Energy (kWh)	Power (kW)
count	4471.000000	4471.000000	4471.000000
mean	152.883949	6.997091	16.324193
std	22866.804558	10.028989	502.662285
min	-613626.895333	0.000000	-18.177239
25%	0.087825	0.000000	0.000000
50%	14.933333	1.990000	4.129963
75%	60.105350	11.573500	14.688175
max	672721.138683	80.353000	33610.084034

Αρχικά υπάρχουν δεδομένα που εμφανίζουν αρνητικές τιμές στο χρόνο φόρτισης(Charge Time(minutes): min) και δεδομένα που εμφανίζουν μηδενική ενέργεια ή/και μηδενική ισχύς (Total Energy(kWh): min, Power(kW): min) τα οποία αφαιρούνται. Η ανάλυση θα γίνει σε δεδομένα φόρτισης με χρόνο σύνδεσης μεγαλύτερο των δέκα λεπτών και μικρότερο της μίας ημέρας, καθώς χρόνοι εκτός αυτών των ορίων συνήθως οφείλονται είτε σε κάποιο σφάλμα κατά τη σύνδεση του οχήματος είτε σε παρατεταμένη χρήση του φορτιστή. Τέλος αφαιρούνται τα δεδομένα που εμφανίζουν πολύ μικρή ισχύ φόρτισης (<1kW). Έπειτα από τον καθαρισμό των δεδομένων προκύπτουν τα ακόλουθα στατιστικά στοιχεία.

Πίνακας 4.3: Στατιστικά στοιχεία των δεδομένων της Go To-U μετά το στάδιο καθαρισμού

	Charge Time(minutes)	Total Energy(kWh)	Power(kW)
count	2273.000000	2273.000000	2273.000000
mean	70.045883	12.055615	14.265001
std	55.294225	8.081033	11.319148
min	10.072800	0.173000	1.023417
25%	29.883333	6.056000	6.105662
50%	55.442050	10.863000	11.142862
75%	90.178800	16.595000	19.361707
max	255.088250	44.457000	49.472276

Ο αριθμός των δειγμάτων (count) γίνεται  $N = 4471$  αντί 2273, ωστόσο η ανάλυση πάνω σε αυτά θα δώσει πιο αξιόπιστα και κοντά στην πραγματικότητα αποτελέσματα.

### 4.2.3 Τα δεδομένα φόρτισης από την Elaadnl

Τα δεδομένα φόρτισης της Elaadnl πάνω στα οποία θα γίνει η ανάλυση περιλαμβάνουν 10000 φορτίσεις (γραμμές του πίνακα δεδομένων) που έγιναν το 2019 στην Ολλανδία. Η αρχική μορφή των δεδομένων, πριν την επεξεργασία τους, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.4: Αρχική μορφή δεδομένων φόρτισης της *Elaadnl*

	TransactionId	ChargePoint	Connector	UTCTransactionStart	UTCTransactionStop
0	3491779	0abf4...	1	2019-08-27 14:52:00	2019-08-27 17:58:19
1	3326963	a22a6...	2	2019-03-01 10:14:05	2019-03-01 13:13:54
2	3469263	f4f5e...	1	2019-07-31 12:54:10	2019-07-31 13:21:45

Πίνακας 4.4: Αρχική μορφή δεδομένων φόρτισης της *Elaadnl* (συνέχεια)

	StartCard	ConnectedTime	ChargeTime	TotalEnergy	MaxPower
0	0c24de2f8216313f75daf87...	3.11	3.10	9.86	3.342
1	fd31273615db1421e4be23...	3.00	3.00	9.38	3.440
2	f876668fd30216c9054a890...	0.46	0.46	1.45	3.160

Τα στοιχεία του πίνακα είναι τα εξής:

- **Transaction ID** Ο μοναδικός κωδικός της συναλλαγής.
- **Charger Point ID** Ο μοναδικός κωδικός του σταθμού φόρτισης.
- **Connector ID** Ο κωδικός του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε στο σταθμό φόρτισης.
- **UTCTransactionStart** Η ημερομηνία και η ώρα που άρχισε η φόρτιση.
- **UTCTransactionStop** Η ημερομηνία και η ώρα που σταμάτησε η φόρτιση.
- **StartCard** Η κάρτα ταυτοποίησής η οποία χρησιμοποιείται για να ξεκινήσει η συναλλαγή.
- **ConnectedTime** Ο χρόνος από τη στιγμή που άρχισε η συναλλαγή μέχρι το τέλος της σε ώρες.
- **Charge Time** Ο χρόνος που υπήρξε μεταφορά ενέργειας σε ώρες.
- **Total Energy** Η συνολική ενέργεια (kWh) ανά φόρτιση.
- **Max Power** Η μέγιστη ισχύς (kW) που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης φόρτισης.

Στην ανάλυση δεν περιλαμβάνονται οι πληροφορίες των στηλών Transaction ID, Connector ID, λόγω αδυναμίας εξαγωγής χρήσιμων πληροφοριών από αυτές.

#### 4.2.4 Καθαρισμός των δεδομένων της *ElaadNL*

Πρωταρχικό μέλημα, όπως και προηγουμένως, είναι ο καθαρισμός των δεδομένων από θορύβους που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τα αποτελέσματά της ανάλυσης. Μία αρχική περιγραφή των στατιστικών στοιχείων των δεδομένων φαίνεται στον Πίνακα 4.5. Για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, η ανάλυση θα επικεντρωθεί για δεδομένα όπου ο χρονική διάρκεια της συναλλαγής είναι μεγαλύτερος των δέκα λεπτών και δεν ξεπερνάει τη μία ημέρα, ενώ η μέγιστη τιμή της ισχύς φόρτισης είναι μεγαλύτερη του 1kW.

Πίνακας 4.5: Αρχικά στατιστικά στοιχεία των δεδομένων της *ElaadNL*

	Connected Time(minutes)	Total Energy(kWh)	Max Power(kW)
count	10000.000000	10000.000000	10000.000000
mean	349.364100	13.635216	5.589366
std	425.781684	14.282036	3.333663
min	1.200000	0.100000	0.167000
25%	90.600000	4.530000	3.398000
50%	202.800000	7.830000	3.640000
75%	504.600000	18.262500	7.277750
max	9670.200000	93.929000	22.500000

Έπειτα από τον καθαρισμό, τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση παρουσιάζουν τα στατιστικά στοιχεία του Πίνακα 4.6, όπου ο αριθμός των δειγμάτων (count) ισούται με  $N = 9.654$  αντί 10.000.

Πίνακας 4.6: Στατιστικά στοιχεία των δεδομένων της *ElaadNL* μετά το στάδιο καθαρισμού

	Connected Time(minutes)	Total Energy(kWh)	Max Power(kW)
count	9654.000000	9654.000000	9654.000000
mean	322.439963	13.727939	5.614219
std	306.375399	14.109667	3.336050
min	10.200000	0.210000	1.040000
25%	93.600000	4.710000	3.400000
50%	202.800000	7.930000	3.640000
75%	492.000000	18.445000	7.320000
max	1438.200000	93.929000	22.500000

### 4.3 Τρόπος αξιοποίησης των δεδομένων

Οι δύο πίνακες δεδομένων διαθέτουν πληροφορία για την ημερομηνία, το χρόνο έναρξης και λήξης της φόρτισης, τη χρονική διάρκεια που διήρκεσε η συναλλαγή, την ενέργεια με την οποία φορτίστηκε το EV και την ισχύ που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Η ημερομηνία έναρξης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ημέρας της εβδομάδας που πραγματοποιήθηκε η φόρτιση. Μέσω του χρόνου εκκίνησης γίνεται υπολογισμός του αριθμού των φορτίσεων, της μέσης διάρκειας της συναλλαγής και της μέσης κατανάλωσης ενέργειας σε ωριαία βάση. Ο πηγαίος κώδικας φαίνεται στο Παράρτημα Α'.





## Κεφάλαιο 5

# Υλοποίηση της ανάλυσης δεδομένων φόρτισης

---

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η υλοποίηση της ανάλυσης πάνω στα δεδομένα φόρτισης των δύο πηγών. Η πρώτη ενότητα αφορά την ανάλυση των δεδομένων της Go To-U. Αρχικά, παρουσιάζεται μια γενική εικόνα των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν και στη συνέχεια γίνεται ανάλυση σε δεδομένα από σταθμούς τοποθετημένους σε αστικές περιοχές. Στη δεύτερη ενότητα γίνεται ανάλυση των δεδομένων της Eiaadnl. Ομοίως, παρουσιάζεται μία γενική εικόνα των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν και στη συνέχεια δίνεται έμφαση στο μοτίβο που ακολουθούν οι φορτίσεις σε δημόσια προσβάσιμους σταθμούς, αναλόγως την ώρα και την ημέρα που πραγματοποιούνται.

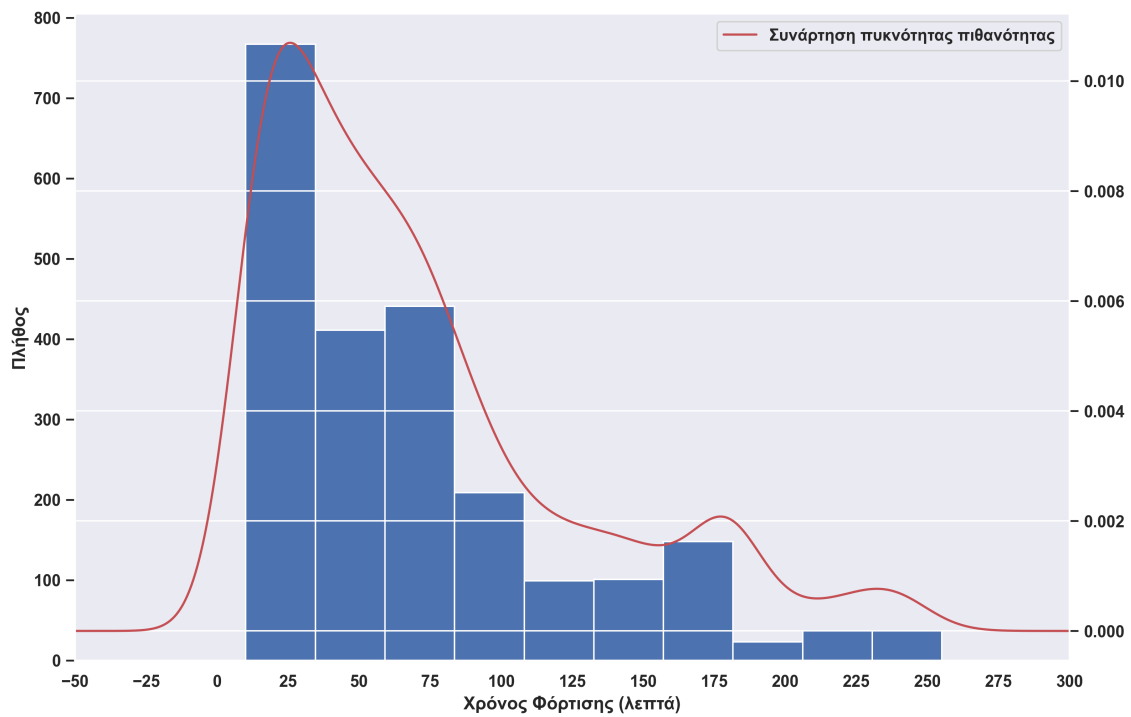
### 5.1 Ανάλυση των δεδομένων φόρτισης της Go To-U

#### 5.1.1 Αρχική εικόνα των δεδομένων της Go To-U

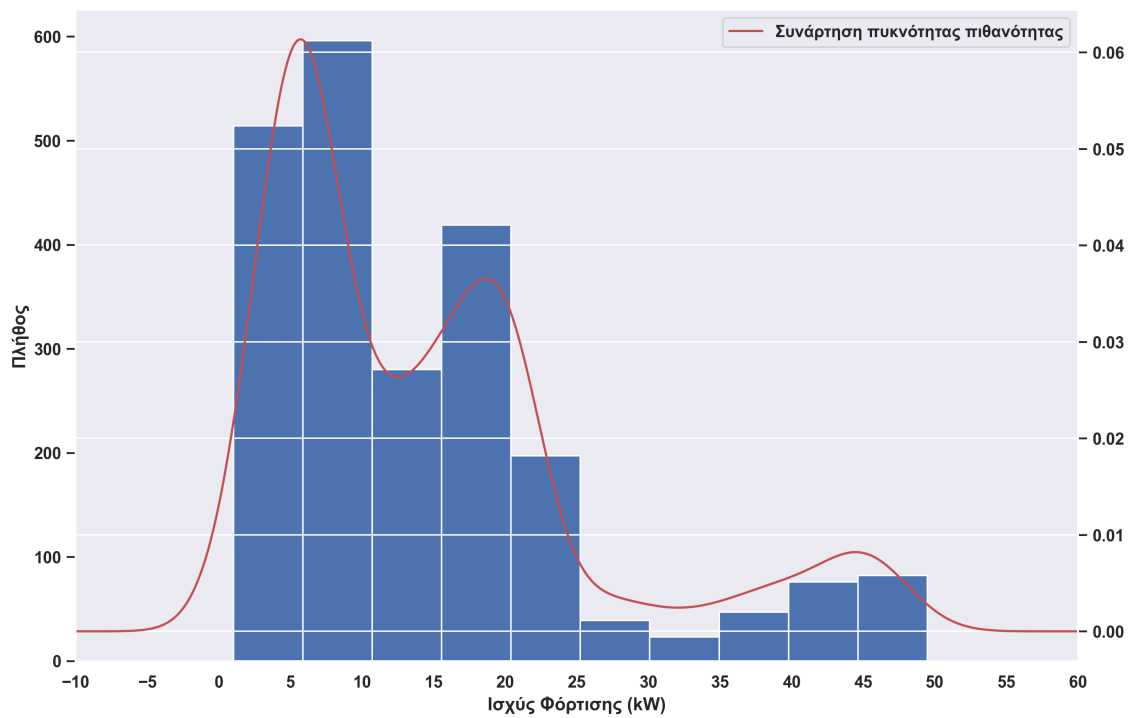
Μία πρώτη εικόνα της συμπεριφοράς των τιμών του χρόνου φόρτισης και της ισχύος των σταθμών στο διαθέσιμο σύνολο προκύπτει από τα αντίστοιχα ιστογράμμά τους.

Από το ιστόγραμμα των χρόνων φόρτισης (Σχήμα 5.1) φαίνεται πως οι περισσότερες φορτίσεις διήρκεσαν λιγότερο από 25 λεπτά, ενώ το 75% των φορτίσεων διήρκεσαν λιγότερο από 75 λεπτά. Υπάρχουν όμως και αρκετά δεδομένα που ξεπερνούν τις δύο ώρες. Σε αυτές τις περιπτώσεις πιθανόν πρόκειται για φόρτιση σε δημόσια σημεία τοποθετημένα σε εμπορικούς χώρους, κτήρια γραφείων, πολυκαταστήματα, ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις κλπ.

Από το ιστόγραμμα της ισχύος φόρτισης (Σχήμα 5.2) και ειδικότερα από την εκτιμώμενη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (ΣΠΠ) φαίνεται πως τα δεδομένα παρουσιάζουν τρία (3) τοπικά μέγιστα στα σημεία όπου η τιμή της ισχύος ανήκει στα διαστήματα [5, 10], [15, 20] και [40, 50] kW. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο μέγιστο ρυθμό φόρτισης που επιτρέπει το ίδιο το όχημα.

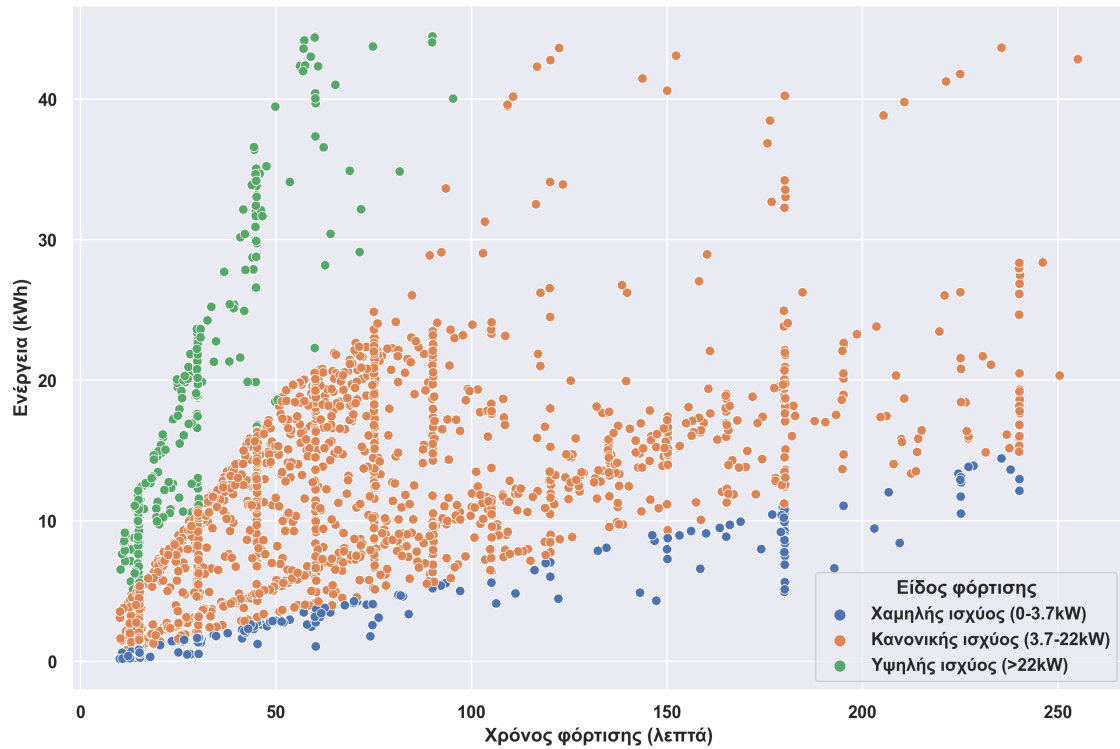


Σχήμα 5.1: Ιστόγραμμα και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας του χρόνου φόρτισης



Σχήμα 5.2: Ιστόγραμμα και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ισχύος φόρτισης

Για την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των φορτίσεων βάσει του ρυθμού φόρτισης που επιτυγχάνεται, γίνεται κατηγοριοποίηση των συναλλαγών σε χαμηλής ισχύος φορτίσεις (0-3.7kW), σε κανονικής ισχύος φορτίσεις (3.7-22kW) και σε υψηλής ισχύος φορτίσεις (>22kW). Οι φορτίσεις με λιγότερο από 3.7kW πολύ πιθανόν αντιπροσωπεύουν φορτίσεις υβριδικών οχημάτων που επιτρέπουν, συνήθως, μικρότερους ρυθμούς φόρτισης, ενώ οι φορτίσεις κανονικής και υψηλής ισχύος αφορούν κατά κύριο λόγο BEVs που χρησιμοποιούν σταθμούς AC και DC φόρτισης αντίστοιχα. Στη συνέχεια κατασκευάζεται το διάγραμμα διασποράς χρόνου φόρτισης - ενέργειας (Σχήμα 5.3).



