



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Τεχνικοοικονομική Ανάλυση Ολοκληρωμένου Σχήματος
Αυτοπαραγωγής με Χρήση ΑΠΕ και Εφαρμογή
Αμφίδρομης Φόρτισης Ηλεκτροκίνητου Οχήματος**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Ιωάννου Ιωάννη-Παρασκευά

Επιβλέπων:

Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης
Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Οκτώβριος 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Τεχνικοοικονομική Ανάλυση Ολοκληρωμένου Σχήματος
Αυτοπαραγωγής με Χρήση ΑΠΕ και Εφαρμογή
Αμφίδρομης Φόρτισης Ηλεκτροκίνητου Οχήματος**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Ιωάννου Ιωάννη-Παρασκευά

Επιβλέπων: Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης
Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική Επιτροπή την 14^η Οκτωβρίου 2022

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης

Επίκουρος Καθηγητής
Πα.Δ.Α.

.....
Δρ Χριστίανα Μ.
Παπαποστόλου

Επίκουρη Καθηγήτρια
Πα.Δ.Α.

.....
Δρ Γεώργιος Σπυρόπουλος

ΕΔΠ Α' Βαθμίδας
Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

Copyright © - Ιωάννου Ιωάννης-Παρασκευάς, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

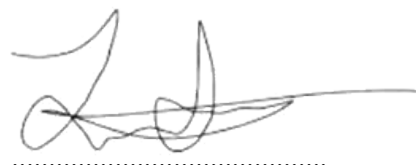
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ιωάννου Ιωάννης-Παρασκευάς του Παύλου, με αριθμό μητρώου 46146520 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, της Σχολής Μηχανικών, του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών
(Υπογραφή)



Ιωάννου Ιωάννης-Παρασκευάς

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω, τον καθηγητή μου κ. Δημήτριο Ζαφειράκη, για τον χρόνο που διέθεσε, και την καθοδήγηση που μου παρείχε, παρά το, ομολογουμένως, αρκετά βεβαρυμένο πρόγραμμα του.

Ακόμη, θα ήθελα, από καρδιάς, να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και κάθε μέλος της ξεχωριστά, για την εμπιστοσύνη και τη στήριξη που μου παρείχαν, ο καθένας με το τρόπο του, από την αρχή της φοίτησης μου, μέχρι και την επικείμενη ολοκλήρωση της.

Τέλος, δε μπορώ να παραλείψω, να ευχαριστήσω και κάποιους ανθρώπους, οι οποίοι δεν είναι πλέον παρόντες, αλλά απολάμβανα της αμέριστης στήριξης και εμπιστοσύνης τους, όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματεύεται ουσιαστικά τη βέλτιστη αξιοποίηση και συνεργασία, ενός συστήματος, που εμπεριέχει τη ταυτόχρονη παρουσία ηλεκτρικού οχήματος, ΑΠΕ και οικίας. Για τη διεργασία αυτή, ουσιαστικά πραγματοποιείται μία προσομοίωση των δεδομένων, για την αμφίδρομη στρατηγική ανταλλαγής ενέργειας, τη γνωστή και ως V2H.

Αρχικά, παρέχεται ανάλυση του απαραίτητου θεωρητικού υπόβαθρου που απαιτείται, για την κατανόηση βασικών εννοιών που αφορούν το ζήτημα. Έτσι, γίνεται εκτενής αναφορά σε όρους γύρω από το ηλεκτρικό όχημα, αλλά και τους βασικούς παράγοντες που δύναται να επηρεάσουν την απόδοση και να διαμορφώσουν τα αντίστοιχα καταναλωτικά προφίλ. Πιο συγκεκριμένα, ιδιαίτερη μνεία, θα πραγματοποιηθεί στη μπαταρία που φέρει το όχημα, και ειδικότερα στους συσσωρευτές ιόντων λιθίου. Όπου, θα προσπαθήσουμε να καταστήσουμε σαφή το τρόπο λειτουργίας τους, αλλά και τις συνθήκες που δύναται να τους επηρεάσουν. Ενώ, ταυτόχρονα θα αναφερθούμε, σε θεωρητικό πλαίσιο, στη διαχείριση αυτών, μετά το πέρας της εφαρμογής τους στο εκάστοτε, συμβατικό, ηλεκτροκίνητο όχημα.

Συνεχίζοντας, έχοντας πλέον θέσει το απαιτούμενο θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτείται, θα προχωρήσουμε στο πειραματικό σκέλος της εργασίας. Έτσι, αρχικά θα γίνει μία προσπάθεια, συλλογής των κατάλληλων, εμπειρικών-υποθετικών, δεδομένων με σκοπό την καταγραφή των καταναλωτικών προφίλ, τόσο της επιμέρους οικίας, όσο και των εκάστοτε ηλεκτρικών οχημάτων. Όπου, θα αντλήσουμε δεδομένα, για τρία διαφορετικά εμπορικά μοντέλα, με σκοπό την εξαγωγή ποικίλων συμπερασμάτων, τα οποία θα διαμορφώνονται από μία ευρεία σειρά δεδομένων. Ακόμη, με τη χρήση κατάλληλων κλιματολογικών δεδομένων, θα έχουμε τη δυνατότητα να παρουσιάσουμε συμπεράσματα σχετικά με τη παραγωγή των ΑΠΕ, για διάφορα μεγέθη εγκατάστασης.

Τέλος, διαμορφώνουμε τις κατάλληλες προϋποθέσεις για τη λειτουργία, σεναρίου με τη χρήση της στρατηγικής V2G, τις οποίες κωδικοποιούμε, σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic. Έτσι, θα μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε προσομοίωση της παραπάνω λειτουργία, για διάφορα επιμέρους μεγέθη ΑΠΕ και συσσωρευτών, σε ετήσια βάση. Οπότε και θα αποκτήσουμε πρόσβαση σε ένα ικανοποιητικό εύρος δεδομένων, με σκοπό την κατάλληλη επεξεργασία τους, για την παραγωγή των επιθυμητών συμπερασμάτων.

Λέξεις Κλειδιά

Ηλεκτρικό Όχημα, ΑΠΕ, Vehicle-to-Home (V2H), Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου, Ανεμογεννήτρια, Φωτοβολταϊκό

Abstract

This current thesis, essentially deals with the optimal utilization and cooperation of a system, that includes the simultaneous presence of an electric vehicle, RES and a home. For this process, a simulation of the data is actually carried out, for the two-way, energy exchange strategy, also known as V2H.

First and foremost, an analysis is provided of the necessary theoretical background needed to understand, key concepts related to the issue. Thus, there is an extensive reference, to terms surrounding the electric vehicle, but also the main factors, that can affect performance and shape the corresponding consumer profiles. Especially, notably mention will be provide of the battery carried by the vehicle, and significant the lithium ion accumulators. Whereas, we will try to clarify their operation, and the conditions that may affect them. Also, at the same time, we will refer, in a theoretical context, on ways to manage them, after the end of their main application, such as to the respective, conventional, electric vehicle.

At this point, having, already, laid out, the required theoretical background, we will proceed to the experimental part of the current thesis. Thus, an initial attempt, will be quote, in order to collect the appropriate, empirical-hypothetical, data, for the purpose of tracking the individual consumer profiles, both of the house, and the respective electric vehicles. Wherein, we will retrieve data, for three different trading models, aiming on extraction of various conclusions, which will be shaped by a wide range of data. Also, by the use of appropriate climatic data, we will be able to present conclusions, regarding on the production of RES, for various installation sizes.

Finally, we configure the appropriate conditions for the operation of the script, that the V2G strategy is based on, which we code in the Visual Basic programming language. Thus, we will be able to simulate the above function, for various individual sizes of RES and accumulators, on an annual basis. Then, we will gain access to a sufficient range of data, in order to properly process them, to produce the desirable conclusions.

Key Words

Electric Vehicle, RES, Vehicle-to-Home (V2H), Lithium-Ion Batteries, Wind Turbine, Photovoltaic Panel

Περιεχόμενα

Λίστα Εικόνων	13
Λίστα Πινάκων	13
Λίστα Διαγραμμάτων	14
1 Ηλεκτρικά Οχήματα	16
1.1 Τρέχουσα Τεχνολογική Στάθμη	16
1.2 Κατηγοριοποίηση Ηλεκτρικών Οχημάτων και των Συσσωρευτών τους	17
1.3 Παγκόσμια Αγορά	18
1.4 Φόρτιση	20
1.4.1 Τρόπος Φόρτισης.....	20
1.4.2 Ρεύμα Φόρτισης.....	20
1.5 Αμφίδρομη Φόρτιση (Bidirectional Charging)	21
1.5.1 Αμφίδρομος Φορτιστής (Bidirectional Charger).....	21
1.5.2 Στρατηγικές Χρήσεις Αμφίδρομης Φόρτισης	22
1.5.2.1 Vehicle-to-Grid (V2G)	23
1.5.2.2 Vehicle-to-Home (V2H).....	24
1.5.2.3 Vehicle-to-Load (V2L).....	24
1.5.3 Οφέλη Αμφίδρομης Φόρτισης.....	25
2 Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου	26
2.1 Εισαγωγή	26
2.2 Κατηγοριοποίηση με Βάση το Υλικό Καθόδου	27
2.2.1 Μπαταρία Οξειδίου Λιθίου-Κοβαλτίου (LiCoO ₂) – LCOB	27
2.2.2 Μπαταρία Οξειδίου Λιθίου-Μαγγανίου (LiMn ₂ O ₄) – LMOB	27
2.2.3 Μπαταρία Οξειδίου Λιθίου-Νικελίου (LiNiMnCoO ₂) –LNMCOB	28
2.2.4 Μπαταρία Φωσφορικού Λιθίου-Σιδήρου (LiFePO ₄) – LFPB	28
2.2.5 Μπαταρία Οξειδίου Λιθίου-Τιτανίου (Li ₄ Ti ₅ O ₁₂) – LTOB	28
2.3 Φαινόμενο Αυτοεκφόρτισης.....	29
2.4 Φαινόμενο Γήρανσης	29
2.4.1 Δείκτες Γήρανσης.....	29
2.4.2 Χημική Ανάλυση Γήρανσης.....	30
3 Διαχείριση Μπαταριών Ιόντων Λιθίου στο Τέλος του Κύκλου Ζωής	31
3.1 Κυκλική Αλυσίδα (Circular Value Chain)	32
3.1.1 Περιγραφή Διαδικασίας.....	32
3.1.2 Διαδικασία Αξιολόγησης Αποσυρθέντων LIB.....	33
3.2 Ανακατασκευή (Remanufacturing)	33

3.2.1	Διαδικασίες Αξιολόγησης	34
3.2.1.1	Αξιολόγηση Ασφαλείας:	34
3.2.1.2	Αξιολόγηση SOH (Κατάσταση Υγείας):.....	35
3.2.1.3	Εκτίμηση RUL (Εναπομένουσα Αξιοποιήσιμη Ζωή):.....	35
3.2.2	Διαδικασία Διαλογής (Screening)	36
3.2.3	Αποσυναρμολόγηση, Επανασυναρμολόγηση και Έλεγχος.....	36
3.3	Επαναχρησιμοποίηση (Repurpose)	36
3.3.1	Κατηγοριοποίηση	37
3.3.2	Λειτουργίες Διαχείρισης Μπαταρίας.....	37
3.3.2.1	Μέθοδοι Εκτίμησης SOP :	37
3.3.2.2	Μέθοδοι Εκτίμησης SOC (Κατάσταση Φόρτισης)	37
3.3.2.3	Μέθοδοι Εκτίμησης SOH (Κατάσταση Υγείας)	38
3.3.3	Λειτουργίες Θερμοκρασιακής Διαχείρισης.....	38
3.3.4	Λειτουργίες Διαχείρισης Εξισορρόπησης	38
3.4	Ανακύκλωση (Recycling).....	39
3.4.1	1 ^ο Στάδιο: Προεπεξεργασία	40
3.4.1.1	Αποφόρτιση	40
3.4.1.2	Αποσυναρμολόγηση	41
3.4.1.3	Σύνθλιψη	42
3.4.1.4	Διαχωρισμός	42
3.4.2	2 ^ο Στάδιο: Μεταλλουργικές Τεχνολογίες	42
3.4.2.1	Πυρομεταλλουργία	42
3.4.2.2	Υδρομεταλλουργία	43
3.4.2.3	Άμεση Ανακύκλωση.....	43
4	Οικία.....	44
4.1	Προϋποθέσεις Σεναρίου	44
4.2	Διάρθρωση Σεναρίου.....	45
4.2.1	Πρόγραμμα Οικογένειας	45
4.2.2	Οικιακές Ηλεκτρικές Συσκευές.....	46
4.3	Κλιματολογικά Δεδομένα.....	51
4.4	Διαχείριση Δεδομένων	52
4.4.1	Κατάσταση stand by	52
4.4.2	Πλάνο Κατανάλωσης	54
5	Ηλεκτρικό Όχημα.....	68
5.1	Κριτήρια Επιλογής	68
5.1.1	Smart EQ ForFour	69

5.1.2	Nissan Leaf.....	70
5.1.3	Kia e-Niro.....	71
5.2	Προφίλ Οδήγησης	72
5.3	Κλιματολογικές Συνθήκες.....	72
5.4	Κύκλος Οδήγησης.....	73
5.5	Διάρθρωση Σεναρίου.....	74
5.5.1	Πρόγραμμα Οικογένειας – Ηλεκτρικού Οχήματος.....	74
5.5.2	Απαιτούμενες Ημερήσιες Αποστάσεις.....	74
5.5.3	Μπαταρία Ηλεκτρικού Οχήματος.....	76
5.5.3.1	Emergency Limit.....	76
5.5.3.2	Φόρτιση.....	77
5.6	Διαχείριση Δεδομένων.....	78
5.6.1	Κατανάλωση Ηλεκτρικού Οχήματος.....	78
5.6.2	Κύκλοι Φόρτισης Ηλεκτρικού Οχήματος.....	84
6	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	87
6.1	Χαρακτηριστικά Διαγράμματα.....	88
6.2	Κλιματολογικά Δεδομένα.....	88
7	Αμφίδρομη V2H Λειτουργία (Bidirectional V2H).....	91
8	Συμπεράσματα-Προτάσεις.....	102
8.1	Συμπεράσματα.....	102
8.2	Σκέψεις για Μελλοντική Δράση.....	103
	Βιβλιογραφία.....	105
	Παράρτημα Διαγραμμάτων.....	109
	Παράρτημα Κώδικα Visual Basic.....	134

Λίστα Εικόνων

- Εικόνα 1. Εκτιμώμενη Αύξηση των Πωλήσεων των Ηλεκτρικών Οχημάτων (2)
Εικόνα 2. Αριθμός Πωλήσεων ανά Χώρα (3)
Εικόνα 3. Ανηγμένο Ποσοστό Πωλήσεων ανά Χώρα (4)
Εικόνα 4. Κατηγοριοποίηση Ηλεκτρικών Οχημάτων (6)
Εικόνα 5. Ενεργειακές Επιδόσεις Διαφόρων Τύπων Συσσωρευτών (9)
Εικόνα 6. Παγκόσμια Τάση Ζήτησης Μπαταριών Ιόντων Λιθίου (10)
Εικόνα 7. Φορτιστής Αμφίδρομης Ροής για Χρήση σε Ηλεκτρικό Όχημα(12)
Εικόνα 8. Ηλεκτρικό Κύκλωμα Φορτιστή Αμφίδρομης Ροής(14)
Εικόνα 9. Διάγραμμα Λειτουργίας Αμφίδρομης Φόρτισης (13)
Εικόνα 10. Διάγραμμα Λειτουργίας V2G (12)
Εικόνα 11. Διάγραμμα Λειτουργίας V2H (12)
Εικόνα 12. Διάγραμμα Λειτουργίας V2L (12)
Εικόνα 13. Λειτουργία Μπαταριών Ιόντων Λιθίου (15)
Εικόνα 14. Υπολοιπόμενοι Κύκλοι Φόρτισης(21)
Εικόνα 15. Circular Value Chain of Retired EV's LIB (26)
Εικόνα 16. Διάγραμμα Ροής Διαδικασιών Ανακατασκευής και Επαναχρησιμοποίησης (26)
Εικόνα 17. Κύρια Βήματα της Διαδικασίας Ανακύκλωσης EOL LIBs - Πηγή: (26)
Εικόνα 18. Δομή Μπαταρίας Ηλεκτρικού Οχήματος Audi A3 Sportback e-tron (33)
Εικόνα 19. Πρόγραμμα Οικογένειας
Εικόνα 20. Οικιακές Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης(37)
Εικόνα 21. Προτεινόμενα BTU ανά Εμβαδόν Χώρου(38)
Εικόνα 22. Χαρακτηριστικά Τυπικών Οικιακών Συσκευών(38,40)
Εικόνα 23. Χαρακτηριστικά Τυπικών Οικιακών Συσκευών(38,40)
Εικόνα 24. Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία(41)
Εικόνα 25. Ανεμολογικά Δεδομένα(41)
Εικόνα 26. Μέσο Ετήσιο Ωριαίο Φορτίο Ζήτησης Οικίας
Εικόνα 27. Χαρακτηριστικά Ηλεκτρικών Οχημάτων(43)
Εικόνα 28. Smart EQ ForFour(44)
Εικόνα 29. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Smart EQ ForFour(44)
Εικόνα 30. Nissan Leaf(45)
Εικόνα 31. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Nissan Leaf(45)
Εικόνα 32. Kia e-Niro(46)
Εικόνα 33. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Kia e-Niro(46)
Εικόνα 34. Κύκλοι Οδήγησης EV(47,48)
Εικόνα 35. Ημερήσια EV
Εικόνα 36. Τυπική Υβριδική Εγκατάσταση ΑΠΕ (54,55)
Εικόνα 37. Καμπύλη Αδιάστατης Ισχύος Α/Γ (54,55)
Εικόνα 38. Χαρακτηριστική Καμπύλη Φ/Β (54,55)

Λίστα Πινάκων

- Πίνακας 1. Επιλεγμένες Ηλεκτρικές Συσκευές ανά Δωμάτιο
Πίνακας 2. Υπολογισμός Ισχύς Αναμονής-Stand by
Πίνακας 3. Μηνιαία Ανάγκη Χρήση Κλιματισμού
Πίνακας 4. Συνοπτικά Στοιχεία Χειμερινού Καταναλωτικού Προφίλ Οικίας
Πίνακας 5. Συνοπτικά Στοιχεία Ανοιξιότικου Καταναλωτικού Προφίλ Οικίας

- Πίνακας 6. Συνοπτικά Στοιχεία Θερινού Καταναλωτικού Προφίλ Οικίας
Πίνακας 7. Συνοπτικά Στοιχεία Φθινοπωρινού Καταναλωτικού Προφίλ Οικίας
Πίνακας 8. Συνοπτικά Στοιχεία Ετήσιου Φορτίου Ζήτησης Οικίας
Πίνακας 9. Ανάγκη Χρήσης Κλιματιστικού - EV
Πίνακας 10. Σενάριο Οδήγησης για Καθημερινή
Πίνακας 11. Σενάριο Οδήγησης για Σαββατοκύριακο
Πίνακας 12. Μηνιαία Διακύμανση Emergency Limit
Πίνακας 13. Καταναλωτικό Προφίλ Οδήγησης ανά Ημέρα - Smart EQ ForFour
Πίνακας 14. Καταναλωτικό Προφίλ Οδήγησης ανά Ημέρα- Nissan Leaf
Πίνακας 15. Καταναλωτικό Προφίλ Οδήγησης ανά Ημέρα - Kia e-Niro
Πίνακας 16. Ετήσιο Κόστος Χρήσης και Κόστος Αγοράς του εκάστοτε EV

Λίστα Διαγραμμάτων

- Διάγραμμα 1. Μέσο Ωριαίο Χειμερινό Φορτίο
Διάγραμμα 2. Μέσο Ωριαίο Ανοιξιότικο Φορτίο
Διάγραμμα 3. Μέσο Ωριαίο Θερινό Φορτίο
Διάγραμμα 4. Μέσο Ωριαίο Φθινοπωρινό Φορτίο
Διάγραμμα 5. Μέσο Ωριαίο Φορτίο Καθημερινής
Διάγραμμα 6. Μέσο Ωριαίο Φορτίο Σαββατοκύριακου
Διάγραμμα 7. Αθροιστική Πιθανότητα Εμφάνισης Ωριαίου Φορτίου
Διάγραμμα 8. Σύνοψη Ημερήσιων Διακυμάνσεων Κατανάλωσης ανά Ημέρα Χρήσης των εκάστοτε EV
Διάγραμμα 9. Ωριαία Διακύμανση SoC - Smart EQ ForFour
Διάγραμμα 10. Ωριαία Διακύμανση SoC - Nissan Leaf
Διάγραμμα 11. Ωριαία Διακύμανση SoC - Kia e-Niro
Διάγραμμα 12. Διακύμανση Ετήσιου Αθροιστικού Κόστους για το εκάστοτε EV
Διάγραμμα 13. Ωριαίες Μετρήσεις Ταχύτητας Ανέμου (54)
Διάγραμμα 14. Ωριαίες Μετρήσεις Ηλιακής Ακτινοβολίας (54)
Διάγραμμα 15. Συγκριτικό Διάγραμμα Αιολικού & Ηλιακού Δυναμικού - Φορτίο Ζήτησης Οικίας
Διάγραμμα 16. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour
Διάγραμμα 17. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf
Διάγραμμα 18. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro
Διάγραμμα 19. Συγκριτικό Διάγραμμα, Ετήσιων Ποσοστών Κάλυψης Απαιτήσεων Οικίας
Διάγραμμα 20. Συγκριτικό Διάγραμμα, Ετήσιων Ποσοστών Κάλυψης Απαιτήσεων EVs
Διάγραμμα 21. Συγκριτικό Διάγραμμα Ετήσιου Αριθμού Παραβιάσεων Emergency Limit
Διάγραμμα 22. Συγκριτικά Διαγράμματα LCOE, Συντελεστή Κάλυψης για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ
Διάγραμμα 23. Συγκριτικά Διαγράμματα Διακύμανσης LCOE, για όλα τα EVs & Τα Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ
Διάγραμμα 24. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour ($N_{pv}=N_w=30kW$ – $N_{pv}=N_w=25kW$)

Διάγραμμα 25. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=22.5kW – Npv=Nw=19kW)

Διάγραμμα 26. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=17.5kW – Npv=Nw=14.5kW)

Διάγραμμα 27. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=13kW – Npv=Nw=10kW)

Διάγραμμα 28. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=9kW – Npv=Nw=6kW)

Διάγραμμα 29. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=5kW – Npv=Nw=2.5kW)

Διάγραμμα 30. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=1.5kW – Npv=0 & Nw=2.5kW)

Διάγραμμα 31. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=30kW – Npv=Nw=25kW)

Διάγραμμα 32. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=22.5kW – Npv=Nw=19kW)

Διάγραμμα 33. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=17.5kW – Npv=Nw=14.5kW)

Διάγραμμα 34. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=13kW – Npv=Nw=10kW)

Διάγραμμα 35. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=9kW – Npv=Nw=6kW)

Διάγραμμα 36. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=5kW – Npv=Nw=2.5kW)

Διάγραμμα 37. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=1.5kW – Npv=0 & Nw=5kW)

Διάγραμμα 38. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=30kW – Npv=Nw=25kW)

Διάγραμμα 39. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=22.5kW – Npv=Nw=19kW)

Διάγραμμα 40. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=17.5kW – Npv=Nw=14.5kW)

Διάγραμμα 41. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=13kW – Npv=Nw=10kW)

Διάγραμμα 42. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=9kW – Npv=Nw=6kW)

Διάγραμμα 43. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=5kW – Npv=Nw=2.5kW)

Διάγραμμα 44. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=1.5kW – Npv=5 & Nw=0kW)

Διάγραμμα 45. Διακύμανση LCOE για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ - Ευμενές Σενάριο Κάλυψης Αναγκών EV

Διάγραμμα 46. Διακύμανση LCOE για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ - Δυσμενές Σενάριο Κάλυψης Αναγκών EV

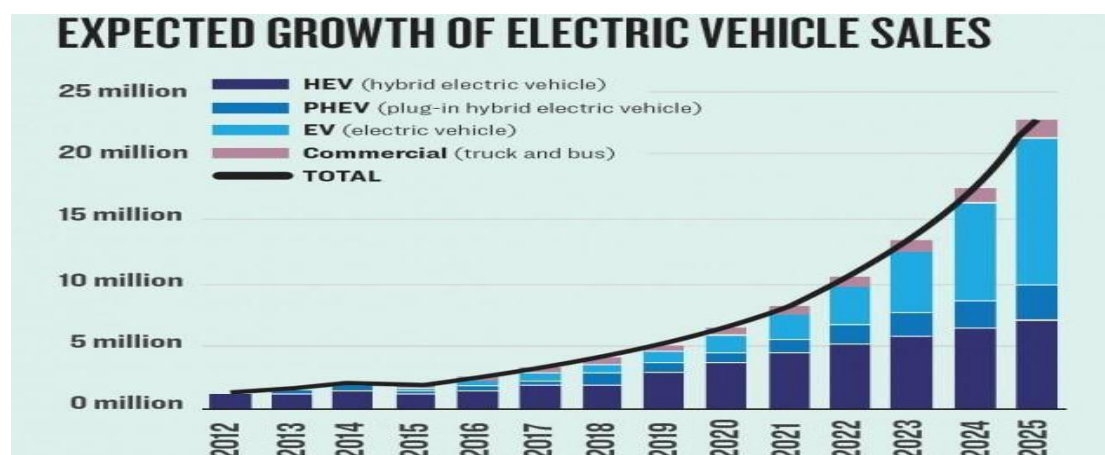
Διάγραμμα 47. Διακύμανση LCOE για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ - Ευμενές Σενάριο Κάλυψης Αναγκών EV & Οικίας

Διάγραμμα 48. Διακύμανση LCOE για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ - Δυσμενές Σενάριο Κάλυψης Αναγκών EV & Οικίας

1 Ηλεκτρικά Οχήματα

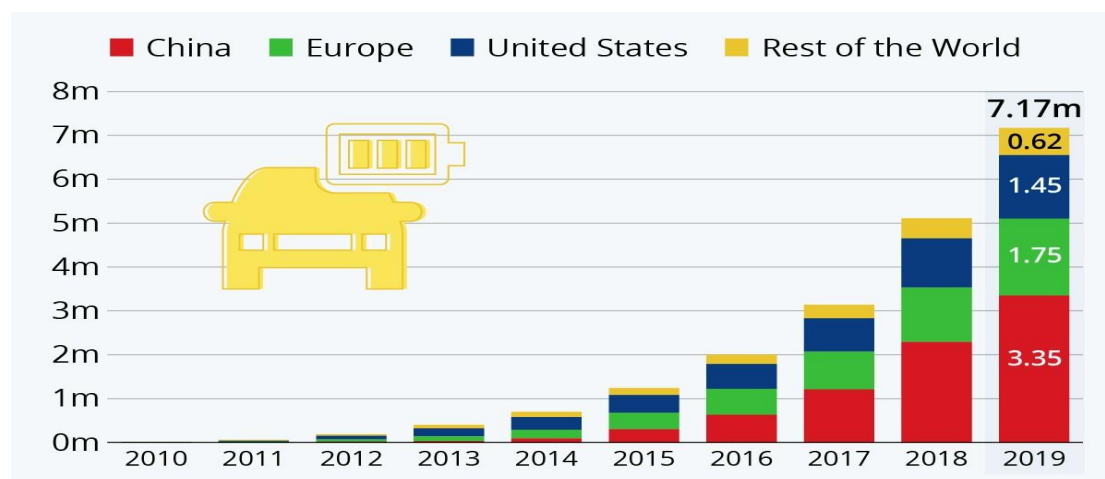
1.1 Τρέχουσα Τεχνολογική Στάθμη

Τα τελευταία χρόνια, οι απαιτήσεις της κοινωνίας, έχουν αναγκάσει τις αυτοκινητοβιομηχανίες να στραφούν προς την αναζήτηση νέων πηγών τροφοδότησης ενέργειας για τα συμβατικά, και όχι μόνο οχήματα. Απαιτήσεις όπως η ανάγκη μείωσης της περιβαλλοντικής ρύπανσης, η ανεξέλεγκτη σπατάλη πρώτων υλών, καταστρατηγώντας κάθε αειφόρο έννοια, οδήγησαν τη παγκόσμια, αυτοκινητιστική κοινότητα στην ανάπτυξη νέων μοντέλων οχημάτων, τα οποία συμβαδίζουν με τις παραπάνω δύο απαιτήσεις (1). Έτσι, άρχισαν δειλά – δειλά να εισέρχονται στη καθημερινότητα μας, τα ηλεκτροκίνητα οχήματα. Όπως φαίνεται και στη παρακάτω Εικόνα 1, οι πωλήσεις των συγκεκριμένων οχημάτων σημειώνουν αλματώδη αύξηση.



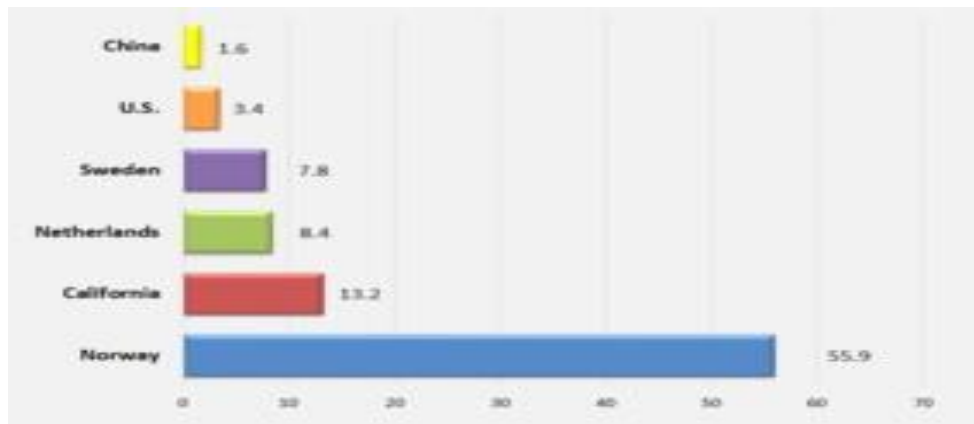
Εικόνα 1. Εκτιμώμενη Αύξηση των Πωλήσεων των Ηλεκτρικών Οχημάτων (2)

Ιδίως σε Ασιατικές χώρες, όπως η Κίνα, η Ιαπωνία, η Νότιος Κορέα, αλλά και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, συγκεντρώνεται η μερίδα του λέοντος από το σύνολο των πωλήσεων, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2. Αριθμός Πωλήσεων ανά Χώρα (3)

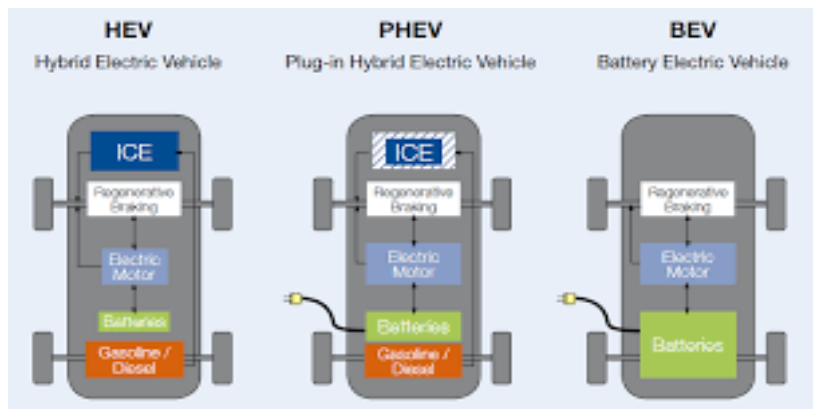
Παρόλα αυτά, αν θέλουμε ανηγμένα δεδομένα ανά 1000 κατοίκους, παρατηρούμε πως, χώρες όπως η Νορβηγία και η Σουηδία κατέχουν αξιοσημείωτα ποσοστά, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3. Απόρροια της εύρωστης οικονομικής κατάστασης, που απαντάται στις κοινωνίες αυτές.



Εικόνα 3. Ανηγγμένο Ποσοστό Πωλήσεων ανά Χώρα (4)

1.2 Κατηγοριοποίηση Ηλεκτρικών Οχημάτων και των Συσσωρευτών τους

Ουσιαστικά λοιπόν με τον όρο ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο, εννοούμε κάθε όχημα το οποίο χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μπορεί να αποθηκευτεί σε συστοιχίες συσσωρευτών (5). Απαραίτητη είναι λοιπόν, η ύπαρξη ηλεκτροκινητήρα, αντί για τους συμβατικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης. Στο κομμάτι αυτό, πραγματοποιείται και ο βασικός διαχωρισμός των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, σε αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα, τα οποία χρησιμοποιούν αποκλειστικά ηλεκτροκινητήρα και σε οχήματα τα οποία, δύναται να συνδυάσουν και ηλεκτροκινητήρα και κινητήρα εσωτερικής καύσης, τα λεγόμενα υβριδικά. Έτσι, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4, προκύπτουν τα παρακάτω τρία είδη οχημάτων.



Εικόνα 4. Κατηγοριοποίηση Ηλεκτρικών Οχημάτων (6)

Οι μπαταρίες οι οποίες δύναται να χρησιμοποιηθούν στα ηλεκτρικά οχήματα είναι οι εξής (7):

- νικελίου-καδμίου (NiCd): Τα ηλεκτρόδια στα κελιά σε τέτοιου τύπου μπαταρίες, αποτελούνται από υδροξείδιο του νικελίου και κάδμιο. Ενώ φέρουν ηλεκτρολύτη καλλίου. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε διάφορες φορητές ηλεκτρικές συσκευές, λόγω του χαμηλού τους κόστους και της μακροζωίας που τις διακρίνει. Βέβαια, δεν είναι καθόλου φιλικές προς το περιβάλλον, γι' αυτό και τείνουν να αντικατασταθούν πλήρως.
- υβρίδιο μετάλλων νικελίου (NiHM): Πρόκειται για μία επαναφορτιζόμενη μπαταρία, παρόμοια με την NiCd, με τη μόνη διαφορά πως φέρει ένα απορροφητικό κράμα υδρογόνου στην άνοδο της, αντί για κάδμιο. Συγκριτικά με τις μπαταρίες NiCd, παρουσιάζει έως και τρεις φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα, ενώ σε σχέση με τις αντίστοιχες ιόντων λιθίου, μειονεκτεί όσον αφορά την ενεργειακή πυκνότητα και το χρόνο αυτοεκφόρτισης. Επίσης, δεν χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος, ενώ οι επιδόσεις τους είναι παρόμοιες μ' αυτές των αλκαλικών μπαταριών. Ακόμη, διαθέτουν μεγάλο αριθμό επαναφορτίσεων μέχρι το τέλος της χρησιμότητας τους.

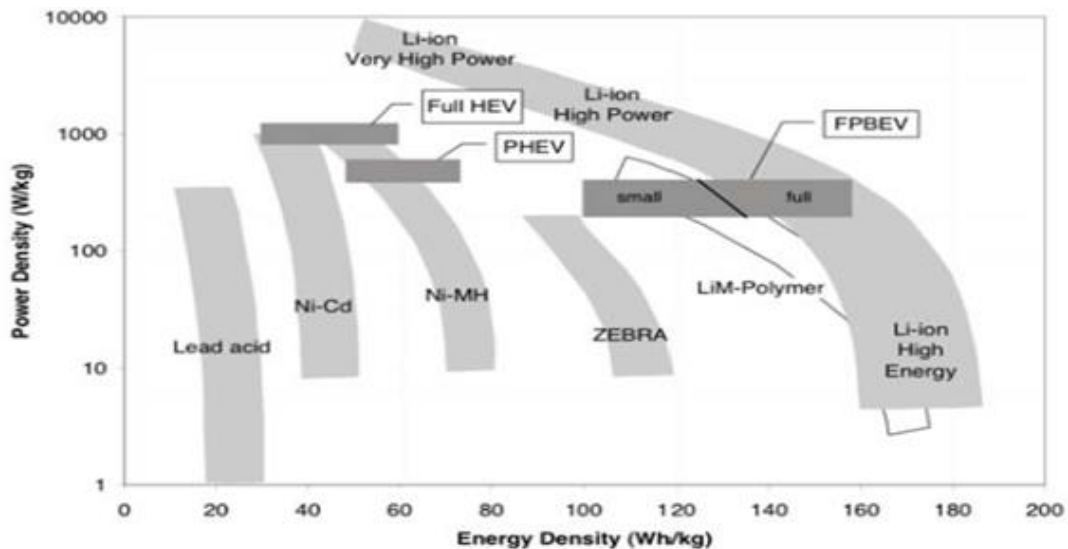
- ιόντων λιθίου (LiON): Πρόκειται ουσιαστικά, για τον πιο διαδεδομένο τύπο μπαταρίας που απαντάται στις φορητές, ηλεκτρονικές συσκευές. Αυτή η πρωτιά στις προτιμήσεις των κατασκευαστών, έχει προέλθει ως απόρροια των πολλαπλών οφελών που δύναται να προσφέρει. Πλεονεκτήματα όπως η πολύ καλή αναλογία ενέργειας προς βάρος, το οποίο είναι ιδιαίτερα χαμηλό, λόγω και του ότι το λίθιο χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πιο ελαφριά μέταλλα (3^ο τη τάξη). Επίσης, κατά τα διαστήματα που δεν λειτουργούν, σημειώνουν ιδιαίτερα αργούς χρόνους αποφόρτισης. Ακόμη, ένα σημείο στο οποίο υπερέχουν έναντι άλλου τύπου μπαταριών, όπως οι Pb, NiCd, NiHM, είναι η υψηλή τάση ανοικτού κυκλώματος την οποία επιτυγχάνουν. Στον αντίποδα, παρουσιάζουν και δύο μειονεκτήματα. Αρχικά, η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται από την χρόνο που έχει περάσει από την ημερομηνία κατασκευής τους και όχι τόσο πολύ από τον αριθμό των κύκλων φόρτισης – εκφόρτισης. Ενώ, προϋποθέτουν και ένας συγκεκριμένο εύρος ποσοστού φορτίσεων, με ελάχιστο περί το 25% και μέγιστο περί το 80%, το οποίο οι κατασκευαστές προτείνουν να μην ξεπερνάτε. Τέλος, οι συγκεκριμένες μπαταρίες, παρουσιάζουν προβλήματα, αν παραμείνουν αποφορτισμένες ή πλήρως φορτισμένες, για μεγάλα χρονικά διαστήματα.
- λιθίου-ιόντων πολυμερών (LiPo): Διαθέτουν ηλεκτρόδια άνθρακα και οξειδίου του μετάλλου. Ενώ λόγω, της μη αναφλεξιμότητας του ηλεκτρολύτη τους, είναι λιγότερο επικίνδυνες, σε σχέση με άλλου τύπου μπαταρίες. Ακόμη, σε σχέση με τις αντίστοιχες του μολύβδου, προσφέρουν μεγαλύτερη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας.

1.3 Παγκόσμια Αγορά

Κάθε μία συστοιχία συσσωρευτών, η οποία προορίζεται για χρήση σε κάποιο ηλεκτρικό όχημα, πρέπει οπωσδήποτε κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά της να εξυπηρετούν τις ανάγκες του οχήματος. Έτσι, κάποια από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά μιας μπαταρίας τα οποία μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τις επιδόσεις του οχήματος και ουσιαστικά πρέπει να πληρούνται, είναι τα ακόλουθα (8) :

- Υψηλή Πυκνότητα Ενέργειας (δηλαδή όσο το δυνατό μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί, τόσο ανά μονάδα μάζας, όσο και ανά μονάδα όγκου, το οποίο συμβάλει στη μείωση του όγκου του συσσωρευτή),
- Μεγάλο Κύκλο Ζωής (υπολογίζεται στα 8-10 έτη),
- Απουσία Φαινομένων ‘Μνήμης’ (δηλαδή όσο το δυνατό μικρότερη επίδραση των προηγούμενων κύκλων φόρτισης, στην απόδοση της μπαταρίας),
- Υψηλός Βαθμός Απόδοσης (γενικά ο βαθμός απόδοσης για μετατροπή χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική, είναι της τάξης του 80%),
- Γρήγορη Φόρτιση,
- Ειδική Ενέργεια (ουσιαστικά ορίζεται ως η ενεργειακή χωρητικότητα, ανά μονάδα βάρους, όπου αποδεικνύεται ότι μόνο το 25-30% του συνολικού βάρους της μπαταρίας, συμμετέχει στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας)
- Μεγάλη Αξιοπιστία,
- Χωρητικότητα Μπαταρίας (ως μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων με μεγάλη χωρητικότητα, θεωρούνται οι μπαταρίες που εκφορτίζονται σε 6 ώρες),
- Βάθος Εκφόρτισης (ως μη επιθυμητό, θεωρείται το μεγάλο βάθος εκφόρτισης, το οποίο υπερβαίνει το 80% της χωρητικότητας του συσσωρευτή),
- Χαμηλή Εσωτερική Αντίσταση,
- Δυνατότητα Ανακύκλωσης κ.α.

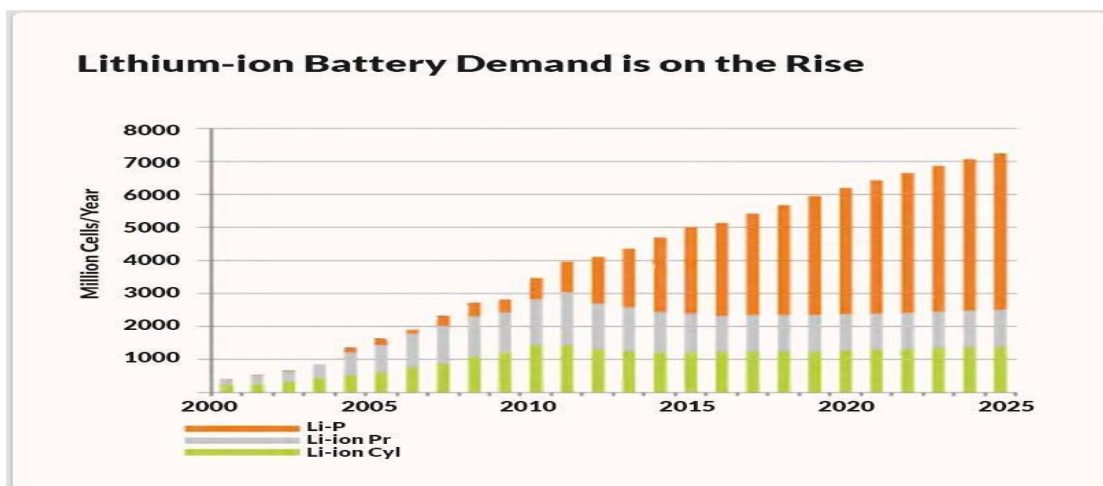
Οι επιδόσεις των διαφόρων τύπων συσσωρευτών, οι οποίοι είναι διαθέσιμοι στο αγοραστικό κοινό, διαφαίνονται στη παρακάτω Εικόνα 5. Ενώ να διευκρινιστεί, ότι οι μετρήσεις πάρθηκαν τόσο από υβριδικά, όσο και από πλήρως ηλεκτρικά οχήματα.



Εικόνα 5. Ενεργειακές Επιδόσεις Διαφόρων Τύπων Συσσωρευτών (9)

Παρατηρούμε λοιπόν, πως όλες οι μπαταρίες οι οποίες διαθέτουν σα κύριο υλικό καθόδου το λίθιο, ανήκουν δηλαδή στην οικογένεια των μπαταριών λιθίου, εξασφαλίζουν αρκετά πλεονεκτήματα κατά τη χρήση τους, σ' όλη τη διάρκεια ζωής τους. Έτσι, οι αυτοκινητοβιομηχανίες, και όχι μόνο, ωθούνται στην επιλογή τέτοιου τύπου συσσωρευτών για την πλειοψηφία των εφαρμογών τους.

Όπως παρατηρούμε από την Εικόνα 1, τα τελευταία έτη υπάρχει μεγάλη αύξηση στις πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων, η οποία αναμένεται να λάβει μεγαλύτερες διαστάσεις στο εγγύς μέλλον. Ακόμη, αναλογιζόμενοι, τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για το γεγονός, πως οι κατασκευάστριες αυτοκινητοβιομηχανίες, τείνουν όλο και περισσότερο στην επιλογή των μπαταριών ιόντων λιθίου για την ηλεκτροκίνηση, αναμένουμε ανάλογη αύξηση στη ζήτηση τους μ' αυτή που παρατηρείται στις πωλήσεις των ηλεκτρικών οχημάτων. Γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την παρακάτω Εικόνα 6.



Εικόνα 6. Παγκόσμια Τάση Ζήτησης Μπαταριών Ιόντων Λιθίου (10)

1.4 Φόρτιση

Μία σημαντικότερη παράμετρος, εύρυθμης λειτουργίας ενός ηλεκτρικού οχήματος, είναι η ορθή περάτωση της διαδικασίας της φόρτισης. Αυτή αναλύεται σε κάποια επιμέρους τμήματα, τα οποία και παρατίθενται ακολούθως.

1.4.1 Τρόπος Φόρτισης

- ❖ Ενσύρματη Φόρτιση: Αποτελεί μία τυπική μέθοδο φόρτισης, μιας οποιαδήποτε, ευρείας χρήσης, ηλεκτρικής συσκευής, που απαιτεί παροχή ηλεκτρική ενέργειας. Έτσι, οι περισσότεροι κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων, επέλεξαν, από τα πρώτα χρόνια της κυκλοφορίας, αυτή τη συμβατική μέθοδο, ενσωματώνοντας στο όχημα το απαραίτητο εξοπλισμό. Βέβαια, πέρα από την εξ' απλούστευση της διαδικασίας, όπου τα πρώτα χρόνια ήταν απαραίτητο προαπαιτούμενο, για την εξοικείωση των χρηστών, περισσότερο αύξανε το κίνδυνο ανθρώπινου σφάλματος κατά τη διαδικασία, λόγω της μεγάλης συμμετοχής του ανθρώπινου παράγοντα στη περάτωση της. Πρόβλημα, το οποίο, δεν αποτέλεσε τροχοπέδη στην ευρεία κυκλοφορία της μέχρι και σήμερα, αφού παρέχει μεγάλο βαθμό απόδοσης και σχετικά μικρό κατασκευαστικό κόστος.
- ❖ Ασύρματη Φόρτιση: Πρόκειται για μία διεργασία, όπου δημιουργείται το απαραίτητο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή μεταφορά του απαιτούμενου, ποσού ενέργειας. Ουσιαστικά, πρόκειται για μία μέθοδο, που χρησιμοποιούταν κυρίως τα πρώτα χρόνια εξέλιξης των ηλεκτρικών οχημάτων, λόγω της αυτοματοποιημένης διαδικασίας που απαιτείται. Έτσι, ελαχιστοποιώντας, το ποσοστό συμμετοχής του ανθρώπινου παράγοντα, και κατά συνέπεια της ανθρώπινης αστοχίας κατά τη τέλεση, επιτυγχάνει μεγαλύτερο δείκτη ασφαλείας. Βέβαια, αυτό δεν αρκούσε, για να υπερισχύσει της ενσύρματης μεθόδου, αφού τόσο ο μικρότερος βαθμός απόδοσης, όσο και τα αυξημένα κόστη κατασκευής, λόγω του πολύπλοκου της διεργασίας, συνηγόρησαν υπέρ του ανταγωνιστή της.

1.4.2 Ρεύμα Φόρτισης

Όπως γνωρίζουμε, το δίκτυο παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), ενώ η μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος, την μετατρέπει, ώστε να την αποθηκεύσει και να την αποδώσει σε μορφή συνεχούς (DC). Στη συνέχεια, χρειάζεται μία ακόμα μετατροπή, αφού ο κινητήρας λειτουργεί με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), διαφορετικής συχνότητας και τάσης, από του δικτύου.

Όμως, παρόλα αυτά, εντοπίζεται φόρτιση τόσο με συνεχές όσο και με εναλλασσόμενο ρεύμα, όπως αναλύεται ακολούθως:

- ❖ Φόρτιση Συνεχούς Ρεύματος (Μονοφασική): Αυτής της μορφής η φόρτιση, εμπεριέχει δύο υποκατηγορίες, χαμηλής και υψηλής ισχύος. Η πρώτη, παρέχει χαμηλά επίπεδα ισχύος (Επίπεδο 1: 120V), εν συγκρίσει με τις ενεργειακές ανάγκες της εκάστοτε μπαταρίας. Όπως και, αυτής της υψηλότερης τάσης (Επίπεδο 2: 240V/32Amp), χρησιμοποιούνται κυρίως, σε συμβατικές μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων, και όχι αυξημένης αυτονομίας, αφού μπορεί να φορτίσει μέχρι $SoC_{max} = 80\%$. Ενώ, ο χρόνος περάτωσης της διαδικασίας είναι πολύ μικρός. Βέβαια, αυτό έχει σαν αντίκτυπο, το αυξημένο κόστος, αλλά τη μείωση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας (11).
- ❖ Φόρτιση Εναλλασσόμενου Ρεύματος (Τριφασική): Αυτής της μορφής φόρτιση, επιτρέπει, λόγω της τριφασικής, απαιτούμενης, εγκατάστασης, μεγαλύτερα ποσά μεταβιβαζόμενης ενέργειας, χωρίς να αυξάνεται η τάση. Έτσι, αφού εργάζεται υπό χαμηλότερες τιμές τάσεις, δεν επιβαρύνει την υγεία της μπαταρίας και συμβάλει στην

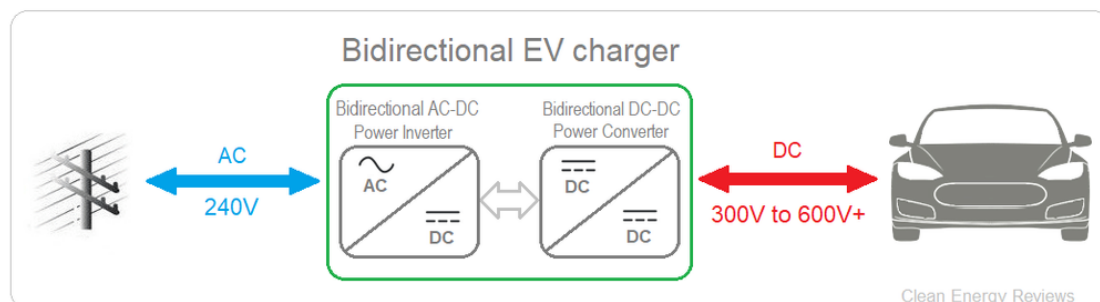
εκτεταμένη διάρκεια ζωής της, σε σχέση με το προηγούμενο είδος φόρτισης. Οπότε και προτιμάται, από τους κατασκευαστές, παρά τον αυξημένο χρόνο περάτωσης της διεργασίας.

1.5 Αμφίδρομη Φόρτιση (Bidirectional Charging)

Αρκετοί ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων, αν όχι η συντριπτική πλειοψηφία τους, αρκείται στη χρήση του ηλεκτροκίνητου οχήματος τους, αποκλειστικά για την ικανοποίηση των απαιτήσεων που έχουν για μετακίνηση. Βέβαια, αυτή είναι η παραδοσιακή χρησιμότητα ενός οποιουδήποτε οχήματος, η μεταφορά του χρήστη, στο προορισμό της αρεσκείας του. Όμως, ένα ηλεκτρικό όχημα, δεν είναι δύναται να ικανοποιήσει μόνο αυτού του είδους τις ανάγκες, αφού ας μην ξεχνάμε, πως η κινητήριος δύναμη αυτού, είναι ο συσσωρευτής που φέρει, οι δυνατότητες του οποίου, δεν περιορίζονται μόνο σ' αυτό το ρόλο. Οπότε, ακριβώς σ' αυτό το σημείο, έγκειται, η ευκαιρία αξιοποίησης, όσο το δυνατό περισσότερο, των τεράστιων δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει, αυτή η κινητή μονάδα, αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, σαν μία στρατηγική, της όσο το δυνατό, βέλτιστης αξιοποίησης του συσσωρευτή ενέργειας, των ηλεκτρικών οχημάτων, προτάθηκε η αμφίδρομη ανταλλαγή ενέργειας, από και προς, οποιοδήποτε εξωγενή παράγοντα (δίκτυο παροχής ρεύματος, οικία, ηλεκτρικό όχημα κλπ.) δύναται να την αξιοποιήσει. Ενώ, ακόμα, ο εν δυνάμει χρήστης, θα μπορεί να επωφελείται από τη προσφερόμενη ενέργεια από το όχημα του, ενώ ακόμα μεγαλύτερο κέρδος, μπορεί να προκύψει με τη λογική του αγοράζω φθηνά και πουλάω ακριβά, όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω. Αφού, ουσιαστικά, ο εκάστοτε χρήστης, μπορεί να φορτίσει τη μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος του, τις ώρες που η τιμή του ρεύματος είναι χαμηλότερη (νυχτερινό τιμολόγιο) και να τη αποδώσει, προς ίδια κατανάλωση ή ακόμη και πώληση, τις ώρες όπου η τιμή ρεύματος είναι πιο υψηλή (ώρες αιχμής).

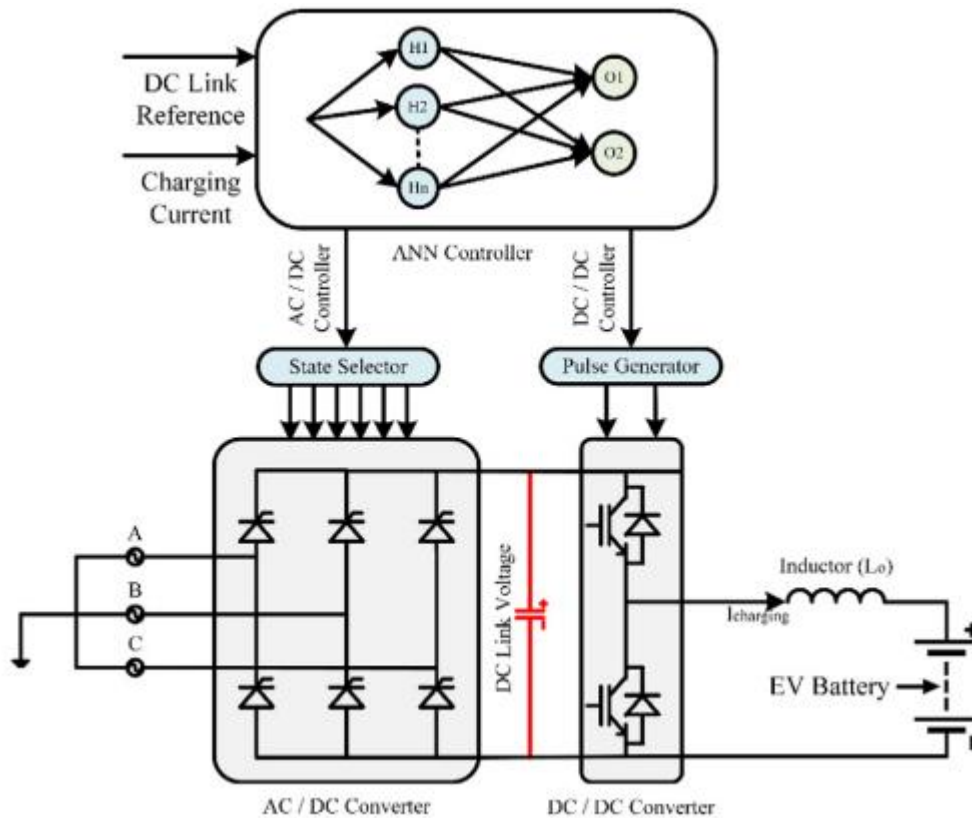
1.5.1 Αμφίδρομος Φορτιστής (Bidirectional Charger)

Για την περαίωση της διαδικασίας, αμφίδρομης ανταλλαγής ενέργειας, απαιτείται ειδικού τύπου φορτιστής. Αφού, όσο απλό και αν φαίνεται, η διεργασία αυτή, θεωρείται κάτι παραπάνω από περίπλοκη. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, το δίκτυο δύναται να παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), ενώ ο συσσωρευτής του ηλεκτρικού οχήματος, μπορεί να την αποθηκεύσει και να την αποδώσει, σε μορφή συνεχούς (DC). Όπου στη συνέχεια, ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), διαφορετικής συχνότητας και τάσης βέβαια, από του δικτύου. Έτσι, όπως εξηγήσαμε παραπάνω, υπάρχουν και δύο ειδών φορτιστές, για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, μονόδρομης ροής (unidirectional), από το δίκτυο (AC), προς τη μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος (DC). Όμως, εν αντιθέσει με τους τυπικούς φορτιστές μονής ροής, ένα αμφίδρομης, πρέπει να λειτουργεί σαν AC/DC μετατροπέας κατά τη φόρτιση του συσσωρευτή του οχήματος και σαν DC/AC μετατροπέας κατά την εκφόρτιση, όπου αποδίδεται η ενέργεια πίσω στο δίκτυο.



Εικόνα 7. Φορτιστής Αμφίδρομης Ροής για Χρήση σε Ηλεκτρικό Όχημα(12)

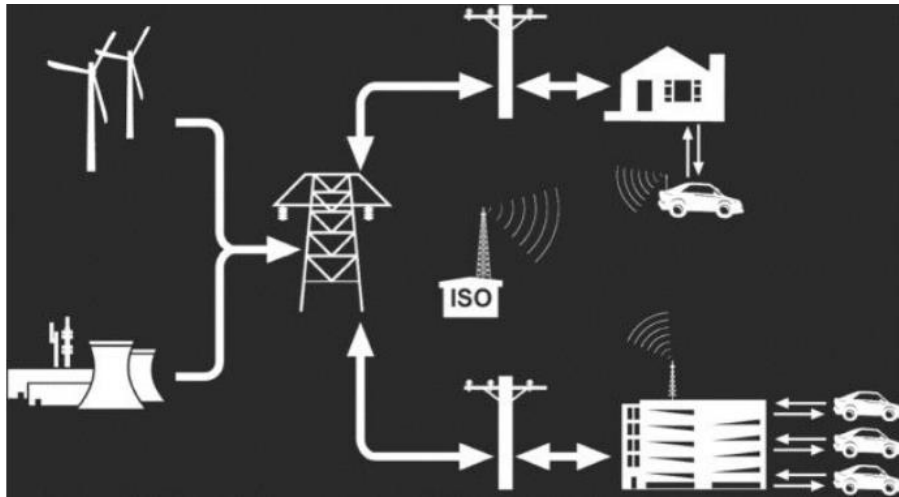
Βέβαια, η διαδικασία δεν είναι τόσο απλή, καθώς εκτός των άλλων, απαιτεί και ηλεκτρικά οχήματα συμβατά με φορτιστές συνεχούς ρεύματος. Πιο συγκεκριμένα, η λειτουργία αυτού του φορτιστή, δύναται να διαχωριστεί σε δύο διαφορετικές καταστάσεις, όπου λειτουργεί, τόσο σαν μετατροπέας AC/DC με τη βοήθεια γενικής γέφυρας (universal bridge), η οποία ουσιαστικά εφαρμόζεται ως τριφασικός μετατροπέας, όπου παρέχει τη δυνατότητα επιλογής, τόσο για τη διαμόρφωση, όσο και τον τύπο, του διακόπτη ισχύος, όσο και μετατροπέας DC/DC. Όπου, υπό αυτή τη συνθήκη, χρειάζεται τη συνδρομή ενός buck-boost μετατροπέα, ο οποίος ανυψώνει ή καθυψώνει την τάση εισόδου, ώστε να τη μετατρέψει στην επιθυμητή τάση εξόδου. Ακόμη, ένας τέτοιος φορτιστής, διαφορετικούς ελεγκτές (controllers), έναν για το έλεγχο της λειτουργίας του AC/DC μετατροπέα, κι έναν γι' αυτή του DC/DC μετατροπέα. Έτσι, κατά τη διάρκεια της AC/DC μετατροπής, χρησιμοποιείται μία στρατηγική ελέγχου τάσης, ώστε να ενσωματωθεί ο έλεγχος της άεργου ισχύος στην κανονικοποίηση της επιθυμητής τάσης, αυτής του δικτύου. Ενώ, όσον αφορά τη DC/DC μετατροπή, υπάρχουν διακριτές ιδιότητες, ανάλογα με τους ποικίλους τρόπους λειτουργίας (13).



Εικόνα 8. Ηλεκτρικό Κύκλωμα Φορτιστή Αμφίδρομης Ροής(14)

1.5.2 Στρατηγικές Χρήσεις Αμφίδρομης Φόρτισης

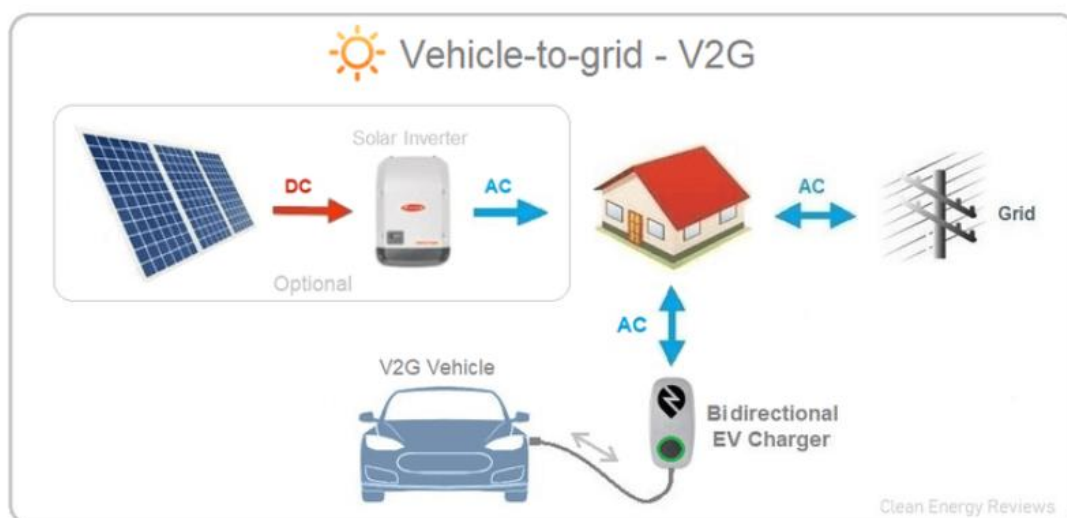
Αναλόγως με το παράγοντα που δύναται να αλληλεπιδράσει η μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος, έχουμε και τις εξής διαφοροποιήσεις στις στρατηγικές αμφίδρομης φόρτισης, όπως περιγράφονται ακολούθως.



Εικόνα 9. Διάγραμμα Λειτουργίας Αμφίδρομης Φόρτισης (13)

1.5.2.1 Vehicle-to-Grid (V2G)

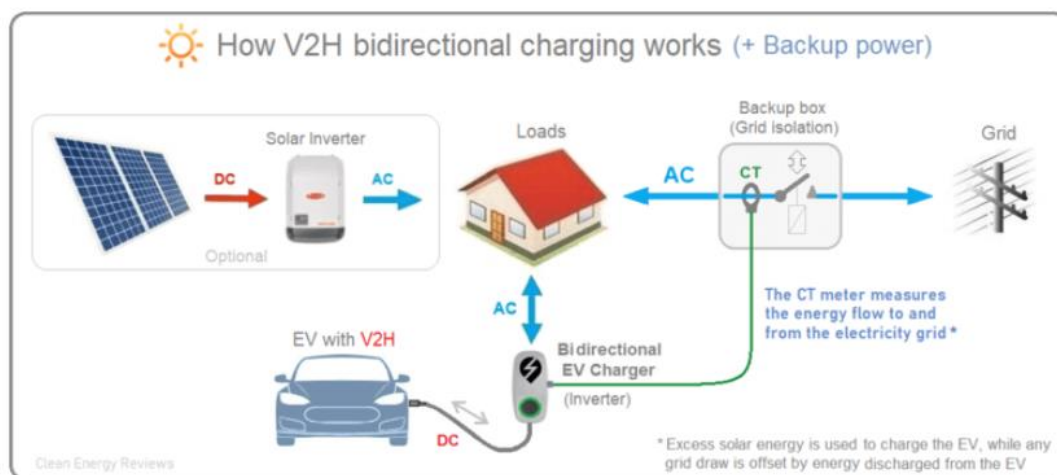
Πρόκειται ουσιαστικά, για μία διεργασία κατά την οποία, το ηλεκτρικό όχημα, δύναται να προσφέρει μέρος της αποθηκευμένης στην μπαταρία του ενέργεια, στο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, το δίκτυο, μπορεί να επωφεληθεί σε ώρες αιχμής, όπου παρουσιάζονται ιδιαίτερα υψηλά φορτία ζήτησης, ούτως ώστε να λειάνει τις ακμές των που προκύπτουν στο φορτίο ζήτησης, ενώ ο ιδιοκτήτης του οχήματος μπορεί να επωφεληθεί αναλόγως του της συμφωνίας με το πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας, είτε μέσω απευθείας εξαγοράς ενέργειας, είτε μέσω μείωσης της του κόστους, της ενέργειας που δύναται να καταναλώσει ο ίδιος. Ενώ, μία τέτοια εφαρμογή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, προσδίδοντας στο συσσωρευτή του ηλεκτρικού οχήματος, ρόλο ελάσσοнос σημασίας, αφού η χρήση του δύναται να περιοριστεί στις ώρες όπου, είτε ο ιδιοκτήτης επιθυμεί την εμπλοκή του, είτε αυτή ζητείται, λόγω κάποια πιθανής διακοπής στη παροχή του ρεύματος προς την οικία. Τέλος, όπως αναφέραμε προηγουμένως, απαιτείται ειδική εγκατάσταση, τόσο για να μπορέσει το δίκτυο να παραλάβει την προς μεταφορά ενέργεια, όσο και για το όχημα, να μπορέσει να τη μετατρέψει κατά τα απαιτούμενα πρότυπα, ώστε να μπορεί να μεταφερθεί προς κάποιο εξωγενή δέκτη.



Εικόνα 10. Διάγραμμα Λειτουργίας V2G (12)

1.5.2.2 Vehicle-to-Home (V2H)

Πρόκειται ουσιαστικά, για μία διεργασία κατά την οποία, το ηλεκτρικό όχημα, δύναται να προσφέρει μέρος της αποθηκευμένης στην μπαταρία του ενέργεια, στην οικία του εκάστοτε χρήστη. Έτσι, μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα, εν μέρη ανεξαρτητοποίησης της οικίας, από το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Αφού μία πιθανή συνεργασία ΑΠΕ (Φ/Β ή/και Α/Γ) με ηλεκτρικό όχημα, δύναται να ικανοποιήσει μεγάλο μέρος του ημερήσιου καταναλωτικού φορτίου της οικίας, περιορίζοντας το ρόλο του δικτύου, σε συμπληρωματικό, ώστε να εμπλέκεται μόνο τις ώρες, που το παραπάνω σύμπλεγμα, αδυνατεί να καλύψει το φορτίο ζήτησης. Βέβαια, στη περίπτωση αυτής της διαδικασίας, απαιτείται, εκτός των όσων αναφέρθηκαν για τη περάτωση της V2G διεργασίας, απαιτείται κι ένα μετρητής ενέργειας (Current Transformer Meter). Αυτού του είδους οι ελεγκτές, τοποθετούνται στο σημείο σύνδεσης της οικίας με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι ώστε όταν το σύστημα αυτό, ανιχνεύσει ποσό ενέργειας, να για την κάλυψη των αναγκών της οικίας, να καταναλώνεται από το δίκτυο, δίνει σήμα στον αμφίδρομο φορτιστή, να αποφορτίσει ανάλογο ποσό ενέργειας, αντισταθμίζοντας έτσι τυχόν απώλειες από το δίκτυο. Ακόμη, όταν το σύστημα αυτό ανιχνεύει διαθέσιμο φορτίο ενέργειας από τη παραγωγή των ΑΠΕ, στέλνει ανάλογη εντολή, ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος, αν αυτή είναι δυνατή.

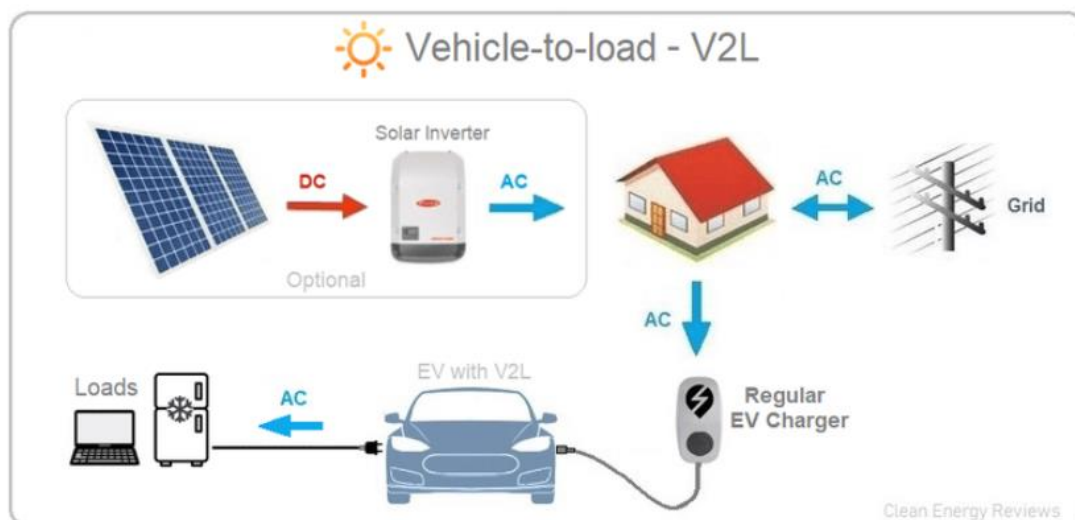


Εικόνα 11. Διάγραμμα Λειτουργίας V2H (12)

1.5.2.3 Vehicle-to-Load (V2L)

Πρόκειται ουσιαστικά, για μία διεργασία κατά την οποία, το ηλεκτρικό όχημα, δύναται να προσφέρει μέρος της αποθηκευμένης στην μπαταρία του ενέργεια, απευθείας σε οποιαδήποτε ηλεκτρική οικιακή συσκευή απαιτείται. Είναι πρακτικά, μία πιο απλή διεργασία, αφού δεν απαιτείται η ύπαρξη εξωτερικού αμφίδρομου φορτιστή, αφού τα ηλεκτρικά οχήματα που δύναται να διεκπεραιώσουν μία τέτοια διεργασία, πρέπει να έχουν ενσωματωμένο σύστημα αμφίδρομης φόρτισης, ώστε να χρησιμοποιηθούν σαν πρίζα, για να συνδεθούν οι οικιακές συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος (AC). Έτσι, σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης (διακοπή, βλάβη, κλπ.), μπορεί ο χρήστης να παρακάμψει το δίκτυο και να τροφοδοτήσει τις ηλεκτρικές συσκευές τις αρεσκείας του, απευθείας από το συσσωρευτή του ηλεκτρικού οχήματος. Ενώ, ομοίως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνεργασία με ΑΠΕ, σε πιθανόν απομακρυσμένες εγκαταστάσεις, εκτός σύνδεσης δικτύου, όπου χρησιμοποιείται ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, εφεδρικής λειτουργίας. Όπου ουσιαστικά, μπορεί να αντικαταστήσει την οποιαδήποτε

γεννήτρια και να έχει εφεδρικό ρόλο στην κάλυψη των αναγκών του συστήματος, μέσω απευθείας σύνδεσης με το σύστημα των ΑΠΕ.



Εικόνα 12. Διάγραμμα Λειτουργίας V2L (12)

1.5.3 Οφέλη Αμφίδρομης Φόρτισης

Όπως είναι εύκολα κατανοητό, μία τέτοια στρατηγική, βελτιστοποίησης του βαθμού αξιοποίησης του ηλεκτρικού οχήματος και συγκεκριμένα της μπαταρίας που φέρει, δύναται να παραγάγει πολλαπλά οφέλη. Τα οφέλη αυτά, μπορούν να μεταφραστούν σε χρήματα, τα οποία πιθανώς, θα καταστήσουν ακόμα πιο ελκυστική μια επένδυση στο συγκεκριμένο τομέα, όχι μόνο για ιδιώτες, αλλά και για ολόκληρες εταιρείες. Αφού ουσιαστικά τα οφέλη αυτά είναι απόρροια της διαδικασίας βελτιστοποίησης της αξιοποίησης του ηλεκτρικού συσσωρευτή των ηλεκτρικών οχημάτων και συνοψίζονται στα παρακάτω:

- ‘Αγοράζω Φθηνά & Πουλάω Ακριβά’ : Όσο εξ’ απλουστευμένη και να ακούγεται μια τέτοια περιγραφή, είναι και στη πραγματικότητα. Αφού, τα τεράστια περιθώρια περεταίρω αξιοποίησης του συσσωρευτή που φέρει ένα ηλεκτρικό όχημα, παρέχουν τη δυνατότητα, στον ιδιοκτήτη του, να αγοράζει ενέργεια από το διασυνδεδεμένο δίκτυο, τις ώρες που κοστίζει λιγότερο (νυχτερινό τιμολόγιο), ώστε να φορτίσει τη μπαταρία και στη συνέχεια, να τη πουλάει στο δίκτυο, τις ώρες όπου παρατηρείται αυξημένη ζήτηση (φορτίο αιχμής), οπότε και τιμή του ρεύματος είναι ακριβότερη. Ακόμα, σε αρκετές περιπτώσεις, αρκετοί πάροχοι, προσφέρουν δελεαστικές προσφορές, ώστε οι χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων, να τα φορτίζουν τις ώρες που δεν παρατηρείται αυξημένη ζήτηση.
- Εξοικονόμηση Χρημάτων : Μπορεί κανείς να εξοικονομήσει χρήματα, απλά και μόνο πουλώντας πίσω στο δίκτυο, τη πιθανή περίσσεια που εντοπίζεται στο συσσωρευτή του ηλεκτρικού οχήματος του. Έτσι, φορτίζοντας τη μπαταρία, με ενέργεια που προέρχεται από ΑΠΕ ή οποιαδήποτε εκτός δικτύου (οικονομικότερη), μπορεί κανείς, αναλόγως της τιμολογιακής συμφωνίας, να αποκτήσει πρόσβαση σε μειωμένη κοστολόγηση, ανάλογη της ενέργειας που δύναται να προσφέρει στο δίκτυο, τις ώρες που αυτό απαιτείται.
- Ανεξαρτητοποίηση από Δίκτυο : Ταυτόχρονα, με τη περεταίρω διείσδυση των ΑΠΕ, μια πιθανή στρατηγική συνεργασία αξιοποίησης τους, που να περιλαμβάνει στρατηγικές αμφίδρομης φόρτισης, μπορεί να καταστήσει μία οικία ή και ένα

ολόκληρο σύστημα ενεργειακά ανεξάρτητο από το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, περιορίζοντας το, σε εφεδρικό, τουλάχιστον ρόλο.

2 Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου

2.1 Εισαγωγή

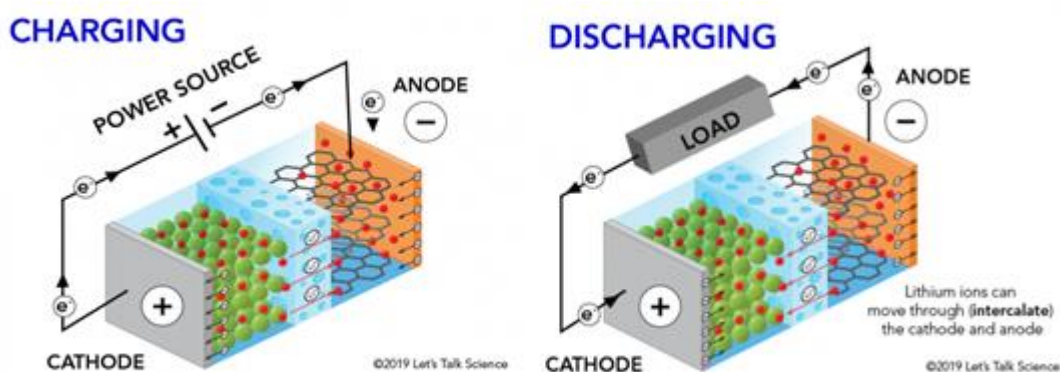
Όπως προαναφέρθηκε (1.1), η κλιματική αλλαγή, και τα περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά (αυστηρότερη φορολογία για περιβαλλοντικούς ρύπους) επακόλουθα αυτής, ανάγκασε την τεχνολογία οχημάτων να συγκλίνει προς την σταδιακή απομάκρυνση των κινητήρων εσωτερικής καύσης, αφού αυτοί για τη λειτουργία τους, εκμεταλλεύονται τη καύση, ορυκτών καύσιμων υλών. Έτσι, στράφηκαν στην ιδέα της ηλεκτροκίνησης, λόγω των πολλαπλών οφελών που δύναται να προσφέρει. Οφέλη όπως η μηδενική εκπομπή CO₂, το χαμηλότερο κόστος λειτουργίας, η λειτουργία χωρίς θόρυβο αλλά και το χαμηλότερο κόστος συντήρησης, συνηγορούν υπέρ της στροφής προς αυτή τη κατεύθυνση.

Τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) αντλούν ενέργεια από διάφορες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μια τέτοια πηγή ενέργειας είναι η μπαταρία ιόντων λιθίου (Li-Ion). Όπως προαναφέρθηκε (1.3), οι κυριότεροι λόγοι για την κυρίαρχη χρήση των μπαταριών Li-Ion σε EV είναι:

- η ενεργειακή απόδοση,
- η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής,
- ο γρηγορότερος ρυθμός φόρτισης σε σύγκριση με άλλες μπαταρίες.

Η αρχή λειτουργίας των συσσωρευτών τεχνολογίας Li-Ion, δύναται να περιγραφεί συνοπτικά, ως εξής:

Το ενεργό στοιχείο της μπαταρίας είναι η ηλεκτροχημική κυψέλη, η οποία αποτελείται από μια κάθοδο και μια ανοδική, χωρισμένη και συνδεδεμένη με έναν ηλεκτρολύτη. Η λειτουργία του ηλεκτρολύτη είναι να άγει τα ιόντα. Κατά τη φόρτιση, τα ηλεκτρόνια ρέουν από τη κάθοδο προς την άνοδο, μέσω του διαχωριστή, αλλά ταυτόχρονα και από την άνοδο προς την κάθοδο. Σε κατάσταση αποφόρτισης, τα ιόντα λιθίου φεύγουν από την άνοδο και μεταναστεύουν μέσω του ηλεκτρολύτη στην κάθοδο ενώ τα συνδεδεμένα ηλεκτρόνια χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία ενός ηλεκτρικού καταναλωτή. Όλα τα παραπάνω, απεικονίζονται στην Εικόνα 13.



Εικόνα 13. Λειτουργία Μπαταριών Ιόντων Λιθίου (15)

Όσον αφορά την απόδοση των μπαταριών Li-Ion, αυτή επηρεάζεται κυρίως από το υλικό καθόδου και ανόδου. Υπάρχουν σημαντικές βελτιώσεις στην ανάπτυξη των μπαταριών σε

σχέση με το παρελθόν, οι οποίες έχουν ως βάση την επιλογή της βέλτιστης ποιότητας υλικού ανόδου και καθόδου, με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης της μπαταρίας. Ενώ και ο ρυθμός φόρτισης, έχει επίσης βελτιωθεί τα τελευταία χρόνια. Η χρήση της νανοτεχνολογίας έχει σημειώσει αξιοσημείωτη πρόοδο στην έρευνα υλικών και η έρευνα για τις μπαταρίες λιθίου, δεν αποτελεί εξαίρεση.

Εκτός της απόδοσης και της διάρκειας ζωής της μπαταρίας, είναι απαραίτητο να δοθεί η δέουσα προσοχή στην ασφάλεια και την αξιοπιστία της. Μέχρι πρόσφατα, η πλειοψηφία των κατασκευαστών ηλεκτρικών οχημάτων, είχαν επικεντρωθεί στη βελτίωση της διάρκειας ζωής και της ασφάλειας της μπαταρίας. Όμως, λόγω διαφόρων αστοχιών, όπως πχ λόγω θερμικής διαφυγής, ενσωματώθηκαν αυστηρότερες προδιαγραφές ασφαλείας στα σχέδια της μπαταρίας. Πλέον, οι κατασκευαστές EV τείνουν να επιλέγουν την μπαταρία λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο τους παράγοντες απόδοσης όπως: ενεργειακή πυκνότητα και ειδική ισχύς, αλλά και άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά όπως ασφάλεια, αξιοπιστία. Ενώ, επίσης το κόστος είναι ένας σημαντικότερος παράγοντας, που ουσιαστικά δυσχεραίνει τις επιλογές υλικών για την βελτίωση των χαρακτηριστικών των συσσωρευτών στους παραπάνω τομείς.

