



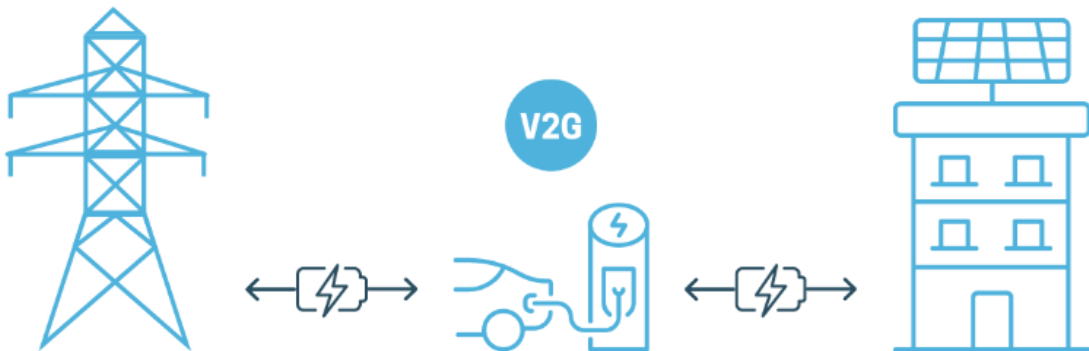
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Ανάλυση και βελτιστοποίηση εφαρμογών
Vehicle – To – Grid (V2G)»**



Παπαδόπουλος Εμμανουήλ

Νοέμβριος 2024

Κοζάνη

Επιβλέπων Καθηγητής: Στημονιάρης Δημήτριος

Ευχαριστίες

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας και πιο συγκεκριμένα στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών της Κοζάνης.

Σε αυτό το μακρύ ταξίδι, που ξεκίνησε το 2016, υπήρξαν πολλοί άνθρωποι που συνέβαλλαν ώστε να φτάσω να γράφω αυτό το κείμενο σήμερα. Για αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές που συνεργάστηκα και με βοήθησαν να εξελιχθώ, όπως και τους συναδέλφους μου με τους οποίους συνεργάστηκα δημιουργώντας, εκτός των άλλων, και κάποιες εξαιρετες φιλίες οι οποίες ακόμα κρατάνε στο πέρασμα του χρόνου, αν και ο καθένας παίρνει σιγά-σιγά τον δρόμο του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον υπεύθυνο καθηγητή αυτής της διπλωματικής εργασίας, κ.Στημονιάρη για τη συνεργασία του, την στήριξη και την κατανόησή του, όταν χρειάστηκε. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τον συνεργάτη του κ.Στημονιάρη, κ.Κλεόβουλο Κουκουτσέλα για την πολύτιμη βοήθειά του στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να μην αναφέρω την οικογένειά μου για την απεριόριστη στήριξή της όλα αυτά τα χρόνια η οποία εκτός από οικονομική ήταν και ψυχολογική αλλά και πρακτική, καθώς έχω το προνόμιο να έχω για γονείς δύο εξαιρετικούς καθηγητές Πληροφορικής που με βοήθησαν. μου συμπαραστάθηκαν αλλά και με συμβούλεψαν όταν το είχα ανάγκη από την πρώτη μου μέρα στο σχολείο, μέχρι και σήμερα. Για αυτό θα ήθελα να κλείσω λέγοντας ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Θεόφιλο Παπαδόπουλο και την Αναστασία Κατικά.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	2
Κατάλογος Εικόνων	6
Κατάλογος Πινάκων	6
Κατάλογος κυκλικών διαγραμμάτων	6
Κατάλογος Ραβδογραμμάτων	7
Περίληψη.....	8
Abstract	9
Συνομογραφίες	10
1ο Μέρος – Θεωρητικές προσεγγίσεις	12
1ο Κεφάλαιο.....	12
1.1 Γενικά.....	12
1.2 Λειτουργία του V2G	13
1.2.1 Ηλεκτρικό όχημα με μπαταρία.....	13
1.2.2 Ηλεκτρικό όχημα εκτεταμένης εμβέλειας	15
1.3 Σχεδιασμός Συστήματος Αποθήκευσης Ενέργειας Οχημάτων	16

1.4 Ορισμός του συστήματος V2G	19
1.5 Κίνητρα αξιοποίησης του συστήματος V2G.....	20
1.5.1 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας.....	20
1.5.2 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους ιδιοκτήτες σπιτιών και τις επιχειρήσεις: Αξιοποίηση της τεχνολογίας V2B και V2G	24
1.5.3 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους προμηθευτές εξοπλισμού αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G.....	25
1.5.4 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους ιδιοκτήτες αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G	25
1.5.5 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους κατασκευαστές γνήσιων εξαρτημάτων αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G.....	27
1.5.6 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους κατασκευαστές μπαταριών αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G.....	28
1.3 Σημαντικότητα του V2G	30
1.4 Χρήση του V2G	30
1.5 Εμπόδια υιοθέτησης της τεχνολογίας V2G.....	31
1.6 Προετοιμασία για το μέλλον του V2G	32
2 ^ο Κεφάλαιο	34
2.1 Τρόποι λειτουργίας συστήματος V2G και λειτουργικότητα	34
2.1.1 Εξοπλισμός οχημάτων V2G και επίπεδα ισχύος.....	34
2.1.2 Φόρτιση συνεχούς ρεύματος.....	40
2.2 Το περιβάλλον του σταθμού φόρτισης.....	45
2.2.1 Φόρτιση κατοικίας	46
2.2.2 Φόρτιση στο χώρο εργασίας.....	50
2.2.3 Φόρτιση στόλου	52
2.2.4 Εμπορική φόρτιση.....	53
2.2.5 Χρόνοι και διάρκεια σύνδεσης.....	55
2.2.5.1 Φόρτιση κατοικίας	55
2.2.5.2 Φόρτιση στο χώρο εργασίας.....	56
2.2.5.3. Δημόσια διαθέσιμη φόρτιση	57
2.3 Φυσική σύνδεση με το Δίκτυο	57
2.3.1 Εξοπλισμός	57
2.3.1.1 Νησιδοποίηση	57
2.3.1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα	58
2.3.1.3 Εξοπλισμός χώρων από όχημα σε δίκτυο	61
2.3.1.4 Εξοπλισμός χώρου από όχημα σε σπίτι.	62

2.3.2 Εξοπλισμός του οχήματος	63
2.3.2.1 Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 2	63
2.3.2.2 Επίπεδο συνεχούς ρεύματος 2.....	64
2.3.3 Διεπαφές V2G.....	64
2.4 Ζητήματα Εφαρμογής	66
2.4.1 Κίνητρα ενδιαφερομένων	66
2.4.1.1 Ηλεκτρικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας.	66
2.4.1.2 Κατασκευαστές πρωτότυπου εξοπλισμού αυτοκινήτων.....	69
2.4.1.3 Συνδεδεμένος ιδιοκτήτης/χειριστής ηλεκτρικού οχήματος	69
2.4.2 Δοκιμή και αξιολόγηση	72
2.4.3 Ειδικότερες τεχνικές προδιαγραφές για τις μπαταρίες PEV που εξυπηρετούν την τεχνολογία V2G	73
2.5 Ερευνητικά ζητήματα – Υποθέσεις εργασίας	73
2 ^ο Μέρος – Ερευνητικό μέρος.....	75
Κεφάλαιο 3 ^ο . Μεθοδολογία της έρευνας	75
Κεφάλαιο 4 ^ο . Αποτελέσματα της έρευνας	77
4.1 Περιγραφική στατιστική – Δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος.....	77
4.2 Χρήση Ι.Χ. αυτοκινήτου	80
4.3 Στάσεις ως προς την ηλεκτροκίνηση	82
4.4 Έλεγχος συσχετίσεων	93
4.4.1 Συσχετίσεις ως προς την πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου V2G.....	93
4.4.2 Συσχετίσεις ως προς την οικολογική πρόσληψη του αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G	96
4.4.3 Συσχέτιση μεταξύ των καθημερινά διανυόμενων χιλιομέτρων και της πρόθεσης αγοράς αυτοκινήτου V2G.....	98
4.5 Συμπεράσματα συσχετίσεων	100
4.6 Αποτελέσματα	100
4.7 Έλεγχος των Υποθέσεων Εργασίας.....	103
Συμπεράσματα	105
Αντί Επιλόγου	109
Βιβλιογραφία	110
Παράρτημα.....	112

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Τυπικό σχέδιο BEV (Πηγή: Briones et al., 2012).....	14
Εικόνα 2. Ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας Nissan LEAF (Πηγή: http://www.nissanusa.com).....	14
Εικόνα 3. Chevrolet Volt plug-in υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (Πηγή: http://www.chevrolet.com/volt)	15
Εικόνα 4. Τύποι ηλεκτρικών αυτοκινήτων	16
Εικόνα 5. Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (Πηγή: Briones et al., 2012).....	17
Εικόνα 6. Παγκόσμιος χάρτης projects και δικτύου V2G (Πηγή: V2G Hub, 2023).....	31
Εικόνα 7. Σύγκριση φόρτισης συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος (Πηγή: Briones et al., 2012).....	35
Εικόνα 8. Αριστερά: Τυπικό βύσμα 110/120 V - 15 A. Κέντρο: Βύσμα 20 A. Δεξιά: Πρίζα.....	36
Εικόνα 9. Σετ καλωδίου επιπέδου 1 εναλλασσόμενου ρεύματος.....	37
Εικόνα 10. Τυπικός σύνδεσμος J1772	37
Εικόνα 11. Σχηματική απεικόνιση φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).....	39
Εικόνα 12. Δημόσιος σταθμός φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).....	40
Εικόνα 13. Σχηματική αναπαράσταση φόρτισης συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2. Η είσοδος DC Level 2 μπορεί επίσης να βρίσκεται σε οποιαδήποτε από τις άλλες τρεις πλευρές του οχήματος και αυτή είναι μια απόφαση σχεδιασμού (Πηγή: Briones et al., 2012).....	41
Εικόνα 14. Ρευματολήπτης (βύσμα) συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 τύπου CHAdeMO (Πηγή: Briones et al., 2012).....	42
Εικόνα 15. Φορτιστής συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).....	43
Εικόνα 16. Σύνθετος σύνδεσμος J1772 (Πηγή: Briones et al., 2012)	44
Εικόνα 17. Τυπικό διάγραμμα ηλιακής διασύνδεσης (Πηγή: Briones et al., 2012).....	60
Εικόνα 18. Τυπική ηλιακή διασύνδεση (Πηγή: Arizona Public Service Handbook for Photovoltaic Interconnection).....	60

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Επίπεδα ισχύος εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος (Πηγή: Briones et al., 2012).....	35
Πίνακας 2. Χρόνοι φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος με πρίζα (Πηγή: Briones et al., 2012)....	55

Κατάλογος κυκλικών διαγραμμάτων

Κυκλικό Διάγραμμα 1. Φύλο	77
Κυκλικό Διάγραμμα 2. Ηλικία	78
Κυκλικό Διάγραμμα 3. Επίπεδο Εκπαίδευσης	78
Κυκλικό Διάγραμμα 4. Οικογενειακή Κατάσταση.....	79
Κυκλικό Διάγραμμα 5. Αριθμός παιδιών	79
Κυκλικό Διάγραμμα 6. Γεωγραφική κατανομή - Τόπος μόνιμης κατοικίας	80
Κυκλικό Διάγραμμα 7. Ποσοστό κατόχων Ι.Χ. αυτοκινήτου	80