Σχήμα 5.3: Διάγραμμα διασποράς χρόνου φόρτισης - ενέργειας βάσει της ισχύος

Φαίνεται πως στις φορτίσεις υψηλής ισχύος οι περισσότερες συναλλαγές έχουν διάρκεια μικρότερη των 50 λεπτών, στις φορτίσεις κανονικής ισχύος παρατηρείται η μεγαλύτερη διασπορά, καθώς η AC φόρτιση εξαρτάται από την ισχύ φόρτισης που επιτρέπει το BEV, με τα περισσότερα να φορτίζουν τις μπαταρίες τους με λιγότερο από 30kWh. Τέλος, στις φορτίσεις χαμηλής ισχύος, η ηλεκτρική αυτονομία που εξασφαλίστηκε ήταν λιγότερη από 10kWh, καθώς τα PHEV διαθέτουν μικρότερη μπαταρία από αυτή των BEVs.

### 5.1.2 Ανάλυση δεδομένων δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης στην Ουκρανία

Σε αυτή την υποενότητα θα γίνει ανάλυση πάνω σε πραγματικά δεδομένα φόρτισης που έχουν προέλθει από συγκεκριμένα δημόσια προσβάσιμα σημεία φόρτισης, τοποθετημένα σε πόλεις της Δυτικής Ουκρανίας. Στην Ουκρανία, την 1η Ιουλίου 2020, υπήρχαν περίπου 20.000 EVs, με το μερίδιό τους επί του συνολικού στόλου των επιβατικών οχημάτων να είναι 0,2% [35]. Φαίνεται πως η Ουκρανία, όπως και η Ελλάδα, βρίσκεται σε αρχικό στάδιο ηλεκτροποίησης του τομέα μεταφορών και από την ανάλυση των δεδομένων φόρτισης σε υποδομές φόρτισης της θα μπορούσε να βοηθήσει στην ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης στην Ελλάδα.

Οι περιπτώσεις που θα μελετηθούν αφορούν σημεία φόρτισης ενός εμπορικού πολυκαταστήματος, μίας ξενοδοχειακή μονάδας, ενός επιχειρησιακού μεγάρου και ενός μεσιτικού γραφείου. Η επιλογή των συγκεκριμένων σημείων φόρτισης έγινε από αναγνώριση του ονόματος μέσω της στήλης ID\_tag του πίνακα δεδομένων και επιβεβαιώνοντας την τοποθεσία τους μέσω του χάρτη αναζήτησης σημείων φόρτισης της Go To-U (οι ακριβείς τοποθεσίες των σημείων φόρτισης φαίνονται στο Παράρτημα Β'). Για κάθε σημείο φόρτισης παρουσιάζονται ο αριθμός των φορτίσεων, ο μέσος χρόνος και η μέση ενέργεια φόρτισης ανά ώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας για την εκάστοτε περίοδο που εξετάζεται.

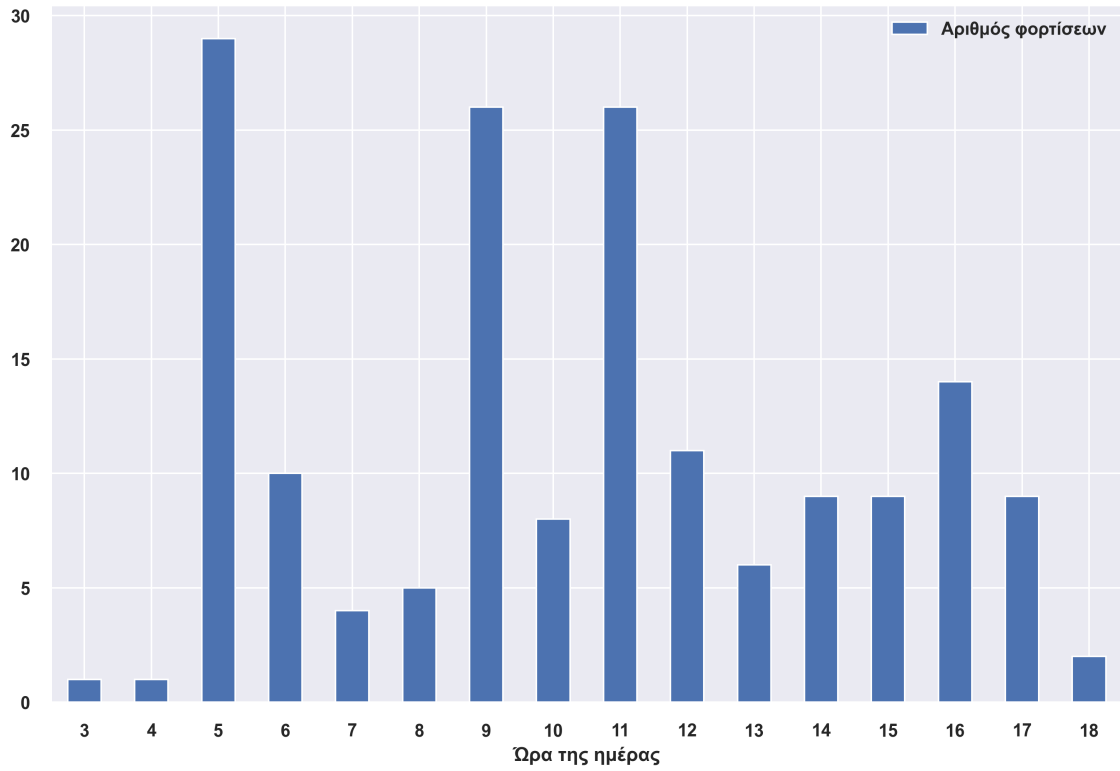
#### Σημείο φόρτισης εμπορικού πολυκαταστήματος

Το σημείο επαναφόρτισης βρίσκεται σε εμπορικό πολυκατάστημα στο Τερνοπόλ, μία πόλη στη δυτική Ουκρανία με πληθυσμό 225.000. Η περίοδος μελέτης των δεδομένων είναι από τις 27-08-2020 έως τις 18-10-2020 (53 μέρες), όπου πραγματοποιήθηκαν 170 συναλλαγές στο συγκεκριμένο σημείο φόρτισης, δηλαδή κάτι λιγότερο από 3 συναλλαγές την ημέρα. Ο σταθμός προσφέρει AC φόρτιση με μέγιστη ισχύ τα 22kW και η χρήση του φορτιστού είναι δωρεάν. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται αναλυτικότερα τα στοιχεία του σταθμού και της ευρύτερης περιοχής και στα παρακάτω διαγράμματα υπολογίζεται ο αριθμός φορτίσεων, ο μέσος χρόνος φόρτισης και μέση κατανάλωση ενέργειας ανά ώρα.

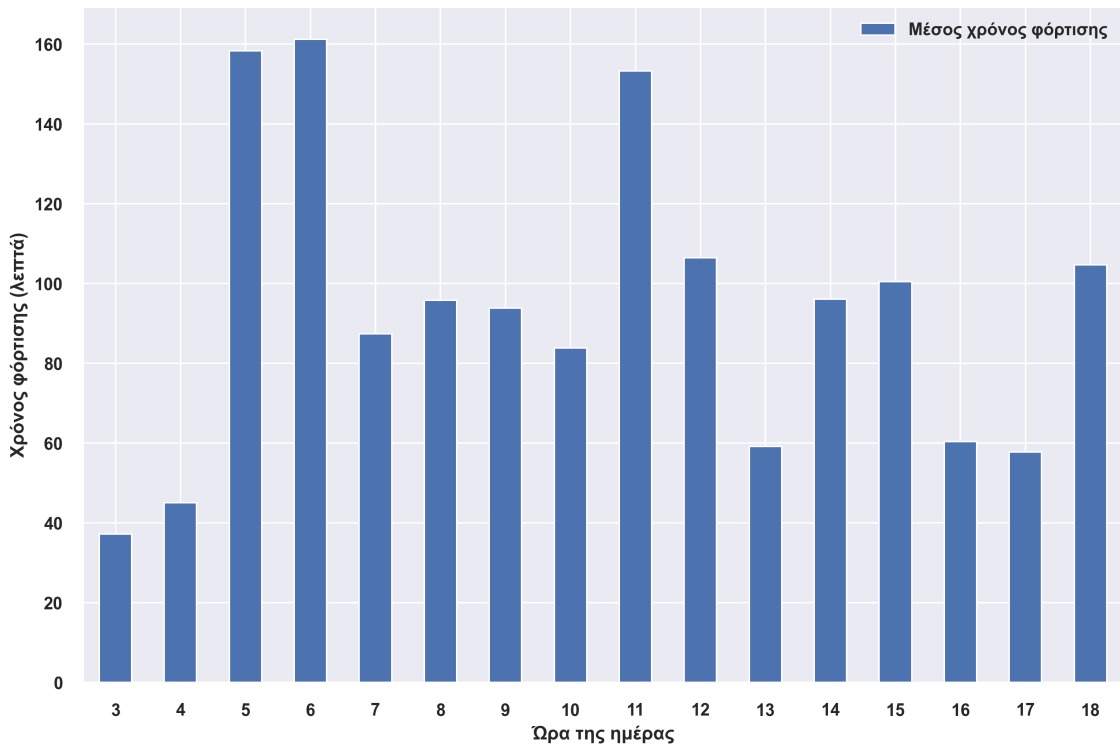
Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά σταθμού φόρτισης εμπορικού πολυκαταστήματος και της τοποθεσίας του

		Χαρακτηριστικά σταθμού			
Τύπος Συνδέσμου	Ισχύς	Αριθμός Συνδέσεων	Ώρες Λειτουργίας	Δωρεάν	
Type 2 (Mennekes)	22kW	1	24	Ναι	
Τοποθεσία Σταθμού	<500m	<1000m	Πληθυσμός Πόλης	Αριθμός EV	
Εμπορικό Πολυκατάστημα	Super market Κολέγιο Ταχυδρομείο Τράπεζα	Αυτοκινητόδρομος Ξενοδοχείο	225.000	100*	

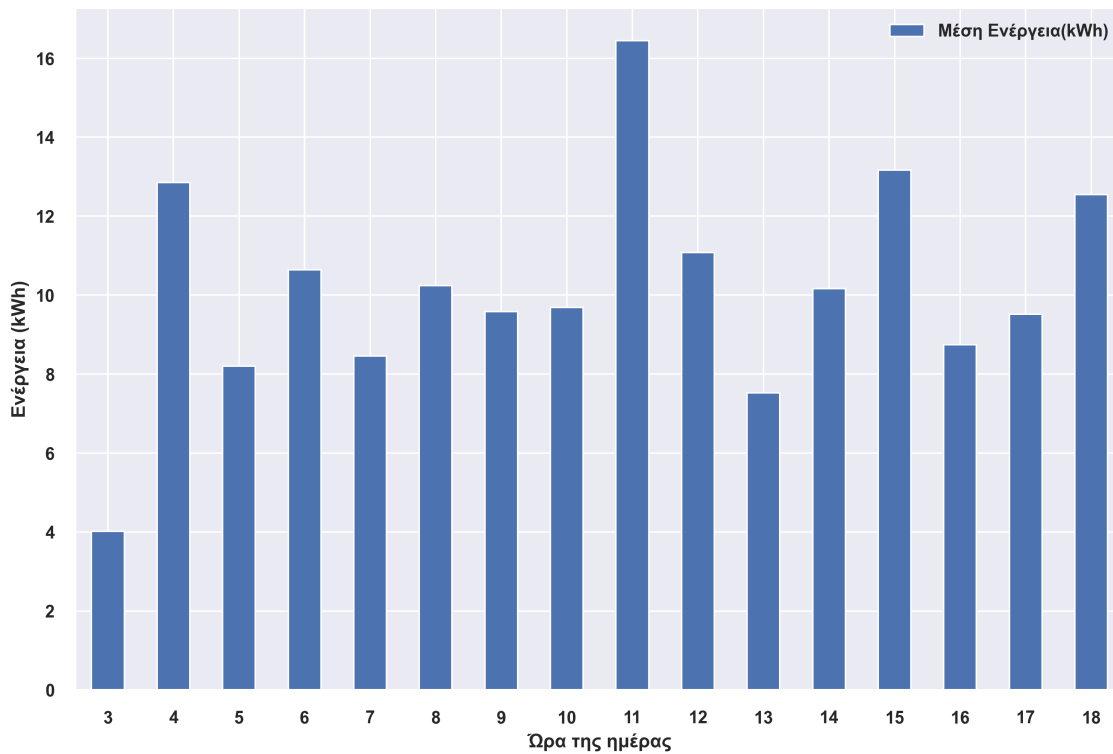
\*Ο αριθμός EV στην πόλη είναι μία εκτίμηση που έχει προκύψει αναλογικά από τα διαθέσιμα στοιχεία του συνολικού αριθμού οχημάτων και του πληθυσμού της χώρας.



Σχήμα 5.4: Αριθμός φορτίσεων ανά ώρα της ημέρας στο εμπορικό πολυκατάστημα



Σχήμα 5.5: Μέσος χρόνος φόρτισης ανά ώρα της ημέρας στο εμπορικό πολυκατάστημα



Σχήμα 5.6: Μέση ενέργεια ανά φόρτιση ανά ώρα της ημέρας στο εμπορικό πολυκατάστημα

Παρατηρώντας τα διαγράμματα φαίνεται ότι:

- δεν πραγματοποιήθηκε καμία συναλλαγή από τις 19:00 έως τις 2:00, παρόλο που το σημείο φόρτισης είναι διαθέσιμο όλο το εικοσιτετράωρο, ενώ ελάχιστες συναλλαγές πραγματοποιήθηκαν στις 3:00, 4:00 και 18:00.
- υπήρχαν πολλές φορτίσεις που συνέβησαν στις 5:00 και 6:00 και είχαν μέση διάρκεια παραπάνω από δύο ώρες, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται σε χρήση του φορτιστή από εργαζόμενο που πραγματοποιεί νυχτερινή εργασία.
- κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους εμπορικού πολυκαταστήματος, οι περισσότερες φορτίσεις ξεκίνησαν στις 9:00 και 11:00.
- οι φορτίσεις που ξεκίνησαν στις 9:00 είχαν μέση διάρκεια 90 λεπτά, ενώ οι φορτίσεις που ξεκίνησαν στις 11:00 είχαν μέση διάρκεια παραπάνω από 2, με τη μέση ενέργεια ανά φόρτιση εκείνη την ώρα να είναι παραπάνω από 15kWh.

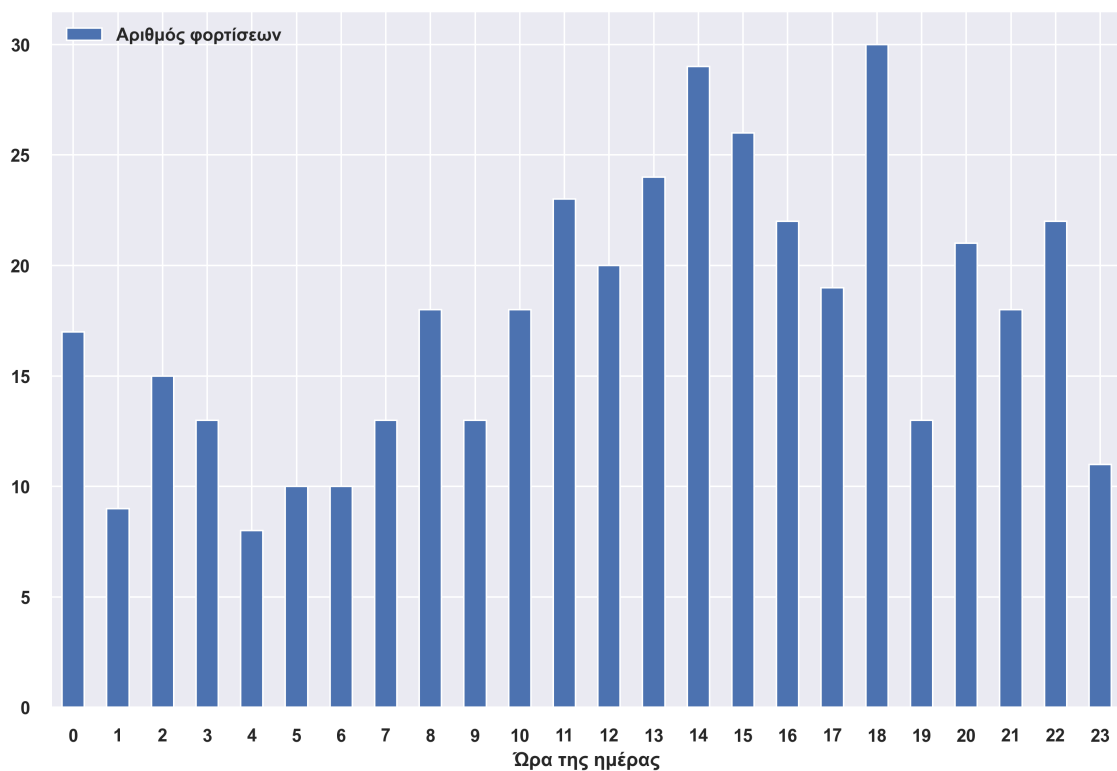
### Σημείο φόρτισης ξενοδοχειακής μονάδας

Το σημείο επαναφόρτισης βρίσκεται σε ξενοδοχειακή μονάδα στο Τσερνιβσί, μία πόλη στη δυτική Ουκρανία με πληθυσμό 237.000. Η περίοδος μελέτης των δεδομένων είναι από τις 17-07-2020 έως τις 12-11-2020 (119 μέρες), όπου πραγματοποιήθηκαν 422 συναλλαγές στο συγκεκριμένο σημείο, δηλαδή κάτι λιγότερο από 4 συναλλαγές την ημέρα. Προσφέρεται AC φόρτιση με μέγιστη ισχύ τα 22kW και για τη χρήση του συγκεκριμένου σημείου επιβάλλεται επιπλέον χρέωση από το ξενοδοχείο. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται αναλυτικότερα τα στοιχεία του σταθμού και της ευρύτερης περιοχής και στα παρακάτω διαγράμματα υπολογίζεται ο αριθμός φορτίσεων, ο μέσος χρόνος φόρτισης και μέση κατανάλωση ενέργειας ανά ώρα.