2.2 Κατηγοριοποίηση με Βάση το Υλικό Καθόδου

Στην υποενότητα αυτή, θα συζητηθεί η επιρροή του υλικού καθόδου στις βασικές ιδιότητες του εκάστοτε συσσωρευτή. Έτσι, ορίζονται οι εξής κατηγορίες (16):

2.2.1 Μπαταρία Οξειδίου Λιθίου-Κοβαλτίου (LiCoO₂) – LCOB

Αυτοί οι τύποι μπαταριών χρησιμοποιούνται κυρίως στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό λόγω της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, του μακράς διάρκειας κύκλου ζωής, αλλά και της ευκολίας κατασκευής τους. Το ηλεκτρόδιο καθόδου αποτελείται από οξείδιο λιθίου-κοβαλτίου, ενώ το ηλεκτρόδιο ανόδου αποτελείται από γραφίτη. Το καθοδικό υλικό που χρησιμοποιείται σε αυτήν την μπαταρία επηρεάζεται αρνητικά από την αύξηση της θερμοκρασίας και ως εκ τούτου, αυτά καθίστανται θερμικά ασταθή, αφού μπορούν εν γέννη να οδηγήσουν σε μη ασφαλή κατάσταση κατά τη λειτουργία. Επιπλέον, η μπαταρία θα υπερθερμανθεί εάν φορτιστεί και αποφορτιστεί σε ρεύμα υψηλότερο από το δοσμένο από το κατασκευαστή (C-rating). Το οποίο, ουσιαστικά αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα όλων των μπαταριών λιθίου-πολυμερών (LiPO). Αυτό τελικά θα προκαλέσει θερμικές καταπονήσεις στο ηλεκτρικό ηλεκτρόδιο. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να υπάρχει ένα ηλεκτρονικό σύστημα παρακολούθησης για αυτόν τον τύπο μπαταριών, προκειμένου να διασφαλιστεί η ομαλή και ασφαλής τους λειτουργία. Επιπλέον, η σπανιότητα του κοβαλτίου, το καθιστά οικονομικά ασύμφορο για χρήση σε ηλεκτρικό όχημα. Η ειδική ενεργειακή πυκνότητα των LCOB κρίνεται ως εξαιρετική σε σύγκριση με άλλες μπαταρίες, καθιστώντας τη ιδανική για λειτουργία για μεγάλο χρονικό διάστημα υπό ένα μέσο φορτίο. Το οποίο εν τέλη, αποτελεί και μειονέκτημα για εφαρμογές που δεν υπάρχει σταθερό φορτίο. Ένα ακόμη, βασικό μειονέκτημα των LCOB είναι η χαμηλή ειδική ισχύς σε σύγκριση με άλλους τύπους μπαταριών Li-Ion. Αυτά τα μειονεκτήματα περιορίζουν τη χρήση των LCOB σε ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Όμως, παρόλα αυτά, πολλές ερευνητικές ομάδες επικεντρώνονται στη βελτίωση των συγκεκριμένων συσσωρευτών, με σκοπό την εφαρμογή τους σε μεγάλα συστήματα όπως τα EV.

2.2.2 Μπαταρία Οξειδίου Λιθίου-Μαγγανίου (LiMn₂O₄) – LMOB

Οι LMOB εισήχθησαν πολύ πριν από την κυκλοφορία των LCOB στην αγορά. Όμως, χρειάστηκε πολύς χρόνος για την εμπορευματοποίησή του, καθώς η τεχνολογική ωριμότητα στην ανάπτυξη μαγγανίου βρισκόταν ακόμη στο πρωταρχικό στάδιο. Ως υλικό καθόδου χρησιμοποιείται οξείδιο λιθίου-μαγγανίου, ενώ ως υλικό ανόδου χρησιμοποιείται ο γραφίτης.

Τα μόρια στο μαγγάνιο είναι δομημένα σε τρισδιάστατη μορφή σπινέλιου, που αυξάνει τη ροή των ιόντων στο υλικό του ηλεκτροδίου. Έτσι, παρατηρείται μειωμένη εσωτερική αντίσταση και βελτίωση της τρέχουσας ροής. Εν τέλη, η μπαταρία να διατηρήσει γρήγορη φόρτιση και αποφόρτιση σε λειτουργία ρεύματος υψηλής έντασης. Επίσης, θεωρείται ασφαλές στη χρήση του. Ακόμη, το κόστος τους, δε θεωρείται υψηλό. Εκτός από τα οφέλη, οι LMOB αποδίδουν μέτρια ειδική ενεργειακή πυκνότητα και μικρότερη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με τις LCOB.

2.2.3 Μπαταρία Οξειδίου Λιθίου-Νικελίου (LiNiMnCoO₂) –LNMCOB

Οι LNMCOB παρέχουν υψηλή ειδική ενέργεια ή ισχύ σε συνδυασμό με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα. Ακόμη, με το συνδυασμό νικελίου και μαγγανίου, σαν καθοδικό ηλεκτρόδιο, καθίσταται αυτή η μπαταρία στη κατηγορία των μπαταριών ιόντων λιθίου. Ακόμη, με τη πρόσμιξη νικελίου, αποκτάται υψηλή ειδική ενέργεια, ενώ παράλληλα μειώνεται ο συντελεστής σταθερότητας της μπαταρίας. Επιπλέον, με τη προσθήκη μαγγανίου, επιτυγχάνεται χαμηλή εσωτερική αντίσταση λόγω της σπινέλιας δομής, αλλά παράλληλα αποδίδεται χαμηλότερη ειδική ενέργεια. Μία σημαντική παράμετρος για την ανάπτυξη των LNMCOB, είναι η συνιστάμενη χρήση ηλεκτροδίων, πλούσιων σε νικέλιο-μαγγάνιο, με σκοπό την αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας και της διάρκειας ζωής των ηλεκτροδίων. Ταυτόχρονα, επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της περιεκτικότητας κοβαλτίου στο ηλεκτρόδιο, παράγοντας που συμβάλει στη μείωση του συνολικού κόστους της μπαταρίας. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί, πως οι LNMCOB παρέχουν τον χαμηλότερο ρυθμό θέρμανσης σε σύγκριση με τις υπόλοιπες LiPO, αλλά και σχετικά υψηλή ειδική ενεργειακή πυκνότητα. Επιπλέον, το C-rating που δίδεται από το κατασκευαστή, ορίζει πως δε συνιστάτε η φόρτιση άνω του 1C, αφού έτσι θα μειωθεί εν τέλει η διάρκεια ζωής της μπαταρίας, λόγω της προκαλούμενης υπερθέρμανσης. Ωστόσο, αυτή η μπαταρία έχει διερευνηθεί ευρέως για χρήση σε εφαρμογές ηλεκτρικών οχημάτων.

2.2.4 Μπαταρία Φωσφορικού Λιθίου-Σιδήρου (LiFePO₄) – LFPB

Οι LFPB δύναται να παρέχουν, αρκετά καλά ηλεκτροχημικά χαρακτηριστικά με χαμηλό συντελεστή αντίστασης, εκτός από το υψηλό C-rating και τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (λειτουργική). Το φωσφορικό λιθίου-σιδήρου χρησιμοποιείται ως υλικό καθόδου, ενώ ο γραφίτης ως υλικό ανόδου. Επίσης, το φωσφορικό λιθίου-σιδήρου δύναται να βελτιώσει το συντελεστή σταθερότητας, διατηρώντας παράλληλα τις φυσικές και χημικές ιδιότητες σε κατάσταση φόρτισης που συνοδεύεται από ανάπτυξη υψηλής θερμοκρασίας. Επιπλέον, το εύρος λειτουργίας τους, κυμαίνεται μεταξύ +60 °C έως -30 °C. Η χωρητικότητα αυτοεκφόρτισης της μπαταρίας είναι υψηλότερη στις LFPB σε σύγκριση με άλλες μπαταρίες LiPO, με αποτέλεσμα την ελάττωση της διάρκειας ζωής (λειτουργικής) της μπαταρίας, η οποία όμως παραμένει αρκετά υψηλή σε σχέση με άλλων μπαταριών LiPO. Έχοντας καλή αναλογία ισχύος ανά μονάδα βάρους, επιτυγχάνεται αρκετά υψηλός συντελεστής ασφαλείας και αρκετά καλή αντίσταση σε θερμικές διαφυγές. Έτσι, οι μπαταρίες LFPB έχουν καταφέρει να γίνουν αρκετά δημοφιλείς στη κατηγορία των μπαταριών LiPO, αφού τα μοναδικά σημεία στα οποία υστερούν έναντι των άλλων μπαταριών, είναι σχετικά μέτρια ειδική ενεργειακή πυκνότητα και αυξημένη εμφάνιση φαινομένων αποφόρτισης.

2.2.5 Μπαταρία Οξειδίου Λιθίου-Τιτανίου (Li₄Ti₅O₁₂) – LTOB

Σε αυτού του τύπου τις μπαταρίες, το υλικό της καθόδου αποτελείται από οξείδιο μαγγανίου-λιθίου (NMC), ενώ το υλικό της ανόδου από ναοκρυσταλλικές ίνες λιθίου-τιτανίου έναντι του γραφίτη, που αποτελεί το πιο σύνθετο υλικό ανόδου. Σ' αυτή τη κατηγορία, γίνεται μια εξαίρεση στην ονοματολογία, αφού αυτή προέρχεται από το όνομα του υλικού που

χρησιμοποιείται για την άνοδο, ενώ στις προηγούμενες περιπτώσεις, η ονοματολογία εξαρτιόταν από το υλικό κάθοδο τους. Επίσης, ναοκρυσταλλικές ίνες λιθίου-τιτανίου παρέχουν αυξημένη επιφάνεια ανόδου, σε σύγκριση με τον γραφίτη που δίνει 20 φορές μικρότερη επιφάνεια ανόδου. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα να επιτραπεί στα ηλεκτρόνια η ταχύτερη εισροή και εκροή τους, εξασφαλίζοντας έτσι ταχύτερη επαναφόρτιση. Επιπλέον, ο όγκος του απαιτούμενου οξειδίου λιθίου-τιτανίου δεν υφίσταται πολλές αλλαγές κατά τη διάρκεια της λιθώσης, κάτι που βοηθά στην αύξηση της διάρκειας λειτουργίας του ηλεκτροδίου, αλλά και του συντελεστή ασφάλειας. Ακόμη, η εμφάνιση χαμηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητα, που οφείλεται στο συγκεκριμένο υλικό της μπαταρίας, μπορεί να προκαλέσει μειωμένη απόδοση σε υψηλότερα επίπεδα ισχύος. Παρόλα αυτά, το πρόβλημα αυτό δύναται να επιλυθεί εν μέρη, με τη νανο-δόμηση, νόθευση (πρόσμιξη), επιφανειακή επικάλυψη και το σχηματισμό σύνθετων υλικών, με καλύτερους ηλεκτρονικούς αγωγούς όπως ανθρακικά προϊόντα κ.λπ.

2.3 Φαινόμενο Αυτοεκφόρτισης

Μία συνήθης παράμετρο, που καλούνται να αντιμετωπίσουν, όσοι ασχολούνται με τους συσσωρευτές ιόντων λιθίου, είναι η αστάθεια που απαντάται στους διάφορους χημικούς δεσμούς, που απαρτίζουν τα ενεργά υλικά των ηλεκτροδίων, ενός ηλεκτρολύτη. Το οποίο, ουσιαστικά, συνηγορεί στην εμφάνιση του φαινομένου της αυτοεκφόρτισης του συσσωρευτή (17). Στη περίπτωση αυτή, η ένταση του φαινομένου, εντείνεται, τόσο με την αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας, των κελιών του συσσωρευτή, όσο και με την αύξηση του ρυθμού εκφόρτισης, λόγω οποιουδήποτε εξωγενή παράγοντα απαίτησης ενέργειας. Ενώ, σε ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς εκφόρτισης, εντοπίζεται η εμφάνιση του λεγόμενου και “lost charge effect”. Επιπρόσθετα, στις ανεπιθύμητες παρενέργειες του φαινομένου της αυτοεκφόρτισης, συγκαταλέγεται και η ανάγκη για υπερτροφοδοσία ορισμένων κελιών του συσσωρευτή. Αυτό, οφείλεται στο γεγονός, πως παρατηρείται, σε ορισμένες περιπτώσεις, διαφορετική έκταση των παραπάνω αντιδράσεων ανά κελί, οπότε και για την εξομάλυνση αυτής της κατάστασης, ουσιαστικά, κάποια κελιά, υπερφορτίζονται, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο φόρτισης, σε όλη τη συστοιχία.

2.4 Φαινόμενο Γήρανσης

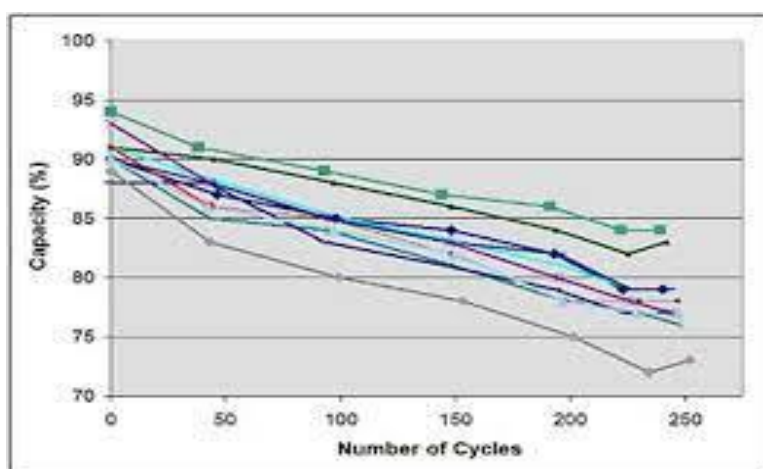
Προϊόντος του χρόνου, εντείνεται και ο βαθμός φθοράς του συσσωρευτή, με αναπόφευκτη εξέλιξη, τον εν τέλει ευτελισμό του. Ουσιαστικά, η διαδικασία αυτή, ορίζεται ως γήρανση του συσσωρευτή, και ξεκινά από την ολοκλήρωση της κατασκευής του (18).

Αρχικά, να αναφέρουμε, παρατήρησιμη εξέλιξη της διαδικασίας αυτής, εντοπίζεται, στη σταδιακή μείωση, της ενεργειακής χωρητικότητας, του εκάστοτε συσσωρευτή. Οπότε, και μειώνονται οι δυνατότητες της εκάστοτε συστοιχίας, τόσο στην εν δυνάμει παροχή φορτίου προς κατανάλωση, όσο στη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας, εντός των κελιών, κατά τη διαδικασία της φόρτισης. Ενώ, σημαντική διαφοροποίηση, εντοπίζεται και στην τιμή της εσωτερικής αντίστασης του εκάστοτε κελιού,. Αφού, παρατηρείται, σημαντική αύξηση των απωλειών, λόγω απαγόμενης θερμότητας, αλλά και εξίσου σημαντική μείωση, των τιμών του βαθμού ενεργειακής απόδοσης του συσσωρευτή. Αυτές, οι παρενέργειες, οφείλονται στην αυξητική πορεία του ρυθμού της πτώσης τάσης, ο οποίος ουσιαστικά, δρα περιοριστικά κατά της εκάστοτε ισχύς εξόδου των κελιών.

2.4.1 Δείκτες Γήρανσης

Πιο παραστατικά, η παραπάνω διαδικασία ευτελισμού των χαρακτηριστικών του συσσωρευτή, με τη πάροδο του χρόνου, δύναται να περιγραφεί, συναρτήσει των κύκλων φόρτισης (19).

Όπου, οι περισσότεροι κατασκευαστές, παρέχουν, συμπυκνωμένο όγκο πληροφοριών, χρησιμοποιώντας σαν δείκτη βαθμού γήρανσης, των εκάστοτε αριθμό κύκλων φόρτισης-εκφόρτισης, προτού παρέλθει μείωση της ενεργειακής χωρητικότητας του συσσωρευτή, κατά το 1/5, σε σχέση με την αρχική. Βέβαια, οι μετρήσεις αυτές, λήφθηκαν κάτω από ορισμένες συνθήκες λειτουργίας, και δύναται να παρουσιάζουν απόκλιση σε σχέση με τις πραγματικές. Ενώ, παράγοντες που συμβάλλουν καταλυτικά στη διαφοροποίηση των παραπάνω τιμών, είναι ακραίες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, η παρατεταμένη χρήση, αλλά και η φόρτιση, με μη ενδεδειγμένα φορτία ηλεκτρικής ενέργειας. Βέβαια, ο παραπάνω δείκτης, δε λαμβάνει υπ' όψιν τον ευτελισμό της χωρητικότητας, λόγω αυτοεκφόρτισης, σε καταστάσεις αδρανείας. Παράγοντας, ο οποίος συνυπολογίζεται, από τον αντίστοιχο δείκτη ημερολογιακής γήρανσης (20). Ο οποίος, επηρεάζεται εξίσου, από ακραίες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, όσο και από παρατεταμένες περιόδους, αδρανείας, ιδίως κάτω, υπό μη προτεινόμενες, από το κατασκευαστή συνθήκες ηρεμίας ($30\% \leq \text{SoC} \leq 50\%$ & $T \sim 20^\circ\text{C}$).



Εικόνα 14. Υπολειπόμενοι Κύκλοι Φόρτισης(21)

2.4.2 Χημική Ανάλυση Γήρανσης

Εκτός των παραπάνω δεικτών, οι οποίοι είναι, ουσιαστικά, υπεύθυνοι, για τη ποσοτικοποίηση της έκτασης του φαινομένου, απαιτείται και μία εμβάθυνση, στη χημική ανάλυση (22), αυτού του ευτελισμού, ώστε να αποκτήσουμε μία πιο σφαιρική άποψη.

Αρχικά, όπως είναι γνωστό, ένα από τα βασικά υλικά που εντοπίζονται στην άνοδο των μπαταριών ιόντων λιθίου, είναι ο άνθρακας, ο οποίος προκαλεί φαινόμενα χημικής αστάθειας, στα μόρια του εκάστοτε οργανικού ηλεκτρολύτη. Έτσι, παρατηρείται παραπάνω της επιθυμητής, απορρόφηση λιθίου από την άνοδο, αλλά και σταδιακή υποβάθμιση της. Η παραπάνω διαδικασία απορρόφησης, λογίζεται ως μη αναστρέψιμη, και προκαλεί μόνιμη ζημιά στην άνοδο. Ουσιαστικά έτσι, ευδοκιμεί η ανάπτυξη, μίας στερεής διεπιφάνειας ηλεκτρολύτη, η οποία δρα ανασταλτικά, από ένα σημείο και μετά, στο χρόνο ζωής του εκάστοτε κελιού.

Ακόμη, μία χημική διεργασία, που συμβάλλει στην υποβάθμιση του συσσωρευτή, είναι η ανεπιθύμητη δημιουργία, επίστρωσης λιθίου. Αυτή, είναι απόρροια περίπλοκων χημικών αντιδράσεων, που λαμβάνουν χώρα υπό δυσμενείς συνθήκες θερμοκρασιών και ισχύς, παρεχόμενου, ηλεκτρικού φορτίου κατά τη διαδικασία της φόρτισης. Όπου ουσιαστικά προκαλούν την κατακάθιση μορίων λιθίου, στην επιφάνεια του ηλεκτρολύτη, απομακρύνοντας τα από το εκάστοτε κελί που ανήκουν, με ανεπιθύμητες για την υγεία του συσσωρευτή, παρενέργειες.

3 Διαχείριση Μπαταριών Ιόντων Λιθίου στο Τέλος του Κύκλου Ζωής

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (1.1, 1.3), τα τελευταία χρόνια τα ηλεκτρικά οχήματα τείνουν να γίνονται όλο και πιο δημοφιλή. Παράλληλα, με τον ίδιο ρυθμό αυξάνεται και η ζήτηση των μπαταριών ιόντων λιθίου, αφού αποτελούν αυτή τη στιγμή, έννοια συμβεβλημένη με αυτή του ηλεκτρικού οχήματος. Ουσιαστικά, αυτού του τύπου οι συσσωρευτές, δύναται να χρησιμοποιηθούν για 8-10 χρόνια σε εφαρμογή EV, όσο περίπου χρειάζονται δηλαδή, για να χαθεί περί το 20% της συνολικής τους χωρητικότητας. Στη συνέχεια, θα πρέπει να αντικατασταθούν από νέα μπαταρία. Εκεί, προκύπτει και το επίκαιρο πρόβλημα, της διαχείρισης αυτών των συσσωρευτών. Το οποίο, αν αναλογιστούμε έστω και προσεγγιστικά τα μεγέθη, καταλαβαίνουμε τη σπουδαιότητα του. Έτσι, αν σκεφτούμε ότι, τα προς απόσυρση EV μπορούν να φθάσουν μέχρι και τα 6,8 εκατομμύρια έως το 2035, ενώ το μέσο βάρος μιας συστοιχίας είναι 250 κιλά, τότε το συνολικό βάρος των χρησιμοποιηθέντων μπαταριών EV παγκοσμίως, μπορεί να φτάσει περί τα 1.700.000 τόνους. (23)

Όπως προαναφέρθηκε, οι αποσυρθείσες μπαταρίες διατηρούν περί το 70-80% της αρχικής τους χωρητικότητας, οπότε υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε λιγότερο απαιτητικές εφαρμογές. Επιπλέον, οι χρησιμοποιημένες LIB περιέχουν αρκετούς πολύτιμους πόρους, όπως λίθιο (Li), κοβάλτιο (Co) και μαγγάνιο (Mn), τα οποία είναι σημαντικό να ανακτηθούν, ώστε να μειωθεί η παγκόσμια τάση για την εκ νέου εξόρυξη τους. Επομένως, ο χειρισμός των LIB στο τέλος του κύκλου ζωής (EOL) πρέπει να λαμβάνει τη δέουσα σημασία, αφού η αποτελεσματική χρήση των αποσυρόμενων LIB, μπορεί να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, να εξοικονομήσει φυσικούς πόρους και κατά συνέπεια, να προστατεύσει το περιβάλλον.

Μέχρι στιγμής, οι παραδοσιακές προσεγγίσεις διαχείρισης των αποσυρθέντων LIB, μπορούν να διακριθούν στις ακόλουθες κατηγορίες (24):

- ❖ **Απορριψη:** Διαδικασία κατά την οποία οι χρησιμοποιημένες LIB, εγκαταλείπονται και απορρίπτονται σε συνήθως, μη πιστοποιημένους χώρους. Έτσι, τα βαρέα μέταλλα, όπως το κοβάλτιο (Co) και το νικέλιο (Ni) ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα του περιβάλλοντος και την ανθρώπινη υγεία. Ακόμη, διάφορα άλατα του λιθίου, όπως τα LiPF₆ και LiBF₄, τα οποία είναι τοξικά και διαβρωτικά για τα μάτια και το δέρμα, επηρεάζουν δυνητικά την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, ένα ακόμη πρόβλημα που έγκειται αυτής της διαδικασίας, είναι η οικονομική ζημία που προκαλείται, πέρα από την περιβαλλοντική, λόγω της απώλειας πολύτιμων υλικών όπως το κοβάλτιο (Co) και το λίθιο (Li). Αφού ουσιαστικά έτσι, τα στοιχεία αυτά δεν επιστρέφουν πίσω στον οικονομικό κύκλο και εντείνεται το πρόβλημα της εκ νέου εξόρυξης τους. Αυτό, θα είχε σαν αποτέλεσμα, λόγω και της έντονης ζήτησης στις εφαρμογές των EV, οι τιμές κοβαλτίου (Co) και του (Li) να σημειώσουν σημαντική αύξηση.
- ❖ **Ανακύκλωση:** Διαδικασία, η οποία έχει μεγάλη συμβολή στην έννοια της αειφόρου ανάπτυξης. Κατά τη διεργασία αυτή, δύναται να διαχωριστούν οι αποσυρθείσες μπαταρίες σε διαφορετικά εξαρτήματα, ώστε να πραγματοποιηθεί η εξαγωγή και η εκ νέου εκμετάλλευση των πολύτιμων υλικών που διαθέτουν. Πολύτιμοι πόροι, οι οποίοι απαντώνται κυρίως στα υλικά της καθόδου.
- ❖ **Επαναχρησιμοποίηση ή Ανακατασκευή:** Δύο σχεδόν ταυτόσημες έννοιες, οι οποίες αποσκοπούν, στην επανεισροή των αποσυρθέντων LIB στον οικονομικό κύκλο, σε διαφορετικές εφαρμογές, όπως αυτοματοποιημένη υπηρεσία, σύστημα αποθήκευσης

ενέργειας (ESS), φωτοβολταϊκά (PV) και οικιακές υπηρεσίες ανάλογα με τα αποτελέσματα της αξιολόγησης.

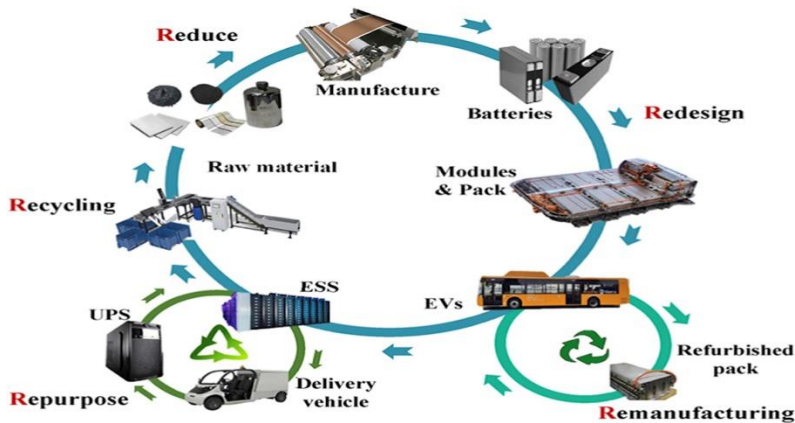
Αναλογιζόμενη όλα τα παραπάνω και αντιλαμβανόμενη του οικονομικού και περιβαλλοντικού αντίκτυπου, η διεθνής επιστημονική κοινότητα, καταλήγει στο συμπέρασμα, πως πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στις διαδικασίες επαναχρησιμοποίησης, ανακατασκευής και ανακύκλωσης, παρά σ' αυτή της απόρριψης. Έτσι, συμπεριλαμβανομένων και παραγόντων, όπως η διαφορετική δομή, η διαφορετική σύνθεση και οι διαφορετικές λειτουργίες τους, ο χειρισμός των αποσυρθέντων μπαταριών, πρέπει να αντιμετωπίσει όλες τις τεχνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις που δύναται να προκύψουν.

3.1 Κυκλική Αλυσίδα (Circular Value Chain)

3.1.1 Περιγραφή Διαδικασίας

Ουσιαστικά η έννοια της CVC εισήχθη με σκοπό τη βελτιστοποίηση των οικονομικών, περιβαλλοντικών ωφέλιμων πόρων, που δύναται να προκύψουν από την στρατηγική αξιοποίηση των αποσυρθέντων LIB που χρησιμοποιήθηκαν σε εφαρμογές EV (25). Πιο συγκεκριμένα, μέσω αυτής της διαδικασίας, προτείνεται μια νέα στρατηγική, γνωστή ως «5R», η οποία αποτελείται από τις παρακάτω 5 έννοιες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15 :

- ❖ Remanufacturing (Ανακατασκευή),
- ❖ Repurpose (Επαναχρησιμοποίηση),
- ❖ Recycling (Ανακύκλωση),
- ❖ Reduction (‘Μείωση’),
- ❖ Redesign (Επανασχεδιασμός).



Εικόνα 15. Circular Value Chain of Retired EV's LIB (26)

Όσον αφορά τη βέλτιστη μεταχείριση των αποσυρθέντων LIB, αυτή ουσιαστικά θα περιλαμβάνει τα στάδια της ανακατασκευής, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης, τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις στο CVC (Εικόνα 15). Έτσι, για τη μεγιστοποίηση του κέρδους, περιβαλλοντικό και οικονομικό, από την αξιοποίησή τους, η ιδανική λύση θα είναι μία υβριδική, αφού θα διενεργούνται και τα τρία αυτά στάδια, το ένα ως συνέχεια του άλλου. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά θα έπρεπε να ανακατασκευαστούν οι χρησιμοποιηθέντες LIB, στη συνέχεια να πραγματοποιηθεί επαναχρησιμοποίησή τους σε άλλα προϊόντα, μέσω επανατοποθέτησης σε άλλες εφαρμογές, και, τέλος, να υποβληθούν σε κάποια διαδικασία ανακύκλωσης, με σκοπό την απόκτηση όσο το δυνατό μεγαλύτερο ποσοστού των πολύτιμων μετάλλων τους.

3.1.2 Διαδικασία Αξιολόγησης Αποσυρθέντων LIB

Για να ξεκινήσει, βέβαια, η όποια διαδικασία, η οποία περιλαμβάνεται στο CVC, θα πρέπει πρωτίστως, να πραγματοποιηθεί μία διαδικασία αξιολόγησης της μπαταρίας, η οποία καθορίζει την αξία των αποσυρθέντων LIB και τις κατάλληλες εφαρμογές τους στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Έτσι, αναλόγως της συγκεντρωθείσας βαθμολογίας, προκύπτουν οι εξής κατηγορίες:

- ❖ Τα LIB τα οποία θα σημειώσουν την υψηλότερη βαθμολογία, μπορούν ιδανικά, να ανακατασκευαστούν και να απορριφθούν στην αγορά των ανταλλακτικών.
- ❖ Τα LIB που θα σημειώσουν μεσαία βαθμολογία, μπορούν ιδανικά, να επαναποθετηθούν σε λιγότερο απαιτητικές εφαρμογές, όπως σε ESS συσχετιζόμενα με το δίκτυο, τα οχήματα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, σε σύστημα ισχύος UPS κα.
- ❖ Τα LIB, που θα σημειώσουν βαθμολογία, κάτω από το πρότυπο επαναχρησιμοποίησης θα ανακυκλωθούν για την ανάκτηση των πολύτιμων υλικών τους.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί, πως τα υπό ανακατασκευή LIB, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, αφού έχει επέλθει περαιτέρω γήρανση τους και αυτές οι επαναχρησιμοποιημένες μπαταρίες, θα πρέπει τελικά να ανακυκλωθούν, αφού κι αυτές ουσιαστικά, θα έχουν υποστεί περαιτέρω υποβάθμιση, ολοκληρώνοντας έτσι CVC κλειστού βρόχου. Επιπρόσθετα, ο επανασχεδιασμός της υπάρχουσας μπαταρίας, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής, μπορεί εν δυνάμει, να συμβάλει στη βελτίωση του βαθμού χρησιμοποίησής τους, αλλά και διευκόλυνση της επικείμενης κατασκευής, ενώ παράλληλα, επρόκειτο να μειωθούν οι απαιτήσεις για πρώτες ύλες. Η ανακατασκευή, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση, όπως και η μείωση και ο επανασχεδιασμός, μπορούν να συμβάλουν στην αποδοτικότερη διαχείριση της αποσυρόμενης μπαταρίας, μεγιστοποιώντας έτσι, τα οικονομικά και περιβαλλοντικά κέρδη.

Τέλος, όσον αφορά την διαδικασία της απόρριψης, αν και θεωρητικά καταγράφεται σαν μια λύση, στο πρόβλημα της αντιμετώπισης του συνεχώς αυξανόμενου όγκου, των απορριφθέντων από το κύκλο ζωής LIB, αυτή προσφέρει πολλαπλά μειονεκτήματα, σε σχέση με τα σχεδόν ανύπαρκτα πλεονεκτήματα της. Αφού, αν και ένα σημαντικό ποσοστό τους, αποστέλλεται σε πιστοποιημένες μονάδες επεξεργασίας και αποθήκευσης χημικών και ηλεκτρικών αποβλήτων, ώστε να υποστούν διαδικασία, ελεγχόμενης αποτέφρωσης, με σκοπό τη παραγωγή ενέργειας, η πλειονότητα των αυτών, αποστέλλονται απευθείας σε χώρους υγειονομικής ταφής, με όλα τα επακόλουθα και τα εν γένη προβλήματα που δημιουργεί αυτή, σε οποιονδήποτε ζώντα οργανισμό του πλανήτη μας. Έτσι, λόγω των παραπάνω, ανεπανόρθωτων περιβαλλοντικών της επιπτώσεων, η απόρριψη έχει καταστεί σαν τη πιο ανεπιθύμητη επιλογή στην επεξεργασία LIB, οπότε και τείνει να μη λαμβάνεται υπόψη στη διαδικασία CVC.

3.2 Ανακατασκευή (Remanufacturing)

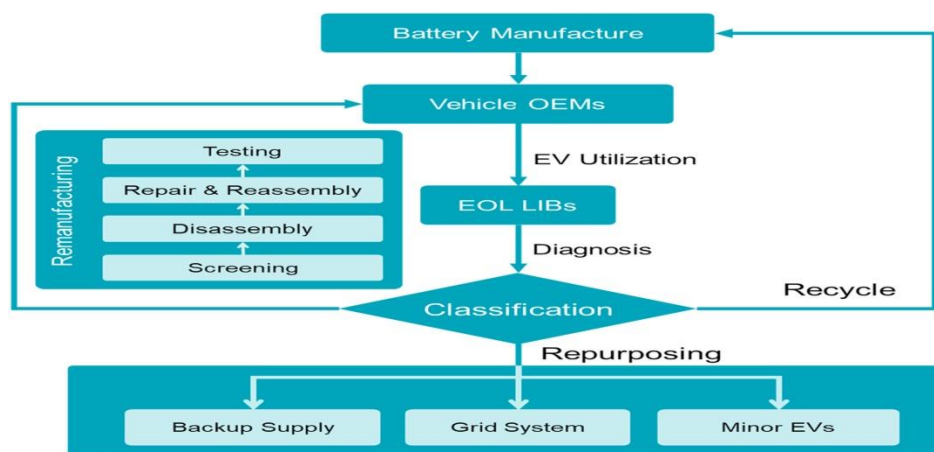
Για να αποσύρουμε τη μπαταρία από το EV, θα πρέπει αυτή να έχει χάσει περί το 20% –30% της συνολικής, αρχικής της χωρητικότητας. Η απομάκρυνση αυτή πρέπει να γίνει όσο το δυνατό πιο άμεσα, αφού σε αυτή τη περίπτωση, οι υποβαθμισμένες LIB, αδυνατούν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις ισχύος και ενέργειας των EV, όπως το απαιτούμενο εύρος αυτονομίας, αλλά και την απαραίτητη επιτάχυνση (27) .

Παρόλα αυτά, οι συγκεκριμένοι χρησιμοποιηθέντες LIB, εξακολουθούν να είναι θελκτικά σε εφαρμογές ανακατασκευής ή επαναχρησιμοποίησης, λόγω, κυρίως, της ομολογουμένως

υψηλής, για κάθε άλλη εφαρμογή εκτός από τη κυρίως μπαταρία ενός EV, εναπομένουσας χωρητικότητας. Έτσι, οι μπαταρίες αυτές, που έχουν επέλθει του κύκλου ζωής τους, συλλέγονται και μεταφέρονται σε κατάλληλους, πιστοποιημένους χώρους επεξεργασίας και στη συνέχεια τίθενται σε διαδικασία αξιολόγησης, ώστε να καθοριστεί το επόμενο βήμα της διαδικασίας επεξεργασίας. Η αξιολόγηση της μπαταρίας καθορίζεται από ποικίλους παράγοντες, όπως η κατάσταση υγείας (SOH), η υπολειπόμενη ωφέλιμη ζωή (RUL), ο συντελεστής ασφάλειας, αλλά και το εν γένει, ειδικό κόστος. Μετά το πέρας αυτής της διαδικασίας, οι LIB με την συγκεντρωμένη, υψηλότερη βαθμολογία αξιολόγησης, δύναται να η ανακατασκευή τους, με σκοπό την απορρόφηση τους, από εφαρμογές EV.

Βέβαια, στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφέρουμε, πως λόγω της ιδιομορφίας των κυττάρων, τα διάφορα κελιά LIB, εντός της ίδιας συστοιχίας, συνήθως υποβαθμίζονται με διαφορετικούς ρυθμούς. Έτσι, μπορούμε να πούμε πως η εν τέλη, απόσυρση της μπαταρίας, πιθανότατα, προκαλείται από την βλάβη κάποιων κυψελών και όχι του συνόλου τους. Ως αποτέλεσμα, προκύπτει το πρόβλημα της επιτυχούς αναγνώρισης των κελιών που φέρουν βλάβη, το οποίο δύναται να επιλυθεί με τη βοήθεια της τεχνολογίας διαλογής. Έτσι, οι υποβαθμισμένες μπαταρίες μπορούν να αναγνωριστούν και να αντικατασταθούν με νέα ή κατάλληλα κελιά από άλλες μπαταρίες. Ως εκ τούτου, όπως φαίνεται στην Σχ. 2, η διαδικασία ανακατασκευής αποτελείται, συνήθως, από τα εξής στάδια:

- διαλογή,
- ολοκληρωμένο έλεγχο της μπαταρίας (αξιολόγηση),
- αποσυναρμολόγηση,
- απομάκρυνση και αντικατάσταση υποβαθμισμένων κυψελών (επισκευή)
- επανασυναρμολόγηση της μπαταρίας, με σκοπό την απορρόφηση της από την αγορά ανταλλακτικών αυτοκινήτων, αφού βέβαια πληρούνται τα απαραίτητα πρότυπα.



Εικόνα 16. Διάγραμμα Ροής Διαδικασιών Ανακατασκευής και Επαναχρησιμοποίησης (26)

3.2.1 Διαδικασίες Αξιολόγησης

3.2.1.1 Αξιολόγηση Ασφαλείας:

Η κακομεταχείριση των LIB δύναται να ταξινομηθεί στις εξής κατηγορίες:

- μηχανική,
- ηλεκτρική,
- περιβαλλοντική,

- χημική.

Για το λόγο αυτό, πολλοί οργανισμοί έχουν θεσπίσει ειδικά πρότυπα δοκιμών για EVs LIB, ώστε να διασφαλίσουν την ασφάλεια των επιβαινόντων των οχημάτων αυτών. Αυτά τα πρότυπα αναφέρονται και προβλέπουν την πλειοψηφία των κινδύνων ασφαλείας που δύναται να υπάρξουν, όπως εξωτερικό βραχυκύκλωμα, συντριβή, διείσδυση, ασυνήθιστη αύξηση θερμοκρασία και μη προτεινόμενη τιμή φόρτισης. Όμως, η υποβολή των μπαταριών, σε κάποια από τις παραπάνω καταστάσεις, ενδέχεται να προκαλέσει μόνιμη ζημία στο συσσωρευτή. Επομένως, έχει καταστεί απαραίτητο, η δοκιμή για την αξιολόγηση ασφαλείας, να πραγματοποιηθεί βάση μη καταστρεπτικές μεθόδων, ώστε να δύναται να συνεχιστεί η διαδικασία της ανακατασκευής και της επανατοποθέτησης. Έτσι, έχουν αναπτυχθεί κάποια θεωρητικά υπολογιστικά μοντέλα, τα οποία εξάγουν αποτελέσματα βάσει του εκάστοτε μοντέλου μπαταρίας και των εισαχθέντων δεδομένων συνθηκών, τα οποία εξάγουν αποτελέσματα, στα οποία συνυπολογίζεται κάποιος συντελεστής ασφαλείας, με σκοπό την όσο το δυνατό, πιο αξιόπιστη αξιολόγηση των χαρακτηριστικών ασφαλείας των EVs LIB.

3.2.1.2 Αξιολόγηση SOH (Κατάσταση Υγείας):

Με την έννοια SOH (26), ουσιαστικά ορίζουμε τη ποσοτικοποίηση του βαθμού μείωσης της χωρητικότητας και του βαθμού αύξηση της εσωτερικής αντίστασης, που μπορεί να προκληθεί από διάφορες παράπλευρες αντιδράσεις. Οι κυριότερες εξ' αυτών είναι:

- απώλειες ενεργών υλικών,
- απώλειες αποθέματος λιθίου,
- απώλειες αγωγιμότητας.

Για την αναγνώριση της ζημιάς που έχει επέλθει των παραπάνω παθογενειών, αναπτύχθηκαν διάφοροι μέθοδοι εκτίμησης SOH, δηλαδή βαθμού υποβάθμισης της απόδοσης. Αυτές, μπορούν να ταξινομηθούν, στις ακόλουθες κατηγορίες:

- μέθοδοι βασικής ανάλυσης χωρητικότητας (ICA),
- εμπειρικών μέθοδοι, μοντέλων ισοδύναμων κυκλωμάτων (ECM),
- μέθοδοι ηλεκτροχημικών μοντέλων (EMs),
- μέθοδοι βάσης δεδομένων,
- υβριδικοί μέθοδοι.

Αν και για κάθε κατηγορία, υπάρχει αρκετά μεγάλη βιβλιογραφία μεθόδων εκτίμησης SOH, οι περισσότερες εξ' αυτών, παραμένουν σε θεωρητικό πλαίσιο, αφού δεν έχουν πείσει για την πρακτικότητα και αξιοπιστία τους. Πιο συγκεκριμένα, οι μέθοδοι που ανήκουν στη κατηγορία ICA, θεωρούνται πως εξάγουν μη ικανοποιητικά δεδομένα, ενώ οι μέθοδοι εκτίμησης βάσει δεδομένων, προβληματίζουν για τη πρακτικότητα τους. Έτσι, η διεθνής κοινότητα, έχει καταλήξει, πως οι υβριδικές μέθοδοι συνδυασμού διαφορετικών προσεγγίσεων, δύναται να συμβάλουν στη βελτίωση της ακρίβειας εκτίμησης του SOH.

3.2.1.3 Εκτίμηση RUL (Εναπομένουσα Αξιοποιήσιμη Ζωή):

Η εκτίμηση RUL, είναι, ουσιαστικά, η πρόβλεψη του υπολειπόμενου αριθμού κύκλων φόρτισης των LIB, με την προϋπόθεση, ότι οι μπαταρίες μπορούν ακόμη να πληρούν τις απαιτήσεις της εφαρμογής, για την οποία προορίζονται. Η μπαταρία υποβαθμίζεται τόσο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (αδρανής), όσο και κατά τη διάρκεια λειτουργίας. Όσον αφορά τον υποβιβασμό λόγω αδρανείας, επηρεάζεται κυρίως από SOC (Κατάσταση Φόρτισης), αλλά

και τη θερμοκρασία. Ενώ, η διάρκεια λειτουργίας, επηρεάζεται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, ο αριθμός κύκλων φόρτισης, η ένταση του ρεύματος, το εύρος τάσης λειτουργίας και το DOD (Βάθος Εκφόρτισης). Οι μέθοδοι που έχουν προταθεί σ' αυτή τη περίπτωση, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- εμπειρικές μέθοδοι,
- μέθοδοι βάσει μοντέλου,
- μέθοδοι τεχνητής νοημοσύνης (AI),
- υβριδικές μέθοδοι.

3.2.2 Διαδικασία Διαλογής (Screening)

Πρόκειται ουσιαστικά, για διαδικασία αναγνώρισης των υποβαθμισμένων στελεχών (κελιών), τα οποία δε μπορούν να αξιοποιηθούν σε εφαρμογές ανακατασκευής και έτσι, πρέπει να αντικατασταθούν με κατάλληλα κελιά. Η διαδικασία διαλογής, δύναται να πραγματοποιηθεί βάσει των παραμέτρων του εκάστοτε κελιού ή βάσει διαφόρων μεθόδων, που βασίζονται σε αρχαιοθετημένα δεδομένα.

3.2.3 Αποσυναρμολόγηση, Επανασυναρμολόγηση και Έλεγχος

Πρακτικά, για την διεργασία της αποσυναρμολόγησης, πραγματοποιούνται τα ακόλουθα στάδια (28):

- διάνοιξη του πλαισίου της μπαταρίας,
- αφαίρεση των ηλεκτρικών και μηχανικών συνδέσεων μεταξύ των εξαρτημάτων,
- αφαίρεση βοηθητικών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί, πως λόγω της ιδιομορφίας του κάθε τύπου μπαταρίας, αλλά και της ποικιλίας των βλαβών που δύναται να φέρουν, είναι αδύνατο να τυποποιηθεί από κάποιο πρότυπο, ενώ επίσης, κρίνεται απαραίτητη η επέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα, μέσω χειροκίνητου ελέγχου, της διαδικασίας αποσυναρμολόγησης. Έτσι, λόγω και του υψηλού βαθμού επικινδυνότητας της διεργασίας (έκρηξη, ανάφλεξη κλπ.), απαιτείται ειδικά καταρτισμένο και πιστοποιημένο, εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό, για να φέρει σε πέρας τη διαδικασία. Βέβαια, να αναφέρουμε, πως θεωρητικά τουλάχιστον, η αποσυναρμολόγηση μπαταρίας με χρήση ρομποτικών τεχνολογιών θα μπορούσε να μειώσει τον κίνδυνο τραυματισμού του ανθρώπου, αλλά και να μειώσει το κόστος παραγωγής, όμως, όπως προαναφέρθηκε το τεράστιο εύρος των απρόσμενων παραγόντων που δύναται να έχουν επιδράσει στη μπαταρία, καθιστούν αρκετά δύσκολη την αυτοματοποίηση της διαδικασίας.

Όσον αφορά, τη διαδικασία της επανασυναρμολόγησης, αυτή παρουσιάζει, ως επί το πλείστο, αρκετές εν γένει ομοιότητες, μ' αυτής της αποσυναρμολόγησης, αφού τα ανακατασκευασμένα LIB, δύναται να χρησιμοποιηθούν για τον ίδιο σκοπό. Έτσι, οι αρχικές μέθοδοι δοκιμής συνεχίζουν να υφίστανται και σ' αυτό το στάδιο. Για παράδειγμα, περαιτέρω τροποποιήσεις σε συστήματα όπως, το αρχικό σύστημα διαχείρισης μπαταριών (BMS), το σύστημα θερμικής διαχείρισης (TMS) και το σύστημα διαχείρισης εξισορρόπησης (EMS), δε κρίνονται απαραίτητες.

3.3 Επαναχρησιμοποίηση (Repurpose)

Αποτελεί μία έννοια, συγγενή της ανακατασκευής (29), ιδιαίτερα σε τομείς όπως οι προτεινόμενοι μέθοδοι αξιολόγησης, διαλογής, αλλά και τις διεργασίες αποσυναρμολόγησης. Παρόλα αυτά, η δομή του πακέτου, δύναται να διαφοροποιηθεί, νέα λογισμικά μπορούν επίσης

να εφαρμοστούν, αφού μεταβάλλεται ουσιαστικά, το σενάριο λειτουργίας για το οποίο προορίζονται. Ακόμη, το πακέτο θα πρέπει αποσυναρμολογηθεί σε 'κομμάτια' (modules) και να επανενωποιηθεί, βάσει των αποτελεσμάτων της διαδικασίας διαλογής. Έτσι, εν τέλει, δύναται να πραγματοποιηθεί, η απαραίτητη ανανέωση του εξοπλισμού. (27)

3.3.1 Κατηγοριοποίηση

Η ανάγκη για ανασύνταξη και κατηγοριοποιημένη τοποθέτηση των μπαταριών, προέκυψε από το γεγονός, πως αν αυτές ομαδοποιηθούν και αποθηκευτούν ως ένα σώμα, εγκυμονούν αρκετές ανεπιθύμητες παρενέργειες. Οι κυριότερες, εξ αυτών, είναι:

- ο κίνδυνος υπερφόρτισης,
- ο κίνδυνος υπέρ-αποφόρτισης,
- η επιτάχυνση της γήρανσης,
- αύξηση πιθανότητας θερμικής διαφυγής.

Έτσι, αντιλαμβανόμαστε τη σπουδαιότητα και τη χρησιμότητα της κατηγοριοποίησης αυτής, η οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί, ταξινομώντας μαζί, μπαταρίες με παρόμοια χαρακτηριστικά, όπως η χωρητικότητα, η εσωτερική αντίσταση κλπ.

3.3.2 Λειτουργίες Διαχείρισης Μπαταρίας

3.3.2.1 Μέθοδοι Εκτίμησης SOP :

Αρχικά, να αναφέρουμε, πως, ως State-of-Power (SOP), ορίζουμε τη κατάσταση ισχύος της μπαταρίας, η οποία εκφράζεται σε το λόγο της μέγιστης ισχύος, προς την αντίστοιχη ονομαστική ισχύ, η οποία θεσπίστηκε κάτω περιορισμούς τάσης, ρεύματος, SOC και ισχύος (23). Όσον αφορά την χρησιμότητα, της όσο το δυνατό, μεγαλύτερης ακρίβειας στην εκτίμηση του SOP, αυτή δύναται να συμβάλει στη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος μπαταρίας, αφού διασφαλίζει την αποφυγή της υπερφόρτισης και της υπέρ-αποφόρτισης. Έτσι, δημιουργήθηκε η ανάγκη για την ύπαρξη συστηματικών στρατηγικών υπολογισμού του SOP, οι οποίες κατατάσσονται στις ακόλουθες, δύο κατηγορίες:

- μέθοδοι με βάση το χάρτη χαρακτηριστικών (Characteristic Map): Οι μέθοδοι που βασίζονται σε CM, αξιοποιούν το συσχετισμό σχέση μεταξύ SOP και χαρακτηριστικών μπαταριών, όπως SOC, SOH κλπ., τα οποία μπορούν να ληφθούν μέσω δοκιμών εκτός σύνδεσης (offline).
- μέθοδοι με βάση μοντέλα υπολογισμών: Οι μέθοδοι που βασίζονται σε μοντέλα υπολογισμών, λειτουργούν με τη βοήθεια προηγμένων αλγορίθμων ελέγχου, χρησιμοποιώντας online βάση δεδομένων, για την εκτίμηση του SOP, ώστε αυτή να πραγματοποιηθεί υπό όσο το δυνατό πιο δυναμικές συνθήκες.

3.3.2.2 Μέθοδοι Εκτίμησης SOC (Κατάσταση Φόρτισης)

Οι κυριότερες μέθοδοι για την εκτίμηση SOC, δύναται να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- μέθοδος άμεσου υπολογισμού,
- μέθοδος βασισμένη σε υπολογιστικά μοντέλα,
- μέθοδοι βασισμένοι σε σειρές δεδομένων.

Η μέθοδος άμεσου υπολογισμού μπορεί να προσάγει το αρχικό SOC με βάση την τάση ανοιχτού κυκλώματος (OCV) και στη συνέχεια, με τη χρήση της υπολογιστικής μεθόδου Coulomb, να υπολογίσει την μεταβολή του SOC. Όμως, εμπεριέχει αρκετά μειονεκτήματα κατά τη χρήση της, όπως το αθροιστικό σφάλμα και η μη δυνατότητα ευελιξίας και προσαρμογής σε ποικίλες καταστάσεις. Ακόμη, όσον αφορά τις μεθόδους βάσει δεδομένων (ECM), αυτές αποτελούν τη συνηθέστερη επιλογή, λόγω των πλεονεκτημάτων της απλής δομής και της δυνατότητας ευελιξίας, λόγω διαφορετικών καταστάσεων, αλλάζοντας τα δεδομένα εισόδου. Τέλος, τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερο έδαφος, κερδίζουν οι μέθοδοι βάσει δεδομένων, λόγω της δυνατότητας ευελιξίας και προσαρμογής σε όλο και μεγαλύτερο αριθμό διαφορετικών σεναρίων. Βέβαια, για την όσο το δυνατό αποδοτικότερη χρήση τους, απαιτείται άριστη γνώση τους.

3.3.2.3 Μέθοδοι Εκτίμησης SOH (Κατάσταση Υγείας)

Για να πραγματοποιηθεί, όσο το δυνατόν, πιο ακριβής εκτίμηση SOH, είναι αναγκαία η άμεση διάγνωση σφαλμάτων, αλλά και έγκυρες εκτιμήσεις SOC και SOP, αφού αποτελούν παράγοντες βαρύνουσας σημασίας, για την εγγύηση της ασφάλειας, της αξιοπιστίας και της αποτελεσματικότητας του συστήματος λειτουργίας, της μπαταρίας.

3.3.3 Λειτουργίες Θερμοκρασιακής Διαχείρισης

Ένα από τα μεγαλύτερα, εν γένη μειονεκτήματα των LIB, είναι η ευαισθησία η οποία εμφανίζουν, στην αύξηση της θερμοκρασίας σε τιμές μεγαλύτερες από την ενδεδειγμένη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι πως, η βέλτιστη απόδοση τους επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία κοντά στους 22°C, στη λεγόμενη, θερμοκρασία περιβάλλοντος δηλαδή. Έτσι, η λειτουργία θερμοκρασιακής διαχείρισης, δύναται να διατηρεί εντός κάποιων θεσπισμένων ορίων, το θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας, διασφαλίζοντας έτσι, τόσο την υγεία (καθυστερήση υποβάθμισης της απόδοσης) και την ασφάλεια (κίνδυνος έκρηξης, αυτανάφλεξης) της μπαταρίας.

Για την διατήρηση, αυτών των θερμοκρασιακών ορίων, ουσιαστικά χρησιμοποιούνται κάποια ψυκτικά μέσα, τα οποία περιλαμβάνουν ψυκτικά αέρια και υγρά. Ακόμη μία διάκριση των μέσων ψύξης, έχει να κάνει με το αν έρχονται σε επαφή με την μπαταρία, οπότε και διακρίνονται σε συστήματα άμεσης και έμμεσης ψύξης. Ενώ, αν απαιτείται, περεταιίρω κατανάλωση ενέργειας, διακρίνονται σε ενεργά και παθητικά συστήματα θερμοκρασιακής διαχείρισης.

Σε αυτό το σημείο, να αναφέρουμε, πως επειδή τα επαναχρησιμοποιημένα LIB έχουν υποστεί, μία σταδιακή, υποβάθμιση χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την ασφάλεια και την αξιοπιστία, απαιτείται αυξημένη προσοχή, τόσο κατά την σχεδίαση, όσο και την πρακτική εφαρμογή των συστημάτων αυτών. Έτσι, μια ολοκληρωμένη στρατηγική προσέγγιση, πρέπει να λαμβάνει υπόψιν, μεταβλητές, όπως η απόδοση της θερμοκρασίας, το κόστος, ο διαθέσιμος χώρος, η αποδοτικότητα και η αξιοπιστία.

3.3.4 Λειτουργίες Διαχείρισης Εξισορρόπησης

Ουσιαστικά, οι χρησιμοποιημένες μπαταρίες, έχουν πραγματοποιήσει εκατοντάδες κύκλους φόρτισης σε εφαρμογές EV, ενώ όπως αναφέραμε, οι μπαταρίες που ανήκουν στην ίδια συστοιχία, δύναται να υποβαθμιστούν ανομοιόμορφα, αναπτύσσοντας παραδείγματος χάριν, διαφορετική εναπομένουσα χωρητικότητα και εσωτερική αντίσταση. Το γεγονός αυτό, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλό κίνδυνο αστοχίας του συστήματος, εγείροντας ζητήματα ασφάλειας κατά την φάση της επαναχρησιμοποίησης. Με την εφαρμογή λοιπόν, των συστημάτων αυτών,

δύναται να βελτιωθεί η ομοιομορφία μεταξύ των κελιών, να διατηρηθούν σταθερές συνθήκες λειτουργίας, μειώνοντας, εν τέλει, το απαιτούμενο, κόστος συντήρησης. Τέλος, λαμβάνοντας υπόψιν, αν υπάρχει διάχυση της πλεονάζουσας ενέργειας, τα συστήματα αυτά, μπορούν να διακριθούν, σε ενεργά και παθητικά.

3.4 Ανακύκλωση (Recycling)

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η σημαντικότητα της ανακύκλωσης είναι τεράστια., αφού ουσιαστικά μέσω αυτής, πολύτιμα υλικά που εμπεριέχονται σε LIB, επανεισάγονται ξανά, κατά ένα μεγάλο ποσοστό, στον οικονομικό κύκλο, μειώνοντας έτσι τις ανάγκες για εξόρυξη πρώτων υλών. Ενώ, παράλληλα, παράγοντες όπως η αποδοτικότητα της στην ανάκτηση υλικών, αλλά και τα εν δυνάμει περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, που δύναται να προσφέρει, έχουν φέρει τη μέθοδο της ανακύκλωσης, σε σημείο που να θεωρείται ως η πλέον, ευρέως εφαρμόσιμη λύση για τη κατηγορία των αποσυρθέντων LIB (5). Παρόλα αυτά, η διαδικασία της ανακύκλωσης των LIB, εξακολουθεί να εμφανίζει περιπλοκότητα στην εφαρμογή της, εξαιτίας παραγόντων που οφείλονται κυρίως:

- στη περίπλοκη διαμόρφωση των πακέτων, που οφείλεται κυρίως στα διαφορετικά εξαρτήματα που δύναται να χρησιμοποιηθούν για τη μόνωση, το σφράγισμα, την αντιπυρική προστασία κλπ.
- στις διαφορετικής γεωμετρίας σχήματα μπαταριών, όπου παραδείγματος χάριν, αν συγκρίνουμε τις κυλινδρικού τύπου μπαταρίες, με τις αντίστοιχες πρισματικές, εμφανίζουν μικρότερο βαθμό δυσκολίας, στο στάδιο του διαχωρισμού, λόγω της επίπεδης δομής των ηλεκτροδίων τους.
- στις ποικίλες χημικές συστάσεις συσσωρευτών, οι οποίες προτιμώνται από τους εκάστοτε κατασκευαστές.

Έτσι, παρότι η διαδικασία της ανακύκλωσης, εμφανίζει μια κάποια περιπλοκότητα στους παραπάνω τομείς, μπορούμε να πούμε πως θεωρητικά είναι μια διαδικασία, η οποία αποτελείται από, τα παρακάτω, δύο στάδια (30):

- 1^ο Στάδιο: Στο στάδιο αυτό, πραγματοποιείται ουσιαστικά, η διεργασία της προεπεξεργασίας, η οποία αποτελείτε κι αυτή με τη σειρά της, από τα ακόλουθα βήματα:
 - αποφόρτιση,
 - αποσυναρμολόγηση,
 - σύνθλιψη,
 - διαχωρισμός.

Έτσι, ουσιαστικά καταφέρνουμε την απομάκρυνση των διαφόρων κελιών από τα εκάστοτε, πακέτα EV, ώστε στη συνέχεια, να επέλθει, η πολυπόθητη διάσπαση τους, σε πολύτιμα σωματίδια, τα οποία απαιτούνται για την έναρξη του επόμενου σταδίου.

- 2^ο Στάδιο: Στο στάδιο αυτό, πραγματοποιείται ο αντικειμενικός σκοπός της διαδικασίας της ανακύκλωσης, η εξαγωγή δηλαδή των υλικών. Αυτή, δύναται να πραγματοποιηθεί, εκμεταλλευόμενοι τις υπάρχουσες μεθόδους ανακύκλωσης, οι οποίες είναι:
 - πυρομεταλλουργία,
 - υδρομεταλλουργία,
 - άμεση ανακύκλωση.

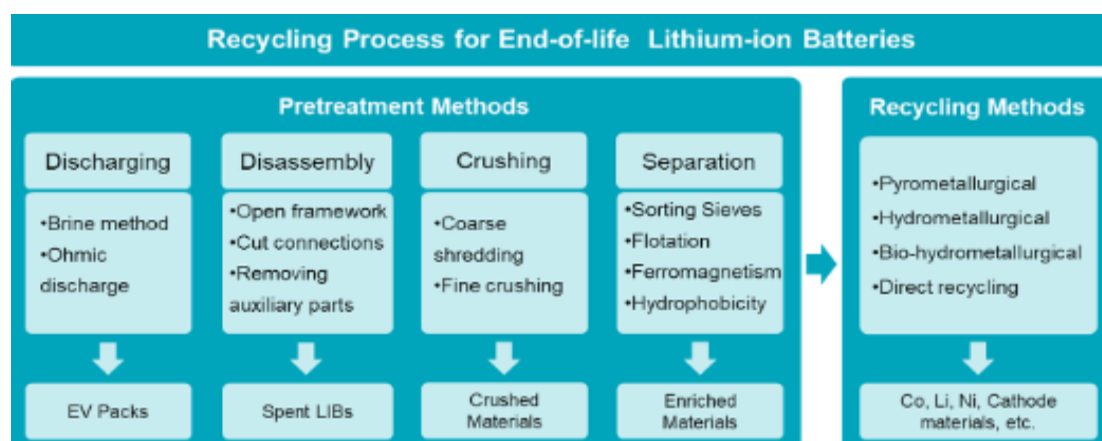
3.4.1 1^ο Στάδιο: Προεπεξεργασία

Όπως αναφέραμε, στο στάδιο της προεπεξεργασίας, πραγματοποιείται, τόσο ο διαχωρισμός, όσο και ο εμπλουτισμός, των πολύτιμων υλικών από τα EOL LIB (31). Επίσης, πραγματοποιείται κατηγοριοποίηση των κελιών, βάση των, εν γένει, φυσικών τους ιδιοτήτων, όπως η γεωμετρία τους, η χημική τους σύσταση, η δυνατότητα μαγνητισμού κλπ. Ακόμη, για να αντιληφθούμε καλύτερα την σημαντικότητα αυτού, του σταδίου, αξίζει να αναφέρουμε, πως μία ορθή διαδικασία προεπεξεργασίας, δύναται να αυξήσει βαθμό ανάκτησης, να μειώσει τη καταναλισκόμενη ενέργεια, να αποφευχθούν κίνδυνοι που σχετίζονται με την ασφάλεια του όλο εγχειρήματος, αλλά και να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του σταδίου αυτού γενικότερα.

Όσον αφορά τις συνήθεις μεθόδους, που εφαρμόζονται, ώστε να τελεσφορήσει αυτό το στάδιο, αυτές δύναται να είναι χημικές ή/και φυσικές, με κυριότερες εξ' αυτών τις ακόλουθες:

- σταθεροποίηση,
- θερμικές επεξεργασίες,
- πυρόλυση κενού,
- άλεση και κοσκίνισμα.

Ενώ, όπως αναφέραμε παραπάνω, η κύρια διαδικασία της προεπεξεργασίας, μπορεί να διαχωριστεί, σε διαδικασίες αποφόρτισης, αποσυναρμολόγησης, σύνθλιψης και διαχωρισμού, όπως αναφέρεται και στην Εικόνα 17.



Εικόνα 17. Κύρια Βήματα της Διαδικασίας Ανακύκλωσης EOL LIBs - Πηγή: (26)

3.4.1.1 Αποφόρτιση

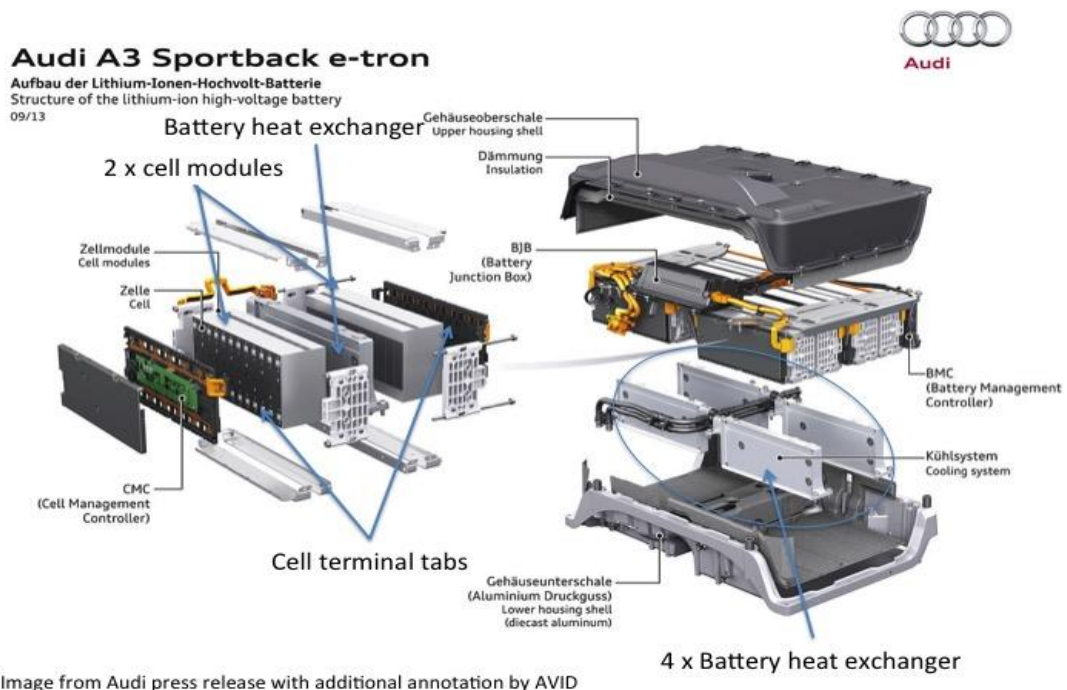
Οι χρησιμοποιημένες LIB, εξακολουθούν, όπως προαναφέραμε, να διατηρούν κάποιο ποσοστό ενέργειας, τη λεγόμενη υπολειμματική ενέργεια, η οποία μπορεί να αποβεί εξαιρετικά επικίνδυνα, προκαλώντας κάποιο βραχυκύκλωμα, το οποίο δύναται να εξελιχθεί και σε έκρηξη κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της προεπεξεργασίας (32). Έτσι, για την αποφυγή τέτοιων απροσδόκητων συμβάντων, είναι απαραίτητη η σταθεροποίηση των συσσωρευτών πριν την υποβολή τους σε οποιαδήποτε διαδικασία. Τέλος, να αναφέρουμε, πως οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι σταθεροποίησης είναι:

- η μέθοδος χρήσης άλμης, όπου τα χρησιμοποιημένα LIB, εμβαπτίζονται σε διαλύματα χλωριούχου νατρίου (NaCl) και θεικού νατρίου (Na₂SO₄) για κατάλληλη χρονική διάρκεια, ώστε να επέλθει πλήρης αποφόρτιση.

- η ωμική αποφόρτιση, όπου η αποφόρτιση των χρησιμοποιημένων LIB, πραγματοποιείται μέσω εξωτερικού κυκλώματος.

3.4.1.2 Αποσυναρμολόγηση

Όπως προαναφέραμε, διαδικασία της αποσυναρμολόγησης, αποτελεί απαραίτητο βήμα, για την συνέχιση του σταδίου της προεπεξεργασίας των EOL LIB. Καθώς παρατηρούμε την Εικόνα 18, αντιλαμβανόμαστε τη πολυπλοκότητα που εμπεριέχει η δομή μιας EV's LIB. Έτσι, όταν κατά τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης, το σύστημα της μπαταρίας, θα πρέπει να διαχωριστεί σε όσο το δυνατό πιο μικρές και ανεξάρτητες υποδιαίρεσεις. Για το πέρας λοιπόν αυτής της διαδικασίας, υπάρχουν κάποια, βασικά βήματα, τα οποία πρέπει να ακολουθηθούν και τα οποία, περιλαμβάνουν το άνοιγμα του πλαισίου μπαταρίας, την διάσπαση των ηλεκτρικών και μηχανικών συνδέσεων μεταξύ των εξαρτημάτων, καθώς και την απομόνωση τους από λοιπά, βοηθητικά ηλεκτρονικά ανταλλακτικών. Βέβαια, όπως ήδη αναφέραμε, μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει, κάποιο ευρέως αποδεκτό πρότυπο, τόσο για τη διαμόρφωση, όσο και για τη δομή των συσσωρευτών, από τους κατασκευαστές, με συνέπεια να μην υπάρχει κάποιος ενδεδειγμένος τρόπος αποσυναρμολόγησης, για όλους τους τύπους μπαταριών, αφού η ποικιλομορφία τους δεν το επιτρέπει.. Ενώ, αξίζει να επισημανθεί, πως ακόμη, προτιμάται η συμμετοχή, σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο βαθμό, του ανθρώπινου παράγοντα, δια μέσω της χειροκίνητης περάτωσης του σταδίου αυτού. Παρόλα αυτά, γίνεται προσπάθεια ανάπτυξης ρομποτικών μοντέλων, με χρήση εικονικής αποσυναρμολόγησης και κατάλληλη βάση δεδομένων, στην οποία θα καταγράφονται όλα τα συμβάντα κατά τη διαδικασία, και το σύστημα θα μπορεί να έχει πρόσβαση σ' αυτή, μέσω εικονικού αποθηκευτικού χώρου, του λεγόμενου cloud. Τέλος, αντικειμενικός σκοπός της διαδικασίας, πέρα από την αποσυναρμολόγηση των πακέτων, είναι ο συνδυασμός της, με όσο το δυνατό, μικρότερο περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος.



Εικόνα 18. Δομή Μπαταρίας Ηλεκτρικού Οχήματος Audi A3 Sportback e-tron (33)

3.4.1.3 Σύνθλιψη

Όπως προαναφέρθηκε, το στάδιο που έπεται της διαδικασίας της αποσυναρμολόγησης, είναι αυτό της σύνθλιψης. Εκεί, οι LIB, θα υποστούν χρειάζονται τεμαχισμό, ώστε να διασπαστούν οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων των υλικών και να αναλυθούν σε όσο το δυνατό μικρότερη κλίμακα, ώστε να μπορέσει να προχωρήσει η διαδικασία της απαιτούμενης προεπεξεργασίας, για την επερχόμενη ανακύκλωση τους. Για την ομαλή διεξαγωγή αυτού του σταδίου, θα πρέπει η όλη διαδικασία, τεμαχισμού, να διενεργηθεί υπό κατάλληλες περιβάλλουσες συνθήκες. Έτσι, συνήθως προτιμάται περιβάλλον, το οποίο εμπεριέχει κάποιο αδρανές αέριο, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, ώστε να αποφευχθούν διάφοροι κίνδυνοι, όπως θερμική διαφυγή και μόλυνση της περιρρέουσας ατμόσφαιρας, οι οποίοι δύναται να λειτουργήσουν ανασταλτικά στην εξέλιξη της διεργασίας. Τέλος, μια ακόμη, επιλογή για την όσο το δυνατό ασφαλέστερη περάτωση της διεργασίας, είναι η εμβάπτιση και ο εν τέλει θρυμματισμός, να επέλθουν σε άλμη λιθίου, ώστε εξουδετερωθεί ο ηλεκτρολύτης και να αποτραπεί περεταίρω ρύπανση της ατμόσφαιρας, δια μέσω εκπομπών παραγόμενων, επικίνδυνων αερίων.

3.4.1.4 Διαχωρισμός

Τελικό στάδιο της προεπεξεργασίας των EOL LIB, που προορίζονται για ανακύκλωση, είναι ο διαχωρισμός των διαφόρων υλικών, ώστε να συνεχιστεί η διεργασία. Ενώ, όπως αναφέραμε, η απαραίτητη αυτή διαλογή και κατηγοριοποίηση, μπορεί να πραγματοποιηθεί, βάσει των διαφόρων φυσικών ιδιοτήτων, όπως το μέγεθος, η ενεργειακή πυκνότητα, η δυνατότητα μαγνητισμού, των τεμαχισμένων συσσωρευτών.

Με το πέρας αυτού του σταδίου, οι συσσωρευτές έχουν υποστεί την απαραίτητη προεπεξεργασία, ώστε να επέλθει το στάδιο της πολυπόθητης ανακύκλωσης, υπό όσο το δυνατό πιο βέλτιστες συνθήκες.

3.4.2 2^ο Στάδιο: Μεταλλουργικές Τεχνολογίες

Σχετικά ευρεία γκάμα μεταλλικών στοιχείων, όπως το κοβάλτιο (Co), το λίθιο (Li), το νικέλιο (Ni), ο χαλκός (Cu), το αλουμίνιο (Al) και ο φώσφορος (P), δύναται να ανακτηθούν από τις EOL EV's LIB. Ενώ, αν συνυπολογίσουμε το γεγονός, πως η αξία των υλικών, που χρησιμοποιούνται στη κάθοδο του συσσωρευτή, εκτιμάται, πως αντιπροσωπεύει περί το 40% της συνολικής αξίας ενός LIB, οι διαδικασίες ανακύκλωσης, επικεντρώνεται πρωταρχικά, στην ανάκτηση μετάλλων, που χρησιμοποιούνται ως υλικό καθόδου και έχουν υψηλή αξία. Τέτοια υλικά, είναι το κοβάλτιο (Co), το λίθιο (Li) και το νικέλιο (Ni).

Για την ανάκτηση λοιπόν αυτών των μετάλλων, το πολύτιμο, αυτό, μέρος των υλικών που έχει περάσει από το πρωτεύον στάδιο της προεπεξεργασίας, θα υποβληθεί διαδικασιών δύλισης, η οποία περιλαμβάνει, διάφορες, μεταλλουργικές διαδικασίες (34). Όπου κυριότερες και ευρέως αποδεκτές, θεωρούνται οι μέθοδοι της:

3.4.2.1 Πυρομεταλλουργία

Πρόκειται για μία θερμική διαδικασία ανάκτησης μετάλλων, η οποία προαπαιτεί ένα κλίβανο υψηλής θερμοκρασίας, για να επιτύχει την απαραίτητη τήξη των στοιχείων των μπαταριών. Ουσιαστικά λοιπόν, με την αύξηση της θερμοκρασίας, μέχρι τη θερμοκρασία τήξης του πιο δύστικτου μετάλλου, επιτυγχάνεται μείωση των μεταλλικών οξειδίων στα διάφορα κράματα μονοξειδίου του άνθρακα (CO), χαλκού (Cu), σιδήρου (Fe) και νικελίου (Ni). Ενώ στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφέρουμε, πως ένα από τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου, είναι το γεγονός, πως εκμεταλλεύεται το γεγονός πως οι μπαταρίες, μπορούν να υποστούν αυτή τη θερμική επεξεργασία, ταυτόχρονα με άλλου τύπου απορρίμματα, έχοντας ως κύριο όφελος την αύξηση της θερμοδυναμικής ενέργειας της διαδικασίας. Έτσι, ιδιαίτερα στην ανακύκλωση μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων, μειώνεται αρκετά ο χρόνος αποσυναρμολόγησης τους,

αφού δεν απαιτείται πλήρης απομόνωση. Στη συνέχεια, τα παραγόμενα από τη πυρομεταλλουργική διαδικασία προϊόντα, αποτελούν ουσιαστικά ένα μεταλλικό κράμα, σκωρίας και αερίων. Επίσης, τα αέρια, τα οποία παράγονται σε θερμοκρασίες μικρότερες των 150°C αποτελούνται κατά κύριο λόγο, από πτητικά οργανικά προϊόντα, τα οποία προήλθαν λόγω της αποσύνθεσης του ηλεκτρολύτη του συσσωρευτή και των διαφόρων επιμέρους συστατικών που τον αποτελούσαν. Ακόμη, στη συγκεκριμένη διαδικασία παρατηρείται μικρός βαθμός επικινδυνότητας, αφού τα θερμάνση των επιμέρους στοιχείων της μπαταρίας, πραγματοποιείται πλήρως ελεγχόμενο περιβάλλον, στο οποίο οι πιθανότητες ατυχήματος είναι ελάχιστες. Επιπλέον, λόγω της εξώθερμης καύσης του ηλεκτρολύτη, μειώνεται και η απαιτούμενη κατανάλωση ενέργειας για την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Όμως, έτσι προκύπτει και το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου, το οποίο είναι η αδυναμία ανάκτησης των στοιχείων των ηλεκτρολυτών, όπως τα άλατα του λιθίου, τα οποία αθροιστικά αποτελούν περί το 40% του συνολικού βάρους του συσσωρευτή. Επίσης, περιλαμβάνει και αναπόφευκτη, παραγωγή τοξικών αερίων, τα οποία προστίθενται στα ήδη υπάρχοντα, περιβαλλοντικά της μειονεκτήματα. Τέλος, παρά τον περιορισμένο αριθμό μετάλλων που ανακτώνται, αλλά και τα διάφορα περιβαλλοντικά της μειονεκτήματα, παραμένει μία συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την ανάκτηση μετάλλων υψηλής αξίας, όπως το νικέλιο και το κοβάλτιο. (23)

3.4.2.2 Υδρομεταλλουργία

Οι διαδικασίες υδρομεταλλουργίας, περιλαμβάνουν τη χρήση υδατικών διαλυμάτων, με σκοπό τον διαχωρισμό των επιθυμητών μετάλλων, από το εκάστοτε υλικό καθόδου. Με πιο κοινό συνδυασμό υδατικών διαλυμάτων, αυτόν των H_2SO_4 & H_2O_2 . Ενώ, για την επίτευξη των βέλτιστων βαθμών απόδοσης της διαδικασίας του διαχωρισμού, προκύπτουν όροι όπως η συγκέντρωση οξέως, ο χρόνος διαχωρισμού, η θερμοκρασία διαλύματος, η αναλογία στερεού προς υγρό διάλυμα καθώς και η προσθήκη αναγωγικού παράγοντα. Έτσι, με βάση τα παραπάνω κριτήρια πιο αποδοτικό χαρακτηρίστηκε το διάλυμα H_2O_2 , αφού όταν προστίθεται δρα ως αναγωγικός παράγοντας, μετατρέποντας τα αδιάλυτα στοιχεία σε διαλυτά. Στη συνέχεια, το διάλυμα, μπορεί επίσης υποστεί επεξεργασία οργανικού διαλύτη, ώστε να πραγματοποιηθεί εκχύλιση του εκάστοτε διαλύτη. Μετά και το στάδιο αυτό, τα μέταλλα μπορούν να ανακτηθούν μέσω διαφόρων αντιδράσεων καθίζησης, οι οποίες ελέγχονται με το χειρισμό του pH του διαλύματος. Έτσι, το κοβάλτιο μπορεί να εκχυλιστεί ως θειικό, υδροξείδιο ή ανθρακικό, ενώ το λίθιο με τη σειρά του, μπορεί να εκχυλιστεί μέσω αντίδρασης καθίζησης που σχηματίζει με Li_2CO_3 & Li_3PO_4 . Επιπλέον, ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει η μεθοδολογία της συγκεκριμένης διαδικασίας, είναι οι όγκοι των διαλυτών που απαιτούνται, η ταχύτητα αποκόλλησης των στοιχείων, το συνολικό κόστος της διαδικασίας αλλά και ο εκμηδενισμός της πιθανότητας, μόλυνσης της σύστασης των υλικών. Επίσης, αν και με τη χρήση του τεμαχισμού, παρέχεται μεγάλος βαθμός ασφαλείας των υλικών, η προκύπτουσα ανάμειξη των υλικών ανόδου και καθόδου περιπλέκει κατά πολύ τη διαδικασία. (35)

3.4.2.3 Άμεση Ανακύκλωση

Ουσιαστικά είναι μια διαδικασία απομάκρυνσης του υλικού της ανόδου ή της καθόδου από το επιμέρους ηλεκτρόδιο, με σκοπό την ανακατασκευή του, ώστε επανεισαχθεί σε μία, ανακατασκευασμένη μπαταρία λιθίου. Ακόμη, να αναφέρουμε, πως τα διάφορα υλικά καθόδου μετάλλου – οξειδίου, μπορούν να ενσωματωθούν εκ νέου σε ένα καινούργιο ηλεκτρόδιο, απαιτώντας ελάχιστες αλλαγές στη κρυσταλλική δομή του δραστικού υλικού. Έτσι, λόγω της απαίτησης, για ανανέωση της περιεκτικότητας σε λίθιο, θα αντισταθμιστούν οι απώλειες κατά την υποβάθμιση του υλικού, εν όσο η μπαταρία χρησιμοποιείται. Επίσης, η ανάκτηση των υλικών, ενδέχεται να μην πραγματοποιηθεί κατά τον βέλτιστο βαθμό, αν η μπαταρία είναι πλήρως αποφορτισμένη και οι κάθοδοι της, είναι πλήρως λιθιωμένοι. Στη περίπτωση καθόδων, υψηλής περιεκτικότητας σε κοβάλτιο, μπορεί να ανακτηθεί μέχρι και το 70% της αρχικής τιμής της καθόδου, ενώ σε άλλου τύπου καθόδου, ο αριθμός, αυτός, μειώνεται σημαντικά. Επιπλέον, στη συγκεκριμένη διαδικασία, εμπίπτει και ο όρος του κόστους, αφού για κάποια υλικά καθόδων, δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα η απευθείας ανακύκλωση τους σε σχέση ακόμα

και με την εκ νέου αγορά τους. Σε αντίθετη περίπτωση, για κάθοδο χαμηλότερης αξίας, μπορεί να είναι ιδιαίτερα επωφελής. Παρά τα πιθανά της πλεονεκτήματα, πρέπει να ξεπεραστούν και άλλα ζητήματα, ώστε να μπορέσει να εφαρμοσθεί σε ευρύ πλαίσιο. Αρχικά, η αποτελεσματικότητα της μεθόδου, σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό, με την κατάσταση υγείας της μπαταρίας, η οποία λειτουργεί ανασταλτικά στη περίπτωση της χαμηλής κατάστασης φόρτισης. Επίσης, υπάρχουν πιθανά ζητήματα με την ευελιξία της μεθόδου αυτής, για την αποτελεσματική διαχείριση μεταλλικών οξειδίων διαφορετικών συνθέσεων, οι οποίες προαπαιτούν πλήρη προσαρμογή της διαδικασίας, στις εκάστοτε διαμορφώσεις της καθόδου. Τέλος, εμπίπτει και ο πιθανός κίνδυνος εμφάνισης ανεπιθύμητης αντίδρασης εκ της καθόδου, ακόμη και υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας των κυττάρων. (36)

Έτσι, μετά το πέρας κάποιας (ή συνδυαστικά περισσότερων από μια, στο λεγόμενο υβριδικό μοντέλο αντιμετώπισης) από τις παραπάνω μεταλλουργικές μεθόδους ανακύκλωσης, τα κύρια προϊόντα, μπορεί να είναι καθαρά μέταλλα, αλλά και κράματα. Επίσης, μπορούν να παραχθούν διαφορές ενώσεις και διαλύματα, πλούσια σε μεταλλικά ιόντα και σκωρία.