Κυκλικό Διάγραμμα 8. Τύπος Ι.Χ. αυτοκινήτου	81
Κυκλικό Διάγραμμα 9. Λόγος μη απόκτησης Ι.Χ. αυτοκινήτου	81
Κυκλικό Διάγραμμα 10. Τύπος περισσότερο οικονομικού στην κατανάλωση αυτοκινήτου .	82
Κυκλικό Διάγραμμα 11. Τύπος οικονομικότερου αυτοκινήτου στην συντήρησή του	82
Κυκλικό Διάγραμμα 12. Επιλογή καινούριου αυτοκινήτου	83
Κυκλικό Διάγραμμα 13. Μετατροπή κινητήρα του ιδιόκτητου Ι.Χ.	84
Κυκλικό Διάγραμμα 14. Πιθανότητα πρότασης μετατροπής του κινητήρα σε φίλους	84
Κυκλικό Διάγραμμα 15. Λόγος μη θετικής προτροπής σε φιλικό πρόσωπο για μετατροπή του κινητήρα σε υγραεριοκίνητο	85
Κυκλικό Διάγραμμα 16. Λόγος αποτροπή αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου	86
Κυκλικό Διάγραμμα 17. Ενισχυτικός λόγος αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου	87
Κυκλικό Διάγραμμα 18. Σημαντικότερο πλεονέκτημα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου	87
Κυκλικό Διάγραμμα 19. Τόπος παρκαρίσματος του αυτοκινήτου τις περισσότερες ώρες της ημέρας	89
Κυκλικό Διάγραμμα 20. Καθημερινή διανυόμενη χιλιομετρική απόσταση	90
Κυκλικό Διάγραμμα 21. Γνώση της τεχνολογίας V2G	90
Κυκλικό Διάγραμμα 22. Πρόθεση αξιοποίησης της τεχνολογίας V2G	91
Κυκλικό Διάγραμμα 23. Γνώση για την δυνατότητα που προσφέρει η τεχνολογία V2G στην αύξηση του εισοδήματος	91
Κυκλικό Διάγραμμα 24. Ενδιαφέρον ενημέρωσης για την τεχνολογία V2G	92
Κυκλικό Διάγραμμα 25. Πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G	92

Κατάλογος Ραβδογραμμάτων

Ραβδόγραμμα 1. Πιθανότητα το επόμενο αυτοκίνητο να είναι ηλεκτρικό	85
Ραβδόγραμμα 2. Σημαντικότητα της χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος	88
Ραβδόγραμμα 3. Χρονική διάρκεια παρκαρίσματος του αυτοκινήτου στο εικοσιτετράωρο	89

Περίληψη

Η ηλεκτροκίνηση αποτελεί, εδώ και μερικά χρόνια, πρόταση που εστιάζει τόσο στην οικονομικότερη, σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα, μετακίνηση, όσο και στην περιβαλλοντική της προοπτική. Η τεχνολογία Vehicle-to-Grid (V2G) είναι μια καινοτόμος τεχνολογία που έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον τρόπο που σκεφτόμαστε τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) και το ηλεκτρικό δίκτυο. Πρόκειται για ένα αμφίδρομο σύστημα επικοινωνίας και μεταφοράς ισχύος μεταξύ των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και του ηλεκτρικού δικτύου, που επιτρέπει στα ηλεκτρικά οχήματα όχι μόνο να αντλούν ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο αλλά και να την επιστρέφουν όταν χρειάζεται. Το V2G έχει συγκεντρώσει σημαντική προσοχή ως μια πολλά υποσχόμενη λύση σε διάφορες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι τομείς της ενέργειας και των μεταφορών.

Η παρούσα εργασία προσεγγίζει την τεχνολογία V2G, τόσο ως προς την φύση της όσο και στα πλεονεκτήματα που υπόσχεται να προσφέρει στους χρήστες της. Η προσπάθεια αυτή υλοποιείται με βιβλιογραφική ανασκόπηση, καθώς και με την

προσέγγιση της κοινής γνώμης για τα αυτοκίνητα V2G, προσέγγιση που πραγματοποιήθηκε με την συμπλήρωση σχετικού ερωτηματολογίου.

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας αναδεικνύουν από τη μια τις σημαντικές προοπτικές που προσφέρει η αξιοποίηση της τεχνολογίας V2G, τόσο στην αποτελεσματικότερη διαχείριση της ενέργειας που προέρχεται από τις ανανεώσιμες πηγές, όσο και σε οικονομικό επίπεδο, καθώς και στον θετικό περιβαλλοντικό της αντίκτυπο της. Αναδεικνύουν, επίσης, την αναγκαιότητα της εξεύρεσης αποτελεσματικών απαντήσεων στο πρόβλημα της διαχείρισης των μπαταριών που υποστηρίζουν την τεχνολογία V2G, όσον αφορά στην επιβαρυντική για το περιβάλλον κατασκευή τους, όσο και για την αξιοποίησή τους μετά την λήξη της διάρκειας ζωής τους. Επισημαίνουν, ακόμη, την έλλειψη επαρκούς υποστηρικτικού δικτύου για την τεχνολογία V2G. Παράλληλα, επισημαίνουν την αναγκαιότητα πληρέστερης ενημέρωσης της κοινής γνώμης για την φύση και τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας V2G.

Λέξεις κλειδιά: Τεχνολογία V2G, Αμφίδρομη φόρτιση, Ηλεκτρικό αυτοκίνητο, Τεχνολογία αμφίδρομης φόρτισης, Αμφίδρομη φόρτιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Abstract

Electric mobility has been, for some years now, a proposal that focuses both on the most economical, conventional cars, movement, as well as on its environmental perspective. Vehicle-to-grid (V2G) technology is an innovative technology that has the potential to revolutionize the way we think about electric vehicles (EVs) and the electric grid. It is a two-way communication and power transfer system between electric cars and the electric grid, which allows electric vehicles not only to draw electricity from the grid but also to return it when needed. V2G has garnered significant attention as a promising solution to various challenges faced by the energy and transportation sectors.

This paper approaches the V2G technology, both in terms of its nature and the advantages it promises to offer to its users. This effort is implemented with a literature review, as well as with the approach of public opinion on V2G cars, an approach carried out by completing a relevant questionnaire.

The results of this work highlight, on the one hand, the important perspectives offered by the utilization of V2G technology, both in the more efficient management of energy derived from renewable sources, as well as at an economic level, as well as its positive environmental impact. They also highlight the necessity of finding effective answers to the problem of managing batteries that support V2G technology, in terms of their environmentally burdensome construction, as well as their utilization after the end of their useful life. They also point to the lack of a sufficient supporting network for V2G technology. At the same time, they point out the necessity of more complete information of the public opinion about the nature and advantages of V2G technology.

Keywords: V2G Technology, Two-Way Charging, Electric Car, Two-Way Charging Technology, Two-Way Charging Electric Car

Συντομογραφίες

AC	Alternating Current
ANSI	American National Standards Institute
AVTA	Advanced Vehicle Testing Activity
BEV	Battery Electric Vehicle
BMS	Battery Management System
DC	Direct Current
DER	Distributed Energy Resource
DG	Distributed Generation

DR Demand Response

PS Electrical Power System

EREV Extended Range Electric Vehicle

ESS Energy Storage System

EVSE Electric Vehicle Supply Equipment

EVSP Electric Vehicle Service Provider

FIT Feed-In Tariff

IBC International Building Code

ICE Internal Combustion Engine

IECC International Energy Conservation Code

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

IGCC International Green Construction Code

IOU Investor-Owned Utility

IRC International Residential Code

ISO independent System Operator

kW kilowatt

kWh kilowatt hours

MW megawatt

NEC National Electric Code

NFPA National Fire Protection Association

NIST National Institute of Standards and Technology

OEM Original Equipment Manufacturer

PEV Plug-in Electric Vehicle

PHEV Plug-in Hybrid Electric Vehicle

PV Photovoltaic

SAE Society of Automotive Engineers

SOC State of Charge

TMS Thermal Management System

TOU Time-Of-Use

U.K. United Kingdom

UL Underwriters Laboratory

V Volt

V2B Vehicle-to-Building

V2G Vehicle-to-Grid

V2H Vehicle-to-Home

VAC Volt Alternating Current

VDC Volt Direct Current

1ο Μέρος – Θεωρητικές προσεγγίσεις

1ο Κεφάλαιο

1.1 Γενικά

Οι τομείς εναλλακτικής ενέργειας αναπτύσσονται γρήγορα, με τα ηλεκτρικά οχήματα, τις οικιακές μπαταρίες και τα ηλιακά συστήματα να μειώνουν την εξάρτηση πολλών νοικοκυριών από τα ορυκτά καύσιμα και το δίκτυο. Είναι ενδιαφέρον ότι σύμφωνα με τα δεδομένα ερευνών τα αυτοκίνητά μένουν συχνά σε αδράνεια για το 95% της ημέρας (Barter, 2013), γεγονός που ενισχύει το επιχείρημα της προσπάθειας αξιοποίησης της ενέργειας των μπαταριών ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

Η τεχνολογία Vehicle-to-Grid (V2G) είναι σε θέση να προσφέρει τη δυνατότητα σε νοικοκυριά και επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων για την τροφοδοσία σπιτιών, επιχειρήσεων, καθώς και του εθνικού ηλεκτρικού δικτύου, παρόμοια με τον τρόπο με τον οποίο οι ιδιοκτήτες σπιτιών με ηλιακά συστήματα μπορούν να πουλήσουν την περίσσεια ενέργειά τους στους παρόχους ενέργειας .

Μεγάλοι κατασκευαστές αυτοκινήτων άρχισαν να λανσάρουν plug-in ηλεκτρικά οχήματα (PEV) ήδη από το 2010, με το μέλλον των μεταφορών να ωθείται από μια θεμελιώδη στροφή σε πιο αποτελεσματικά συστήματα ηλεκτρικής κίνησης και το ενδιαφέρον των καταναλωτών για την ιδιοκτησία των PEV να έχει αυξηθεί. Οι εκτιμήσεις για, τουλάχιστον, 2,5 εκατομμύρια PEV έως το 2020 (Becker et al., 2009) επαληθεύτηκαν πλήρως.

Τα οχήματα PEV έχουν, συνήθως, ένα ενσωματωμένο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) υψηλότερης χωρητικότητας από ένα υβριδικό ηλεκτρικό όχημα, ενώ το αμιγώς ηλεκτρικό όχημα με μπαταρία (BEV) χρησιμοποιεί υψηλότερες χωρητικότητες προκειμένου να παρέχει μεγαλύτερη εμβέλεια μετακίνησης.