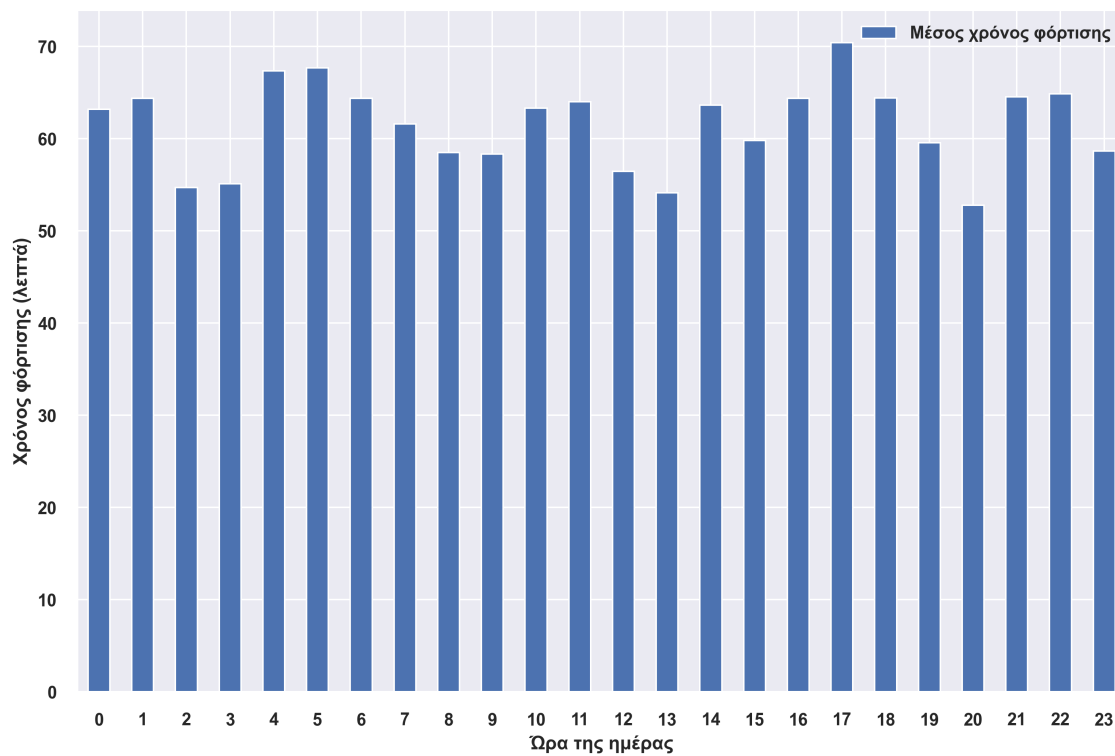
Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά σταθμού φόρτισης ξενοδοχειακής μονάδας και της τοποθεσίας του

Χαρακτηριστικά σταθμού				
Τύπος Συνδέσμου	Ισχύς	Αριθμός Συνδέσεων	Ώρες Λειτουργίας	Δωρεάν
Type 2 (Mennekes)	22kW	1	24	Όχι
Τοποθεσία Σταθμού	<500m	<1000m	Πληθυσμός Πόλης	Αριθμός EV
Ξενοδοχειακή Μονάδα	Εστιατόρια Καφετέριες Νοσοκομεία Τράπεζα	Πάρκο Πανεπιστήμιο Στάδιο στίβου	237.000	105*

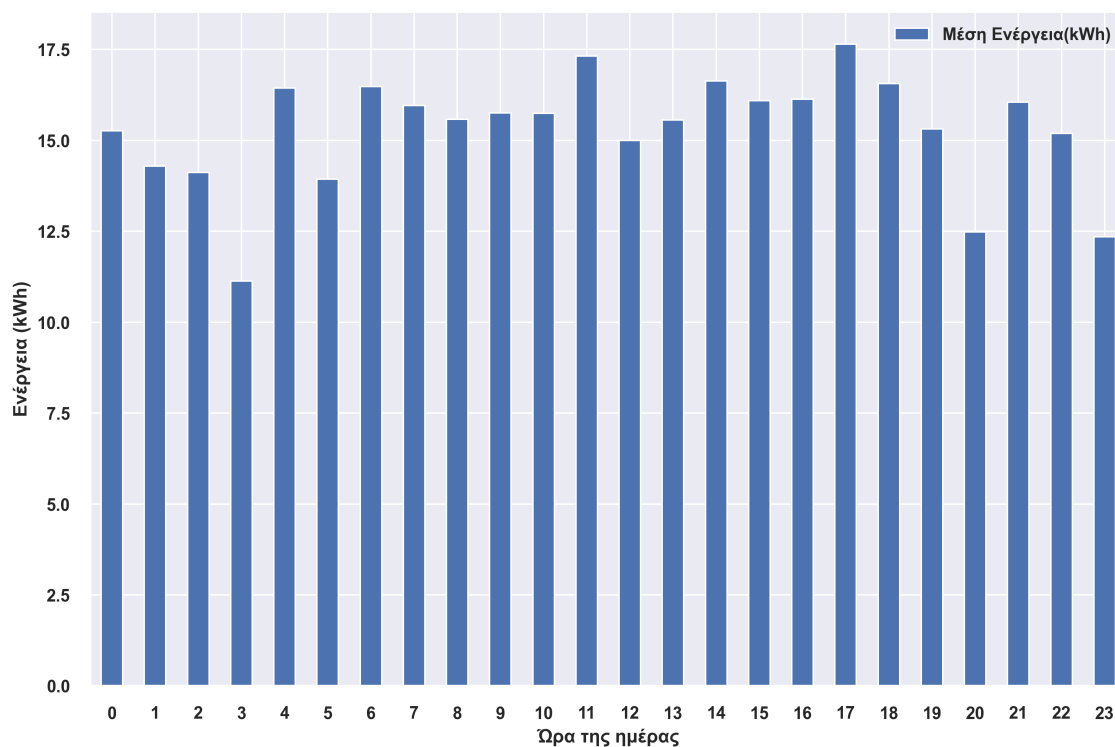
\*Ο αριθμός EV στην πόλη είναι μία εκτίμηση που έχει προκύψει αναλογικά από τα διαθέσιμα στοιχεία του συνολικού αριθμού οχημάτων και του πληθυσμού της χώρας.



Σχήμα 5.7: Αριθμός φορτίσεων ανά ώρα της ημέρας στη ξενοδοχειακή μονάδα



Σχήμα 5.8: Μέσος χρόνος φόρτισης ανά ώρα της ημέρας στη ξενοδοχειακή μονάδα



Σχήμα 5.9: Μέση ενέργεια ανά φόρτιση ανά ώρα της ημέρας στη ξενοδοχειακή μονάδα



Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται ότι:

- πραγματοποιήθηκαν φορτίσεις καθόλη τη διάρκεια της ημέρας.
- οι φορτίσεις που πραγματοποιήθηκαν συγκεντρώνονται κατά τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες, με τις περισσότερες να ξεκινούν στις 14:00 και στις 18:00.
- τόσο ο χρόνος φόρτισης όσο και η ενέργεια φόρτισης παρουσιάζουν σταθερές τιμές ανεξαρτήτως της ώρας της ημέρας, ίσες με περίπου μία ώρα και 15 kWh αντίστοιχα. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί στη μεθοδική χρήση του φορτιστή από κάποιον εργαζόμενο του ξενοδοχείου.

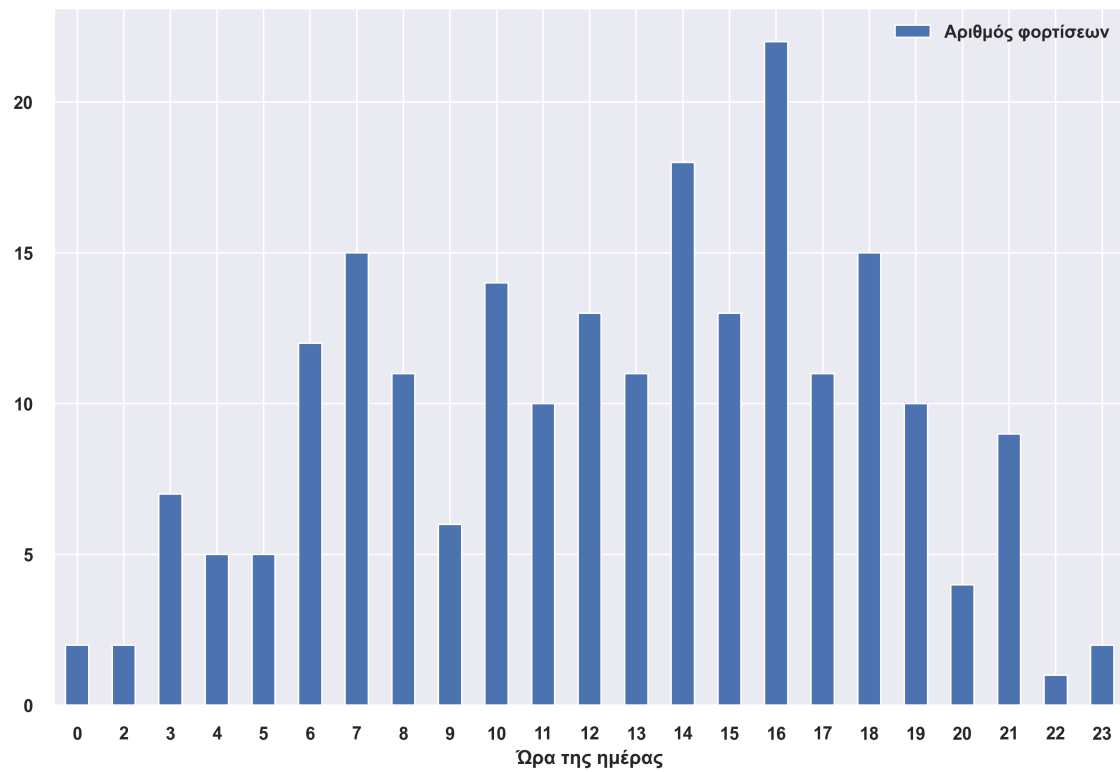
### Σημείο φόρτισης μεσιτικού γραφείου

Το σημείο επαναφόρτισης βρίσκεται έξω από μεσιτικό γραφείο στο Λβίβ, μία πόλη στη δυτική Ουκρανία με πληθυσμό 720.000. Η περίοδος μελέτης των δεδομένων είναι από τις 11-08-2020 έως τις 11-11-2020 (93 μέρες) , όπου πραγματοποιήθηκαν 218 συναλλαγές στο συγκεκριμένο σημείο, δηλαδή κάτι περισσότερο από 2 συναλλαγές την ημέρα. Προσφέρεται AC φόρτιση με μέγιστη ισχύ τα 22kW και υπάρχει συγκεκριμένη χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα την ώρα της ημέρας. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται αναλυτικότερα τα στοιχεία του σταθμού και της ευρύτερης περιοχής και στα παρακάτω διαγράμματα υπολογίζεται ο αριθμός φορτίσεων, ο μέσος χρόνος φόρτισης και μέση κατανάλωση ενέργειας ανά ώρα.

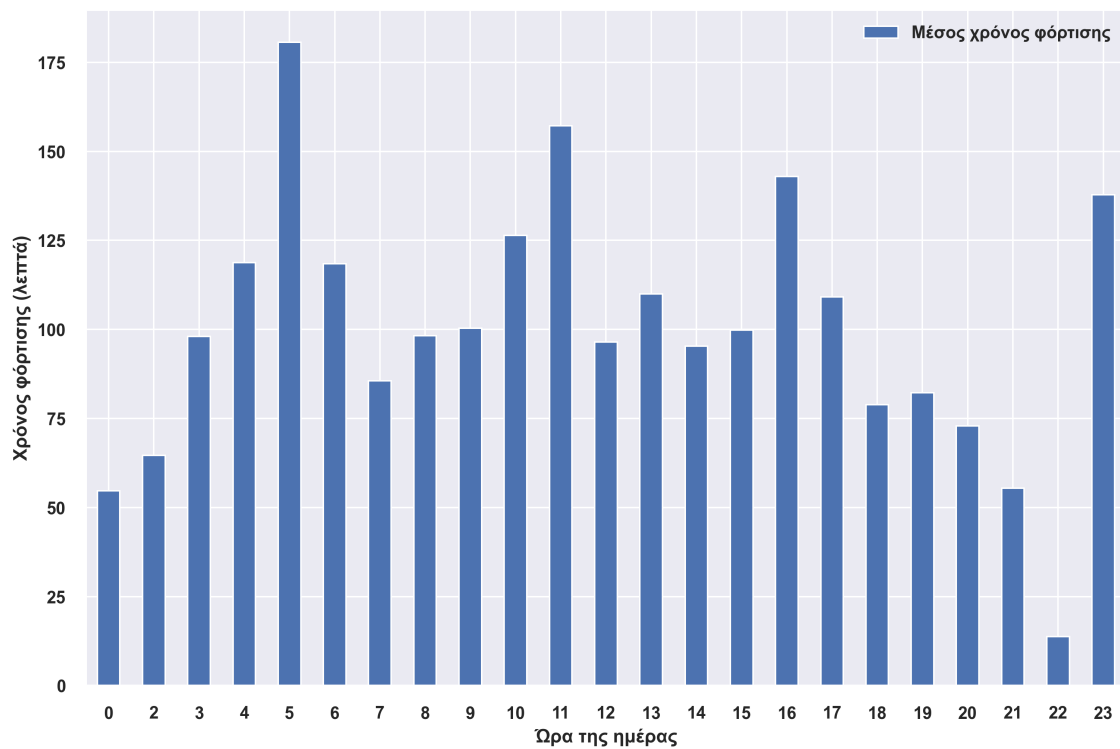
Πίνακας 5.3: Χαρακτηριστικά σταθμού φόρτισης μεσιτικού γραφείου και της τοποθεσίας του

Χαρακτηριστικά σταθμού				
Τύπος Συνδέσμου	Ισχύς	Αριθμός Συνδέσεων	Ώρες Λειτουργίας	Δωρεάν
Type 2 (Mennekes)	22kW	1	24	Όχι
Τοποθεσία Σταθμού	<500m	<1000m	Πληθυσμός Πόλης	Αριθμός EV
Μεσιτικό Γραφείο	Συγκρότημα Κατοικιών	Πάρκο Μνήμης	721.000	324*
	Καφετέριες	Εμπορικό Πολυκατάστημα		
	Φαρμακείο	Ξενοδοχείο		
	Παντοπωλείο	Μουσείο		
	Εστιατόρια			

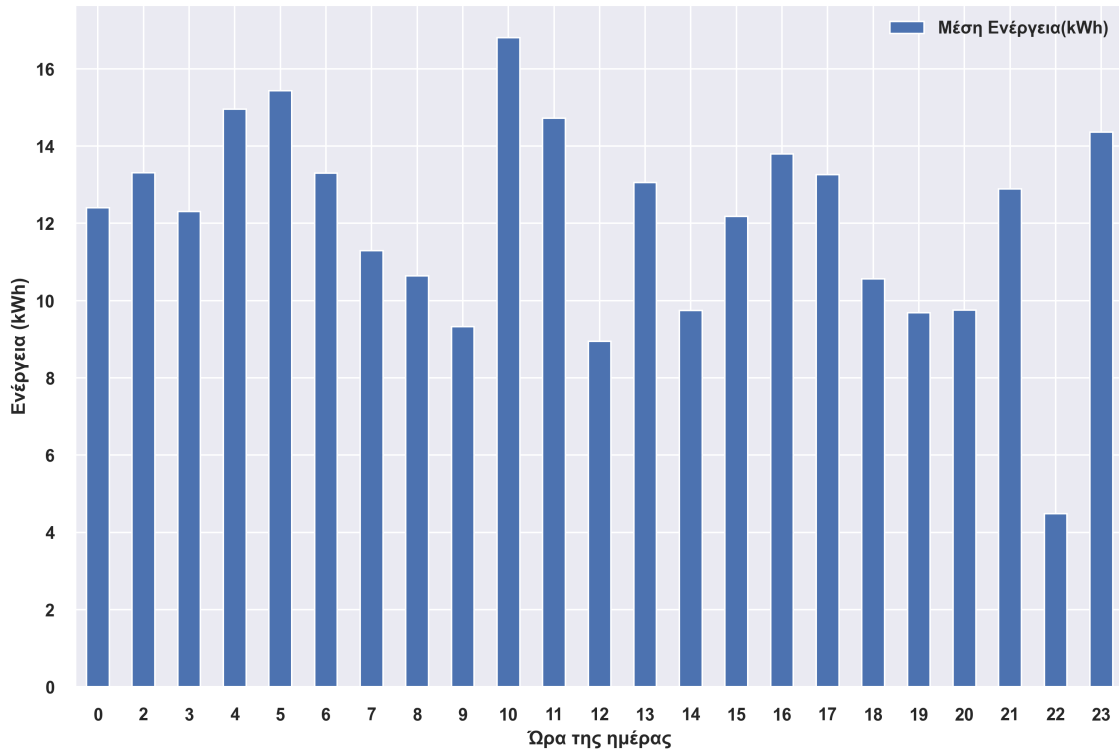
\*Ο αριθμός EV στην πόλη είναι μία εκτίμηση που έχει προκύψει αναλογικά από τα διαθέσιμα στοιχεία του συνολικού αριθμού οχημάτων και του πληθυσμού της χώρας.