4 Οικία

4.1 Προϋποθέσεις Σεναρίου

Αρχικά, για την εκπόνηση του πειραματικού σκέλους της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ήταν επιβεβλημένη η ανάγκη δημιουργίας, ενός εικονικού μοντέλου οικίας, το οποίο βέβαια θα αποτελούσε, μία όσο το δυνατόν ακριβέστερη προσομοίωση, ενός μέσου, συμβατικού νοικοκυριού. Έτσι, τέθηκε η βασική υπόθεση, πάνω στην οποία, θα βασιζόταν η περάτωση του σεναρίου μας και η οποία περιγράφεται ακολούθως:

➤ 4μελής πυρηνική οικογένεια.

Ουσιαστικά με τον όρο πυρηνική, γίνεται αναφορά στη “παραδοσιακή” μορφή οικογένειας, η οποία αποτελείται από δύο έγγαμους γονείς, και στη δικιά μας υπόθεση, από δύο, βιολογικά ή υιοθετημένα, τέκνα.

Σε συνέχεια της παραπάνω υπόθεσης, πρέπει να τεθούν ακόμα κάποιες, οι οποίες θα αφορούν άμεσα, το ενεργειακό προφίλ, της παραπάνω οικίας. Ενώ θα πρέπει να εναρμονίζονται και με την παραπάνω θεώρηση, περί μίας, ουσιαστικά, μεσοαστικής μορφής οικογένειας, που συνηθίζεται να απαντάται στις σύγχρονες αστικές κοινωνίες, με ότι αυτό συνεπάγεται για την οικονομική τους επάρκεια. Οι οποίες και περιγράφονται παρακάτω:

➤ Οικία εντός αστικού ιστού.

Η υπόθεση οικίας η οποία τοποθετείται εντός αστικού ιστού, γίνεται ώστε να μπορέσουμε να προσομοιώσουμε, όσο το δυνατό ακριβέστερα, τα ανεμολογικά και ηλιακά δεδομένα, τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε μεταγενέστερα, με σκοπό τον υπολογισμό της εν δυνάμει παραγωγής των ΑΠΕ. Ακόμη, σημαντικό ρόλο θα διατελέσουν και οι θερμοκρασιακοί δείκτες οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν και εξαρτούνται άμεσα από τη χωροταξία και τη τοπογραφία της επιλαχούσας περιοχής, επηρεάζοντας τόσο τη παραγωγή των ΑΠΕ, όσο και τη κατανάλωση των ΕΥ, σε αξιοσημείωτο, όπως θα δούμε, βαθμό.

➤ Μέγεθος οικίας και εσωτερικών χώρων.

Τόσο το μέγεθος της οικίας συνολικά (± 120 τ.μ.), όσο και των εκάστοτε περιεχόμενων δωματίων, τα οποία θα έχουν ενεργειακές απαιτήσεις για τη θέρμανση και τη ψύξη τους, δύναται να διαμορφώσουν καθοριστικά τα προφίλ καταναλισκόμενης ενέργειας.

Έτσι, για τους προαναφερθέντες χώρους, θέτουμε, κατά προσέγγιση, τα εξής μεγέθη:

- Υπνοδωμάτιο τέκνων (± 20 τ.μ.),

- Υπνοδωμάτιο γονέων (± 20 τ.μ.),
- Γραφείο (± 20 τ.μ.),
- Καθιστικό-Κουζίνα (± 60 τ.μ.).

➤ Αποκλειστική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφέρουμε, πως ακόμα ένας βασικός πυλώνας του σεναρίου μας, είναι η αποκλειστική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της υπό εξέταση οικίας, από κατανάλωση ηλεκτρικής και μόνο ενέργειας. Η οποία δύναται να προέρχεται από:

- το διασυνδεδεμένο δίκτυο στο οποίο ανήκει,
- είτε από παραγωγή ιδιόκτητων ΑΠΕ, ενσωματωμένων στην οικία,
- είτε από κάποιο συνδυασμό των παραπάνω επιλογών.

Έτσι, απαραίτητη προϋπόθεση, ώστε να μπορέσουμε να καταστήσουμε ανεξάρτητη, από οποιαδήποτε μορφή ενέργειας πέραν της ηλεκτρικής, την υπό διερεύνηση οικία, είναι η αποκλειστική χρήση καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο για τη θέρμανση, όσο και για τη ψύξη της, όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο. Ενώ για τις υπόλοιπες οικιακές συσκευές (ηλεκτρική κουζίνα, τηλεόραση κλπ.), δε τίθεται θέμα διαλογής τύπου καταναλισκόμενης ενέργειας.

4.2 Διάρθρωση Σεναρίου

4.2.1 Πρόγραμμα Οικογένειας

Στη σημείο αυτό, κρίνεται αναγκαία η θέσπιση, ενός καθημερινού προγράμματος για τα 4 μέλη από τα οποία, αποτελείται η υπό μελέτη οικογένεια. Ο λόγος ύπαρξης ενός τέτοιου προγράμματος, εναπόκειται στην άρρηκτη σύνδεση των αναγκών του ανθρώπινου παράγοντα, με τη κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών, που δύναται να διευκολύνουν τη ζωή του, σε καθημερινή βάση.

Έτσι, αρχικά υποθέτουμε πως μία συνηθισμένη καθημερινή, θα ξεκινάει βρίσκοντας τις πρωινές ώρες, τα δύο ανήλικα τέκνα της οικογένειας, να απασχολούνται στο σχολικό τους περιβάλλον, με αποτέλεσμα την απουσία τους από το σπίτι, για περίπου ένα δωρο. Επίσης, ο ένας από τους δύο γονείς αναχωρεί παρόμοια ώρα από την οικία του, με σκοπό να απασχοληθεί για περίπου ένα 9ωρο στο εργασιακό του περιβάλλον. Ενώ τέλος, ο έτερος γονέας, παραμένει σπίτι απασχολούμενος στο οικιακό του περιβάλλον, μέσω της μεθόδου της τηλεργασίας. Βέβαια, στο σημείο αυτό, να αναφέρουμε, πως επιλέγουμε να κρατήσουμε τον έναν γονέα σπίτι, ώστε να επιτύχουμε το σύγχρονο του θέματος με την εξ αποστάσεως εργασία. Στη συνέχεια, μετά το πέρας των υποχρεώσεων τους, τα μέλη της οικογένειας επιστρέφουν σπίτι, με μοναδική πλέον προγραμματισμένη δραστηριότητα, τις εξωσχολικές των τέκνων. Έτσι, πλέον η οικογένεια δύναται να περάσει παραπάνω χρόνο στο σπίτι κατά τις απογευματινές ώρες, με ότι αυτό συνεπάγεται για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας όπως θα δούμε και παρακάτω. Τέλος, κατά τις βραδινές ώρες, τόσο τα μικρότερα, όσο και τα μεγαλύτερα μέλη της οικογένειας, αποσύρονται στα δωμάτια τους, ώστε να ξεκουραστούν μέχρι να επέλθει πάλι η ώρα, ώστε να ξεκινήσουν εκ νέου τις δραστηριότητές τους.

Συνεχίζοντας, θεσπίσαμε διαφορετικό πρόγραμμα για τα σαββατοκύριακα, όπου όλα τα μέλη της οικογένειας, αναμένεται να έχουν αυξημένη παρουσία στην οικία τους, λόγω απουσίας επαγγελματικών και σχολικών υποχρεώσεων τους.

Τα παραπάνω συνοψίζονται σχηματικά στη παρακάτω Εικόνα 19. Πρόγραμμα Οικογένειας, στην οποία πρέπει να επισημάνουμε, πως επιδέχεται διαφοροποιήσεις αναλόγως, το σχολικού προγράμματος των παιδιών της οικογένειας.

Ωρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Καθημερινή	Τέκνο 1																							
	Τέκνο 2																							
	Γονέας 1																							
	Γονέας 2																							
Σαββατοκύριακο	Τέκνο 1																							
	Τέκνο 2																							
	Γονέας 1																							
	Γονέας 2																							
		→ Εντός Οικίας								→ Εκτός Οικίας								→ Πιθανή Απουσία από Οικία						

Εικόνα 19. Πρόγραμμα Οικογένειας

4.2.2 Οικιακές Ηλεκτρικές Συσκευές

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, σημαντικό ρόλο στην υπό μελέτη οικία, διαδραματίζουν οι ηλεκτρικές συσκευές που δύναται να χρησιμοποιηθούν από τα μέλη της οικογένειας, λόγω των ποικίλων επιδράσεων που μπορούν να έχουν, στη διαμόρφωση του απαιτούμενου καταναλωτικού προφίλ. Έτσι, παρακάτω παρουσιάζονται εκτενώς οι χρησιμοποιούμενες αυτές συσκευές, συνοδευόμενες από τα απαραίτητα τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία διατίθενται από τους κατασκευαστές.

❖ Κλιματιστικά

Αρχικά, να αναφέρουμε, πως επιλέγουμε τη χρήση κλιματιστικών τεχνολογίας inverter, τα οποία πλεονεκτούν σε σύγκριση με άλλες οικιακές, ηλεκτρικές συσκευές συστημάτων θέρμανσης, σε τομείς όπως η καταναλισκόμενη ενέργεια, ο βαθμός απόδοσης αλλά και ο χρόνος θέρμανσης-ψύξης της επιθυμητής περιοχής, όπως συνοψίζονται και στη παρακάτω εικόνα.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	ΥΠΕΡ	ΚΑΤΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Καλοριφέρ με πετρέλαιο	<ul style="list-style-type: none"> • Η καλύτερη λύση για μεγάλο σπίτι με πολλά δωμάτια και ορόφους 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακριβή λύση για ολιγομελείς οικογένειες 	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να ανόψει λιγότερες ώρες εάν συνδυαστεί με κάποιο άλλο σύστημα
Ηλεκτρική σόμπα με αντίσταση	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τοπική θέρμανση μόνο εκεί που απαιτείται 	<ul style="list-style-type: none"> • Κίνδυνος εγκαύματος • Ακριβή λύση για μεγάλο σπίτι 	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλό κόστος αγοράς, λύση ανάγκης για θέρμανση ενός δωματίου
Αερόθερμο	<ul style="list-style-type: none"> • Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τοπική θέρμανση μόνο εκεί που απαιτείται 	<ul style="list-style-type: none"> • Μόνο για μικρούς χώρους • Ακριβή λύση για μεγάλο σπίτι 	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλό κόστος αγοράς, λύση ανάγκης για θέρμανση ενός δωματίου
Ηλεκτρικό καλοριφέρ λαδιού	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν απαιτεί εγκατάσταση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά μαζί με άλλο σύστημα θέρμανσης 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακριβή λύση για μεγάλο σπίτι ή για μεγάλους ενιαίους χώρους 	<ul style="list-style-type: none"> • Η ασφαλέστερη και πρακτικότερη λύση θέρμανσης μέσω ηλεκτρικής αντίστασης, ακριβότερο στη χρήση αλλά φθηνότερο στην αγορά σε σύγκριση με κλιματιστικό
Κλιματιστικό	<ul style="list-style-type: none"> • Πολύ καλός βαθμός απόδοσης και οικονομία ρεύματος • Γρήγορη θέρμανση ενιαίων χώρων 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακατάλληλο για μεγάλο σπίτι με πολλά μικρά δωμάτια • Μειωμένη απόδοση σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (κάτω από 5β C) 	<ul style="list-style-type: none"> • Υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης • Εάν υπάρχει ήδη για χρήση ψύξης, είναι η καλύτερη λύση για θέρμανση ενιαίων χώρων
Κλιματιστικό inverter	<ul style="list-style-type: none"> • Πολύ καλός βαθμός απόδοσης και οικονομία ρεύματος • Γρήγορη θέρμανση ενιαίων χώρων • Ακόμα χαμηλότερη κατανάλωση μέσω της αυτόματης μείωσης των στροφών του συμπιεστή 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακατάλληλο για μεγάλο σπίτι με πολλά μικρά δωμάτια • Μειωμένη απόδοση σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (κάτω από 5β C) 	<ul style="list-style-type: none"> • Υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης • Εάν υπάρχει ήδη για χρήση ψύξης, είναι η καλύτερη λύση για θέρμανση ενιαίων χώρων

Εικόνα 20. Οικιακές Ηλεκτρικές Συσκευές Θέρμανσης(37)

Πιο συγκεκριμένα, η τεχνολογία inverter, εφαρμόζεται για τον έλεγχο της ταχύτητας του συμπιεστή, έτσι ώστε να διευκολύνεται η ρύθμιση και διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας στο χώρο εφαρμογής. Τόσο κατά τη θέρμανση, όσο και κατά τη ψύξη, αφού λόγω της μετατροπής του εναλλασσόμενου ρεύματος του δικτύου σε συνεχές, επιτυγχάνεται η παραγωγή ρεύματος επιθυμητής συχνότητας. Έτσι, το αρμόδιο ηλεκτρικό όργανο, συλλέγει δεδομένα για την εξωτερική θερμοκρασία του χώρου και τα διαβιβάζει στον κεντρικό επεξεργαστή του συστήματος, ο οποίος με τη σειρά του, ξεκινάει τις απαραίτητες διαδικασίες, για τη συμμόρφωση της ταχύτητας του συμπιεστή στα νέα δεδομένα. Σαν αποτέλεσμα, αυτές οι μονάδες κλιματισμού επιτυγχάνουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης σε σχέση με τους προκατόχους τους, αλλά και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των κινητών μερών τους, ενώ ταυτόχρονα περιορίζονται οι αυξομειώσεις των εκάστοτε φορτίων τους. Έτσι, εν τέλει μπορούν να προσφέρουν κάποια επιπρόσθετα οφέλη, όπως αυτά της, σχεδόν, αθόρυβης λειτουργίας και των μειωμένων λειτουργικών εξόδων. Βέβαια, στο σημείο αυτό, να αναφέρουμε πως το κόστος αγοράς τους κρίνεται σαν αυξημένο, εν συγκρίσει με κλιματιστικά, παλαιότερης τεχνολογίας, το οποίο βέβαια, δε πρέπει να αποθαρρύνει τον καταναλωτή, αφού προσφέρεται δυνατότητα, ταχείας απόσβεσης, λόγω της οικονομικότερης, εν γένει, λειτουργίας τους.

Ένας ακόμη παράγοντας, ο οποίος έπρεπε να ληφθεί υπ' όψιν για την επιλογή του κατάλληλου κλιματιστικού, ήταν ο όγκος του χώρου στον οποίο θα εφαρμοζόταν. Έτσι, για τη διευκόλυνση του καταναλωτή, τα κλιματιστικά κατανέμονται σε κατηγορίες, σύμφωνα με το British Thermal Union (BTU), το οποίο αποτελεί, βασική μονάδα μέτρησης της θερμικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, 1 BTU εκφράζει την απαιτούμενη ενέργεια, ώστε να επιτευχθεί θέρμανση 1 pound (~ 0.453 kg) νερού, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του κατά 1°F. Ενώ, να σημειωθεί, πως όταν αναφερόμαστε σε ψυκτική ικανότητα ενός κλιματιστικού, αναφερόμαστε ουσιαστικά στην απαραίτητη ποσότητα θερμικής ενέργειας, που πρέπει να αφαιρεθεί από το χώρο, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή ρύθμιση της θερμοκρασίας. Βέβαια, οι κατασκευαστές, έχουν θεσπίσει εξ' απλουστευμένους πίνακες, οι οποίοι ορίζουν τη σχέση μεταξύ των τετραγωνικών μέτρων που καταλαμβάνει ο υπό εξέταση χώρος και τα απαιτούμενα BTU, ώστε να επιτευχθεί ο κλιματισμός του, όπως περιγράφεται στην εικόνα που ακολουθεί.

Εμβαδόν χώρου	Προτεινόμενα BTU
13 - 18 m ²	9.000
18 - 25 m ²	12.000
25 - 30 m ²	14.000
30 - 35 m ²	16.000
35 - 40 m ²	18.000
40 - 45 m ²	20.000
45 - 55 m ²	22.000
55 - 65 m ²	24.000

Εικόνα 21. Προτεινόμενα BTU ανά Εμβαδόν Χώρου(38)

Έτσι, λαμβάνοντας υπ' όψιν και μερικές ακόμα παραμέτρους, όπως το βαθμό μόνωσης της οικίας, τους θερμοκρασιακούς δείκτες της περιοχής, αλλά και τον όροφο που βρίσκεται ο χώρος καταλήξαμε στα παρακάτω μεγέθη και κατά συνέπεια στα παρακάτω εμπορικά μοντέλα(39):

- Υπνοδωμάτιο τέκνων (± 20 τ.μ.)

Συσκευή	Μέγιστη Ισχύς (W)	Λειτουργία
Κλιματιστικό (10.000 BTU)	3900	Θέρμανση
Κλιματιστικό (10.000 BTU)	2600	Ψύξη

- Υπνοδωμάτιο γονέων (± 20 τ.μ.)

Συσκευή	Μέγιστη Ισχύς (W)	Λειτουργία
Κλιματιστικό (10.000 BTU)	3900	Θέρμανση
Κλιματιστικό (10.000 BTU)	2600	Ψύξη

- Γραφείο (± 20 τ.μ.)

Συσκευή	Μέγιστη Ισχύς (W)	Λειτουργία
Κλιματιστικό (10.000 BTU)	3900	Θέρμανση
Κλιματιστικό (10.000 BTU)	2600	Ψύξη

- Καθιστικό-Κουζίνα (± 60 τ.μ.)

Συσκευή	Μέγιστη Ισχύς (W)	Λειτουργία
Κλιματιστικό (24.000 BTU)	7400	Θέρμανση
Κλιματιστικό (24.000 BTU)	7000	Ψύξη

❖ Λοιπές Οικιακές Συσκευές

Όσον αφορά τις υπόλοιπες οικιακές συσκευές οι οποίες δύναται να χρησιμοποιηθούν εντός της ημέρας από τα μέλη της οικογένειας, δεν επιδέχεται λόγος περεταίρω ανάλυσης των κριτηρίων που εφαρμόστηκαν για την επιλογή τους. Αφού ουσιαστικά, αναφερόμαστε σε συνηθισμένες ηλεκτρικές συσκευές, οι οποίες απαντώνται στα σύγχρονα νοικοκυριά και ουδέ μία σχέση έχει η επιλογή τους, με διάφορους κλιματολογικούς και χωροταξικούς παράγοντες, όπως προαναφέρθηκαν παραπάνω. Έτσι, επιλέξαμε οικιακές συσκευές, οι οποίες δύναται να ικανοποιούν επαρκώς τις καθημερινές ανάγκες μίας τυπικής, 4μελούς οικογένειας. Βέβαια, να αναφέρουμε πως λάβαμε υπ' όψιν και κάποια ενδεικτικά παραδείγματα κατανάλωσης οικιακών συσκευών που εντοπίζονται στα ελληνικά, μεσοαστικά νοικοκυριά, ώστε οι επιλογές μας, να εναρμονίζονται, όσο το δυνατό περισσότερο, με τα παρακάτω δεδομένα που παρέχονται, από τη ΔΕΗ (40):

Λαμπτήρες				
ΣΥΣΚΕΥΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Κοινός 100W	1 ώρα	100	0,10	0,013
Κοινός 80W	1 ώρα	60	0,06	0,009
Καμψηλός καταναλωτής 20W	1 ώρα (ίδιος φωτεινότητας με κοινό 100W)	20	0,02	0,003

Ψυγείο				
ΣΥΣΚΕΥΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Ψυγείο χωρίς κατάψυξη	24 ώρες	90	0,30	0,04
Ψυγείο με κατάψυξη 131 λίτρων	24 ώρες	90	0,50	0,07
Καταψύκτης 228 λίτρων	24 ώρες	110	1,05	0,14

Πλυντήριο Ρούχων				
ΣΥΣΚΕΥΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Πλυντήριο ρούχων	95° C / 5κ. ρούχα	2800	1,80	0,22
Πλυντήριο ρούχων	60° C / 5κ. ρούχα	2800	1,40	0,17
Πλυντήριο ρούχων	40° C / 5κ. ρούχα	2800	0,50	0,07
Πλυντήριο ρούχων	60° C / 5κ. ρούχα (χωρίς πρόπλυση)	2800	1,30	0,17

Εικόνα 22. Χαρακτηριστικά Τυπικών Οικιακών Συσκευών(38,40)

Θερμοσίφωνας				
ΣΥΣΚΕΥΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Θερμοσίφωνας 10 λίτρων	50 °C	2000	0,33	0,048
Θερμοσίφωνας 80 λίτρων	50 °C	4000	2,6	0,33
Ηλιακός Θερμοσίφωνας	με ηλιοφάνεια	0	0	0

Κουζίνα				
ΣΥΣΚΕΥΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Μεγάλο μάτι	1 ώρα	2000	2,00	0,3
Μεσαίο μάτι	1 ώρα	1500	1,50	0,21
Μεσαίο μάτι	1 φαγητό για 4 άτομα	1500	1,80	0,23
Φούρνος απλός	ψητό 1,8 κιλά	2700	3,23	0,450
Φούρνος απλός	1 κέικ (50 λεπτά)	2700	2,25	0,280
Φούρνος μικροκυμάτων	5 ΛΕΠΤΑ	800	0,06	0,009
Φούρνος μικροκυμάτων	5 ΛΕΠΤΑ	360	0,03	0,005

Μικροσυσκευές				
ΣΥΣΚΕΥΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΚΟΣΤΟΣ (€)
Ηλεκτρικό σίδερο	1 ώρα	1000		0,15
Ηλεκτρική σκούπα	1 ώρα	1000		0,15
Φρητίδα	25 λεπτά	1600		0,095
Καφετιέρα	10 λεπτά	900		0,022
Μίξερ	1 γλυκό (3 λεπτά)	180		0,002
Τηλεόραση (εγχρόνια)	1 ώρα	41		0,005
Αναμονή τηλεόρασης	1 ώρα	8		0,002
Βίντεο	1 ώρα	33		0,005
Αναμονή βίντεο	1 ώρα	8		0,001
Στερεοφωνικά	1 ώρα	30		0,005
Αναμονή στερεοφωνικού	1 ώρα	8		0,001
Η/Υ (PC)	1 ώρα	250		0,035
Αυτόματος τηλεφωνητής	1 ώρα	3		0,001
Αποκωδικοποιητής συνδρομητικής τηλεόρασης	1 ώρα	15		0,003

Εικόνα 23. Χαρακτηριστικά Τυπικών Οικιακών Συσκευών(38,40)

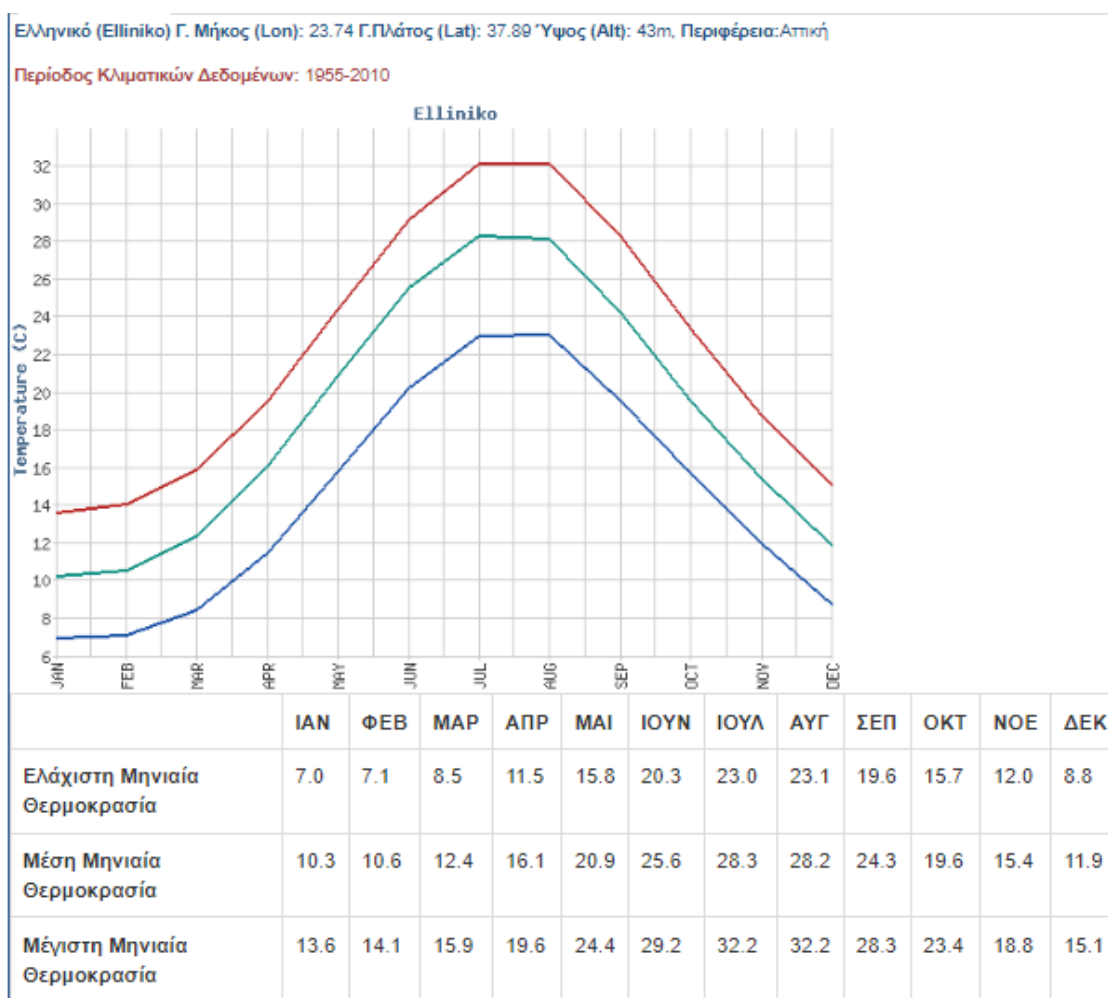
Έτσι, σύμφωνα με τις παραπάνω προταγές, κάναμε έρευνα στα διαθέσιμα εμπορικά μοντέλα και καταλήξαμε στα παρακάτω:

Δωμάτιο	Συσκευή	Μέγιστη Ισχύς (W)
Υπνοδωμάτιο 1	Λαμπτήρας Δωματίου	16
	Λαμπτήρας Γραφείου	8,5
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	3900
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	2600
	Υπολογιστής	400
	Φόρτιστής Κινητών 5.0V (2)	20
Υπνοδωμάτιο 2	Λαμπτήρας Δωματίου	16
	Λαμπτήρας Γραφείου	8,5
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	3900
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	2600
	Τηλεόραση (40'')	50
	Φόρτιστής Κινητών 5.0V (2)	20
Γραφείο	Λαμπτήρας Δωματίου	16
	Λαμπτήρας Γραφείου	8,5
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	3900
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	2600
	Υπολογιστής	400
	Εκτυπωτής	200
	Router (12.0V*1.0A)	12
Κουζίνα	Ηλεκτρικές Κουζίνα-Εστίες	2000
	Ηλεκτρικές Κουζίνα-Φούρνος	2700
	Απορροφητήρας (>300 m3/hr)	300
	Φούρνος Μικροκυμάτων	1700
	Μπλέντερ	400
	Βραστήρας	1500
	Τοστιέρα	1800
	Ψυγείοκαταψύκτης (Ev. Κλ. ≤ D)	400
	Καφετιέρα	1400
	Πλυντήριο Πιάτων	1500
	Λαμπτήρας Δωματίου (2 τμχ)	32
Μπάνιο	Πλυντήριο Ρούχων	2800
	Λαμπτήρες Δωματίου	13
	Σεσουάρ	2200
	Θερμοσίφωνας (200lt)	4000
Καθιστικό	Ασύρματο Τηλέφωνο	10
	Τηλεόραση (55'')	102
	Κλιματιστικό (24.000 btu)	7400
	Κλιματιστικό (24.000 btu)	7000
	Λαμπτήρες Δωματίου (3 τμχ)	60
	Κονσόλα Παιχνιδιών (ps4)	200
Γενικής Χρήσης	Ηλεκτρικό Σίδερο	2600
	Ηλεκτρική Σκούπα	600

Πίνακας 1. Επιλεγμένες Ηλεκτρικές Συσκευές ανά Δωμάτιο

4.3 Κλιματολογικά Δεδομένα

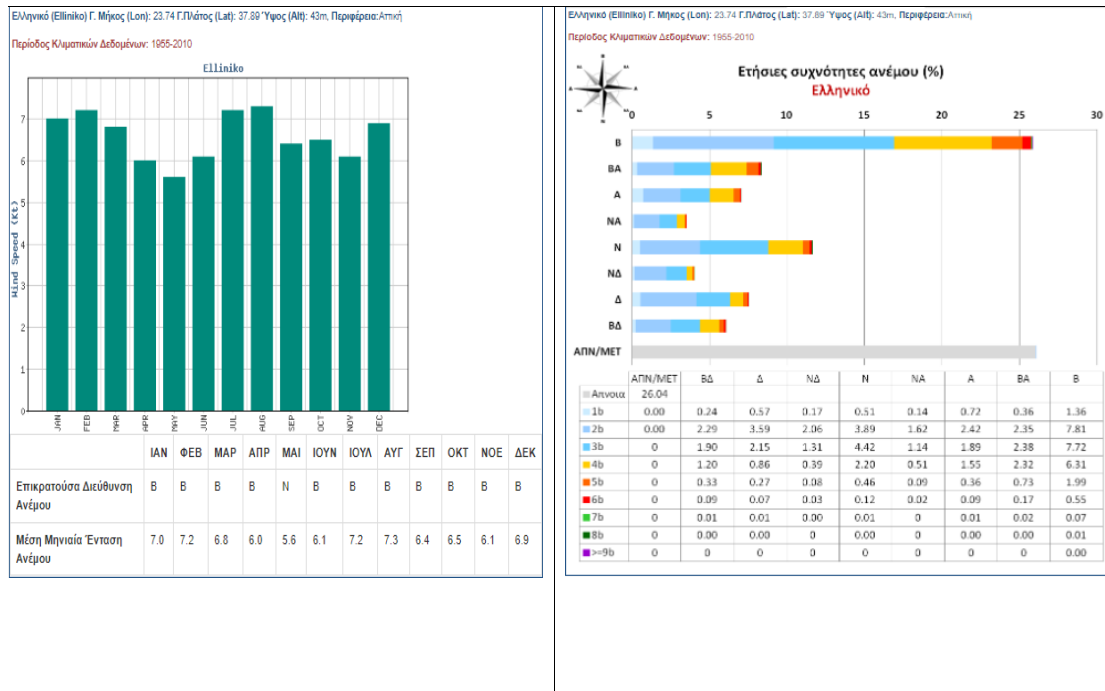
Η κατάλληλη επιλογή περιοχής, όπως προαναφέρθηκε, θα διατελέσει σημαίνοντα ρόλο στα ενεργειακά προφίλ τόσο των ΑΠΕ, όσο και στο καταναλωτικό προφίλ της υπό εξέταση οικίας. Ενώ μη ξεχνάμε και το ηλεκτρικό όχημα, η κατανάλωση του οποίου, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου. Έτσι, θέλοντας να παρουσιάσουμε όσο το δυνατό με μεγαλύτερη ακρίβεια αποτελέσματα, αντλήσαμε δεδομένα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) και συγκεκριμένα, από το σταθμό συλλογής δεδομένων στην περιοχή του Ελληνικού, Αττικής. Η συγκεκριμένη επιλογή, μας δίνει τη δυνατότητα, να συλλέξουμε τα απαραίτητα θερμοκρασιακά δεδομένα, από μία περιοχή, η οποία βρίσκεται εντός του αστικού ιστού, μόλις λίγα χιλιόμετρα από το κέντρο των Αθηνών, προσομοιώνοντας έτσι, με το καλύτερο δυνατό τρόπο, την ιδεατή, για τη περίπτωση μας περιοχή. Έτσι, στη συνέχεια, παρουσιάζεται το ακόλουθο γράφημα, το οποίο είναι απόρροια συλλογής κλιματολογικών δεδομένων, για διάστημα μίας 55ετία από τη συγκεκριμένη περιοχή. Οπότε, μας παρέχεται η δυνατότητα να αξιοποιήσουμε δεδομένα αρκούτως ικανοποιητικής ρεαλιστικότητας, αλλά και ακρίβειας λόγω της ευρείς γκάμας των συλλεγμένων δεδομένων, η οποία συρρικνώνει τη πιθανότητα του στατιστικού σφάλματος, σε υπέρ του δέοντος ικανοποιητικά μεγέθη.



Εικόνα 24. Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία(41)

Στο σημείο αυτό, να αναφέρουμε, πως εκτός από το παραπάνω γράφημα, όπου αναφέρονται οι θερμοκρασιακοί δείκτες για κάθε μήνα του έτους, η ιστοσελίδα της Ε.Μ.Υ. μας παρέχει ανεμολογικά δεδομένα, τα οποία εμείς κρίναμε ως πολύ ευνοϊκά, αφού η μέση ταχύτητα ανέμου που παρατηρείται στη συγκεκριμένη περιοχή, προμηνύει υπέρ του δέοντος

ικανοποιητική παραγωγή, γεγονός που πιθανόν θα υποβάθμιζε τη συνεισφορά του ηλεκτρικού οχήματος στο ενεργειακό προφίλ της κατοικίας. Παρόλα αυτά, για να παρέχουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα της περιοχής, παρουσιάζουμε και τα ακόλουθα ανεμολογικά δεδομένα, στο γράφημα που ακολουθεί.



Εικόνα 25. Ανεμολογικά Δεδομένα(41)

4.4 Διαχείριση Δεδομένων

Έχοντας πλέον στη διάθεση μας, όλα τα απαραίτητα δεδομένα, είμαστε σε θέση να αρχίσουμε να τα επεξεργαζόμαστε, με σκοπό τη δημιουργία των πρώτων διαγραμμάτων, όσον αφορά τα καταναλωτικά προφίλ της υπό εξέταση οικίας.

4.4.1 Κατάσταση stand by

Αρχικά, ένας πρώτος όρος που θα χρειασθεί να προσέξουμε και να λάβουμε υπ' όψιν μας, είναι η επονομαζόμενη και ως ισχύ αναμονής. Πιο συγκεκριμένα, όλες οι ηλεκτρικές συσκευές, όταν δεν τις χρησιμοποιούμε, αλλά αυτές έχουν διαθέσιμη παροχή ρεύματος, βρίσκονται στη λεγόμενη stand by λειτουργία, όπου καταναλώνουν την ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια, ώστε αυτές να μην απενεργοποιηθούν και να παραμείνουν διαθέσιμες έως ότου τις χρειασθεί ξανά ο εκάστοτε χρήστης.

Για να μπορέσει να αντιληφθεί κανείς, τη σημασία του συγκεκριμένου παράγοντα, αρκεί να αναλογιστούμε, πως σύμφωνα με δεδομένα της Δ.Ε.Η.(40) , περί το 5-10% ενός μέσου ετήσιου λογαριασμού ρεύματος, ενός τυπικού νοικοκυριού, αντιστοιχεί σε κατανάλωση ρεύματος, η οποία προήλθε από συσκευές σε κατάσταση αναμονής. Επιπλέον, σύμφωνα με δεδομένα της Ε.Ε. (42) , αναμένεται ότι μέχρι το 2025, στις σύγχρονες, βιομηχανικές κοινωνίες, το ποσοστό αυτό θα ανέρχεται κοντά στο 10% της συνολικά καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, θα αναμένεται αύξηση των απαιτούμενων αναγκών παραγωγής ρεύματος, το οποίο θα αντιστοιχεί στη δημιουργία 400 επιπλέον σταθμοί παραγωγής ρεύματος, καθένας εκ των οποίων, θα έχει ονομαστική παραγωγική ικανότητα, περί τα 500 MWatt. Βέβαια, σαν απόρροια της συγκεκριμένης αύξησης στη ζήτηση, αναμένεται αυξημένη έκλυση διοξειδίου του άνθρακα, περί τους 600 εκατομμύρια τόνους, ετησίως.

Συνεχίζοντας, όσον αφορά το ζήτημα του υπολογισμού της εκάστοτε καταναλισκόμενης ενέργειας, κάθε οικιακής, ηλεκτρικής συσκευής σε κατάσταση αναμονής, αυτή υπολογίζεται προσεγγιστικά ως εξής:

$$\text{Ισχύς Αναμονής (Watt)} = 0.4\% * \text{Ονομαστική Ισχύς (Watt)}$$

Έτσι, σύμφωνα με τη παραπάνω παραδοχή, προκύπτει ο εξής ενημερωμένος Πίνακας 1:

Δωμάτιο	Συσκευή	Μέγιστη Ισχύς (W)	Ισχύς Αναμονής (W)
Υπνοδωμάτιο 1	Λαμπτήρας Δωματίου	16	0,064
	Λαμπτήρας Γραφείου	8,5	0,034
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	3900	15,600
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	2600	10,400
	Υπολογιστής	400	1,600
	Φόρτιστής Κινητών 5.0V (2)	20	0,000
Υπνοδωμάτιο 2	Λαμπτήρας Δωματίου	16	0,064
	Λαμπτήρας Γραφείου	8,5	0,034
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	3900	15,600
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	2600	10,400
	Τηλεόραση (40")	50	0,500
	Φόρτιστής Κινητών 5.0V (2)	20	0,000
Γραφείο	Λαμπτήρας Δωματίου	16	0,064
	Λαμπτήρας Γραφείου	8,5	0,034
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	3900	15,600
	Κλιματιστικό (10.000 btu)	2600	10,400
	Υπολογιστής	400	1,600
	Εκτυπωτής	200	0,500
	Router (12.0V*1.0A)	12	12,000
Κουζίνα	Ηλεκτρικές Κουζίνα-Εστίες	2000	8,000
	Ηλεκτρικές Κουζίνα-Φούρνος	2700	10,800
	Απορροφητήρας (>300 m3/hr)	300	1,200
	Φούρνος Μικροκυμάτων	1700	6,800
	Μπλέντερ	400	0,000
	Βραστήρας	1500	0,000
	Τοστιέρα	1800	0,000
	Ψυγείοκαταψύκτης (Ev. κλ. ≤ D)	400	1,600
	Καφετιέρα	1400	5,600
	Πλυντήριο Πιάτων	1500	6,000
	Λαμπτήρας Δωματίου (2 τμχ)	32	0,128
	Μπάνιο	Πλυντήριο Ρούχων	2800
Λαμπτήρες Δωματίου		13	0,052
Σεσουάρ		2200	0,000
Θερμοσίφωνας (200lt)		4000	16,000
Καθιστικό	Ασύρματο Τηλέφωνο	10	2,750
	Τηλεόραση (55")	102	0,500
	Κλιματιστικό (24.000 btu)	7400	29,600
	Κλιματιστικό (24.000 btu)	7000	28,000
	Λαμπτήρες Δωματίου (3 τμχ)	60	0,240
	Κονσόλα Παιχνιδιών (ps4)	200	0,800
Γενικής Χρήσης	Ηλεκτρικό Σίδερο	2600	0,000
	Ηλεκτρική Σκούπα	600	0,000

Πίνακας 2. Υπολογισμός Ισχύς Αναμονής-Stand by

4.4.2 Πλάνο Κατανάλωσης

Σε συνέχεια, των παραπάνω υποθέσεων που θεσπίσαμε, ως βάση του ημερήσιου πλάνου της οικογένειας, είμαστε σε θέση πλέον, έχοντας ως δεδομένο τις ώρες κατά τις οποίες τα μέλη της οικογένειας βρίσκονται εντός οικία, να κατασκευάσουμε τα πρώτα καταναλωτικά προφίλ.

Αρχικά, πρέπει να καθορίσουμε προσεγγιστικά, τις ώρες που καταναλώνουν ενέργεια οι συσκευές, πέραν της λειτουργίας stand by. Οπότε, παρακάτω αναλύεται η συλλογιστική πορεία που ακολουθήθηκε, ανάλογα με τη συσκευή και το είδος της χρήσης της. Έτσι, έχουμε τις εξής κατηγοριοποιήσεις:

- Συσκευές συνεχούς λειτουργίας: Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα μίας τέτοιου είδους συσκευής, είναι ο οικιακός ψυγιοκαταψύκτης, ο οποίος απαιτεί συνεχή τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος, αφού οποιαδήποτε διακοπή στη παροχή, δύναται να δημιουργήσει πρόβλημα στα προϊόντα, τα οποία ψύχει. Έτσι, θεωρείται και μία συσκευή ανελαστικής κατανάλωσης, αφού δε μπορούμε να αναστείλουμε τη χρήση της για οποιοδήποτε λόγο. Ένα ακόμη παράδειγμα, αποτελεί το οικιακό router, που προσφέρει συνεχή σύνδεση στο διαδίκτυο, προσδίδοντας του, βαρύνουσα σημασία, στη σύγχρονη ανθρώπινη καθημερινότητα. Επιπλέον, παρόλο που μας προσφέρεται η ονομαστική ισχύς της, αυτών των συσκευών, στη πραγματικότητα δουλεύουν σε πολύ χαμηλότερη ισχύ, την οποία ο κατασκευαστής, μας την δίδει σε ανηγμένο μέγεθος στη μονάδα του χρόνου. Έτσι, μία μέση χρήση του ψυγιοκαταψύκτη, ενεργειακής κλάσης $\leq D$, απαιτεί καταναλισκόμενη ενέργεια της τάξεως των ~ 250 kWh/έτος.
- Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές, όπως λαμπτήρες, υπολογιστές, ηλεκτρική κουζίνα, θερμοσίφωνα κλπ., καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια μόνο κατά τη χρήση τους, αν δεν υπάρχει λόγος για λειτουργία στην αναμονή (stand by). Έτσι, οι ώρες που χρησιμοποιούνται, είναι άρρηκτα συνδεδεμένες, με τις ώρες που υπάρχει ανθρώπινη παρουσία στην οικία. Οι κατασκευαστές παρέχουν αναλυτικά δεδομένα, όσον αφορά τη χρήση τους, τα οποία και αξιοποιήσαμε στο σενάριο μας. Τέτοιου είδους συσκευές, συνοψίζονται στο παρακάτω πίνακα:

Λαμπτήρες	Ηλ. Υπολογ.	Τηλεόραση	Πλυν. Ρούχων
Θερμοσίφωνα	Ηλ. Κουζίνα	Απορροφητήρας	Πλυν. Πιάτων

- Λοιπές οικιακές μικροσυσκευές, όπως σεσουάρ, βραστήρας, τοστιέρα κλπ., που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια μόνο κατά τη χρήση τους. Ενώ, το χρονικό διάστημα χρήσης τους, είναι συνήθως αρκετά σύντομο (~ 5 min). Παράγοντας ο οποίος λαμβάνεται υπ' όψιν στους υπολογισμούς μας. Τέτοιου είδους συσκευές, συνοψίζονται στο παρακάτω πίνακα:

Φορτιστής Κιν.	Μπλέντερ	Τοστιέρα	Σεσουάρ	Ηλ. Σίδερο
Εκτυπωτής	Βραστήρας	Καφετιέρα	Τηλέφωνο	Ηλ. Σκούπα

- Για το τέλος, κρατήσαμε τα κλιματιστικά, η χρήση των οποίων, χρήζει περαιτέρω ανάλυσης. Αρχικά, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες που μας παρέχονται από την Ε.Μ.Υ. , μπορούμε να προσεγγίσουμε ακριβέστερα, τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης της οικίας. Επιπλέον, θεωρούμε, πως ανάγκη κλιματισμού απαντάται, όταν:
 - ✓ Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C) < 15 °C, τότε υπάρχει ανάγκη για θέρμανση.
 - ✓ Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C) > 25 °C, τότε υπάρχει ανάγκη για ψύξη.

Να σημειωθεί, πως επειδή η Μ.Μ.Θ. του Σεπτεμβρίου, είναι πολύ κοντά στο παραπάνω όριο, θεωρούμε πως υπάρχει απαίτηση για κλιματισμό του χώρου.

Έτσι, σύμφωνα μ' αυτά τα στοιχεία, καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα, όσον αφορά του μήνες όπου υπάρχει ανάγκη κλιματισμού της οικίας, τα οποία συνοψίζονται στο Πίνακα 3 που ακολουθεί:

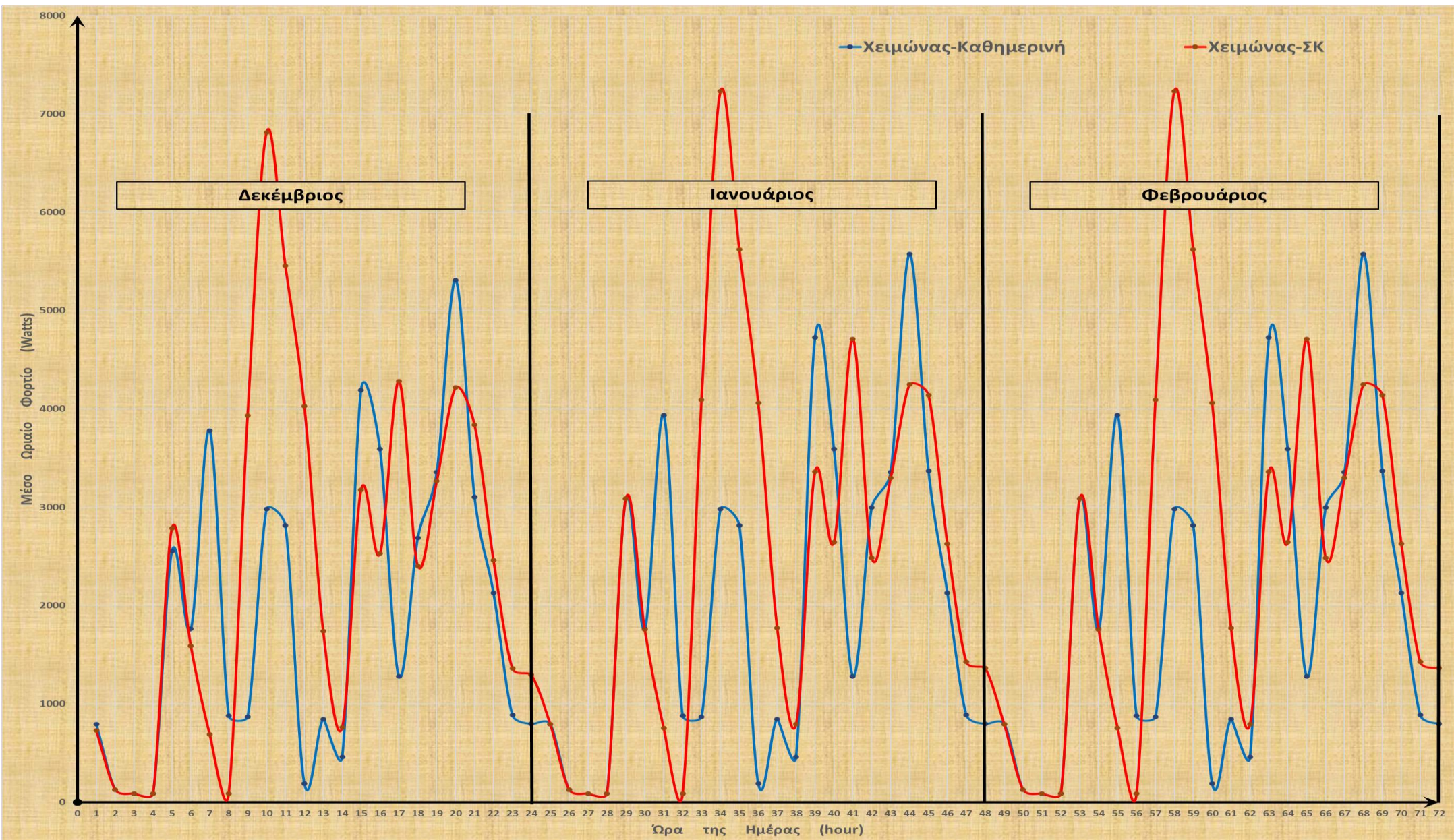
Μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	10.3 °C	10.6 °C	12.4 °C	16.1 °C	20.9 °C	25.6 °C	28.3 °C	28.2 °C	24.3 °C	19.6 °C	15.4 °C	11.9 °C
Ανάγκη Κλιματισμού	Θ	Θ	Θ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Θ

Πίνακας 3. Μηνιαία Ανάγκη Χρήση Κλιματισμού

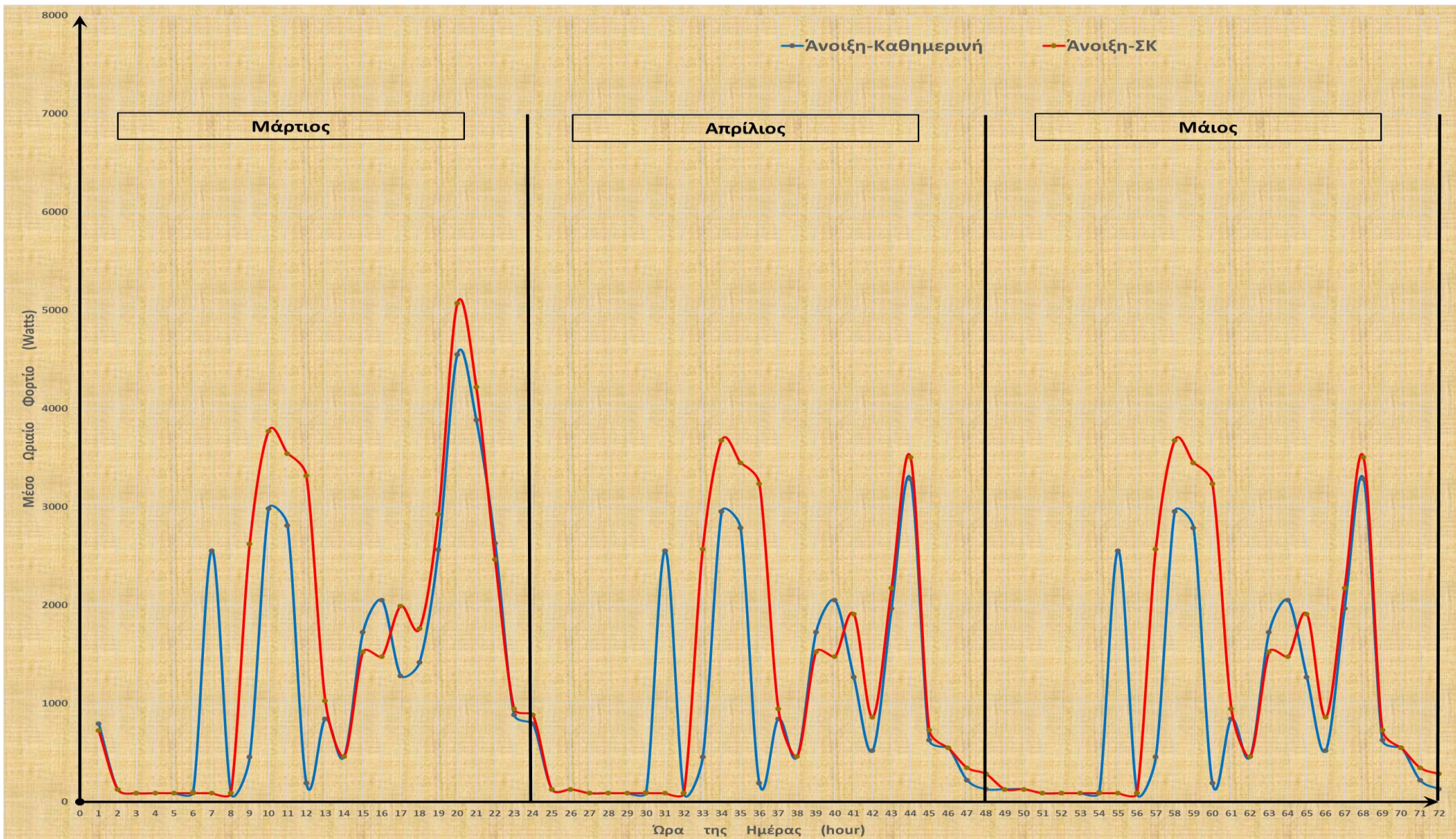
Επίσης ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν μας στους υπολογισμούς μας, είναι η λειτουργία inverter των κλιματιστικών. Όπου, όπως αναλύσαμε σε προηγούμενη παράγραφο, τα συγκεκριμένου τύπου κλιματιστικά, συμβάλουν στην οικονομία καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, αφού ουσιαστικά όταν η θερμοκρασία του χώρου πλησιάζει ή είναι η ιδανική, αυτά μπορούν να ρυθμίζουν ανάλογα την ισχύ τους, κρατώντας παράλληλα τη θερμοκρασία του χώρου στο επιθυμητό, για το χρήστη, επίπεδο. Έτσι, προσπαθήσαμε να προσομοιώσουμε τη κλιμακωτή αυτή κατανάλωση στους υπολογισμούς μας, όπως θα παρατηρήσουμε και παρακάτω. Τέλος, θεωρήσαμε πως η ανάγκες θέρμανσης εντείνονται κατά τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες όπου παρατηρούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις μεσημερινές. Ενώ όσον αφορά τη ψύξη, επιβεβλημένη κρίνεται η ανάγκη κλιματιστικού τις μεσημεριανές, όπου η θερμοκρασία αγγίζει τις υψηλότερες τιμές της κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως επίσης και οι βραδινές, παρόλο που σημειώνεται μερική πτώση της θερμοκρασίας. Τέλος, να αναφέρουμε, πως παράγοντες όπως η σχετικά μέτριας ικανότητας μόνωση που απαντάτε σε μία τυπική οικία, αλλά και οι συνήθειες της οικογένειας οι οποίες μεταβάλλονται τα σαββατοκύριακα σε σχέση με τις καθημερινές, προσμετρώνται και διαμορφώνουν ανάλογα το καταναλωτικό προφίλ.

Εν τέλει, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις παραπάνω θεωρήσεις αλλά και δεδομένα, είμαστε πλέον σε θέση να κάνουμε την απαραίτητη επεξεργασία και να κατασκευάσουμε τα απαιτούμενα, για τη καλύτερη απεικόνιση του καταναλωτικού προφίλ της οικίας, διαγράμματα

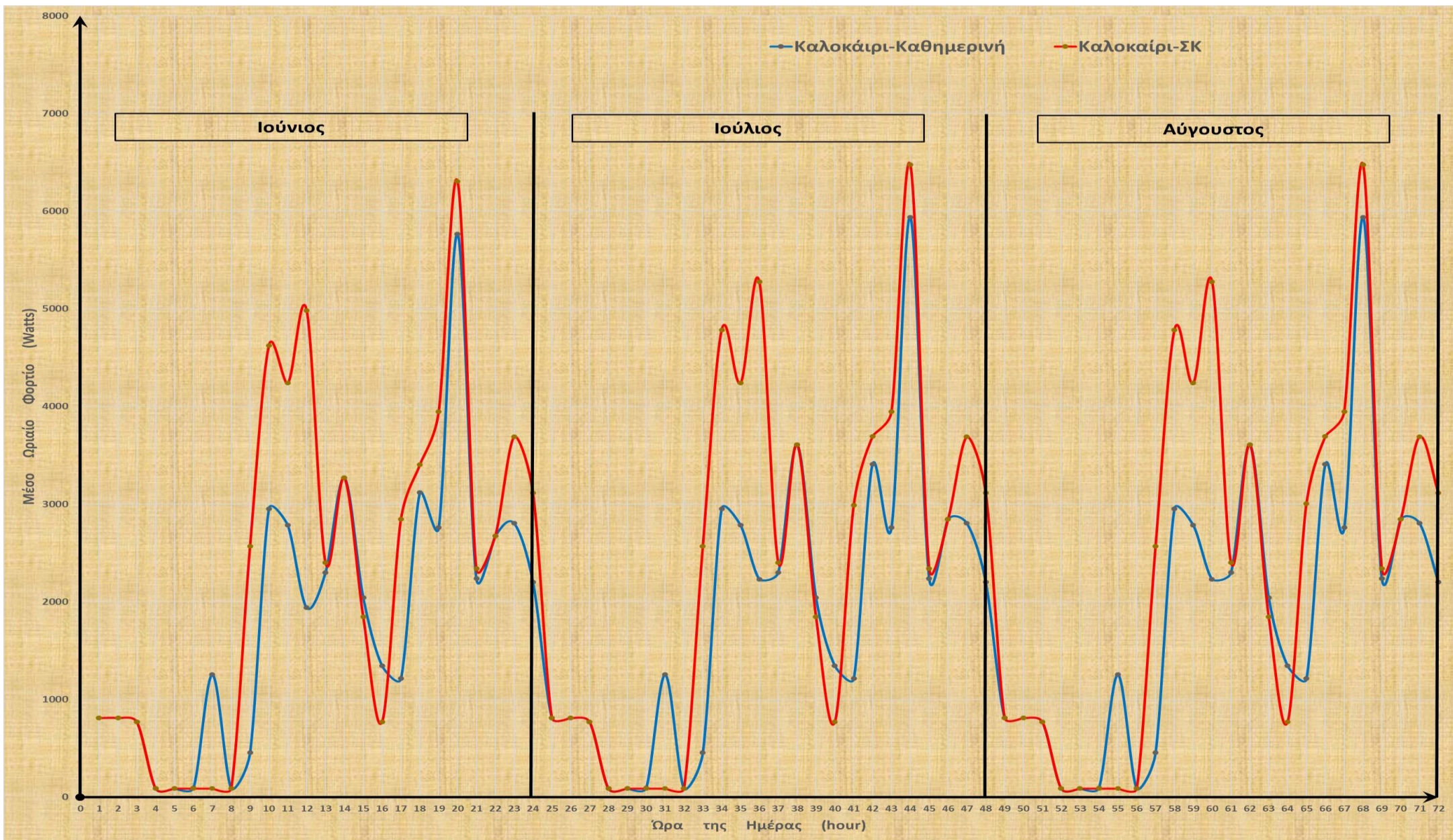
Έτσι, αρχικά επιλέξαμε να παρουσιάσουμε σε διάγραμμα, τη διακύμανση του μέσου ωριαίου φορτίου, τόσο μια καθημερινής όσο και ενός σαββατοκύριακο, ώστε να απεικονιστούν με τον πλέον παραστατικό τρόπο, οι σημαντικές διαφοροποιήσεις που προκύπτουν στο καταναλωτικό προφίλ. Αυτές, ενδέχεται να παρουσιαστούν λόγω των διαφορετικών συνηθειών και υποχρεώσεων των μελών της οικογένειας, αναλόγως αν είναι μία καθημερινή ημέρα ή μία ημέρα του σαββατοκύριακου. Ακόμη, δύναται να υπάρξουν διαφοροποιήσεις, από μήνα σε μήνα, κυρίως λόγω της διαφορετικής ανάγκης κλιματισμού του χώρου, όπως εξηγήσαμε και προηγουμένως. Οπότε, αρχικά, θεωρήσαμε σωστό, να διαχωρίσουμε τα διαγράμματα, ανάλογα με την εποχή που ανήκει ο κάθε μήνας, ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες συγκρίσεις.



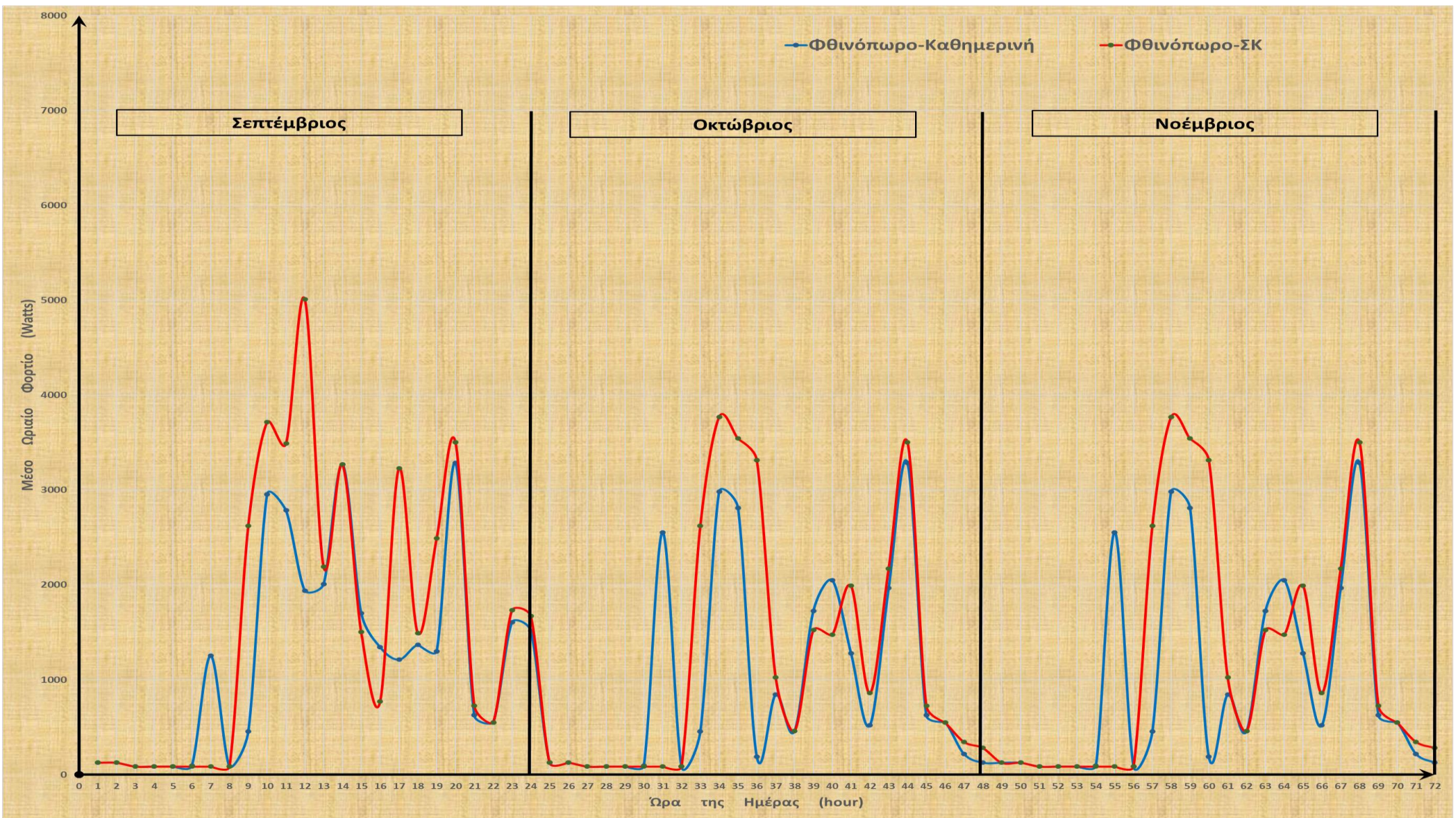
Διάγραμμα 1. Μέσο Ωριαίο Χειμερινό Φορτίο



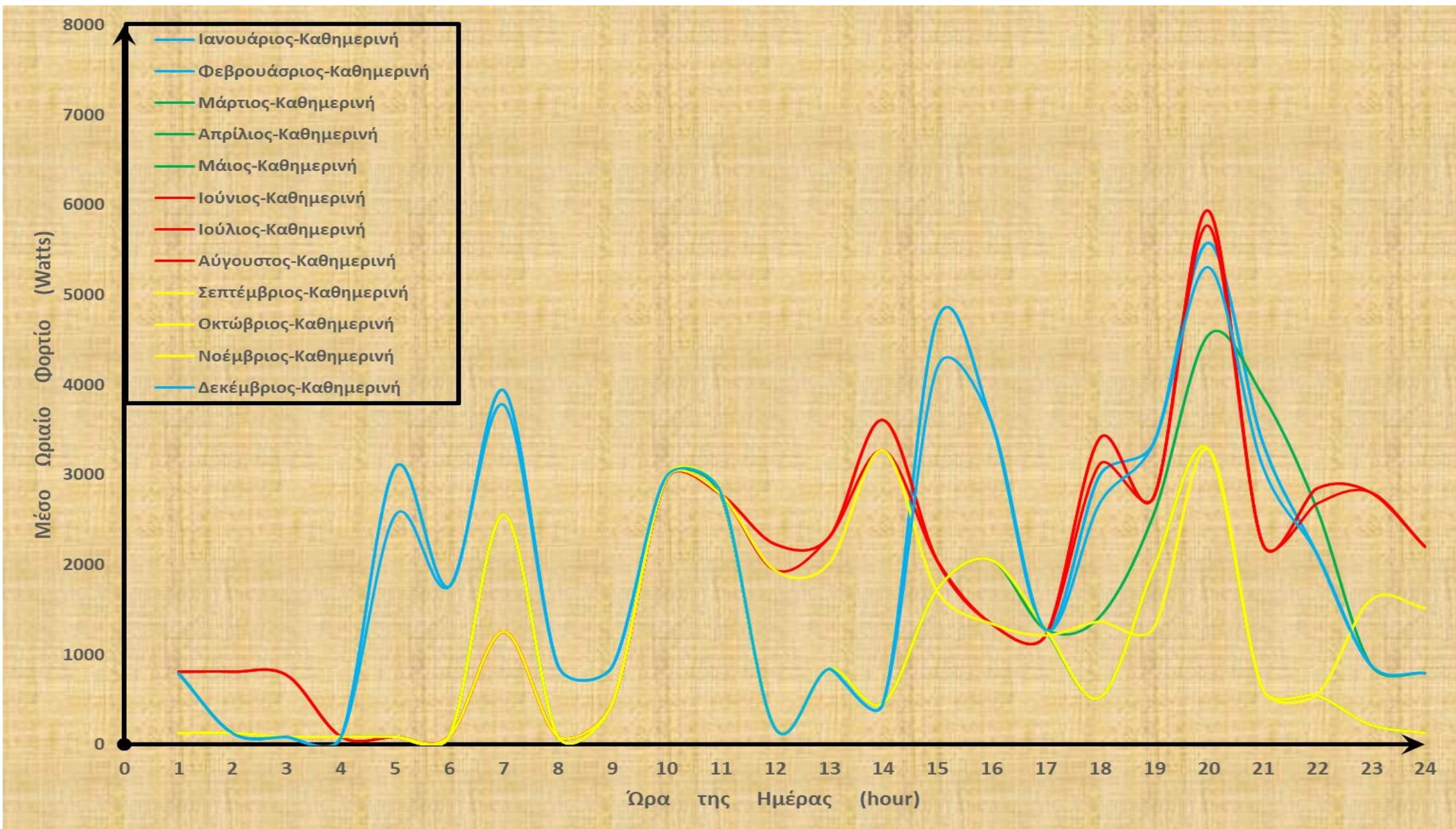
Διάγραμμα 2. Μέσο Ωριαίο Ανοιξιάτικο Φορτίο



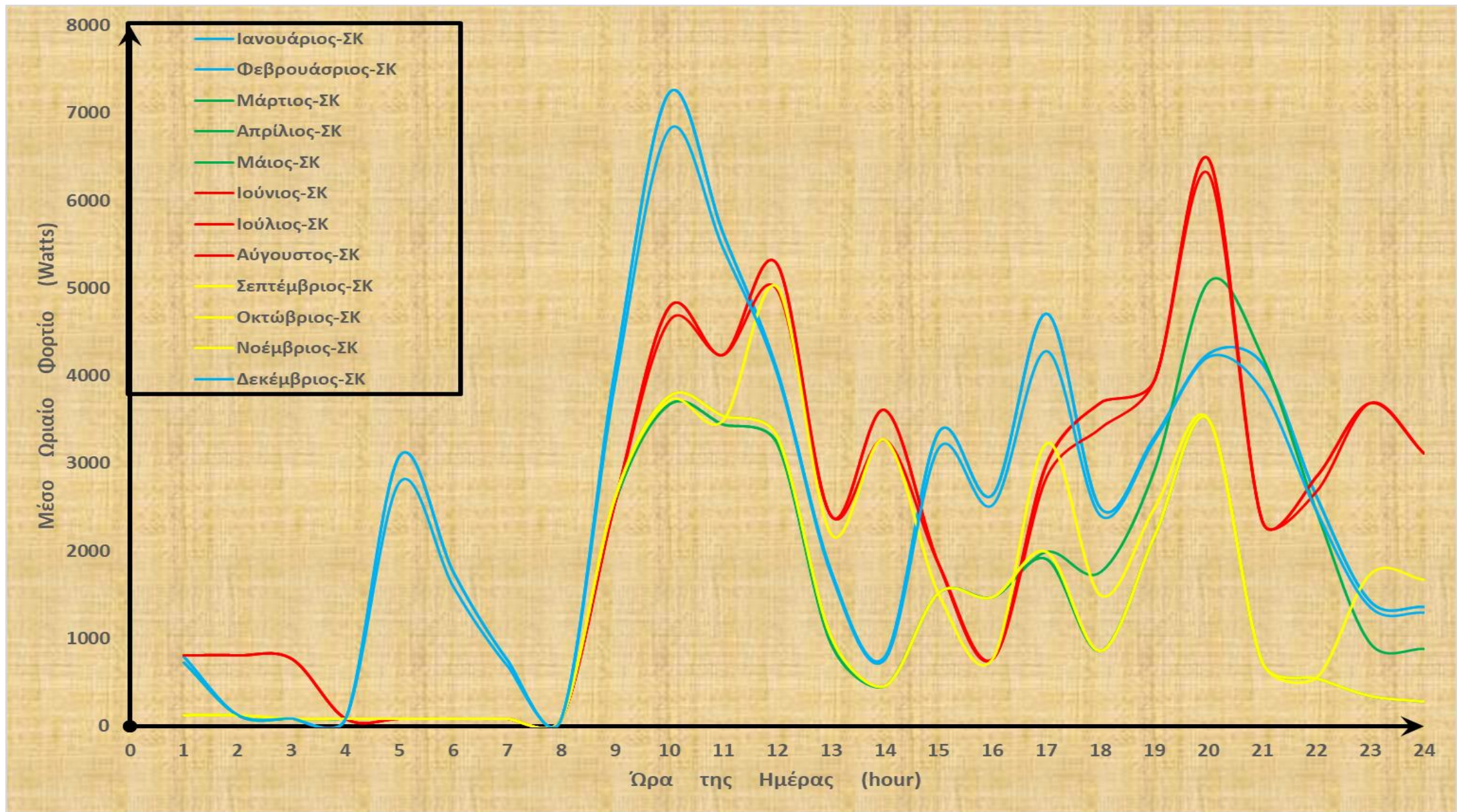
Διάγραμμα 3. Μέσο Ωριαίο Θερινό Φορτίο



Διάγραμμα 4. Μέσο Ωριαίο Φθινοπωρινό Φορτίο



Διάγραμμα 5. Μέσο Ωριαίο Φορτίο Καθημερινής



Διάγραμμα 6. Μέσο Ωριαίο Φορτίο Σαββατοκύριακου

Τα παραπάνω διαγράμματα, παρουσιάζουν τα αναμενόμενα, από της υποθέσεις μας, αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε εποχή του έτους, μπορούμε να κάνουμε τα εξής σχόλια:

- **Χειμώνας:** Όπως αναμενόταν, η συγκεκριμένη χρονική περίοδος, παρουσιάζει αυξημένο μέσο ωριαίο φορτίο, ιδιαίτερα τις ώρες κατά τις οποίες γίνεται η χρήση κλιματιστικού για τη θέρμανση των χώρων. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε:
 - **Καθημερινές:** Κατακόρυφη αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται από τις πρώτες μεσημβρινές έως τις βραδινές ώρες (14:00μμ – 21:00μμ), αλλά και πρώτες πρωινές ώρες (6:00πμ – 7:00πμ), όπου γίνεται εκτενής χρήση των κλιματιστικών. Εξαιρέση, αποτελεί το μεσοδιάστημα (15:00μμ – 17:00μμ), όπου η μειωμένη ανθρώπινη παρουσία, οδηγεί σε σύντομη ελάττωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές και πτωτική πορεία του φορτίου, εντοπίζεται τις βραδινές ώρες, όπου η μειωμένη ανθρώπινη κινητικότητα εντός της οικίας, συνηγορεί στην ελάττωση της κατανάλωσης. Εξαιρέση, αποτελεί το μεσοδιάστημα (9:00πμ – 11:00πμ), όπου εντοπίζεται αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, λόγω της χρήσης ηλεκτρικής κουζίνας, η οποία αποτελεί μία από τις πιο ενεργοβόρες συσκευές, εντός οικίας. Τέλος, παρατηρούνται και οι ωριαίες ελάχιστες τιμές κατά το μεσοδιάστημα (12:00πμ – 14:00μμ), λόγω απουσίας ανάγκης για θέρμανση, αλλά και μειωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας, που να απαιτεί χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.
 - **Σαββατοκύριακο:** Κατακόρυφη αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται το μεσοδιάστημα (8:00πμ – 12:00πμ), λόγω της ταυτόχρονης χρήσης κλιματιστικού και ηλεκτρικής κουζίνας, των δύο εκ των πιο ενεργοβόρων δηλαδή ηλεκτρικών συσκευών, αλλά και τις αυξημένης ανθρώπινης παρουσίας, λόγω απουσίας υποχρεώσεων εκτός οικίας. Έτσι, αυτές τις ώρες παρατηρείται και μέγιστη τιμή, μέσου ωριαίου φορτίου. Ενώ αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται και από τις πρώτες μεσημβρινές έως τις βραδινές ώρες (14:00μμ – 20:00μμ), παρόλο που σημειώνονται κάποιες αυξομειώσεις του μέσου ωριαίου φορτίου, λόγω της ποικίλης ανθρώπινης δραστηριότητας. Ακόμη, μία αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας παρατηρείται τις πρώτες πρωινές ώρες (4:00πμ – 6:00πμ), λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας που απαντάται τις ώρες αυτές, όπου γίνεται εκτενής χρήση των κλιματιστικών. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές και πτωτική πορεία του φορτίου, εντοπίζεται τις πρωινές ώρες (6:00πμ – 8:00πμ), λόγω παράτασης του χρονικού ωραρίου ξεκούρασης των μελών της οικογένειας, ελλείψει πρωινής δραστηριότητας, που να επιβάλλει το αντίθετο. Ενώ, πτωτική είναι και πάλι η μέση ωριαία διακύμανση του φορτίου, κατά το μεσοδιάστημα (12:00πμ – 14:00μμ), λόγω απουσίας ανάγκης για θέρμανση, αλλά και μειωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας, που να απαιτεί χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, αφού πιθανόν τα μέλη να έχουν προσωρινά αποχωρήσει από την οικία.

	Ιανουάριος		Φεβρουάριος		Δεκέμβριος	
	Καθημερινή	ΣΚ	Καθημερινή	ΣΚ	Καθημερινή	ΣΚ
Μέγιστο (Wh)	5576	7230	5576	7230	5309	6813
Ελάχιστο (Wh)	87	87	87	87	87	87
Μέσο (Wh)	1984	2527	1984	2527	1898	2405
Άθροισμα (Wh)	47622	60641	47622	60641	45555	57724

Πίνακας 4. Συνοπτικά Στοιχεία Χειμερινού Καταναλωτικού Προφίλ Οικίας

- **Άνοιξη:** Στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, παρατηρούμε υψηλές τιμές μέσω ωριαίων φορτίων, κυρίως κάποιες ώρες του Μαρτίου, λόγω της ανάγκης για θέρμανση. Ενώ τους υπόλοιπους μήνες, αυτής της χρονικής περιόδου, παρατηρούνται χαμηλότερα φορτία, αφού πλέον δεν υπάρχει ανάγκη για κλιματισμό του χώρου. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε:
- **Καθημερινές:** Κατακόρυφη αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, αλλά και μέγιστη τιμή μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται, το μήνα Μάρτη, και συγκεκριμένα από τις πρώτες μεσημβρινές έως τις βραδινές ώρες (14:00μμ – 21:00μμ), όπου γίνεται εκτενής χρήση των κλιματιστικών. Ενώ, απότομη αύξηση, σε μικρότερα πλαίσια, εντοπίζεται τις πρώτες πρωινές ώρες (6:00πμ – 7:00πμ), όπου η οικογένεια ετοιμάζεται για τις υποχρεώσεις τις, εντείνοντας τη χρήση συσκευών κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές και πτωτική πορεία του φορτίου, εντοπίζεται τις πρωινές ώρες (10:00πμ – 12:00πμ), όπου τα περισσότερα μέλη, απουσιάζουν από την οικία, λόγω υποχρεώσεων εκτός αυτής. Εξαιρέση, αποτελεί το μεσοδιάστημα (9:00πμ – 10:00πμ), όπου εντοπίζεται αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, λόγω και της χρήσης ηλεκτρικής κουζίνας, η οποία αποτελεί μία από τις πιο ενεργοβόρες συσκευές, εντός οικίας. Τέλος, παρατηρούνται και οι ωριαίες ελάχιστες τιμές κατά το μεσοδιάστημα (12:00πμ – 14:00μμ), λόγω απουσίας ανάγκης για θέρμανση, αλλά και μειωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας, που να απαιτεί χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπρόσθετα, παρατηρούμε μικρότερες διακυμάνσεις στις ωριαίες τιμές του μέσου φορτίου, τους μήνες, όπου η ανάγκη για κλιματισμό δεν είναι πλέον επιβεβλημένη.
 - **Σαββατοκύριακο:** Κατακόρυφη αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, αλλά και μέγιστη τιμή μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται, το μήνα Μάρτη, και συγκεκριμένα από τις πρώτες μεσημβρινές έως τις βραδινές ώρες (14:00μμ – 21:00μμ), όπου γίνεται εκτενής χρήση των κλιματιστικών. Γεγονός, που συμφωνεί, με το ανάλογο χρονικό διάστημα, μίας τυπικής καθημερινής. Ενώ αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται το μεσοδιάστημα (8:00μμ – 10:00μμ), όπου η οικογένεια ξεκινάει την ημέρα της. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές και πτωτική πορεία του φορτίου, εντοπίζεται τις πρώτες πρωινές ώρες (2:00πμ – 8:00πμ), λόγω παράτασης του χρονικού ωραρίου ξεκούρασης των μελών της οικογένειας, ελλείψει πρωινής δραστηριότητας, που να επιβάλλει το αντίθετο, αλλά και απουσία ανάγκης κλιματισμού του χώρου. Επίσης, πτωτική δύναται να χαρακτηριστεί και πάλι η μέση ωριαία διακύμανση του φορτίου, κατά το μεσοδιάστημα (12:00πμ – 14:00μμ), λόγω απουσίας ανάγκης για κλιματισμό, αλλά και μειωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας, που να απαιτεί χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, αφού πιθανόν τα μέλη να έχουν προσωρινά αποχωρήσει από την οικία.