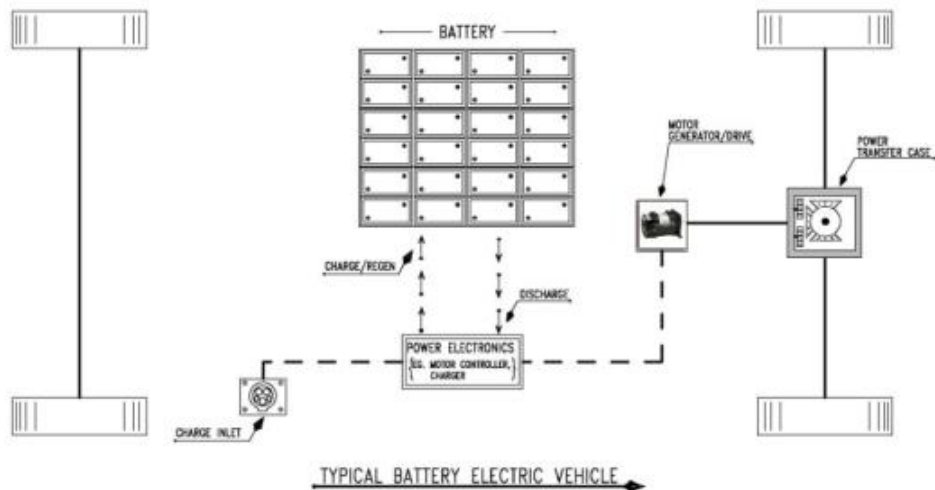
Ενώ η τεχνολογία V2G δεν είναι, προς το παρόν, διαθέσιμη στις περισσότερες επιχειρήσεις και καταναλωτές, εντούτοις αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη ευκαιρία για τη μείωση της εξάρτησης από το παραδοσιακό δίκτυο, ειδικά όταν αυτό εμφανίζει αστοχίες στην απρόσκοπτη προμήθεια των καταναλωτών.

1.2 Λειτουργία του V2G

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η τεχνολογία V2G, θα πρέπει να προηγηθεί παρουσίαση των τύπων των οχημάτων που σχετίζονται με αυτήν την εφαρμογή.

1.2.1 Ηλεκτρικό όχημα με μπαταρία

Το ηλεκτρικό όχημα με μπαταρία τροφοδοτείται 100% από το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) στο όχημα. Το Nissan LEAF αποτελεί παράδειγμα BEV. Η μπαταρία BEV επαναφορτίζεται συνδέοντάς την στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός συστήματος βυσμάτων που έχει σχεδιαστεί ειδικά για αυτό το σκοπό. Ένα τυπικό σχέδιο BEV φαίνεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Τυπικό σχέδιο BEV (Πηγή: Briones et al., 2012).

Το Nissan LEAF (Εικόνα 2) έχει διαφημιζόμενη χωρητικότητα μπαταρίας 24 κιλοβατώρες (kWh), η οποία παρέχει αυτονομία 100 μιλίων, που ποικίλλει ανάλογα με τη χρήση και τις συνθήκες του οχήματος, συμπεριλαμβανομένης της γεωγραφικής τοπογραφίας, του τρόπου οδήγησης, της ταχύτητας λειτουργίας, του καιρού, της πληρότητας του οχήματος.



Εικόνα 2. Ηλεκτρικό όχημα μπαταρίας Nissan LEAF (Πηγή: <http://www.nissanusa.com>)

1.2.2 Ηλεκτρικό όχημα εκτεταμένης εμβέλειας

Ένας άλλος τύπος PEV είναι το ηλεκτρικό όχημα εκτεταμένης εμβέλειας (EREV), το οποίο τροφοδοτείται από δύο πηγές ενέργειας: ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στην μπαταρία ESS και εύφλεκτο υγρό καύσιμο που καίγεται στην μηχανή εσωτερικής καύσης. Τα EREV διαφέρουν από τα υβριδικά οχήματα στο ότι χρησιμοποιούν μια μπαταρία μεγαλύτερης χωρητικότητας για να επιτρέψουν μια πλήρως ηλεκτρική αυτονομία, ενώ πρέπει να συνδεθούν στο ηλεκτρικό δίκτυο για να επαναφορτίσουν πλήρως την μπαταρία. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης μπορεί να παρέχει την κινητήρια δύναμη για το όχημα, αλλά και να διατηρεί τη φόρτιση της μπαταρίας πάνω από μια ελάχιστη κατάσταση φόρτισης. Τα EREV έχουν συνήθως μικρότερη μπαταρία από τα BEV επειδή τα πρώτα διαθέτουν τον κινητήρα/γεννήτρια βενζίνης για εφεδρική ισχύ. Για παράδειγμα, το Chevrolet Volt, για παράδειγμα, είναι ένας τύπος EREV με αναφορική χωρητικότητα μπαταρίας 16 kWh και καθαρή ηλεκτρική αυτονομία περίπου 40 μιλίων (Εικόνα 3).

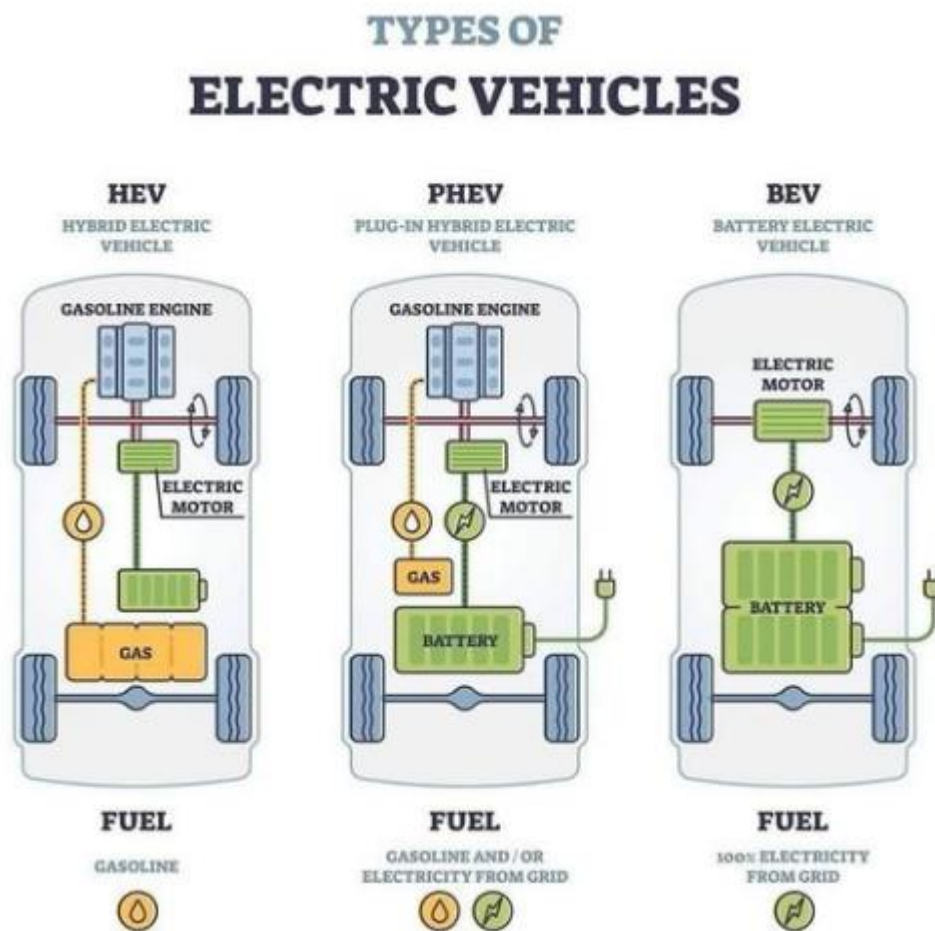


Εικόνα 3. Chevrolet Volt plug-in υβριδικό ηλεκτρικό όχημα (Πηγή: <http://www.chevrolet.com/volt>)

Οι κατασκευαστές EREV χρησιμοποιούν διαφορετικές στρατηγικές για την εξισορρόπηση της ισχύος πρόωσης από το σύστημα ηλεκτρικής κίνησης και τον κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE), όπως, για παράδειγμα, την αξιοποίηση της μπαταρίας μόνο για τη διασφάλιση πρόωσης έως ότου η μπαταρία φτάσει σε μια ελάχιστη κατάσταση φόρτισης (SOC), μετά την οποία ο κινητήρας εσωτερικής καύσης παράγει ηλεκτρική ενέργεια για όλη τη διάρκεια της αυτονομίας του οχήματος. Ανάλογα με τον τύπο κίνησης του αυτοκινήτου, οι αυτοκινητοβιομηχανίες ακολουθούν διαφορετικές στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας κίνησης. Κάποιοι κατασκευαστές αυτοκινήτων PHEV (plug-in hybrid electric vehicle) θέτουν την

ηλεκτρική ενέργεια ως κύρια πηγή κίνησης, ενώ άλλοι κατασκευαστές αυτοκινήτων PHEV συνδυάζουν εξίσου την ηλεκτρική ενέργεια με την ενέργεια που παράγεται στον κινητήρα καύσης, προκειμένου να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του οδηγού για ταχύτητα και επιτάχυνση (Han & Acquah, 2021) (Εικόνα 4). Συχνά, τα PHEV χρησιμοποιούν μια σύμβαση ονομασίας, όπως το "PHEV 20" για να υποδείξουν ότι η αυτονομία αποκλειστικά με ηλεκτρική ενέργεια είναι 20 μίλια.

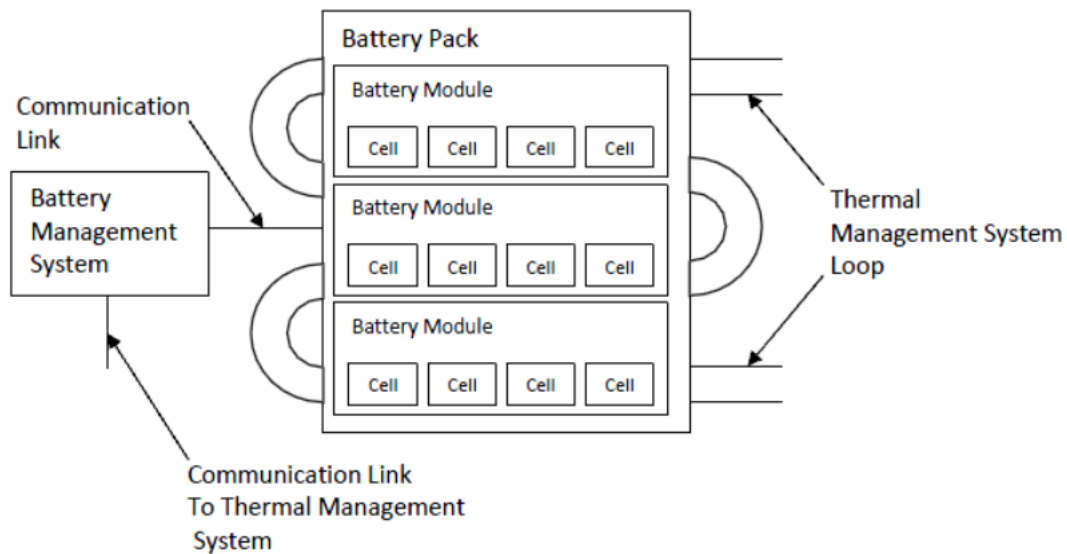
Εικόνα 4. Τύποι ηλεκτρικών αυτοκινήτων



Σε κάθε περίπτωση η χωρητικότητα της μπαταρίας αποτελεί κομβικό στοιχείο για τις λειτουργίες των αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G.