Σχήμα 5.10: Αριθμός φορτίσεων ανά ώρα της ημέρας στο μεσιτικό γραφείο



Σχήμα 5.11: Μέσος χρόνος φόρτισης ανά ώρα της ημέρας στο μεσιτικό γραφείο



Σχήμα 5.12: Μέση ενέργεια ανά φόρτιση ανά ώρα της ημέρας στο μεσιτικό γραφείο

Παρατηρώντας τα διαγράμματα φαίνεται ότι:

- ελάχιστες φορτίσεις πραγματοποιήθηκαν από τις 22:00 έως τις 5:00, παρόλο που η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας εκείνες τις ώρες είναι μικρότερη.
- οι φορτίσεις ήταν συγκεντρωμένες στις 7:00 και στις 16:00, όπου πιθανόν γίνεται χρήση του φορτιστή από εργαζομένους του μεσιτικού γραφείου κατά την έναρξη και λήξη του ωραρίου εργασίας τους.
- μεγάλο μέρος των συναλλαγών συγκεντρώθηκε από τις 10:00 έως τις 18:00, δηλαδή κατά τη διάρκεια λειτουργίας των καταστημάτων της περιοχής.
- ο μέσος χρόνος φόρτισης τις ώρες αυτές κυμάνθηκε από 1 έως 2,5 ώρες και η μέση ενέργεια ανά φόρτιση κυμάνθηκε από 9 έως 17kWh.

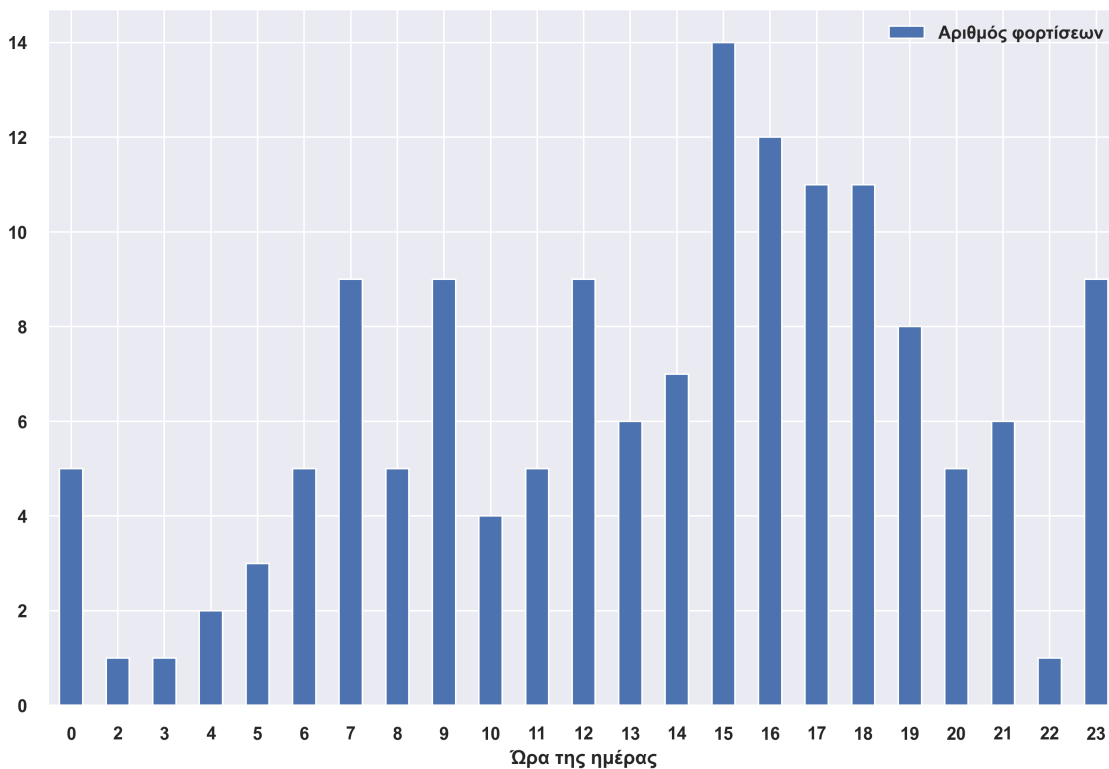
### Σημείο φόρτισης επιχειρηματικού μεγάρου

Το σημείο επαναφόρτισης βρίσκεται έξω από επιχειρηματικό μέγαρο στο Ιβάνο-Φρανκίφσκ, μία πόλη στην Ουκρανία με πληθυσμό 230.000. Η περίοδος μελέτης των δεδομένων είναι από τις 26-08-2020 έως τις 12-11-2020 (79 μέρες), όπου πραγματοποιήθηκαν 148 συναλλαγές στο συγκεκριμένο σημείο, δηλαδή κάτι λιγότερο από 2 συναλλαγές την ημέρα. Προσφέρεται AC φόρτιση με μέγιστη ισχύ τα 22kW και υπάρχει συγκεκριμένη χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα την ώρα της ημέρας. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται αναλυτικότερα τα στοιχεία του σταθμού και της ευρύτερης περιοχής και στα παρακάτω διαγράμματα υπολογίζεται ο αριθμός φορτίσεων, ο μέσος χρόνος φόρτισης και μέση κατανάλωση ενέργειας ανά ώρα.

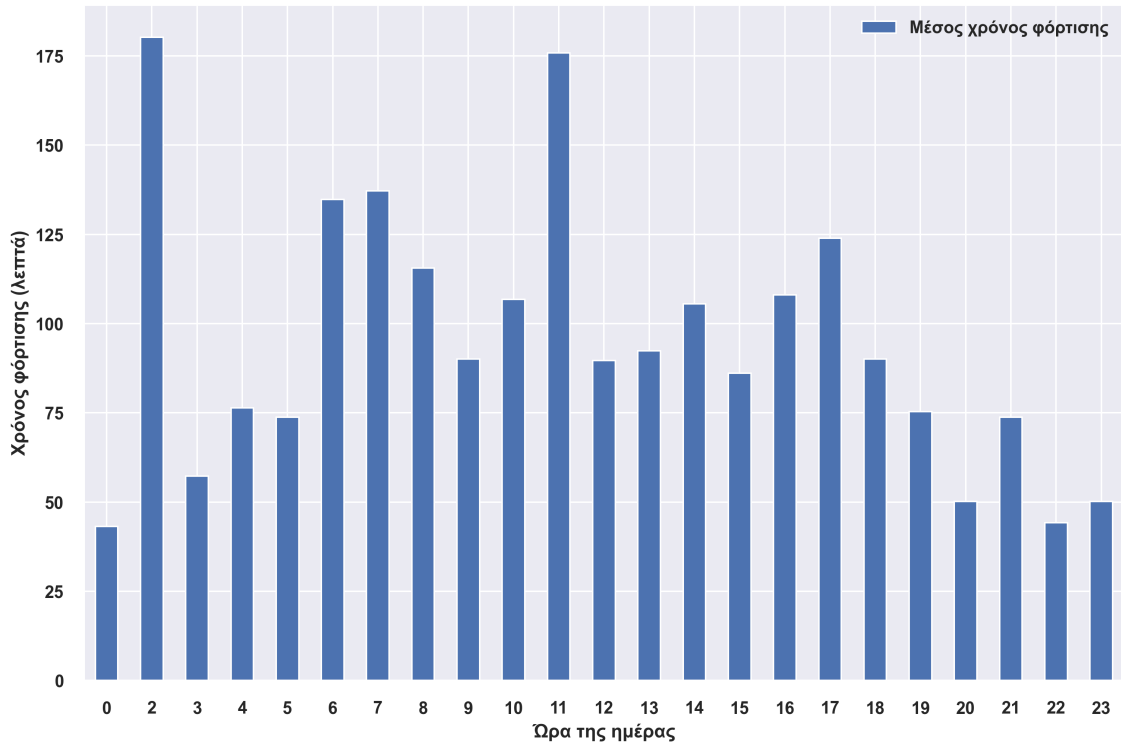
Πίνακας 5.4: Χαρακτηριστικά σταθμού φόρτισης επιχειρηματικού μεγάρου και της τοποθεσίας του

Τύπος Συνδέσμου	Χαρακτηριστικά σταθμού			
	Ισχύς	Αριθμός Συνδέσεων	Ώρες Λειτουργίας	Δωρεάν
Type 2 (Mennekes)	22kW	1	24	Όχι
Τοποθεσία Σταθμού	<500m	<1000m	Πληθυσμός Πόλης	Αριθμός EV
Επιχειρηματικό Μέγαρο	Πανεπιστήμιο Super Market Νοσοκομεία Παιδική χαρά Εστιατόρια	Πάρκο Μνήμης Εμπορικό Πολυκατάστημα Ξενοδοχείο Μουσείο	230.000	102*

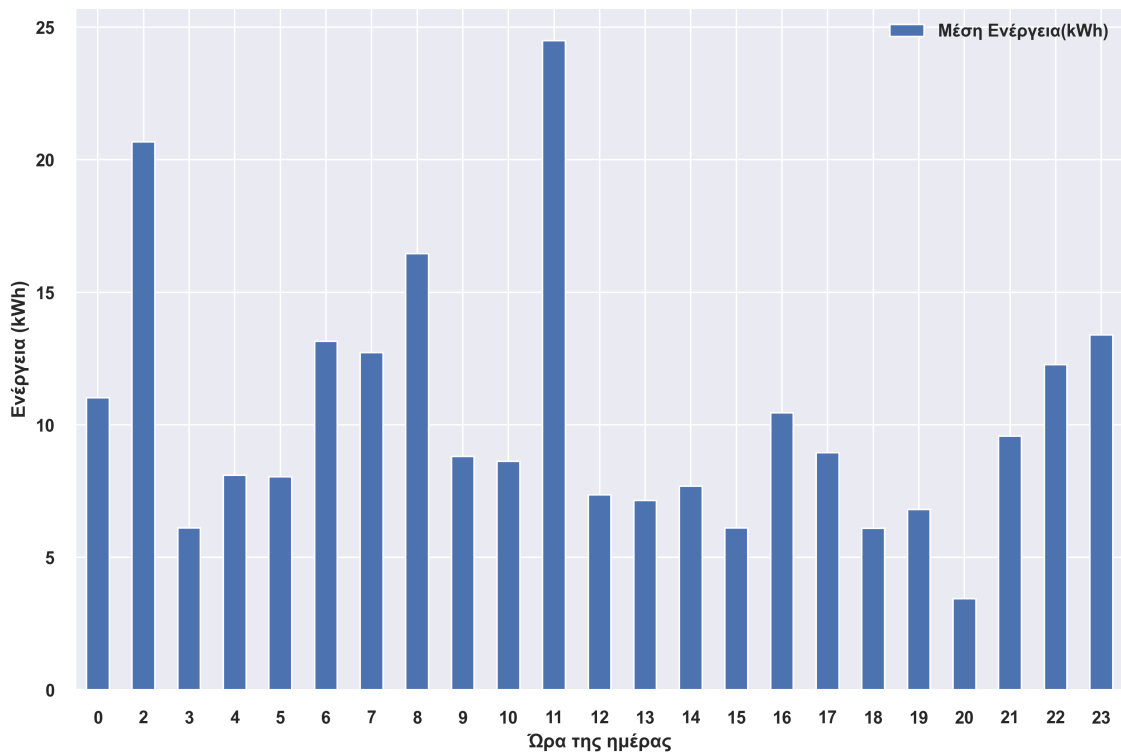
\*Ο αριθμός EV στην πόλη είναι μία εκτίμηση που έχει προκύψει αναλογικά από τα διαθέσιμα στοιχεία του συνολικού αριθμού οχημάτων και του πληθυσμού της χώρας.



Σχήμα 5.13: Αριθμός φορτίσεων ανά ώρα της ημέρας στο επιχειρηματικό μέγαρο



Σχήμα 5.14: Μέσος χρόνος φόρτισης ανά ώρα της ημέρας στο επιχειρηματικό μέγαρο



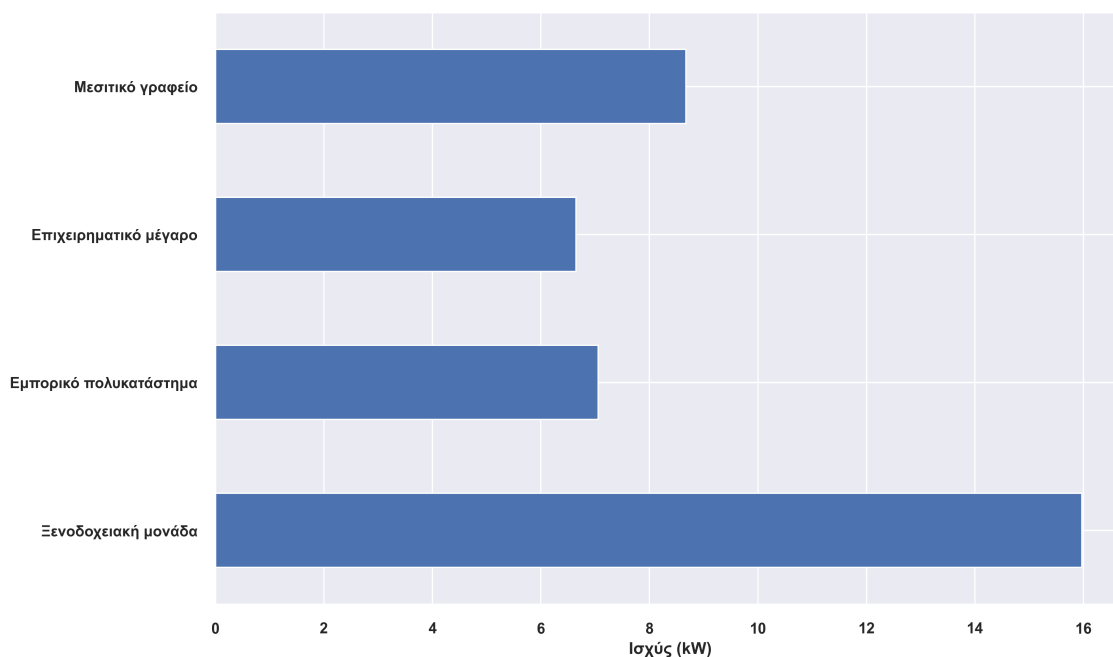
Σχήμα 5.15: Μέση ενέργεια ανά φόρτιση ανά ώρα της ημέρας στο επιχειρηματικό μέγαρο

Παρατηρώντας τα διαγράμματα φαίνεται ότι:

- ελάχιστες φορτίσεις πραγματοποιήθηκαν από τις 22:00 έως τις 5:00, με εξαίρεση στις 23:00 και 00:00, όπου η διάρκεια των φορτίσεων ήταν περίπου μία ώρα. Πιθανός λόγος χρήσης του σημείου, εκείνες τις ώρες, είναι η χαμηλότερη χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- οι περισσότερες φορτίσεις συγκεντρώνονται γύρω στις 7:00 - 9:00 και 15:00 - 18:00, χρονικά διαστήματα που αντιστοιχούν σε έναρξη και λήξη του ωραρίου των εργαζομένων του επιχειρηματικού μεγάρου και των υπόλοιπων επιχειρήσεων της περιοχής.
- ο μέσος χρόνος φόρτισης τις παραπάνω ώρες είναι γύρω στις δύο ώρες

### 5.1.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων

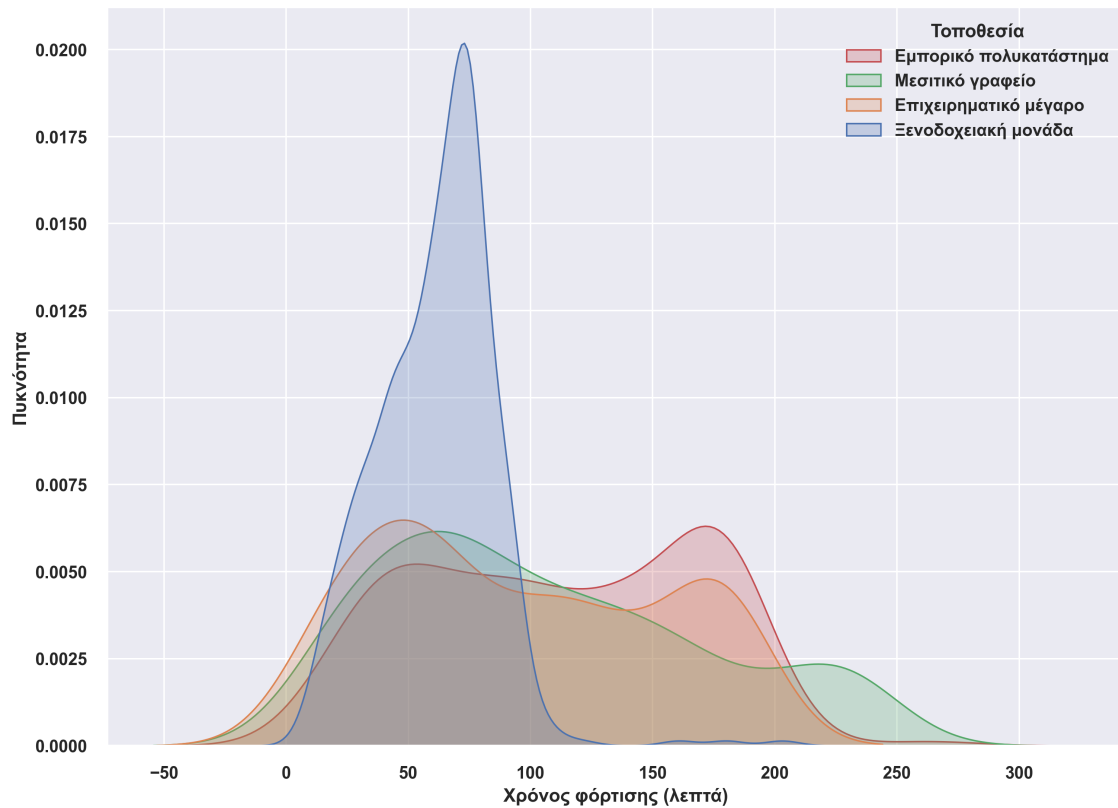
Αρχικά οι φορτιστές των τεσσάρων σημείων χρησιμοποιήθηκαν κατά μέσο όρο 2-4 φορές την ημέρα. Ακόμη από το Σχήμα 5.16 φαίνεται πως ενώ και στα τέσσερα σημεία προσφέρεται μέγιστη ρυθμός φόρτισης τα 22kW, λόγω των διαφορετικών δυνατοτήτων φόρτισης που διαθέτουν τα μοντέλα EVs που χρησιμοποιούν τον κάθε φορτιστή, η μέση ισχύς του φορτιστή της ξενοδοχειακής μονάδας είναι διπλάσια από τις υπόλοιπες.