Άνοιξη						
	Απρίλιος		Μάιος		Μάρτιος	
	Καθημερινή	ΣΚ	Καθημερινή	ΣΚ	Καθημερινή	ΣΚ
Μέγιστο (Wh)	3284	3676	3284	3676	4551	5071
Ελάχιστο (Wh)	87	87	87	87	87	87
Μέσο (Wh)	970	1186	970	1186	1394	1641
Άθροισμα (Wh)	23275	28466	23275	28466	33448	39376

Πίνακας 5. Συνοπτικά Στοιχεία Άνοιξιάτικου Καταναλωτικού Προφίλ Οικίας

- **Καλοκαίρι:** Όπως αναμενόταν, η συγκεκριμένη χρονική περίοδος, παρουσιάζει αυξημένο μέσο ωριαίο φορτίο, ιδιαίτερα τις ώρες κατά τις οποίες γίνεται η χρήση κλιματιστικού για τη ψύξη των χώρων. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε:
- **Καθημερινές:** Κατακόρυφη αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται από τις πρώτες απογευματινές έως τις βραδινές ώρες (16:00μμ – 21:00μμ), όπου γίνεται εκτενής χρήση των κλιματιστικών. Όπου να σημειώσουμε, ότι με το πέρασ αυτού του διαστήματος, παρατηρείται μείωση του μέσου ωριαίου φορτίου, αφού τόσο η πτώση της θερμοκρασίας κατά τις βραδινές ώρες, όσο και η χρήση τεχνολογίας inverter στα κλιματιστικά, συνηγορούν στην μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας από αυτά. Ενώ, τις πρώτες πρωινές ώρες (6:00πμ – 7:00πμ), παρατηρείται ακόμη μία αυξητική τάση του μέσου ωριαίου φορτίου, αφού η οικογένεια, εκείνο το χρονικό διάστημα προετοιμάζεται για τις υποχρεώσεις της, εκτός οικίας. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές και πτωτική πορεία του φορτίου, εντοπίζεται τις πρωινές ώρες (10:00πμ – 12:00πμ), όπου τα περισσότερα μέλη, απουσιάζουν από την οικία, λόγω υποχρεώσεων εκτός αυτής. Εξάίρεση, αποτελεί το μεσοδιάστημα (8:00πμ – 10:00πμ), όπου εντοπίζεται αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, λόγω και της χρήσης ηλεκτρικής κουζίνας, η οποία αποτελεί μία από τις πιο ενεργοβόρες συσκευές, εντός οικίας. Τέλος, παρατηρούνται ανάλογη πτωτική πορεία του φορτίου, κατά το μεσοδιάστημα (14:00μμ – 17:00μμ), λόγω και μειωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας, που να απαιτεί χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.
 - **Σαββατοκύριακο:** Κατακόρυφη αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται το μεσοδιάστημα (8:00πμ – 12:00πμ), λόγω της ταυτόχρονης χρήσης κλιματιστικού και ηλεκτρικής κουζίνας, των δύο εκ των πιο ενεργοβόρων δηλαδή ηλεκτρικών συσκευών, αλλά και τις αυξημένης ανθρώπινης παρουσίας, λόγω απουσίας υποχρεώσεων εκτός οικίας. Ενώ αύξηση, εξίσου μεγάλης εμβέλειας, του μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται και από τις πρώτες απογευματινές έως τις βραδινές ώρες (16:00μμ – 20:00μμ), όπου γίνεται εκτενής χρήση των κλιματιστικών. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές και πτωτική πορεία του φορτίου, εντοπίζεται τις πρώτες πρωινές ώρες (4:00πμ – 8:00πμ), λόγω παράτασης του χρονικού ωραρίου ξεκούρασης των μελών της οικογένειας, ελλείπει πρωινή δραστηριότητας, που να επιβάλλει το αντίθετο, ενώ όπως αναφέραμε και παραπάνω, είναι μειωμένες και οι ανάγκες κλιματισμού. Ακόμα, πτωτική είναι και πάλι η μέση ωριαία διακύμανση του φορτίου, κατά το μεσοδιάστημα (14:00μμ – 16:00μμ), λόγω και μειωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας, που να απαιτεί χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, αφού πιθανόν τα μέλη, να έχουν προσωρινά αποχωρήσει από την οικία.

	Ιούλιος		Αύγουστος		Ιούνιος	
	Καθημερινή	ΣΚ	Καθημερινή	ΣΚ	Καθημερινή	ΣΚ
Μέγιστο (Wh)	5938	6475	5938	6475	5768	6305
Ελάχιστο (Wh)	87	87	87	87	87	87
Μέσο (Wh)	1881	2393	1881	2393	1828	2327
Άθροισμα (Wh)	45135	57422	45135	57436	43868	55852

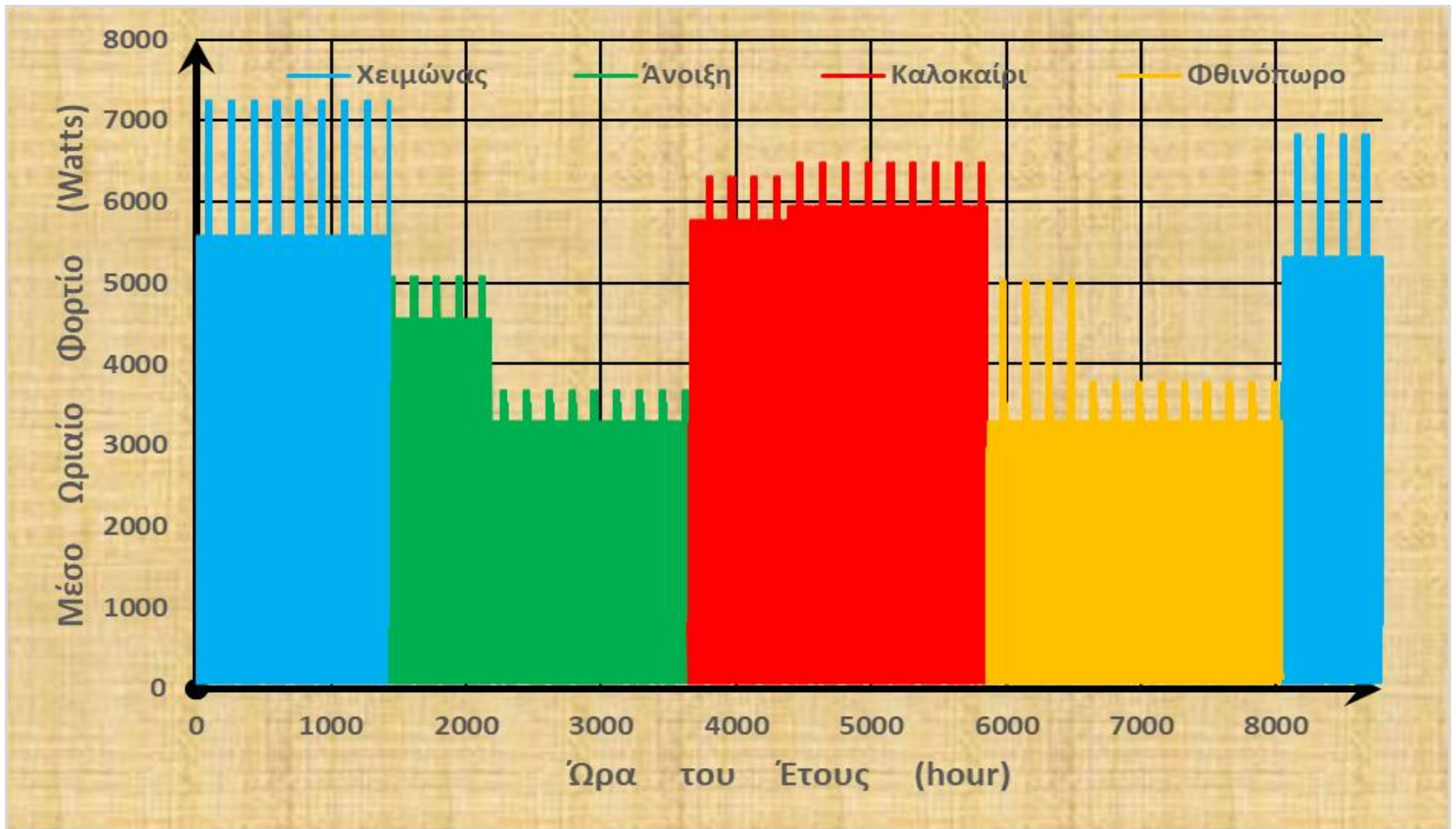
Πίνακας 6. Συνοπτικά Στοιχεία Θερινού Καταναλωτικού Προφίλ Οικίας

➤ **Φθινόπωρο:** Στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, παρατηρούμε υψηλές τιμές μέσω ωριαίων φορτίων, κυρίως κάποιες ώρες του Σεπτεμβρίου, λόγω της ανάγκης για ψύξη. Ενώ τους υπόλοιπους μήνες, αυτής της χρονικής περιόδου, παρατηρούνται χαμηλότερα φορτία, αφού πλέον δεν υπάρχει ανάγκη για κλιματισμό του χώρου. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε:

- **Καθημερινές:** Κατακόρυφη αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, αλλά και μέγιστη τιμή μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται, το μήνα Μάρτη, και συγκεκριμένα από τις πρώτες μεσημβρινές έως τις βραδινές ώρες (19:00μμ – 21:00μμ), όπου γίνεται εκτενής χρήση των κλιματιστικών. Ενώ, απότομη αύξηση, σε μικρότερα πλαίσια, εντοπίζεται τις πρώτες πρωινές ώρες (6:00πμ – 7:00πμ), όπου η οικογένεια ετοιμάζεται για τις υποχρεώσεις τις, εντείνοντας τη χρήση συσκευών κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμη, αυξητική είναι και η τάση του καταναλωτικού προφίλ τις πρωινές ώρες (8:00πμ – 10:00πμ), όπου εντοπίζεται αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, λόγω και της χρήσης ηλεκτρικής κουζίνας, η οποία αποτελεί μία από τις πιο ενεργοβόρες συσκευές, εντός οικίας. Αντίθετα, πτωτική πορεία του φορτίου, εντοπίζεται τις πρωινές ώρες (15:00μμ – 19:00μμ), όπου τα περισσότερα μέλη, απουσιάζουν από την οικία, λόγω υποχρεώσεων εκτός αυτής. Τέλος, παρατηρούνται και οι ωριαίες ελάχιστες τιμές κατά το μεσοδιάστημα (20:00μμ – 22:00μμ), λόγω απουσίας ανάγκης για ψύξη, αλλά και μειωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας, που να απαιτεί χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπρόσθετα, παρατηρούμε μικρότερες διακυμάνσεις στις ωριαίες τιμές του μέσου φορτίου, τους μήνες, όπου η ανάγκη για κλιματισμό δεν είναι πλέον επιβεβλημένη.
- **Σαββατοκύριακο:** Κατακόρυφη αύξηση του μέσου ωριαίου φορτίου, αλλά και μέγιστη τιμή μέσου ωριαίου φορτίου, παρατηρείται, το μήνα Σεπτέμβρη, και συγκεκριμένα από τις πρωινές ώρες, όταν και η οικογένεια ξεκινάει την ημέρα της (8:00πμ – 12:00πμ), όπου γίνεται εκτενής χρήση των κλιματιστικών, συγχρόνως με την αυξημένη ανθρώπινη κινητικότητα εντός οικίας, ελλείπει υποχρεώσεων εκτός αυτής. Ενώ, αυτό το διάστημα γίνεται και χρήση της ηλεκτρικής κουζίνας. Γεγονός, που συμφωνεί, με το ανάλογο χρονικό διάστημα, μίας τυπικής καθημερινής, το οποία εκτείνεται, βέβαια, σε μικρότερη κλίμακα, λόγω της μειωμένης ανθρώπινης παρουσίας εντός οικίας. Αντίθετα, οι χαμηλότερες τιμές και πτωτική πορεία του φορτίου, εντοπίζεται τις πρώτες πρωινές ώρες (2:00πμ – 8:00πμ), λόγω παράτασης του χρονικού ωραρίου ξεκούρασης των μελών της οικογένειας, ελλείπει πρωινής δραστηριότητας, που να επιβάλλει το αντίθετο, αλλά και απουσία ανάγκης κλιματισμού του χώρου. Επίσης, πτωτική δύναται να χαρακτηριστεί και πάλι η μέση ωριαία διακύμανση του φορτίου, κατά το μεσοδιάστημα (14:00μμ – 16:00μμ) αλλά και τις βραδινές (20:00μμ – 22:00μμ), λόγω απουσίας ανάγκης για κλιματισμό, αλλά και μειωμένης ανθρώπινης δραστηριότητας, που να απαιτεί χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, αφού πιθανόν τα μέλη να έχουν προσωρινά αποχωρήσει από την οικία.

	Οκτώμβριος		Νοέμβριος		Σεπτέμβριος	
	Καθημερινή	ΣΚ	Καθημερινή	ΣΚ	Καθημερινή	ΣΚ
Μέγιστο (Wh)	3284	3772	3284	3772	3284	5012
Ελάχιστο (Wh)	87	87	87	87	87	87
Μέσο (Wh)	973	1206	973	1206	1245	1615
Άθροισμα (Wh)	23345	28956	23345	28956	29876	38758

Πίνακας 7. Συνοπτικά Στοιχεία Φθινοπωρινού Καταναλωτικού Προφίλ Οικίας



Εικόνα 26. Μέσο Ετήσιο Ωριαίο Φορτίο Ζήτησης Οικίας



Διάγραμμα 7 . Αθροιστική Πιθανότητα Εμφάνισης Ωριαίου Φορτίου

Παρατηρώντας το παραπάνω Διάγραμμα 7, όπου περιγράφεται η ετήσια αθροιστική πιθανότητα εμφάνισης φορτίων, μπορούμε να κάνουμε ένα εξής βασικό σχόλιο σχετικά με την επιβάρυνση που δέχεται η ηλεκτρική εγκατάσταση της οικίας, από τα μέγιστα φορτία που εντοπίζονται, σε σχέση με τη συχνότητα εμφάνισης τους. Έτσι, μέσα στο έτος, παρατηρούμε, πως φορτία μεγαλύτερα των 5.300W, απαντώνται με συχνότητα εμφάνισης στο ημερολογιακό έτος, μικρότερη του 2%, επιβαρύνοντας έτσι τις απαιτήσεις του δικτύου μας, σε βαθμό, αντιστρόφως ανάλογο της συχνότητας εμφάνισης τους. Αντίθετα, παρατηρούνται φορτία κοντά στα 3.500W, όπου η συχνότητα εμφάνισης τους είναι μεγαλύτερη του 10%, και πιθανόν η συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος, χρήζει ‘λείανσης’ σε συγκεκριμένες περιόδους του χρόνου, ώστε να αποφεύγετε μια κάποια συμφόρηση. Τέλος, φορτία κοντά στα 1.200W, εμφανίζουν αθροιστική πιθανότητα μεγαλύτερη του 50%, μην αφήνοντας περιθώρια για τροποποιήσεις στη συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος.

Τέλος, θεωρήθηκε απαραίτητο, να παραθέσουμε σε μορφή πίνακα, τα κρίσιμα μεγέθη του ετήσιου καταναλωτικού προφίλ, μίας μέσης 4μελούς οικογένειας, όπως αυτό διαμορφώθηκε με τις παραδοχές και τις θεωρήσεις που θέσαμε, εξυπηρετώντας τους σκοπούς, της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Σύνολο (kWh)	14116
Μέγιστο (kWh)	7,23
Ελάχιστο (kWh)	0,09
Μέσο (kWh)	1,61

Πίνακας 8. Συνοπτικά Στοιχεία Ετήσιου Φορτίου Ζήτησης Οικίας

Εν κατακλείδι, ένα τελευταίο σχόλιο, που επιβάλλεται να παραθέσουμε, είναι σχετικά με το μέγεθος του ετήσιου συνολικού φορτίου, το οποίο είναι αρκετά μεγαλύτερο από ενός τυπικού οικιακού, ελλοχεύοντας έτσι, ο κίνδυνος της υπερδιαστασιολόγησης. Η οποία υπάρχει, με την καλώς εννοούμενη μορφή της, και είναι αναμενόμενη, εφόσον εξυπηρετεί τους σκοπούς της εργασίας μας, για μια πλήρως εξαρτώμενη οικία, από ηλεκτρική, και μόνο, παρεχόμενη ενέργεια.

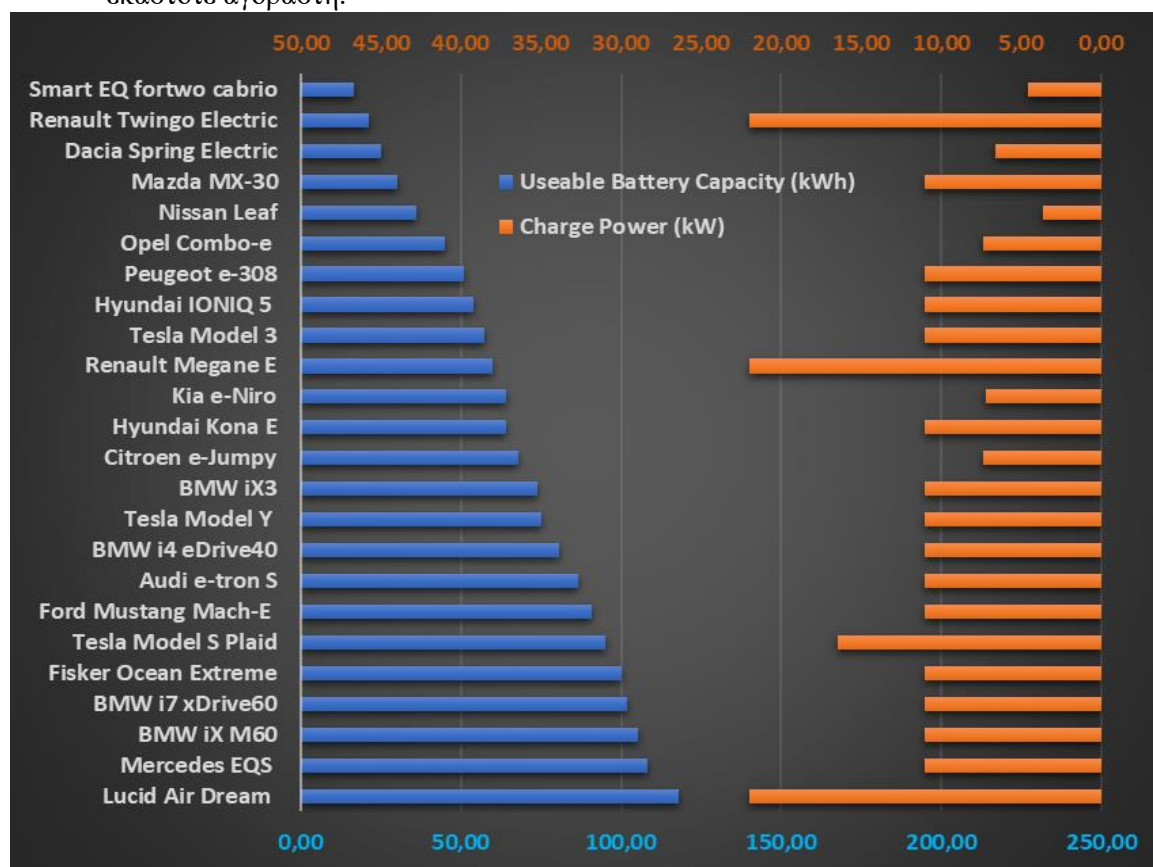
5 Ηλεκτρικό Όχημα

5.1 Κριτήρια Επιλογής

Στο σημείο αυτό, καλούμαστε να επιλέξουμε από μία ευρεία γκάμα, εμπορικών μοντέλων, εκείνα τα οποία εξυπηρετούν καλύτερα, τους σκοπούς εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Έτσι, είναι επιβεβλημένη η ανάγκη θέσπισης κριτηρίων, τα οποία θα διαφοροποιούν τα ηλεκτρικά οχήματα, σε τέτοιο βαθμό, ώστε με τη κατάλληλη επεξεργασία, να μπορέσουν να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα

Όπως θα δούμε και παρακάτω, κατά την επεξεργασία των δεδομένων μας, σημαίνοντα ρόλο, θα διαδραματίσει η στάθμη της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος, τόσο όσον αφορά την εν γένη κατανάλωση του οχήματος για να καλύψει τις απαραίτητες αποστάσεις, όσο και για την συνεργασία του με το δίκτυο οικίας – Α.Π.Ε. , όπως θα αναλύσουμε παρακάτω. Έτσι, τα δύο βασικά χαρακτηριστικά, τα οποία θα καθορίσουν την επιλογή ηλεκτρικών οχημάτων, για την εξυπηρέτηση του σκοπού της εργασίας μας, είναι τα ακόλουθα:

- **Χωρητικότητα Μπαταρίας EV (kWh):** Το μέγεθος αυτό, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό, την αυτονομία την οποία δύναται να διαθέτει το, εκάστοτε, ηλεκτρικό όχημα. Αποτελεί έτσι, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά, το οποίο κατηγοριοποιεί, αλλά και διαμορφώνει εν πολλύς, τη κοστολόγηση του εκάστοτε εμπορικού μοντέλου, αποτελώντας, το ακριβότερο, αλλά και βαρύτερο, εξάρτημα αυτού.
- **Ισχύς Φόρτισης (kW):** Ένα ακόμη βασικό χαρακτηριστικό αποτελεί η μέγιστη, ωριαία επιτρεπόμενη ισχύς φόρτισης, η οποία σε συνδυασμό με την χρησιμοποιούμενη, ενεργειακή χωρητικότητα της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος, μπορεί να αποτελέσει βασικότατο κριτήριο, για την εν τέλει επιλογή του εκάστοτε αγοραστή.



Εικόνα 27. Χαρακτηριστικά Ηλεκτρικών Οχημάτων(43)

5.1.1 Smart EQ ForFour

Πρόκειται ουσιαστικά, για ένα μικρό αμάξι πόλης, το οποίο ανήκει στην κατηγορία των super mini, που όμως δύναται να μεταφέρει μια τετραμελή οικογένεια, σχετικά άνετα στον εκάστοτε προορισμό της. Βέβαια, για να καταφέρει να αυξήσει τον εσωτερικό χώρο, ώστε να χωρέσει παραπάνω επιβάτες, σε σχέση με τον ηλεκτρικό προκάτοχο του, Smart EQ ForTwo, η κατασκευάστρια εταιρία, αναγκάστηκε να μειώσει τον διαθέσιμο χώρο για τη μπαταρία. Έτσι, σαν αποτέλεσμα, το συγκεκριμένο όχημα, δύναται να προσφέρει, μικρότερη αυτονομία, αλλά και επιδόσεις, σε σχέση με τον ανταγωνισμό του, αλλά αρκετά ανταγωνιστικό κόστος αγοράς. Πιο συγκεκριμένα, τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, επισυνάπτονται ακολούθως.



Εικόνα 28. Smart EQ ForFour(44)

Μπαταρία και Φόρτιση			Απόδοση		
Χωρητικότητα Μπαταρίας (kWh)		17,6	Επιτάχυνση 0 - 100 km/h (sec)		12.7
Πραγματική Χωρητ. Μπατ. (kWh)		16,7	Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)		130
Wallbox (AC)	Ισχύς Φόρτισης (kW)	4,6	Αυτονομία (km)		95
	Χρόνος Φόρτισης (h)	4,5	Ισχύς Ηλεκτροκινητήρα (kW)		60
Πραγματική Καταναλισκόμενη Ενέργεια					
Χειρότερο Σενάριο			Καλύτερο Σενάριο		
Πόλη	176	(Wh/km)	Πόλη	115	(Wh/km)
Αυτοκινητόδρομος	257	(Wh/km)	Αυτοκινητόδρομος	196	(Wh/km)
Μεικτός	209	(Wh/km)	Μεικτός	152	(Wh/km)
T=-10°C & Air Condition			T=23°C & No Air Condition		
Κόστος Αγοράς (€)				19.120	

Εικόνα 29. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Smart EQ ForFour(44)

5.1.2 Nissan Leaf

Πρόκειται για ένα από τα κορυφαία εμπορικά μοντέλα στη κατηγορία του, hatchback, αλλά και ένα από τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα μαζικής παραγωγής, αλλά και ευρείας αποδοχής από το αγοραστικό κοινό. Ουσιαστικά, είναι ένα 5θέσιο όχημα, το οποίο δύναται να ικανοποιήσει τις ανάγκες μιας τετραμελούς οικογένειας, τόσο εντός, όσο και εκτός αστικού ιστού. Αφού μπορεί και συνδυάζει τόσο επιδόσεις, όσο και αυξημένη αυτονομία. Ενώ, το κόστος αγοράς του κρίνεται ως ‘value for money’, σε σχέση πάντοτε με τα υπόλοιπα μοντέλα της κατηγορίας του και τον μεταξύ τους ανταγωνισμό, σε διάφορους τομείς. Πιο συγκεκριμένα, τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, επισυνάπτονται ακολούθως.



Εικόνα 30. Nissan Leaf(45)

Μπαταρία και Φόρτιση			Απόδοση		
Χωρητικότητα Μπαταρίας (kWh)		40	Επιτάχυνση 0 - 100 km/h (sec)		7.9
Πραγματική Χωρητ. Μπατ. (kWh)		36	Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)		144
Wallbox (AC)	Ισχύς Φόρτισης (kW)	3,6	Αυτονομία (km)		235
	Χρόνος Φόρτισης (h)	11,75	Ισχύς Ηλεκτροκινητήρα (kW)		110
Πραγματική Καταναλισκόμενη Ενέργεια					
Χειρότερο Σενάριο			Καλύτερο Σενάριο		
Πόλη	167	(Wh/km)	Πόλη	111	(Wh/km)
Αυτοκινητόδρομος	232	(Wh/km)	Αυτοκινητόδρομος	180	(Wh/km)
Μεικτός	195	(Wh/km)	Μεικτός	144	(Wh/km)
T=-10°C & Air Condition			T=23°C & No Air Condition		
Κόστος Αγοράς (€)				29.990	

Εικόνα 31. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Nissan Leaf(45)

5.1.3 Kia e-Niro

Αποτελεί τη ναυαρχίδα της KIA, στην κατηγορία των πολυτελών SUV. Ουσιαστικά, πρόκειται για ένα όχημα, το οποίο δύναται να προσφέρει στο καταναλωτή, ένα πολυτελές πακέτο, που μπορεί να ανταποκριθεί, τόσο στις απαιτήσεις για άκρως ανταγωνιστικές επιδόσεις, όσο και στην ανάγκη για μεγαλύτερη αυτονομία. Ενώ, η κατανάλωση ενέργειας εντός αστικού ιστού, κρίνεται ως αρκούτως ικανοποιητική, εν συγκρίσει με τα υπόλοιπα μοντέλα της κατηγορίας του. Όσον αφορά το μέγεθος του εσωτερικού χώρου, θεωρείται κάτι παραπάνω από άνετο για τη μετακίνηση μιας 4μελούς οικογένειας. Ακόμη, όσον αφορά το κόστος αγοράς του, αυτό είναι ανάλογο και τις αξία των υπηρεσιών που δύναται να προσφέρει στους καταναλωτές. Πιο συγκεκριμένα, τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, επισυνάπτονται ακολούθως.



Εικόνα 32. Kia e-Niro(46)

Μπαταρία και Φόρτιση			Απόδοση		
Χωρητικότητα Μπαταρίας (kWh)	67,5	Επιτάχυνση 0 - 100 km/h (sec)	7.8		
Πραγματική Χωρητ. Μπατ. (kWh)	64	Μέγιστη Ταχύτητα (km/h)	167		
Wallbox (AC)	Ισχύς Φόρτισης (kW)	7,2	Αυτονομία (km)	370	
	Χρόνος Φόρτισης (h)	10,5	Ισχύς Ηλεκτροκινητήρα (kW)	150	
Πραγματική Καταναλισκόμενη Ενέργεια					
Χειρότερο Σενάριο			Καλύτερο Σενάριο		
Πόλη	175	(Wh/km)	Πόλη	116	(Wh/km)
Αυτοκινητόδρομος	242	(Wh/km)	Αυτοκινητόδρομος	188	(Wh/km)
Μεικτός	206	(Wh/km)	Μεικτός	151	(Wh/km)
T=-10°C & Air Condition			T=23°C & No Air Condition		
Κόστος Αγοράς (€)			39.090		

Εικόνα 33. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Kia e-Niro(46)

5.2 Προφίλ Οδήγησης

Στο σημείο αυτό, καλούμαστε να σχεδιάσουμε τα κατάλληλα προφίλ οδήγησης, ώστε να αποκτήσουμε όσο το δυνατό πιο ρεαλιστικά δεδομένα κατανάλωσης των ηλεκτρικών οχημάτων, τα οποία θα εξυπηρετούν τους σκοπούς της παρούσας, διπλωματικής εργασίας.

Όπως είναι γνωστό, η κατανάλωση και κατά συνέπεια, η αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων, εξαρτάται άμεσα, από τις καιρικές συνθήκες, οι οποίες δύναται να προστάξουν τη χρήση ή όχι, κλιματισμού εντός της καμπίνας του οχήματος, αυξάνοντας κατακόρυφα τη καταναλισκόμενη από αυτό ηλεκτρική ενέργεια. Ακόμη, ένας παράγοντας, ο οποίος είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τη κατανάλωση, ενός οποιουδήποτε τύπου οχήματος, είναι ο τρόπος με τον οποίο οδηγεί ο εκάστοτε χρήστης και εξαρτάται κυρίως, από το χώρο που κινείται το εκάστοτε όχημα. Έτσι, άλλη προβλεπόμενη κατανάλωση, εκτιμάται για κίνηση εντός αστικού κύκλου και άλλη για οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο. Και οι δύο περιπτώσεις, αναλύονται ακολούθως.

5.3 Κλιματολογικές Συνθήκες

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ένας σημαντικότερος παράγοντας που πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν μας, για την όσο το δυνατό ακριβέστερη εκτίμηση της κατανάλωσης, του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος, είναι η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έτσι, έχοντας πρόσβαση σε κλιματολογικά δεδομένα, τα οποία, χρησιμοποιήσαμε και σε προηγούμενο σκέλος της εργασίας (4.3), θα μπορέσουμε να διαμορφώσουμε, καταναλωτικά προφίλ, συναρτήσει της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Ουσιαστικά έτσι, παραμετροποιούμε το παράγοντα της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας, όπου έτσι παρομοιώνεται ουσιαστικά η χρήση ή μη κλιματιστικού, εντός της καμπίνας του ηλεκτρικού οχήματος. Βέβαια, μία βασική θεώρηση σχετικά με την τη χρήση ή μη κλιματιστικού, έχει να κάνει με το παρακάτω διαχωρισμό:

- $T \leq 15^{\circ}\text{C}$, υπάρχει ανάγκη για κλιματισμό μέσω χρήσης air condition, για τη θέρμανση της καμπίνας.
- $T \geq 15^{\circ}\text{C}$, υπάρχει ανάγκη για κλιματισμό μέσω χρήσης air condition, για τη ψύξη της καμπίνας.

Έτσι, προκύπτει η παρακάτω κατηγοριοποίηση, αναλόγως της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας, η οποία περιγράφεται στο παρακάτω πίνακα:

Μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	10.3 °C	10.6 °C	12.4 °C	16.1 °C	20.9 °C	25.6 °C	28.3 °C	28.2 °C	24.3 °C	19.6 °C	15.4 °C	11.9 °C
Ανάγκη Κλιματισμού	Θ	Θ	Θ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Ψ	Ψ	Ψ	Ψ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Θ

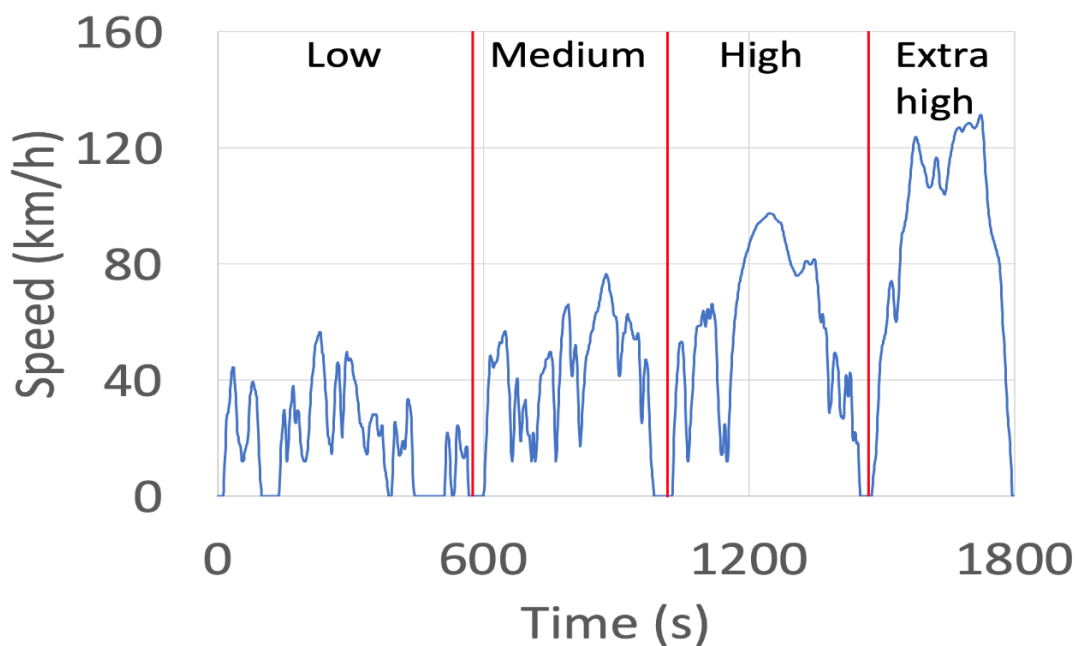
Πίνακας 9. Ανάγκη Χρήσης Κλιματιστικού - EV

Όπου να σημειωθεί, πως τα ίδια ακριβώς δεδομένα και παραδοχές, πραγματοποιήθηκαν και σε προηγούμενο σκέλος της εργασίας μας, ακολουθώντας έτσι μία ευθεία λογική χρήσης κλιματισμού, χωρίς ωστόσο να προσδοκούμε σε τόσο μεγάλες διακυμάνσεις στο καταναλισκόμενο φορτίο, αφού δε γίνεται να συγκρίνουμε δύο τόσο διαφορετικά μεγέθη, όπου ουσιαστικά η μεγαλύτερη διαφορά έγκειται στο χρόνο χρήσης του κλιματιστικού, όσο και στο μέγεθος του υπό εξέταση χώρου. Ενώ και τα δεδομένα κατανάλωσης των ηλεκτρικών οχημάτων, μας επιτρέπουν παρά μόνο τη παραμετροποίηση και όχι τον ακριβή υπολογισμό του συγκεκριμένου παράγοντα.

5.4 Κύκλος Οδήγησης

Ο δεύτερος σημαντικότερος παράγοντας που δύναται να επηρεάσει καταλυτικά, την κατανάλωση ενός ηλεκτρικού, και όχι μόνο, οχήματος, είναι η ταχύτητα με την οποία κινείται ο εκάστοτε οδηγός. Η προσομοίωση της οποίας, μπορεί να εκτιμηθεί, κατηγοριοποιώντας, τις πιθανές οδικές συνθήκες, τις οποίες δύναται να αντιμετωπίσει, ο εκάστοτε χρήστης. Αφού, παραδείγματος χάριν, ο αστικός ιστός σε σχέση με έναν αυτοκινητόδρομο, επιτρέπει άλλου είδους οδηγική συμπεριφορά, την οποία προσπαθούμε να παραγοντοποιήσουμε, ώστε να εξάγουμε όσο το δυνατό πιο ακριβή και ρεαλιστικά συμπεράσματα. Έτσι, διαμορφώνουμε τις παρακάτω κατηγοριοποιήσεις, σχετικά με τις πιθανές συνθήκες οδήγησης:

- **Εντός Πόλης:** Πρόκειται ουσιαστικά για χώρο στον οποίου επιτρέπεται η οδήγηση μέχρι μία κάποια σχετικά μικρή μέση ταχύτητα (~ 35km/h), για την αποφυγή ατυχημάτων με περαστικούς και διάφορους άλλους αστάθμητους παράγοντες, που εντοπίζονται εντός αστικού ιστού. Ακόμη, μέσα στις πόλεις, συνηθίζεται η αντιμετώπιση συνθηκών κυκλοφοριακής συμφόρησης, όπου το αυτοκίνητο, αναγκάζεται σε πολλές ακινητοποιήσεις και εν συνεχεία, εκκινήσεις (stop n' go). Οπότε και επηρεάζεται, αρνητικά ως προς την οικονομία, η καταναλισκόμενη ενέργεια παρόλη τη μικρή απαιτούμενη ταχύτητα.
- **Εκτός Πόλης (Αυτοκινητόδρομος):** Πρόκειται ουσιαστικά για μία συνθήκη κατά την οποία, ο οδηγός καλείται να οδηγή για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα, με μία σταθερή ταχύτητα (~ 110km/h), αφού δεν υπάρχει λόγος για περεταίρω αυξομειώσεις. Συνθήκη ιδανική, για την οικονομία καταναλισκόμενης ενέργειας.
- **Μεικτός Κύκλος:** Πρόκειται ουσιαστικά, για μία τυπική συνθήκη οδήγησης, όπου ο χρήστης, κινείται σε περιοχές που να μην επιτρέπονται ταχύτητες (~ 75km/h) μεγαλύτερης από αυτές που συναντάμε εντός αστικού ιστού, ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν και φωτεινοί σηματοδότες, αλλά και στιγμιαίο μποτιλιάρισμα. Έτσι, πιθανόν, ο οδηγός, ωθείται σε μείωση της ταχύτητας ή και σύντομη ακινητοποίηση του οχήματος. Οπότε, επανεισέρχεται ο παράγοντας stop n' go, σε μικρότερη βέβαια έκταση, από ότι στον αστικό κύκλο.



Εικόνα 34. Κύκλοι Οδήγησης EV(47,48)

Ενώ να σημειώσουμε, πως οι παραπάνω θεωρήσεις (Εικόνα 34), λαμβάνονται υπ' όψιν και παρέχονται, από τον W.L.T.P (Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure), φορέας ο οποίος, εκτός των άλλων, είναι υπεύθυνος και για την αξιοπιστία των τεχνικών χαρακτηριστικών, που προσφέρονται στους καταναλωτές, από τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Ενώ, να σημειωθεί, πως οι έλεγχοι, αλλά και τα κριτήρια που θεσπίζονται, για την εξακρίβωση, όσο το δυνατό ρεαλιστικών δεδομένων, τελούνται υπό την αιγίδα του. Στη συνέχεια, παραθέτουμε σε μορφή πίνακα, συνοπτικά, τις παραπάνω θεωρήσεις.

Κύκλος Οδήγησης	Μέση Ταχύτητα (km/h)
Εντός Πόλης	~ 35
Μεικτός Κύκλος	~ 75
Εκτός Πόλης	~ 110

5.5 Διάρθρωση Σεναρίου

5.5.1 Πρόγραμμα Οικογένειας – Ηλεκτρικού Οχήματος

Στο σημείο αυτό, καλούμαστε να θεσπίσουμε ένα σενάριο, με βάση το οποίο, θα μπορέσουμε να εκτιμήσουμε καλύτερα, τις απαιτούμενες αποστάσεις, τις οποίες θα απαιτείται, να καλύψει το εκάστοτε ηλεκτρικό όχημα σε ημερήσια βάση.

Αρχικά, σε συνέχεια, του σεναρίου που θεσπίσαμε σε προηγούμενη παράγραφο (4.2.1), για το ημερήσιο πρόγραμμα των μελών, της υπό μελέτη οικογένειας, προχωράμε στη κατάρτιση προγράμματος μετακινήσεων για το ηλεκτρικό όχημα, ώστε να εξυπηρετούνται οι σκοποί της παρούσας εργασίας. Οπότε, βασιζόμενη σ' αυτή την υπόθεση, θεωρούμε πως σε καθημερινή βάση το όχημα, θα πρέπει να μεταφέρει τα παιδιά της οικογένειας στο σχολείο κατά τις πρωινές ώρες, ενώ εν συνεχεία, θα βοηθάει στη μετακίνηση του γονέα, από και προς την εργασία του. Οπότε και το διάστημα αυτό, θα απουσιάζει από την οικία. Όσον αφορά το σαββατοκύριακο, εκεί η οικογένεια, δεν έχει κάποιες προγραμματισμένες υποχρεώσεις που να επιβάλλουν την έξοδο της από την οικία. Έτσι, για την καλύτερη εκτίμηση αυτού του οραρίου, θεωρήσαμε ένα πιο ευρύ χρονικό διάστημα, κατά το οποίο είναι πιθανή, η χρήση του ηλεκτρικού οχήματος, με σκοπό τη μετακίνηση των μελών της οικογένειας.

Ακολούθως, επισυνάπτεται, ένας συνοπτικός πίνακας, που παρέχει τη δυνατότητα, μίας συγκριτικής εικόνας, όπου διαφαίνονται οι διαφορετικές ώρες χρήσεις, μεταξύ, καθημερινής και σαββατοκύριακου.

		Ωρες	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Καθημερινή	Ηλεκτρικό Όχημα		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Σαββατοκύριακο		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			→ Εντός Οικίας									→ Εκτός Οικίας									→ Πιθανή Απουσία από Οικία					

Εικόνα 35. Ημερήσια EV

5.5.2 Απαιτούμενες Ημερήσιες Αποστάσεις

Σε συνέχεια του παραπάνω ημερήσιου προγράμματος, καλούμαστε να θεσπίσουμε και ένα πρόγραμμα για τις απαιτούμενες ημερήσιες αποστάσεις, στις οποίες θα κληθεί το όχημα να ανταπεξέλθει. Ενώ, θα πρέπει να συνυπολογίσουμε το εάν το όχημα κινείται εντός ή εκτός αστικού ιστού, επηρεάζοντας έτσι άρδην, τη καταναλισκόμενη, από αυτό ενέργεια. Επιπλέον, βασιζόμενοι στα στοιχεία που μας παρέχονται από τον W.L.T.P. , όπου αναφέρεται, πως το 87% των ημερήσιων μετακινήσεων στη Ευρώπη, εκτιμάται σε συνολικά διανυθείσες

αποστάσεις < 60km, θα διαμορφώσουμε ανάλογα τα ημερήσια προφίλ μας. Οπότε και στη συνέχεια, παραθέτουμε τις διαφοροποιήσεις, τόσο ανά ημέρα, όσο και ανά κύκλο οδήγησης, όπως περιγράφεται ακολούθως:

- Καθημερινή: Μία τυπική καθημερινή ημέρα, όπως αναφέραμε, το ηλεκτρικό μας όχημα, θα κληθεί να μεταφέρει τα παιδιά της οικογένειας στο σχολείο κατά τις πρωινές ώρες, αλλά και το γονέα, από και προς την εργασία του. Έτσι, αρχικά θεωρούμε, πως η πλειοψηφία των απαιτούμενων χιλιομέτρων, θα διανυθεί εντός πόλης, με ίσως ένα μικρό μέρος, αφορά, μεικτό κύκλο οδήγησης. Οπότε και καταλήγουμε στα στις θεωρήσεις, του πίνακα που ακολουθεί:

Καθημερινή	
Εντός Πόλης (km/day)	30,0
Αυτοκινητόδρομος (km/day)	0,0
Μεικτά (km/day)	10,0
Συνολικά (km/day)	40,0

Πίνακας 10. Σενάριο Οδήγησης για Καθημερινή

- Σαββατοκύριακο: Θέλοντας να προσδώσουμε ένα τόνο ρεαλισμού στις υποθέσεις μας, θεωρούμε διαφορετικά προφίλ, τόσο για το Σάββατο, όσο και για τη Κυριακή, όπως αναλύουμε ακολούθως:
 - Σάββατο: Μη έχοντας το επιβαρυμένο πρόγραμμα από άποψη υποχρεώσεων σε σχέση με τις καθημερινές, αλλά με πιθανή την ύπαρξη κάποιων εξωσχολικών δραστηριοτήτων, θεωρούμε πως πάλι οι κύκλοι οδήγησης, θα είναι εντός πόλης, αλλά και μεικτός. Βέβαια, θα υπάρχει μια πιο μοιρασμένη κατανομή σε σχέση με τις καθημερινές, λόγω της κάποιας διαφοροποίησης στο πρόγραμμα.
 - Κυριακή: Απουσία υποχρεώσεων, για καθένα από τα μέλη της οικογένειας, εκτιμούμε πως οι κύκλοι οδήγησης, θα συμπεριλάβουν και εκτός πόλης διαδρομές, όπου πιθανόν η οικογένεια θα πραγματοποιήσει μια μικρή εξόρμηση. Έτσι, πραγματοποιείται ακόμα μία αναδιάρθρωση στο ημερήσιο προφίλ κύκλων οδήγησης, όπου θεωρούμε ότι η πλειοψηφία των απαιτούμενων χιλιομέτρων, θα διανυθεί σε μεικτό κύκλο οδήγησης. Ενώ, μικρότερο, αλλά ισάξιο μερίδιο, θα έχουν οι κύκλοι οδήγησης, εντός πόλης, αλλά και σε αυτοκινητόδρομο.

Σε συνέχεια των παραπάνω υποθέσεων για κάθε ημέρα του σαββατοκύριακου, παραθέτουμε τον **πίνακα**, που ακολουθεί:

Σαββατοκύριακο		
Εντός Πόλης (km/day)	20,0	Σάββατο
Αυτοκινητόδρομος (km/day)	0,0	
Μεικτά (km/day)	20,0	
Συνολικά (km/day)	40,0	
Εντός Πόλης (km/day)	10,0	Κυριακή
Αυτοκινητόδρομος (km/day)	10,0	
Μεικτά (km/day)	20,0	
Συνολικά km/day (km/day)	40,0	

Πίνακας 11. Σενάριο Οδήγησης για Σαββατοκύριακο

5.5.3 Μπαταρία Ηλεκτρικού Οχήματος

Ένας ακόμη σημαντικότερος παράγοντας που πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπ' όψιν μας, είναι η μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος. Πιο συγκεκριμένα, είναι κρίσιμο να υπολογίσουμε όρους, όπως οι κύκλοι και τα σενάρια φόρτισης, αλλά και η θέσπιση κάποια κατώτερης επιτρεπόμενης εκφόρτισης της μπαταρίας (SoC_{min}). Έτσι, στη συνέχεια, παραθέτουμε ανάλυση αυτών των παραγόντων, οπότε και έχουμε:

5.5.3.1 Emergency Limit

Με τον όρο αυτό, ουσιαστικά, αναφερόμαστε, στη θέσπιση ενός κατώτερου επιτρεπόμενου ορίου εκφόρτισης (SoC_{min}), ώστε η υπολειπόμενη αποθηκευμένη ενέργεια, να δύναται να ικανοποιήσει ανά πάσα στιγμή κάποιες βασικές ανάγκες μετακίνησης του ηλεκτρικού οχήματος. Έτσι, αρχικά πρέπει να καθορίσουμε, την ελάχιστη χιλιομετρική απόσταση, την οποία το όχημα, πρέπει ανά πάσα στιγμή να είναι διαθέσιμο, να πραγματοποιήσει. Οπότε, ο όρος του ορίου εκτάκτου ανάγκης, ουσιαστικά αναφέρεται, σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης, όπου το όχημα θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταποκριθεί, όπως μία έκτακτη μεταφορά στο νοσοκομείο ή μεταφορά στο τόπο εργασίας ή κάποιο άλλο σενάριο, που βρίσκεται εκτός προγράμματος. Έτσι, σύμφωνα με τον W.L.T.P. (49) , ένα τέτοιο όριο, πρέπει να δίνει στο όχημα ελευθερία μετακίνησης, περί τα 20km. Γεγονός που εξυπηρετεί και το δικό μας σενάριο, αφού συμφωνεί και με την εκδοχή, τουλάχιστον να δύναται να διανύσει την απόσταση μέχρι το τόπο εργασίας του γονέα. Ανταποκρινόμενο έτσι, στις ελάχιστες ημερήσιες, ανάγκες της οικογένειας. Βέβαια, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, ο παράγοντας κατανάλωση, επηρεάζεται τόσο από την εποχικότητα, όσο και από τους κύκλους οδήγησης. Οπότε, προσμετρώντας και τα παραπάνω, αλλά και θεωρώντας ότι ο κύκλος οδήγησης, σ' αυτή τη περίπτωση, θα εντοπίζεται το σενάριο εντός πόλης, καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα. Τα οποία βέβαια, διαφοροποιούνται για το εκάστοτε ηλεκτρικό όχημα και συνοψίζονται στο παρακάτω πίνακα:

Smart EQ forfour		Nissan Leaf		Kia e-Niro	
Emergency Need (km)	20	Emergency Need (km)	20	Emergency Need (km)	20
SoCmin (%) (IAN)	17%	SoCmin (%) (IAN)	7%	SoCmin (%) (IAN)	8%
SoCmin (%) (ΦΕΒ)	17%	SoCmin (%) (ΦΕΒ)	7%	SoCmin (%) (ΦΕΒ)	8%
SoCmin (%) (ΜΑΡ)	16%	SoCmin (%) (ΜΑΡ)	7%	SoCmin (%) (ΜΑΡ)	7%
SoCmin (%) (ΑΠΡ)	15%	SoCmin (%) (ΑΠΡ)	7%	SoCmin (%) (ΑΠΡ)	7%
SoCmin (%) (ΜΑΙ)	14%	SoCmin (%) (ΜΑΙ)	6%	SoCmin (%) (ΜΑΙ)	7%
SoCmin (%) (ΙΟΥΝ)	14%	SoCmin (%) (ΙΟΥΝ)	6%	SoCmin (%) (ΙΟΥΝ)	7%
SoCmin (%) (ΙΟΥΛ)	15%	SoCmin (%) (ΙΟΥΛ)	7%	SoCmin (%) (ΙΟΥΛ)	7%
SoCmin (%) (ΑΥΓ)	15%	SoCmin (%) (ΑΥΓ)	7%	SoCmin (%) (ΑΥΓ)	7%
SoCmin (%) (ΣΕΠ)	14%	SoCmin (%) (ΣΕΠ)	6%	SoCmin (%) (ΣΕΠ)	7%
SoCmin (%) (ΟΚΤ)	15%	SoCmin (%) (ΟΚΤ)	6%	SoCmin (%) (ΟΚΤ)	7%
SoCmin (%) (ΝΟΕ)	15%	SoCmin (%) (ΝΟΕ)	7%	SoCmin (%) (ΝΟΕ)	7%
SoCmin (%) (ΔΕΚ)	16%	SoCmin (%) (ΔΕΚ)	7%	SoCmin (%) (ΔΕΚ)	8%

Πίνακας 12. Μηνιαία Διακύμανση Emergency Limit

5.5.3.2 Φόρτιση

Η φόρτιση της μπαταρίας του ηλεκτρικού είναι μία σημαντικότερη παράμετρος, την οποία πρέπει να συνυπολογίσουμε και για την οποία, υπάρχουν κάποιες θεωρήσεις, οι οποίες πρέπει να καθοριστούν, ώστε να έχουμε όσο το δυνατό πιο ακριβή αποτελέσματα.

Αρχικά, να αναφέρουμε, πως η φόρτιση θεωρούμε ότι δύναται να πραγματοποιηθεί μονάχα όταν το αυτοκίνητο, βρίσκεται σταθμευμένος εντός της οικίας, και αποκλειστικά, από τη συσκευή wallbox που παρέχεται και τοποθετείται στην οικία του εκάστοτε χρήστη ηλεκτρικού οχήματος. Η συσκευή αυτή, παρέχει το όχημα, με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), κατάλληλης τάσης, η οποία, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αποσκοπεί τόσο στη ταχύτερη φόρτιση, απ' ό,τι σε μία τυπική συσκευή παροχής ρεύματος. Ενώ, ακόμη, η τάση παροχής είναι τέτοια, όπου επιταχύνει τη φόρτιση, σε βαθμό που δεν επηρεάζει την υγεία της μπαταρίας (SoH), τουλάχιστον όχι στα επίπεδα, που επιδίδεται ένας ταχυφορτιστής. Επιπλέον, σημαντικό είναι να αναφέρουμε, πως σύμφωνα με δεδομένα που παρέχονται, από τη πλατφόρμα, συγκέντρωσης πραγματικών δεδομένων, ηλεκτρικών και όχι μόνο οχημάτων, Geotab (50), ένας τυπικός βαθμός απόδοσης τέτοιων φορτιστών, είναι της τάξεως του 95%.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να θέσουμε και κάποιες παραμέτρους, οι οποίες, θα καθορίζουν το πότε το ηλεκτρικό όχημα θα δύναται να φορτίσει, αλλά και μέχρι πιο σημείο, θεωρείται απαιτούμενο να φτάσει η ανώτερη τιμή της στάθμης της μπαταρίας. Αρχικά, να αναφέρουμε το ημερήσιο απαιτούμενο ποσοστό καταναλισκόμενης από τη μπαταρία του οχήματος ενέργεια, για να μπορέσει να ανταποκριθεί το όχημα στις ημερήσιες ανάγκες του χρήστη του. Έτσι, για καθένα από τα τρία εξεταζόμενα ηλεκτρικά οχήματα, τα ποσοστά αυτά, διαμορφώνονται ως εξής:

- Smart EQ ForFour: ~35% Useable Battery Capacity,
- Nissan Leaf: ~20% Useable Battery Capacity,
- Kia e-Niro: ~12% Useable Battery Capacity.

Ακόμη, όσον αφορά το προγραμματισμό των φορτίσεων, για το συγκεκριμένο κομμάτι της εργασίας αυτής, όπου το όχημα καταναλώνει ενέργεια μονάχα για τη μετακίνησή του, θεωρούμε, πως αυτό θα φορτίζει μόνο με τα απαιτούμενα ποσά για να φέρει αυτές εις πέρας. Αφού, οποιαδήποτε υπερβολική φόρτιση του οχήματος, αφενός οδηγεί σε άσκοπη κατανάλωση, από το δίκτυο ενέργειας, αφετέρου, ξεπερνώντας συνέχεια περί το ~85% Useable Battery Capacity, δύναται να επιταχύνουμε τη γήρανση της μπαταρίας, μ' ό,τι αυτό συνεπάγεται για τους υπολειπόμενους κύκλους φόρτισης, που δύναται να τελέσει η μπαταρία αυτή.

5.6 Διαχείριση Δεδομένων

5.6.1 Κατανάλωση Ηλεκτρικού Οχήματος

Έχοντας πλέον στη διάθεση μας, όλα τα απαραίτητα δεδομένα, είμαστε σε θέση να αρχίσουμε να τα επεξεργαζόμαστε, με σκοπό τη δημιουργία των πρώτων διαγραμμάτων, όσον αφορά τα καταναλωτικά προφίλ των υπό εξέταση ηλεκτρικών οχημάτων.

Έτσι, έχοντας πρόσβαση σε στοιχεία που αφορούν τη μέση μηνιαία θερμοκρασία, αλλά και τη κατανάλωση των ηλεκτρικών, τόσο ανά εξωτερική θερμοκρασία, όσο και ανά κύκλο οδήγησης, μπορούμε να τα συνδυάσουμε με τις παραπάνω υποθέσεις περί ημερήσιου προγράμματος οικογένειας, ώστε να εξάγουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Αρχικά λοιπόν, έπρεπε να παραγοντοποιήσουμε τη διακύμανση της μέσης κατανάλωσης, η οποία μεταβάλλεται θεωρητικά, παράλληλα με οποιαδήποτε διαφοροποίηση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Έτσι, έχοντας πρόσβαση στις θεωρήσεις, πάνω στις οποίες βασίζονται τα νούμερα, τα οποία προσφέρει ο κατασκευαστής, σαν καταναλισκόμενη ενέργεια ανά χιλιόμετρο, μπορέσαμε να πραγματοποιήσουμε κάποιες δικές μας εκτιμήσεις. Οι θεωρήσεις αυτές, αφορούν τη συνθήκες υπό της οποίες, εξάγονται τα δεδομένα του βέλτιστου, όσο και του χειρίστου σεναρίου κατανάλωσης. Οπότε, σύμφωνα, πάντα με στοιχεία του W.L.T.P. , παραθέτουμε τις ακόλουθες θεωρήσεις:

➤ Βέλτιστο Σενάριο:

Μέση Θερμοκρασία = 23°C

Μη ανάγκη χρήσης κλιματιστικού

➤ Χείριστο Σενάριο:

Μέση Θερμοκρασία = -10°C

Ανάγκη χρήσης κλιματιστικού

Έτσι, καταφέραμε να εκτιμήσουμε, τουλάχιστον προσεγγιστικά, το παράγοντα διακύμανσης της κατανάλωσης, ανάλογα με τη διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας. Αφού ουσιαστικά, έτσι επιτύχαμε, να αξιοποιήσουμε τα δεδομένα και για τιμές θερμοκρασιών, διαφορετικές, από τις παραπάνω δοθείσες.

Συνεχίζοντας, εντάξαμε στους υπολογισμούς μας, τη διακύμανση της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά χιλιόμετρο, παράλληλα με τη διαφοροποίηση των κύκλων οδήγησης:

- Εντός Πόλης,
- Μεικτός,
- Αυτοκινητόδρομος.

Όπου, σε συνδυασμό, με τις υποθέσεις περί προγράμματος χρήσης του ηλεκτρικού οχήματος από την οικογένεια, σύμφωνα με το πρόγραμμα των μελών της, καταφέραμε να εξάγουμε τα επιθυμητά για εμάς δεδομένα, τα οποία παρατίθενται στους ακόλουθους πίνακες και διαγράμματα, για καθένα από τα τρία, επιλεγμένα ηλεκτρικά οχήματα.

❖ Smart EQ ForFour

Ιανουάριος	10,3	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	138,5	(Wh/km)		4154	2770	1385
Αυτοκινητόδρομος	219,5	(Wh/km)		0	0	2195
Μεικτός	173,9	(Wh/km)		1739	3479	3479
			Σύνολο (Wh)	5894	6248	7058
Φεβρουάριος	10,6	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	137,9	(Wh/km)		4138	2758	1379
Αυτοκινητόδρομος	218,9	(Wh/km)		0	0	2189
Μεικτός	173,4	(Wh/km)		1734	3468	3468
			Σύνολο (Wh)	5872	6227	7037
Μάρτιος	12,4	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	134,6	(Wh/km)		4038	2692	1346
Αυτοκινητόδρομος	215,6	(Wh/km)		0	0	2156
Μεικτός	170,3	(Wh/km)		1703	3406	3406
			Σύνολο (Wh)	5741	6098	6908
Απρίλιος	16,1	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	127,8	(Wh/km)		3833	2555	1278
Αυτοκινητόδρομος	208,8	(Wh/km)		0	0	2088
Μεικτός	163,9	(Wh/km)		1639	3278	3278
			Σύνολο (Wh)	5472	5833	6643
Μάιος	20,9	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	118,9	(Wh/km)		3566	2378	1189
Αυτοκινητόδρομος	199,9	(Wh/km)		0	0	1999
Μεικτός	155,6	(Wh/km)		1556	3113	3113
			Σύνολο (Wh)	5123	5490	6300
Ιούνιος	25,6	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	119,8	(Wh/km)		3594	2396	1198
Αυτοκινητόδρομος	200,8	(Wh/km)		0	0	2008
Μεικτός	156,5	(Wh/km)		1565	3130	3130
			Σύνολο (Wh)	5159	5526	6336
Ιούλιος	28,3	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	124,8	(Wh/km)		3744	2496	1248
Αυτοκινητόδρομος	205,8	(Wh/km)		0	0	2058
Μεικτός	161,2	(Wh/km)		1612	3223	3223
			Σύνολο (Wh)	5355	5719	6529
Αύγουστος	28,2	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	124,6	(Wh/km)		3738	2492	1246
Αυτοκινητόδρομος	205,6	(Wh/km)		0	0	2056
Μεικτός	161,0	(Wh/km)		1610	3220	3220
			Σύνολο (Wh)	5348	5712	6522
Σεπτέμβριος	24,3	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	117,4	(Wh/km)		3522	2348	1174
Αυτοκινητόδρομος	198,4	(Wh/km)		0	0	1984
Μεικτός	154,2	(Wh/km)		1542	3085	3085
			Σύνολο (Wh)	5065	5433	6243
Οκτώβριος	19,6	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	121,3	(Wh/km)		3639	2426	1213
Αυτοκινητόδρομος	202,3	(Wh/km)		0	0	2023
Μεικτός	157,9	(Wh/km)		1579	3157	3157
			Σύνολο (Wh)	5217	5583	6393
Νοέμβριος	15,4	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	129,0	(Wh/km)		3871	2581	1290
Αυτοκινητόδρομος	210,0	(Wh/km)		0	0	2100
Μεικτός	165,1	(Wh/km)		1651	3303	3303
			Σύνολο (Wh)	5523	5884	6694
Δεκέμβριος	11,9	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	135,5	(Wh/km)		4066	2710	1355
Αυτοκινητόδρομος	216,5	(Wh/km)		0	0	2165
Μεικτός	171,2	(Wh/km)		1712	3423	3423
			Σύνολο (Wh)	5777	6134	6944

Πίνακας 13. Καταναλωτικό Προφίλ Οδήγησης ανά Ημέρα - Smart EQ ForFour

❖ Nissan Leaf

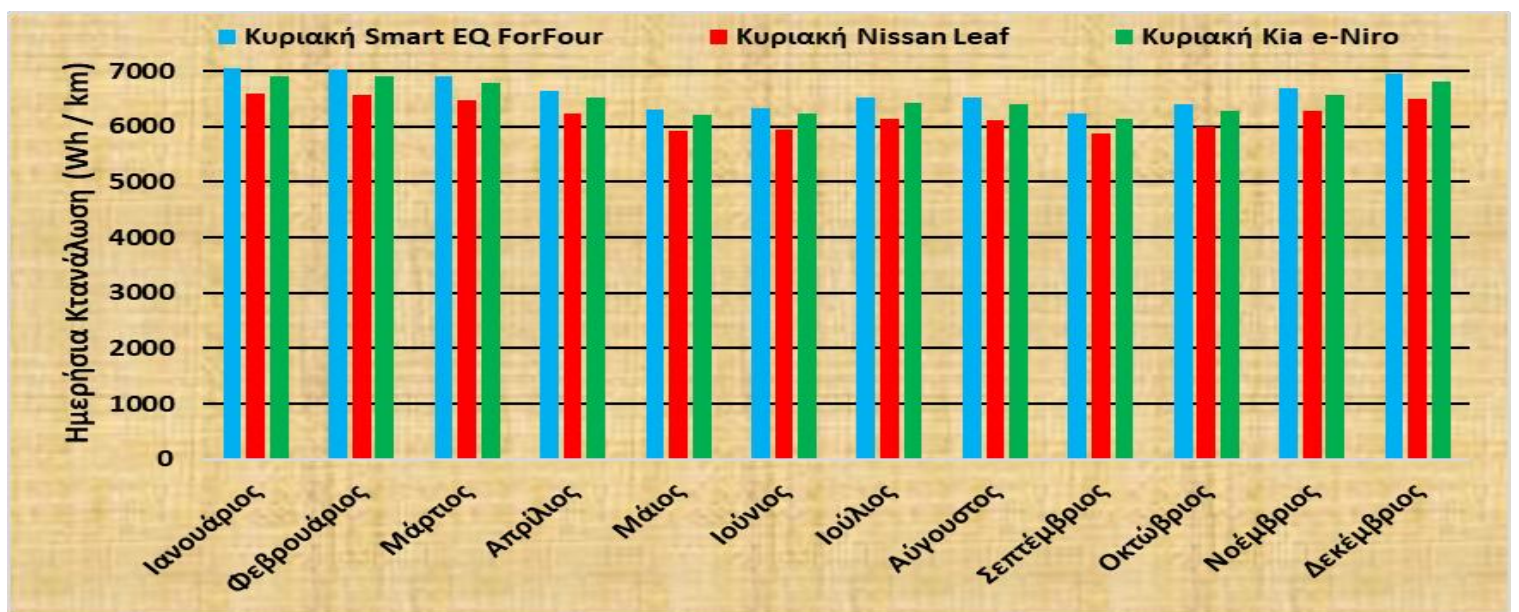
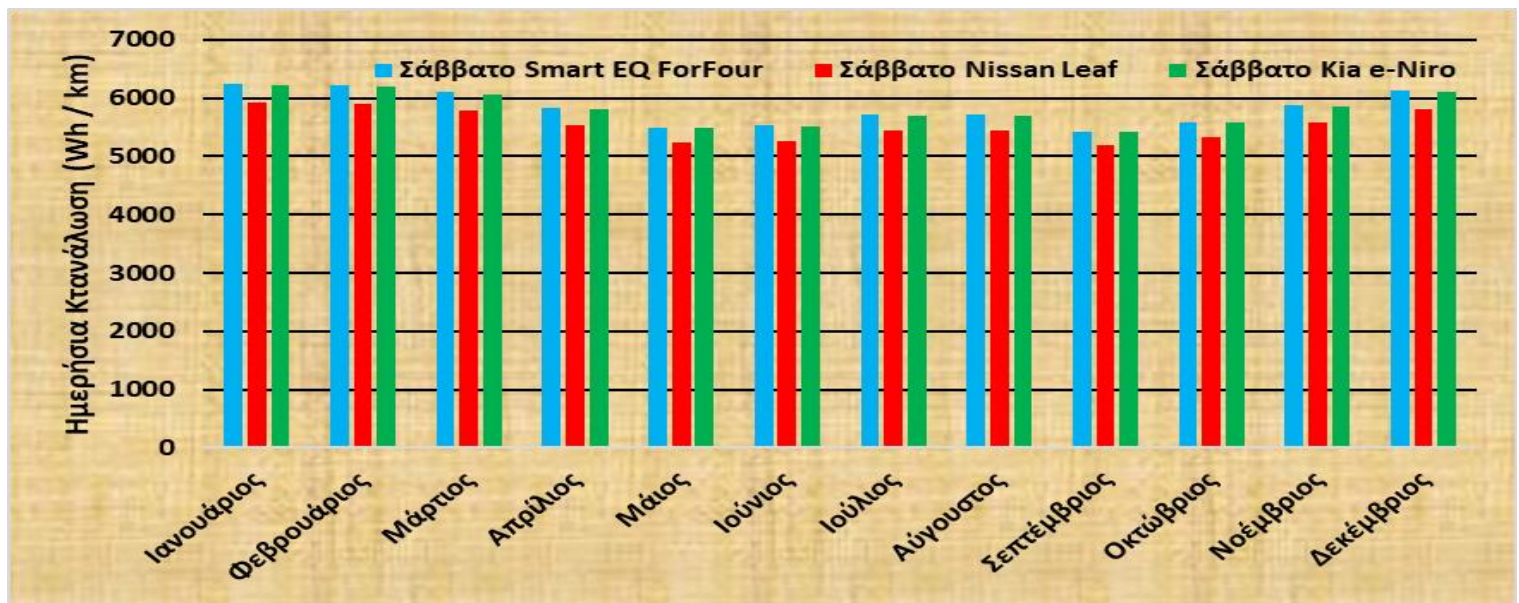
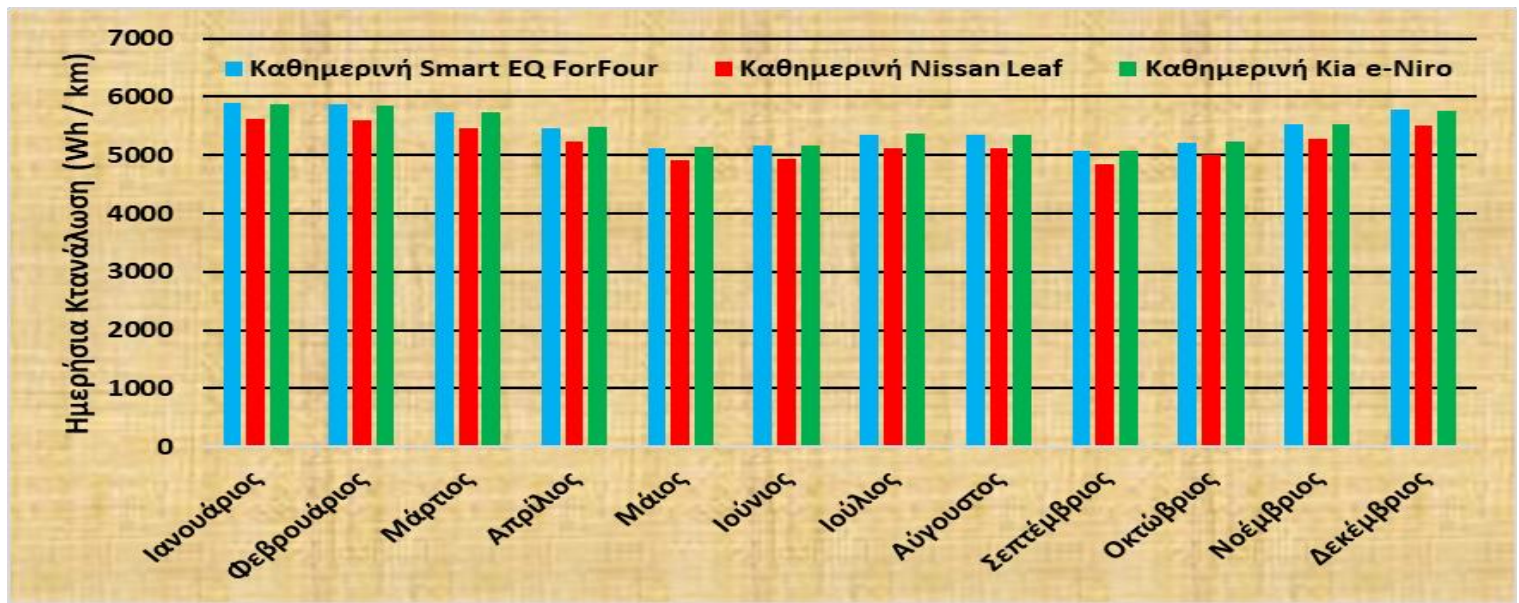
Ιανουάριος	10,3	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	132,6	(Wh/km)		3977	2651	1326
Αυτοκινητόδρομος	200,0	(Wh/km)		0	0	2000
Μεικτός	163,6	(Wh/km)		1636	3273	3273
			Σύνολο (Wh)	5613	5924	6598
Φεβρουάριος	10,6	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	132,0	(Wh/km)		3961	2641	1320
Αυτοκινητόδρομος	199,5	(Wh/km)		0	0	1995
Μεικτός	163,2	(Wh/km)		1632	3263	3263
			Σύνολο (Wh)	5593	5904	6579
Μάρτιος	12,4	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	129,0	(Wh/km)		3870	2580	1290
Αυτοκινητόδρομος	196,7	(Wh/km)		0	0	1967
Μεικτός	160,4	(Wh/km)		1604	3208	3208
			Σύνολο (Wh)	5473	5787	6465
Απρίλιος	16,1	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	122,7	(Wh/km)		3681	2454	1227
Αυτοκινητόδρομος	190,9	(Wh/km)		0	0	1909
Μεικτός	154,7	(Wh/km)		1547	3093	3093
			Σύνολο (Wh)	5228	5547	6229
Μάιος	20,9	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	114,6	(Wh/km)		3437	2291	1146
Αυτοκινητόδρομος	183,3	(Wh/km)		0	0	1833
Μεικτός	147,2	(Wh/km)		1472	2945	2945
			Σύνολο (Wh)	4909	5236	5924
Ιούνιος	25,6	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	115,4	(Wh/km)		3462	2308	1154
Αυτοκινητόδρομος	184,1	(Wh/km)		0	0	1841
Μεικτός	148,0	(Wh/km)		1480	2960	2960
			Σύνολο (Wh)	4943	5269	5955
Ιούλιος	28,3	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	120,0	(Wh/km)		3600	2400	1200
Αυτοκινητόδρομος	188,4	(Wh/km)		0	0	1884
Μεικτός	152,2	(Wh/km)		1522	3044	3044
			Σύνολο (Wh)	5122	5444	6127
Αύγουστος	28,2	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	119,8	(Wh/km)		3595	2396	1198
Αυτοκινητόδρομος	188,2	(Wh/km)		0	0	1882
Μεικτός	152,0	(Wh/km)		1520	3041	3041
			Σύνολο (Wh)	5115	5437	6121
Σεπτέμβριος	24,3	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	113,2	(Wh/km)		3396	2264	1132
Αυτοκινητόδρομος	182,0	(Wh/km)		0	0	1820
Μεικτός	146,0	(Wh/km)		1460	2920	2920
			Σύνολο (Wh)	4856	5184	5873
Οκτώβριος	19,6	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	116,8	(Wh/km)		3503	2335	1168
Αυτοκινητόδρομος	185,4	(Wh/km)		0	0	1854
Μεικτός	149,3	(Wh/km)		1493	2985	2985
			Σύνολο (Wh)	4996	5320	6006
Νοέμβριος	15,4	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	123,9	(Wh/km)		3717	2478	1239
Αυτοκινητόδρομος	192,0	(Wh/km)		0	0	1920
Μεικτός	155,7	(Wh/km)		1557	3115	3115
			Σύνολο (Wh)	5274	5593	6274
Δεκέμβριος	11,9	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	129,8	(Wh/km)		3895	2597	1298
Αυτοκινητόδρομος	197,5	(Wh/km)		0	0	1975
Μεικτός	161,2	(Wh/km)		1612	3223	3223
			Σύνολο (Wh)	5507	5820	6496

Πίνακας 14. Καταναλωτικό Προφίλ Οδήγησης ανά Ημέρα- Nissan Leaf

❖ Kia e-Niro

Ιανουάριος	10,3	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	138,7	(Wh/km)		4161	2774	1387
Αυτοκινητόδρομος	208,8	(Wh/km)		0	0	2088
Μεικτός	172,2	(Wh/km)		1722	3443	3443
			Σύνολο (Wh)	5883	6217	6918
Φεβρουάριος	10,6	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	138,2	(Wh/km)		4145	2763	1382
Αυτοκινητόδρομος	208,3	(Wh/km)		0	0	2083
Μεικτός	171,7	(Wh/km)		1717	3433	3433
			Σύνολο (Wh)	5862	6197	6898
Μάρτιος	12,4	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	135,0	(Wh/km)		4049	2699	1350
Αυτοκινητόδρομος	205,3	(Wh/km)		0	0	2053
Μεικτός	168,7	(Wh/km)		1687	3373	3373
			Σύνολο (Wh)	5735	6072	6776
Απρίλιος	16,1	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	128,3	(Wh/km)		3850	2567	1283
Αυτοκινητόδρομος	199,3	(Wh/km)		0	0	1993
Μεικτός	162,5	(Wh/km)		1625	3250	3250
			Σύνολο (Wh)	5475	5817	6526
Μάιος	20,9	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	119,8	(Wh/km)		3593	2395	1198
Αυτοκινητόδρομος	191,4	(Wh/km)		0	0	1914
Μεικτός	154,5	(Wh/km)		1545	3090	3090
			Σύνολο (Wh)	5138	5485	6202
Ιούνιος	25,6	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	120,6	(Wh/km)		3619	2413	1206
Αυτοκινητόδρομος	192,3	(Wh/km)		0	0	1923
Μεικτός	155,3	(Wh/km)		1553	3107	3107
			Σύνολο (Wh)	5173	5520	6236
Ιούλιος	28,3	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	125,5	(Wh/km)		3764	2510	1255
Αυτοκινητόδρομος	196,7	(Wh/km)		0	0	1967
Μεικτός	159,8	(Wh/km)		1598	3197	3197
			Σύνολο (Wh)	5363	5706	6418
Αύγουστος	28,2	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	125,3	(Wh/km)		3759	2506	1253
Αυτοκινητόδρομος	196,5	(Wh/km)		0	0	1965
Μεικτός	159,7	(Wh/km)		1597	3193	3193
			Σύνολο (Wh)	5356	5699	6411
Σεπτέμβριος	24,3	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	118,3	(Wh/km)		3550	2366	1183
Αυτοκινητόδρομος	190,1	(Wh/km)		0	0	1901
Μεικτός	153,2	(Wh/km)		1532	3063	3063
			Σύνολο (Wh)	5081	5430	6148
Οκτώβριος	19,6	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	122,1	(Wh/km)		3662	2442	1221
Αυτοκινητόδρομος	193,6	(Wh/km)		0	0	1936
Μεικτός	156,7	(Wh/km)		1567	3133	3133
			Σύνολο (Wh)	5229	5575	6290
Νοέμβριος	15,4	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	129,6	(Wh/km)		3888	2592	1296
Αυτοκινητόδρομος	200,4	(Wh/km)		0	0	2004
Μεικτός	163,7	(Wh/km)		1637	3273	3273
			Σύνολο (Wh)	5524	5865	6574
Δεκέμβριος	11,9	°C		Καθημερινή	Σαββάτο	Κυριακή
Πόλη	135,8	(Wh/km)		4075	2717	1358
Αυτοκινητόδρομος	206,2	(Wh/km)		0	0	2062
Μεικτός	169,5	(Wh/km)		1695	3390	3390
			Σύνολο (Wh)	5770	6107	6810

Πίνακας 15. Καταναλωτικό Προφίλ Οδήγησης ανά Ημέρα - Kia e-Niro



Διάγραμμα 8. Σύνοψη Ημερήσιων Διακομάνσεων Κατανάλωσης ανά Ημέρα Χρήσης των εκάστοτε EV

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα, μας δίνετε η δυνατότητα, να παραθέσουμε κάποιους σχολιασμούς, σχετικά, τόσο με τη σύγκριση των φορτίων ανά εποχή, όσο και ανά ημέρα της εβδομάδας. Ενώ φυσικά, και η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των τριών διαφορετικών ηλεκτρικών οχημάτων, δύναται να μας παρέχει κάποια ασφαλή συμπεράσματα, όσον αφορά τις εκτιμήσεις για την καταναλισκόμενη από αυτά ηλεκτρική ενέργεια.

Αρχικά, παρατηρούμε, πως και για τα τρία ηλεκτρικά οχήματα, αλλά και για οποιαδήποτε ημέρα της εβδομάδας, οι τιμές ημερήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας, κορυφώνονται κατά τη χειμερινή περίοδο, ενώ φθίνουν τις υπόλοιπες εποχές του έτους. Το γεγονός αυτό, πιθανόν, οφείλεται στη μειωμένη χρήση κλιματιστικού κατά τη περίοδο της άνοιξης και του φθινοπώρου. Αντίθετα, τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου ιδιαίτερα τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, όπου παρατηρούνται μέγιστες τιμές, μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας, η ανάγκη για χρήση κλιματιστικού εντείνεται, οπότε και παρατηρείται μικρή αύξηση στην ημερήσια κατανάλωση ενέργειας. Βέβαια, ήταν αναμενόμενο τους μήνες εκείνους, όπου η μέση θερμοκρασία τους είναι κοντά στους 23°C, να έχουμε μειωμένη κατανάλωση, αφού βρισκόμαστε κοντά στις περίπτωση κατανάλωσης του βέλτιστου σεναρίου, όπως το θέτουν οι κατασκευαστές. Οπότε, τους μήνες όπου η μέση θερμοκρασία, απέχει περισσότερο από εκείνη του βέλτιστου σεναρίου, διαφαίνεται αύξηση της ημερήσιας κατανάλωσης. Ακόμη, συμπληρωματικά, αφού ουσιαστικά η μεταβολή της θερμοκρασίας, υποδηλώνει και το εύρος χρήσης του κλιματιστικού εντός του οχήματος, μπορούμε να υποθέσουμε πως, πιθανόν, η χρήση κλιματιστικού για τη ψύξη του χώρου, απαιτεί κατά τι, μεγαλύτερα ποσά καταναλισκόμενης ενέργειας, σε σχέση μ' αυτή που απαιτείται για τη θέρμανση του χώρου. Ενώ να σημειωθεί, πως παρόλο που τα τρία ηλεκτρικά οχήματα ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες (super mini, hatchback, luxury SUV), οι παραπάνω αυξομειώσεις στο ημερήσιο απαιτούμενο φορτίο, ισχύουν και για τα τρία.