1.3 Σχεδιασμός Συστήματος Αποθήκευσης Ενέργειας Οχημάτων

Το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) για τα σύγχρονα PEV έχουν, σε μεγάλο βαθμό, ηλεκτροχημική φύση. Το ESS αποτελείται από κυψέλες, μονάδες, συσκευασίες, σύστημα διαχείρισης θερμότητας (TMS) και σύστημα διαχείρισης μπαταριών (BMS) (Εικόνα 4).



Εικόνα 5. Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (Πηγή: Briones et al., 2012).

Ένα πακέτο μπαταριών είναι κατασκευασμένο από εκατοντάδες έως χιλιάδες κυψέλες που συναρμολογούνται σε μονάδες, συνδεόμενες ηλεκτρικά σε σειρά, προκειμένου να αυξηθεί η τάση. Στη συνέχεια, οι μονάδες συνδέονται ηλεκτρικά σε σειρά ή παράλληλα, προκειμένου να αυξηθεί η τάση ή η ενεργειακή χωρητικότητα, διαμορφώνοντας το πακέτο μπαταριών. Οι τρεις πιο συνηθισμένοι τύποι συσκευασίας κυψελών είναι οι κυλινδρικές, οι πρισματικές και οι κυψέλες θήκης. Προς το παρόν, η βιομηχανία φαίνεται να ευνοεί τα πρισματικά κύτταρα για ευκολία κατασκευής και τα στοιχεία θήκης επειδή η έλλειψη περιβλήματος επιτρέπει μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα (Beck et al., 2009).

Οι πιο προηγμένες κυψέλες ενός συστήματος αποθήκευσης ενέργειας (ESS) χρησιμοποιούν χημικές ουσίες που βασίζονται στο λίθιο (δηλαδή, Li-ion και Li-polymer). Αυτές οι χημικές ουσίες έχουν αποδειχθεί ότι περιέχουν υψηλότερες πυκνότητες ενέργειας και ισχύος, μαζί με υψηλότερες ειδικές ενέργειες και πυκνότητες, από άλλες χημικές ουσίες όπως είναι το υδρίδιο νικελίου-μετάλλου και το μόλυβδο-οξύ (Sovacool et al., 2020). Αυτές οι προηγμένες χημικές ουσίες επιτρέπουν επίσης χαμηλότερους ρυθμούς αυτοεκφόρτισης (περίπου 5% ανά μήνα για μπαταρίες ιόντων λιθίου έναντι περίπου 30% ανά μήνα για μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου), ενώ εμφανίζουν λιγότερο σημαντικά προβλήματα μνήμης, τα οποία λειτουργούν αρνητικά στην μακροζωία των μπαταριών (Electronics Lab 2011).

Το σύστημα διαχείρισης μπαταρίας (BMS) αποτελεί το κέντρο ελέγχου του ESS. Διαχειρίζεται τη φυσική κατάσταση του πακέτου, των μονάδων και των μεμονωμένων κελιών, διασφαλίζοντας ότι το ESS παρέχει την απαιτούμενη λειτουργία. Το BMS είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση της κατάστασης φόρτισης (SOC) του ESS, ελέγχοντας τη ροή ρεύματος τόσο εντός (κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος φόρτισης, όπως η αναγεννητική πέδηση ή η κανονική επαναφόρτιση) όσο και εκτός (κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος εκφόρτισης, όπως σε συνθήκες κανονικής οδήγησης) του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας (ESS). Η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας υπολογίζεται με τη χρήση κατάλληλου υπολογιστικού μοντέλου επειδή δεν είναι άμεσα μετρήσιμο. Τα περισσότερα BMS παρακολουθούν τη ροή ενέργειας (μετρημένη σε αμπερώρια - Ah), αξιοποιώντας τύπους που βασίζονται στη σωρευτική απόδοση της ενέργειας, την τάση και τις τιμές θερμοκρασίας για τον υπολογισμό του ESS SOC. Τα βασικά BMS λειτουργούν χωρίς την μέτρηση συγκεκριμένων παραμέτρων, σε αντίθεση με πιο προηγμένα BMS, στα οποία παρακολουθούνται οι τιμές τάσης και θερμοκρασίας μεμονωμένων κυψελών και ελέγχεται η συνολική ενέργεια που παρέχεται, καθώς και ο συνολικός χρόνος λειτουργίας του ESS από την κατασκευή του. Το BMS πρέπει, επίσης, να εξισορροπήσει τη φόρτιση στις κυψέλες της μπαταρίας για να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του πακέτου και να αποτρέψει την πρόωρη αστοχία του στοιχείου (Ustun et al., 2013).

Επιπρόσθετα, το σύστημα BMS διαχειρίζεται το TMS. Το σύστημα διαχείρισης θερμότητας (TMS) διασφαλίζει ότι δεν γίνεται υπέρβαση του εύρους θερμοκρασίας του ESS και των μεμονωμένων κυψελών και ότι οι διαβαθμίσεις θερμοκρασίας εντός της κατασκευής ελαχιστοποιούνται. Αυτή η λειτουργία είναι ζωτικής σημασίας, επειδή η θερμοκρασία ESS επηρεάζει τη διαθεσιμότητα της ισχύος εκφόρτισης και την αποδοχή φόρτισης, ενώ είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τη μακροζωία του ESS. Τα TMS μπορούν να έχουν θερμικά υγρά είτε αέρα είτε υγρού. Αυτά τα θερμικά υγρά μπορούν να κυκλοφορούν είτε ενεργά είτε παθητικά μέσω του συστήματος. Τα υγρά ρευστά παρέχουν, γενικά, ανώτερη θερμική διαχείριση λόγω της υψηλότερης θερμικής αγωγιμότητας και των μικρότερων οριακών στρωμάτων. Τα ενεργά συστήματα ορίζονται ως συστήματα όπου το θερμικό ρευστό, είτε το πρωτεύον ρευστό μέσω της συσκευασίας είτε το δευτερεύον ρευστό που δέχεται ή παρέχει θερμότητα στο πρωτεύον ρευστό μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, αντλείται

ενεργά. Σε ένα παθητικό σύστημα, το θερμικό ρευστό ρέει παθητικά μέσα στο σύστημα. Τέλος, τα TMS μπορούν να παρέχουν μόνο ψύξη ή θέρμανση και ψύξη, ανάλογα με την πολυπλοκότητα του συστήματος (Yilmaz & Krein, 2012a).

Υπάρχουν διαδρομές επικοινωνίας μεταξύ του BMS και του πακέτου, καθώς και μεταξύ του BMS και του TMS. Η επικοινωνία πραγματοποιείται, γενικά, μέσω συνδέσεων δικτύου της περιοχής ελέγχου για οχήματα. Αυτές οι διασυνδέσεις είναι απαραίτητες για τη σωστή λειτουργία του ESS. Το BMS επικοινωνεί με τους αγωγούς του πακέτου, οι οποίοι είναι οι σύνδεσμοι (ή η πύλη) στο δίαυλο υψηλής τάσης του οχήματος. Όταν είναι επιθυμητή η ροή ισχύος προς ή από την μπαταρία, το BMS δίνει σήμα στους αγωγούς να κλείσουν και όταν δεν επιθυμείται ροή ρεύματος προς ή από την μπαταρία, το BMS δίνει σήμα στους αγωγούς να ανοίξουν. Ο σύνδεσμος επικοινωνίας μεταξύ του πακέτου και του BMS στέλνει επίσης μετρήσιμες παραμέτρους (όπως πληροφορίες τάσης, θερμοκρασίας και αμπερορίων) στο BMS για λόγους ελέγχου. Η σύνδεση επικοινωνίας μεταξύ του BMS και του TMS επιτρέπει στο πρώτο να ενεργοποιεί/απενεργοποιεί τη θερμική διαχείριση και να ελέγχει την ποσότητά της, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία (δηλαδή, να διατηρείται η θερμοκρασία εντός του καθορισμένου εύρους συσκευασίας και κυψέλης) (Ustun et al., 2013).

1.4 Ορισμός του συστήματος V2G

Η τεχνολογία V2G μπορεί να οριστεί ως ένα σύστημα στο οποίο υπάρχει δυνατότητα ελεγχόμενης, αμφίδρομης ροής ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ ενός οχήματος και του ηλεκτρικού δικτύου. Η ηλεκτρική ενέργεια ρέει από το δίκτυο στο όχημα για να φορτίσει την μπαταρία, ενώ ρέει προς την άλλη κατεύθυνση όταν το δίκτυο απαιτεί ενέργεια, για παράδειγμα, για να παρέχει ισχύ κατά τις ώρες αιχμής ή να ενισχύσει τα αποθέματα περιστροφής (Tan et al., 2016).

Μελέτες δείχνουν ότι τα οχήματα δεν χρησιμοποιούνται για ενεργή μεταφορά έως και το 95% του χρόνου (Letendre και Denholm 2006) και η βασική προϋπόθεση για το V2G είναι ότι κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος, η μπαταρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξυπηρέτηση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς να διακυβεύεται η κύρια λειτουργία μεταφοράς της. Τα υποσύνολα της τεχνολογίας V2G περιλαμβάνουν τους τύπους: V2H (Vehicle – to Home), όταν το ηλεκτρικό όχημα βρίσκεται σε κατοικία) ή από όχημα σε κτίριο (V2B (Vehicle – to – Building), όταν

το ηλεκτρικό όχημα βρίσκεται σε εμπορικό κτίριο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η ισχύς της μπαταρίας χρησιμοποιείται για τη συμπλήρωση του τοπικού ηλεκτρικού φορτίου του κτιρίου, χωρίς μεταφορά στο ηλεκτρικό δίκτυο, το οποίο εξακολουθεί να λειτουργεί με το ήδη υφιστάμενο φορτίο, το οποίο στην περίπτωση αυτή ενισχύεται αποτελεσματικά. Εναλλακτικά, εάν υπάρχει διακοπή ρεύματος από το δίκτυο, αυτό επιτρέπει την εφεδρική ισχύ έκτακτης ανάγκης μέχρι να αποκατασταθεί η βλάβη (Yilmaz & Krein, 2012b).

1.5 Κίνητρα αξιοποίησης του συστήματος V2G

Υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για τη διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης του συστήματος V2G. Τα μέρη που εμπλέκονται σε οποιαδήποτε λειτουργία V2G περιλαμβάνουν τον προμηθευτή μπαταριών οχήματος, τον προμηθευτή του οχήματος, τον ιδιοκτήτη του οχήματος, τον ιδιοκτήτη εξοπλισμού προμήθειας ηλεκτρικού οχήματος (Electric Vehicle Supply Equipment - EVSE), την επιχείρηση/σπίτι, τον πάροχο υπηρεσιών συγκέντρωσης/πериοκοπής και τον φορέα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας ή τον ανεξάρτητο χειριστή συστήματος (ISO). Καθώς παρακολουθούμε τη ροή ισχύος κατά την αλληλεπίδραση μεταξύ της μπαταρίας και του δικτύου, καθένα από αυτά παίζει έναν ρόλο. Σε ορισμένες περιπτώσεις (όπως στην περίπτωση μιας κατοικίας), ο ιδιοκτήτης EVSE, ο ιδιοκτήτης οχήματος και ο ιδιοκτήτης σπιτιού είναι ο ίδιος. Όσον αφορά στην εμπορική λειτουργία, πιθανώς να εμπλέκονται περισσότεροι ενδιαφερόμενοι. Οι ρυθμιστικές και κυβερνητικές υπηρεσίες έχουν επίσης ιδιαίτερα κίνητρα για την αξιοποίηση του V2G. Ακολουθεί ανασκόπηση των κινήτρων καθεμιάς από αυτές τις οντότητες (Sovacool et al., 2020).