Σχήμα 5.16: Μέση ισχύς φορτίσεων στα τέσσερα σημεία

Συγκρίνοντας τις ώρες εκκίνησης των φορτίσεων, φαίνεται πως μόνο στη ξενοδοχειακή μονάδα πραγματοποιήθηκαν συναλλαγές καθόλη τη διάρκεια της ημέρας. Αποτέλεσμα λογικό, καθώς ο συγκεκριμένος φορτιστής μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους φιλοξενούμενους του ξενοδοχείου κατά τη διανυκτέρευσή τους. Στις υπόλοιπες τοποθεσίες, οι φορτίσεις ήταν συγκεντρωμένες από τις 6 το πρωί μέχρι τις 10 το βράδυ, δηλαδή τις ώρες όπου λειτουργούν οι εμπορικές εγκαταστάσεις που βρισκόνται κοντά στο κάθε σημείο φόρτισης.

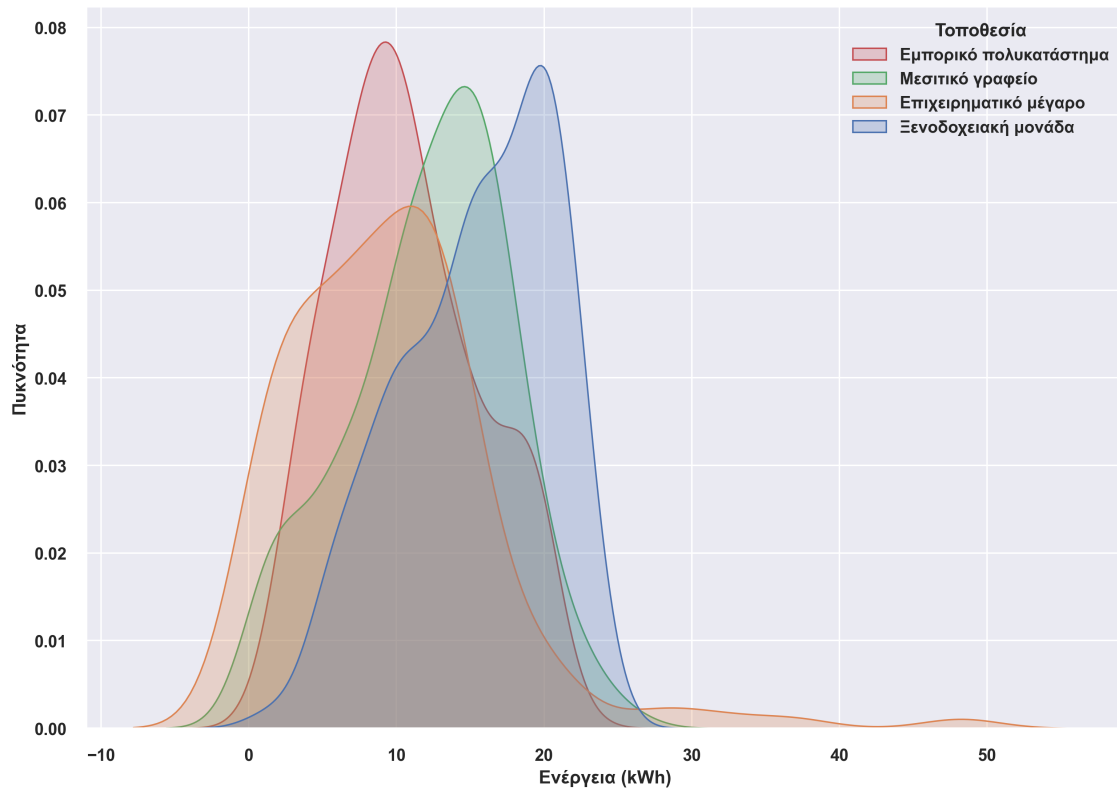
Στη συνέχεια, γίνεται σύγκριση της κατανομής των χρόνων φόρτισης μέσω των εκτιμώμενων συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας (Σχήμα 5.17).



Σχήμα 5.17: Κατανομή του χρόνου φόρτισης αναλόγως της τοποθεσίας του σημείου φόρτισης

Φαίνεται ότι στη ξενοδοχειακή μονάδα οι παρατηρήσεις ακολουθούν σχεδόν κανονική κατανομή, με το μεγαλύτερο ποσοστό των φορτίσεων να έχει διάρκεια από 40 έως 80 λεπτά. Αυτό, κατά πάσα πιθανότητα, οφείλεται στους μεγάλους ρυθμούς φόρτισης που έχουν καταγραφεί στο σταθμό. Αντίθετα, στους υπόλοιπους σταθμούς, όπου η μέση ισχύς φόρτισης είναι γύρω στα 7kW, οι παρατηρήσεις ακολουθούν διμοδικές κατανομές (bimodal distributions), εμφανίζοντας δύο μέγιστα, στα 50 λεπτά και στις 3 ώρες περίπου. Η χρήση των δημόσιων φορτιστών γίνεται τόσο από υβριδικά όσο και από αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα. Τα πρώτα λόγω του μικρότερου ρυθμού φόρτισης που επιτρέπουν θα χρησιμοποιήσουν το φορτιστή περισσότερες ώρες, σε αντίθεση με τα αμιγώς ηλεκτρικά, όπου η φόρτιση για μία ώρα θα εξασφαλίσει ικανοποιητική ηλεκτρική αυτονομία. Ταυτόχρονα, ανεξαρτήτως του είδους του ηλεκτρικού οχήματος, η χρήση του φορτιστή μπορεί να συνδυαστεί με αξιοποίηση των εμπορικών εγκαταστάσεων που προσφέρονται στην κάθε περιοχή και, κατά συνέπεια, να διαρκέσει περισσότερο.

Τέλος, στο Σχήμα 5.18 φαίνεται πώς κατανέμεται η ενέργεια ανά φόρτιση σε κάθε σημείο φόρτισης. Λόγω της υψηλής ισχύος του σημείου φόρτισης της ξενοδοχειακής μονάδας φαίνεται ότι σε εκείνο το σημείο εξασφαλίζεται και η περισσότερη ηλεκτρική αυτονομία ανά φόρτιση, από 10 έως 20kWh. Στις υπόλοιπες τοποθεσίες, οι περισσότερες παρατηρήσεις συγκεντρώνονται στο διάστημα από 5 έως 15kWh, με μέση τιμή τις 10kWh.



Σχήμα 5.18: Κατανομή της ενέργειας φόρτισης αναλόγως της τοποθεσίας του σημείου φόρτισης



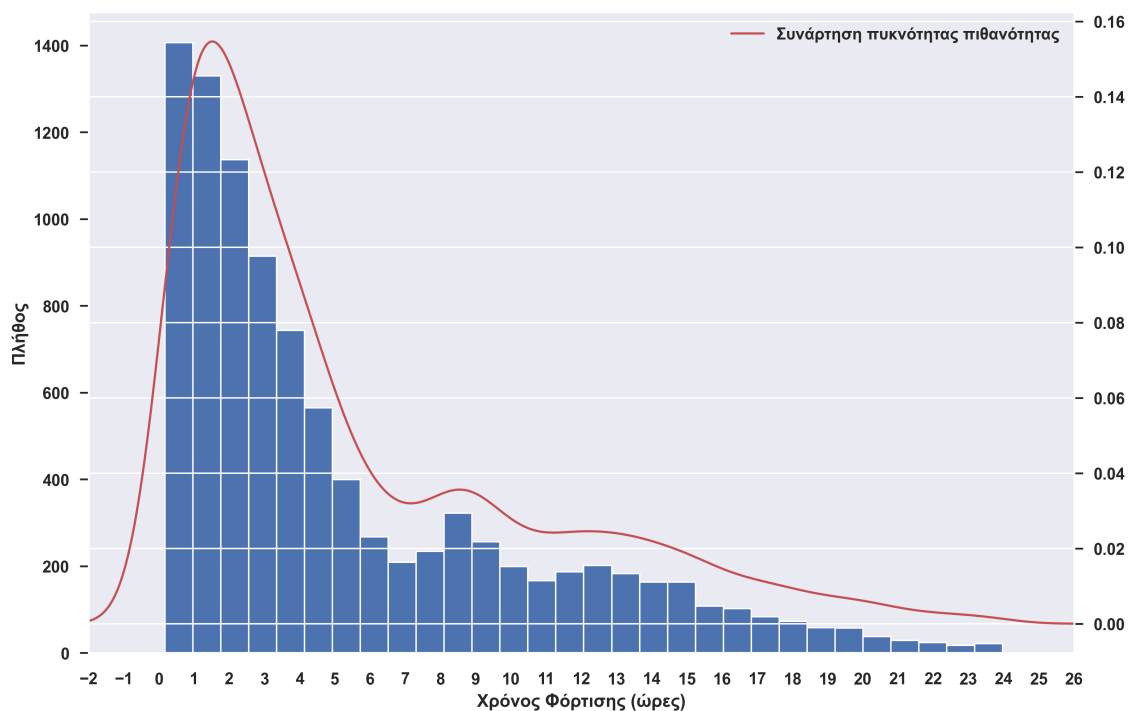
## 5.2 Ανάλυση των δεδομένων φόρτισης της ElaadNL

Πέραν της ανάλυσης που έγινε στα δεδομένα σταθμών φόρτισης με γνωστή τοποθεσία, υπάρχει ανάγκη δημιουργίας ενός γενικού προφίλ των οδηγών ηλεκτρικών οχημάτων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τα δεδομένα της ElaadNL, τα οποία περιέχουν πληροφορία από 10.000 συναλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στην Ολλανδία το 2019. Η Ολλανδία αποτελεί μία από τις πιο ώριμες αγορές ηλεκτρικών οχημάτων, όπως έχει αναφερθεί, για το λόγο αυτό η ανάλυση δεδομένων των υποδομών φόρτισης της θα δώσει μία πληρέστερη εικόνα για το μοτίβο που ακολουθούν οι φορτίσεις.

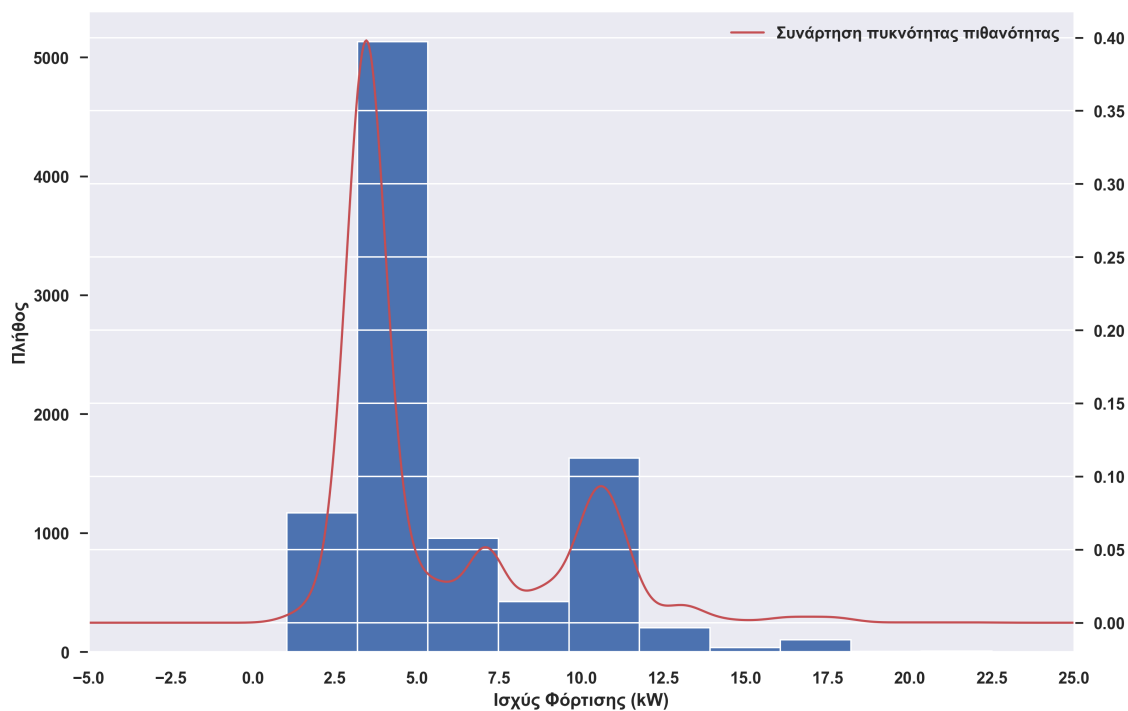
### 5.2.1 Αρχική εικόνα των δεδομένων της ElaadNL

Εξετάζοντας το ιστόγραμμα του χρόνου φόρτισης φαίνεται πως οι περισσότερες φορτίσεις διήρκεσαν λιγότερο από μία ώρα, με το 50% των φορτίσεων να διαρκεί λιγότερο από περίπου τρεις ώρες. Ωστόσο υπήρχαν και πολλές φορτίσεις (25% των συνολικών φορτίσεων) που είχαν διάρκεια περισσότερο από οχτώ ώρες (Σχήμα 5.19), σε αντίθεση με τα δεδομένα της Go To - U όπου οι συναλλαγές είχαν διάρκεια μικρότερη των τεσσάρων ωρών.

Ο χρόνος φόρτισης, όμως, εξαρτάται άμεσα από την ταχύτητα φόρτισης που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Στα δεδομένα της ElaadNL φαίνεται από το ιστόγραμμα της ισχύος (Σχήμα 5.20) πως οι περισσότερες συναλλαγές είχαν μέγιστη ισχύς φόρτισης που ανήκει στο διάστημα [2,5 , 5] kW και αφορά PHEVs, με το 75% των φορτίσεων να είναι μικρότερο των 7,3kW. Επιπλέον υπάρχουν πολλές φορτίσεις (15% των συνολικών φορτίσεων) με τη μέγιστη ισχύς φόρτισης να ανήκει στο διάστημα [10 , 12,5] kW και φαίνεται πως δεν χρησιμοποιούνται δεδομένα από σταθμούς ταχείας φόρτισης (22kW).



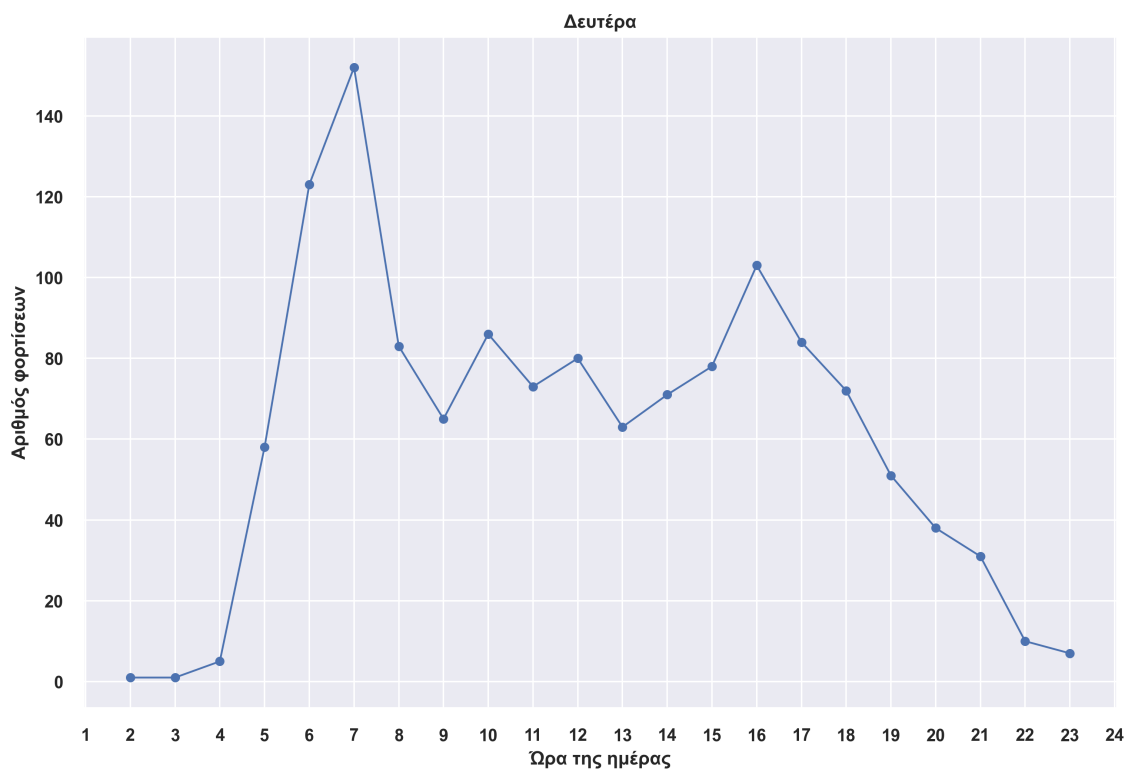
Σχήμα 5.19: Ιστόγραμμα και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας του χρόνου φόρτισης