Συνεχίζοντας, αξίζει να εκθειάσουμε τη μεταβολή της κατανάλωσης, ανάλογα με το σενάριο κύκλων οδήγησης που εφαρμόζεται. Έτσι, παρατηρούμε, όπως αναμενόταν, πως όσο περισσότερο το όχημα κινείται εντός πόλης, τόσο η κατανάλωση αυτού παραμένει σε μικρότερες ημερήσιες τιμές. Ενώ, όσο προχωράμε σε σενάρια εφαρμογής μεικτού κύκλου, αλλά και αυτοκινητόδρομου, παρατηρούμε μεγαλύτερα ποσά, ημερήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας. Γεγονός που θεωρείται λογικό, αφού οι ηλεκτροκινητήρες, ενδείκνυνται για χρήση εντός αστικού ιστού, χωρίς βέβαια να υποτιμάται η χρήση τους, εκτός αυτού. Έτσι, μπορούμε να υποθέσουμε, πως όσο αυξάνεται η μέση ταχύτητα, η οποία λαμβάνεται υπ' όψιν σε κάθε σενάριο κύκλου οδήγησης, αυξάνεται και η απαιτούμενη ενέργεια προς κατανάλωση. Ενώ να σημειωθεί, πως, πάλι, παρόλο που τα και τρία ηλεκτρικά οχήματα ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες (super mini, hatchback, luxury SUV), οι παραπάνω αυξομειώσεις στην ημερήσια καταναλισκόμενη ενέργεια, ισχύουν και για τα τρία.

Τέλος, όσον αφορά τη σύγκριση ημερήσιας κατανάλωσης μεταξύ των τριών αυτών ηλεκτρικών οχημάτων, παρατηρούμαι, πως το οικονομικότερο, από άποψη καταναλισκόμενης ενέργειας είναι το Nissan Leaf. Αντίθετα, το Smart EQ ForFour και το Kia e-Niro, παρουσιάζουν μεγαλύτερης τιμές ημερήσιου φορτίου σταθερά, ανεξαρτήτως εποχικότητας, ή ημέρας της εβδομάδας. Βέβαια, στο σημείο αυτό, να σημειωθεί, πως το γεγονός αυτό, μας καταδεικνύει, πως παρόλο το χαμηλό κόστος αγοράς του, αλλά και το χαρακτηρισμό τους, ως ιδανικό αμάξι πόλης, όντας στην κατηγορία super mini, το Smart EQ ForFour, παρουσιάζει αυξημένη κατανάλωση, ανεξαρτήτως κύκλου οδήγησης και εποχικότητας. Αφού η κατανάλωση του, βρίσκεται στα ίδια πλαίσια, με ένα όχημα της κατηγορίας luxury SUV, όπως το Kia e-Niro, το οποίο εκτός των άλλων, θεωρείται αρκετά βαρύτερο, μ' ότι αυτό συνεπάγεται για την καταναλισκόμενη, από αυτό ενέργεια.

5.6.2 Κύκλοι Φόρτισης Ηλεκτρικού Οχήματος

Έχοντας πλέον στη διάθεση μας, όλα τα απαραίτητα δεδομένα, είμαστε σε θέση να αρχίσουμε να τα επεξεργαζόμαστε, με σκοπό τη δημιουργία των πρώτων διαγραμμάτων, όσον αφορά τα καταναλωτικά προφίλ των υπό εξέταση ηλεκτρικών οχημάτων.

Στο σημείο αυτό, να αναφέρουμε, πως για τον υπολογισμό των ετήσιων φορτίσεων των εκάστοτε ηλεκτρικών οχημάτων, εισαγάγαμε τα δεδομένα μας στο Microsoft excel. Έτσι, με τη κατάλληλη χρήση μακροεντολών, αλλά και ανάπτυξη του απαιτούμενου κώδικα VBA (Visual Basic Application), καταφέραμε να προσομοιάσουμε τη διαδικασία και να εξάγουμε τα απαραίτητα στοιχεία. Βέβαια, για να έχει αποτέλεσμα, η όλη διαδικασία, έπρεπε να λάβουμε υπόψιν όλες τις παραμέτρους που αναλύσαμε προηγουμένως.

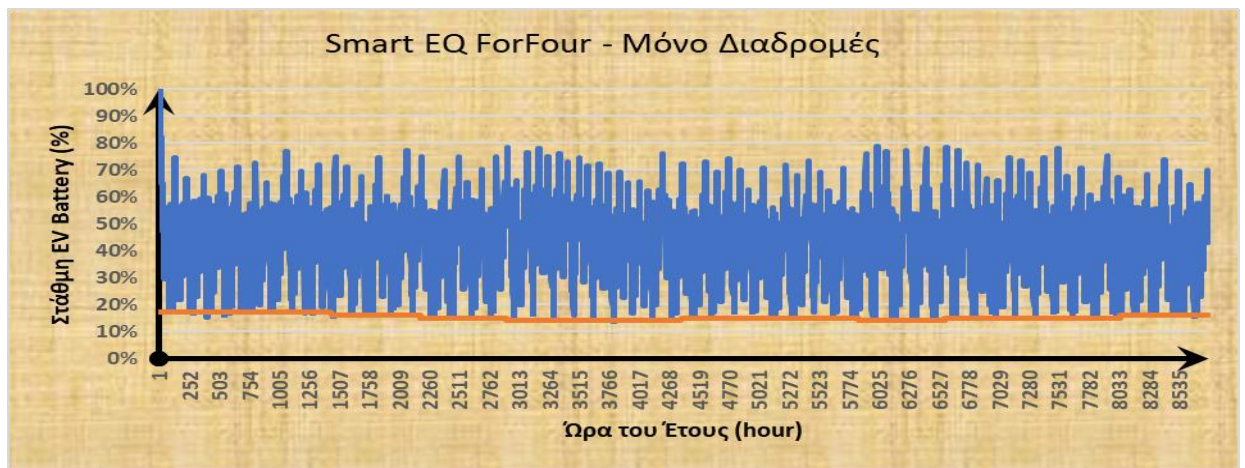
Αρχικά λοιπόν, έπρεπε να θεσπίσουμε ένα σενάριο φορτίσεων σε καθημερινή βάση, έτσι ώστε να μη γίνεται άσκοπη χρήση ενέργειας, την οποία δε θα αξιοποιούσε το όχημα, στο περιβάλλον αυτό. Ενώ, θέλαμε να αποφύγουμε και τις συνεχόμενες ώρες φόρτισης, αφού αφενός περίσσεια ενέργειας δε θα αξιοποιούταν επαρκώς μέσα στην ίδια μέρα, σύμφωνα με τις ημερήσιες ανάγκες, ενώ το όχημα, χωρίς κάποιο ωφέλιμο κέρδος στην αύξηση της ημερήσιας διαθέσιμης αυτονομίας, θα ήταν αδύνατο να το μετακινήσουμε, εν όσο αυτό φορτιζόταν. Έτσι, θεωρήσαμε, πως η φόρτιση θα ήταν απαραίτητη, όταν :

- Η υπολειπόμενη χωρητικότητα της μπαταρίας θα ήταν περίπου ίση με το, εκάστοτε, Emergency Limit, όπως αναφέραμε προηγουμένως.
- Το αμάξι θα έπρεπε να φορτίσει, ώστε να έχει την ελάχιστη απαιτούμενη αυτονομία, για να μπορέσει να φέρει σε πέρας τις ημερήσιες ανάγκες μετακίνησης.
- Η ενέργεια που θα πάρει το όχημα μέσω της διαδικασίας της φόρτισης, θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να εξυπηρετεί, τόσο τη μη παραβίαση του Emergency Limit, όσο και το συνυπολογισμό της ελάχιστης απαίτησης για την ημερήσια κατανάλωση.

Έτσι, καταλήξαμε στο πως το σενάριο, το οποίο συνδυάζει καλύτερα τις παραπάνω απαιτήσεις, είναι η φόρτιση του οχήματος, για μέγιστο χρόνο, αν είναι απαραίτητο, ίσο με δύο ώρες και σε διάστημα, ακριβώς πριν το όχημα χρειασθεί να εγκαταλείψει την οικία. Ενώ να σημειωθεί, πως ακολουθήθηκε ακριβώς το ίδιο σενάριο και στα τρία ηλεκτρικά οχήματα, με μοναδικές διαφοροποιήσεις στα δεδομένα εισαγωγής των ηλεκτρικών οχημάτων. Όπως διάφορα τεχνικά χαρακτηριστικά, σαν την ισχύ φόρτισης και τη χωρητικότητα της μπαταρίας. Ενώ διαφοροποιήσεις, υπάρχουν, όπως αναφέρθηκε και στα εκάστοτε κατώτερα επιτρεπόμενα όρια φόρτισης.

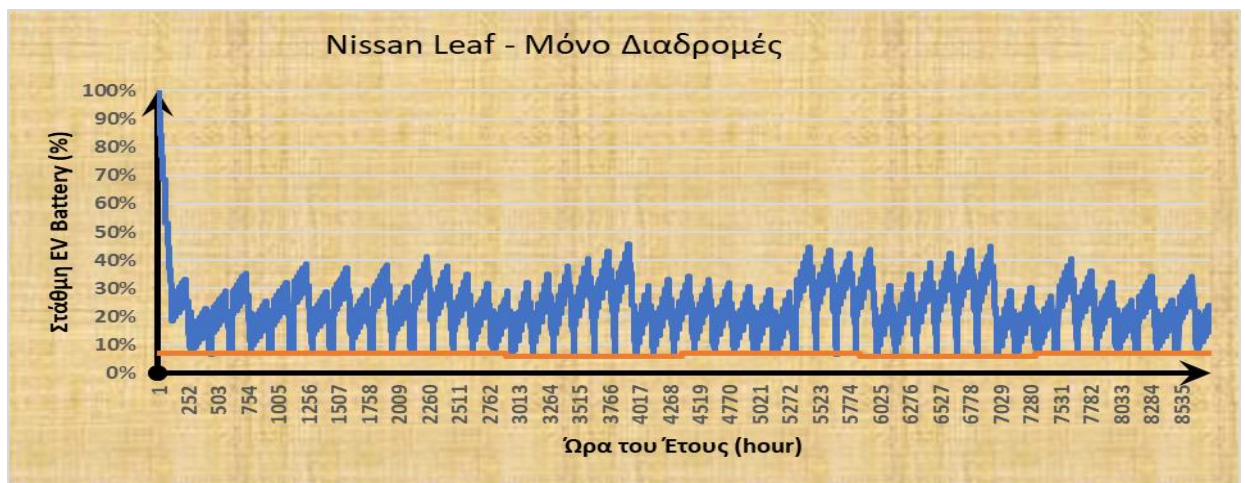
Τέλος, καταγράφοντας όλα τα παραπάνω σε μορφή κώδικα VBA, καταφέραμε να εξάγουμε τα παρακάτω διαγράμματα, σχετικά με τις διακυμάνσεις στη στάθμη, του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος. Ενώ, να σημειώσουμε πως σύμφωνα με δεδομένα ανάλογων ερευνών (51–53), θεωρήσαμε βαθμό απόδοσης ίσο με 95%, τόσο για τη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος.

Smart EQ ForFour



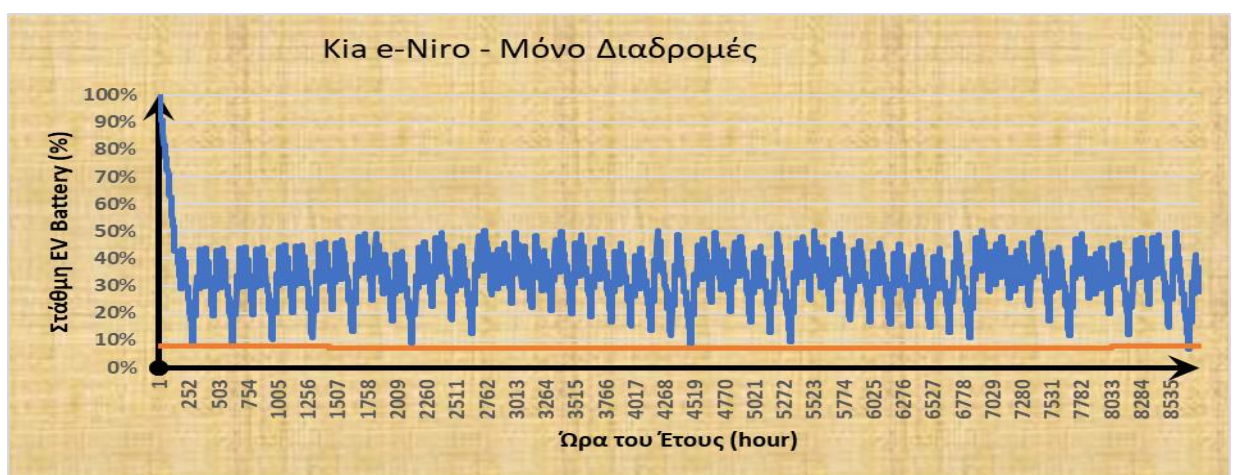
Διάγραμμα 9. Ωριαία Διακύμανση SoC - Smart EQ ForFour

Nissan Leaf



Διάγραμμα 10. Ωριαία Διακύμανση SoC - Nissan Leaf

Kia e-Niro



Διάγραμμα 11. Ωριαία Διακύμανση SoC - Kia e-Niro

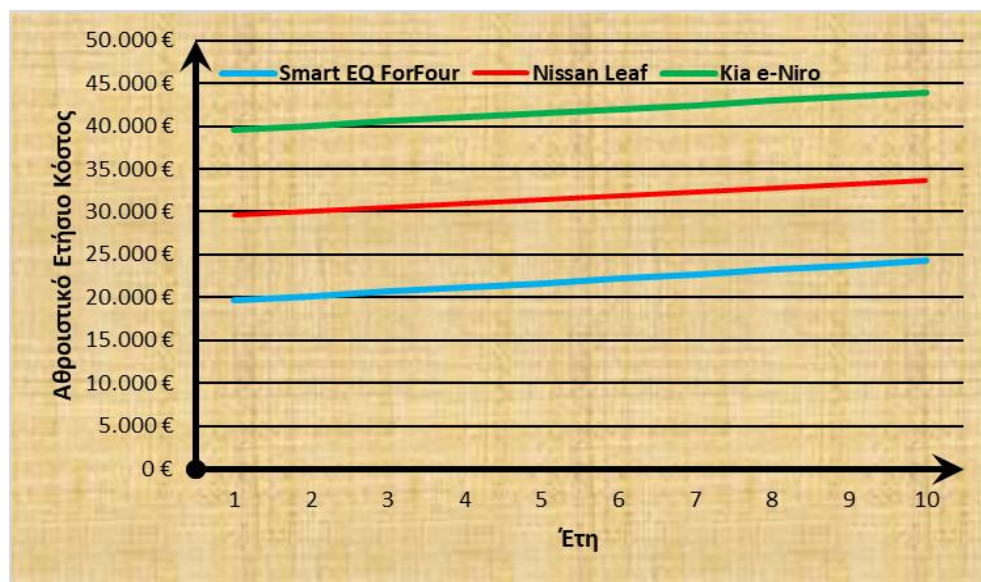
Σε συνέχεια των παραπάνω διαγραμμάτων, παραθέτουμε τον ακόλουθο πίνακα, όπου διαφαίνονται η συνολική ετήσια, απαιτούμενη ενέργεια, καθώς και το κόστος αυτής.

Ηλεκτρικό Όχημα	Καταναλωση (kWh/year)	Ετήσιο Κόστος Χρήσης	Κόστος Αγοράς
Smart EQ ForFour	2566,8	513 €	19.120 €
Nissan Leaf	2293,2	459 €	29.090 €
Kia e-Niro	2404,8	481 €	39.090 €
M.E.K. (2.10€/lt)	-	2.258 €	-

Πίνακας 16. Ετήσιο Κόστος Χρήσης και Κόστος Αγοράς του εκάστοτε EV

Αρχικά, να αναφέρουμε, πως όπως παρατηρούμε, από το παραπάνω αθροιστικό πίνακα, η ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια από το Nissan Leaf, είναι λιγότερη από αυτή που απαιτείται για την χρήση, των άλλων δύο οχημάτων. Έτσι, και το ετήσιο κόστος χρήσης παραμένει μικρότερο. Ενώ, να σημειωθεί, πως θεωρήσαμε κόστος χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, σταθερό και ίσο με 0.2 (€/kWh).

Βέβαια, παρόλο που το ετήσιο κόστος του Nissan Leaf είναι μικρότερο των άλλων δύο, αν συνυπολογίσουμε και το αρχικό κόστος αγοράς, εκεί παρατηρούμε πως το Smart EQ ForFour, προσφέρει ελκυστικότερο πακέτο, παρόλο που παρουσιάζει το μεγαλύτερο κόστος χρήσης. Το γεγονός αυτό, διαφαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, όπου παρατηρούμε το συνολικό ετήσιο κόστος, στο οποίο συνυπολογίζεται και η αγορά του οχήματος. Ενώ, να σημειωθεί, ότι δε περιλαμβάνονται δείκτες απαξίωσης του χρήματος στο βάθος του χρόνου. Ακόμη, στο παρακάτω διάγραμμα, πραγματοποιήσαμε ανάλυση μέχρι και σε βάθος 10ετίας, αφού η μπαταρία του οχήματος έχει εκτιμώμενο χρόνο ζωής, περί τα 8 έτη, οπότε και με το πέρας αυτού του διαστήματος αντικατάσταση αυτής ή και του οχήματος. Οπότε δεν έχει νόημα, η ανάλυση σε πιο εκτεταμένο χρονικό διάστημα.

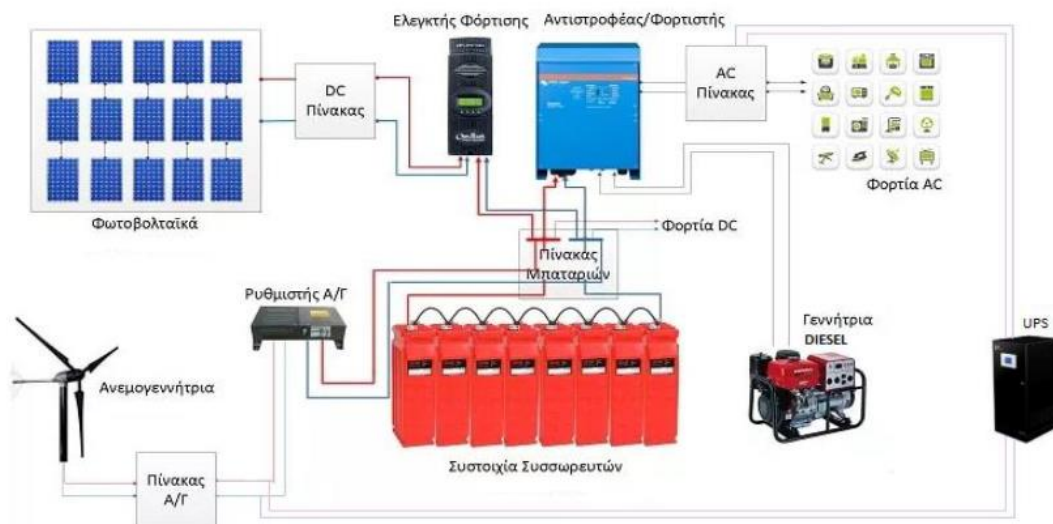


Διάγραμμα 12. Διακύμανση Ετήσιου Αθροιστικού Κόστους για το εκάστοτε EV

6 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα εξετάσουμε μια υβριδική εγκατάσταση, της οποίας τα συνεργαζόμενα τμήματα, θα είναι οι Α.Π.Ε. (Φ/Β, Α/Γ), η οικία και το εκάστοτε ηλεκτρικό όχημα. Εξετάζουμε δηλαδή το σενάριο Grid2Vehicle, όπου ουσιαστικά το εκάστοτε ηλεκτρικό όχημα, θα μπορεί να ανταλλάσσει ενέργεια με την οικία. Στην ενότητα όμως αυτή, θα αναλύσουμε κάποια στοιχεία για το κομμάτι των Α.Π.Ε.

Ας πάρουμε όμως τα πράγματα από την αρχή. Έτσι, όσον αφορά το ζεύγος των Α.Π.Ε., Φ/Β και Α/Γ, αν αυτά συνυπήρχαν μόνα τους σε μία συνηθισμένη, αυτόνομη υβριδική εγκατάσταση, αυτή θα έμοιαζε με το σχεδιάγραμμα της παρακάτω εικόνα.



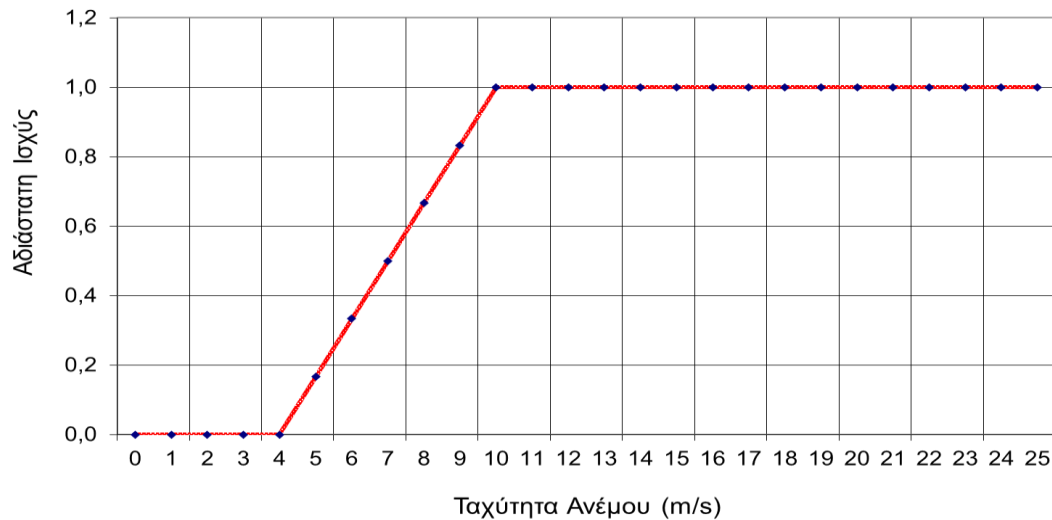
Εικόνα 36. Τυπική Υβριδική Εγκατάσταση ΑΠΕ (54,55)

Όμως εμείς στην υπό εξέταση περίπτωση, αντικαθιστούμε ουσιαστικά τη συστοιχία συσσωρευτών, με τη μπαταρία που φέρει το εκάστοτε ηλεκτρικό όχημα. Ενώ, ως σενάριο εκτάκτου ανάγκης, χρησιμοποιούμε τη λύση του διασυνδεδεμένου δικτύου, και όχι ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους, που καταναλώνει κάποιο ορυκτό καύσιμο. Αυτά βέβαια, θα αναλυθούν εκτενώς, σε επόμενη ενότητα.

Στη συγκεκριμένη παράγραφο, θα αναλύσουμε τη λειτουργία των Φ/Β και της Α/Γ, και πως αυτή δύναται να επηρεαστεί από διάφορους κλιματολογικούς παράγοντες που απαντώνται στην υπό εξέταση περιοχή. Έτσι στη συνέχεια, παραθέτουμε τα χαρακτηριστικά διαγράμματα των Φ/Β και της Α/Γ, όπως αυτά παρέχονται από τους κατασκευαστές τους.

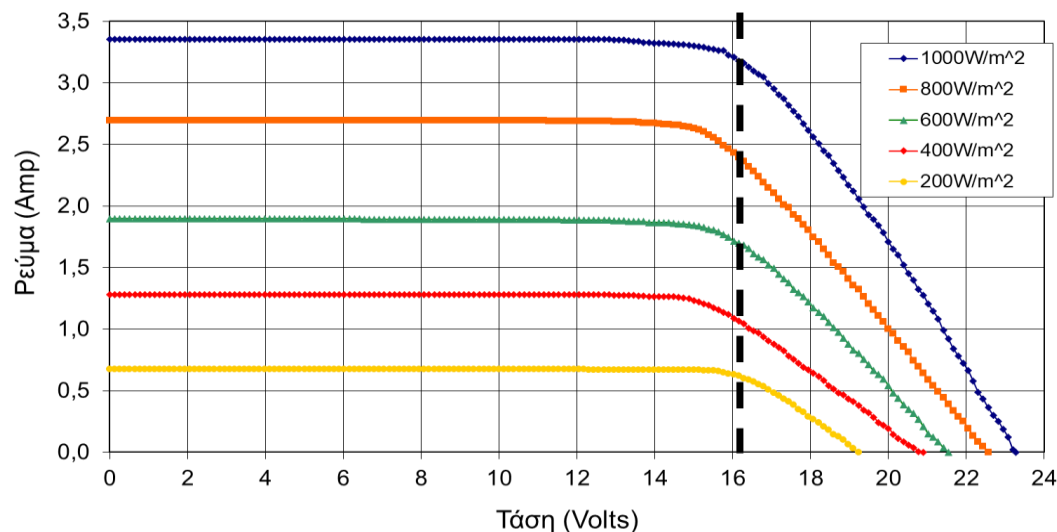
6.1 Χαρακτηριστικά Διαγράμματα

Τυπική Καμπύλη Αδιάστασης Ισχύος A/Γ



Εικόνα 37. Καμπύλη Αδιάστατης Ισχύος A/Γ (54,55)

Kyocera LA361-K51S Panel (51W_p)



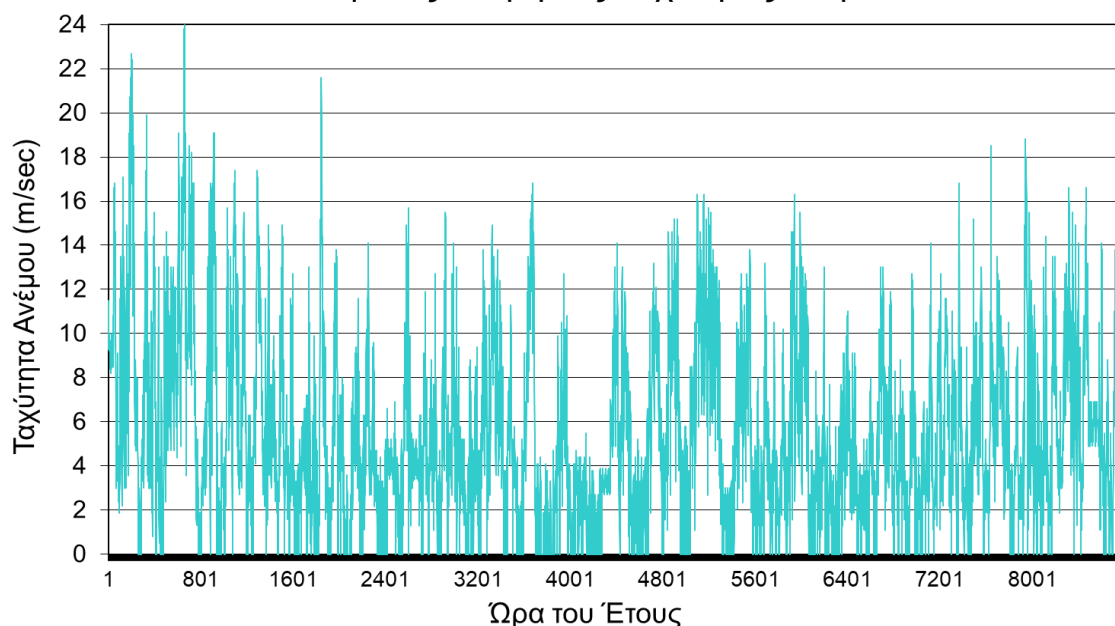
Εικόνα 38. Χαρακτηριστική Καμπύλη Φ/B (54,55)

6.2 Κλιματολογικά Δεδομένα

Τα κλιματολογικά δεδομένα, αφορούν το αιολικό και ηλιακό προφίλ, της επιλαχούσας περιοχής μελέτης. Αυτά, επιλέχθηκαν, ώστε να συμφωνούν με τις ανάλογες επιλογές που πραγματοποιήσαμε σε προηγούμενα σκέλη της εργασίας μας

Αρχικά, όσον αφορά τα ανεμολογικά δεδομένα, εφόσον επιθυμούμε να μελετήσουμε μία περιοχή η οποία θα βρίσκεται εντός αστικού κύκλου, θεωρήσαμε πως έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε, δεδομένα ισχύος αιολικού δυναμικού, προσομοιάζοντας έτσι της επιθυμητές συνθήκες. Βέβαια, να τονίσουμε ότι η επιλογή δυσμενών συνθηκών ανέμου, για τη βέλτιστη αξιοποίηση μίας Α/Γ, πραγματοποιείται, λόγω της τοπογραφίας που εντοπίζεται σε πολλές μεγαλοπόλεις, όπου η σκίαση τόσο από γειτονικά κτήρια, όσο και λόγω του ανάγλυφου της περιοχής. Έτσι, στη συνέχεια, παραθέτουμε το ακόλουθο διάγραμμα, που παρουσιάζει τις ωριαίες ταχύτητες του ανέμου σε βάθος ενός έτους.

Ωριαίες Μετρήσεις Ταχύτητας Ανέμου

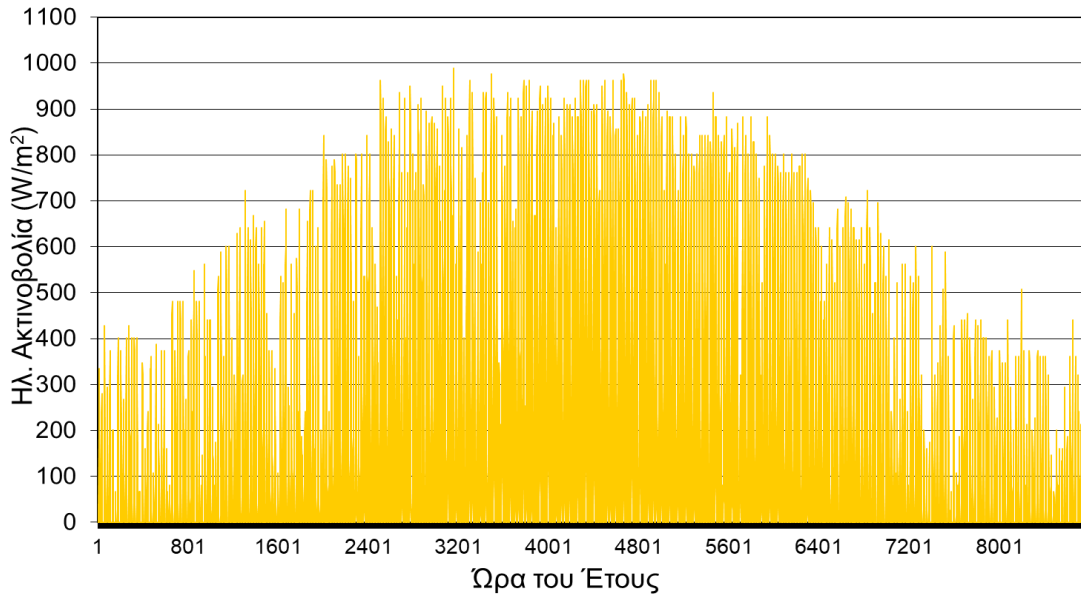


Διάγραμμα 13. Ωριαίες Μετρήσεις Ταχύτητας Ανέμου (54)

Όπου παρατηρούμε ιδιαίτερα αυξημένες μετρήσεις, όπως είναι λογικό κατά τη χειμερινή περίοδο. Επίσης, παρατηρούμε πως ανά διαστήματα, εντοπίζεται απρόσκοπτη λειτουργία, αλλά και παραγωγή της Α/Γ, αφού παρατηρούνται διαστήματα, όπου η ταχύτητα του ανέμου είναι συνεχώς μεγαλύτερη των 4m/s, όπως απαιτείται σύμφωνα με το διάγραμμα αδιάστατης ισχύος της Α/Γ. Επιπρόσθετα, αρκετές είναι και οι ώρες του έτους, που η ταχύτητα δεν επαρκεί για τη παραγωγή ισχύος από την ανεμογεννήτρια. Οι ώρες αυτές, αντιστοιχούν στο 43% του έτος. Ενώ, στο υπόλοιπο 57% των ωρών του έτους, οι μετρήσεις μέσης ταχύτητας ανέμου, βρίσκονται στο επιθυμητό πεδίο, όπου η Α/Γ δύναται να παράγει ισχύ. Επίσης, η μέση τιμή των παραπάνω μετρήσεων, όταν εντοπίζονται στο επιθυμητό φάσμα, κυμαίνεται περί τα 8.1 m/s. Ακόμη, όσον αφορά την επιλαχούσα περιοχή γενικότερα, αυτή παρουσιάζει μέση ταχύτητα ανέμου, ίση με 5.5 m/s, καθιστώντας έτσι, μία περίπτωση δυσχαιρών συνθηκών, όσον αφορά το αιολικό δυναμικό, γεγονός που είναι απόλυτα επιθυμητό, όπως εξηγήθηκε προηγουμένως.

Στη συνέχεια, παραθέτουμε το παρακάτω διάγραμμα, όπου απεικονίζεται το ηλιακό δυναμικό της περιοχής, σύμφωνα με τις ωριαίες μετρήσεις ηλιακής ακτινοβολίας, σε βάθος ενός έτους.

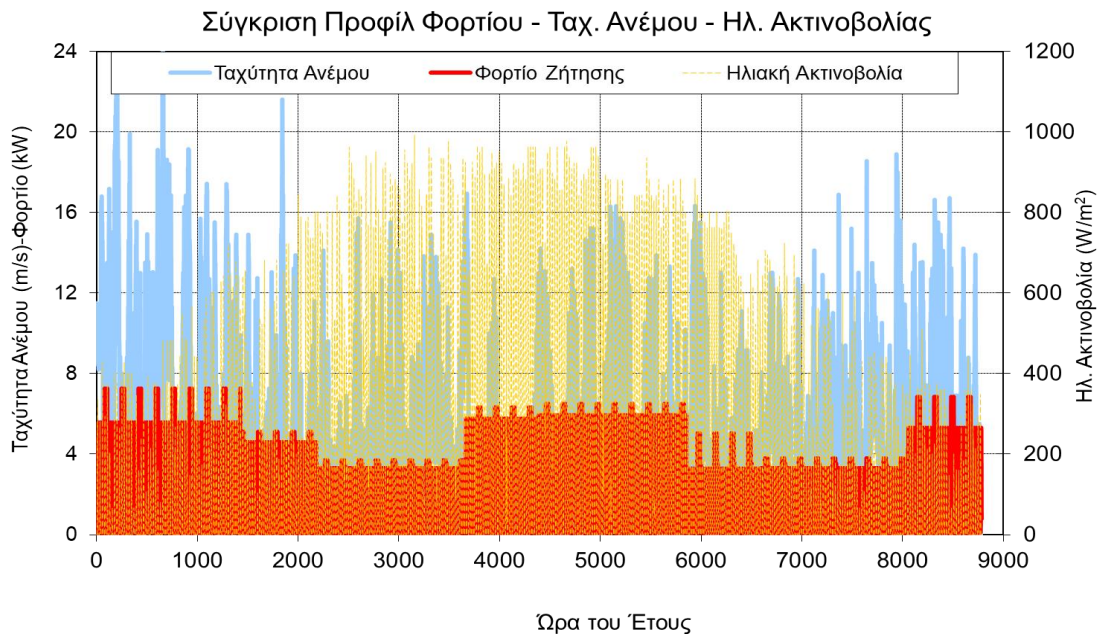
Ωριαίες Μετρήσεις Ηλιακής Ακτινοβολίας



Διάγραμμα 14. Ωριαίες Μετρήσεις Ηλιακής Ακτινοβολίας (54)

Όπου, όπως αναμενόταν, παρατηρούμε αυξημένες τιμές μετρήσεων, από τα τέλη της άνοιξης, ως και τα τέλη του καλοκαιριού, οπότε και δύναται να έχουμε τη μέγιστη δυνατή παραγωγή από τη συστοιχία των Φ/Β μας.

Τελειώνοντας με τα κλιματολογικά δεδομένα, θεωρήσαμε χρήσιμο, να παραθέσουμε το ακόλουθο συγκριτικό διάγραμμα, όπου παραθέτουμε τα παραπάνω αιολικά και ηλιακά προφίλ, σε σχέση με το φορτίο ζήτησης της υπό εξέταση οικίας.



Διάγραμμα 15. Συγκριτικό Διάγραμμα Αιολικού & Ηλιακού Δυναμικού - Φορτίο Ζήτησης Οικίας

7 Αμφίδρομη V2H Λειτουργία (Bidirectional V2H)

Στο σημείο αυτό της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα επιχειρήσουμε να πραγματοποιήσουμε μία τεχνοοικονομική ανάλυση, του συστήματος “Οικία - Ηλεκτρικό Όχημα –Α.Π.Ε.–Δίκτυο Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας”.

Σε προηγούμενες ενότητες της εργασίας μας, είχαμε παραθέσει και επεξεργαστεί δεδομένα, με σκοπό τη παραγωγή και καταγραφή των απαιτούμενων στοιχείων, για κάθε ένα από τα κομμάτια του παραπάνω συστήματος. Έτσι, στο σημείο αυτό, έχοντας το απαραίτητο υπόβαθρο, θα προσπαθήσουμε να μελετήσουμε τη συνεργασία των παραπάνω αυτών μελών, όταν η λειτουργία του ενός, είναι αλληλένδετη και άρρηκτα συνδεδεμένη, με τη λειτουργία των υπολοίπων.

Συνεχίζοντας, πρέπει να παραθέσουμε το βασικό σενάριο λειτουργίας, όπως αυτό επιθυμούμε να δουλέψει. Έτσι, πρέπει να αναλύσουμε κάθε κομμάτι της αμφίδρομης αυτής κατάστασης και πως αυτό, συνδέεται με τα εναπομείναντα.

Πιο συγκεκριμένα, θεωρούμε, πως οι ανάγκες της οικίας θα ικανοποιούνται με την ακόλουθη σειρά προτεραιότητας:

- 1) Α.Π.Ε,
- 2) Α.Π.Ε - Ηλεκτρικό Όχημα,
- 3) Α.Π.Ε - Ηλεκτρικό Όχημα - Δίκτυο Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας,
- 4) Ηλεκτρικό Όχημα,
- 5) Ηλεκτρικό Όχημα - Δίκτυο Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας,
- 6) Δίκτυο Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Ενώ, οι ανάγκες φόρτισης του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος, θα καλύπτονται με την ακόλουθη σειρά προτεραιότητας:

- 1) Α.Π.Ε,
- 2) Α.Π.Ε - Δίκτυο Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας,
- 3) Δίκτυο Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Όπου, όπως καταλαβαίνουμε, ο ρόλος του δικτύου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, θα είναι επικουρικός, και θα εμπλέκεται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει κάποιο έλλειμμα στη ζήτηση της οικίας ή του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος. Αυτό βέβαια δε σημαίνει, πως διαδραματίζει ρόλο ελάχιστονης σημασίας, όπως θα φανεί και στη πορεία.

Ακόμη, να αναφέρουμε, πως θεωρήσαμε βαθμό απόδοσης ίσο με 95%, τόσο για τη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος (από Οικία ή Διασυνδεδεμένο Δίκτυο Παροχής), όσο και για τη παροχή φορτίου από τη μπαταρία του ηλεκτρικού οχήματος στην οικία. Ενώ, όσον αφορά τις παραμέτρους φόρτισης, εκφόρτισης της μπαταρίας των ηλεκτρικών οχημάτων, αυτές, αναλύονται ακολούθως:

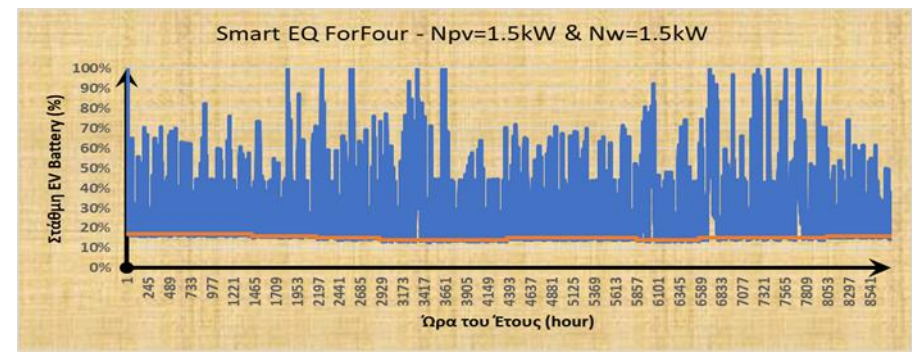
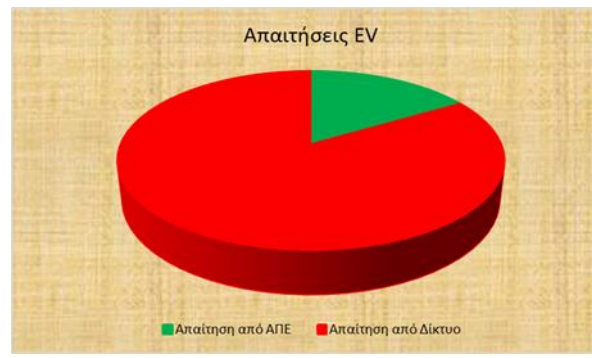
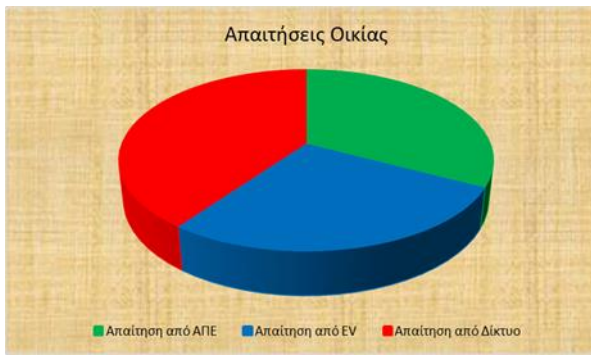
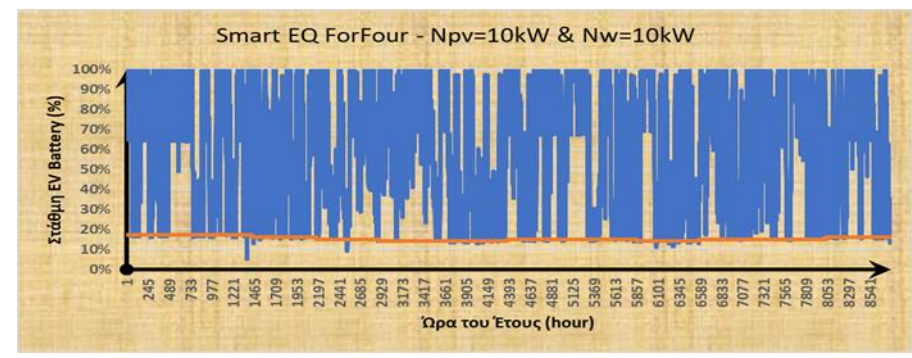
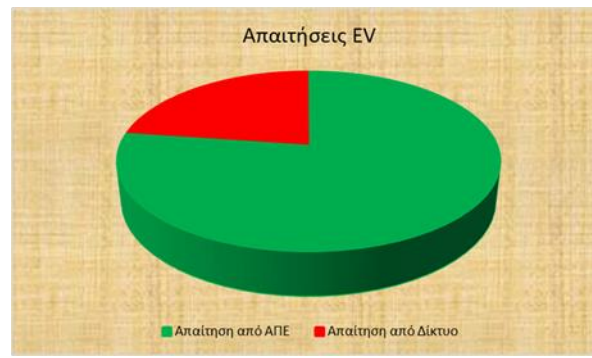
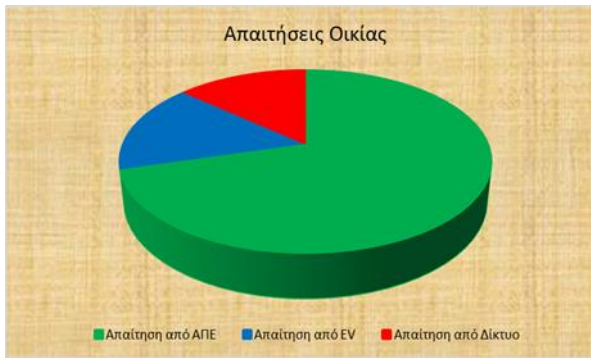
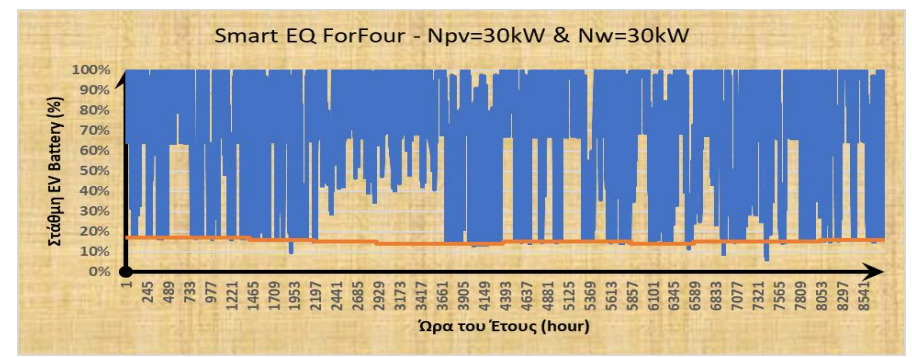
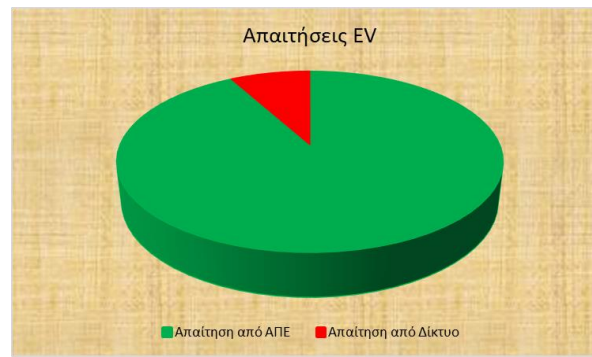
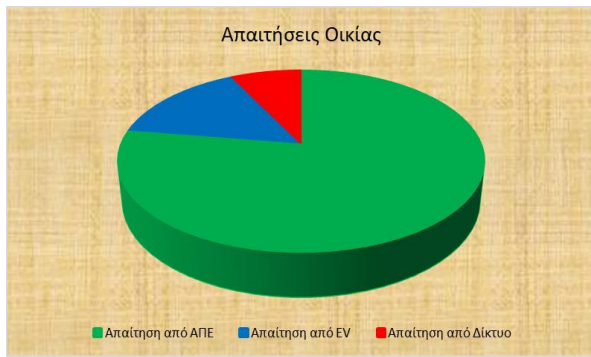
- **Φόρτιση EV:** Αρχικά, να αναφέρουμε, πως θεωρήσαμε ότι το εκάστοτε ηλεκτρικό όχημα, δύναται να φορτίσει αποκλειστικά της ώρες που βρίσκεται σταθμευμένο στην οικία, έτσι ώστε να έχουμε πλήρη έλεγχο των ενεργειακών αναγκών του. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, θεωρήσαμε πως δεν υπάρχει λόγος, να συμπεριλάβουμε κριτήρια επιβράδυνσης της γήρανσης του συσσωρευτή. Οπότε και θεωρήσαμε, πως όποτε υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια από τις Α.Π.Ε., έχοντας βέβαια προηγουμένως καλύψει το φορτίο ζήτησης της οικίας, φόρτιση του οχήματος θα συνεχιστεί μέχρι είτε να φορτίσει πλήρως ($SoC_{max} = 100\%$), είτε να εξαντληθεί το ωριαίο πλεόνασμα ενέργειας των Α.Π.Ε., όποιο συμβεί πρώτο. Ακόμη,

αν χρειασθεί η συνδρομή ενέργειας για τη φόρτιση του οχήματος από το διασυνδεδεμένο δίκτυο, ώστε αυτό να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες, μετακίνησης του, η διαδικασία αυτή θα ακολουθηθεί μέχρι, είτε την εξάντληση της μέγιστης επιτρεπόμενης ωριαίας ισχύς φόρτισης του εκάστοτε οχήματος, είτε τη πλήρη φόρτιση της μπαταρίας του, ότι συμβεί πρώτο.

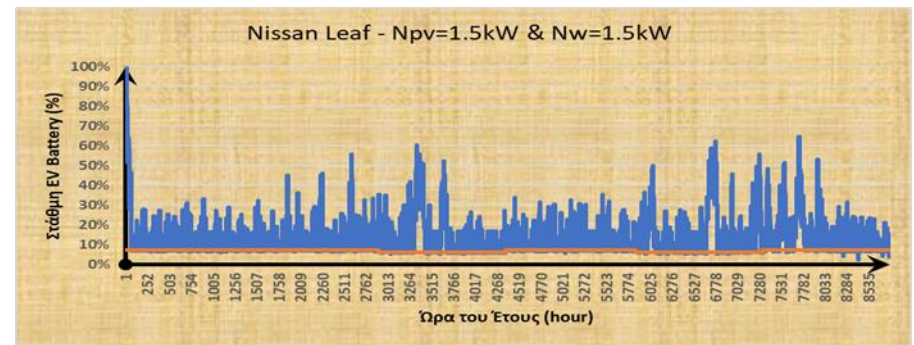
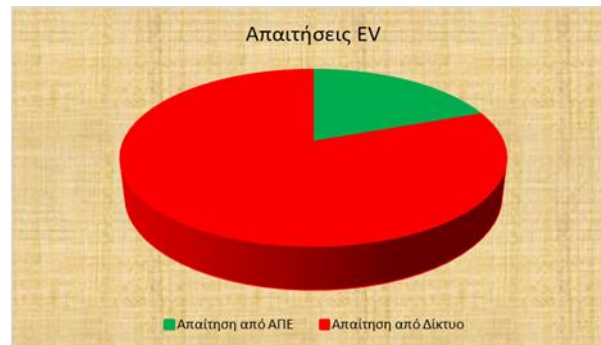
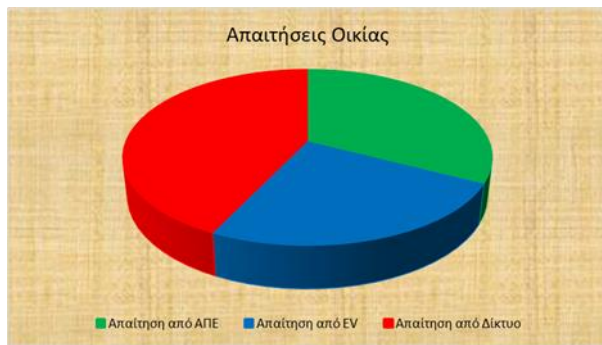
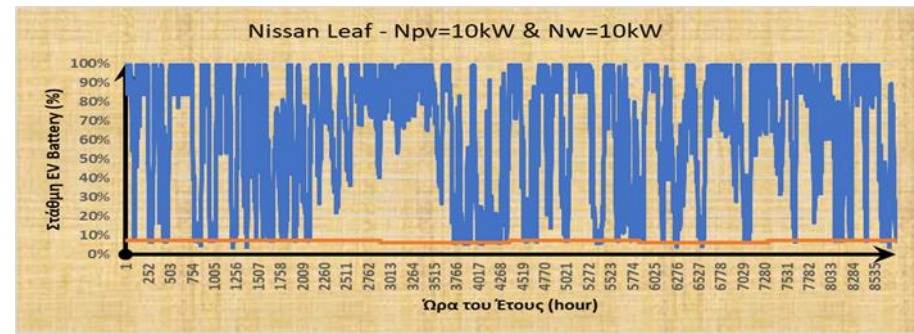
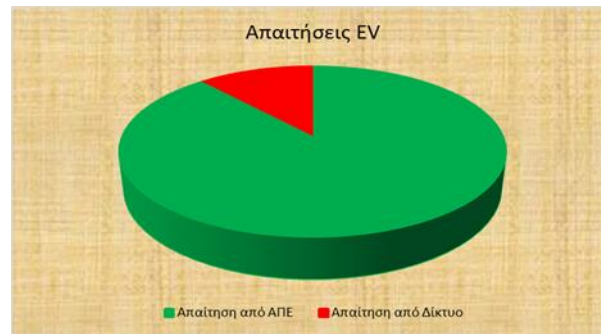
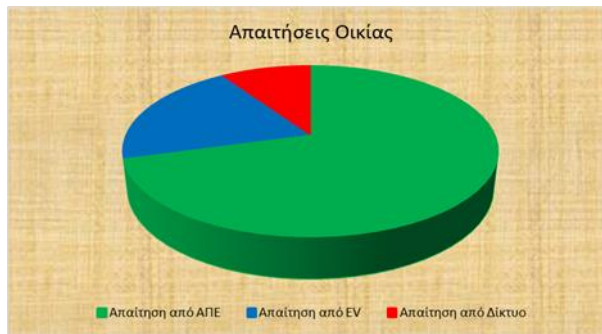
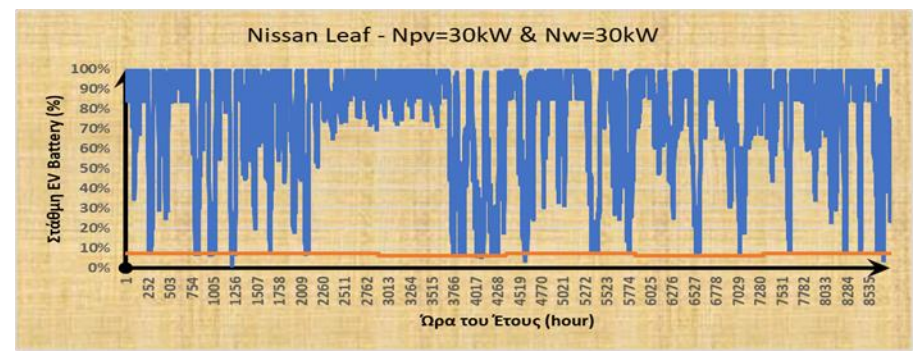
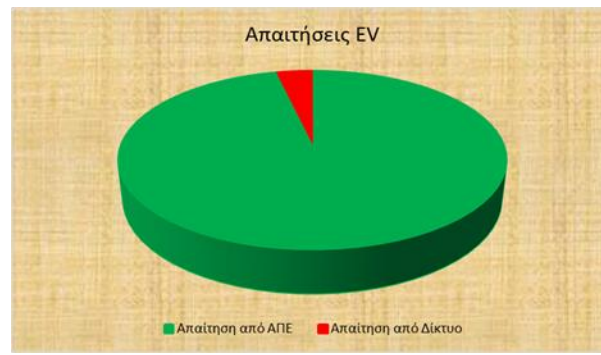
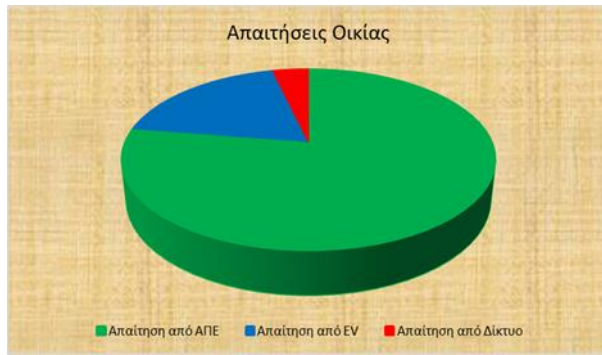
- Εκφόρτιση EV: Όπως και στη διαδικασία φόρτισης της μπαταρίας του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος, έτσι και στην εκφόρτιση, δε συμπεριλάβαμε, κριτήρια επιβράδυνσης της γήρανσης του συσσωρευτή. Έτσι, θέσαμε ότι ελάχιστη επιτρεπόμενη στάθμη εκφόρτισης, θα πρέπει να είναι ίση με το εκάστοτε όριο εκτάκτου ανάγκης ($SoC_{min} = Emergency\ Limit\ [\%]$), όπως αναλύσαμε σε προηγούμενη ενότητα. Ενώ να σημειωθεί, πως η ελάχιστη επιτρεπόμενη στάθμη φόρτισης, μεταβαλλόταν έως και δύο ώρες (δικλείδα ασφαλείας) πριν το αμάξι αποχωρήσει από την οικία για κάποια προγραμματισμένη μετακίνηση, έτσι ώστε, όταν αυτό επέστρεφε από τον προορισμό του, η στάθμη της μπαταρίας του να ήταν αυτή που έπρεπε. Τέλος, να σημειωθεί, πως σε αρκετές περιπτώσεις, ήταν επιβεβλημένη η ανάγκη υπέρβασης αυτού του κατώτατου ορίου, για την ομαλή λειτουργία του σεναρίου μας, αρκεί βέβαια να είχαμε αποδεκτές τιμές ($SoC_{min} \geq 0\%$). Αφού θεωρήσαμε, πιο σημαντικό να μην αγοράσουμε ενέργεια από το δίκτυο, σε σχέση με τη πιθανή ακινητοποίηση του ηλεκτρικού οχήματος για κάποιες ώρες, εκτός βέβαια των ωρών που είναι προγραμματισμένη μια κάποια μετακίνηση. Οπότε, και καταγράψαμε τη παράμετρο αυτή, ώστε να τη σχολιάσουμε στη συνέχεια.

Τέλος, καταγράφοντας όλα τα παραπάνω σε μορφή κώδικα VBA, καταφέραμε να εξάγουμε τα παρακάτω διαγράμματα, σχετικά με τις διακυμάνσεις στη στάθμη του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος. Ενώ ακόμα, παρέχονται διαγράμματα που απεικονίζουν το ποσοστό κάλυψης των αναγκών τόσο της οικίας, όσο και του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος, από τα υπόλοιπα, εν δυνάμει, συνεργαζόμενα μέλη του δικτύωματος. Επιπρόσθετα, παραθέτουμε συγκριτικά διαγράμματα του κόστους παραγόμενης ενέργειας από τις Α.Π.Ε. , συναρτήσει του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος.

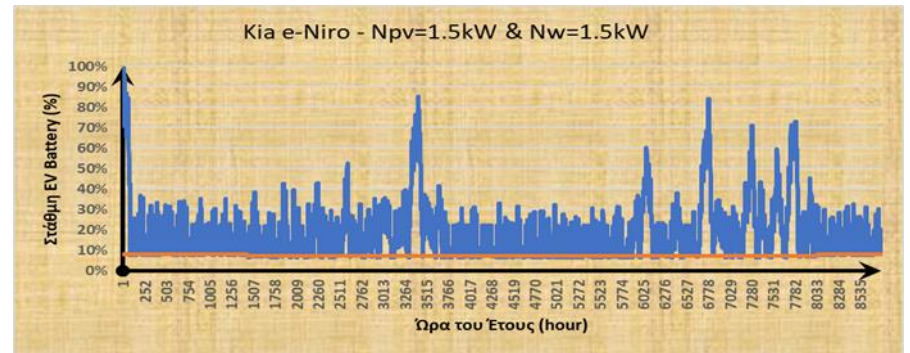
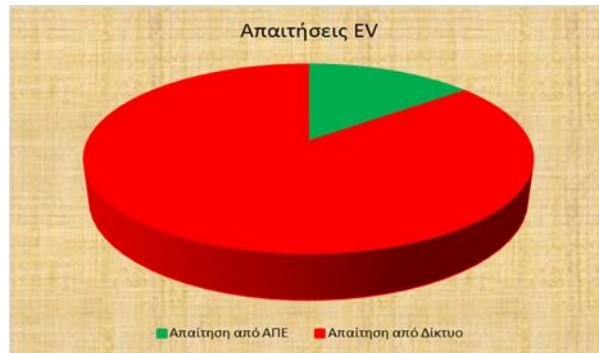
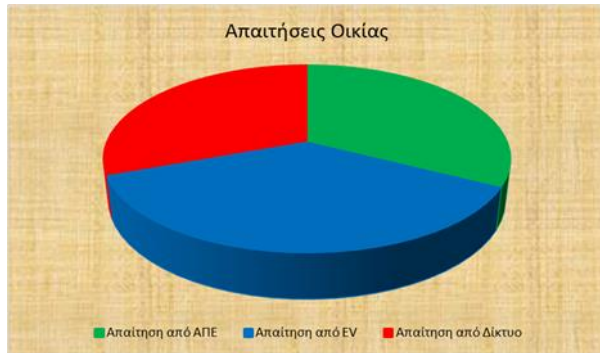
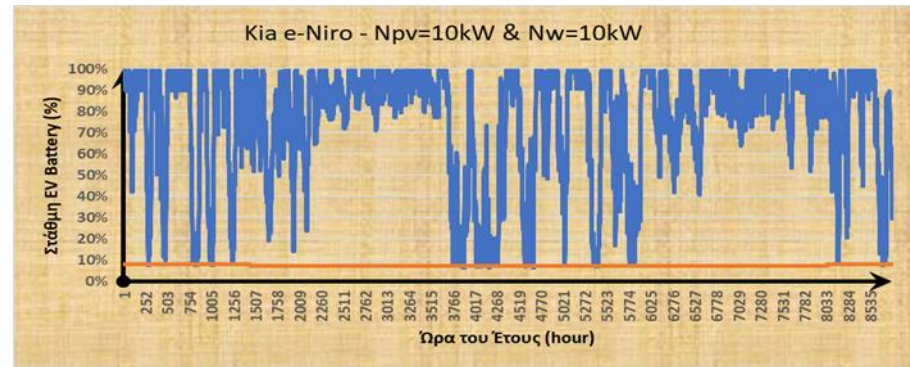
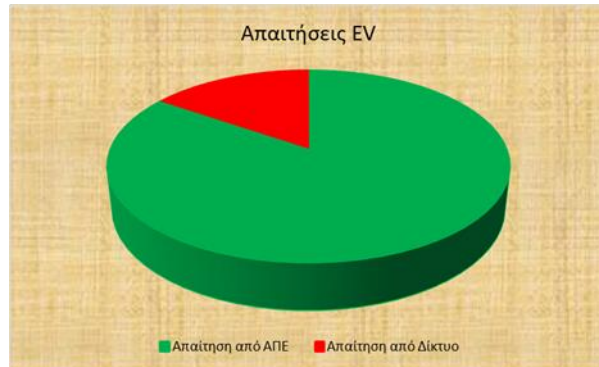
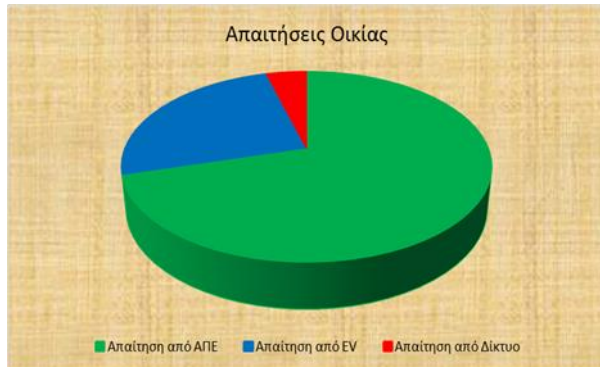
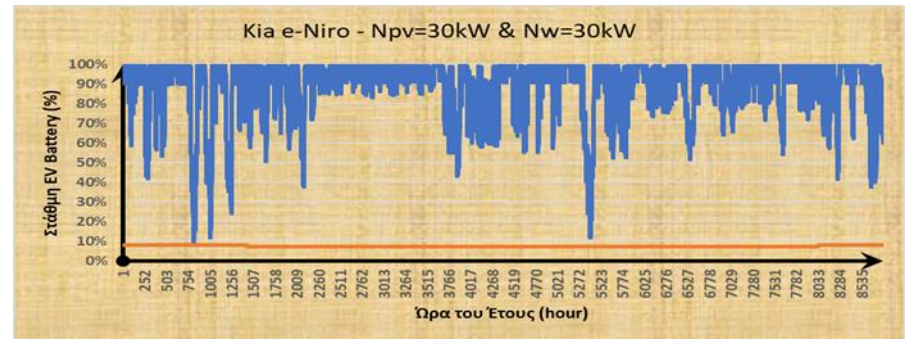
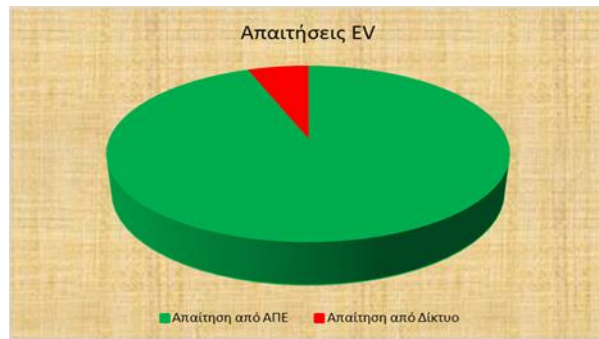
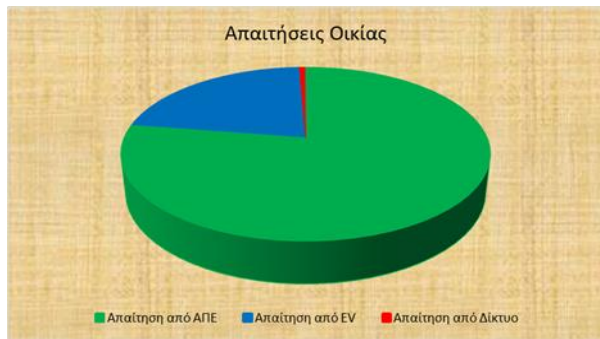
Βέβαια, να διευκρινίσουμε, πως στη συνέχεια παρέχονται κάποια ενδεικτικά διαγράμματα του εύρους των υποπεριπτώσεων που εξετάσαμε, καθώς το σύνολο αυτών, παρέχεται στο παράρτημα που συνοδεύει τη παρούσα εργασία. Ενώ στο παράρτημα επίσης, βρίσκεται και ο κώδικας Visual Basic, που αναπτύξαμε.



Διάγραμμα 16. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμησης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour

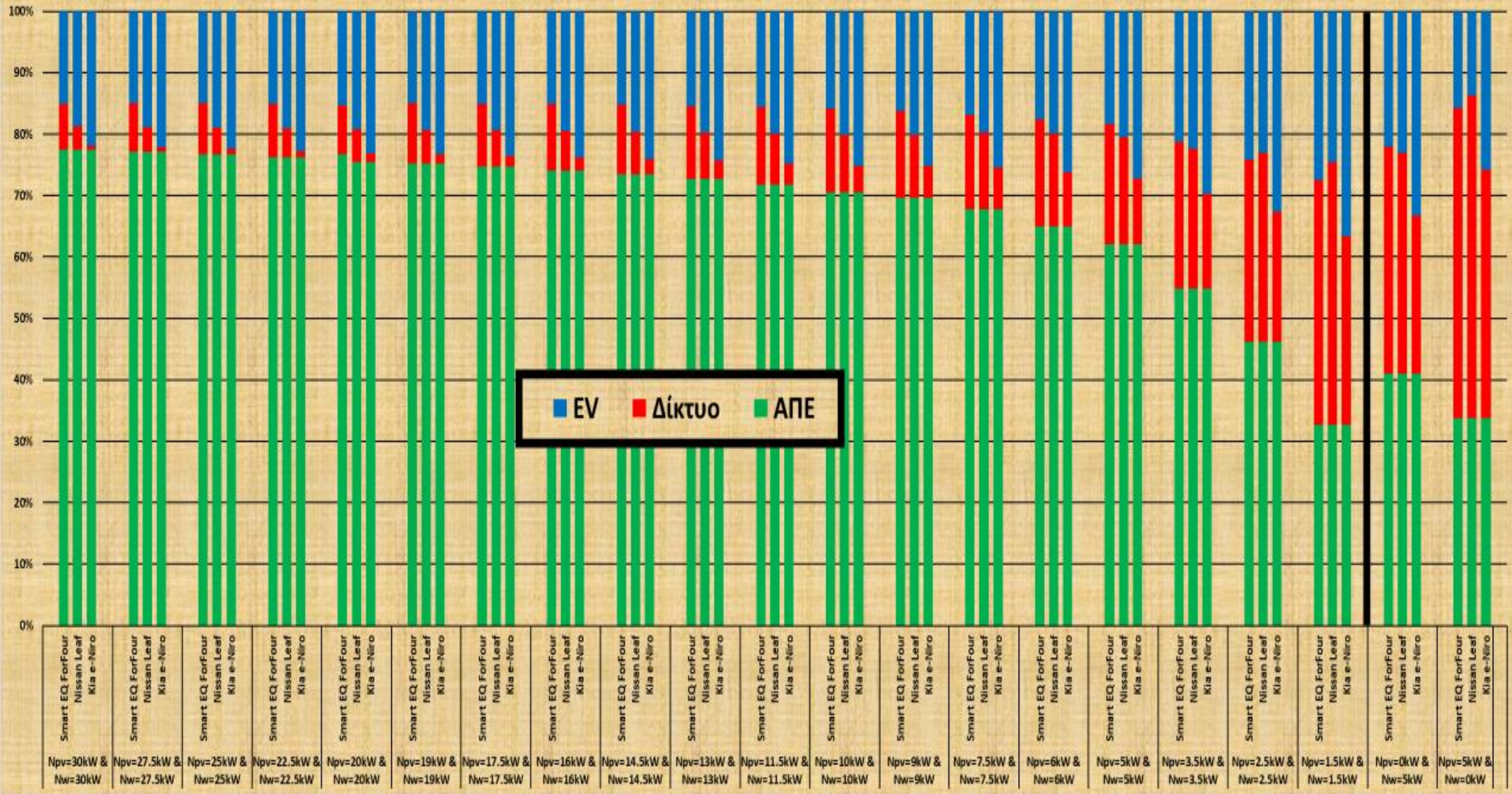


Διάγραμμα 17. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf



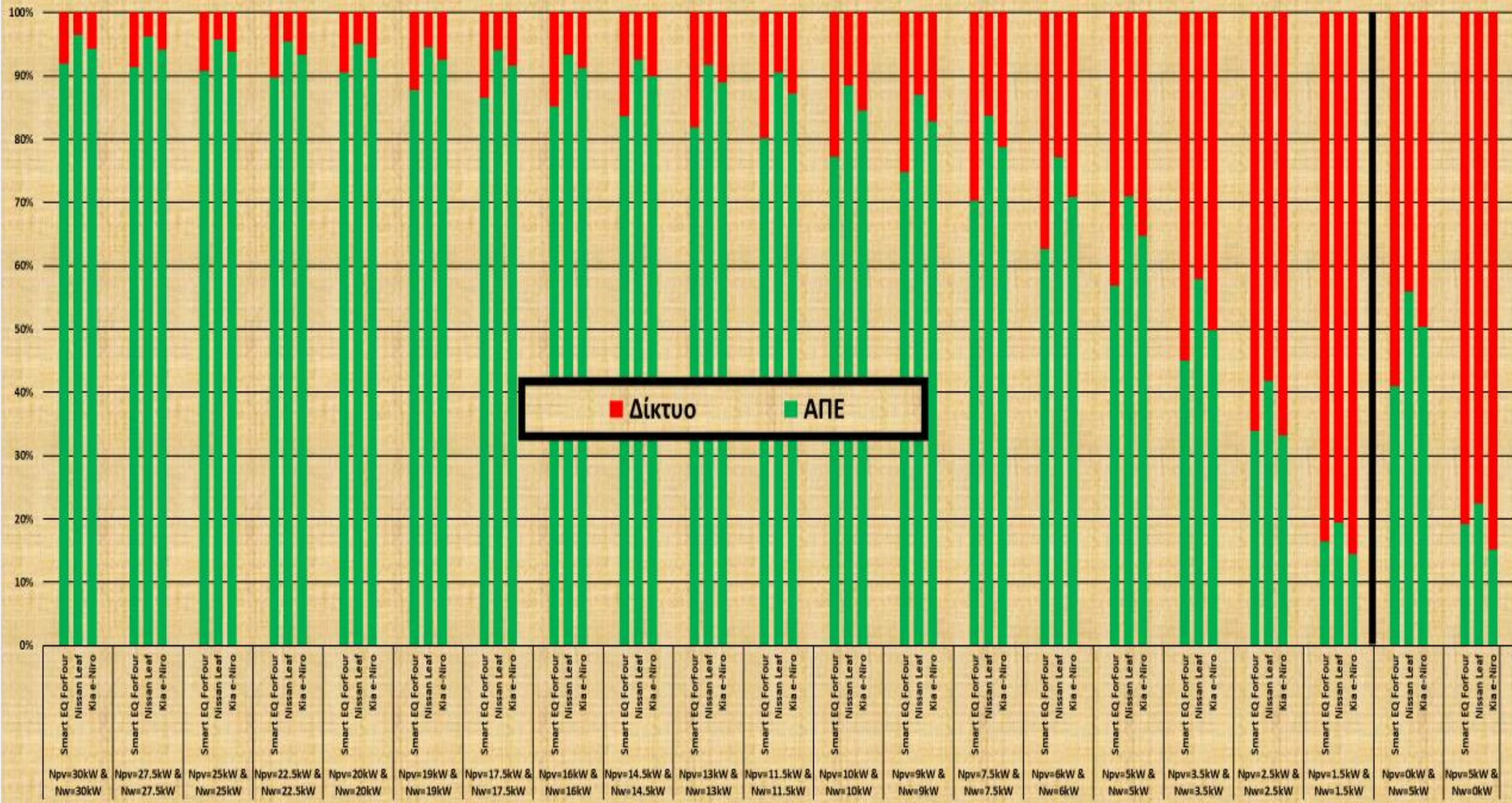
Διάγραμμα 18. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro

Κάλυψη Αναγκών Οικίας

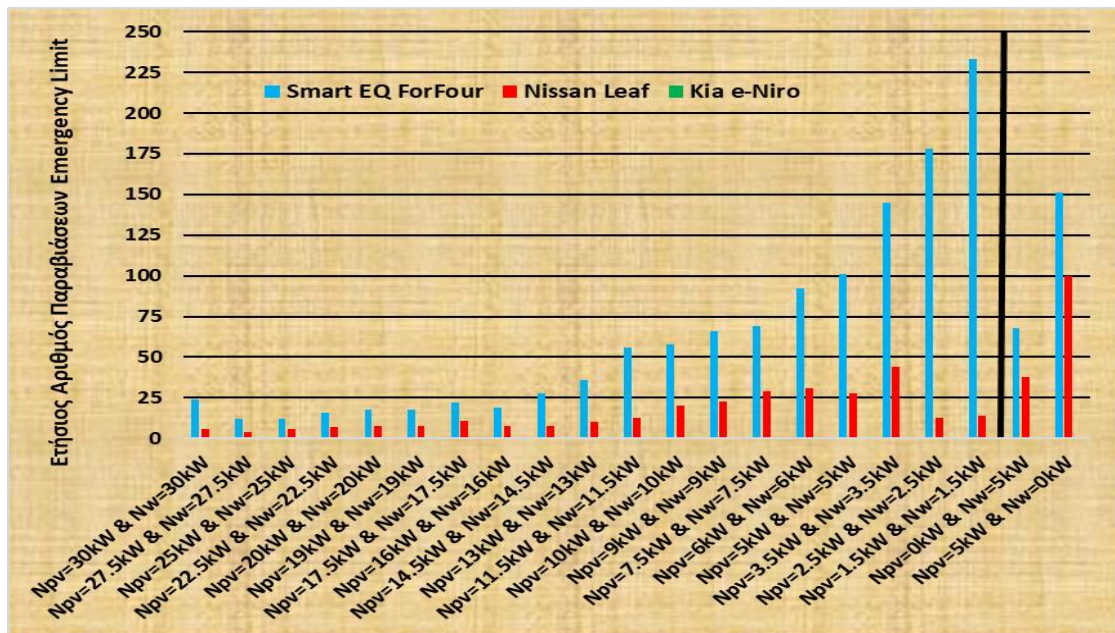


Διάγραμμα 19. Συγκριτικό Διάγραμμα, Ετήσιων Ποσοστών Κάλυψης Απαιτήσεων Οικίας

Κάλυψη Αναγκών Ηλεκτρικού Οχήματος



Διάγραμμα 20. Συγκριτικό Διάγραμμα, Ετήσιων Ποσοστών Κάλυψης Απαιτήσεων EVs



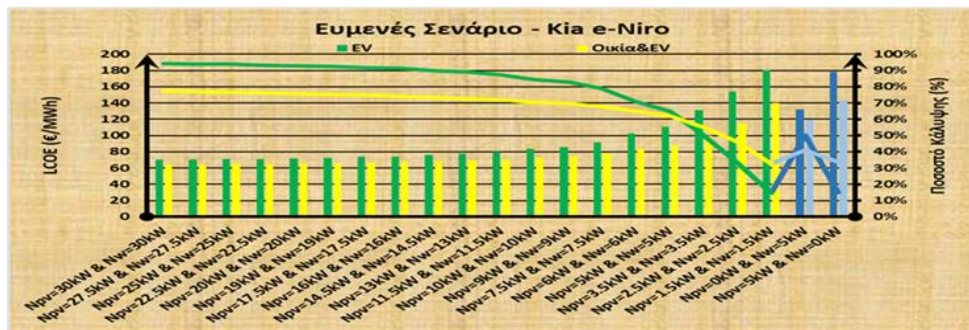
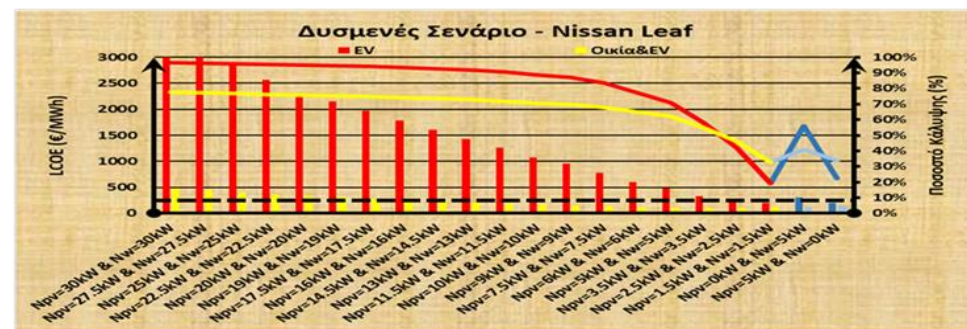
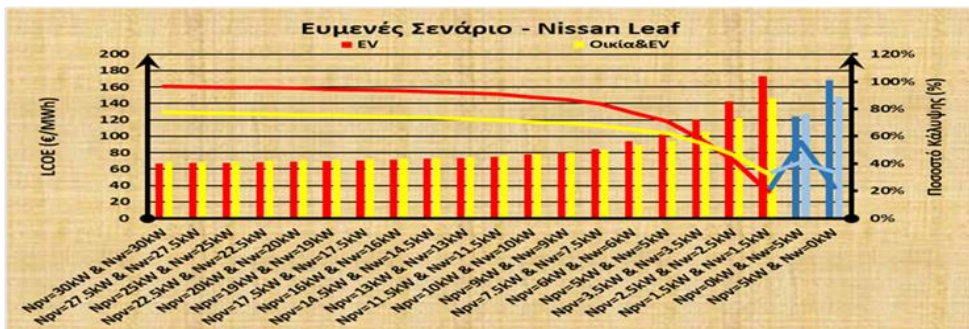
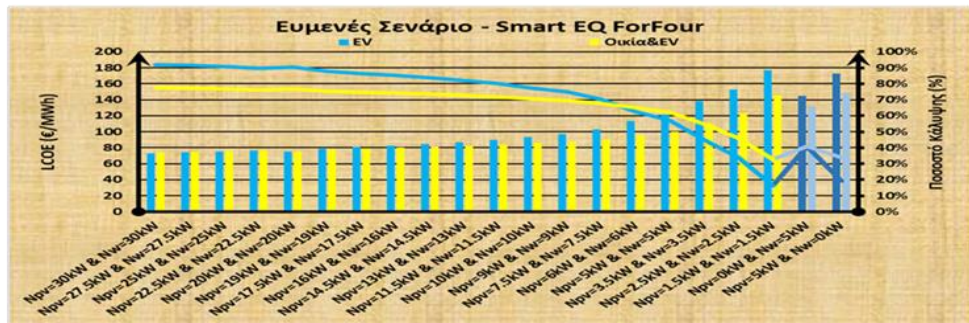
Διάγραμμα 21. Συγκριτικό Διάγραμμα Ετήσιου Αριθμού Παραβιάσεων Emergency Limit

Αρχικά, ένα πρώτο σχόλιο σχετικά με τα διαγράμματα που απεικονίζουν τη στάθμη των συσσωρευτών του εκάστοτε οχήματος, είναι πως όπως, αναμενόταν, όσο μειώνεται η διαθέσιμη παραγωγή από τις Α.Π.Ε, τόσο μειώνεται και η μέγιστη στάθμη. Αφού όπως εξηγήσαμε προηγουμένως, πλήρη φόρτιση, επιζητάμε, μόνο όταν επιτρέπεται από τη περίσσεια ενέργειας των Α.Π.Ε. Ακόμη, την άνοιξη και το φθινόπωρο, όπου τόσο το αιολικό, όσο και το ηλιακό δυναμικό της περιοχής, συμβάλλουν στη παραγωγή αξιοσημείωτων ποσών ενέργειας, αλλά και οι μέσες θερμοκρασίες, δεν επιβαρύνουν αρκετά τη κατανάλωση της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος, παρατηρούνται διαστήματα, όπου η στάθμη των συσσωρευτών, βρίσκεται σε αρκετά μεγάλο ποσοστό.