1.5.1 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας

Η εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας έχει δύο κύριες υποχρεώσεις: (1) για τους πελάτες της, πρέπει να παρέχει αξιόπιστα ηλεκτρική ενέργεια και (2) για τους ιδιοκτήτες/μετόχους της, πρέπει να διατηρεί την κερδοφορία της. Όλο και περισσότερο, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας καλούνται, επίσης, να παρέχουν «καθαρότερη» ενέργεια μέσω της υψηλότερης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτοί οι στόχοι διασταυρώνονται με την ανάγκη για έλεγχο φορτίου, με σκοπό την αποτελεσματική διαχείριση των περιόδων αιχμής (Beck et al., 2009).

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας συνήθως αξιοποιούν καινοτόμες ιδέες στην προσπάθειά τους να ανταποκριθούν στα αιτήματα που άπτονται οικονομικών

επιπτώσεων ή ρυθμιστικών εντολών. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας είναι πιθανό να βρίσκουν ελκυστική την αμφίδρομη ροή ισχύος των PEV σε ένα σύστημα V2G για δύο βασικούς λόγους:

(1) Ως μέσο αποθήκευσης και στάθμη φορτίου για διαλείπουσα ανανεώσιμη ενέργεια (ηλιακή, αιολική) και

(2) Ως μέσο για την εκπλήρωση της υποστήριξης του δικτύου τους, καθώς και ως υποχρεώσεις βοηθητικών υπηρεσιών.

Ακολουθεί προσέγγιση της χρησιμότητας της τεχνολογίας V2G από την οπτική των παρόχων ηλεκτρικών υπηρεσιών κοινής ωφέλειας.

Αποθήκευση ανανεώσιμης ενέργειας.

Η έλλειψη οικονομικά αποδοτικής αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται ως ένα από τα εμπόδια που επί του παρόντος εμποδίζουν την ταχύτερη υιοθέτηση της ανανεώσιμης ενέργειας. Επιπλέον, η ενέργεια που παράγεται από μια διακοπτόμενη ανανεώσιμη πηγή (όπως η αιολική ή η ηλιακή ενέργεια) δεν είναι σταθερή πηγή και η παραγωγή της μπορεί να μην συμπίπτει με την καθημερινή χρήση αιχμής. Αυτή η διαλείπουσα φύση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μπορεί να αποσταθεροποιήσει το ηλεκτρικό δίκτυο και να οδηγήσει σε χαμηλές τιμές χονδρικής για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτό μειώνει τον αντίστοιχο αντίκτυπο στην απόδοση της επένδυσης που απαιτείται για να καταστεί εφικτό το έργο. Ωστόσο, εάν τα ESS στα PEV μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και εάν επαρκής αριθμός PEV επιλέξιμων για λειτουργία V2G συνδεόταν στο δίκτυο την κατάλληλη στιγμή, θα επέτρεπε τη βελτιστοποιημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Ustun et al., 2013).

Η μη προβλεψιμότητα των ανανεώσιμων πόρων (όπως η αιολική παραγωγή) από μόνη της μπορεί να είναι προβληματική.

Σε ορισμένες τοποθεσίες (όπως η Δανία, όπου το 20% των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να καλυφθεί από την αιολική ενέργεια), υπάρχουν περιπτώσεις όπου το δίκτυο μπορεί να κατακλυστεί από την αύξηση της αιολικής ενέργειας.

Ομοίως, λόγω της μη προβλεψιμότητάς του, η έλλειψη ανέμου θα προκαλέσει έλλειψη διαθέσιμης ενέργειας. Αφήνοντας τα PEV συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό

δίκτυο σε περιόδους που το όχημα δεν κινείται, οι μπαταρίες του οχήματος μπορούν να λειτουργήσουν ως κατανεμημένη αποθήκευση ενέργειας σε αυτές τις καταστάσεις πλεονάζουσας/ελλειμματικής ανανεώσιμης ενέργειας. Εάν τα PEV με πλεονάζουσα ενεργειακή χωρητικότητα παραμείνουν συνδεδεμένα στο δίκτυο κατά τη διάρκεια των ημερήσιων περιόδων αιχμής ζήτησης ενέργειας, αυτή η αποθηκευμένη ανανεώσιμη ενέργεια μπορεί να παρέχεται στο δίκτυο με γρήγορο ρυθμό, μειώνοντας πιθανώς την ανάγκη για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής σταδιακής αιχμής. Εάν η ισχύς αποθηκεύεται σε περιόδους χαμηλής χρήσης, όπως τη νύχτα, η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να προσφερθεί για να αντισταθμίσει περιόδους υψηλότερης ζήτησης, ομαλοποιώντας – ακόμη και εξαλείφοντας – την καμπύλη φορτίου του συστήματος. Φαίνεται ότι η τεχνολογία V2G είναι σε θέση να επιτρέψει τη συνεργατική λειτουργία των PEV με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμβάλλοντας στην διττή αύξηση της διείσδυσης στην αγορά τόσο των PEV όσο και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Hans & Acquah, 2021).

Υποστήριξη δικτύου.

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες υποστήριξης δικτύου για τις οποίες το V2G μπορεί να είναι χρήσιμο.

Η πρώτη κατηγορία αφορά στην παροχή ισχύος αιχμής, επειδή η ικανοποίηση των απαιτήσεων της ισχύος αιχμής είναι μια πολύ δαπανηρή υποφόρτιση για τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας. Εάν τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) των οχημάτων μπορούσαν να φορτιστούν σε περιόδους εκτός αιχμής και στη συνέχεια να αποφορτιστούν επιλεκτικά για να συνδράμουν στην αντιμετώπιση της ζήτησης φορτίου κατά τις ώρες αιχμής της ζήτησής του, η υπηρεσία κοινής ωφέλειας θα μπορούσε ενδεχομένως να αποφύγει την δημιουργία μιας μονάδας αιχμής, η οποία θα εξοικονομούσε κόστος λειτουργίας και συντήρησης και θα απέφερε σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη. Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής αιχμής χρησιμοποιούνται μερικές φορές μόνο για αρκετές ώρες το χρόνο. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας έχουν ισχυρή ικανότητα πρόβλεψης για τον προγραμματισμό φορτίου αιχμής (κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, λόγω φορτίου κλιματισμού). Η δυνατότητα ενεργοποίησης της κατανεμημένης αποθήκευσης, μαζί με τα παραδοσιακά

περιουσιακά στοιχεία απόκρισης ζήτησης (DR), παρέχει μια οικονομικά αποδοτική και καθαρή εναλλακτική λύση έναντι μιας δαπανηρής, η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με την λειτουργία περιστρεφόμενων γεννητριών για την αντιμετώπιση του φορτίου αιχμής (Gu et al., 2013). Επομένως, το κόστος-όφελος ενός συστήματος V2G ως υποκατάστατο μιας μονάδας αιχμής θα εξαρτηθεί από τη χρησιμότητα, την περιοχή, την σύνθεση των σταθμών παραγωγής ενέργειας, καθώς και τη ζήτηση (Kempton et al. 2001).

Η δεύτερη κατηγορία αφορά στην υποστήριξη του κυρίως δικτύου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, όταν αυτό τίθεται εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης ή λόγω συντήρησης. Οι λειτουργικές εφεδρικές εγκαταστάσεις απαιτούν γρήγορους χρόνους απόκρισης, ακριβή τροφοδοσία ρεύματος και συνήθως χρησιμοποιούνται για μικρές διάρκειες. αυτά τα κριτήρια ταιριάζουν ακριβώς με τις δυνατότητες των ESS οχημάτων. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας πρέπει να έχουν πρόσβαση σε λειτουργικές αποθεματικές εγκαταστάσεις και για τις 8.760 ώρες λειτουργίας του έτους (Letendre and Denholm 2006).

Οι υπηρεσίες που είναι δυνητικά διαθέσιμες από το V2G επιτρέπουν τη μείωση του κεφαλαιουχικού κόστους των επιχειρήσεων κοινής ωφελείας για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, καθώς και τη μείωση του λειτουργικού κόστους αυτών των σταθμών. Μια έκθεση του Φεβρουαρίου 2010 από τα Εθνικά Εργαστήρια Sandia (SAND2010-0815) περιέγραψε τα οφέλη και τις πιθανές εκτιμήσεις της αγοράς για τη χρήση της συνολικής αποθήκευσης ενέργειας με την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή ηλεκτρικού δικτύου. Οι εφαρμογές αποθήκευσης ενέργειας που προσδιορίζονται στην αναφορά Sandia προσδιορίζονται ως εξής (με τις κατάλληλες εφαρμογές V2G να επισημαίνονται με έντονους πλάγιους χαρακτήρες):

- ***Χρονική μετατόπιση ηλεκτρικής ενέργειας***
- ***Δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργεια***
- ***Συνεχής φόρτιση***
- ***Ρύθμιση περιοχής***
- Εφεδρική ικανότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας
- ***Υποστήριξη τάσης***
- Υποστήριξη μετάδοσης
- Transmission congestion relief

- Transmission and distribution upgrade deferral
- Substation onsite power
- *Διαχείριση κόστους χρόνου χρήσης ενέργειας*
- *Διαχείριση ζήτησης φόρτισης*
- Αξιοπιστία ηλεκτρικών υπηρεσιών
- Ποιότητα υπηρεσιών ηλεκτρικής ισχύος
- *Χρονική αξιοποίηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές*
- *Ενίσχυση της δυναμικότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας*
- *Ενοποίηση του δικτύου παραγωγής αιολικής ενέργειας*

Η παραπάνω λίστα πιθανών εφαρμογών του V2G απεικονίζει την έννοια της ελκυστικότητας για τα ηλεκτρικά βοηθητικά προγράμματα (Eyer και Corey 2010).