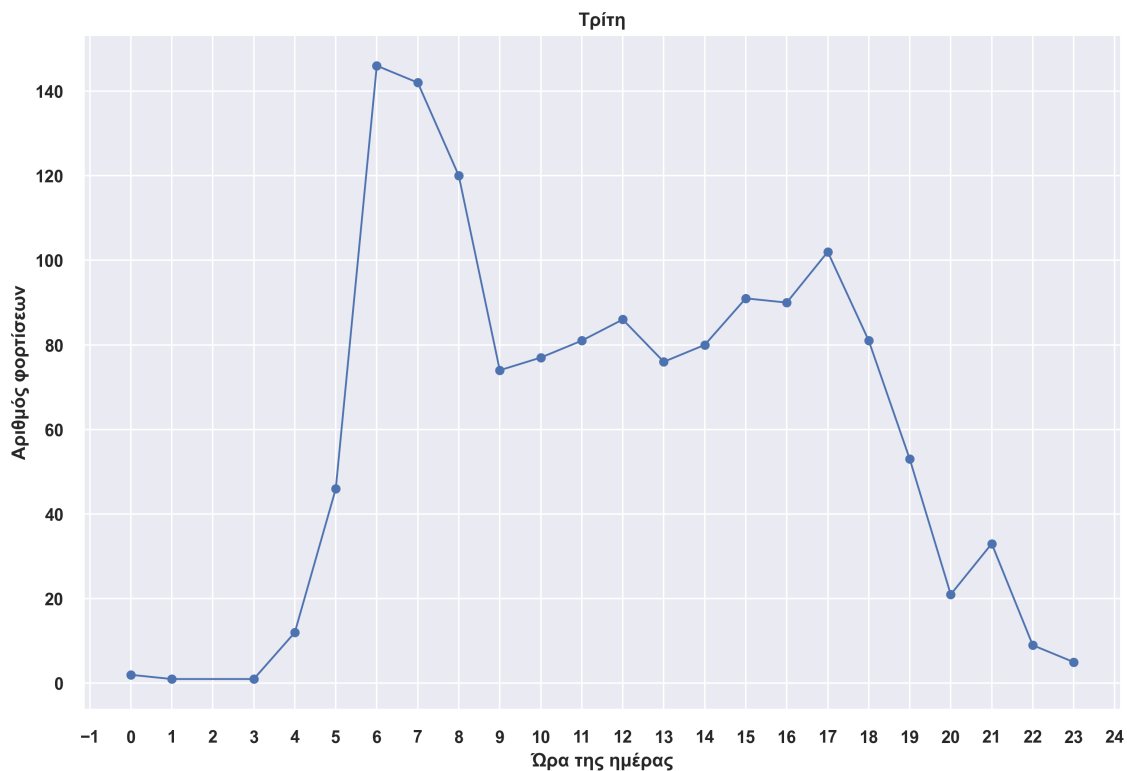
Σχήμα 5.20: Ιστόγραμμα και συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της ισχύος φόρτισης

### 5.2.2 Μοτίβο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

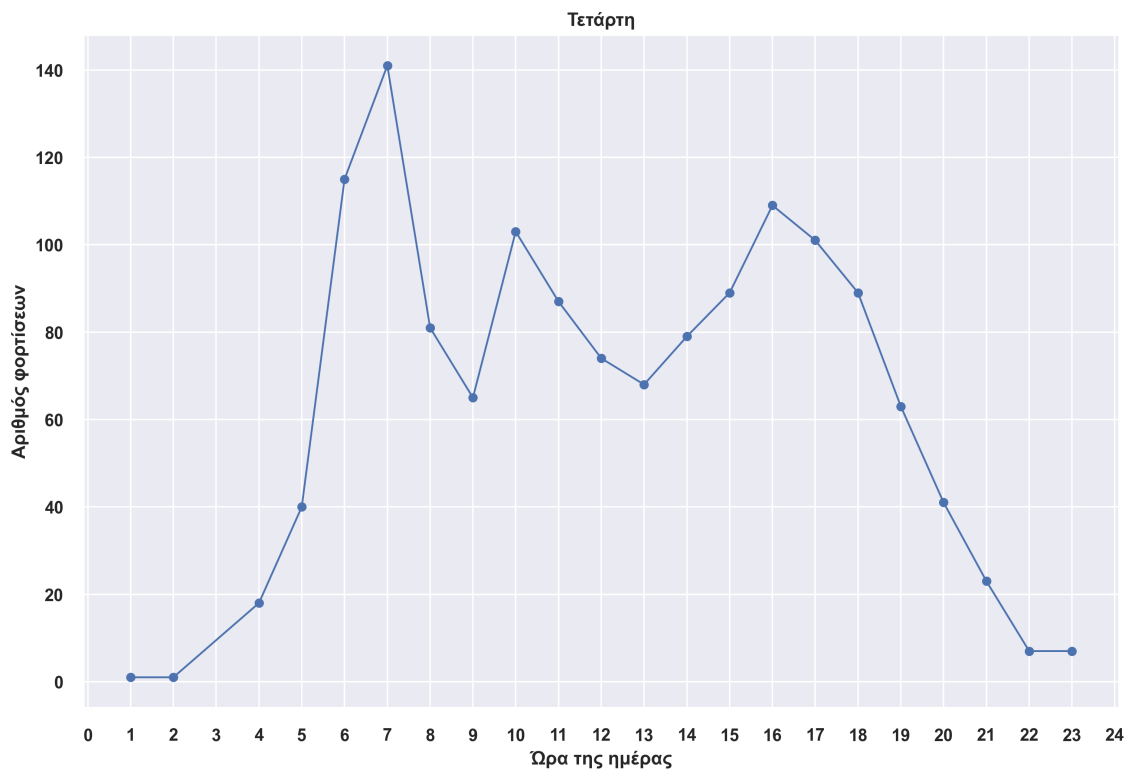
Αρχικά υπολογίστηκε ο αριθμός των φορτίσεων ανάλογα την ώρα εκκίνησης φόρτισης και την ημέρα της εβδομάδας (Σχήματα 5.21 - 5.27).



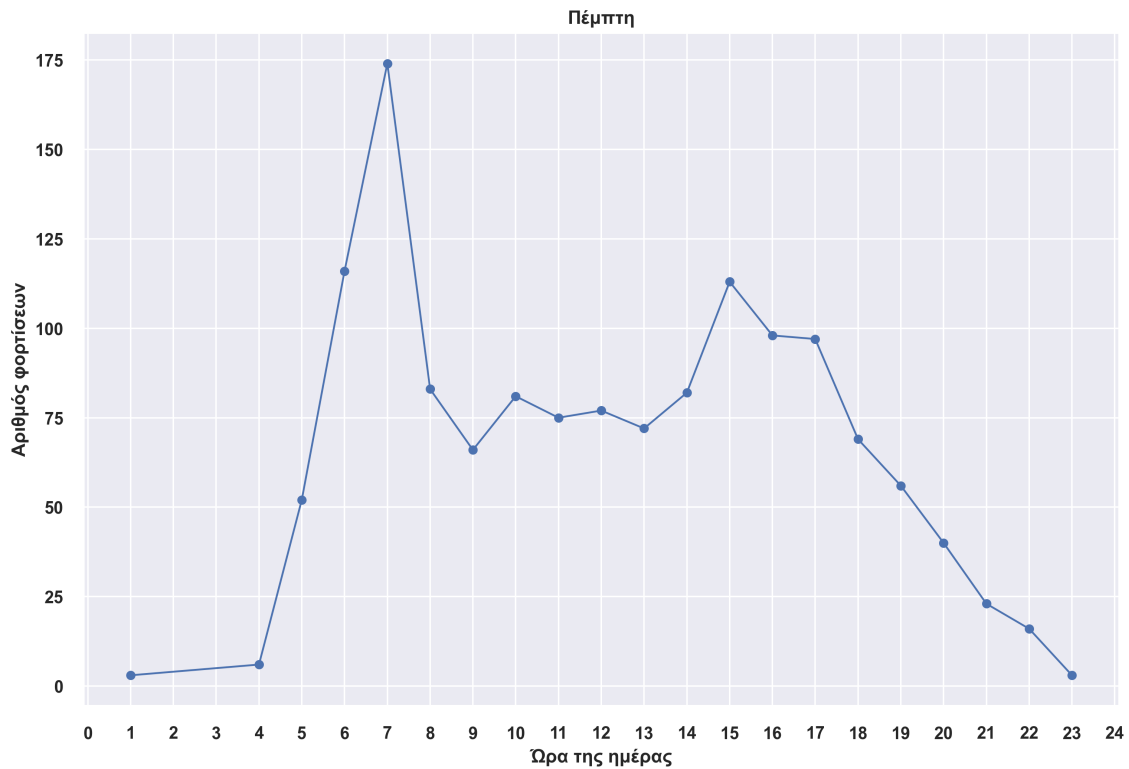
Σχήμα 5.21: Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων τη Δευτέρα



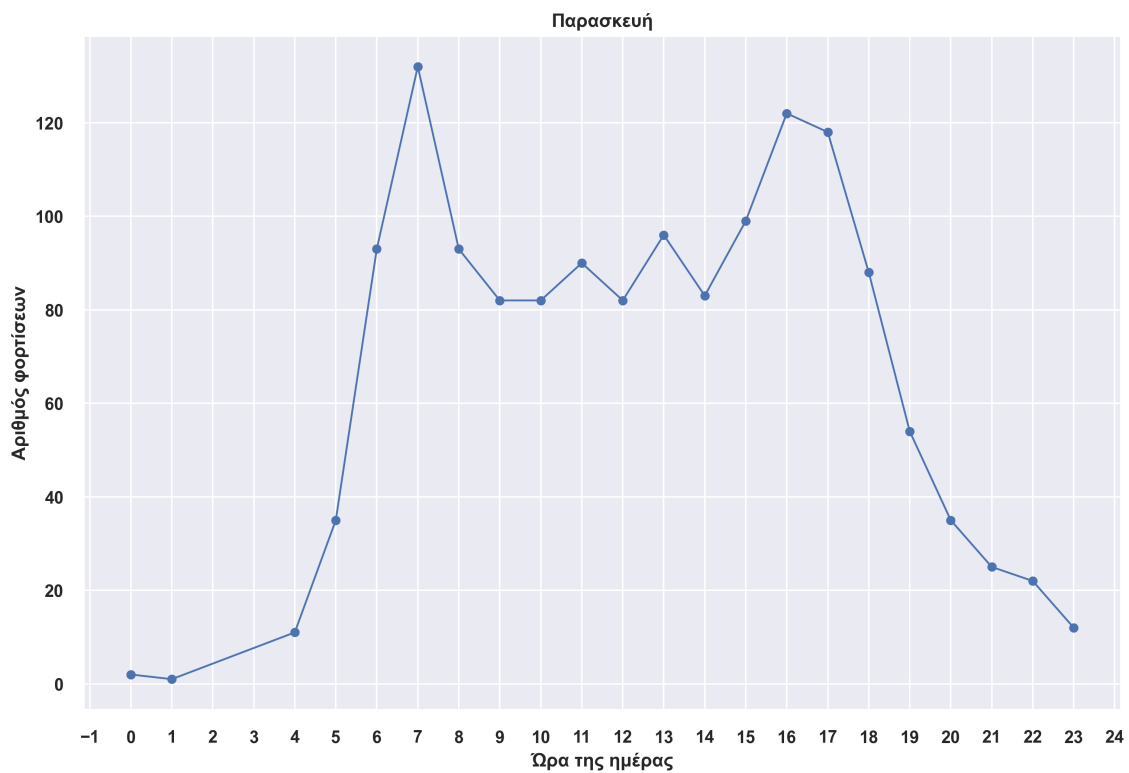
Σχήμα 5.22: Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Τρίτη



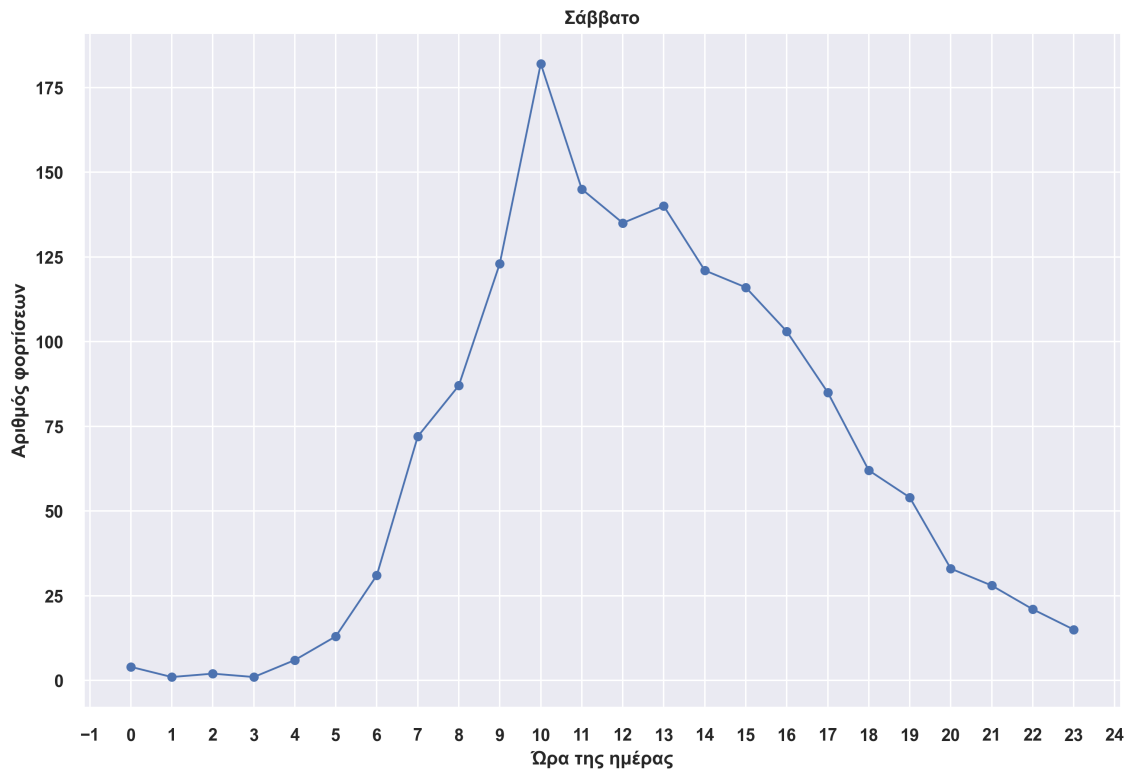
Σχήμα 5.23: Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Τετάρτη



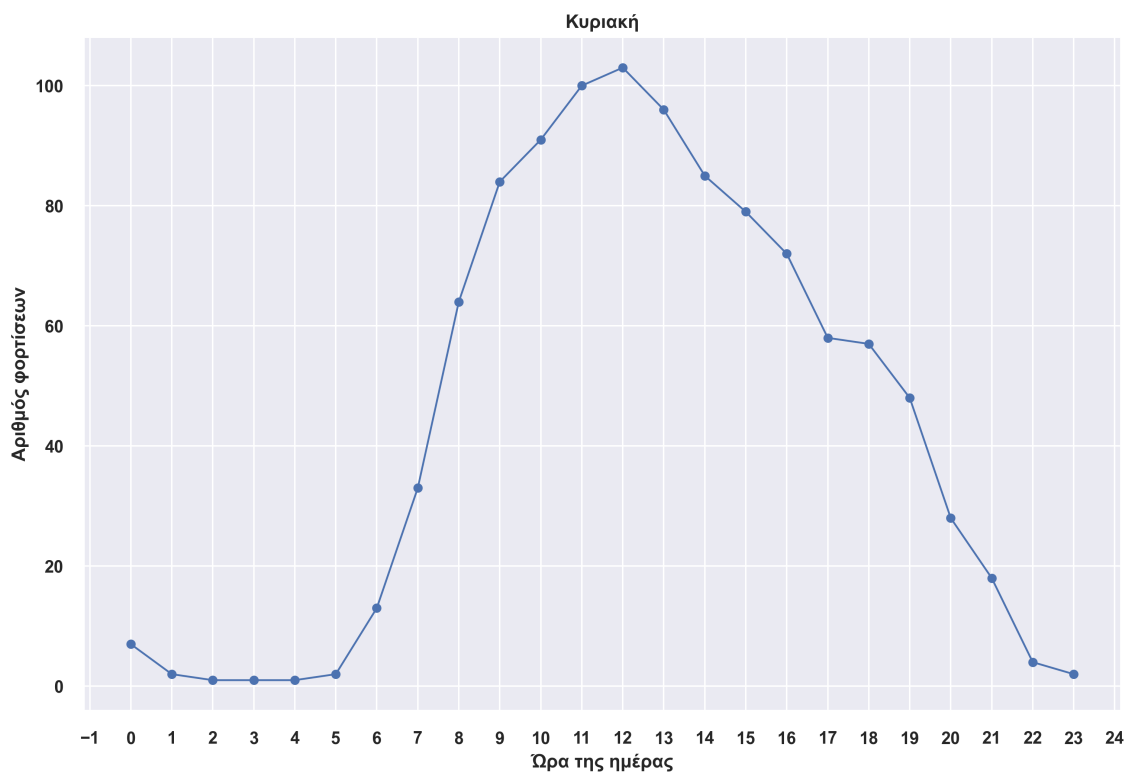
Σχήμα 5.24: Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Πέμπτη



Σχήμα 5.25: Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Παρασκευή



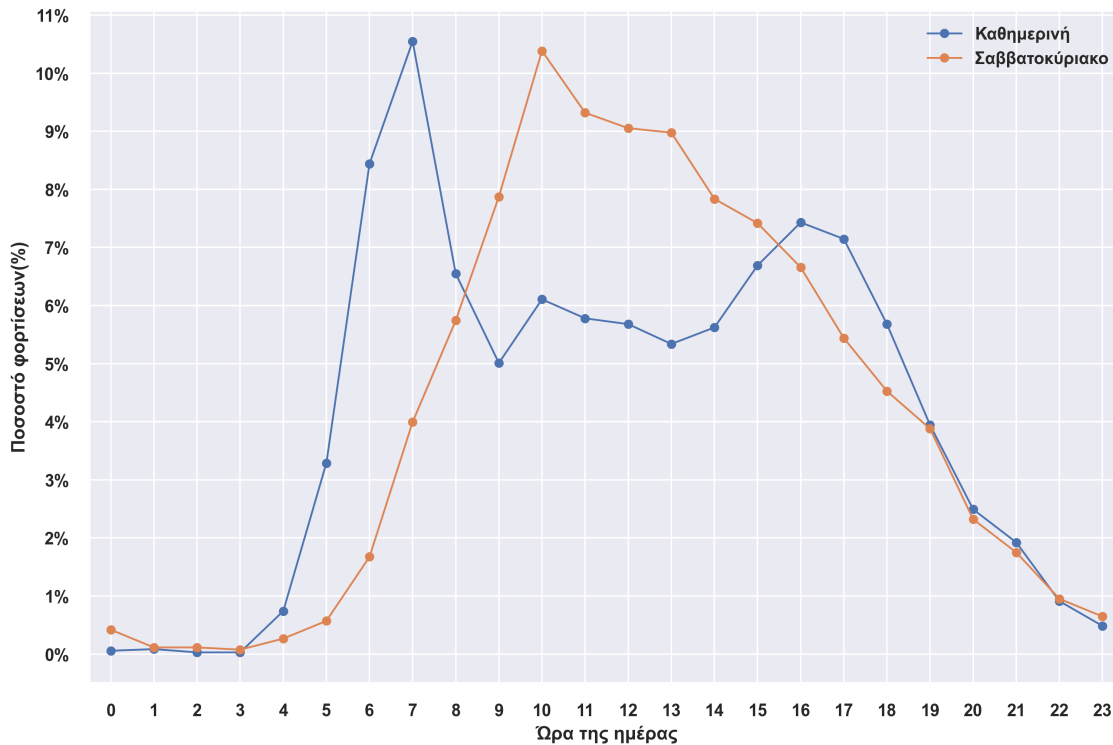
Σχήμα 5.26: Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων το Σάββατο