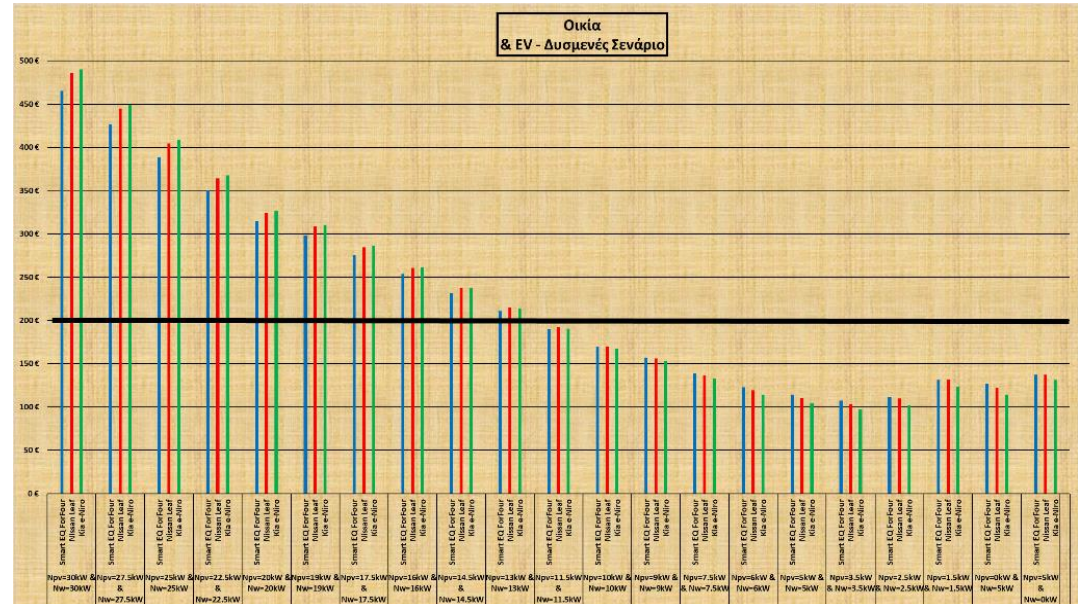
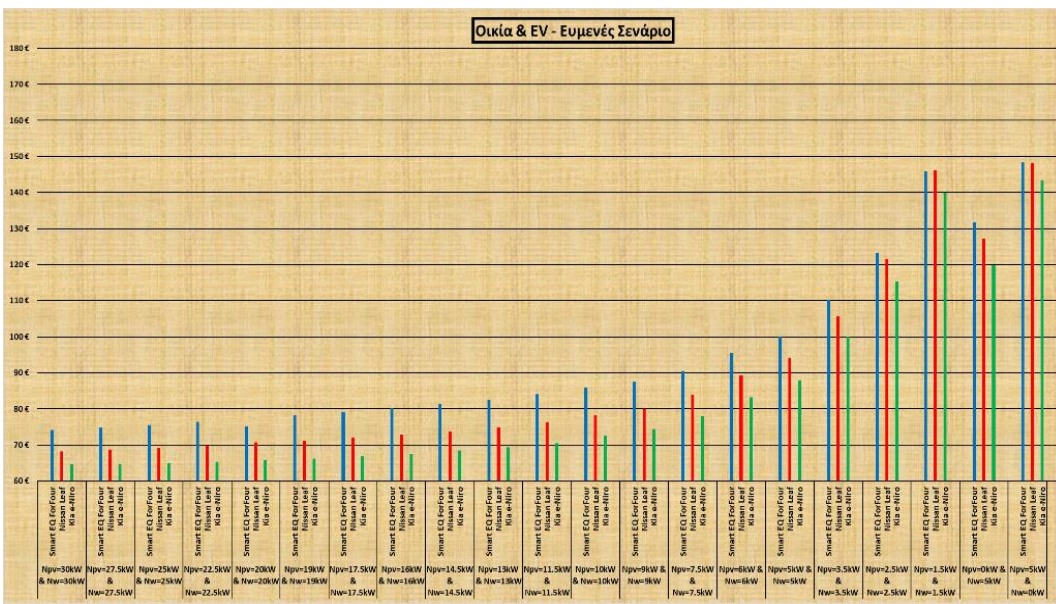
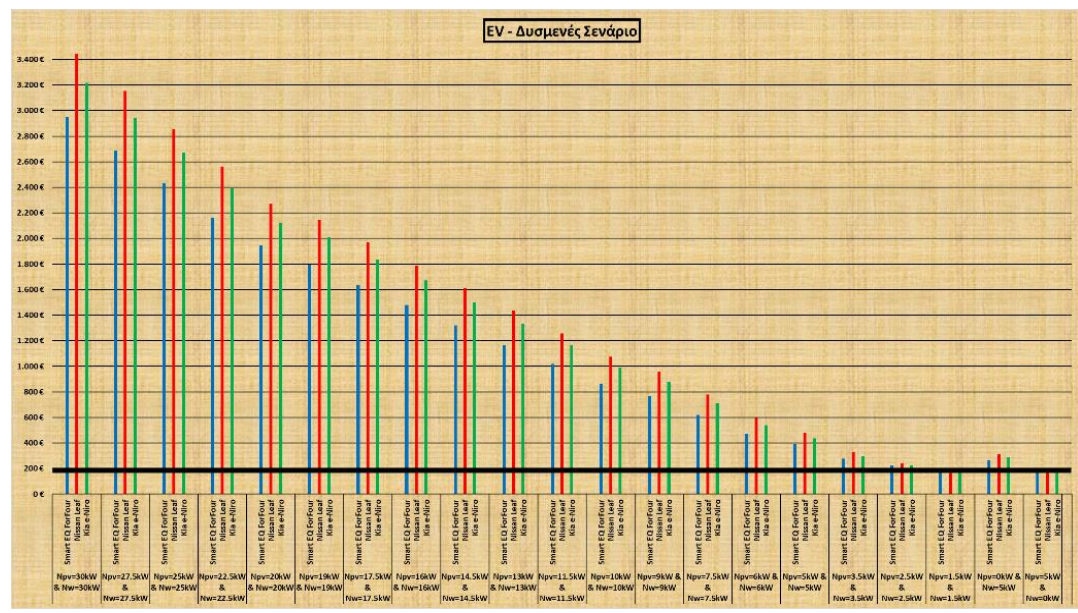
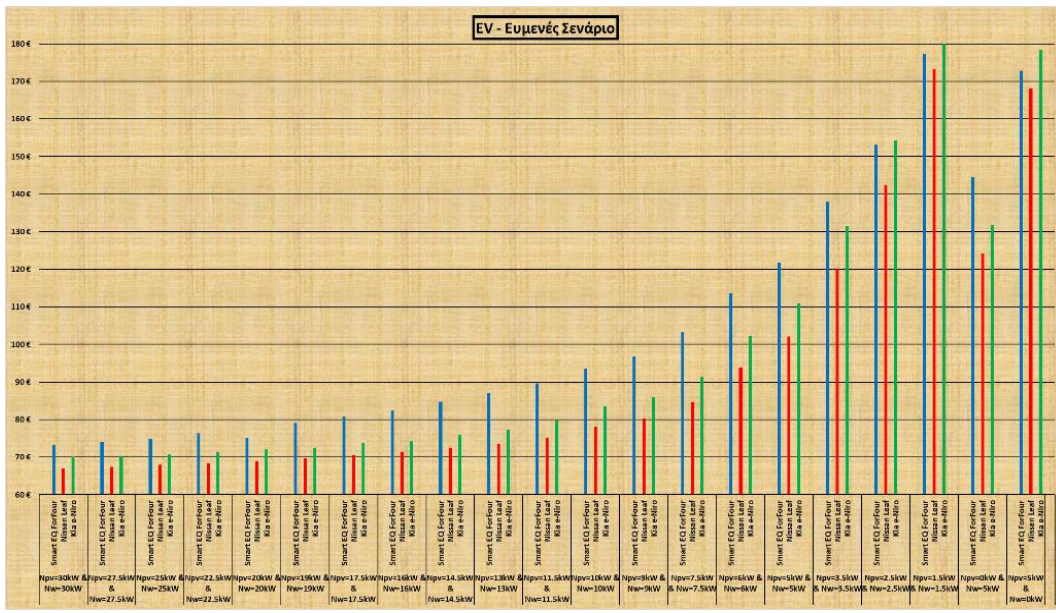
Επιπλέον, όσον αφορά το συντελεστή κάλυψης, που δύναται να προσφέρει, καθένα από τα συνεργαζόμενα αυτά μέλη, στη διαδικασία της αμφίδρομης ανταλλαγής ενέργειας, παρατηρούμε, όπως αναμενόταν, την αύξηση της εμπλοκής του δικτύου, τόσο στη φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος, όσο και στη κάλυψη του φορτίου ζήτησης της οικίας. Ακόμη, λόγω της μεγαλύτερης χωρητικότητας του συσσωρευτή του Kia e-Niro, εντοπίζεται μεγαλύτερη συνεισφορά από το συγκεκριμένο όχημα, στη κάλυψη των αναγκών της οικίας, σε σχέση με τα εναπομείναντα ηλεκτρικά οχήματα. Ενώ στον αντίποδα, όσον αφορά τη ποσοστιαία μικρότερη εμπλοκή του δικτύου στη διαδικασία φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων, αυτή εντοπίζεται στο Nissan Leaf, λόγω και της μειωμένης κατανάλωσης που παρουσιάζει, συγκριτικά με τα υπόλοιπα οχήματα.

Ακόμη, μία παρατήρηση που πρέπει να παραθέσουμε, έχει να κάνει, με το ποσό της παραγόμενης ενέργειας των Α.Π.Ε., αλλά και τη συμβολή του στις απαιτήσεις τόσο της οικίας, όσο και των του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος, το οποίο παραμένει σχετικά σταθερό, από το ζευγάρι Nrv=Nw=30kW μέχρι και το Nrv=Nw=9kW. Όπου όπως αναμενόταν, το πλεόνασμα της παραγωγής, παραμένει σταθερά πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με τα καταναλωτικά προφίλ.

Τέλος, όσον αφορά τον αριθμό των ωριαίων παραβιάσεων, ο οποίος τείνει, όπως είναι λογικό, να μειώνεται όσο αυξάνει η χωρητικότητα του συσσωρευτή ή το μέγεθος της εγκατάστασης των ΑΠΕ.



Διάγραμμα 22. Συγκριτικά Διαγράμματα LCOE, Συντελεστή Κάλυψης για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ



Διάγραμμα 23. Συγκριτικά Διαγράμματα Διακόμανσης LCOE, για όλα τα EVs & Τα Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ

Στα παραπάνω διαγράμματα, ευκρινέστερη προβολή τους παρέχεται στο σχετικό παράρτημα, επιλέξαμε να παρουσιάσουμε το κόστος παραγόμενης ενέργειας (LCOE) των Α.Π.Ε., συναρτήσει του ποσοστού κάλυψης, για καθένα από τα τρία ηλεκτρικά οχήματα, στο υπό εξέταση αμφίδρομη ανταλλαγής ενέργειας, σενάριο. Επιπλέον, θεσπίσαμε και δύο υπό εξέταση περιπτώσεις, όπου στην μεν ευμενέστερη εξ' αυτών, το σύνολο της παραγωγής των ΑΠΕ, αξιοποιείται από την Οικία ή/και το EV, με τη περίσσεια να 'αξιοποιείται' από το δίκτυο. Ενώ, στη δε δυσχερέστερη, έχουμε περιορισμό της ωφέλιμης παραγόμενης ενέργειας, αφού ορίζεται από την κατανάλωση της Οικίας ή/και του EV, ενώ τυχόν περίσσεια καθίσταται απορριπτέα.

Αρχικά, παρατηρούμε, πως στο ευμενές σενάριο, ανεξαρτήτως ηλεκτρικού οχήματος, το κόστος καταναλισκόμενης ενέργειας, αυξάνεται, όσο μειώνεται η ισχύς της εγκατάστασης αλλά και ο συντελεστής κάλυψης. Γεγονός το οποίο κρίνεται ως αναμενόμενο, αφού όσο μειώνεται η ισχύς της εγκατάστασης Α.Π.Ε., μειώνεται και η διαθέσιμη περίσσεια η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί πιθανών από το δίκτυο, μειώνοντας έτσι, και τα πιθανά της, οφέλη. Ακόμα, να αναφέρουμε, πως η αρχική τιμή του συντελεστή κάλυψης (~60€/MWh), κρίνεται ως αρκετά φθηνή, η οποία τιμή μέχρι ένα εύρος εγκατεστημένης ισχύος, παραμένει στα ίδια, περίπου, επίπεδα. Ενώ και παρόλη την αύξηση της, λόγω της μείωσης της εγκατεστημένης ισχύος των ΑΠΕ, που συνεπάγεται με μικρότερα περιθώρια για περίσσεια ενέργειας, οπότε και μικρότερα πιθανά οφέλη από την αξιοποίηση της, η μέγιστη τιμή της (~180€/MWh), παραμένει αρκετά ανταγωνιστική και μικρότερη από αυτή που προσφέρεται, κατά προσέγγιση, από την ισχύουσα τιμολόγηση του δικτύου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (~200€/MWh).

Αντίθετα, στη περίπτωση του δυσμενούς σεναρίου, παρατηρούμε αντίρροπη τάση, σε σχέση με το ευμενές σενάριο, αφού εντοπίζεται μείωση του κόστους παραγόμενης ενέργειας, όσο μειώνεται η ισχύς της εγκατάστασης. Γεγονός το οποίο κρίνεται επίσης ως αναμενόμενο, αφού όσο μειώνεται η ισχύς της εγκατάστασης ΑΠΕ, μειώνεται και ο συντελεστής κάλυψης, αλλά μειώνεται ταυτόχρονα και το προς απόρριψη ποσό ενέργειας, οπότε και η ανηγμένη τιμή παραγόμενης ενέργειας, τείνει να μειώνεται. Ακόμα, να αναφέρουμε, πως η αρχική τιμή του συντελεστή κάλυψης, τόσο για τη περίπτωση του ηλεκτρικού οχήματος (~3000€/MWh), όσο και στη περίπτωση οικία και ηλεκτρικού οχήματος (~500€/MWh), κρίνεται ως αρκετά ακριβή, σε σχέση πάντα με την ισχύουσα τιμολόγηση του δικτύου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (~200€/MWh). Βέβαια, παρόλη τη μείωση που ακολουθεί, όσον αφορά τη περίπτωση του ηλεκτρικού οχήματος, η τιμή της παραγόμενης ενέργειας, γίνεται ανταγωνιστική σε σχέση με το δίκτυο, μόνο σε πολύ χαμηλή εγκατεστημένη ισχύ ($N_{pv}=N_w=1.5kW \rightarrow LCOE \sim 190€/MWh$). Ενώ στη περίπτωση, της οικίας και του ηλεκτρικού οχήματος, η τιμή της παραγόμενης ενέργειας, γίνεται ανταγωνιστική σε σχέση με το δίκτυο, σε από υψηλότερη τιμή εγκατεστημένης ισχύος και έπειτα ($N_{pv}=N_w=11.5kW \rightarrow LCOE \sim 190€/MWh$).

Τέλος, να αναφέρουμε, πως ειδικά στη περίπτωση του δυσμενούς σεναρίου, οι τιμές παραγόμενης ενέργειας για τη κάλυψη των αναγκών του ηλεκτρικού οχήματος, είναι πολλαπλάσιες, των αντίστοιχων για τη κάλυψη αναγκών της οικίας και του ηλεκτρικού οχήματος, αφού οι ετήσιες απαιτήσεις του, εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος, είναι αρκετά μικρότερες από το άθροισμα ετήσιων αναγκών της οικίας και του ηλεκτρικού οχήματος. Ενώ, κλείνοντας, παρατηρείται, πως τόσο στο ευμενές, όσο και στο δυσμενές σενάριο, η συνεισφορά του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος στη διαμόρφωση του κόστους παραγόμενης ενέργειας, τόσο στη περίπτωση του ηλεκτρικού οχήματος, όσο και στη περίπτωση της οικίας μαζί με το ηλεκτρικό όχημα, δύναται να προσφέρει μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των οχημάτων, κυρίως λόγω των διαφορετικών, τεχνικών χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν. Με τις διακυμάνσεις αυτές, να είναι αρκετά μικρές, ώστε να διαμορφώσουν κριτήριο επιλογής ηλεκτρικού οχήματος, τουλάχιστον από μόνες τους.

8 Συμπεράσματα-Προτάσεις

8.1 Συμπεράσματα

Τα προσεχή έτη, αναμένεται εκτόξευση της αγοράς των EV, ενώ ανάλογη αύξηση, αναμένεται να παρατηρηθεί και στη ζήτηση των συσσωρευτών ιόντων λιθίου. Αφού αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων ηλεκτρικών οχημάτων και όχι μόνο. Βέβαια, ο λόγος της προτίμησης που επιδεικνύουν οι κατασκευαστές, σ' αυτού του είδους του συσσωρευτές, μόνο τυχαίος δεν είναι, αφού προσφέρουν πολλαπλά οφέλη σε σχέση με τον ανταγωνισμό. Οφέλη, τα οποία συνοψίζονται, στη μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση, αλλά και διάρκεια ζωής. Ενώ, πολύ σημαντικό πλεονέκτημα, είναι και οι χαμηλότεροι απαιτούμενοι χρόνοι, φόρτισης τους.

Έτσι, όπως καταλαβαίνουμε, τα μάτια της επιστημονικής κοινότητας, είναι στραμμένα, στη βέλτιστη αξιοποίηση, αυτών των δυνατοτήτων που δύναται να προσφέρει ο συσσωρευτής ενός ηλεκτρικού οχήματος. Ωστε, να προσφέρει και σε άλλους τομείς και να μη περιορίζεται μόνο στη μετακίνηση του οχήματος. Έτσι, στρατηγικές που προσφέρουν τη δυνατότητα, πιο αποδοτικής χρήσης του, έκαναν την εμφάνιση τους, με κυριότερη αυτή της αμφίδρομης φόρτισης.

Η ανάπτυξη αυτής της στρατηγικής αυτής, βρίσκεται υπό εξέταση αρκετά χρόνια τώρα, αλλά η καθιέρωση της στη συνείδηση του καταναλωτικού κοινού, έχει ακόμα αρκετά εμπόδια να ξεπεράσει. Αφού απαιτούνται, συντονισμένες κινήσεις, τόσο από την εκάστοτε πολιτεία, όσο και από της κατασκευάστριες αυτοκινητοβιομηχανίες. Αρχικά για τη περεταίρω διείσδυση, όχι μόνο της παραπάνω στρατηγικής αντιμετώπισης, απαιτείται η ενσωμάτωση των απαιτούμενων τεχνικών χαρακτηριστικών στα ηλεκτρικά οχήματα, ώστε να είναι συμβατά με τη τεχνολογία της αμφίδρομης φόρτισης. Επιπρόσθετα, επιβεβλημένη είναι η ανάγκη ύπαρξης κατάλληλου δικτύου σταθμών φόρτισης, ώστε, όχι μόνο να υποστηριχθεί ευρέως αυτή η πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, αλλά και να εξαλειφθεί ο κίνδυνος για τον χρήστη, σχετικά με τη πρόβλεψη και των σχεδιασμό των καθημερινών του μετακινήσεων. Ακόμη, τα ίδια τα χαρακτηριστικά των συσσωρευτών θα πρέπει να βελτιωθούν, ώστε να προσδίδεται η δυνατότητα, περεταίρω αξιοποίησης τους. Ενώ, το κόστος, αγοράς και λειτουργίας, θα πρέπει να μειώνεται, αντιστρόφως ανάλογα με το ποσοστό διείσδυσης των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά, κάνοντας έτσι την επένδυση στο συγκεκριμένο τομέα να μοιάζει δελεαστικότερη. Βέβαια, μια τέτοια διαδικασία, δε μπορεί να θεωρείται μονομερούς ευθύνης, αφού οι παράγοντες που επηρεάζουν την εύρυθμη λειτουργία και αποδοτικότερη χρήση των οχημάτων αυτών, είναι αρκετοί και έγκειται στην εξοικείωση του εκάστοτε χρήστη με τη νέα αυτή τεχνολογία.

Επιπλέον, μία δυνατότητα που δύναται να προσφέρει η παραπάνω στρατηγική, είναι η ροπή προς τη πράσινη ενέργεια και συγκεκριμένα τις ΑΠΕ. Αφού, πρωταρχικός λόγος ύπαρξης, εκτός των άλλων, αυτής της στρατηγικής, ήταν η αποφόρτιση του διασυνδεδεμένου δικτύου παροχής ρεύματος, της ώρες αιχμής. Βέβαια, όπως μελετήσαμε στη παρούσα διπλωματική εργασία, ο ρόλος του δικτύου, μπορεί να υποβαθμιστεί ακόμα περισσότερο, προσφέροντας επικουρικά τις υπηρεσίες του, σαν σχέδιο εκτάκτου ανάγκης. Αφού, όπως προέκυψε από τις προσομοιώσεις τις οποίες πραγματοποιήσαμε, η χρήση ΑΠΕ, σ' ένα τέτοιο υβριδικό μοντέλο, δύναται να προσφέρει ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης, ακόμα και σε μικρότερα μεγέθη εγκατεστημένης ισχύος. Ενώ και στο ιδανικό σενάριο, όπου όταν δαπανηθεί το απαραίτητο χρηματικό αντίτιμο, για μία επένδυση, που όχι μόνο να καλύπτει τις ανάγκες της οικίας και του ηλεκτρικού οχήματος, αλλά και να παράγει απαραίτητα ποσά περίσσειας ενέργειας, το ανηγμένο κόστος παραγόμενης ενέργειας, δύναται να φτάσει σε άκρος ανταγωνιστικό εύρος

τιμών, ώστε να ανταγωνισθεί τις υφιστάμενες χρεώσεις του δικτύου. Ενώ, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και τα εκάστοτε τεχνικά χαρακτηριστικά, τόσο του ηλεκτρικού οχήματος, όσο και του συσσωρευτή που φέρει, αφού δύναται να προσφέρουν διαφοροποιήσεις, τόσο στην ενεργειακή συμπεριφορά του οχήματος και κατά συνέπεια όλων των μελών μιας εγκατάστασης αμφίδρομης ανταλλαγής ενέργειας, όσο και στην εν τέλει οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης αυτής.

Τέλος, εξίσου σημαντικό, είναι και η όσο το δυνατό πιο αποδοτική αξιοποίηση του συσσωρευτή, μετά το τέλος της χρήσης του σε εφαρμογές ηλεκτρικών οχημάτων, όπου είναι επιβεβλημένη η ανάκτηση των στοιχείων του, ώστε αυτά να επιστρέψουν στον οικονομικό κύκλο, με τη μικρότερη περιβαλλοντική, αλλά και οικονομική επιβάρυνση. Έτσι, η στήριξη στρατηγικών όπως η “3R”, η οποία περιγράφει ένα εμπειριστατωμένο πλάνο σταδιακής αξιοποίησης του συσσωρευτή σε πολλά πλαίσια, μετά το πέρας της χρήση σε εφαρμογές ηλεκτρικών οχημάτων, με τελευταίο και αναπόφευκτο στάδιο αυτό της ανακύκλωσης. Έτσι, όχι μόνο δύναται να ανακτηθούν σημαντικά στοιχεία του συσσωρευτή όπως το λίθιο, αλλά εντοπίζεται και η δυνατότητα, κάλυψης μέρους της ζήτησης, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη εκ νέου εξορύξεων. Οπότε, η επιρροή αυτής της στρατηγικής, ενδέχεται να περάσει ακόμα και στο καταναλωτή, αφού μπορεί να προσφέρει μείωση της τιμολόγησης αυτών των συσσωρευτών και κατ’ επέκταση ολόκληρου του ηλεκτρικού οχήματος.

8.2 Σκέψεις για Μελλοντική Δράση

Αρχικά, όπως αναφερθήκαμε σε προηγούμενα σκέλη της εργασίας, παρόλα τα πολλαπλά οφέλη που δύναται να προσφέρει η αποδοτικότερη χρήση των ηλεκτρικά κινούμενων οχημάτων, μέσω τις στρατηγικής αμφίδρομης φόρτισης, απαιτείται και ο κατάλληλος βαθμός εισχώρησης αυτού του μοντέλου στην αγορά.

Σήμερα, παρόλο που σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της Αμερικής και της Ασίας, η ηλεκτροκίνηση βρήκε εύρωστα οικονομικά εδάφη, ώστε να αναπτυχθεί ταχύτερα απ’ ότι σε άλλα μέρη, η χρήση της στρατηγικής αμφίδρομης ανταλλαγής ενέργειας, δεν χαίρει ακόμα της εκτίμησης που της αναλογεί. Παρόλο που, που σ’ αυτά τα κράτη και η διεσπαρμένη παραγωγή ΑΠΕ, απαντάται σε μεγάλο βαθμό, παρόλο δηλαδή που υπάρχουν όλα τα εφόδια σε ικανοποιητικό βαθμό, τα αποτελέσματα δεν είναι τα αναμενόμενα.

Αυτό ίσως οφείλεται στην ανυπαρξία περεταίρω οικονομικού κινήτρου, όντας ήδη σε ένα αρκετά υψηλό βιοτικό επίπεδο. Οπότε, στο πλαίσιο αυτό, πιθανόν πρέπει να δράσουν στοχευμένα και σε συνεργασία, οι κρατικοί και ιδιωτικοί φορείς, ώστε να εντείνουν το ενδιαφέρον του αγοραστικού κοινού. Αυτό, μπορεί να επιτευχθεί τόσο με προγράμματα επιβράβευσης και σχετικό νομοθετικό πλαίσιο, για τη πιλοτική χρήση αυτής της πολιτικής, αλλά και με περεταίρω αναβάθμιση των τεχνολογιών, διευκολύνοντας την όλη διαδικασία. Για παράδειγμα, αρκετοί θεωρούν την ανάπτυξη της τεχνολογίας της επαγωγικής φόρτισης, ως επιβεβλημένη, αφού μπορεί να παρέχει ακόμα και την εν κινήσει αμφίδρομη ανταλλαγή ενέργειας, από και προς τον συσσωρευτή, σε δρόμους, υφιστάμενης τεχνολογίας. Μειώνοντας έτσι, ακόμα περισσότερο τους χρόνους γύρω από τη περάτωση της διεργασίας, λόγω της ταυτόχρονης ικανοποίησης περεταίρω του ενός αναγκών. Ενώ, θα μπορούσε, να μελετηθεί και η χρήση επαγωγικής αμφίδρομης φόρτισης, για την εν κινήσει διεκπεραίωση της παραπάνω διεργασίας, η οποία μέσω ενός κεντρικού διαχειριστή, θα μπορούσε να προσφέρει πολύτιμες υπηρεσίες, αυτοματοποιώντας έτσι τη διαδικασία, σύμφωνα πάντα και με τις εκάστοτε απαιτήσεις του χρήστη. Αφού αυτές δύναται να ποικίλουν και να μην είναι σε συμφωνία, με τις εκάστοτε ανάγκες του δικτύου. Βέβαια, υπό το πρίσμα της συνεχούς καταγραφής

προσωπικών δεδομένων, σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό απ' ότι συμβαίνει τώρα, ίσως να τίθεται το θέμα της καταπάτησης, κάποιων θεμελιωδών ελευθεριών του ατόμου.

Τέλος, σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, η στρατηγική αμφίδρομης φόρτισης δύναται να προσφέρει ακόμα περισσότερα οφέλη, όσο περισσότερο διεισδύει στην αγορά, όπως για παράδειγμα η δυνατότητα που δύναται να προσφερθεί στον εκάστοτε χρήστη, ώστε να συμμετάσχει ακόμα και σε προγράμματα Virtual Power Plants (VPP), συμβάλλοντας έτσι, στη βελτίωση της σταθερότητας του δικτύου. Βέβαια, όλα αυτά μπορούν να επιτευχθούν, αφού προηγουμένως έχουν τεθεί οι απαραίτητες βάσεις, όπως εξηγήσαμε, για τη στήριξη αυτού του εγχειρήματος. Όμως, με τη περιρρέουσα κατάσταση που επικρατεί, να χαρακτηρίζεται τουλάχιστον ως ευμετάβλητη, σημαντικές παράμετροι της παραπάνω στρατηγικής, όπως κόστη ενέργειας κλπ., δύναται να διαφοροποιηθούν, με απρόβλεπτο ρυθμό, μεταβάλλοντας άρδην την όποια εκτίμηση για τη χάραξη της στρατηγικής αυτής. Έτσι, ο μηχανικός που θα υλοποιήσει μία τέτοια μελέτη, οφείλει να εφαρμόζει ευέλικτες στρατηγικές, προσαρμοσμένες στις επικρατούσες συνθήκες.

Βιβλιογραφία

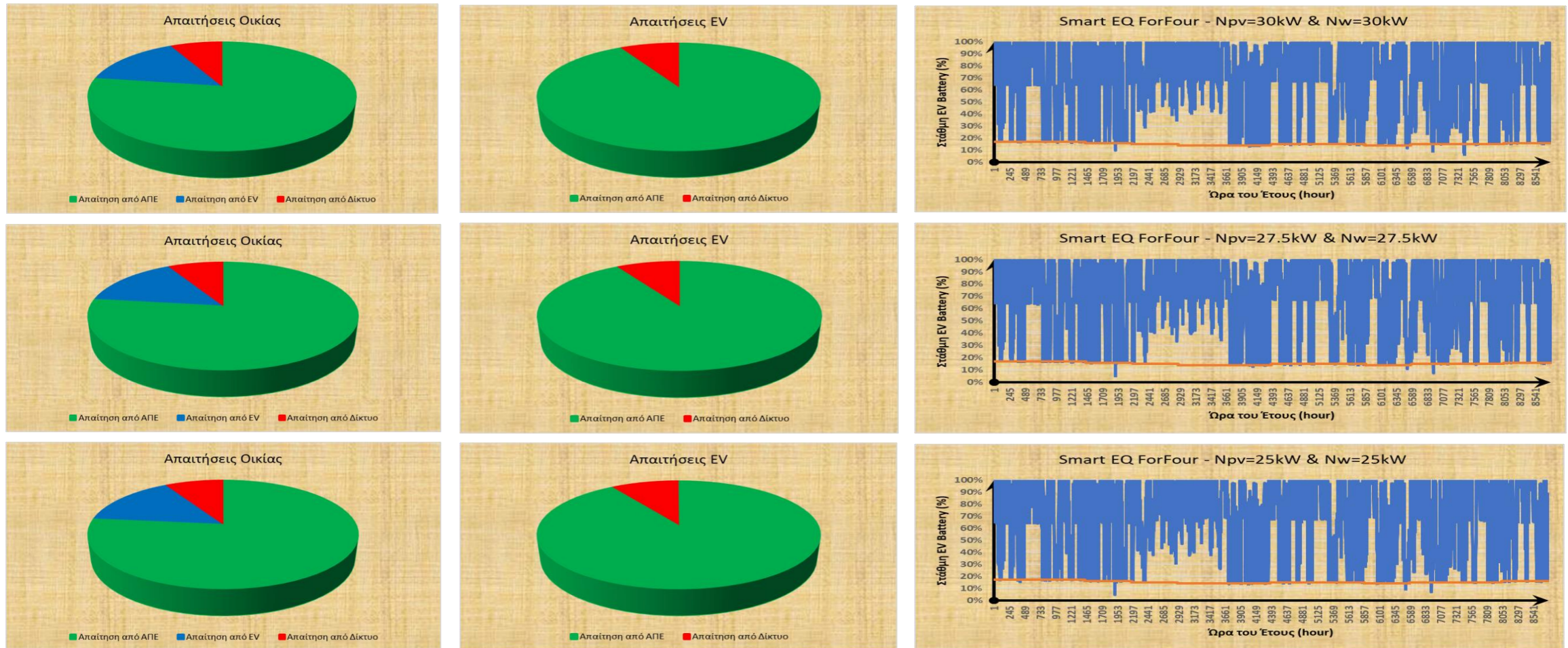
1. Steward D, Mayyas A, Mann M. Economics and challenges of Li-ion battery recycling from end-of-life vehicles. Vol. 33, *Procedia Manufacturing*. Elsevier B.V.; 2019. p. 272–9.
2. Energy - Bloomberg [Internet]. [cited 2022 Oct 16]. Available from: <https://www.bloomberg.com/energy>
3. Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://www.statista.com/>
4. A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices | BloombergNEF [Internet]. [cited 2021 Jan 26]. Available from: <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/>
5. Choi Y, Rhee SW. Current status and perspectives on recycling of end-of-life battery of electric vehicle in Korea (Republic of). *Waste Manag*. 2020 Apr 1;106:261–70.
6. Prostats - Advanced website analyzer [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://prostats.org/>
7. Lockhart E, Li X, Booth S, Salasovich J, Olis D, Elsworth J, et al. A product of the USAID-NREL partnership COMPARATIVE STUDY OF TECHNO-ECONOMICS OF LITHIUM-ION AND LEAD-ACID BATTERIES IN MICRO-GRIDS IN SUB-SAHARAN AFRICA [Internet]. 2019. Available from: www.nrel.gov/publications.
8. Zheng X, Zhu Z, Lin X, Zhang Y, He Y, Cao H, et al. A Mini-Review on Metal Recycling from Spent Lithium Ion Batteries. Vol. 4, *Engineering*. Elsevier Ltd; 2018. p. 361–70.
9. Electronic Theses and Dissertations | Stanford Libraries [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://library.stanford.edu/etds>
10. BU-808: How to Prolong Lithium-based Batteries - Battery University [Internet]. [cited 2022 Oct 10]. Available from: <https://batteryuniversity.com/article/bu-808-how-to-prolong-lithium-based-batteries>
11. Rajesh P, Shajin FH. Optimal allocation of EV charging spots and capacitors in distribution network improving voltage and power loss by Quantum-Behaved and Gaussian Mutational Dragonfly Algorithm (QGDA). *Electr Power Syst Res*. 2021 May 1;194:107049.
12. Bidirectional chargers explained - V2G vs V2H vs V2L — Clean Energy Reviews [Internet]. [cited 2022 Oct 15]. Available from: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/bidirectional-ev-charging-v2g-v2h-v2l>
13. Abareshi M, Sadeghi E, Hamzeh M, Saif M, Alavi SMM. Multi-purpose controllable electrochemical impedance spectroscopy using bidirectional DC–DC converter. *J Energy Storage* [Internet]. 2022 Nov 30 [cited 2022 Oct 15];55:105750. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352152X22017388>
14. Phanden RK, Gupta R, Gorrepati SR, Patel P, Sharma L. ANN based robust bidirectional charger for electric vehicles. *Mater Today Proc*. 2021 Jan 1;38:80–4.
15. letstalkaboutscience | What I talk about when I talk about science! [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://letstalkaboutscience.wordpress.com/>

16. Loganathan MK, Mishra B, Tan CM, Kongsvik T, Rai RN. Multi-Criteria decision making (MCDM) for the selection of Li-Ion batteries used in electric vehicles (EVs). *Mater Today Proc.* 2020 Aug 10;
17. Liu Z, He H, Xie J, Wang K, Huang W. Self-discharge prediction method for lithium-ion batteries based on improved support vector machine. *J Energy Storage.* 2022 Nov 15;55:105571.
18. Johnen M, Pitzen S, Kamps U, Kateri M, Dechent P, Sauer DU. Modeling long-term capacity degradation of lithium-ion batteries. *J Energy Storage.* 2021 Feb 1;34:102011.
19. Olmos J, Gandiaga I, Saez-de-Ibarra A, Larrea X, Nieva T, Aizpuru I. Modelling the cycling degradation of Li-ion batteries: Chemistry influenced stress factors. *J Energy Storage.* 2021 Aug 1;40:102765.
20. Sun Y, Zhang S, Qi J, Su Z. Calendar degradation of Li-ion batteries under high storage temperature based on electrochemical impedance spectroscopy. *Microelectron Reliab.* 2021 Nov 1;126:114316.
21. Spielbauer M, Soellner J, Berg P, Koch K, Keil P, Rosenmüller C, et al. Experimental investigation of the impact of mechanical deformation on aging, safety and electrical behavior of 18650 lithium-ion battery cells. *J Energy Storage.* 2022 Nov 25;55:105564.
22. Kim N, Shamim N, Crawford A, Viswanathan V V., Sivakumar BM, Huang Q, et al. Comparison of Li-ion battery chemistries under grid duty cycles. *J Power Sources.* 2022 Oct 30;546:231949.
23. Chen M, Ma X, Chen B, Arsenault R, Karlson P, Simon N, et al. Recycling End-of-Life Electric Vehicle Lithium-Ion Batteries. Vol. 3, *Joule.* Cell Press; 2019. p. 2622–46.
24. Baars J, Domenech T, Bleischwitz R, Melin HE, Heidrich O. Circular economy strategies for electric vehicle batteries reduce reliance on raw materials. *Nat Sustain.* 2020;
25. WN Smith SS. Recovery of lithium ion batteries. *US Pat.* 2013;8:616–475.
26. Hua Y, Zhou S, Huang Y, Liu X, Ling H, Zhou X, et al. Sustainable value chain of retired lithium-ion batteries for electric vehicles. Vol. 478, *Journal of Power Sources.* Elsevier B.V.; 2020. p. 228753.
27. Rallo H, Benveniste G, Gestoso I, Amante B. Economic analysis of the disassembling activities to the reuse of electric vehicles Li-ion batteries. *Resour Conserv Recycl.* 2020 Aug 1;159:104785.
28. Dufloy J. Efficiency and feasibility of product disassembly: a case-based study. *CIRP Ann.* 2008;57:583–600.
29. L Ahmadi SYMFRFMA. A cascaded life cycle: reuse of electric vehicle lithium-ion battery packs in energy storage systems. *Int J Life Cycle Assess.* 2017;22:111–24.
30. Gaines L. Lithium-ion battery recycling processes: Research towards a sustainable course. *Sustain Mater Technol.* 2018 Sep 1;17:e00068.
31. P Meshram BPTM. Extraction of lithium from primary and secondary sources by pre-treatment, leaching and separation: a comprehensive review. *Hydrometallurgy.* 2014;150:192–208.
32. DH Doughty ER. A general discussion of Li ion battery safety. *Electrochem Soc*

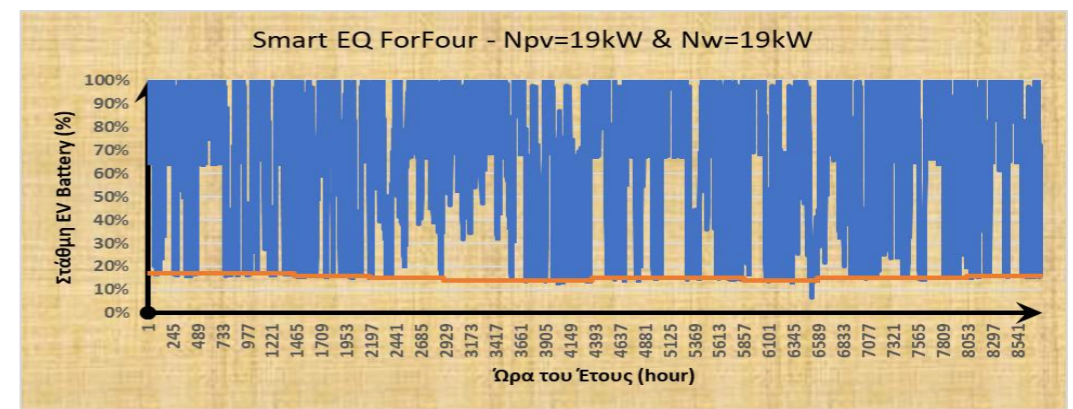
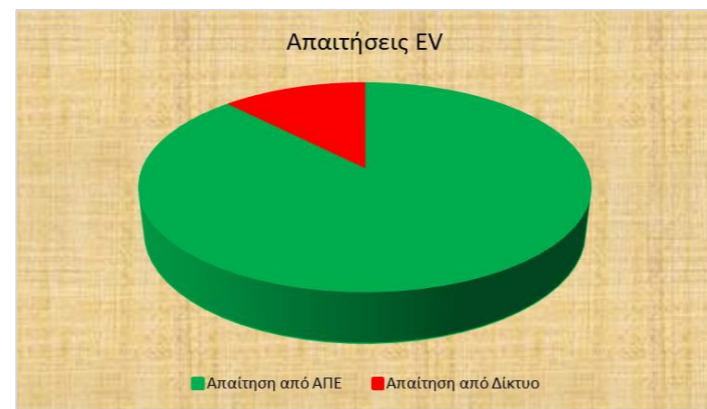
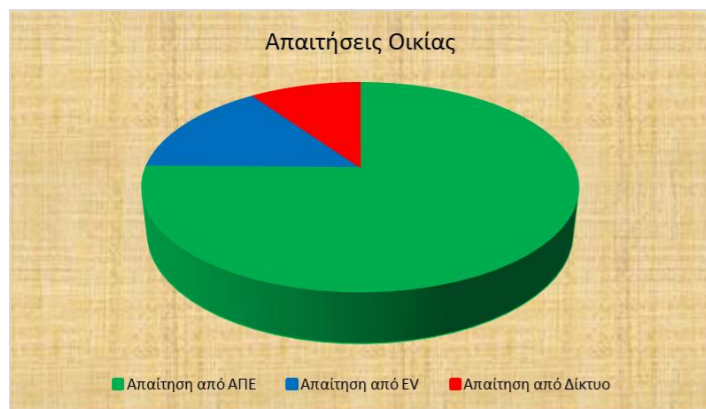
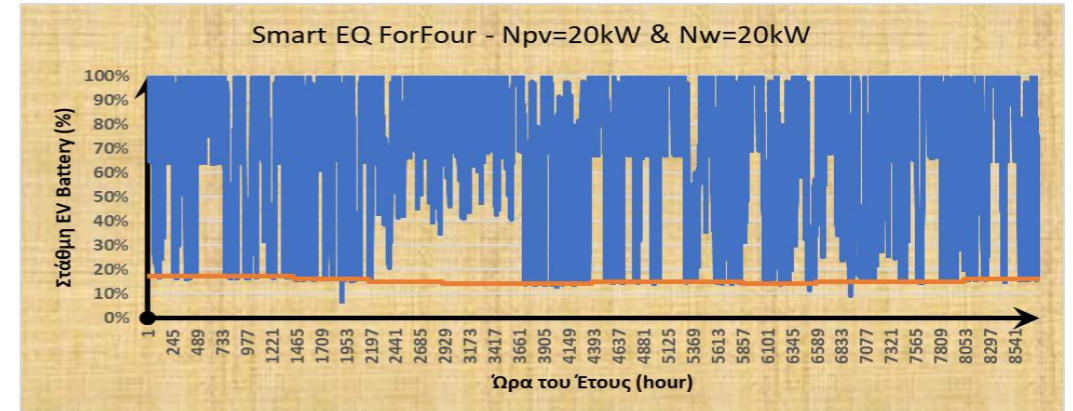
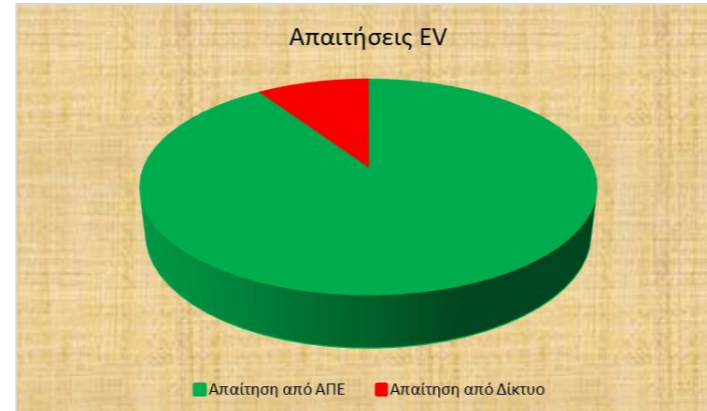
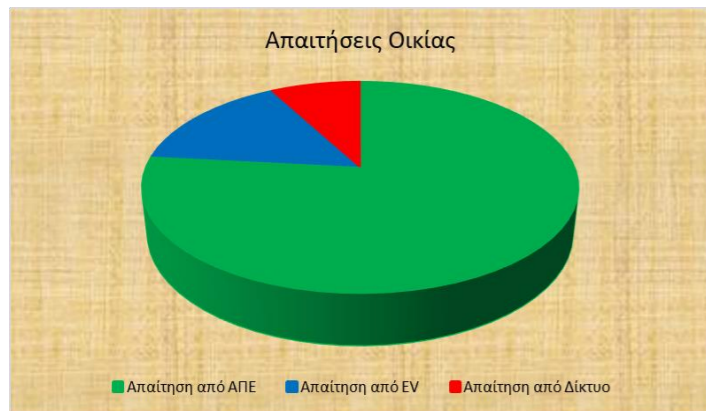
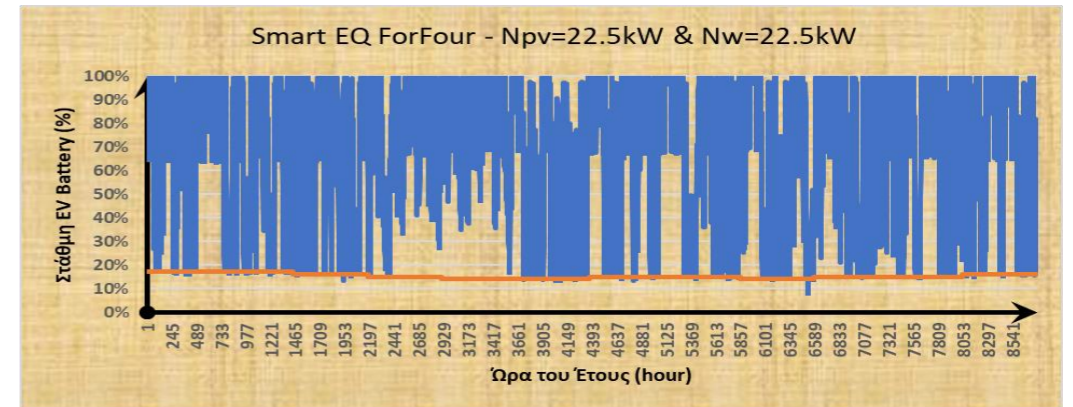
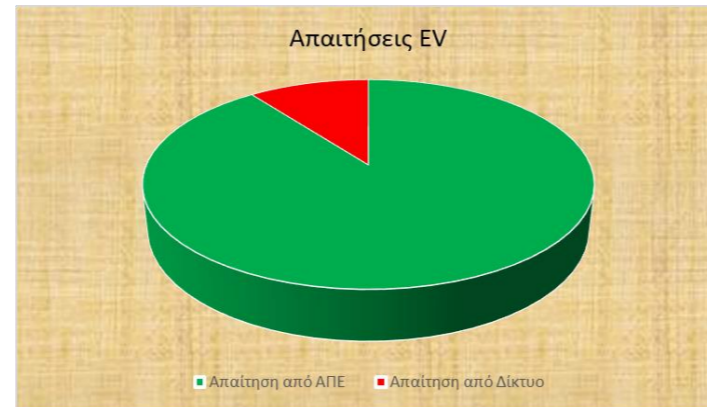
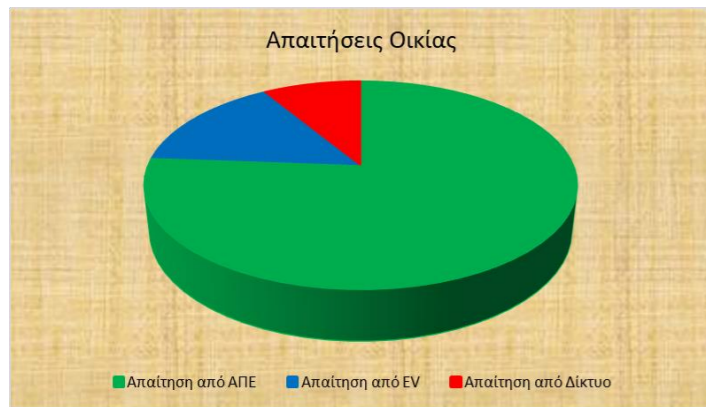
- Interface. 2012;21:37–44.
33. Audi.com – the international Audi website | audi.com [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://www.audi.com/en.html>
 34. Yun L, Linh D, Shui L, Peng X, Garg A, LE MLP, et al. Metallurgical and mechanical methods for recycling of lithium-ion battery pack for electric vehicles. *Resour Conserv Recycl.* 2018 Sep 1;136:198–208.
 35. DA Ferreira LPDMMM. Hydrometallurgical separation of aluminium, cobalt, copper and lithium from spent Li-ion batteries. *J Power Sources.* 2009;187:238–46.
 36. Harper G, Sommerville R, Kendrick E, Driscoll L, Slater P, Stolkin R, et al. Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature* [Internet]. 2019;575:75. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>
 37. Θέρμανση με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Υπολογισμός κόστους [Internet]. [cited 2021 Apr 7]. Available from: <http://www.odigostoupoliti.eu/thermanshi-chrisi-ilektrikis-energia-ipologismos-koustous/>
 38. Κατανάλωση ρεύματος: Πόσο καίνε οι ηλεκτρικές συσκευές; | Volton [Internet]. [cited 2021 Apr 7]. Available from: <https://volton.gr/katalanosi-reymatos-poso-kaine-pragmatika-oi-hlektrikes-systeyes/>
 39. ΚΩΤΣΟΒΟΛΟΣ - Εικόνα, Ήχος, Computing, Smartphones, Gaming, Κλιματισμός, Λευκές Συσκευές, Οικιακές Συσκευές, Προσωπική Φροντίδα | ΚΩΤΣΟΒΟΛΟΣ - kotsovolos.gr [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://www.kotsovolos.gr/>
 40. Κατανάλωση Οικιακών Συσκευών | ΔΕΗ Α.Ε. [Internet]. [cited 2021 Apr 7]. Available from: <https://www.dei.gr/el/katanalwsi-oikiakwn-suskeuwn>
 41. Κλιματικά Δεδομένα ανά Πόλη- ΜΕΤΕΩΓΡΑΜΜΑΤΑ, ΕΜΥ, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία [Internet]. [cited 2022 Sep 29]. Available from: http://www.emy.gr/emyl/climatology/climatology_city?perifereia=Attiki&poli=Athens_Hellinikon
 42. European Environment Agency's home page — European Environment Agency [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://www.eea.europa.eu/>
 43. EV-Volumes - The Electric Vehicle World Sales Database [Internet]. [cited 2022 Oct 4]. Available from: <https://www.ev-volumes.com/>
 44. Smart EQ forfour (2020-2022) price and specifications - EV Database [Internet]. [cited 2022 Oct 5]. Available from: <https://ev-database.org/car/1232/Smart-EQ-forfour#charge-table>
 45. Nissan Leaf (2018-2022) price and specifications - EV Database [Internet]. [cited 2022 Oct 4]. Available from: <https://ev-database.org/car/1106/Nissan-Leaf>
 46. Kia e-Niro 64 kWh (2018-2020) price and specifications - EV Database [Internet]. [cited 2022 Oct 4]. Available from: <https://ev-database.org/car/1125/Kia-e-Niro-64-kWh>
 47. Al-Wreikat Y, Serrano C, Sodré JR. Driving behaviour and trip condition effects on the energy consumption of an electric vehicle under real-world driving. *Appl Energy.* 2021 Sep 1;297:117096.
 48. WLTPfacts.eu - Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure [Internet]. [cited

- 2022 Oct 6]. Available from: <https://www.wltpfacts.eu/>
49. What is WLTP: the Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure? - WLTPfacts.eu [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://www.wltpfacts.eu/what-is-wltp-how-will-it-work/>
 50. Fleet Tracking and Management | Geotab [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://www.geotab.com/>
 51. Bibak B, Tekiner-Moğulkoç H. A comprehensive analysis of Vehicle to Grid (V2G) systems and scholarly literature on the application of such systems. *Renew Energy Focus*. 2021 Mar 1;36:1–20.
 52. Bhoir S, Caliandro P, Brivio C. Impact of V2G service provision on battery life. *J Energy Storage*. 2021 Dec 1;44:103178.
 53. Wei X, Wang Z, Li C, Gao L, Zhou Y, Yu Q. Analysis of prediction and clustering for uncertainty of EV charging station behavior on V2G platform. *Energy Reports*. 2022 Nov 1;8:1344–9.
 54. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών | Υβριδικά Συστήματα Παραγωγής Ενέργειας [Internet]. [cited 2022 Oct 13]. Available from: <https://mech.uniwa.gr/course/yvridika-systimata-paragogis-energeias/>
 55. Καλδέλλης ΙΚ, Καββαδίας ΚΑ. Υπολογιστικές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας (Αιολική Ενέργεια – Μικρά Υδροηλεκτρικά). 2005;555.

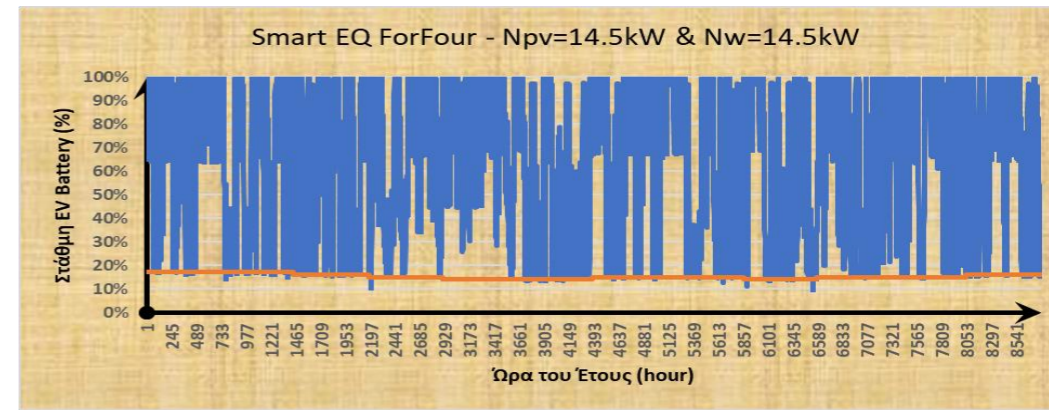
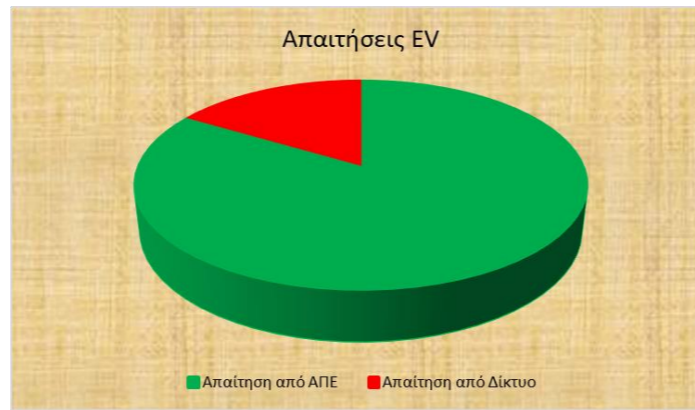
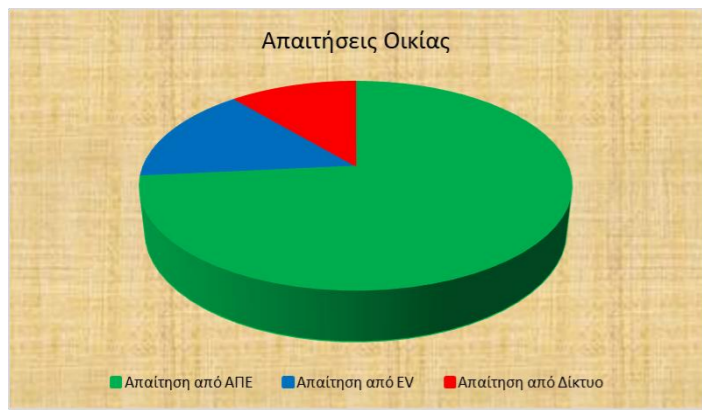
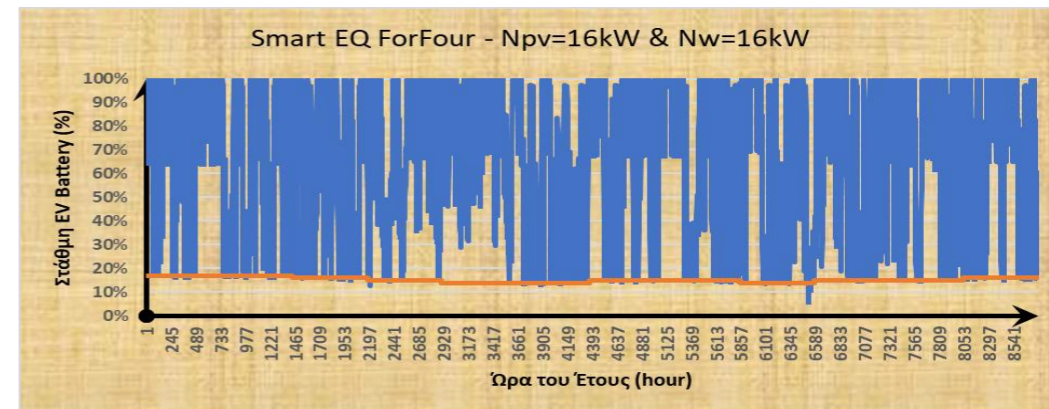
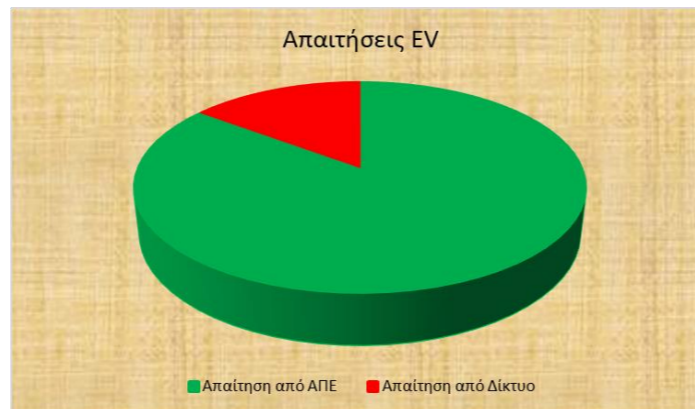
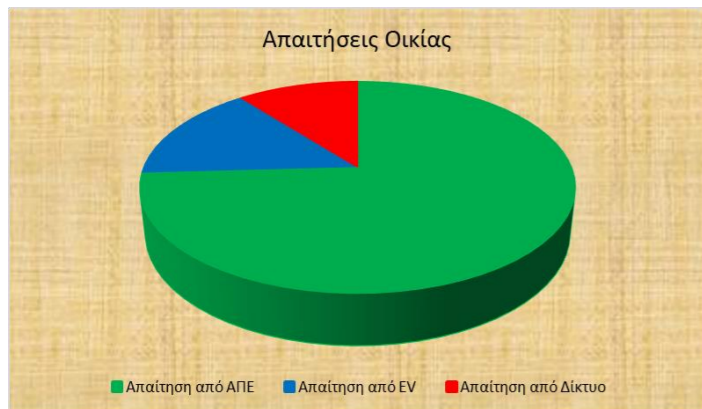
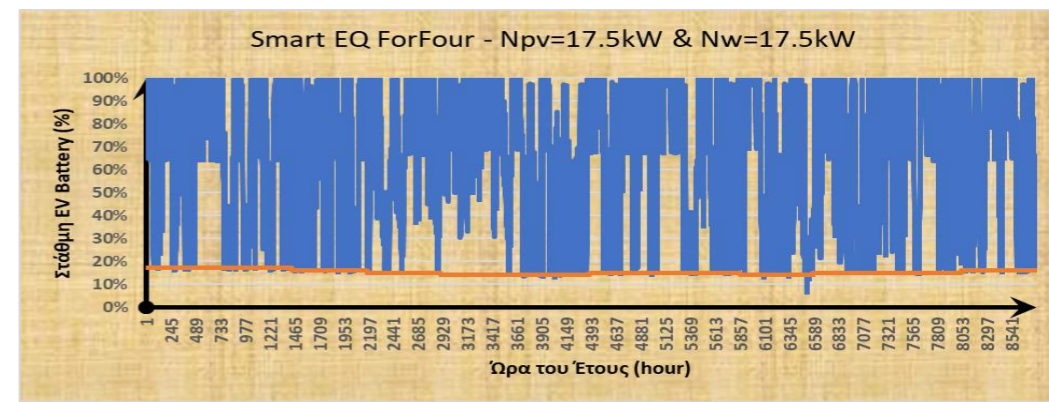
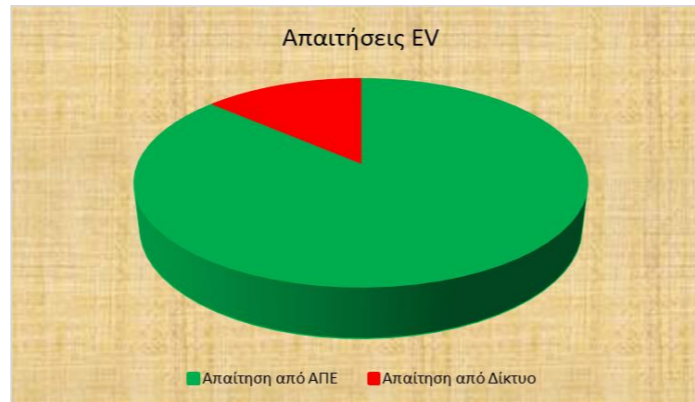
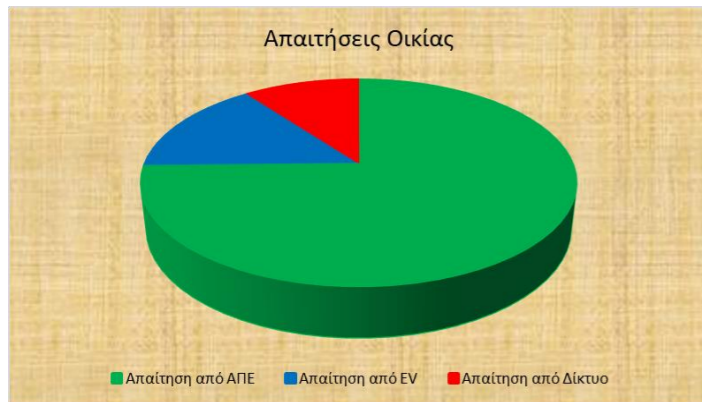
Παράρτημα Διαγραμμάτων



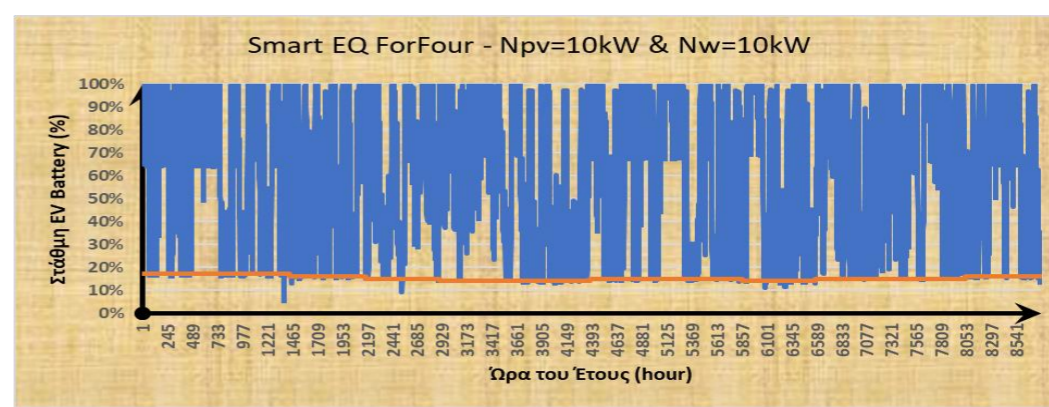
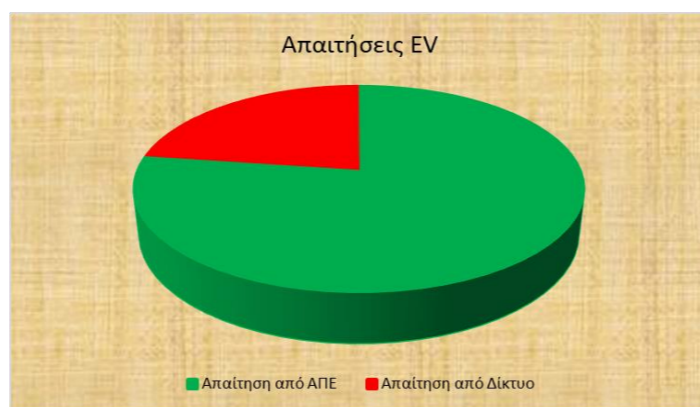
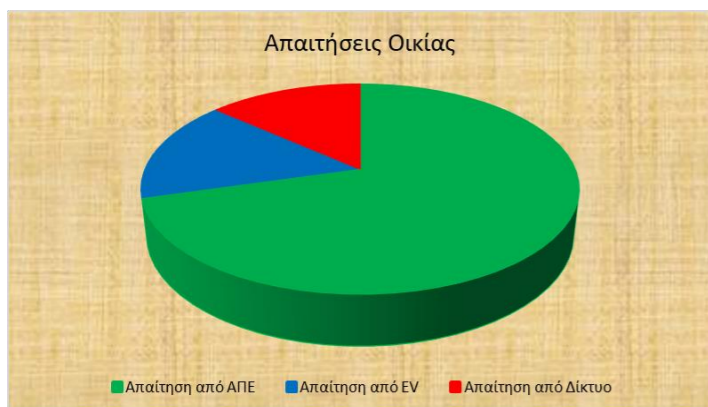
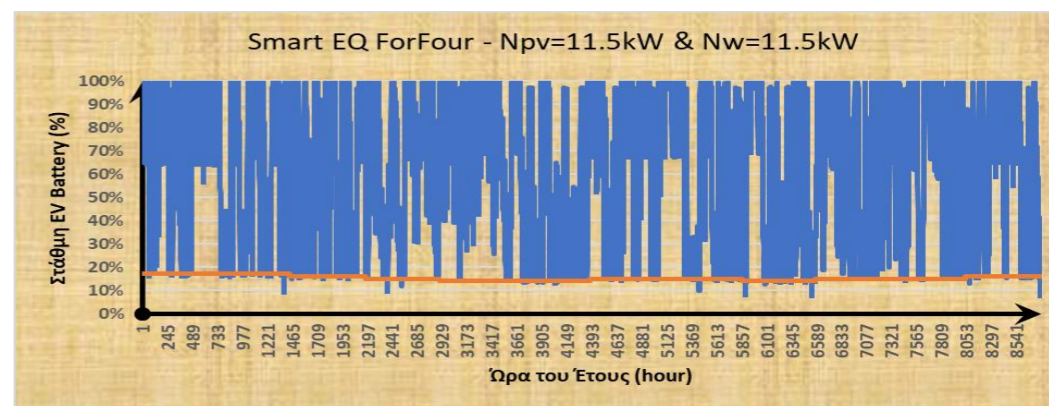
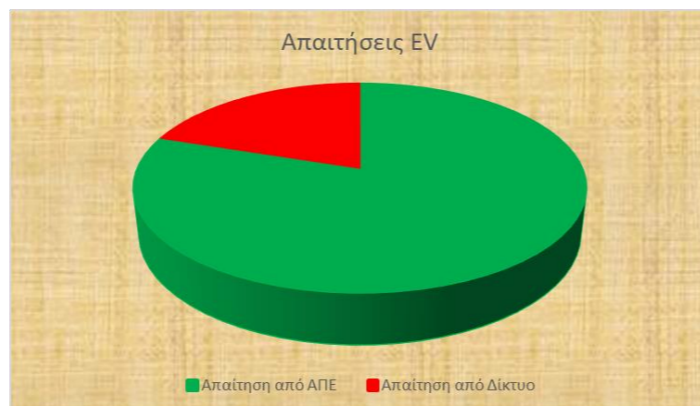
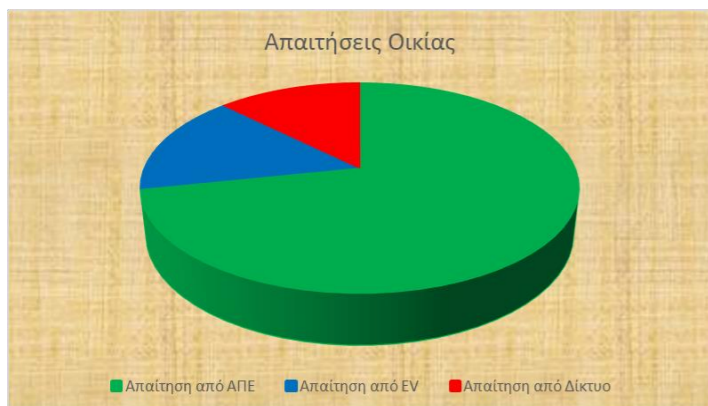
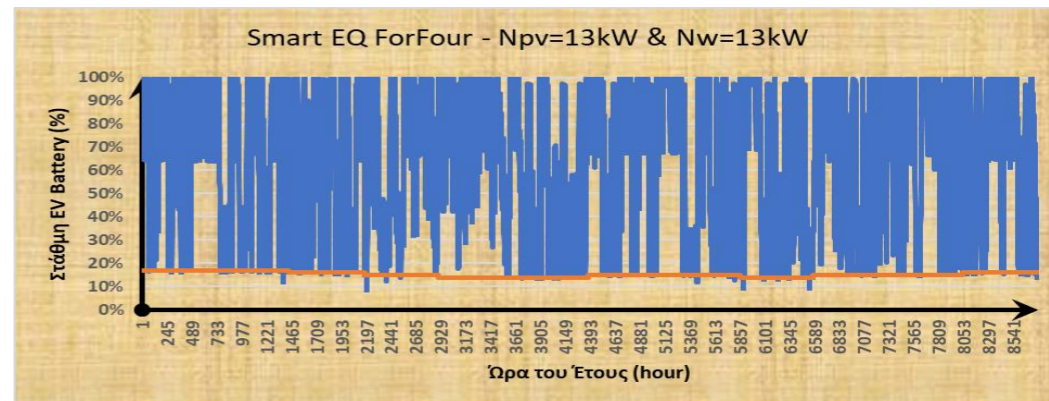
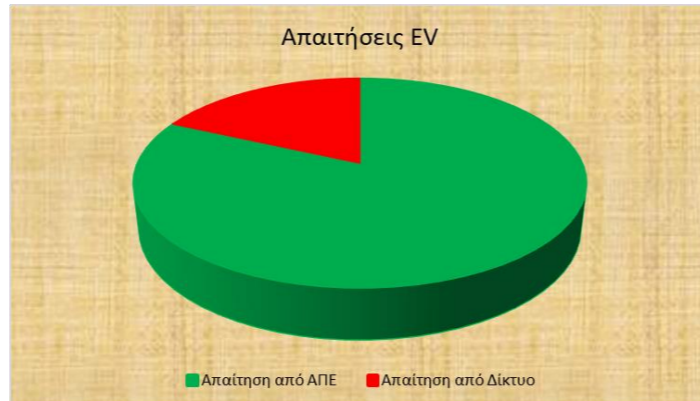
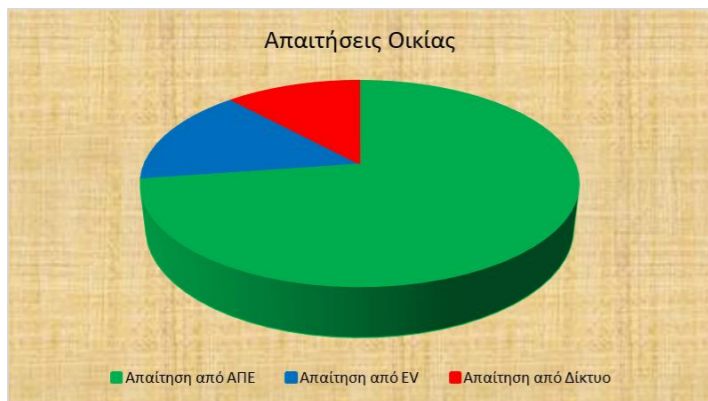
Διάγραμμα 24. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour ($N_{pv}=N_w=30kW$ – $N_{pv}=N_w=25kW$)



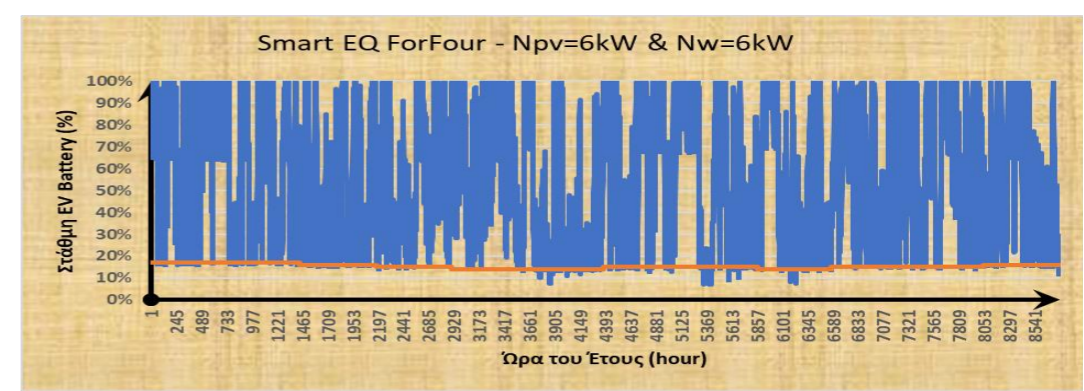
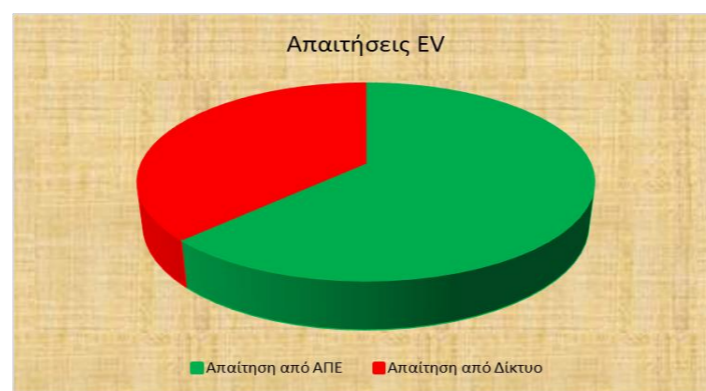
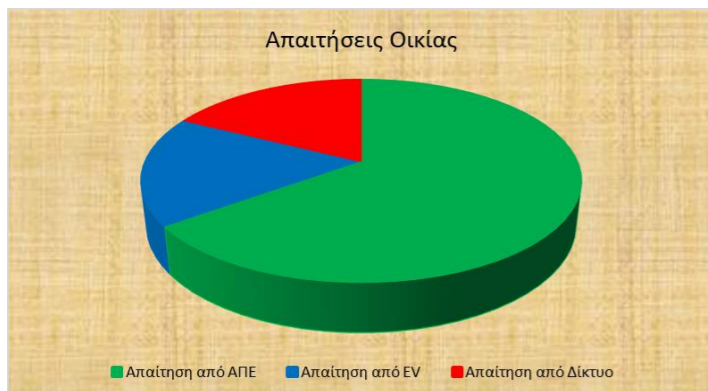
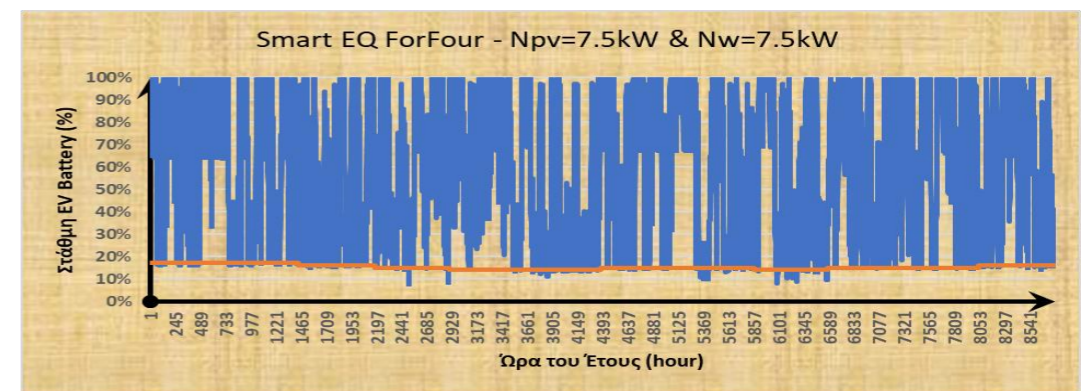
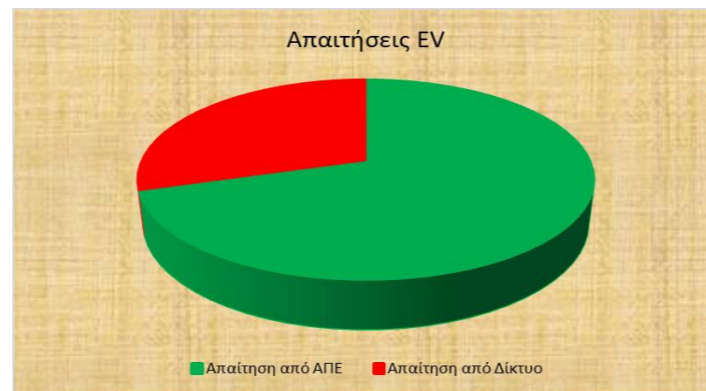
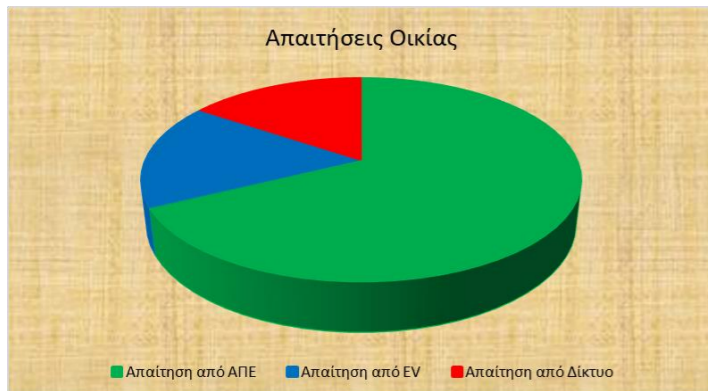
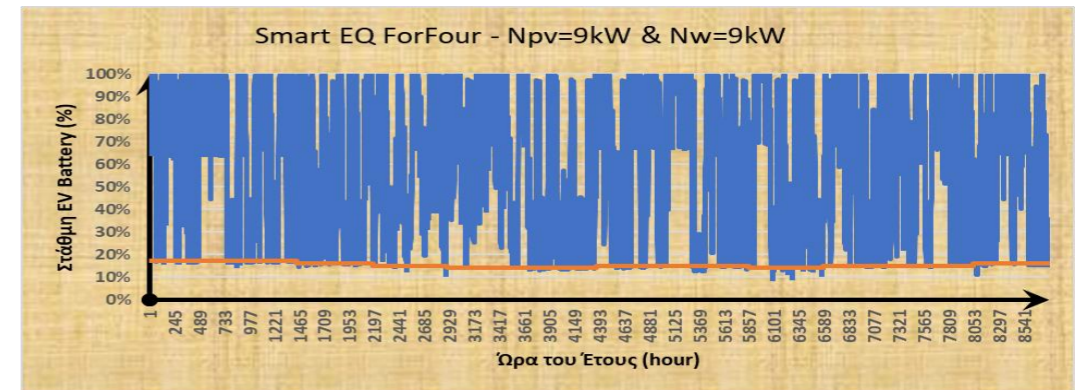
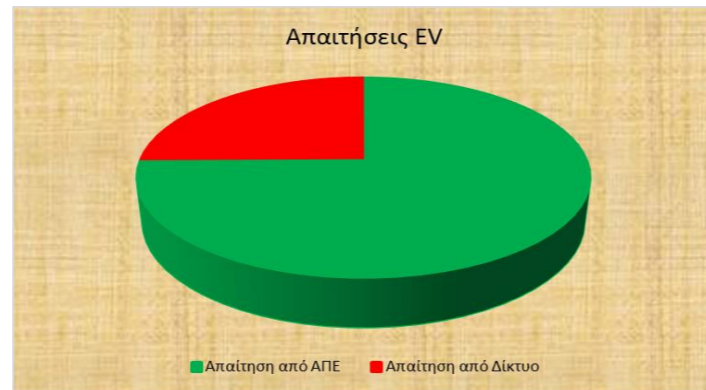
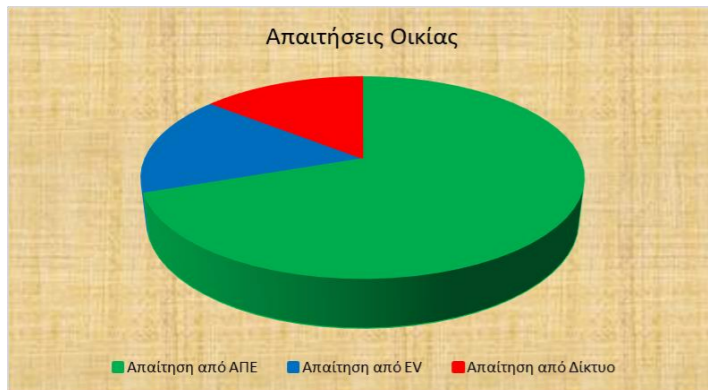
Διάγραμμα 25. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=22.5kW – Npv=Nw=19kW)