1.5.2 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους ιδιοκτήτες σπιτιών και τις επιχειρήσεις: Αξιοποίηση της τεχνολογίας V2B και V2G

Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένας ιδιοκτήτης κτιρίου μπορεί να επιθυμεί να χρησιμοποιήσει τη δυνατότητα αμφίδρομης ροής ισχύος για να παρέχει εφεδρική ισχύ έκτακτης ανάγκης, να αντισταθμίσει ή να συμπληρώσει την παροχή του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου ή να λειτουργήσει ως αγωγός – πάροχος, πουλώντας την αποθηκευμένη ενέργεια και χωρητικότητα ισχύος στο βοηθητικό πρόγραμμα. Υπό αυτή την έννοια, η ροή από το όχημα είναι παρόμοια με τα φωτοβολταϊκά συστήματα (PV), αν και φυσικά το τελευταίο δεν έχει αμφίδρομες δυνατότητες. Η περίπτωση αυτή, όπως αναφέρθηκε πριν, χαρακτηρίζεται ως V2B. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα οφέλη από τη χρησιμότητα της αμφίδρομης φόρτισης θα είναι διαφορετικά για τις λειτουργίες V2G και V2B. Σε ένα σενάριο V2B, το βοηθητικό πρόγραμμα ενδέχεται να μην εμπλέκεται άμεσα στην αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας και ο ιδιοκτήτης του κτιρίου να χρησιμοποιεί τη δυνατότητα αμφίδρομης κατεύθυνσης για να μειώσει τη ζήτηση του κτιρίου σε περιόδους αιχμής. Η μείωση της ζήτησης ρεύματος για το κτήριο κατά τις ώρες αιχμής, καθώς και της συνολικής χρήσης ηλεκτρικής κιλοβατώρας μπορεί να αποτελέσει ένα ελκυστικό κίνητρο για τη συμμετοχή του ιδιοκτήτη. Η ελκυστικότητα του V2B είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του V2G για μια κοινή επιχείρηση, επειδή μειώνεται μόνο η ζήτηση αιχμής και δεν διατίθεται αποθήκευση ηλεκτρικής

ενέργειας στο δίκτυο. Από την άλλη πλευρά, η πολυπλοκότητα του συστήματος μειώνεται, επειδή ο συντονισμός και η επικοινωνία μεταξύ των φορτιστών του οχήματος και του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι πλέον απαραίτητος. Η ικανότητα αξιοποίησης της τεχνολογίας V2B ή της τεχνολογίας V2H θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως εφεδρική πηγή ενέργειας για την επιχείρηση ή το σπίτι (Gu et al., 2013).

1.5.3 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους προμηθευτές εξοπλισμού αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G

Ο εξοπλισμός ηλεκτρικών οχημάτων (EVSE) παρέχει τη σύνδεση μεταξύ της μπαταρίας του οχήματος και των ηλεκτρολογικών υπηρεσιών του κτιρίου που συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο. Το EVSE και το όχημα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα γι' αυτήν την αμφίδρομη ροή και να παρέχουν τις διαδρομές ροής επικοινωνιών που επιτρέπουν την πρόσβαση και τον έλεγχο τόσο της φόρτισης όσο και της εκφόρτισης της μπαταρίας του οχήματος.

1.5.4 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους ιδιοκτήτες αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G

Σε ένα σύστημα V2G, ένα PEV συνδέεται στο δίκτυο όταν δεν χρησιμοποιείται και οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις κοινής ωφελείας, τα ISO ή οι τρίτοι πάροχοι υπηρεσιών ηλεκτρικών οχημάτων (EVSP) θα έχουν άμεση πρόσβαση και έλεγχο τόσο στη φόρτιση όσο και στην εκφόρτιση των μπαταριών του οχήματος για μια ποικιλία αποφάσεων αξιοπιστίας του ηλεκτρικού συστήματος και της οικονομικής επαναφόρτισης. Σε ένα σύστημα V2G, ο ιδιοκτήτης του οχήματος ή ο διαχειριστής στόλου γίνεται ταυτόχρονα καταναλωτής και πωλητής ηλεκτρικής ενέργειας και χωρητικότητας. Επειδή ο ιδιοκτήτης του οχήματος ελέγχει την πηγή της δυνατότητας V2G, ο ενημερωμένος κάτοχος μπορεί να είναι σε θέση να επωφεληθεί από την αμφίδρομη ροή. Οι μειωμένες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας σε αντάλλαγμα για τη ροή ισχύος V2G ή την άμεση αποζημίωση αποτελεί το κίνητρο για να ζήτηση της διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας του οχήματος στο δίκτυο (Beck et al., 2009).

Υπάρχουν τρία συμφέροντα για τον ιδιοκτήτη του οχήματος, τα οποία είναι αντικρουόμενα (Sovacool et al., 2020):

1. Το όχημα είναι ο τρόπος μεταφοράς του ιδιοκτήτη και πρέπει να διαθέτει επαρκή ηλεκτρική ενέργεια, προκειμένου να ανταποκρίνεται στις οδηγικές ανάγκες του ιδιοκτήτη όταν αυτός επιθυμεί να το χρησιμοποιήσει. Θα πρέπει ο ιδιοκτήτης να

κατανοεί τους όρους και τις προϋποθέσεις της σύμβασής του με την ηλεκτρική υπηρεσία, ώστε να μην εκπλαγεί με μια απροσδόκητα εξαντλημένη μπαταρία όταν θέλει να οδηγήσει το αυτοκίνητο. Επισημαίνεται ότι το EVSE που έχει σχεδιαστεί για αυτήν τη λειτουργία θα έχει πιθανώς διαθέσιμες ασφαλιστικές δικλείδες προκειμένου να διασφαλίζεται παρακάμψεις πελατών ή προγραμματισμό για να διασφαλιστεί ότι διατηρείται ένα ελάχιστο SOC στην μπαταρία για να ικανοποιεί τις ανάγκες του ιδιοκτήτη.)

2. Ο ιδιοκτήτης του οχήματος είτε θα έχει ως πρώτη προτεραιότητά του την αποκόμιση εσόδων, μέσω της πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας από το ESS του οχήματός του στο ηλεκτρικό δίκτυο είτε θα έχει ως πρώτο μέλημά του την δυνατότητα της εκφόρτισης της διαθέσιμης ενέργειας στο δίκτυο, εφόσον αυτή είναι διαθέσιμη.

3. Κάθε κύκλος εκφόρτισης της μπαταρίας θα συμβάλει στην υποβάθμισή της και θα μειώνει την ωφέλιμη διάρκεια ζωής της. Ο ρυθμός υποβάθμισης θα είναι εξαιρετικά ανησυχητικός για τον ιδιοκτήτη του οχήματος (και τον εγγυητή της λειτουργίας της μπαταρίας), επειδή η αντικατάσταση της μπαταρίας αναμένεται να είναι ακριβή στο άμεσο μέλλον.

Ο ιδιοκτήτης του οχήματος πιθανότατα θα ανησυχεί λιγότερο για την καθαρή εξάντληση του SOC για την μπαταρία του όταν χρησιμοποιείται για υπηρεσίες ρύθμισης συχνότητας του ηλεκτρικού δικτύου σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Σε αντίθεση με την εφαρμογή αλλαγής αιχμής που περιγράφεται παραπάνω, η χρήση των μπαταριών γι' αυτές τις βοηθητικές υπηρεσίες μπορεί να πραγματοποιείται σε περιοδικά, συντονισμένα χρονικά διαστήματα, προκειμένου να διατηρείται ένας σταθερός θετικός κύκλος επαναφόρτισης για την αναπλήρωση της ενέργειας της μπαταρίας. Ο ιδιοκτήτης του οχήματος να μπορεί να ορίσει ένα συγκεκριμένο απαιτούμενο SOC για την μπαταρία του, προσφέροντας την δυνατότητα τόσο της απρόσκοπτης φόρτισης της μπαταρίας του αυτοκινήτου του, όσο και της συντονισμένης αποφόρτισής της κατά την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο.

Για να αυξηθεί η αποδοχή του V2G, οι καταναλωτές πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι και να συναινέσουν στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Οι πληροφορίες θα πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμες και να αφορούν στην ενημέρωση των

ιδιοκτητών των αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G τόσο για τις συνιστώμενες ώρες φόρτισης της μπαταρίας του αυτοκινήτου τους, όσο και τις αντίστοιχες αποδόρισής της στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Και, επιπρόσθετα, να ενημερωθούν για την σημαντικότητα της θετικής επίδρασης αυτών των διαδικασιών στο πλαίσιο της σταθερότητας του φορτίου του ηλεκτρικού δικτύου. Θα απαιτηθεί πρόσθετη εκπαίδευση σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα παρέχεται ενέργεια από την μπαταρία στο δίκτυο. Υπάρχει η άποψη ότι αμέσως ότι εάν κάποιος συμμετέχει στο V2G, η μπαταρία του οχήματος θα εξαντλείται κάθε φορά (Leviton 2010). Στην πραγματικότητα, η χρήση όχι πλήρους εκφόρτισης της μπαταρίας, σε αντίθεση με την πλήρη αποφόρτισή της, θα προκαλέσει λιγότερη υποβάθμισή της. Ως αποτέλεσμα, η ρύθμιση του δικτύου και τα αποθέματα περιστροφής είναι συναρτήσεις που χρησιμοποιούν καλύτερα τους πόρους V2G (Letendre 2009).

1.5.5 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους κατασκευαστές γνήσιων εξαρτημάτων αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G

Το V2G απαιτεί πρόσθετους κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης από μια μπαταρία οχήματος, γεγονός που μπορεί να μειώσει τη μακροζωία της. Προσθέτει επίσης πολυπλοκότητα στο σχεδιασμό και τη λειτουργία του οχήματος και αυξάνει το κόστος του. Για παράδειγμα, ο κατασκευαστής γνήσιων εξαρτημάτων (OEM) αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G θα έχει πρόσθετο κόστος για έναν αμφίδρομο φορτιστή. Η ανάπτυξη του συστήματος V2G είναι δαπανηρή για τις αυτοκινητοβιομηχανίες και απαιτεί πρωτοφανή επίπεδα συνεργασίας με επιχειρήσεις κοινής ωφελείας, προμηθευτές EVSE και άλλους οργανισμούς. Η μειωμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας λόγω του V2G θα μπορούσε να αυξήσει το κόστος εγγύησης OEM του αυτοκινήτου. Το V2G θέτει επίσης τους κατασκευαστές γνήσιων εξαρτημάτων αυτοκινήτων σε επιπρόσθετη ευθύνη. Τέλος, οι ευρέως διαφορετικοί κώδικες και πρότυπα για το σχεδιασμό και τη λειτουργία οχημάτων με δυνατότητα V2G σε όλες τις περιοχές της αγοράς δυσχεραίνουν τις αυτοκινητοβιομηχανίες να παράγουν ένα προϊόν που συμμορφώνεται με όλους τους κώδικες και τα πρότυπα. Επί του παρόντος, δεν είναι προφανές ότι η ζήτηση των πελατών για V2G θα είναι επαρκής για να αντισταθμίσει τους κινδύνους και το απαιτούμενο κόστος (Yilmaz et al. 2012b).

Η εφαρμογή του V2G δεν βοηθά τους κατασκευαστές γνήσιων εξαρτημάτων αυτοκινήτων V2G να πληρούν τις κανονιστικές απαιτήσεις. Οι τρέχοντες

περιβαλλοντικοί κανονισμοί για τις αυτοκινητοβιομηχανίες στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των οχημάτων ρυθμίζοντας την οικονομία καυσίμου τους. Η αυτοκινητοβιομηχανία είναι υποχρεωμένη να ανταποκρίνεται άμεσα στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από το ηλεκτρικό δίκτυο που μπορεί να προκληθεί από το V2G. Όπως σημειώθηκε προηγουμένως, ωστόσο, οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας βρίσκονται υπό αυξανόμενη πίεση για να ενσωματώσουν ένα υψηλότερο μείγμα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μείγμα εφοδιασμού παραγωγής. Τα πλεονεκτήματα της σταθεροποιητικής λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου που προσφέρει το V2G θα μπορούσαν να φέρουν μέρος των εσόδων στους κατασκευαστές γνήσιων εξαρτημάτων για τα αυτοκίνητα V2G, γεγονός που θα λειτουργήσει ως ενισχυτικός παράγοντας στην υποστήριξη της λειτουργίας αυτής της αλυσίδας παραγωγής καθαρής ενέργειας (Ustun et al., 2013).