Σχήμα 5.27: Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την Κυριακή

Φαίνεται από τα παραπάνω σχήματα ότι η κατανομή των χρόνων φόρτισης κατά τις καθημερινές διαφέρει από αυτή που εμφανίζεται το σαββατοκύριακο. Η διαφορά αυτή φαίνεται

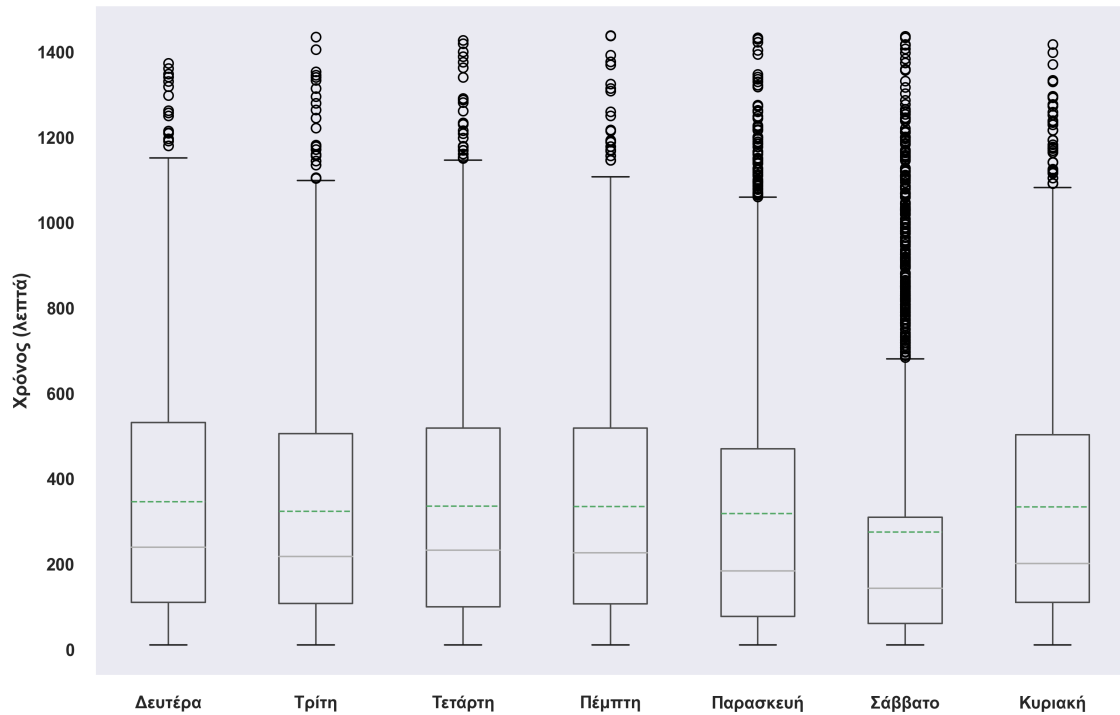
καλύτερα στο Σχήμα 5.28.



Σχήμα 5.28: Χρονική κατανομή του αριθμού φορτίσεων την καθημερινή και το σαββατοκύριακο

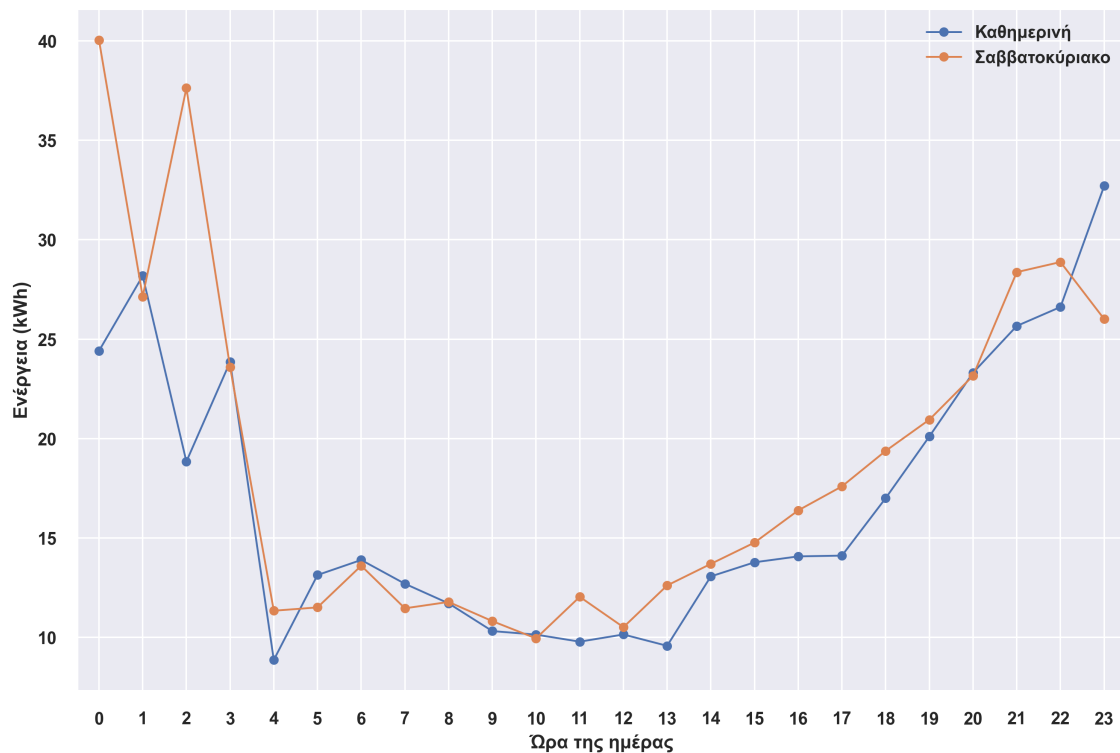
Το μεγαλύτερο ποσοστό των φορτίσεων, τις καθημερινές, ξεκίνησε στις 7:00, με περίπου 25% των φορτίσεων να έχουν ξεκινήσει στο διάστημα από τις 6:00 έως τις 8:00. Ο υψηλός αριθμός φορτίσεων σε αυτές τις ώρες οφείλεται σε χρήση σημείων φόρτισης από εργαζομένους, κοντά στο χώρο εργασίας τους, κατά την έναρξη του ωραρίου τους. Επιπλέον, υψηλό ποσοστό φορτίσεων, γύρω στο 21%, έχει πραγματοποιηθεί από τις 15:00 έως τις 17:00, που αντιστοιχεί σε ώρες λήξης του ωραρίου εργασίας των εργαζομένων. Αντιθέτως, τα σαββατοκύριακα, οι περισσότερες φορτίσεις ξεκίνησαν κατά τις 10:00, με παραπάνω από τις μισές να έχουν ξεκινήσει από τις 9:00 έως τις 14:00, το οποίο μπορεί να αιτιολογηθεί από χρήση σημείων φόρτισης σε εμπορικά πολυκαταστήματα, εστιατορία κτλ. Πάντως, ανεξαρτήτως ημέρας, φαίνεται πως σπάνια γίνεται χρήση δημόσια προσβάσιμων σημείων φόρτισης κατά τις βραδινές και νωρίς το πρωί ώρες, όπου υπάρχει σαφής προτίμηση της οικιακής φόρτισης.

Επιπλέον, στο Σχήμα 5.29, υπολογίστηκε η κατανομή του χρόνου σύνδεσης αναλόγως την ημέρα. Φαίνεται ότι οι περισσότερες ακραίες τιμές εμφανίζονται το Σάββατο, το οποίο διαθέτει το μικρότερο εύρος τιμών του χρόνου σύνδεσης με άνω όριο τις 10 ώρες (600 λεπτά), ενώ τις υπόλοιπες ημέρες το άνω όριο είναι σχεδόν το διπλάσιο. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο διπλό τρόπο χρήσης των φορτιστών εκείνη την ημέρα. Πολλοί συνδέουν τα ηλεκτρικά οχήματά τους σε φορτιστές κοντά σε εμπορικά κέντρα κατά την επίσκεψή τους, ενώ άλλοι χρησιμοποιούν φορτιστές κοντά στην κατοικία τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα, εφόσον δεν υπάρχει ανάγκη μετακίνησης τη συγκεκριμένη ημέρα. Τέλος, παρατηρείται πως κάθε ημέρα ένα 25% των φορτίσεων είχαν διάρκεια σύνδεσης μικρότερη της μίας ώρας.



Σχήμα 5.29: Θηκογράμματα (boxplots) του χρόνου σύνδεσης κάθε ημέρας (η πράσινη διακεκομμένη γραμμή δείχνει τη μέση τιμή)

Τέλος, υπολογίστηκε η ωριαία διακύμανση της μέσης ενέργειας ανά φόρτιση για καθημερινές και σαββατοκύριακο (Σχήμα 5.30).



Σχήμα 5.30: Ωριαία διακύμανση της μέσης ενέργειας ανά φόρτιση την καθημερινή και το σαββατοκύριακο

Αρχικά, φαίνεται πως δεν εμφανίζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο διακυμάνσεων. Τις βραδίνες και νωρίς το πρωί ώρες, όπου γίνεται και η μικρότερη χρήση των δημόσιων σταθμών, η μέση ενέργεια ανά φόρτιση ξεπερνάει τις 20kWh. Αντιθέτως, τις ώρες όπου συγκεντρώνονται οι περισσότερες φορτίσεις, δηλαδή 6:00 - 8:00 και 15:00 - 17:00 τις καθημερινές και 10:00 - 13:00 το σαββατοκύριακο, η μέση ενέργεια ανά φόρτιση δεν ξεπερνάει τις 15kWh.



Μέρος **III**

Επίλογος

---



## Κεφάλαιο **6**

### Επίλογος

---

#### 6.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει μία περιγραφική ανάλυση βασισμένη σε δεδομένα φόρτισης της Go To - U και της ElaadNL για την εξαγωγή μοτίβων φόρτισης.

Μέσω των δεδομένων της Go To - U υπολογίστηκε ο αριθμός φορτίσεων, ο μέσος χρόνος φόρτισης και η μέση ενέργεια ανά φόρτιση σε ωριαία βάση για 4 σταθμούς φόρτισης στη δυτική Ουκρανία. Βρέθηκε πως στο σταθμό φόρτισης της ξενοδοχειακής μονάδας πραγματοποιούνται συναλλαγές όλο το εικοσιτετράωρο, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους σταθμούς όπου χρησιμοποιούνται σπάνια από τις 22:00 έως τις 5:00. Επιπλέον προέκυψε πως ο εκτιμώμενος χρόνος φόρτισης και ενέργεια ανά φόρτιση σε κάθε σταθμό εξαρτάται από τα μοντέλα ηλεκτρικών οχημάτων που τον χρησιμοποιούν. Συγκεκριμένα, λόγω της υψηλής μέσης ισχύς που καταγράφηκε στο φορτιστή της ξενοδοχειακής μονάδας, ο χρόνος φόρτισης ήταν μικρότερης και η ενέργεια ανά φόρτιση μεγαλύτερη σε σύγκριση με τους υπόλοιπους φορτίστες που εξετάστηκαν.

Μέσω των δεδομένων της ElaadNL, για διαδικασίες φορτίσεων που πραγματοποιήθηκαν στην Ολλανδία το 2019, υπολογίστηκε η ωριαία διακύμανση του αριθμού των φορτίσεων, η κατανομή του χρόνου σύνδεσης και ωριαία διακύμανση της μέσης ενέργειας ανά φόρτιση για κάθε ημέρα της εβδομάδας. Προέκυψε πως τις καθημερινές, το μεγαλύτερο ποσοστό των φορτίσεων συγκεντρώνεται τις ώρες έναρξης και λήξης του ωραρίου εργασίας των εργαζομένων, ενώ τα σαββατοκύριακα το μεγαλύτερο ποσοστό φορτίσεων πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια λειτουργίας εμπορικών ακινήτων. Ακόμη η κατανομή του χρόνου σύνδεσης το Σάββατο διέφερε από τις υπόλοιπες ημέρες, γεγονός που οφείλεται στο διπλό τρόπο χρήσης των σταθμών τη συγκεκριμένη ημέρα. Τέλος, η μέση ενέργεια ανά φόρτιση τις ώρες αιχμής είναι της τάξεως των 10kWh, ενώ η μεγαλύτερη ηλεκτρική αυτονομία εξασφαλίζεται τις ώρες όπου η χρήση των σταθμών είναι ελάχιστη.

#### 6.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Η Ελλάδα βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο ηλεκτροκίνησης, γεγονός που κάνει δύσκολο την εύρεση αξιόπιστων δεδομένων φορτίσεων για την εξαγωγή μοτίβων φορτίσεων. Όσο αυξάνονται οι πωλήσεις των EVs και γίνεται πιο μεθοδική η χρήση των δημόσια προσβάσιμων σταθμών φόρτισης, τόσο αυτό θα βοηθήσει στη συλλογή αρκετών δεδομένων για την ανάπτυξη

κατάλληλων αλγορίθμων. Με τη συλλογή περισσότερων δεδομένων από σταθμούς φόρτισης της Ελλάδας μπορούν να δημιουργηθούν μοντέλα μηχανικής μάθησης με στόχο την πρόβλεψη της απαιτούμενης ενέργειας τους για την επόμενη ημέρα, όπως στο άρθρο των M. Majidpour et al. [36], αλλά και την πρόβλεψη της διαθεσιμότητας και της ισχύος φόρτισης, όπως στο άρθρο των Bikcora et al. [37].

## Παραρτήματα

---



## Παράρτημα **A'**

### Πηγαίος Κώδικας σε Python

---

#### A'.1 Κώδικας για τα δεδομένα της Go To-U

```

1 import pandas as pd
2 from matplotlib import pyplot as plt
3 import seaborn as sns
4 import datetime as dt
5
6 #Reading data from Go-To-U
7 df = pd.read_csv('GoToU_data.csv')
8
9 #Transform start/stop timestamp to datetime format
10 df[['start_timestamp', 'stop_timestamp']] =
11 df[['start_timestamp', 'stop_timestamp']].replace('T', '', regex=True)
12
13 df[['start_timestamp', 'stop_timestamp']] =
14 df[['start_timestamp', 'stop_timestamp']].replace('Z', '', regex=True)
15
16 df[['start_timestamp', 'stop_timestamp']] =
17 df[['start_timestamp', 'stop_timestamp']].apply(pd.to_datetime)
18
19 #Calculate connected time, total energy, power
20 df['ConnectedTime'] =
21 (df.stop_timestamp - df.start_timestamp) / pd.Timedelta(minutes=1)
22
23 df['TotalEnergy'] = (df['stop_value'] - df['start_value'])/1000
24 df['Power'] = df['TotalEnergy']/(df['ConnectedTime']/60)
25
26 #Extract hour of day
27 df['hod'] = df['start_timestamp'].dt.hour
28
29 #Clean data from outliers
30 df = df[(df['ConnectedTime']>0) & (df['Power']>0)]
31 df = df[(df['ConnectedTime']>10) & (df['ConnectedTime']<1440)]
32 df = df[df['Power']>1]
33
34 #Histogram of connected time
35 ax = df.ConnectedTime.plot(kind='hist', bins=10)
36 df.ConnectedTime.plot(kind='kde', ax=ax, color='r',
37                        secondary_y=True)

```

```

38 plt.legend(['Kernel Density Estimator'], loc=0)
39 ax.set_ylabel('Count')
40 ax.set_xlabel('Connected time(mins)')
41 loc = plticker.MultipleLocator(base=25.0)
42 ax.xaxis.set_major_locator(loc)
43 ax.set_xlim(-50,300)
44 plt.show()
45
46 #Histogram of Power
47 ax = df.Power.plot(kind='hist', bins=10)
48 df.Power.plot(kind='kde', ax=ax, color='r',
49               secondary_y=True)
50 plt.legend(['Kernel Density Estimator'], loc=0)
51 ax.set_ylabel('Count')
52 ax.set_xlabel('Power (kW)')
53 loc = plticker.MultipleLocator(base=5.0)
54 ax.xaxis.set_major_locator(loc)
55 ax.set_xlim(-10,60)
56 plt.show()
57
58 #Categorize data into bins of 0-3.7kW ,3.7-22kW and >22kW
59 bins = [0, 3.7, 22, 50]
60 labels=['(0-3.7kW)',
61         '(3.7-22kW)',
62         '(>22kW)']
63 df['ChargingType'] = pd.cut(df['Power'], bins=bins, labels=labels)
64
65
66 #Scatterplot energy - connected time
67 sns.scatterplot(x='ConnectedTime', y='TotalEnergy',
68               hue='ChargingType', data=df)
69 plt.legend(title='Charging type')
70 plt.ylabel('Energy(kWh)')
71 plt.xlabel('Connected time(mins)')
72 plt.show()
73
74 #Number of samples by id_tag
75 df.id_tag.value_counts()
76
77 #Date range of data from the Shopping Mall
78 df[df['id_tag']=='PodolianyShopping1'].start_timestamp.min()
79 df[df['id_tag']=='PodolianyShopping1'].start_timestamp.max()
80
81 #Dataframe of Shopping Mall
82 PodShop = df[df['id_tag']=='PodolianyShopping1']
83
84 #Number of sessions per hour of day
85 PodShop.groupby('hod').agg({'hod': 'count'}).plot(kind='bar', legend=False)
86 plt.legend(['Count'])
87 plt.xlabel('Hour of Day')
88 plt.xticks(rotation=0)
89 plt.show()