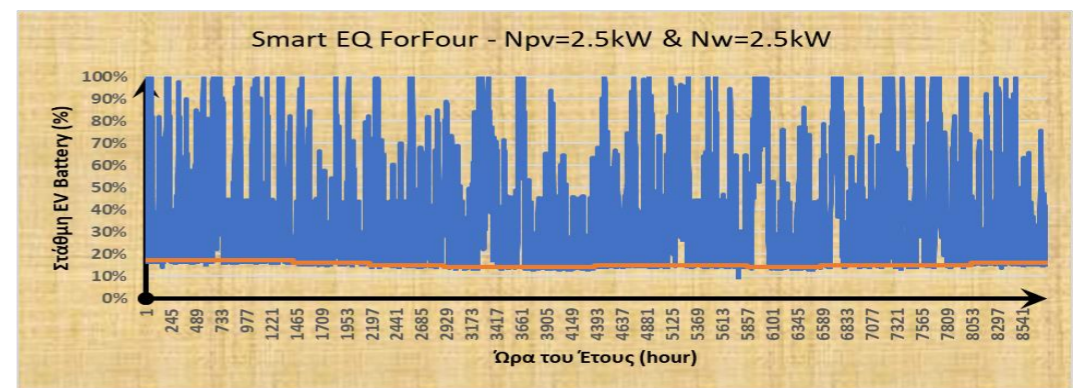
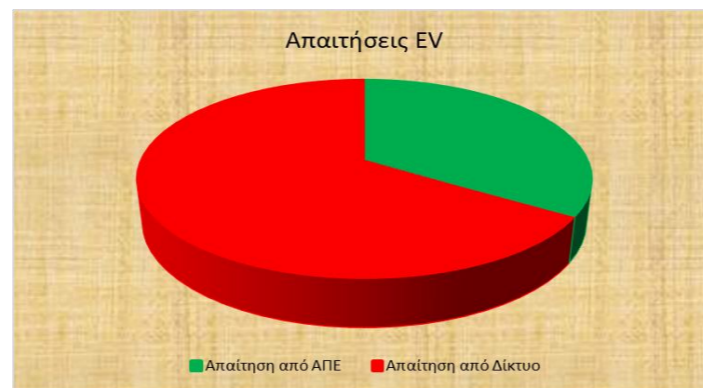
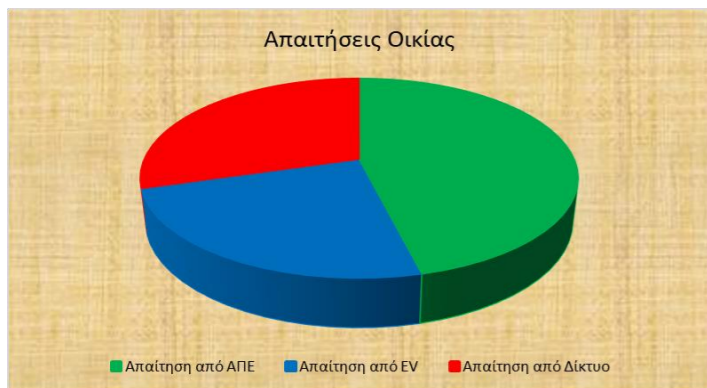
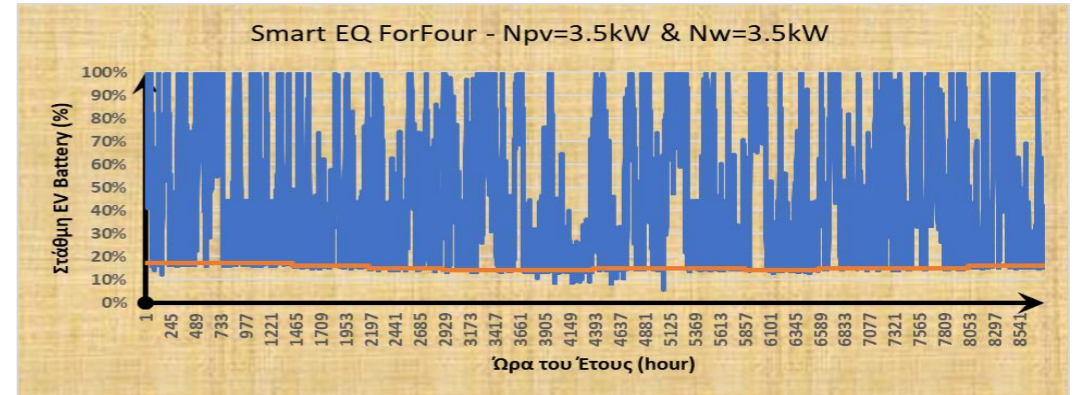
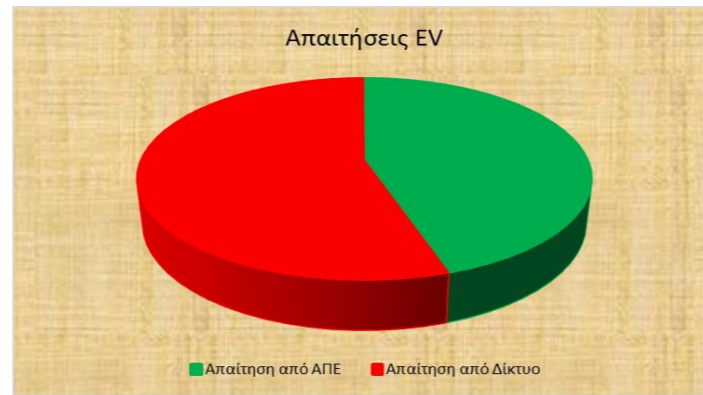
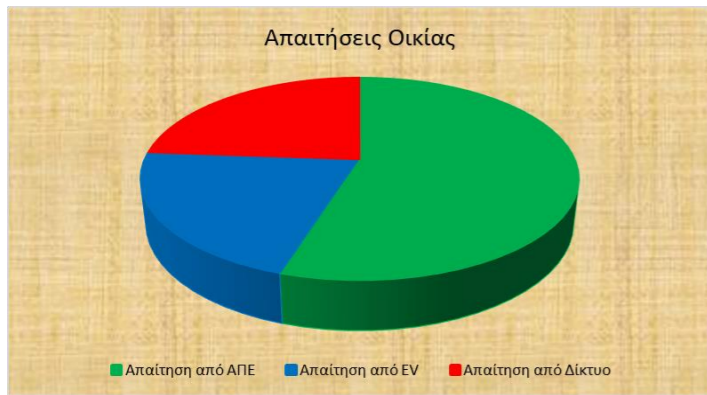
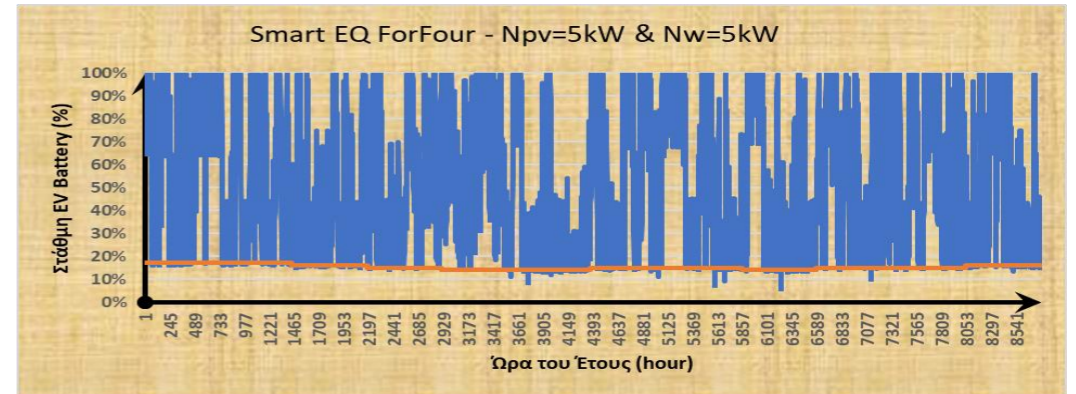
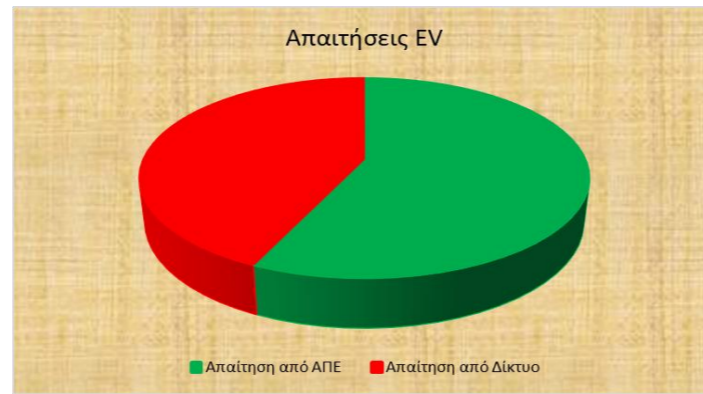
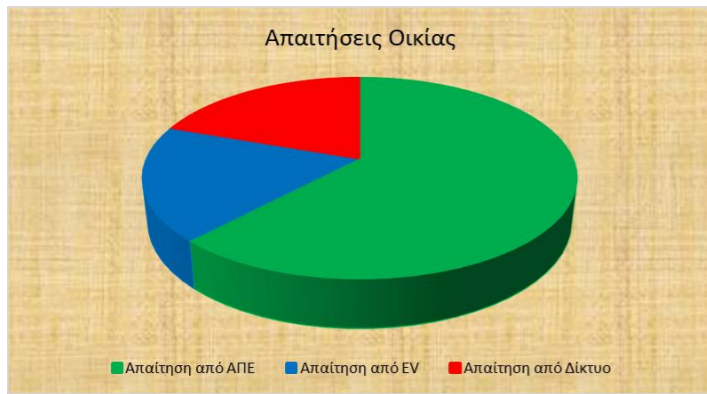
Διάγραμμα 26. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=17.5kW – Npv=Nw=14.5kW)



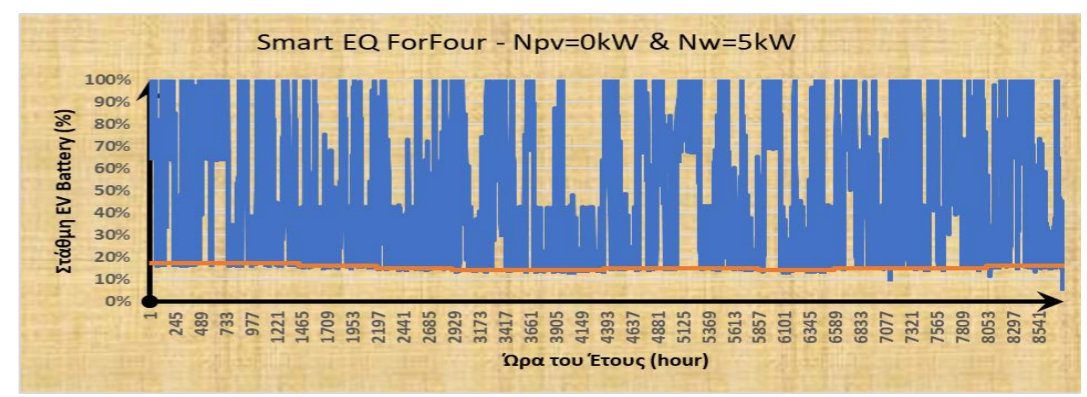
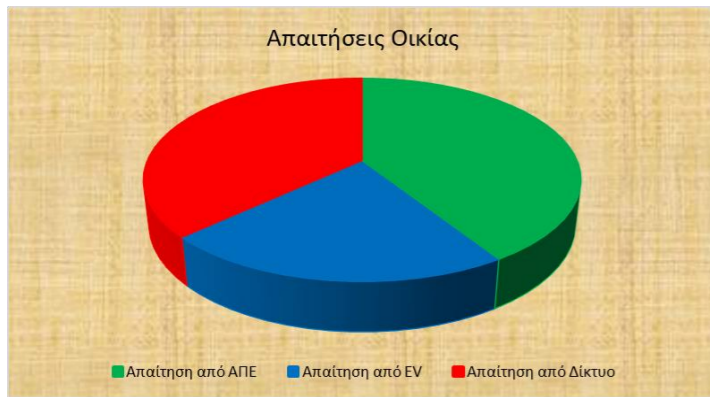
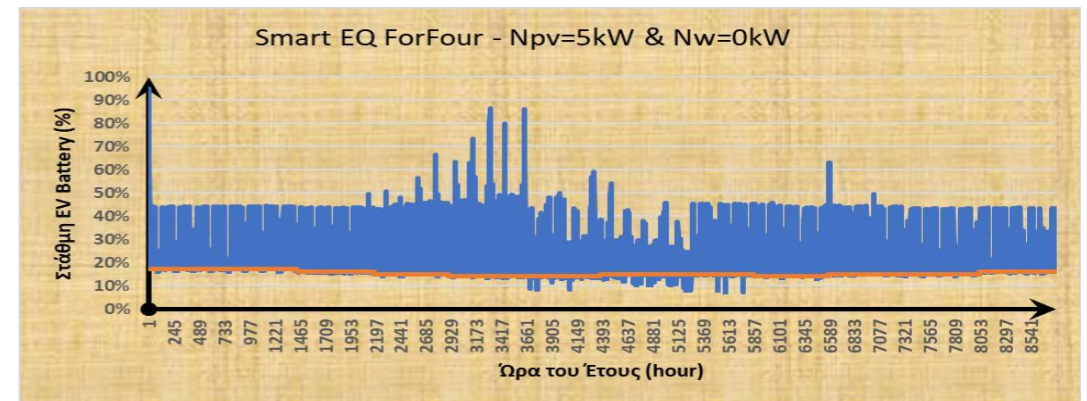
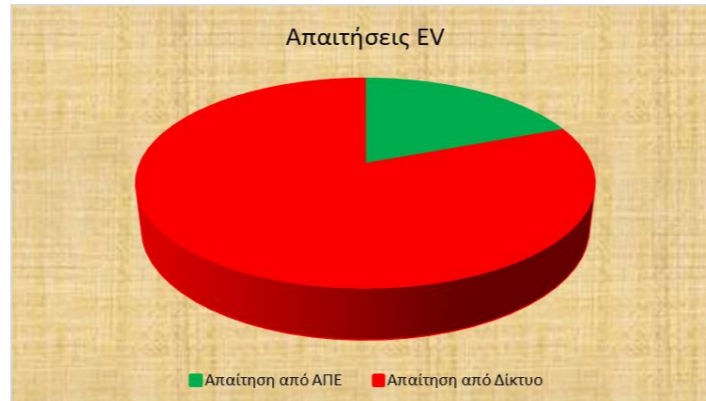
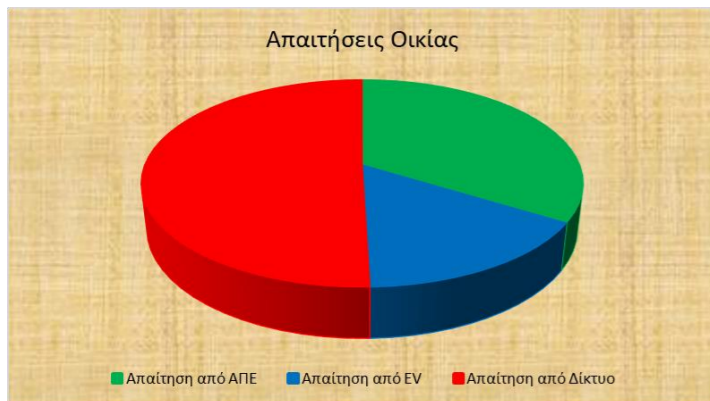
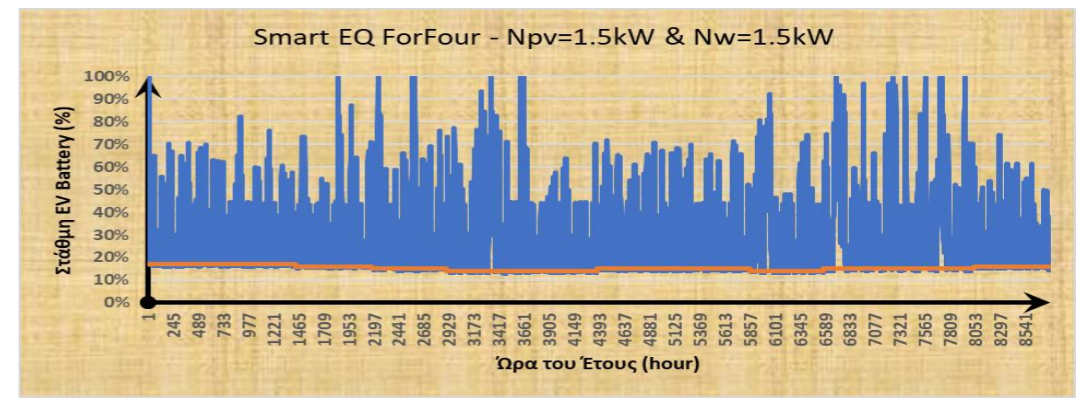
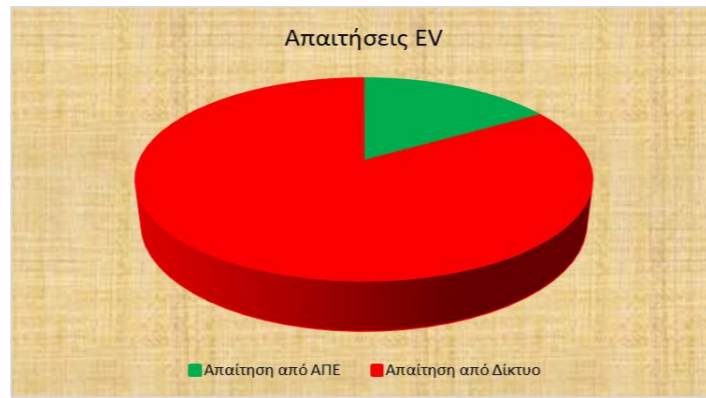
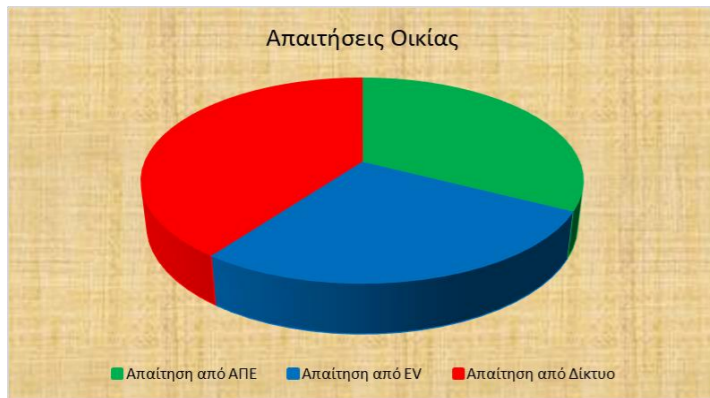
Διάγραμμα 27. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=13kW – Npv=Nw=10kW)



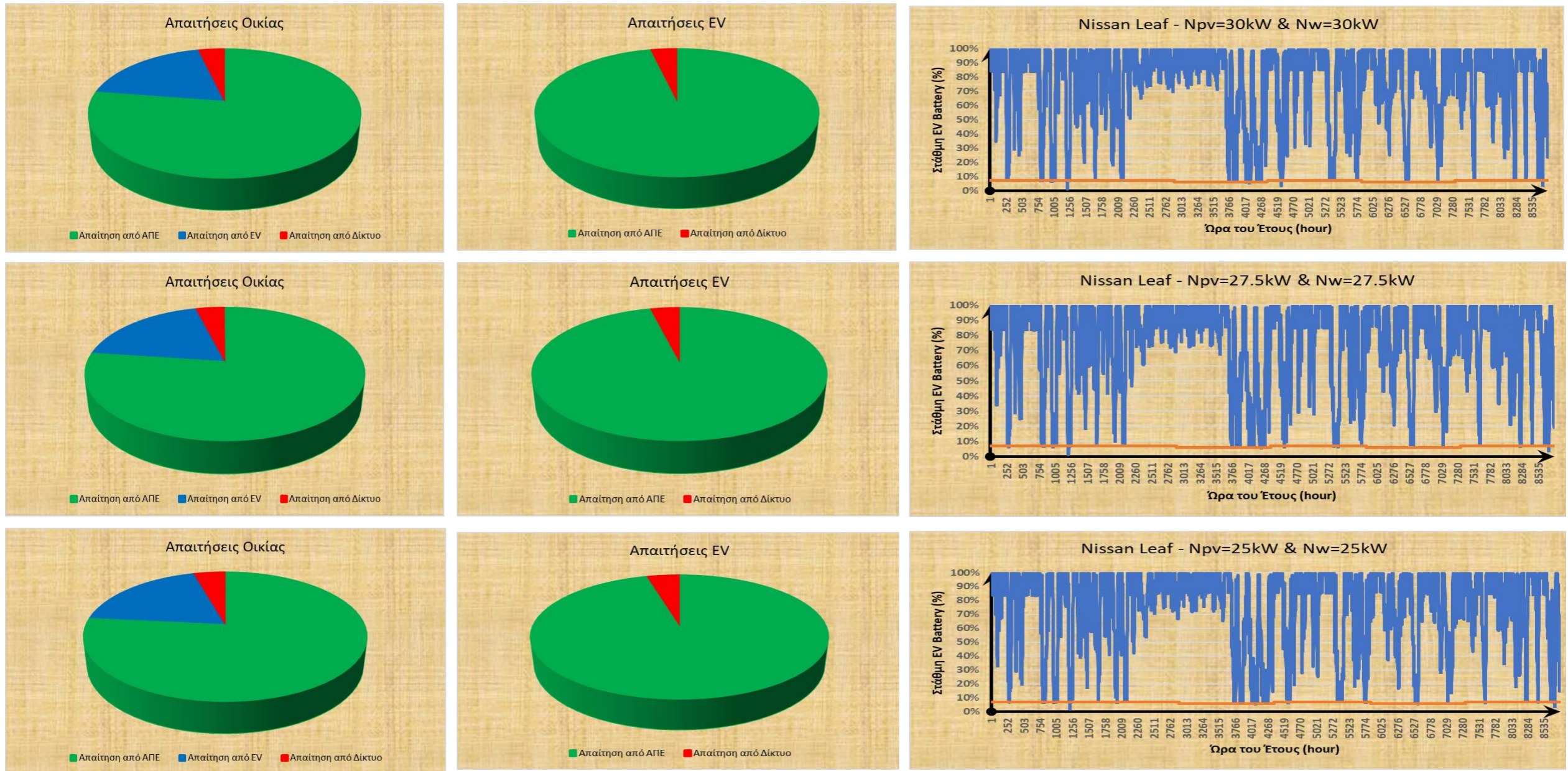
Διάγραμμα 28. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=9kW – Npv=Nw=6kW)



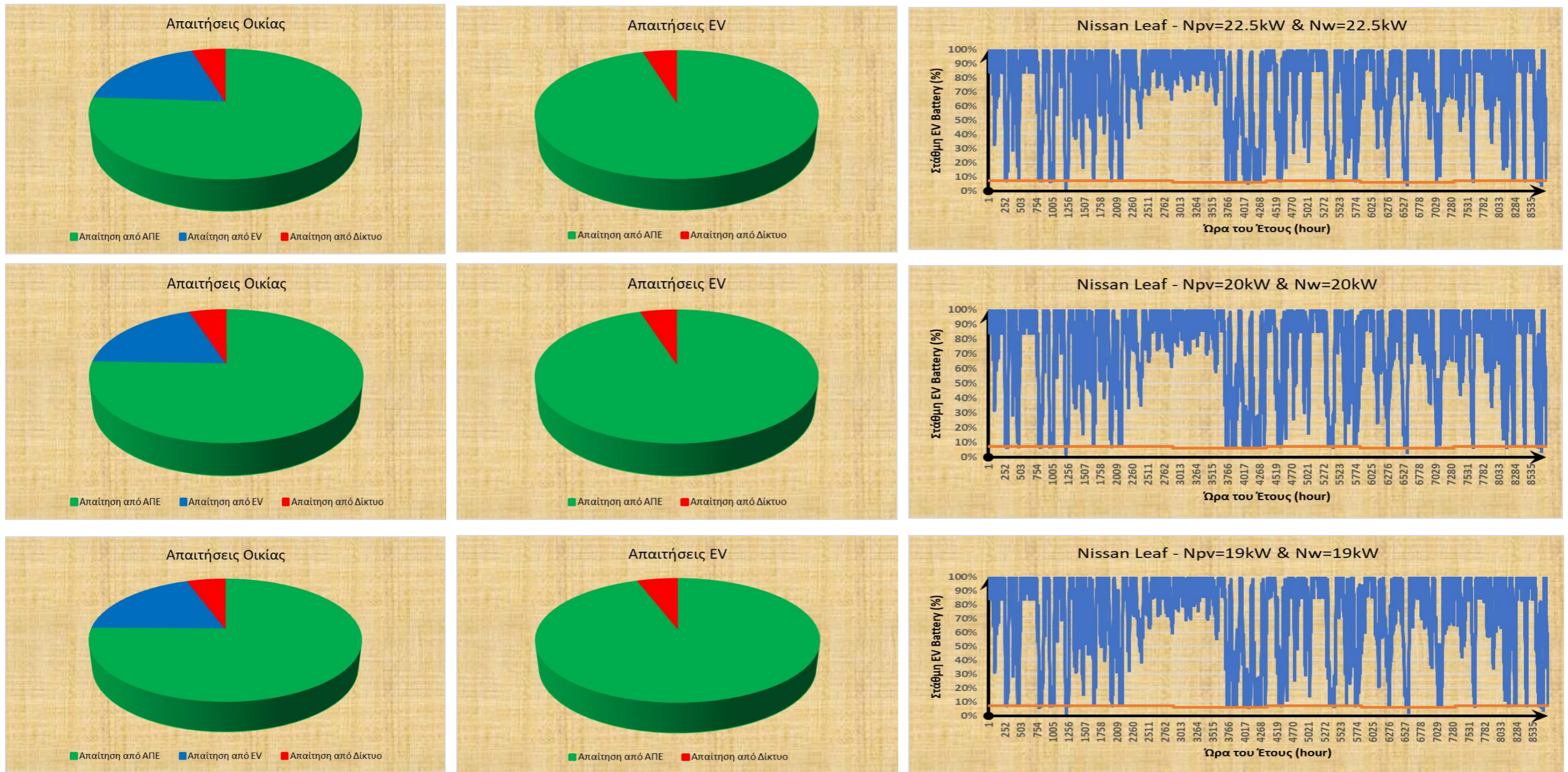
Διάγραμμα 29. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=5kW – Npv=Nw=2.5kW)



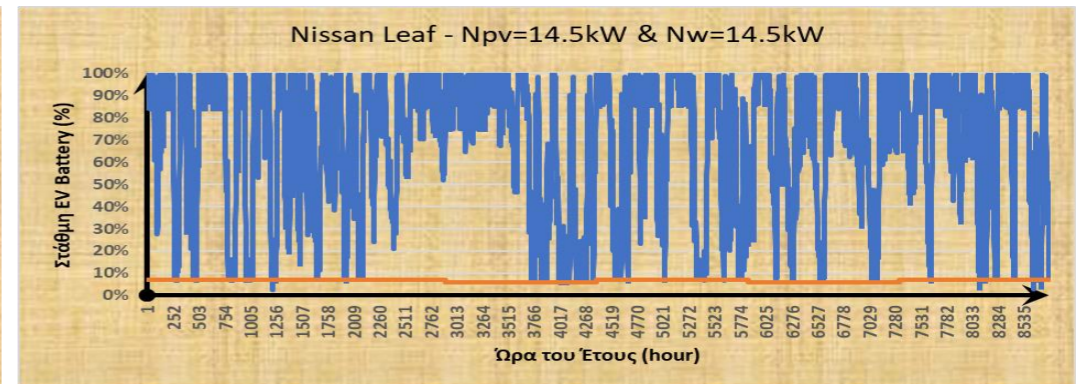
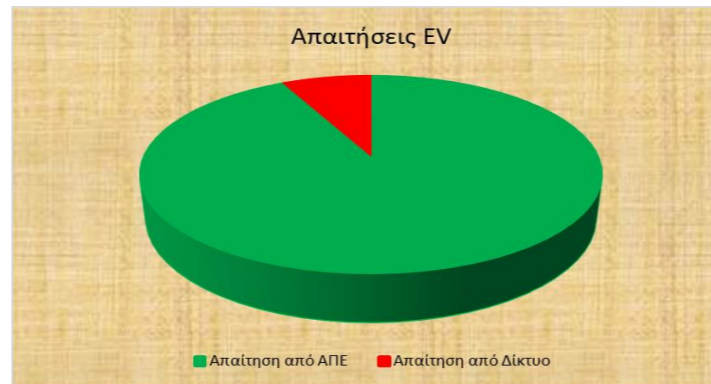
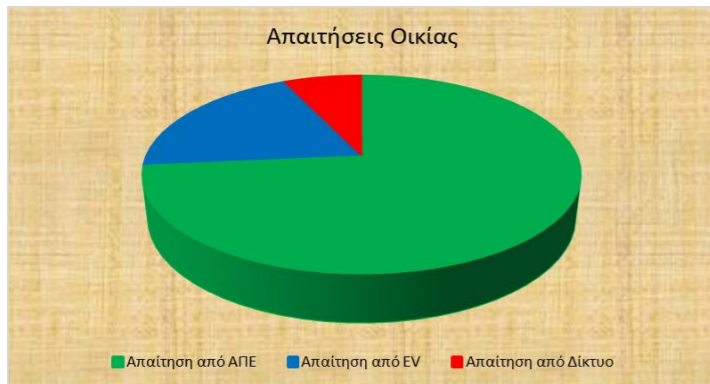
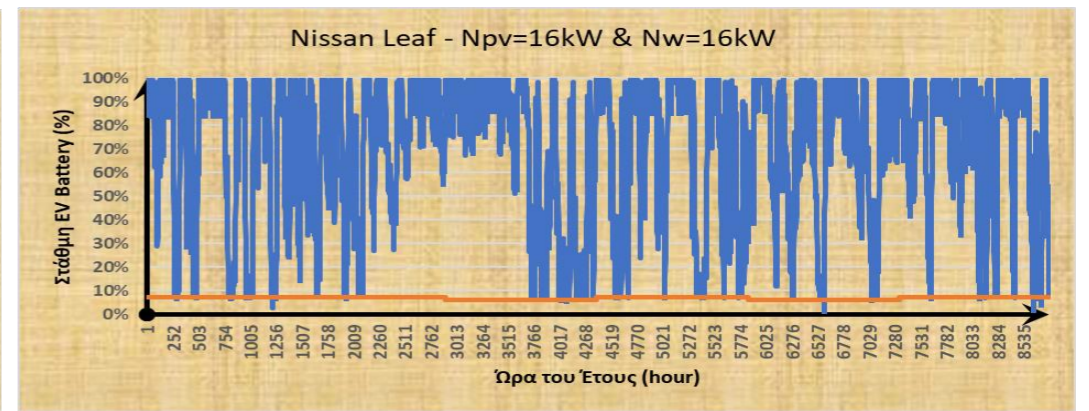
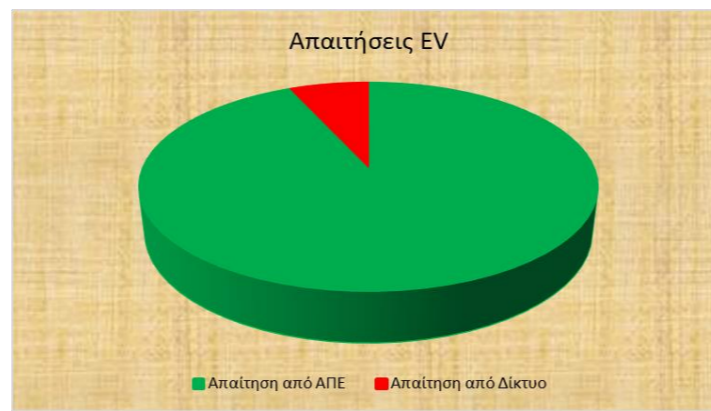
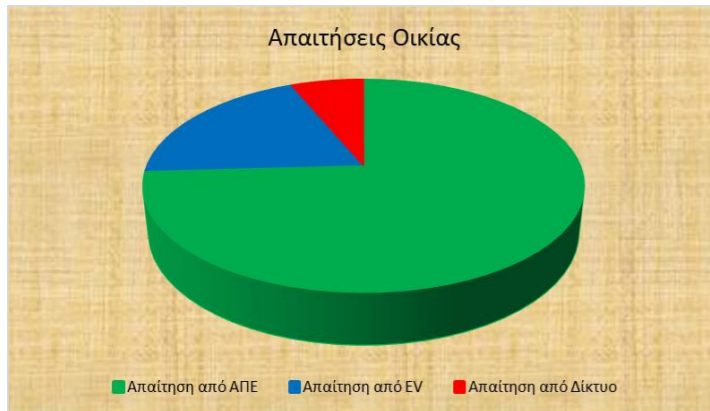
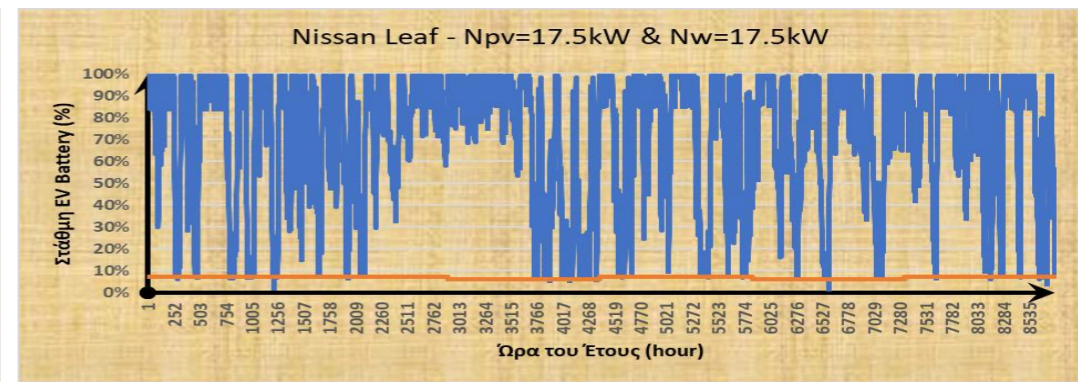
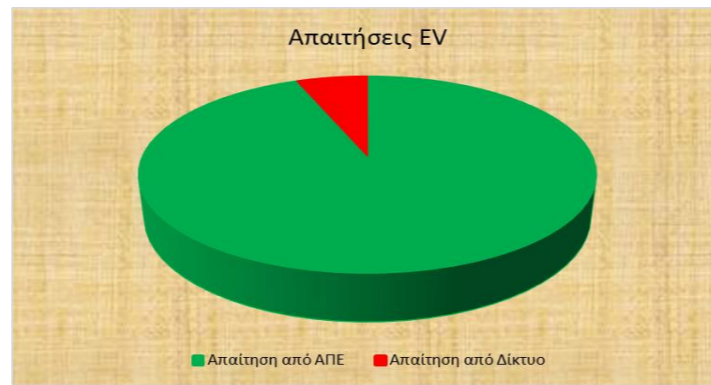
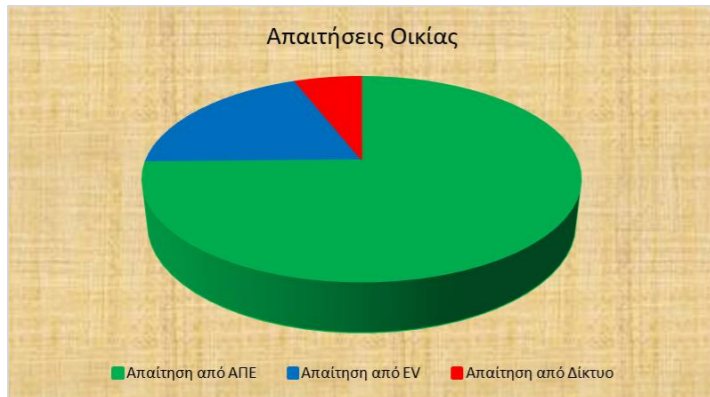
Διάγραμμα 30. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Smart EQ ForFour (Npv=Nw=1.5kW – Npv=0 & Nw=2.5kW)



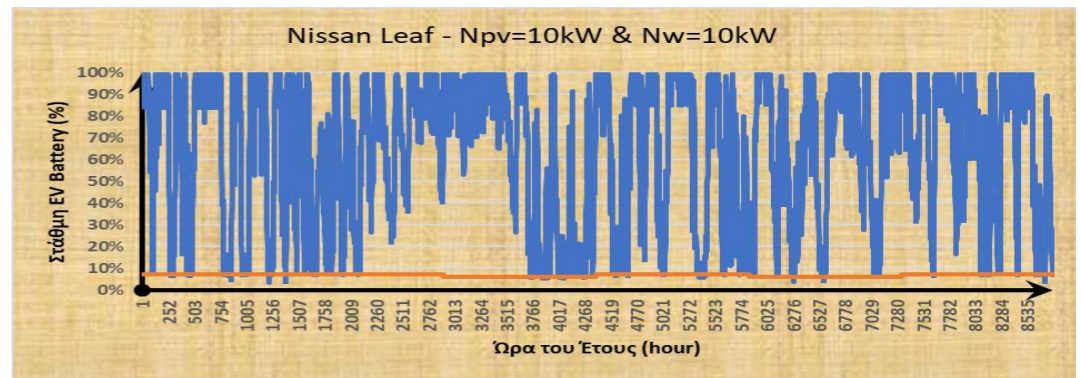
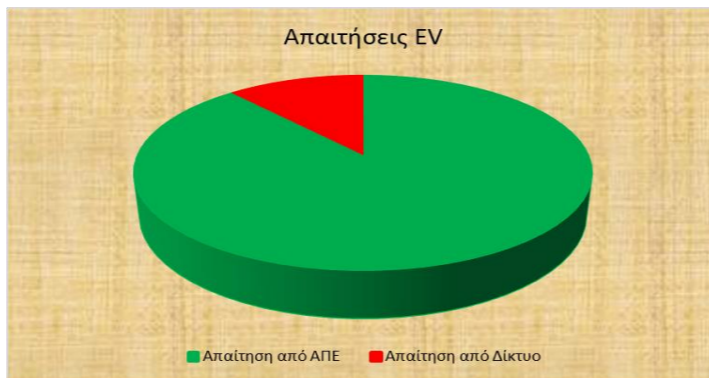
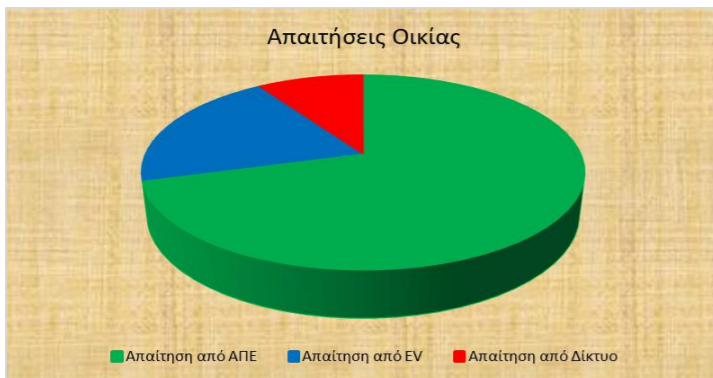
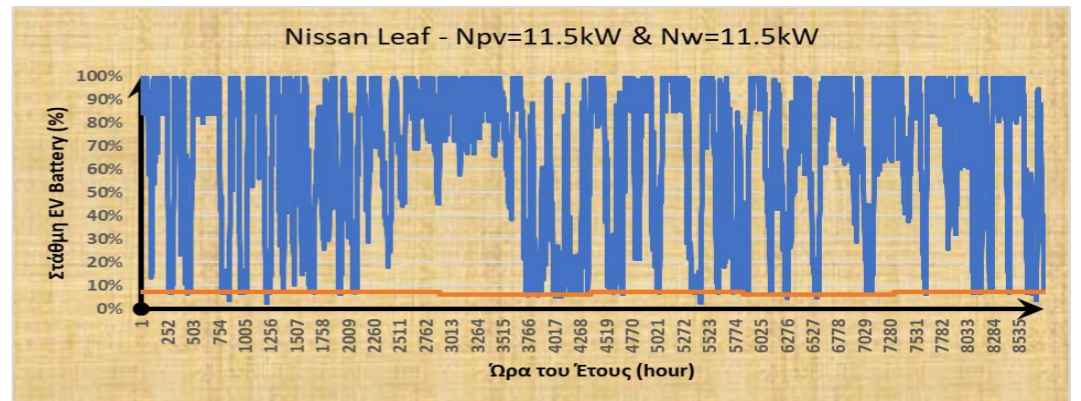
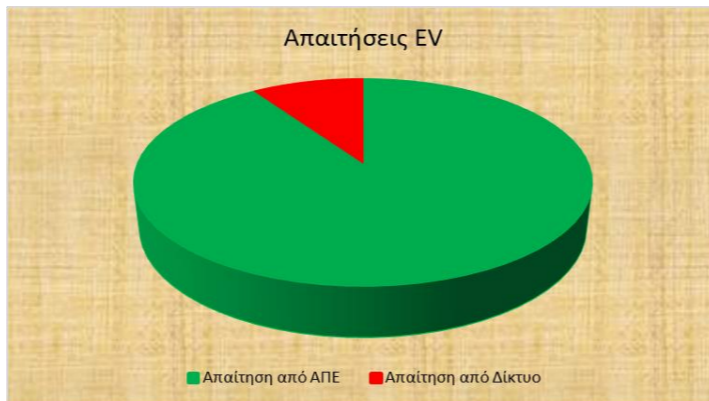
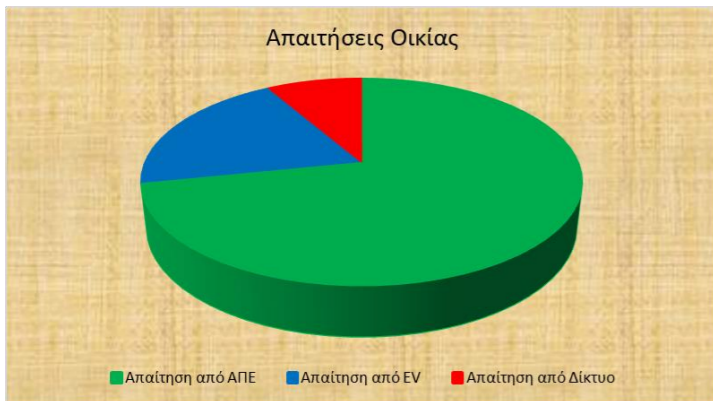
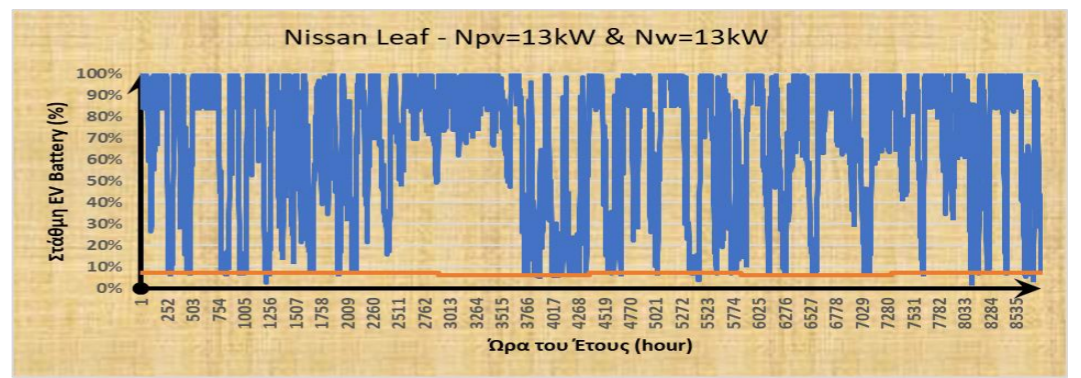
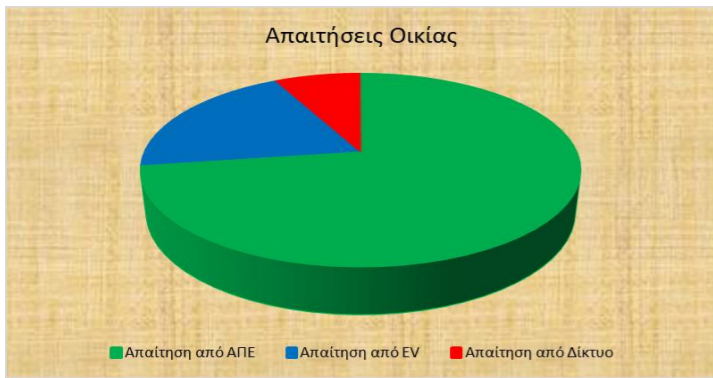
Διάγραμμα 31. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμησης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=30kW – Npv=Nw=25kW)



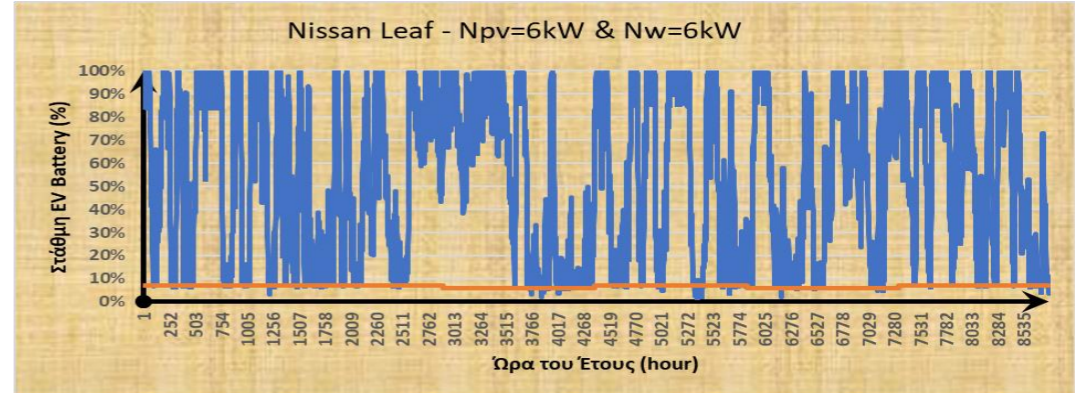
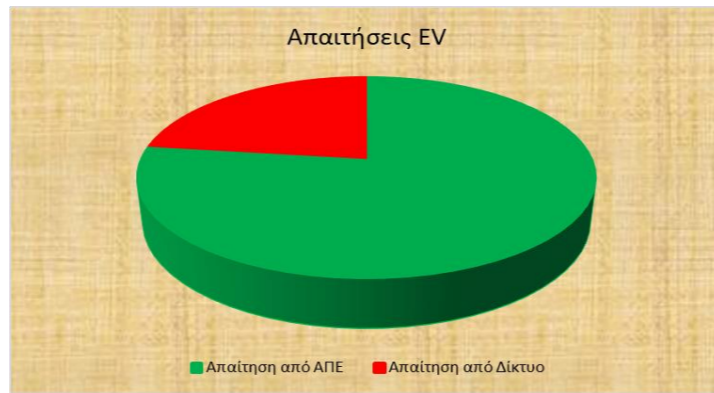
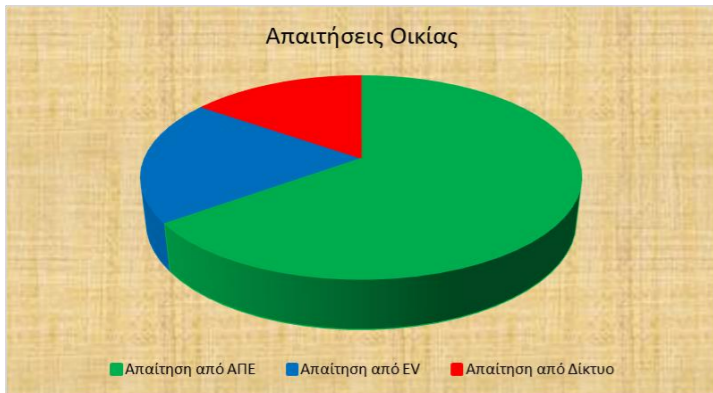
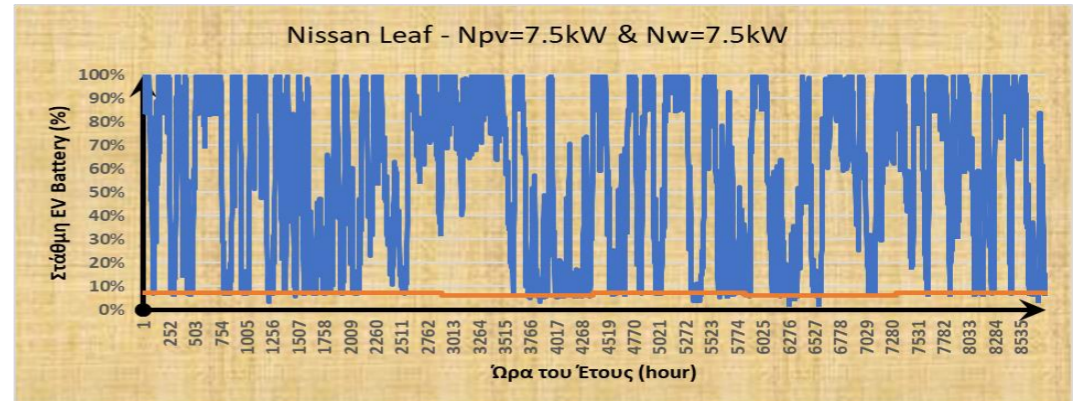
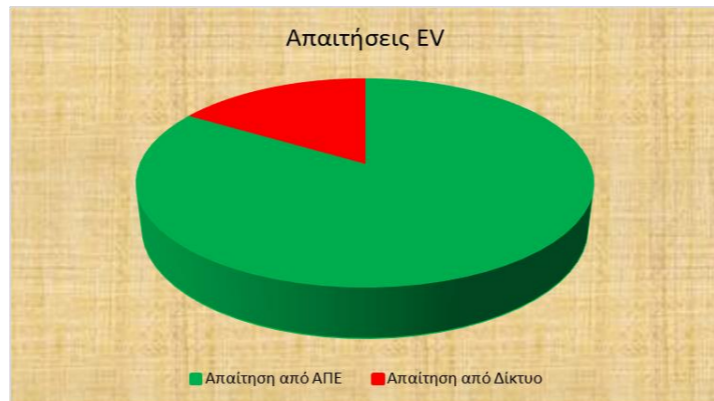
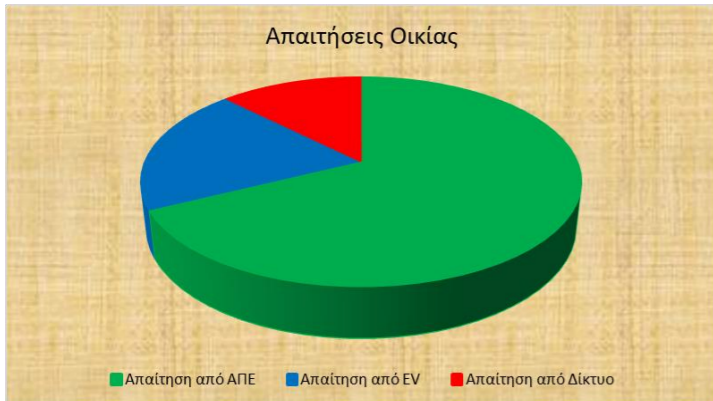
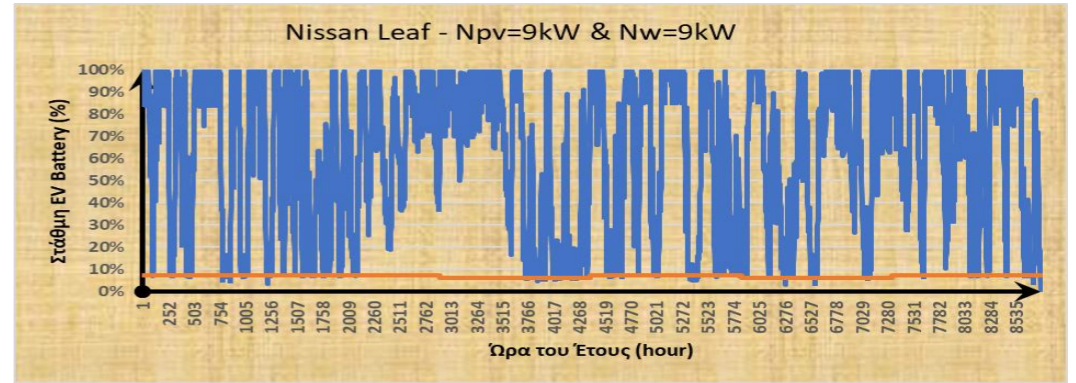
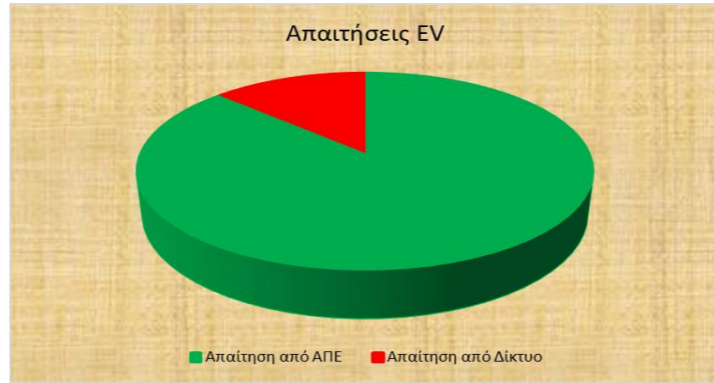
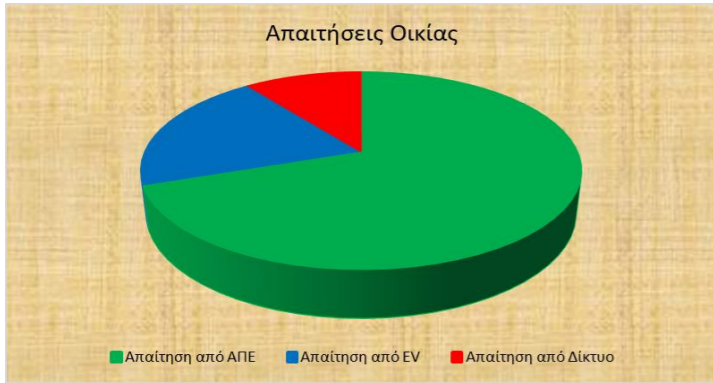
Διάγραμμα 32. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=22.5kW – Npv=Nw=19kW)



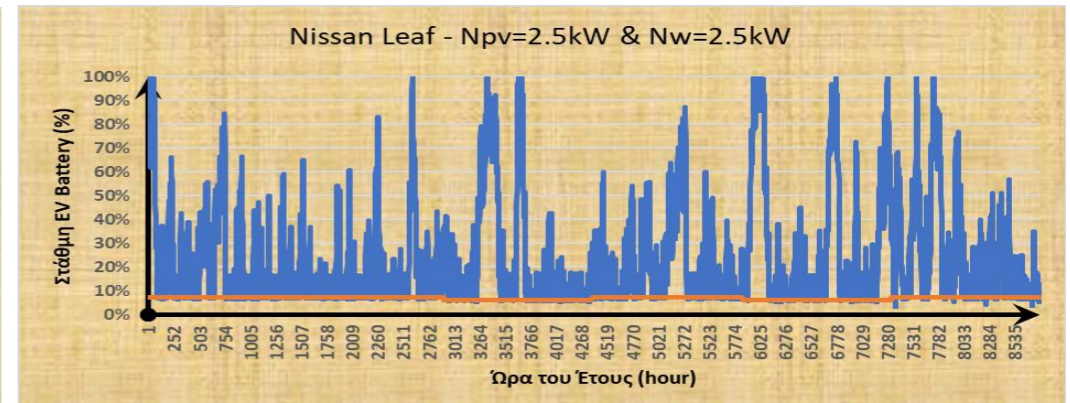
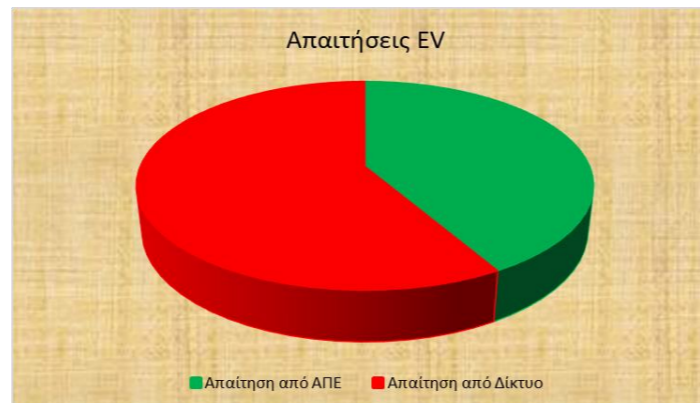
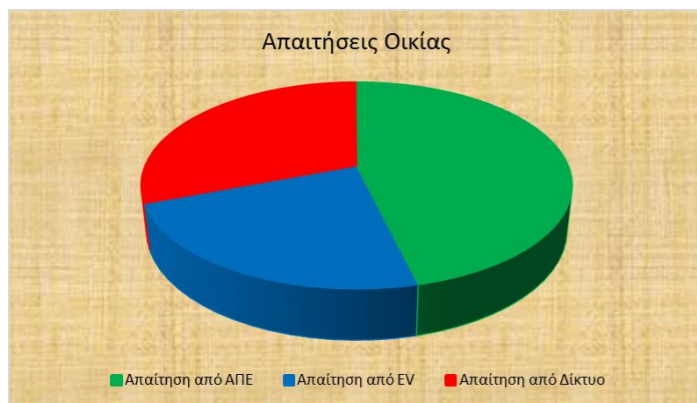
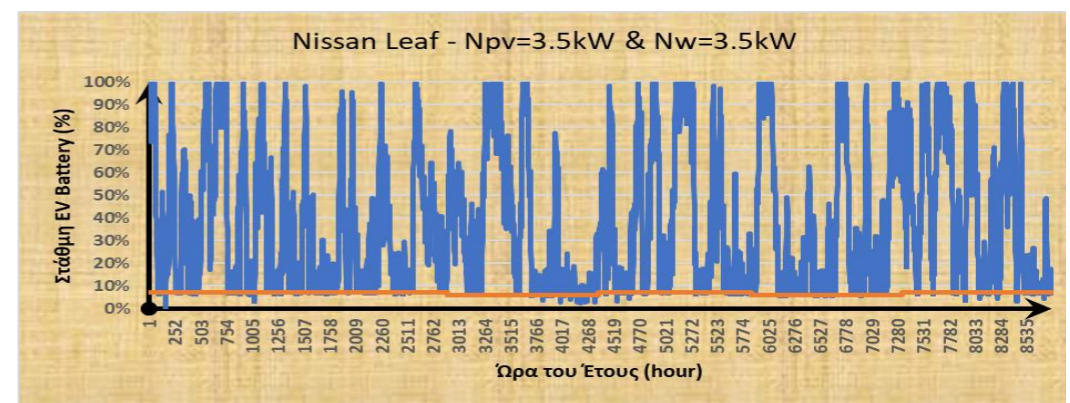
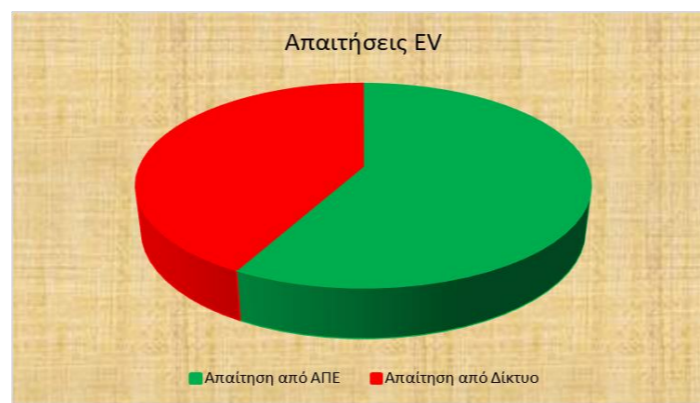
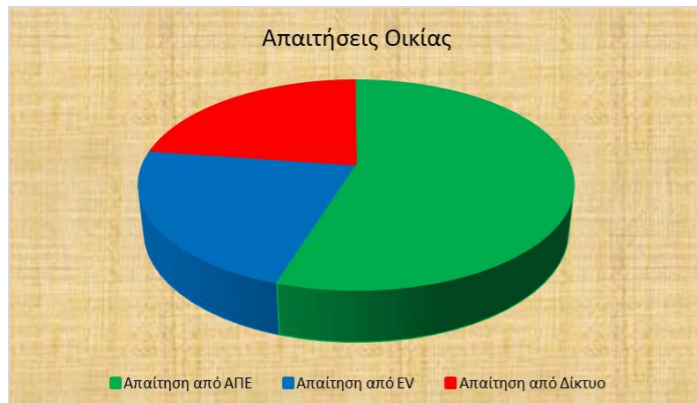
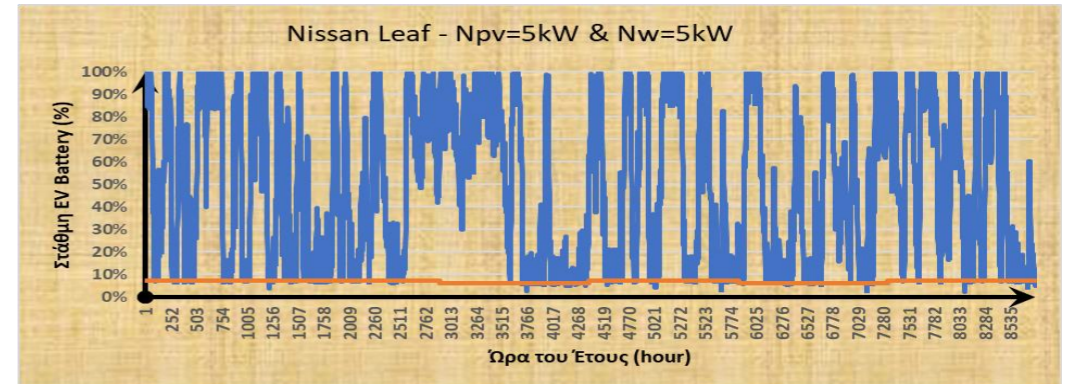
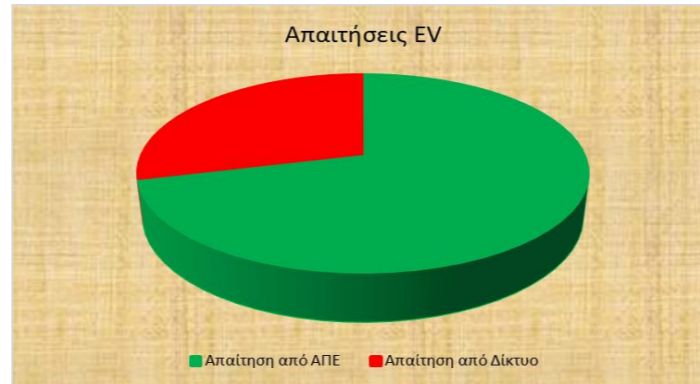
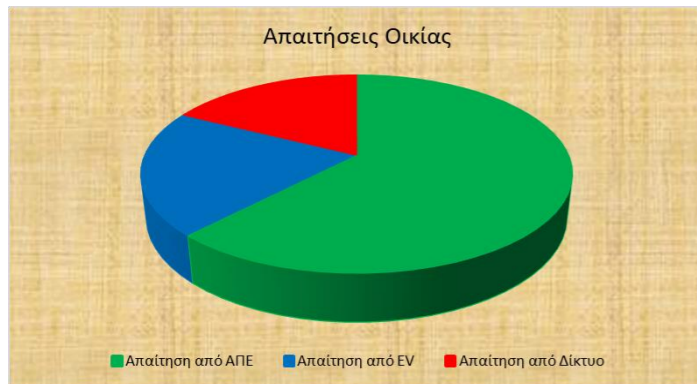
Διάγραμμα 33. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=17.5kW – Npv=Nw=14.5kW)



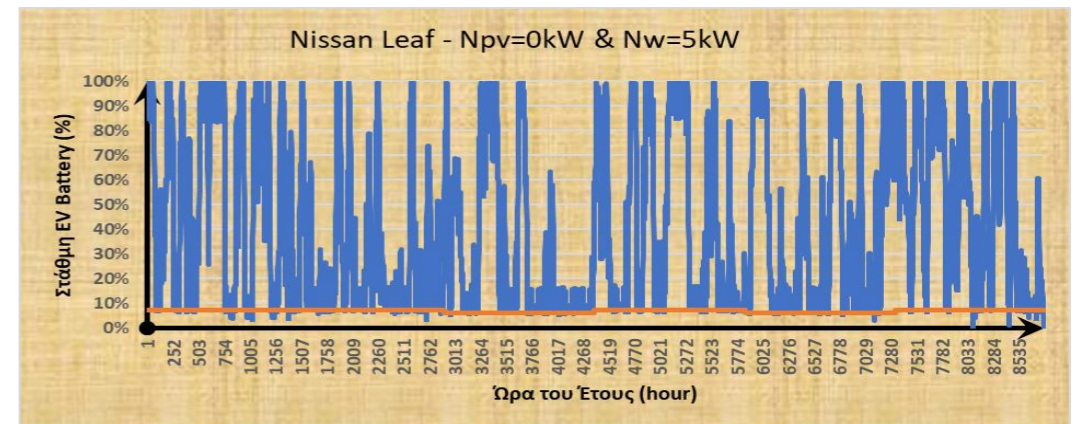
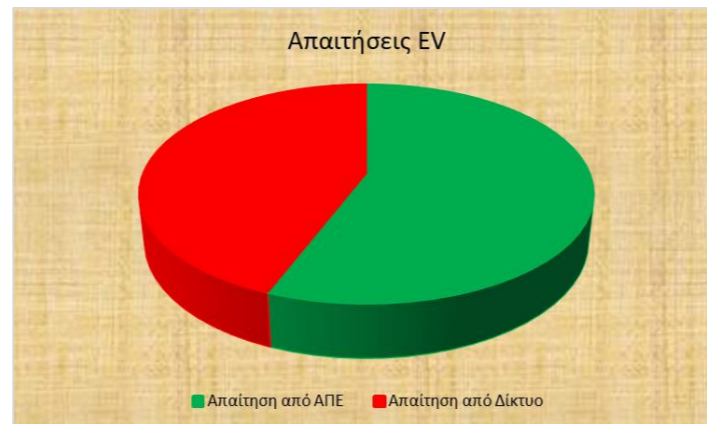
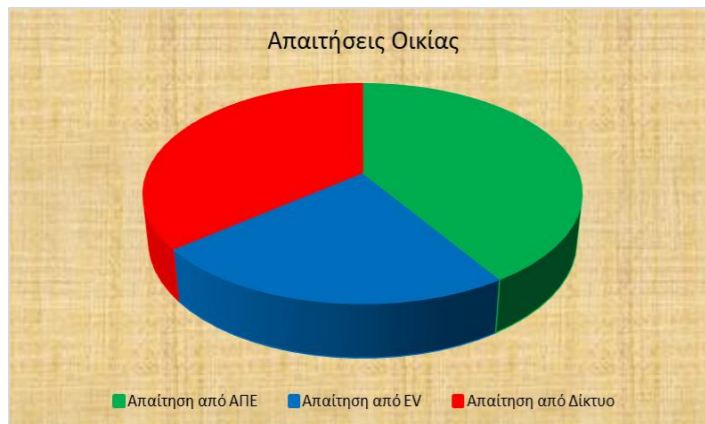
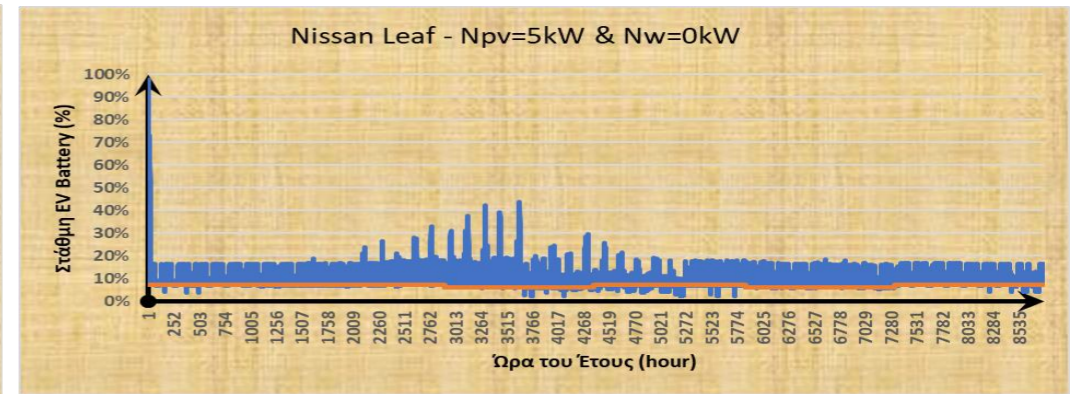
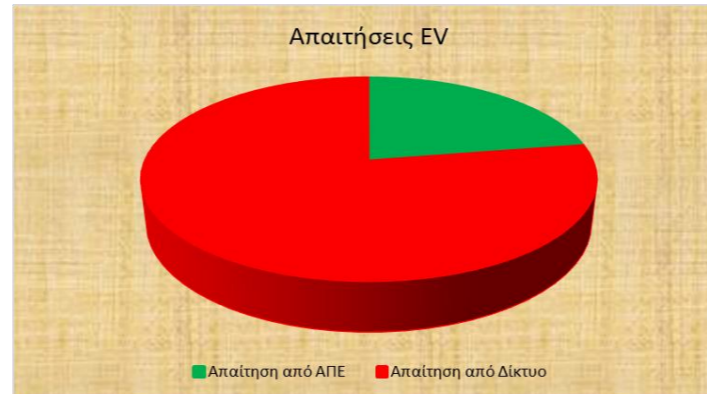
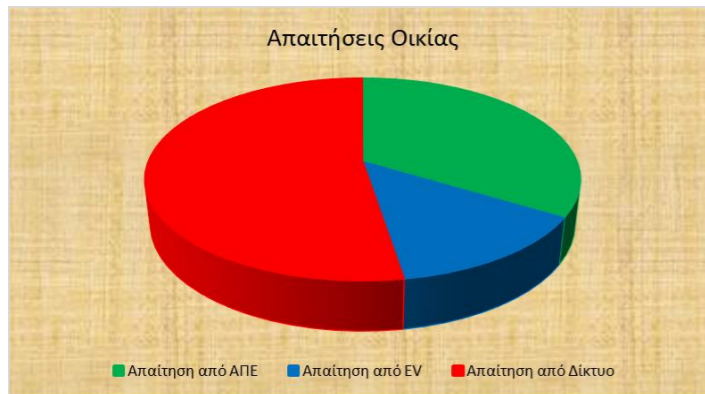
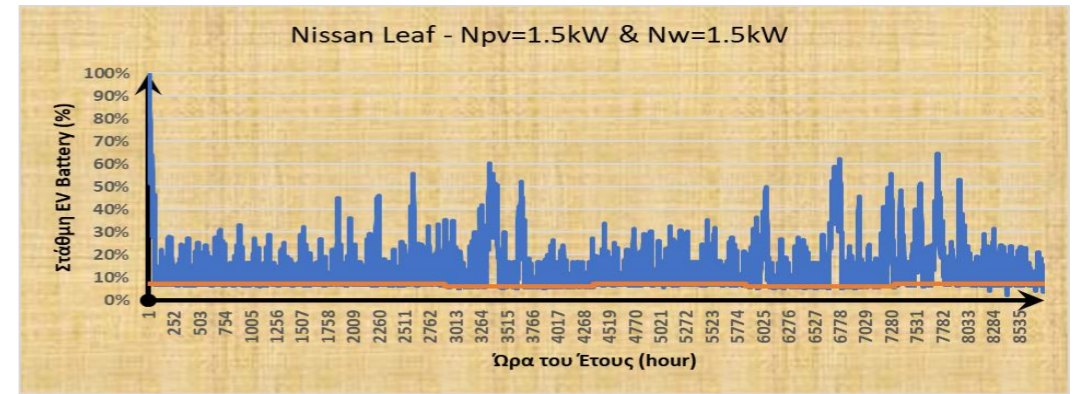
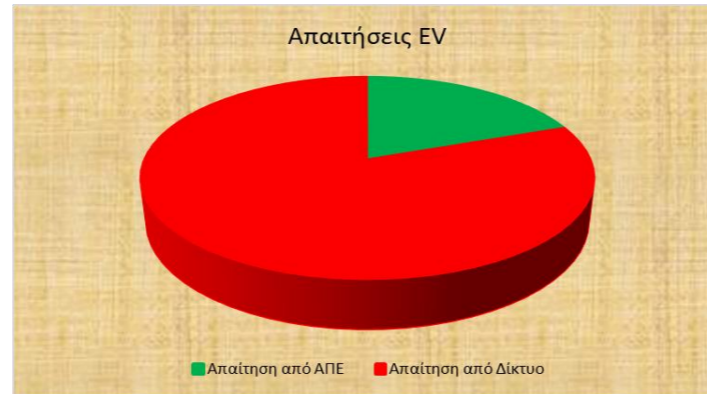
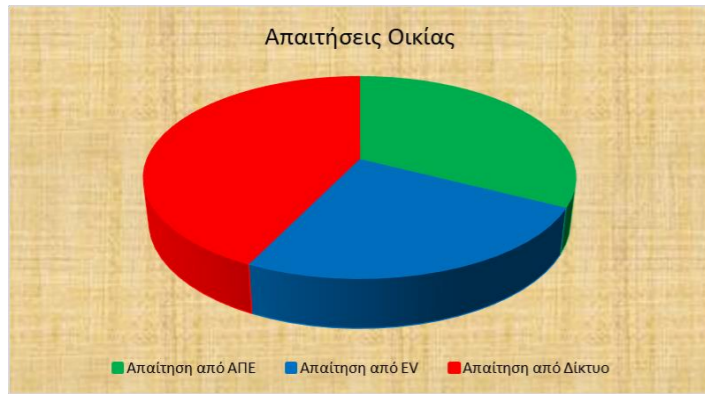
Διάγραμμα 34. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=13kW – Npv=Nw=10kW)