1.5.6 Κίνητρο ωφελιμότητας για τους κατασκευαστές μπαταριών αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G

Ο κατασκευαστής μπαταριών κατανοεί ότι η κύρια λειτουργία της μπαταρίας είναι να παρέχει την κινητήρια δύναμη για το όχημα. Οι κατασκευαστές μπαταριών βρίσκονται υπό πίεση να αυξήσουν τόσο την απόδοση της μπαταρίας (για αυξημένη εμβέλεια και κινητήρια ισχύ) όσο και τη διάρκεια ζωής της (μεγαλύτερη εγγύηση εγγύησης). Η αυξημένη χωρητικότητα και η διάρκεια ζωής οδηγούν σε μεγαλύτερη δημόσια αποδοχή του PEV για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών του καταναλωτή.

Δραστηριότητες που ενδέχεται να μειώσουν τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας θα είναι αντίθετες προς τα συμφέροντα του προμηθευτή της μπαταρίας, εκτός εάν υπάρχουν άλλα κίνητρα. Ενώ οι υπηρεσίες ρύθμισης συχνότητας ενδέχεται να έχουν μικρή επίδραση στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, οι βαθύτεροι κύκλοι φόρτισης και εκφόρτισης, η υποστήριξη της συμφέρουσας διαχείρισης φόρτισης (energy arbitrage) και η προληπτική διαχείριση της αποθηκευμένης στην μπαταρία ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να έχουν αποτέλεσμα. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν το μέγεθος της μπαταρίας και το κόστος για τον OEM.

Η αγορά δευτερογενούς χρήσης της μπαταρίας στην αποθήκευση ενέργειας ή η υποστήριξη άλλων συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα πιθανό πεδίο που μπορεί να προσφέρει την υπόσχεση πρόσθετης διάρκειας ζωής της και, επομένως, αντιστάθμιση των πηγών εσόδων. Αυτό θα μπορούσε να δικαιολογήσει μια πιο επιθετική χρήση της μπαταρίας ως υπηρεσία αξιοπιστίας του ηλεκτρικού δικτύου.

Το V2G πρέπει να ανταγωνίζεται το σύστημα της σταθερής μπαταρίας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι μπαταρίες λειτουργούν σε λιγότερο αυστηρά περιβάλλοντα και μπορούν να έχουν σημαντικά μεγαλύτερο βάρος. Αυτός είναι σοβαρός ανταγωνισμός για το V2G. Ωστόσο, η χρήση ενός συστήματος V2G με την υποστήριξη του κατάλληλου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας (ESS) αποτελεί έναν συμφέροντα συνδυασμό, αφού η επιλογή της αποθήκευσης ενέργειας αποτελεί δευτερεύουσα εφαρμογή για τα οχήματα αυτά, ενώ τα σταθερά συστήματα αποθήκευσης ενέργειας ESS θα έχουν μόνο έναν μόνο κατασκευαστικό προορισμό, καθιστώντας την αρχική δαπάνη για την κατασκευή τους περισσότερο απαγορευτική.

Τα plug-in-hybrid και τα ηλεκτρικά οχήματα συνδέονται με τα ηλεκτρικά συστήματα για φόρτιση, αντλώντας ενέργεια από το δίκτυο ή τους ηλιακούς συλλέκτες. Οι δυνατότητες αμφίδρομης φόρτισης θα επιτρέψουν στις φορτισμένες μπαταρίες των οχημάτων να στέλνουν ηλεκτρική ενέργεια πίσω στο δίκτυο μέσω του ίδιου συστήματος. Αυτή η δυνατότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, καθώς οι ενεργειακές απαιτήσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι αυξημένες, σε αντίθεση με τις αντίστοιχες των νυχτερινών ωρών. Οι τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος τις ώρες αιχμής είναι περισσότερο υψηλές. Από την άλλη, τα ηλιακά συστήματα προφανώς δεν παράγουν ενέργεια όλο το εικοσιτετράωρο. Το λογισμικό V2G θα συμβάλει στην ομαλότερη διαχείριση αυτής της ανομοιόμορφης κατανομής της προσφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας βελτιστοποιώντας τη φόρτιση και τη διανομή της. Επιπλέον, μια σύγχρονη μπαταρία ηλεκτρικού οχήματος συνήθως αποθηκεύει αρκετή ενέργεια για να καλύψει την καθημερινή ζήτηση του μέσου σπιτιού (Tan et al., 2016).

Έχει προβλεφθεί ότι, μέχρι το 2025, τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα (Electric Vehicle – EV) θα έχουν δυνατότητες αμφίδρομης φόρτισης. Προς το παρόν, το ηλεκτρικό βανάκι Leaf και το e-NV200 της Nissan προσφέρουν αμφίδρομη φόρτιση. Η Volkswagen δήλωσε πέρυσι ότι όλα τα οχήματα ID της θα είναι

εξοπλισμένα για αμφίδρομη φόρτιση το 2022. Η Ford προωθεί επίσης την ικανότητα V2G του φορτηγού Mustang Mach-E και του μοντέλου F-150 Lightning

1.3 Σημαντικότητα του V2G

Σύμφωνα με το Υπουργείο Μεταφορών των ΗΠΑ, η ζήτηση στο εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο είναι πιθανό να αυξηθεί κατά 38% έως το 2050 με την αυξημένη υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων. Η τεχνολογία V2G θα συμπλήρωνε τμήματα αυτής της ζήτησης, στέλνοντας την απαραίτητη ενέργεια πίσω στο δίκτυο κατά τις ώρες αιχμής.

Η τεχνολογία V2G θα μπορούσε, επίσης, να συμβάλλει στους ιδιοκτήτες αυτοκινήτων V2G στη δημιουργία εισοδήματος, κατά το χρονικό διάστημα που τα αυτοκίνητά τους θα παραμένουν σε ακινησία. Για παράδειγμα, κατά την μετάβαση στον χώρο εργασίας θα είναι εφικτή η πώληση ενέργειας από την μπαταρία του EV στο κτίριο του χώρου εργασίας ή στην εταιρεία κοινής ωφελείας κατά τις πρωινές ώρες αιχμής. Όταν το δίκτυο είναι εκτός λειτουργίας, η τεχνολογία V2G θα επιτρέπει την τροφοδοσία των ηλεκτρικών συσκευών στο σπίτι: των φωτιστικών, του ψυγείου, καθώς και άλλων μικρών συσκευών.

1.4 Χρήση του V2G

Προς το παρόν, η τεχνολογία V2G βρίσκεται μόνο σε πιλοτικές και εμπορικές δοκιμαστικές φάσεις. Ο όμιλος V2G Hub έχει χαρτογραφήσει υφιστάμενα projects της τεχνολογίας V2G σε όλο τον κόσμο, δίκτυο που εκτείνεται σε 24 χώρες και περιλαμβάνουν περισσότερους από 6.400 θέσεις φόρτισης. Η πόλη Boulder στο Κολοράντο συνεργάζεται με την Fermenta Energy για τη λειτουργία ενός πιλοτικού προγράμματος ανάπτυξης της τεχνολογίας V2G, όπου τα οχήματα του στόλου Nissan Leaf παράγουν ενέργεια για το North Boulder Recreation Center. Επιπλέον, η εταιρία ηλεκτρικής ενέργειας EDF και η Nissan προωθούν στο Ηνωμένο Βασίλειο υπηρεσίες για επιχειρήσεις, που επιτρέπουν στα ηλεκτρικά οχήματα του στόλου να συνδέονται με τεχνολογία V2G.



Εικόνα 6. Παγκόσμιος χάρτης projects και δικτύου V2G (Πηγή: V2G Hub, 2023)

1.5 Εμπόδια υιοθέτησης της τεχνολογίας V2G

Η συγκριτική διερεύνηση της ποσότητας των PEV τα επόμενα χρόνια με τις χωρητικότητες των ESS δείχνουν ότι υφίστανται πιθανά πρόσθετα πλεονεκτήματα και χρήσεις αυτής της πηγής αποθηκευμένης ενέργειας. Τα περισσότερα ελαφρά οχήματα περνούν σημαντικό χρόνο χωρίς να λειτουργούν και ίσως υπάρχουν ευκαιρίες να αξιοποιήσουν την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Ωστόσο, υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με το πρόσθετο υλικό και το λογισμικό που θα απαιτούνταν για την παροχή της αποθηκευμένης ενέργειας εκτός του οχήματος, με το είδος των συστημάτων επικοινωνιών που θα απαιτούνταν, αν αυτή η διαδικασία θα πραγματοποιείται χωρίς να επηρεαστούν οι ανάγκες του οδηγού, ποιος θα ήταν ο αντίκτυπος στην μπαταρία ζωή και στις σχετικές γι' αυτήν εγγυήσεις, ποια κίνητρα υφίστανται προκειμένου να επιδιωχθούν αυτοί οι στόχοι και, τέλος, ποιοι είναι οι τελικοί ωφελημένοι από όλη αυτή την διαδικασία (Smart et al., 2010).

Ενώ το μεγαλύτερο μέρος της τεχνολογίας υπάρχει για την υποστήριξη του V2G σήμερα, υπάρχουν πολλά νομικά και ρυθμιστικά εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν προτού η τεχνολογία γίνει κοινή. Για την εκκίνηση της εφαρμογής της τεχνολογίας V2G απαιτείται η διαμόρφωση κατάλληλου νομικού πλαισίου με τον καθορισμό των απαραίτητων κανονισμών που θα διέπουν τόσο την διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της τεχνολογία V2G, όσο και των απαιτούμενων προδιαγραφών των

κτηρίων που θα αξιοποιήσουν την τεχνολογία V2G, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι η τεχνολογία αυτή είναι ασφαλής και σωστά ελεγχόμενη. Το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ έχει χαρτογραφήσει τα προβλεπόμενα βήματα σχετικά με τους Κανονισμούς Ροής Ισχύος Οχήματος προς το Δίκτυο και τους Οικοδομικούς Κώδικες (Briones et al., 2012).

Το δεύτερο εμπόδιο προέρχεται από τις εταιρείες κοινής ωφέλειας και τους ίδιους τους κατασκευαστές αυτοκινήτων. Ο Έλον Μασκ υποβάθμισε τα οφέλη της τεχνολογίας V2G, πιθανώς σε μια προσπάθεια να προωθήσει την οικιακή μπαταρία της Tesla, το Powerwall. Το σύστημα μπαταριών που κατασκευάστηκε από την Tesla κοστίζει μεταξύ \$12.000 - \$16.500 μετά την εγκατάσταση και επιτρέπει στους χρήστες να αποθηκεύουν έως και 13,5 kWh ενέργειας. Μια μπαταρία EV θα μπορούσε να εξυπηρετεί διπλό σκοπό μεταφοράς και αποθεμάτων ενέργειας με ένα Nissan Leaf να αποθηκεύει περίπου 24 kWh.