```



```

90
91 #Average connected time per hour of day
92 ps_2 = PodShop.groupby('hod').agg({'ConnectedTime': 'mean'})
93     .plot(kind='bar', stacked=True)
94 plt.xlabel('Hour of Day')
95 plt.xticks(rotation=0)
96 plt.legend(['Average Connected Time'])
97 plt.ylabel('Connected time(mins)')
98 plt.show()
99
100 #Average energy per hour of day
101 PodShop.groupby('hod').agg({'TotalEnergy': 'mean'})
102     .plot(kind='bar', legend=False)
103 plt.legend(['Average Energy(kWh)'])
104 plt.xlabel('Hour of Day')
105 plt.xticks(rotation=0)
106 plt.ylabel('Energy(kWh)')
107 plt.show()
108
109 #Results comparison
110 g = sns.displot(df, x='ConnectedTime', hue='id_tag', kind='kde',
111               fill=True, legend=False, common_norm=False)
112 plt.legend(title='Location',
113           labels=['Place 1', 'Place 2',
114                 'Place 3', 'Place 4'])
115 g.fig.set_size_inches(12,8)
116 plt.ylabel('Density')
117 plt.xlabel('Connected time(mins)')
118 plt.show()
119
120 g = sns.displot(df, x='TotalEnergy', hue='id_tag', kind='kde',
121               fill=True, legend=False, common_norm=False)
122 plt.legend(title='Location',
123           labels=['Place 1', 'Place 2',
124                 'Place 3', 'Place 4'])
125 g.fig.set_size_inches(12,8)
126 plt.ylabel('Density')
127 plt.xlabel('Energy(kWh)')
128 plt.show()

```

## A.2 Κώδικας για τα δεδομένα της ElaadNL

```

1 import pandas as pd
2 from matplotlib import pyplot as plt
3 import datetime
4 import seaborn as sns
5 import matplotlib.dates as mdates
6 import matplotlib.ticker as plticker
7
8 #Reading data from ElaadNL
9 dataset = 'elaadnl_open_ev_datasets.xlsx'

```

```

10 sheet = 'open_transactions'
11 df = pd.read_excel(dataset,
12                     sheet_name = sheet,
13                     engine='openpyxl',
14                     parse_dates=['UTCTransactionStart', 'UTCTransactionStop'])
15
16 #Renaming columns
17 df = df.rename(columns={'UTCTransactionStart': 'Start',
18                        'UTCTransactionStop': 'Stop'})
19
20 #Calculate connected/charge time in mins
21 df['ConnectedTime'] = df['ConnectedTime']*60
22 df['ChargeTime'] = df['ChargeTime']*60
23
24 #Extracting hour of day
25 df['hour'] = df.Start.dt.hour
26
27 #Cleaning data
28 df = df[(df['ConnectedTime']>10) & (df['ConnectedTime']<1440)]
29 df = df[df['MaxPower']>1]
30
31 #Histogram of Power
32 ax = df.MaxPower.plot(kind='hist', bins=10)
33 df.MaxPower.plot(kind='kde', ax=ax, color='r',
34                  secondary_y=True)
35 plt.legend(['Kernel Density Estimator'], loc=0)
36 ax.set_ylabel('Count')
37 ax.set_xlabel('Power (kW)')
38 loc = plticker.MultipleLocator(base=2.5)
39 ax.xaxis.set_major_locator(loc)
40 ax.set_xlim(-5,25)
41 plt.show()
42
43 #Histogram of Connected time
44 ax = df.ConnectedTime.plot(kind='hist', bins=30)
45 df.ConnectedTime.plot(kind='kde', ax=ax, color='r',
46                       secondary_y=True)
47 plt.legend(['Kernel Density Estimator'], loc=0)
48 ax.set_ylabel('Count')
49 ax.set_xlabel('Connected time (hours)')
50 loc = plticker.MultipleLocator(base=1)
51 ax.xaxis.set_major_locator(loc)
52 ax.set_xlim(-2,26)
53 plt.show()
54
55 #Boxplots for connected time each day of the week
56 monday = df[df.weekday == 0]
57 tuesday = df[df.weekday == 1]
58 wednesday = df[df.weekday == 2]
59 thursday = df[df.weekday == 3]
60 friday = df[df.weekday == 4]
61 saturday = df[df.weekday == 5]

```

```

62 sunday = df[df.weekday == 6]
63
64
65 week_df = pd.concat([monday.ConnectedTime, tuesday.ConnectedTime,
66                     wednesday.ConnectedTime, thursday.ConnectedTime,
67                     friday.ConnectedTime, saturday.ConnectedTime,
68                     sunday.ConnectedTime], axis=1)
69 week_df.columns = ['monday', 'tuesday', 'wednesday',
70                   'thursday', 'friday', 'saturday', 'sunday']
71 filtered_week_df = week_df[~np.isnan(week_df)]
72 boxplot = filtered_week_df.boxplot(grid=False, rot=0,
73                                   showmeans=True, meanline=True)
74 plt.ylabel('Connected time(mins)')
75 plt.show()
76
77 #hourly fluctuation of number of sessions per day
78 names = ['monday', 'tuesday', 'wednesday',
79          'thursday', 'friday', 'saturday', 'sunday']
80 i = 0
81 for _ in (monday, tuesday, wednesday, thursday, friday, saturday, sunday):
82     ax = _.groupby('hour').agg({'hour': 'count'}).plot(legend=False,
83                                                         marker='o', linewidth
84                                                         =1.2)
85     loc = plticker.MultipleLocator(base=1.0)
86     ax.xaxis.set_major_locator(loc)
87     plt.xlabel('Hour of Day')
88     plt.ylabel('Count')
89     plt.title(names[i], fontweight="bold")
90     i += 1
91     plt.show()
92
93 #categorize days to weekday and weekend
94 df['dow'] = pd.cut(df['weekday'], bins=[-0.1, 4, 7], labels=['weekday',
95                                                             'weekend'])
96
97 #calculate hourly count of sessions for each
98 df1 = df[df['dow']== 'weekday'].groupby('hour').agg({'hour': 'count'})
99 df2 = df[df['dow']== 'weekend'].groupby('hour').agg({'hour': 'count'})
100
101 #calculate percentage
102 df1['hour']=(df1['hour']/df1['hour'].sum())*100
103 df2['hour']=(df2['hour']/df2['hour'].sum())*100
104
105 #hourly fluctuation of percentage for weekday and weekend
106 fig, ax = plt.subplots()
107 ax.plot(df1, label = 'weekday', marker='o', linewidth=1.2)
108 ax.plot(df2, label = 'weekend', marker='o', linewidth=1.2)
109 plt.ylabel('Percentage (%)')
110 plt.xlabel('Hour of Day')
111 ax.legend(loc=0)
112 loc = plticker.MultipleLocator(base=1.0)

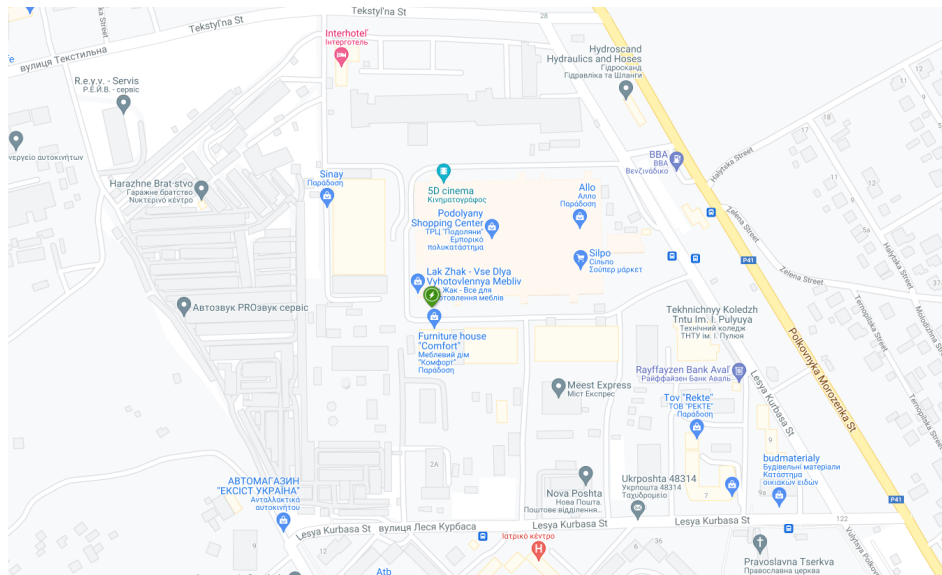
```

```
112 ax.xaxis.set_major_locator(loc)
113 loc2 = plticker.MultipleLocator(base=1.0)
114 ax.yaxis.set_major_locator(loc2)
115 ax.set_xlim(-0.5,23.5)
116 plt.gca().set_yticklabels(['{:0 f}%'.format(x) for x in plt.gca().get_yticks
117                             ()])
118
119 #calculate hourly mean energy for weekday and weekend
120 df3 = df[df['dow']== 'workday'].groupby('hour').agg({'TotalEnergy': 'mean'})
121 df4 = df[df['dow']== 'weekend'].groupby('hour').agg({'TotalEnergy': 'mean'})
122
123 #hourly fluctuation of mean energy for weekday and weekend
124 fig, ax = plt.subplots()
125
126 ax.plot(df3, label = 'weekday', marker='o', linewidth=1.2)
127 ax.plot(df4, label = 'weekend', marker='o', linewidth=1.2)
128 plt.ylabel('Energy (kWh)')
129 plt.xlabel('Hour of Day')
130 ax.legend(loc=0)
131 loc = plticker.MultipleLocator(base=1.0)
132 ax.xaxis.set_major_locator(loc)
133 ax.set_xlim(-0.5,23.5)
134 plt.show()
```

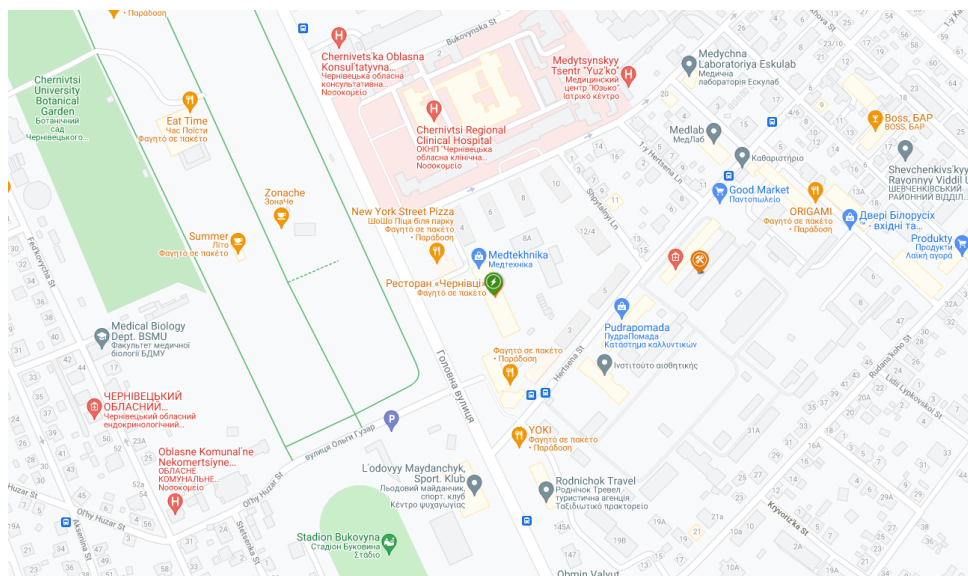
# Παράρτημα Β'

## Σημεία φόρτισης στο χάρτη

Εικόνα Β'.1: Τοποθεσία του εμπορικού πολυκαταστήματος



Εικόνα Β'.2: Τοποθεσία της ξενοδοχειακής μονάδας





## Βιβλιογραφία

---

- [1] European Environment Agency. *Monitoring of CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars – Regulation (EU) No 2019/631*.
- [2] Francesca Piazza. *New Passenger Car Registrations By Alternative Fuel Type in the European Union*. European automobile manufacturers association, 2020.
- [3] EAFO (2021) *Charging infrastructure statistics*. <https://www.eafo.eu/alternative-fuels/electricity/charging-infra-stats>. Ημερομηνία πρόσβασης: 07-05-2021.
- [4] *The Different EV Charging Connector Types*. <https://evcharging.enelx.com/resources/blog/552-ev-charging-connector-types/>. Ημερομηνία πρόσβασης: 30-04-2021.
- [5] *Battery Pack Prices Cited Below \$100/kWh for the First Time in 2020*. <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/>. Ημερομηνία πρόσβασης: 13-04-2021.
- [6] *How DC Fast Charging Really Works and an Intro to Charging Curves*. <https://www.chargepoint.com/blog/how-dc-fast-charging-really-works-and-intro-charging-curves/>. Ημερομηνία πρόσβασης: 11-04-2021.
- [7] Ali Bahrami. *EV Charging Definitions, Modes, Levels, Communication Protocols and Applied Standards Technical Report*. Τεχνική Αναφορά με αριθμό, 2020.
- [8] ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΕΣΠΑΕΝ/106871/930 Τροποποίηση της υπό στοιχεία ΥΠΕΝ/ΕΣΠΑΕΝ/77472/520 κοινής απόφασης των Υπουργών Οικονομικών, Περιβάλλοντος και Ενέργειας και Υποδομών και Μεταφορών «Προκήρυξη της Δράσης ΚΙΝΟΥΜΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ» (Β' 3323/07.08.2020). , 7-11-2020.
- [9] European Environment Agency. *Trends and projections in Europe 2019 - Tracking progress towards Europe's climate and energy targets*. 2019.
- [10] European Council. *CO<sub>2</sub> emission standards for cars and vans: Council agrees its position*. Brussels, 2018.
- [11] Thomas Franke και Josef F. Krems. *Understanding charging behaviour of electric vehicle users*. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 21:75–89, 2013.

- [12] CHAdEMO Association. *CHAdEMO Announces High Power*. Chademo Association Press Release, σελίδα 1, 2016.
- [13] EC. *Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the deployment of alternative fuels infrastructure*. Official Journal of the European Union, 2014.
- [14] Jie Deng, Chulheung Bae, Adam Denlinger και Theodore Miller. *Electric Vehicles Batteries: Requirements and Challenges*. *Joule*, 4(3):511–515, 2020.
- [15] Felipe Munoz. *EV registrations in Europe more than doubled in 2020*. <https://www.jato.com/ev-registrations-in-europe-more-than-doubled-in-2020/>, 2021. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [16] *Renault Zoe*. <https://ev-database.org/car/1236/Renault-Zoe-ZE40-R110>. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [17] *Tesla Model 3*. <https://ev-database.org/car/1322/Tesla-Model-3-Performance>. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [18] *Volkswagen ID.3*. <https://ev-database.org/car/1306/Volkswagen-ID3-Pro-Performance>. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [19] *Hyundai Kona*. <https://ev-database.org/car/1204/Hyundai-Kona-Electric-64-kWh>. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [20] *Peugeot e-208*. <https://ev-database.org/car/1168/Peugeot-e-208>. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [21] *Kia e-Niro*. <https://ev-database.org/car/1339/Kia-e-Niro-39-kWh>. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [22] *Nissan Leaf e+*. <https://ev-database.org/car/1144/Nissan-Leaf-eplus>. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [23] *Audi e-tron*. <https://ev-database.org/car/1253/Audi-e-tron-55-quattro>. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [24] *BMW i3s*. <https://ev-database.org/car/1149/BMW-i3s-120-Ah>. Ημερομηνία πρόσβασης: 10-04-2021.
- [25] *Global EV Outlook 2021*. *Global EV Outlook 2021*, 2021.
- [26] Seiho Kim, Jaesik Lee και Chulung Lee. *Does driving range of electric vehicles influence electric vehicle adoption? Sustainability (Switzerland)*, 9(10), 2017.
- [27] European Automobile Manufacturers Association. *Electric Vehicles: Tax Benefits & Purchase Incentives*. *Acea*, σελίδες 1–6, 2020.
- [28] Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΕΣΠΑΕΝ/77472/520 Προκήρυξη της δράσης «ΚΙΝΟΥΜΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ», 7-08-2020.



- [29] *Norwegian EV policy*. <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>. Ημερομηνία πρόσβασης: 16-06-2021.
- [30] Regulation (EU) 2019/631. *Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 setting CO2 emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles, and repealing Regulations (EC) No 443/2009 and (EU) No 510/2011*. *Official Journal of the European Union*, 62:13–53, 2019.
- [31] Transport and Environment. *CO2 targets propel Europe to 1st place in emobility race*. 2021.
- [32] Michael L. Katz και Carl Shapiro. *Systems Competition and Network Effects*. *Journal of Economic Perspectives*, 8(2):93–115, 1994.
- [33] *GO TO-U We recharge your EV, your body, and your soul!* <https://go-tou.com/en>. Ημερομηνία πρόσβασης: 19-04-2021.
- [34] *Elaadnl Live off the Wind and Drive on the Sun*. <https://www.elaad.nl/>. Ημερομηνία πρόσβασης: 19-04-2021.
- [35] *In Ukraine, the number of electric vehicles exceeded 20 thousand units*. <http://www.autoconsulting.ua/article.php?sid=47126>. Ημερομηνία πρόσβασης: 20-05-2021.
- [36] Mostafa Majidpour, Charlie Qiu, Peter Chu, Hemanshu R. Pota και Rajit Gadh. *Forecasting the EV charging load based on customer profile or station measurement?* *Applied Energy*, 163:134–141, 2016.
- [37] Can Bikcora, Nazir Refa, Lennart Verheijen και Siep Weiland. *Prediction of availability and charging rate at charging stations for electric vehicles*. *2016 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, PMAPS 2016 - Proceedings*, σελίδες 1–6, 2016.