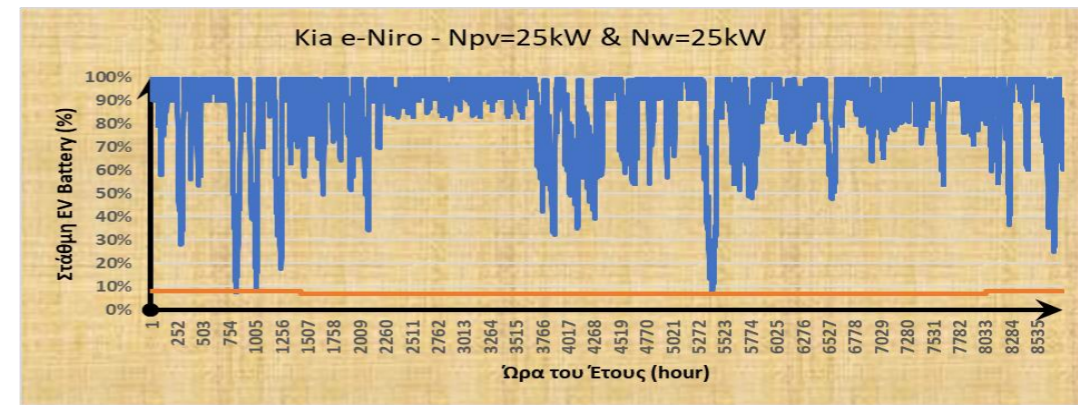
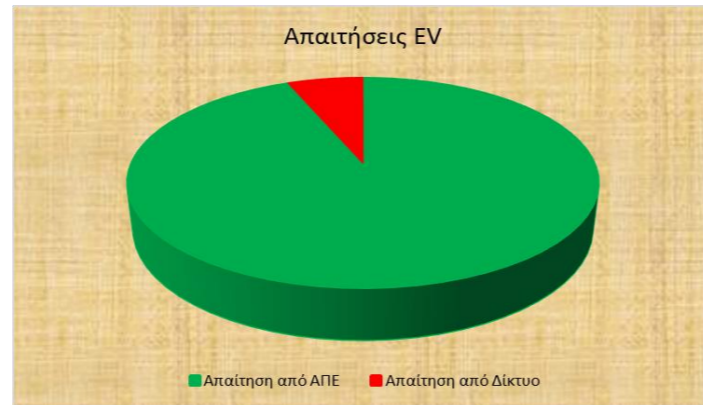
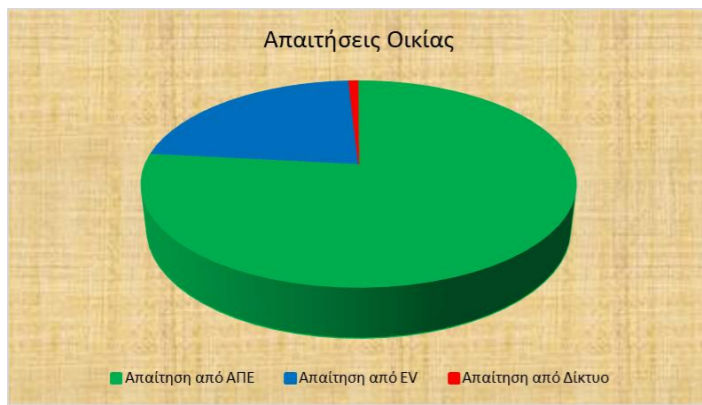
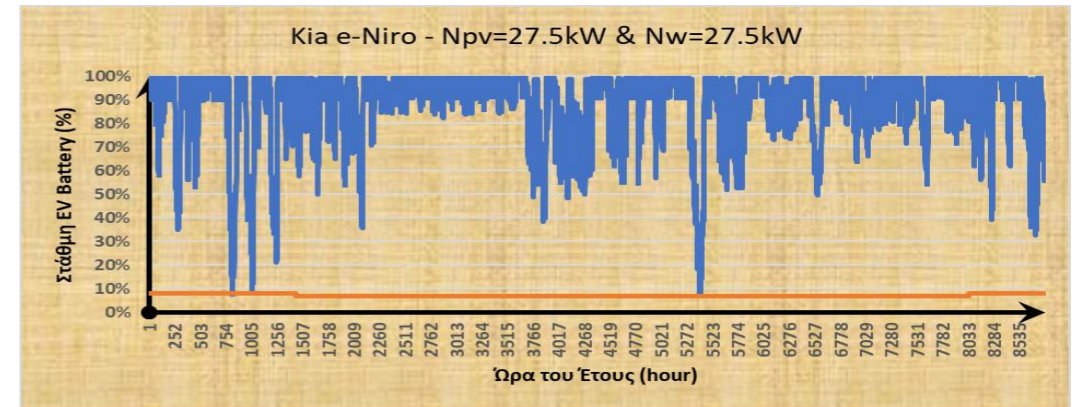
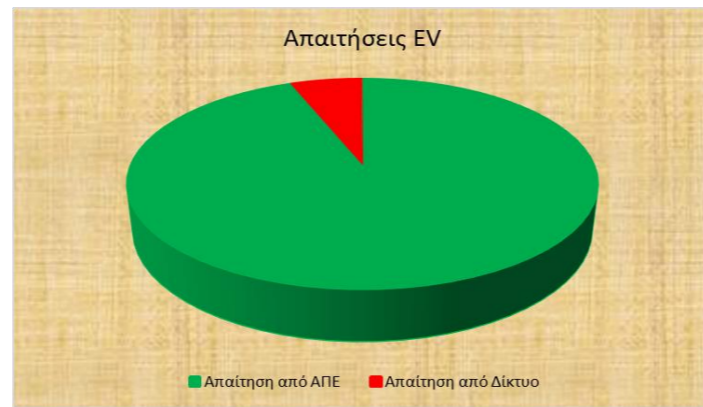
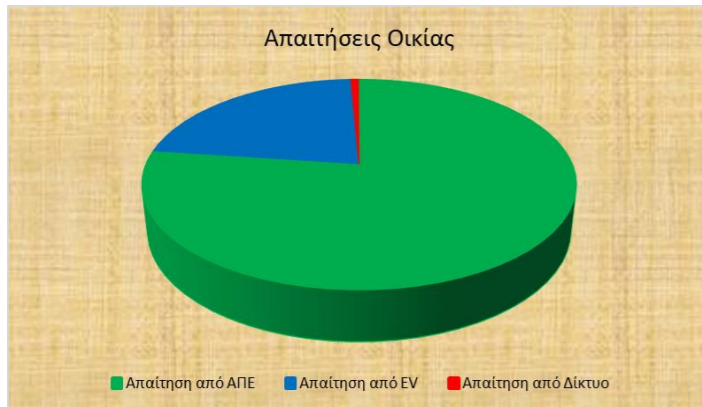
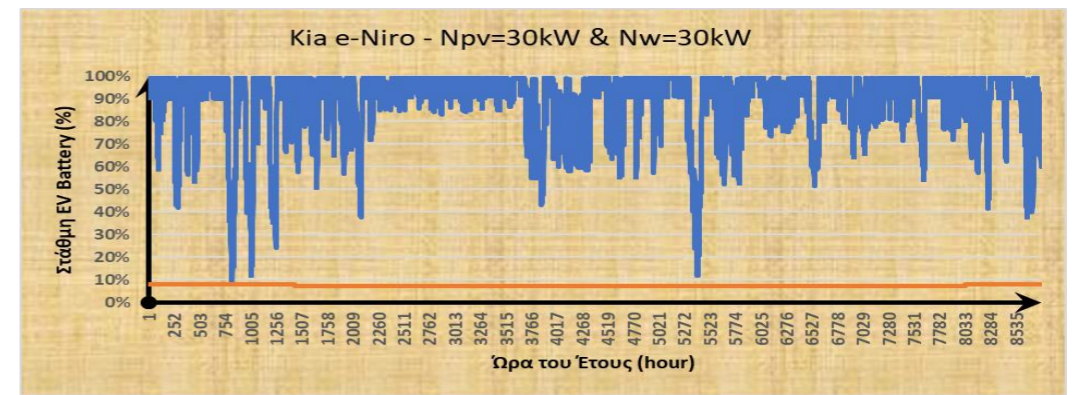
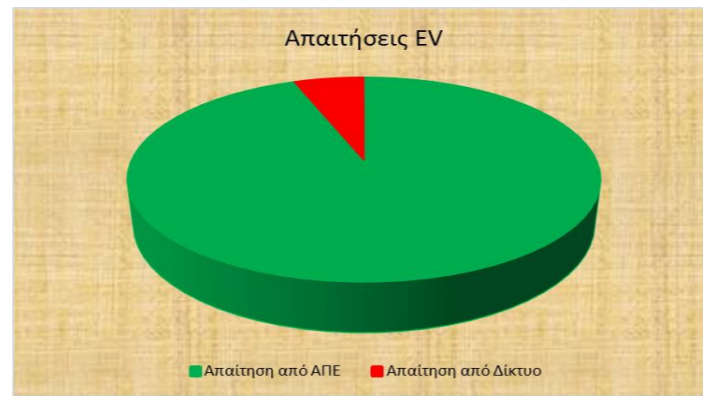
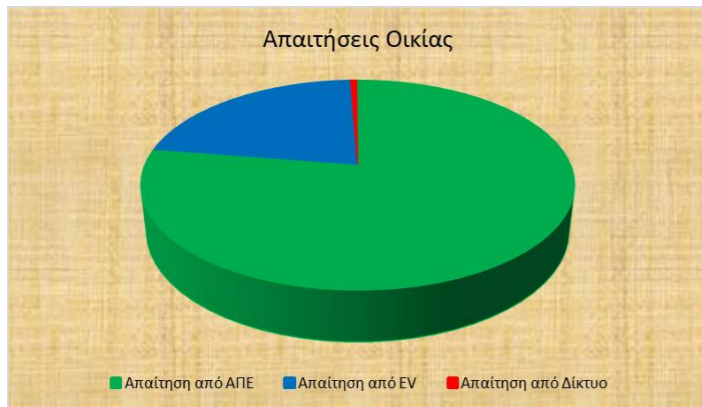
Διάγραμμα 35. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=9kW – Npv=Nw=6kW)



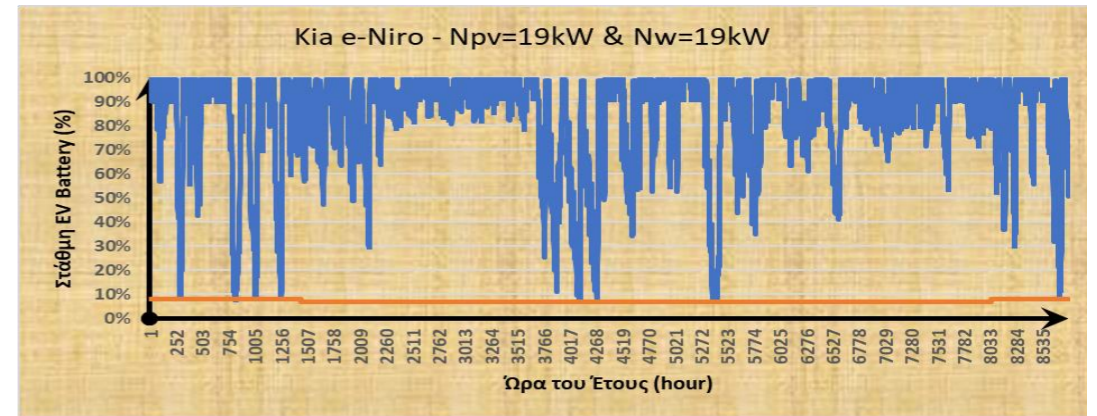
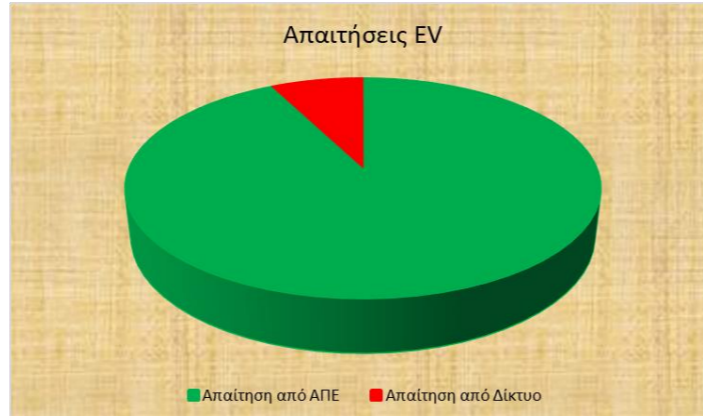
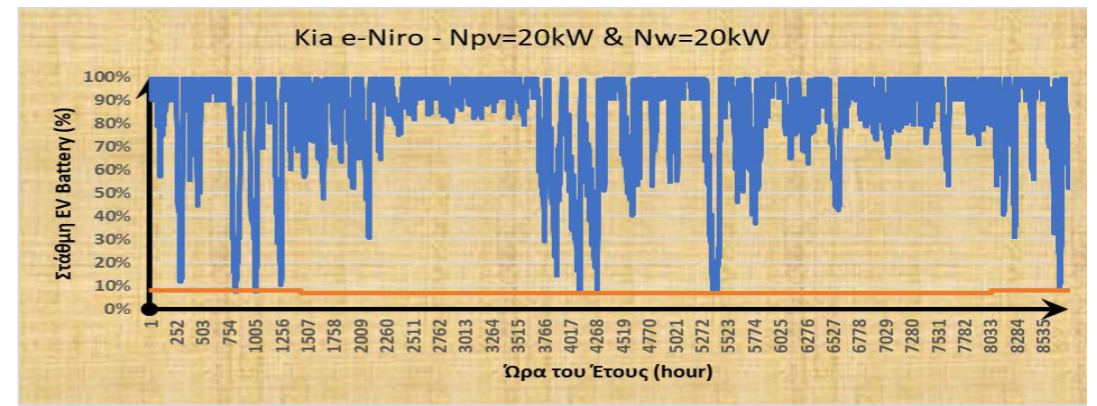
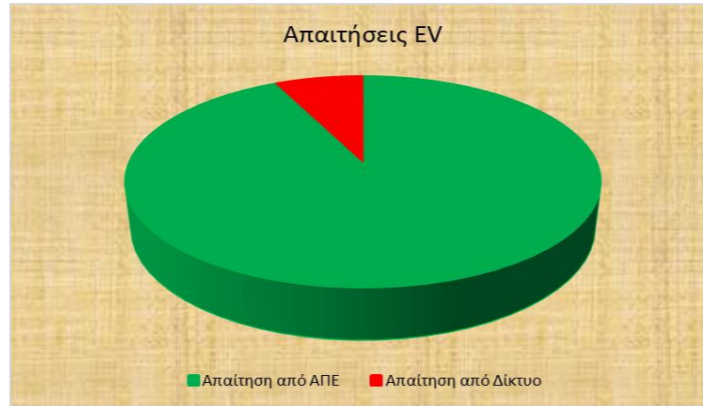
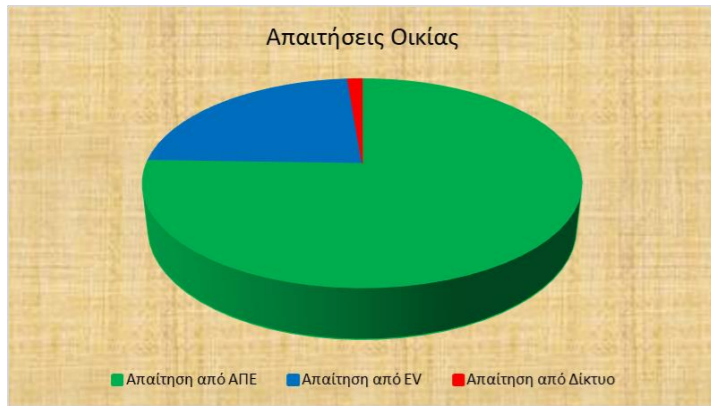
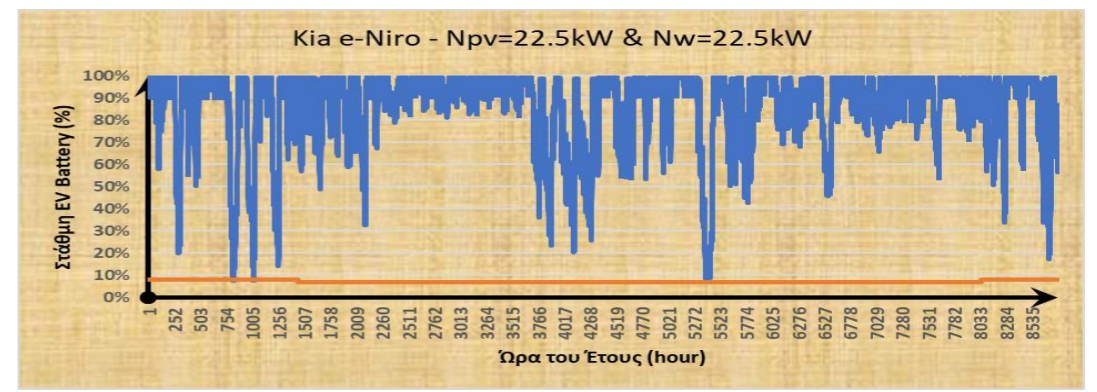
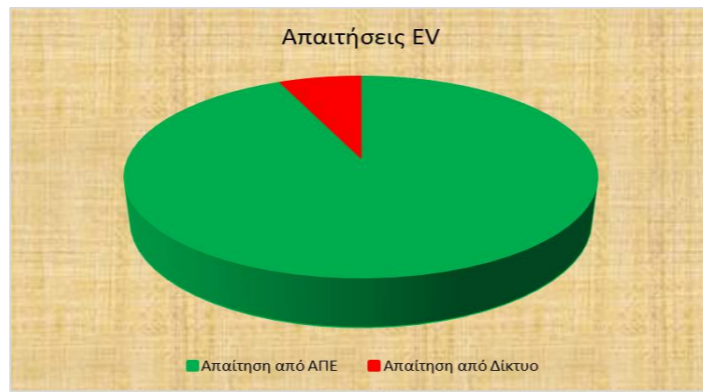
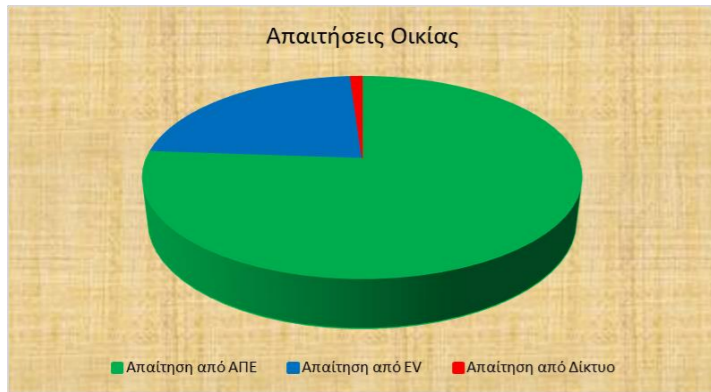
Διάγραμμα 36. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=5kW – Npv=Nw=2.5kW)



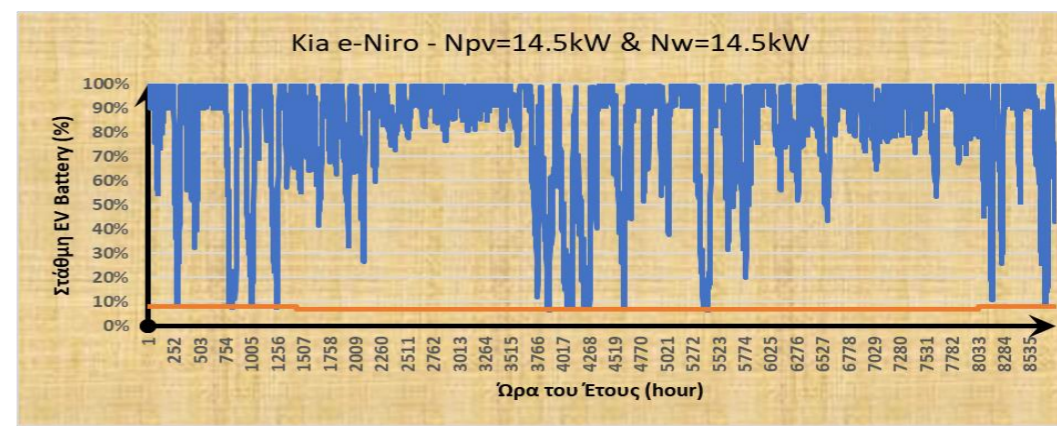
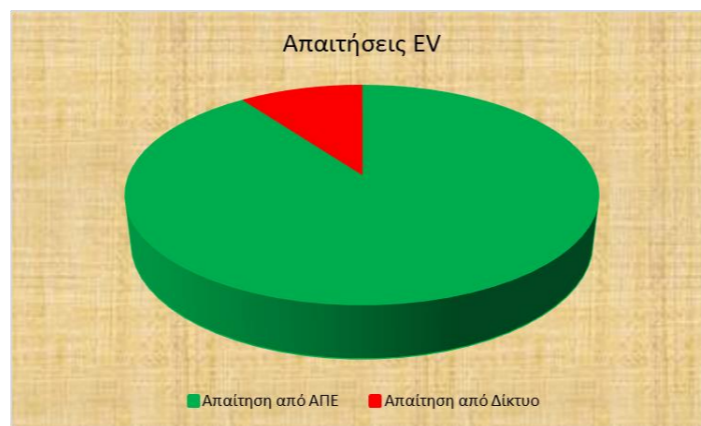
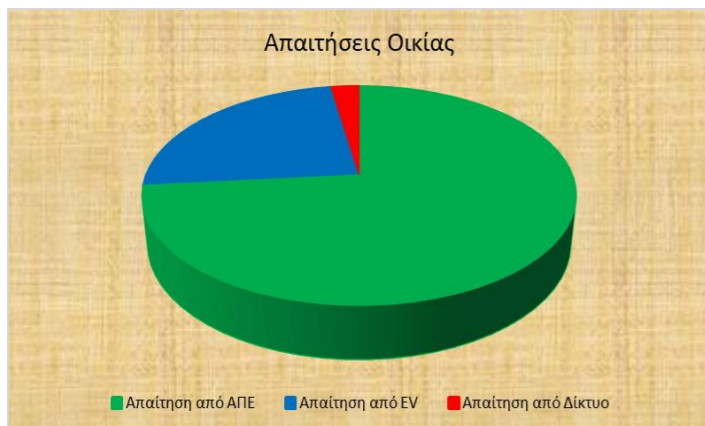
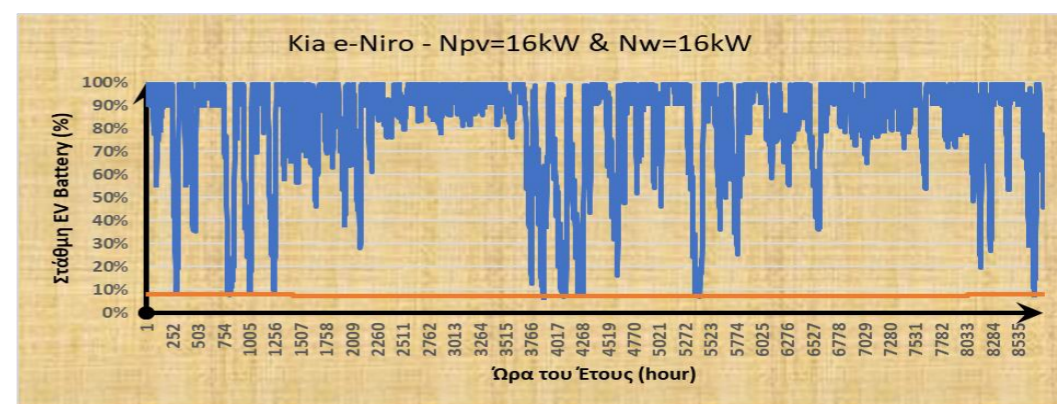
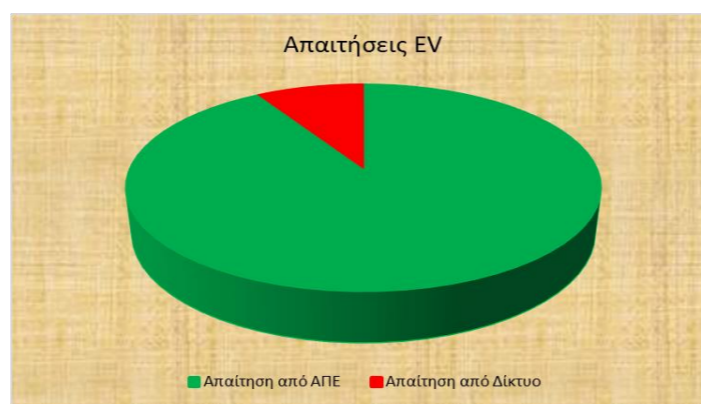
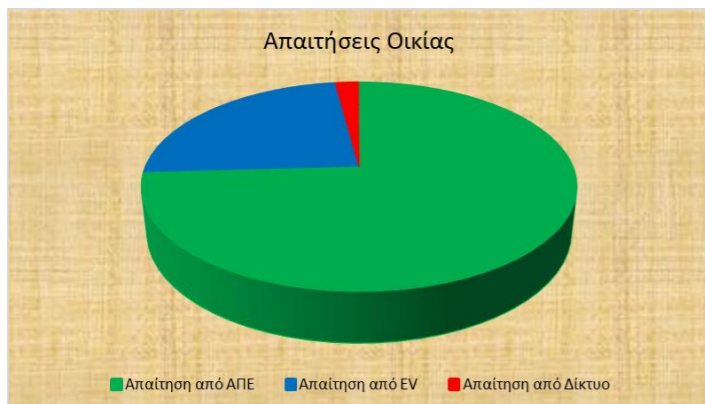
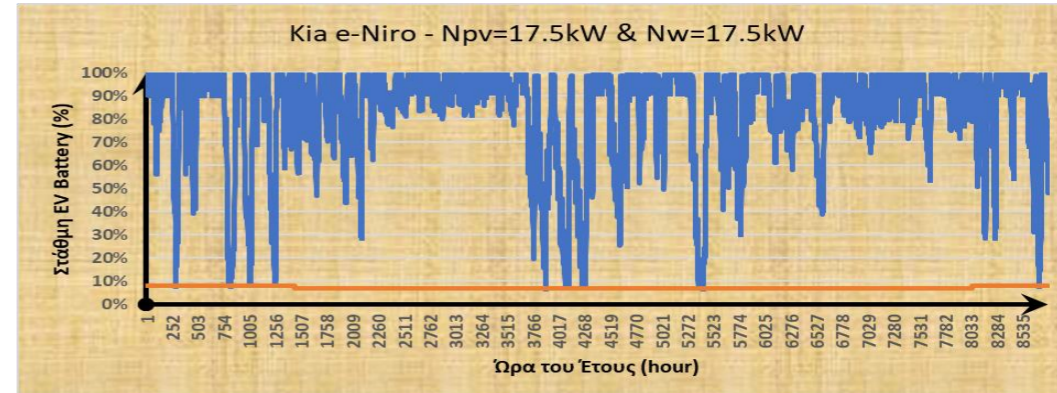
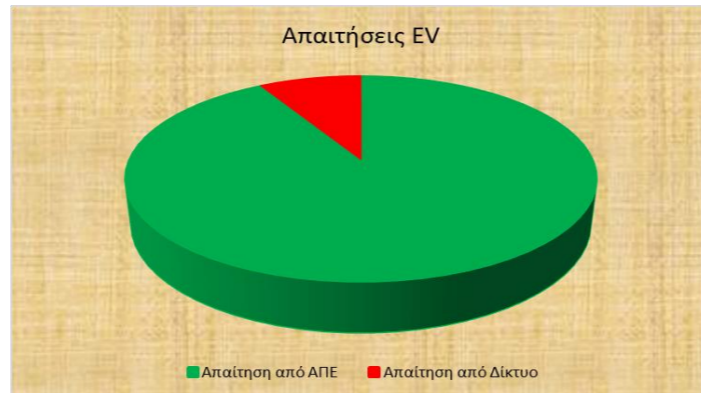
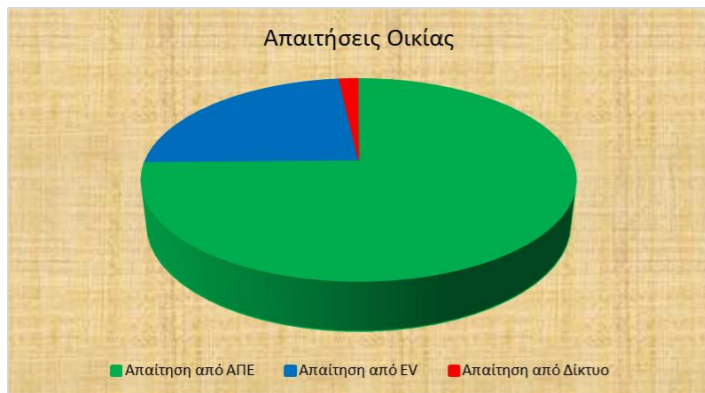
Διάγραμμα 37. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Nissan Leaf (Npv=Nw=1.5kW – Npv=0 & Nw=5kW)



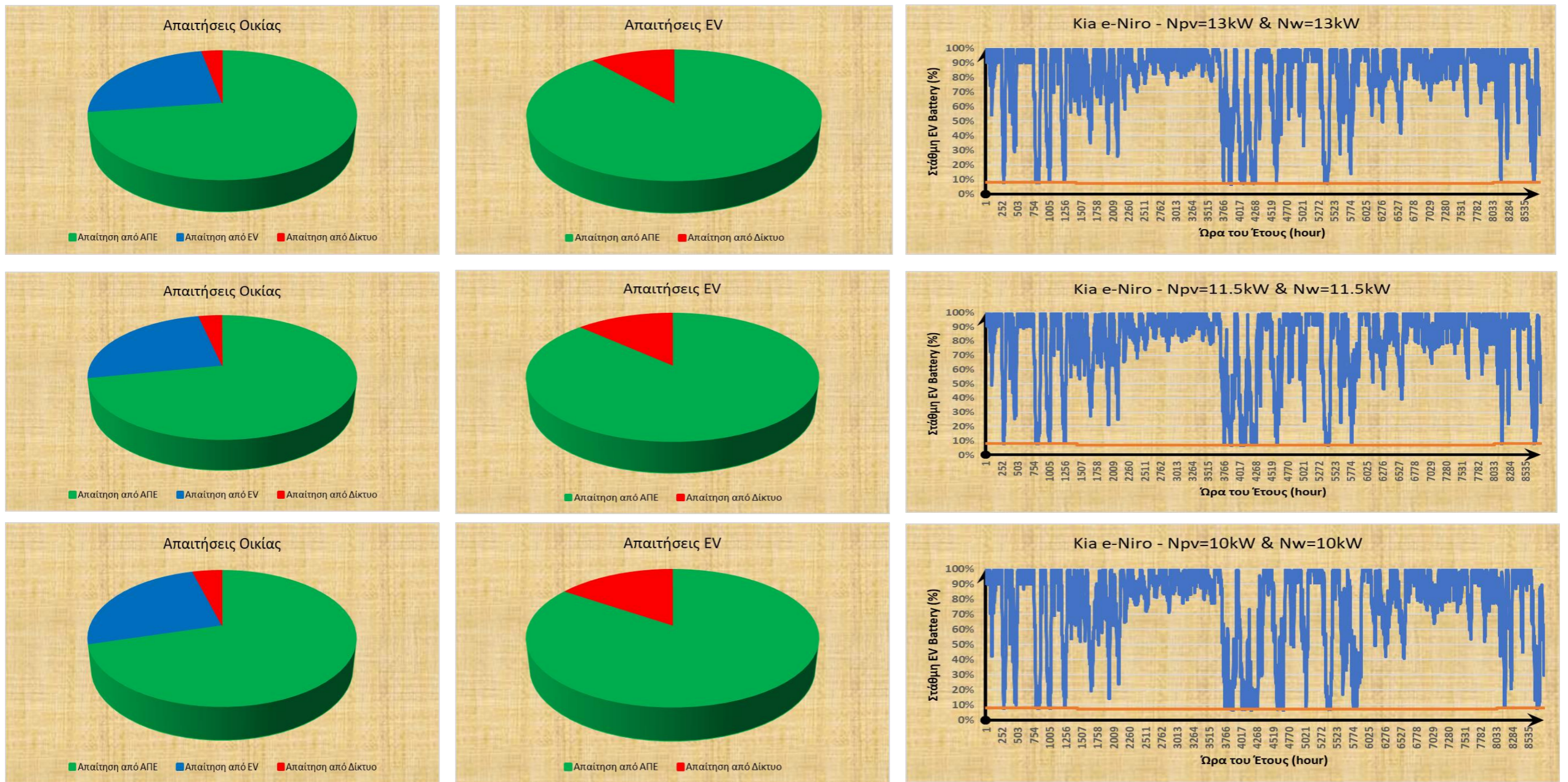
Διάγραμμα 38. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=30kW – Npv=Nw=25kW)



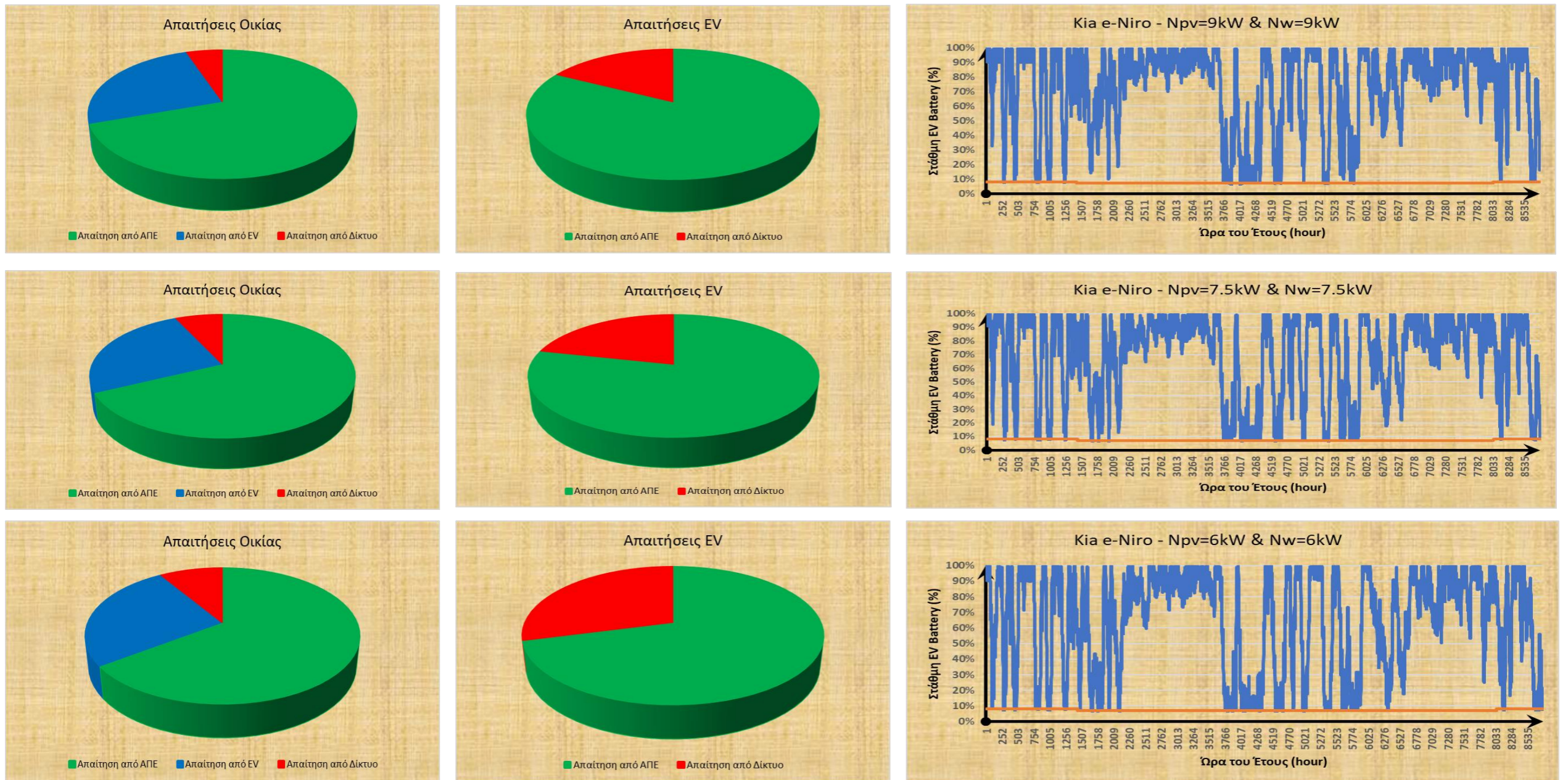
Διάγραμμα 39. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=22.5kW – Npv=Nw=19kW)



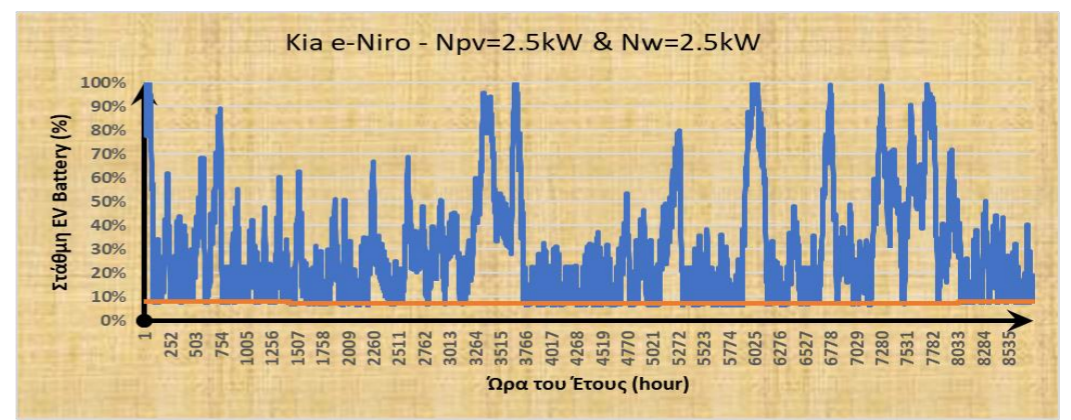
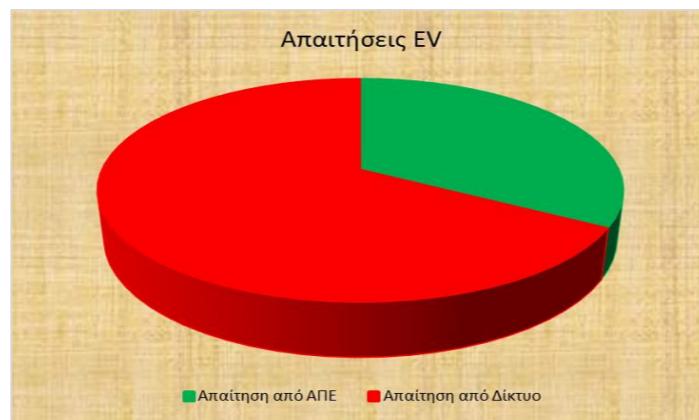
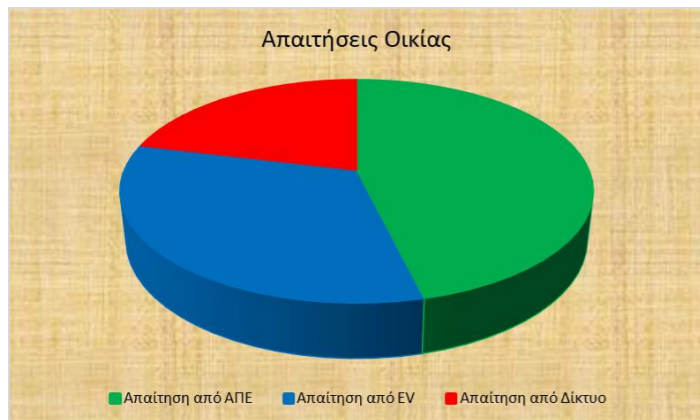
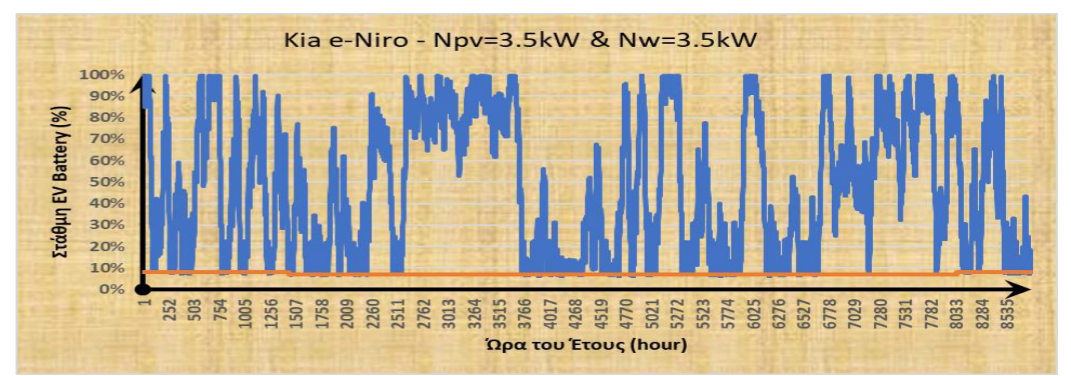
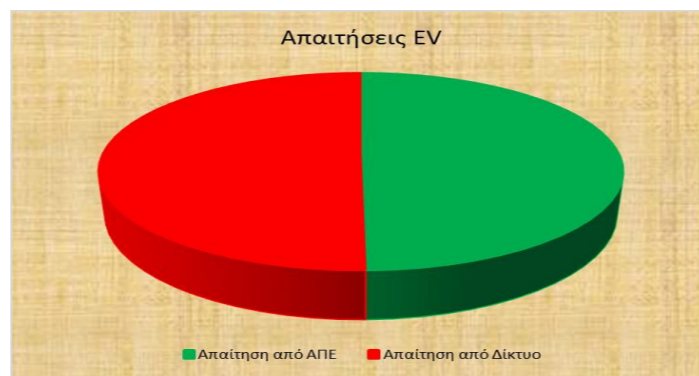
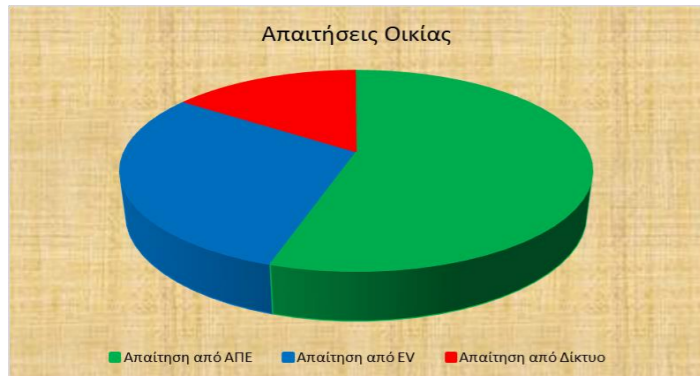
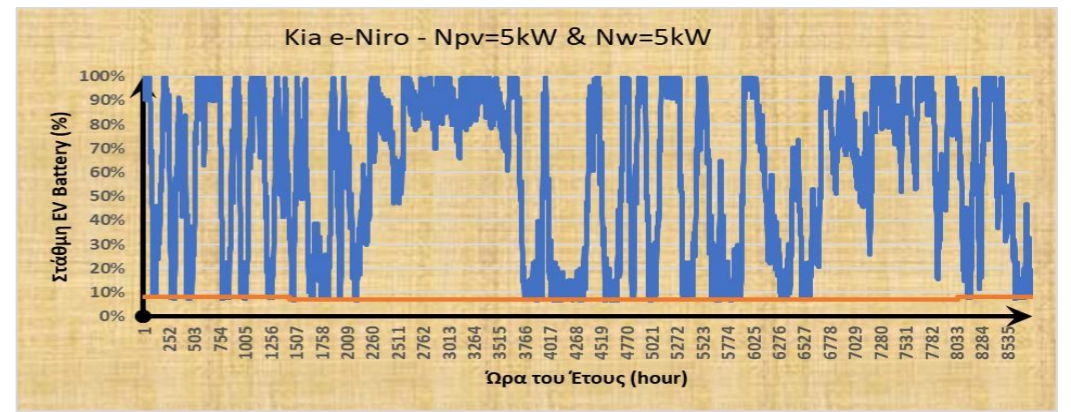
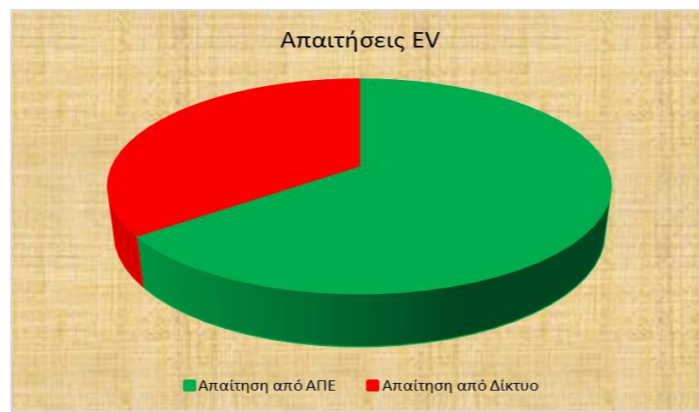
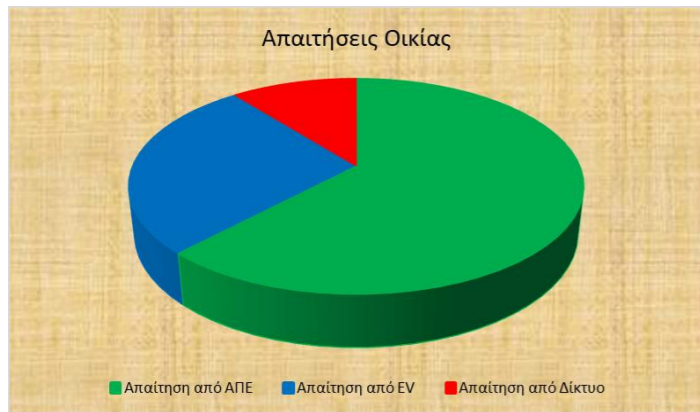
Διάγραμμα 40. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=17.5kW – Npv=Nw=14.5kW)



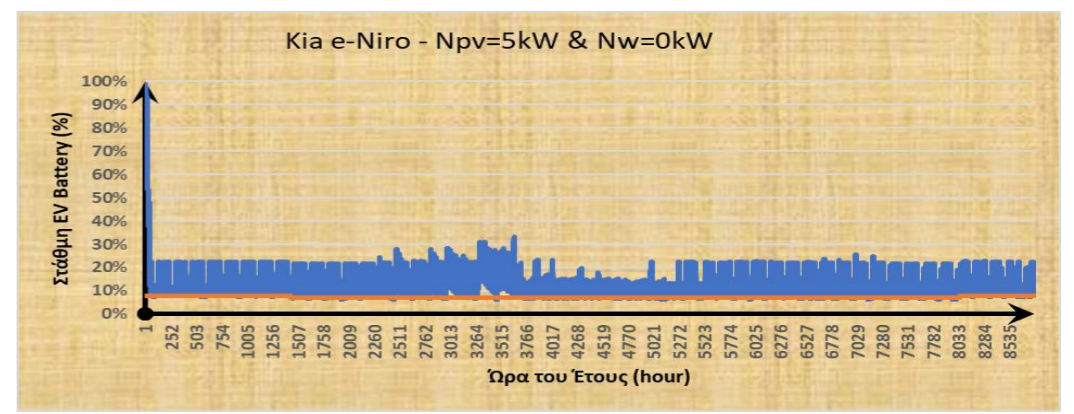
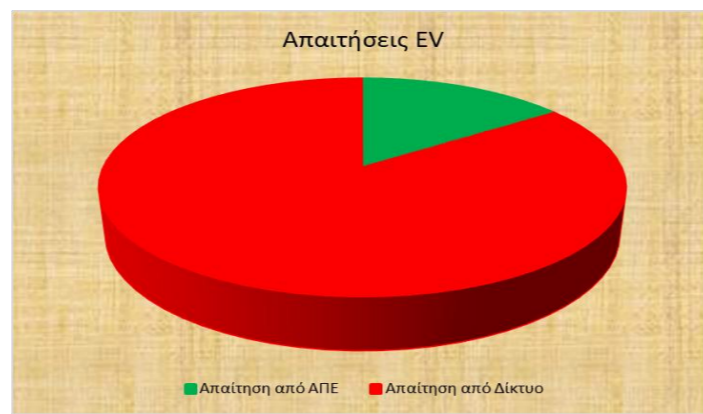
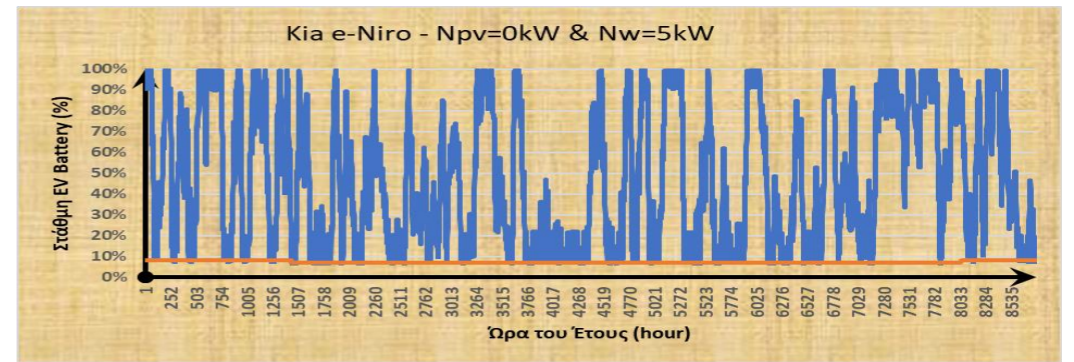
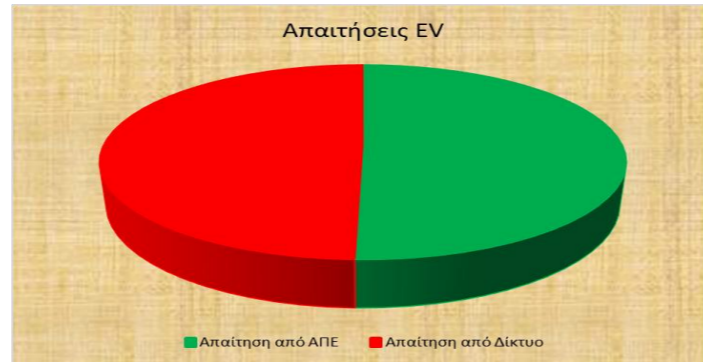
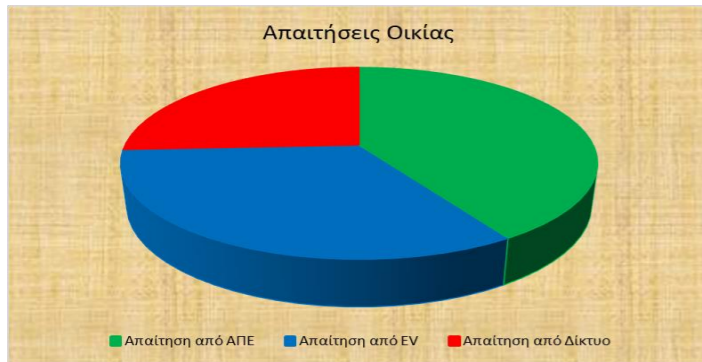
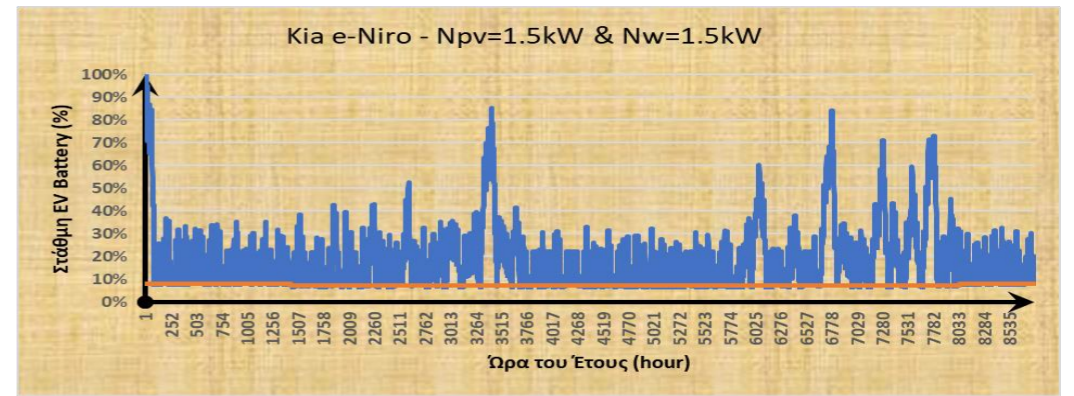
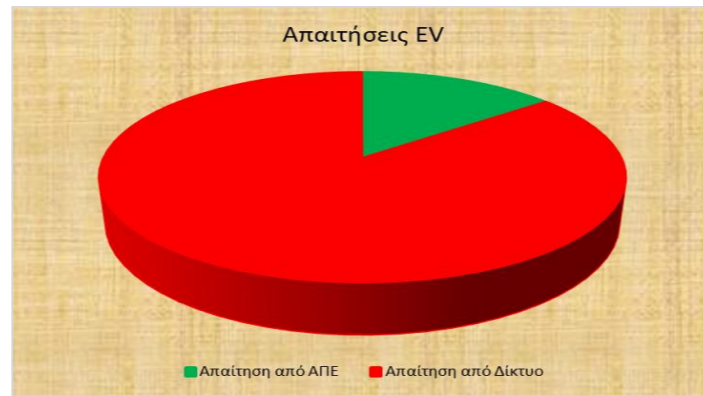
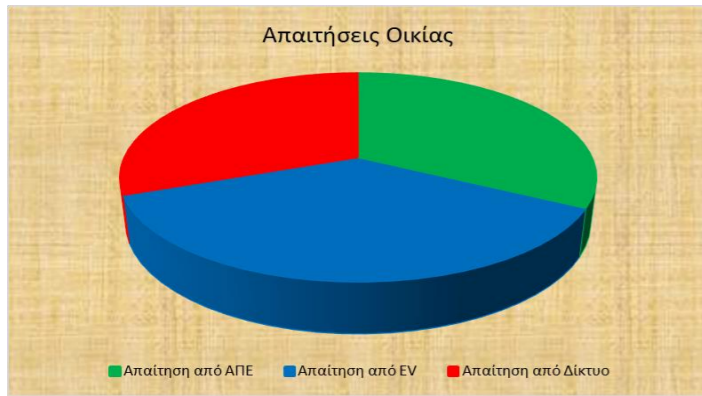
Διάγραμμα 41. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=13kW – Npv=Nw=10kW)



Διάγραμμα 42. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=9kW – Npv=Nw=6kW)

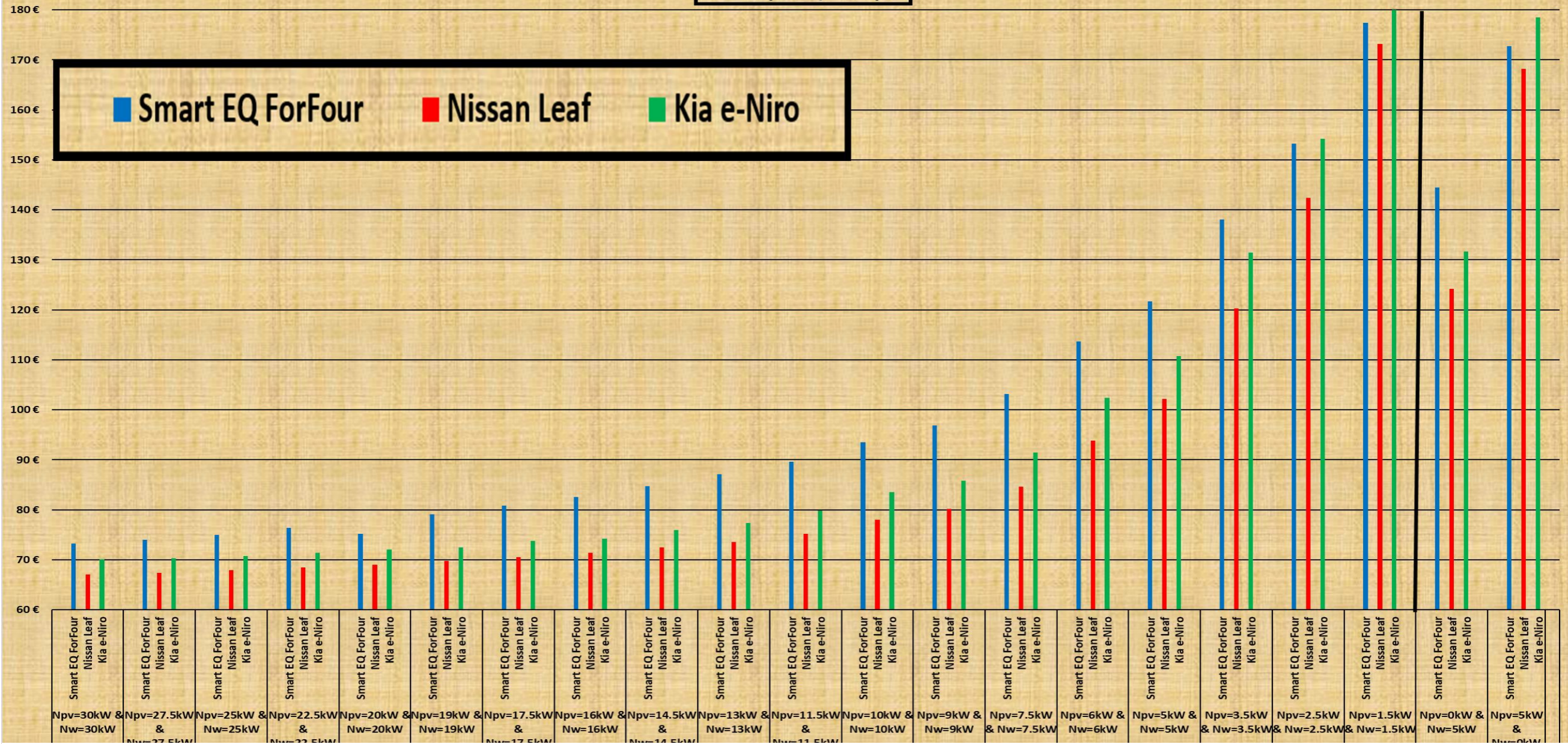


Διάγραμμα 43. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακύμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=5kW – Npv=Nw=2.5kW)



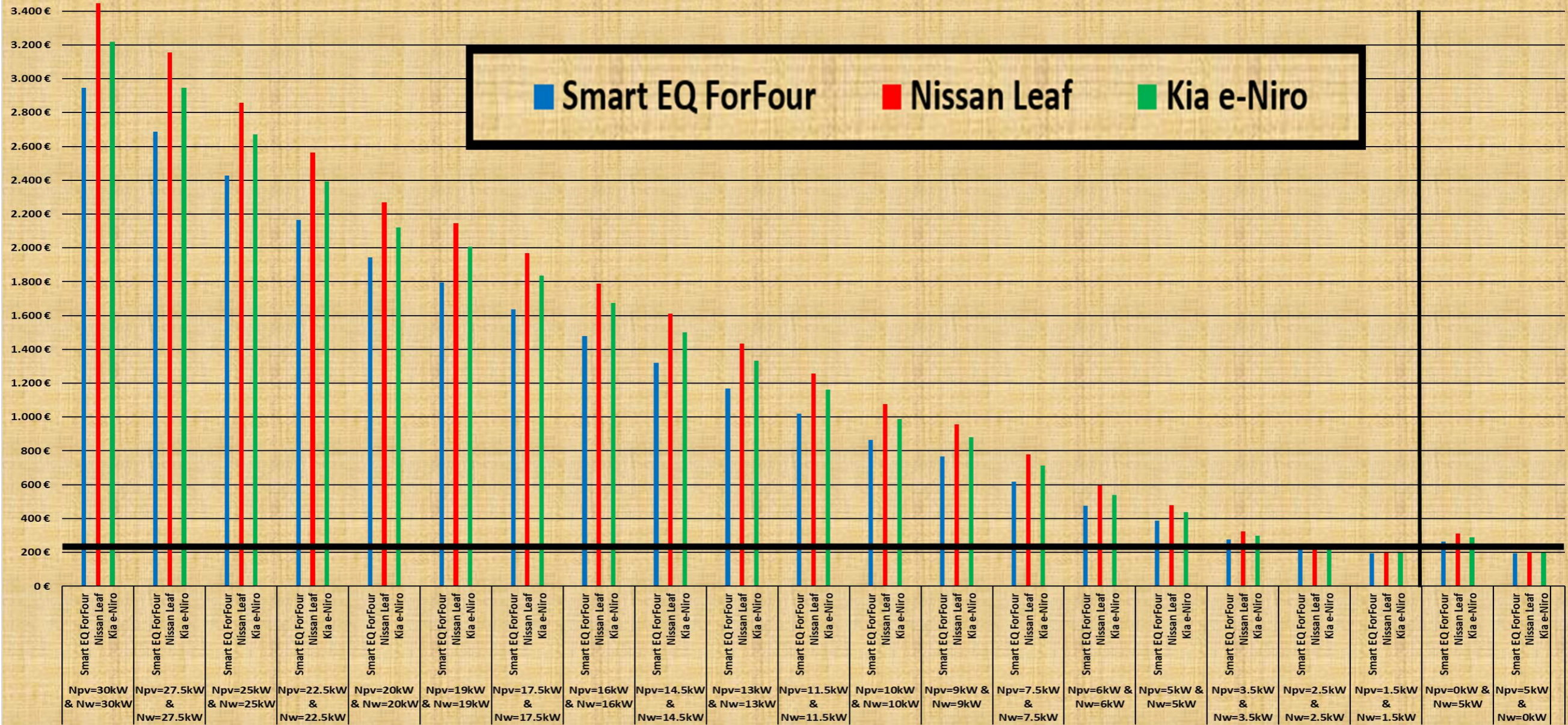
Διάγραμμα 44. Συγκριτικά Διαγράμματα Ωριαίας Διακόμανσης SoC, Ποσοστά Κάλυψης Ετήσιων Απαιτήσεων Οικίας & Kia e-Niro (Npv=Nw=1.5kW – Npv=5 & Nw=0kW)

EV - Ευμενές Σενάριο



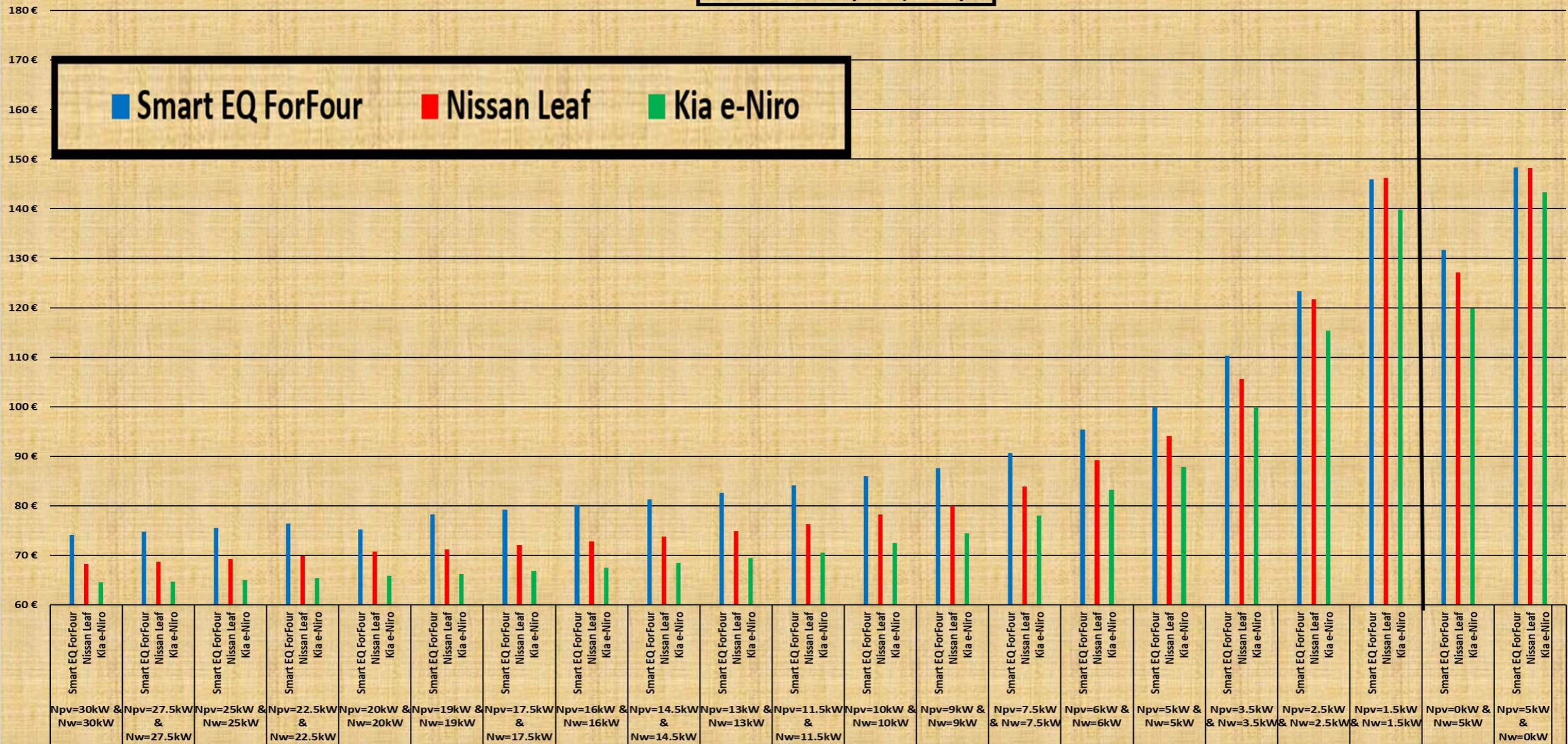
Διάγραμμα 45. Διακύμανση LCOE για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ - Ευμενές Σενάριο Κάλυψης Αναγκών EV

EV - Δυσμενές Σενάριο



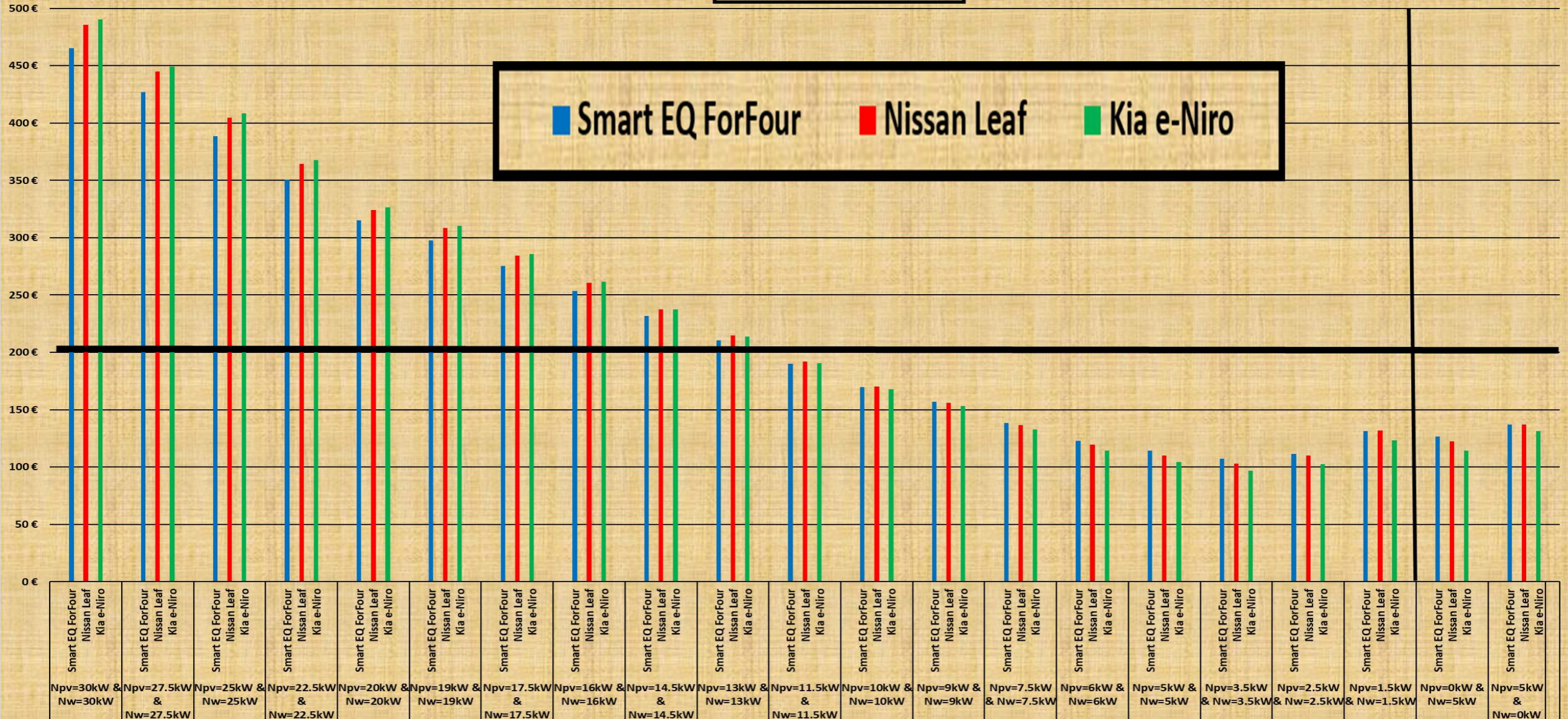
Διάγραμμα 46. Διακύμανση LCOE για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ - Δυσμενές Σενάριο Κάλυψης Αναγκών EV

Οικία & EV - Ευμενές Σενάριο



Διάγραμμα 47. Διακόμηση LCOE για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ - Ευμενές Σενάριο Κάλυψης Αναγκών EV & Οικίας

Οικία
& EV - Δυσμενές Σενάριο



Διάγραμμα 48. Διακύμανση LCOE για Διάφορα Μεγέθη Εγκατεστημένης Ισχύος ΑΠΕ - Δυσμενές Σενάριο Κάλυψης Αναγκών EV & Οικίας

Παράρτημα Κώδικα Visual Basic

```
Public Sub EelctricVehicleName()  
Dim x, f, g, c, d As Long  
Dim EmNeed, EmLimitMonthly As Double  
x = 2  
Do While x < 8786  
    'Κριτήριο Emergency Need  
    If x >= 2 And x <= 745 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 746 And x <= 1441 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 1442 And x <= 2185 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 2186 And x <= 2905 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 2906 And x <= 3649 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 3650 And x <= 4369 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 4370 And x <= 5113 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 5114 And x <= 5857 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 5858 And x <= 6577 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 6578 And x <= 7321 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 7322 And x <= 8041 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    ElseIf x >= 8042 And x <= 8785 Then  
        EmNeed = EmLimitMonthly  
    End If 'Κριτήριο Emergency Need  
  
    ', 'Έλεγχος για Περίσσεια ΑΠΕ ---> Ολοκληρωτική Κάλυψη Αναγκών Οικίας από ΑΠΕ  
    If Range("Q" & x).Value >= 0 Then
```



```

Range("S" & x).Value = Range("F" & x).Value
Range("S" & x).Interior.ColorIndex = 14
Range("U" & x).Value = 0
Range("V" & x).Value = 0

'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV
If Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" And Range("K" & x).Value <= 0.99 Then

    'Έλεγχος, αν υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια από ΑΠΕ για V2G Charging
    If Range("Q" & x).Value >= 100 Then
        'Φόρτιση ---> ΑΠΕ
        If Range("K" & x).Value <= 0.7 And (Range("Q" & x).Value >= 4600) Then 'Έλεγχος για γρήγορη προσπέλαση φόρτισης
            Range("M" & x).Value = 4600
            Range("M" & x).Interior.ColorIndex = 14
            Range("T" & x).Value = 4600
            Range("T" & x).Interior.ColorIndex = 14
            Range("W" & x).Value = 0
        Else 'Κανονική προσπέλαση φόρτισης
            f = 100
            Do Until f > 4600 Or Range("O" & x).Value > 0.995 Or f > Range("Q" & x).Value
                Range("M" & x).Value = f
                f = f + 100
            Loop
            Range("M" & x).Interior.ColorIndex = 14
            Range("T" & x).Value = f - 100
            Range("T" & x).Interior.ColorIndex = 14
            d = Range("T" & x).Value
            Range("W" & x).Value = 0
        End If 'Φόρτιση ---> ΑΠΕ
    End If 'Έλεγχος, αν υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια από ΑΠΕ για V2G Charging

    'Έλεγχος, για συνδυαστική φόρτιση ΑΠΕ + Δίκτυο V2G Charging
    If Range("K" & x).Value < 0.2 And Range("K" & (x + 1)).Value < EmNeed And Range("M" & x).Value < 4600 And Range("O" & x).Value < 0.99 Then 'Κριτήριο
Εμπλοκής Δικτύου
        'Φόρτιση ---> ΑΠΕ + Δίκτυο
        If Range("K" & x).Value <= 0.7 And f < 4600 Then 'Έλεγχος για γρήγορη προσπέλαση φόρτισης

```

```

Range("M" & x).Value = 4600
Range("T" & x).Value = f - 100
Range("T" & x).Interior.ColorIndex = 44
Range("W" & x).Value = 4600 - (f - 100)
Range("W" & x).Interior.ColorIndex = 44
Else 'Κανονική προσπέλαση Φόρτισης
g = 100 + f
Do Until g > (4600 - f) Or Range("O" & x).Value > 0.995
Range("M" & x).Value = f + g - 100
g = g + 100
Loop
Range("W" & x).Value = g - 100
Range("W" & x).Interior.ColorIndex = 44
End If 'Φόρτιση ---> ΑΠΕ + Δίκτυο
Range("M" & x).Interior.ColorIndex = 44 'Φόρτιση ---> ΑΠΕ + Δίκτυο
ElseIf Range("L" & (x + 1)).Value = "Εκτός Οικίας" And Range("K" & x).Value <= 0.7 And Range("M" & x).Value < 4600 And Range("O" & x).Value < 0.99 Then
'Κριτήριο Εμπλοκής Δικτύου Έξοδος EV για Εργασία
Range("M" & x).Value = 4600
Range("M" & x).Interior.ColorIndex = 44
Range("W" & x).Value = 4600 - d
Range("W" & x).Interior.ColorIndex = 44
End If 'Έλεγχος, για συνδυαστική φόρτιση ΑΠΕ + Δίκτυο για V2G Charging 'Κριτήριο Εμπλοκής Δικτύου

ElseIf Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" And Range("K" & x).Value > 0.99 Then 'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV
Range("T" & x).Value = 0
Range("W" & x).Value = 0
Range("M" & x).Value = 0
ElseIf Range("L" & x).Value = "Εκτός Οικίας" Then 'Έλεγχος, για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV
Range("T" & x).Value = "Εκτός Οικίας"
Range("W" & x).Value = "Εκτός Οικίας"
End If ' Έλεγχος, για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV

ElseIf Range("Q" & x).Value < 0 And (Range("F" & x).Value + Range("Q" & x).Value) > 0 Then 'Έλεγχος για Περίσσεια ΑΠΕ ---> Μερική Κάλυψη Αναγκών Οικίας από ΑΠΕ
Range("S" & x).Value = Range("F" & x).Value + Range("Q" & x).Value
Range("S" & x).Interior.ColorIndex = 15

```

```

'Ελεγχος για Κάλυψη Αναγκών Οικίας από EV (V2G Charging) ή/και Δίκτυο
'Κανόνας Ασφαλείας --> Απαγόρευση V2G 2 ώρες πριν το EV φύγει από το σπίτι

If Range("J" & x).Value >= ((-1) * Range("Q" & x).Value) And ((-1) * Range("Q" & x).Value) <= 4600 And ((Range("J" & x).Value - ((-1) * Range("Q" &
x).Value)) / 16700) >= EmNeed And Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" And Range("L" & (x + 2)).Value <> "Εκτός Οικίας" And Range("L" & (x + 1)).Value <>
"Εκτός Οικίας" Then 'Μερική Κάλυψη Αναγκών Οικίας από EV
    Range("U" & x).Value = (-1) * Range("Q" & x).Value
    Range("U" & x).Interior.ColorIndex = 15
    Range("V" & x).Value = 0
ElseIf Range("K" & x).Value > EmNeed And Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" And Range("L" & (x + 2)).Value <> "Εκτός Οικίας" And Range("L" & (x +
1)).Value <> "Εκτός Οικίας" Then 'Μερική Κάλυψη (Μερικών) Αναγκών Οικίας από EV σε συνεργασία με το Δίκτυο
    c = 100
Do Until c > 4600 Or c > ((-1) * Range("Q" & x).Value) Or Range("K" & x).Value <= EmNeed
    Range("U" & x).Value = c
    c = c + 100
Loop
Range("U" & x).Interior.ColorIndex = 44
If Range("F" & x).Value > (Range("U" & x).Value + Range("S" & x).Value) Then
    Range("V" & x).Value = Range("F" & x).Value - Range("U" & x).Value - Range("S" & x).Value
    Range("V" & x).Interior.ColorIndex = 44
If Range("S" & x).Value > 0 Then
    Range("S" & x).Interior.ColorIndex = 44
End If
Else
    Range("V" & x).Value = 0
    Range("U" & x).Value = (-1) * Range("Q" & x).Value
    Range("U" & x).Interior.ColorIndex = 15
End If
Else 'Ολοκληρωτική Κάλυψη (Μερικών) Αναγκών Οικίας από Δίκτυο
    Range("U" & x).Value = 0
    Range("V" & x).Value = (-1) * Range("Q" & x).Value
    Range("V" & x).Interior.ColorIndex = 44
    Range("S" & x).Interior.ColorIndex = 44
End If 'Ελεγχος για Κάλυψη Αναγκών Οικίας EV (V2G Charging) ή/και Δίκτυο

If Range("K" & x).Value < EmNeed Or Range("K" & (x + 1)).Value < EmNeed Or Range("L" & (x + 1)).Value = "Εκτός Οικίας" Or Range("L" & (x + 2)).Value = "Εκτός

```



```

Οικίας" Then 'Κριτήριο Εμπλοκής Δικτύου για V2G Charging
'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV
If Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" And Range("U" & x).Value < 4600 Then
'Φόρτιση ---> Ολοκληρωτικά από δίκτυο
If Range("K" & x).Value <= 0.7 Then 'Έλεγχος για γρήγορη προσπέλαση φόρτισης
Range("M" & x).Value = 4600 - Range("U" & x).Value

Range("M" & x).Interior.ColorIndex = 3
Range("T" & x).Value = 0
Range("W" & x).Value = 4600 - Range("U" & x).Value
Range("W" & x).Interior.ColorIndex = 3
Else 'Κανονική προσπέλαση φόρτισης
f = 100
Do Until f > (4600 - Range("U" & x).Value) Or Range("O" & x).Value > 0.995
Range("M" & x).Value = f
f = f + 100
Loop
Range("M" & x).Interior.ColorIndex = 3
Range("W" & x).Value = f - 100
Range("W" & x).Interior.ColorIndex = 3
Range("T" & x).Value = 0
End If 'Φόρτιση ---> Ολοκληρωτικά από δίκτυο

ElseIf Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" And Range("K" & x).Value > 0.99 Then 'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV
Range("T" & x).Value = 0
Range("W" & x).Value = 0

ElseIf Range("L" & x).Value = "Εκτός Οικίας" Then 'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV
Range("T" & x).Value = "Εκτός Οικίας"
Range("W" & x).Value = "Εκτός Οικίας"
End If 'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV

Else 'Κριτήριο Εμπλοκής Δικτύου
If Range("L" & x).Value = "Εκτός Οικίας" Then 'Έλεγχος για απουσία EV από την Οικία
Range("T" & x).Value = "Εκτός Οικίας"
Range("W" & x).Value = "Εκτός Οικίας"
Else
Range("T" & x).Value = 0

```

```

Range("W" & x).Value = 0
End If 'Έλεγχος για απουσία EV από την Οικία
End If 'Κριτήριο Εμπλοκής Δικτύου

Else 'Έλεγχος για Περίσσεια ΑΠΕ ---> Έλλειμα (Μηδενική Κάλυψη από ΑΠΕ)
'Έλεγχος για Κάλυψη Αναγκών Οικίας από EV (V2G Charging) ή/και Δίκτυο
If Range("J" & x).Value >= Range("F" & x).Value And Range("F" & x).Value <= 4600 And ((Range("J" & x).Value - Range("F" & x).Value) / 16700) >= EmNeed And
Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" Then 'Ολοκληρωτική Κάλυψη Αναγκών Οικίας από EV '
    Range("U" & x).Value = Range("F" & x).Value
    Range("U" & x).Interior.ColorIndex = 23
    Range("S" & x).Value = 0
    Range("V" & x).Value = 0

    If Range("K" & x).Value < EmNeed Then
        Range("U" & x).Value = Range("F" & x).Value - 100
        Range("U" & x).Interior.ColorIndex = 44
        Range("V" & x).Value = 100
        Range("V" & x).Interior.ColorIndex = 44
    End If

    If Range("U" & x).Value < 0 Then
        Range("U" & x).Value = 0
        Range("U" & x).Interior.ColorIndex = -4142
        Range("V" & x).Value = Range("F" & x).Value
    End If
ElseIf Range("K" & x).Value > EmNeed And Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" Then 'Μερική Κάλυψη Αναγκών Οικίας EV σε συνεργασία με το Δίκτυο
c = 100
Do Until c > 4600 Or c > Range("F" & x).Value Or Range("K" & x).Value <= EmNeed
Range("U" & x).Value = c
c = c + 100
Loop
Range("U" & x).Interior.ColorIndex = 44

If Range("K" & x).Value < EmNeed Then
    Range("U" & x).Value = c - 200
End If

```

```

If Range("F" & x).Value > (c - 100) Then
Range("V" & x).Value = Range("F" & x).Value - Range("U" & x).Value
Range("V" & x).Interior.ColorIndex = 44
Else
Range("V" & x).Value = 0
Range("U" & x).Value = Range("F" & x).Value
Range("U" & x).Interior.ColorIndex = 23
End If
Range("S" & x).Value = 0
Else 'Ολοκληρωτική Κάλυψη Αναγκών Οικίας από Δίκτυο
Range("S" & x).Value = 0
Range("U" & x).Value = 0
Range("V" & x).Value = Range("F" & x).Value
Range("V" & x).Interior.ColorIndex = 3
End If 'Έλεγχος για Κάλυψη Αναγκών Οικίας από EV (V2G Charging) ή/και Δίκτυο

If Range("K" & x).Value < EmNeed Or Range("K" & (x + 1)).Value < EmNeed Or Range("L" & (x + 1)).Value = "Εκτός Οικίας" Or Range("L" & (x + 2)).Value = "Εκτός
Οικίας" Then 'Κριτήριο Εμπλοκής Δικτύου για V2G Charging
'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV
If Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" Then
'Φόρτιση ---> Ολοκληρωτικά από Δίκτυο
If Range("K" & x).Value <= 0.7 Then 'Έλεγχος για γρήγορη προσπέλαση φόρτισης
Range("M" & x).Value = 4600 - Range("U" & x).Value
Range("M" & x).Interior.ColorIndex = 3
Range("T" & x).Value = 0
Range("W" & x).Value = 4600 - Range("U" & x).Value
Range("W" & x).Interior.ColorIndex = 3
Else 'Κανονική Προσπέλαση Φόρτισης
f = 100
Do Until f > (4600 - Range("U" & x).Value) Or Range("O" & x).Value > 0.995
Range("M" & x).Value = f
f = f + 100
Loop
Range("M" & x).Interior.ColorIndex = 3
Range("W" & x).Value = f - 100
Range("W" & x).Interior.ColorIndex = 3

```



```

Range("T" & x).Value = 0
End If 'Φόρτιση ---> Ολοκληρωτικά από δίκτυο

ElseIf Range("L" & x).Value <> "Εκτός Οικίας" And Range("K" & x).Value > 0.99 Then 'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV
Range("T" & x).Value = 0
Range("W" & x).Value = 0
ElseIf Range("L" & x).Value = "Εκτός Οικίας" Then 'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV
Range("T" & x).Value = "Εκτός Οικίας"
Range("W" & x).Value = "Εκτός Οικίας"
End If 'Έλεγχος για δυνατότητα και ανάγκη φόρτισης του EV

Else 'Κριτήριο Εμπλοκής Δικτύου
Range("S" & x).Value = 0
Range("T" & x).Value = 0
Range("W" & x).Value = 0
End If 'Κριτήριο Εμπλοκής Δικτύου
End If 'Έλεγχος για περίσσεια ΑΠΕ

x = x + 1
Loop

End Sub

```