Για τις εταιρείες κοινής ωφέλειας, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής αυξάνει τα κέρδη τους. Κατά την μετάβαση σε συστήματα ενέργειας και καυσίμων που αποσυνδέονται από το παραδοσιακό δίκτυο, πιθανότατα θα υπάρξουν διακυμάνσεις στις τιμές που θα αντικατοπτρίζουν τις αλλαγές.

Δεν είναι ακόμη γνωστές οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις που θα μπορούσε να έχει η φόρτιση V2G στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας ενός αυτοκινήτου. Οι κυψέλες μπαταρίας έχουν έναν πεπερασμένο αριθμό φορτίσεων, με αποτέλεσμα να γίνονται λιγότερο αποδοτικές με την πάροδο του χρόνου. Το γεγονός αυτό θέτει υπό αμφισβήτηση τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα για τους καταναλωτές, δημιουργώντας το ερώτημα αν το κέρδος που θα αποκομίζεται από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που θα είναι αποθηκευμένη στις μπαταρίες ενός αυτοκινήτου τεχνολογίας V2G θα αντισταθμίζεται ή και θα υπερφαλαγγίζεται από την φθορά αυτών των μπαταριών (Gu et al., 2013).

1.6 Προετοιμασία για το μέλλον του V2G

Ο Πρόεδρος των ΗΠΑ, Τζον Μπάιντεν, εξέφρασε την βούλησή του τα EV να αντιπροσωπεύουν το 50% των πωλήσεων οχημάτων έως το 2030. Για να το υποστηρίξουν αυτό, η κυβέρνηση των ΗΠΑ, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων και οι ιδιωτικοί επενδυτικοί όμιλοι επενδύουν σε υποδομές και τεχνολογία ηλεκτρικών οχημάτων. Αν και η τεχνολογία V2G μπορεί να μην είναι ευρέως διαθέσιμη αυτήν τη

στιγμή, πιθανότατα θα γίνει περισσότερο βιώσιμη καθώς θα αυξάνεται η υιοθέτηση των ΕV.

2^ο Κεφάλαιο

2.1 Τρόποι λειτουργίας συστήματος V2G και λειτουργικότητα

Οι μέθοδοι και οι ευκαιρίες που αξιοποιούνται για την επαναφόρτιση ενός PEV από το δίκτυο είναι σημαντικό να προσδιοριστούν, επειδή οποιαδήποτε ισχύς V2G θα ρέει μέσω αυτών των ίδιων μέσων. Η συσκευή που χρησιμοποιείται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο κοινής ωφέλειας στο ηλεκτρικό όχημα είναι η EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment).

Εμπλέκονται τρία βασικά στοιχεία του συστήματος που ορίζουν το περιβάλλον για την επαναφόρτιση ενός οχήματος ή την εκφόρτιση ενέργειας από το όχημα στο ηλεκτρικό δίκτυο (Ponticel, 2012):

- (1) Η τοποθεσία που το όχημα συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο
- (2) Το EVSE στο οποίο συνδέεται το όχημα, και
- (3) Το ηλεκτρικό όχημα ή, πιο συγκεκριμένα, το σύστημα διαχείρισης φόρτισης και αποθήκευσης της ενέργειας στην μπαταρία το BMS/ESS, το οποίο διαχειρίζεται το σύστημα κατάστασης φόρτισης (SOC). Το περιβάλλον μπορεί να είναι η κατοικία ενός ατόμου, ο χώρος εργασίας του εργοδότη, οι χώροι στάθμευσης του στόλου οχημάτων ή ένας δημόσια διαθέσιμος σταθμός φόρτισης. Το EVSE μπορεί να σχεδιαστεί για να παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) ή συνεχές ρεύμα (DC) στο όχημα.

Επιπλέον, το EVSE μπορεί να σχεδιαστεί σε πολλά διαφορετικά επίπεδα ισχύος. Το όχημα διαθέτει πολλά σημαντικά εξαρτήματα που ελέγχουν και ρυθμίζουν τους ρυθμούς φόρτισης της μπαταρίας, καθώς και την ίδια την μπαταρία. Τα εξαρτήματα αυτά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των τρόπων λειτουργίας και της λειτουργικότητας του συστήματος V2G.

2.1.1 Εξοπλισμός οχημάτων V2G και επίπεδα ισχύος

Η Εταιρεία Μηχανικών Αυτοκινήτου (SAE) και ο Εθνικός Ηλεκτρικός Κώδικας (NEC) έχουν πρόσφατα καθορίσει τα επίπεδα φόρτισης AC και DC (Εικόνα 6 και Πίνακας 1).

EVSE Capacity Classification	
Emerging Standards SAE J1772™	
<ul style="list-style-type: none"> • AC Charging <ul style="list-style-type: none"> – Requires on-board power inverter and BMS – Power management shared between vehicle and EVSE – Generally lower power transfer capabilities 	<ul style="list-style-type: none"> • DC Charging <ul style="list-style-type: none"> – AC-DC conversion performed off board – EVSE provides significant power management. – Generally higher power transfer capabilities

Εικόνα 7. Σύγκριση φόρτισης συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος (Πηγή: Briones et al., 2012).

Πίνακας 1. Επίπεδα ισχύος εναλλασσόμενου και συνεχούς ρεύματος (Πηγή: Briones et al., 2012).

Φόρτιση AC	Φόρτιση DC
Επίπεδο AC 1: 120 βολτ εναλλασσόμενο ρεύμα (VAC), μονοφασικό, μέγιστο 16 αμπέρ (A), μέγιστο 1,9 κιλοβάτ (kW)	Επίπεδο DC 1: 200 έως 450 volts συνεχές ρεύμα (VDC), μέγιστο 80 A, μέγιστο 19,2 kW
AC Επίπεδο 2: 240 VAC, μονοφασικό, μέγιστο 80 A, μέγιστο 19,2 kW	Επίπεδο DC 2: 200 έως 450 VDC, μέγιστο 200 A, μέγιστο 90 kW
Επίπεδο 3 AC: προς προσδιορισμό, μπορεί να περιλαμβάνει τριφασικό AC	Επίπεδο DC 3: προς προσδιορισμό, μπορεί να καλύπτει 200 έως 600 VDC, μέγιστο 400 A, μέγιστο 240 kW

Η παροχή ρεύματος κοινής ωφέλειας παρέχεται ως εναλλασσόμενο ρεύμα στο χώρο όπου είναι εγκατεστημένο το EVSE. Η μπαταρία αποθηκεύει συνεχές ρεύμα, γεγονός που οδηγεί στην απαίτηση της μετατροπής από εναλλασσόμενο σε συνεχές για την ολοκλήρωση της φόρτισης. Αντίθετα, όταν απαιτείται τροφοδοσία V2G, το DC της μπαταρίας πρέπει να μετατραπεί σε AC για να παραδοθεί πίσω στο δίκτυο.

Στη φόρτιση AC, η μετατροπή AC σε DC πραγματοποιείται στον ενσωματωμένο φορτιστή του οχήματος. Στη φόρτιση DC, η μετατροπή AC σε DC πραγματοποιείται στο EVSE εκτός του οχήματος.

Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 1

Το AC Επίπεδο 1 είναι το πιο βασικό επίπεδο φόρτισης PEV και το μεγαλύτερο μέρος του κοινού έχει εύκολη πρόσβαση στον τύπο ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη φόρτιση AC Επίπεδο 1 στο σπίτι ή στην εργασία. Οι τυπικές

ονομασίες τάσης που βρίσκονται τόσο σε οικιστικά όσο και σε εμπορικά κτίρια στη Βόρεια Αμερική είναι μεταξύ 110 και 120 VAC με ονομαστική τιμή για μέγιστη ροή ρεύματος 16 A.

Η φόρτιση επιπέδου 1 εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιεί μια τυπική πρίζα με τρεις άκρες (NEMA 5-15R/20R; Εικόνα 6). Η πρίζα με τρεις άκρες είναι συνδεδεμένη σε ένα σετ καλωδίων, το οποίο περιέχει επίσης μια συσκευή διακοπής ρεύματος φόρτισης, που βρίσκεται στο καλώδιο τροφοδοσίας εντός 12 ιντσών από το βύσμα σύμφωνα με την απαίτηση κωδικού NEC Section 625. Ο σύνδεσμος του οχήματος στο άλλο άκρο του σετ καλωδίων είναι συνήθως ο σχεδιασμός που έχει εγκριθεί από το SAE στο βύσμα Standard J1772. Αυτός ο σύνδεσμος θα ταιριάζει σωστά με την είσοδο του οχήματος, η οποία επίσης ορίζεται από το J1772 (Εικόνα 7). Το SAE J1772 καθορίζει τις γενικές φυσικές, ηλεκτρικές, λειτουργικές απαιτήσεις και απαιτήσεις απόδοσης του ηλεκτρικού βύσματος μεταξύ ενός PEV και του EVSE (Εικόνα 8). Οι περισσότεροι προμηθευτές αυτοκινήτων θα χρησιμοποιήσουν αυτό το συγκεκριμένο πρότυπο στις Ηνωμένες Πολιτείες ως το σχέδιο σύνδεσης για τη φόρτιση AC Επίπεδο 1 και 2. Η Tesla Motors έχει αναπτύξει το J1772 Mobile Σύνδεσμος, ο οποίος είναι ένας προσαρμογέας ειδικά σχεδιασμένος για να είναι συμβατός τόσο με τη θύρα φόρτισης του οχήματος Roadster όσο και με οποιαδήποτε υποδοχή J1772. Το Mobile Connector αναπτύχθηκε επειδή το πρότυπο J1772 δεν ήταν πλήρες όταν το Roadster παρουσιάστηκε στην αγορά (Tesla Motors 2011).



Εικόνα 8. Αριστερά: Τυπικό βύσμα 110/120 V - 15 A. Κέντρο: Βύσμα 20 A. Δεξιά: Πρίζα



Εικόνα 9. Σετ καλωδίου επιπέδου 1 εναλλασσόμενου ρεύματος



Εικόνα 10. Τυπικός σύνδεσμος J1772

Η υποδοχή J1772 είναι κατασκευασμένη για 10.000 συνδέσεις/αποσυνδέσεις και για να αντέχει την έκθεση σε σκόνη, αλάτι, νερό και την οδήγηση από όχημα.

Η φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 1 δεν προσφέρει ιδιαίτερα γρήγορη φόρτιση, επειδή ο μέγιστος ρυθμός φόρτισης 1,9 kW θα απαιτούσε περισσότερες από 12 ώρες για την πλήρη φόρτιση ενός πακέτου 24 kWh (όπως το πακέτο στο Nissan LEAF) και περισσότερες από 8 ώρες για την πλήρη φόρτιση ενός πακέτου 16 kWh (όπως το πακέτο στο Chevrolet Volt). Ομοίως, η ικανότητα εκφόρτισης των 1,9 kW μπορεί να είναι οριακά ικανή να καλύψει τις απαιτήσεις εφεδρικής έκτακτης ανάγκης ενός μικρού σπιτιού, το οποίο δεν διαθέτει κλιματισμό ή μεγάλα φορτία ηλεκτρικών συσκευών. Επειδή οι χρόνοι φόρτισης με το επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 1 θα

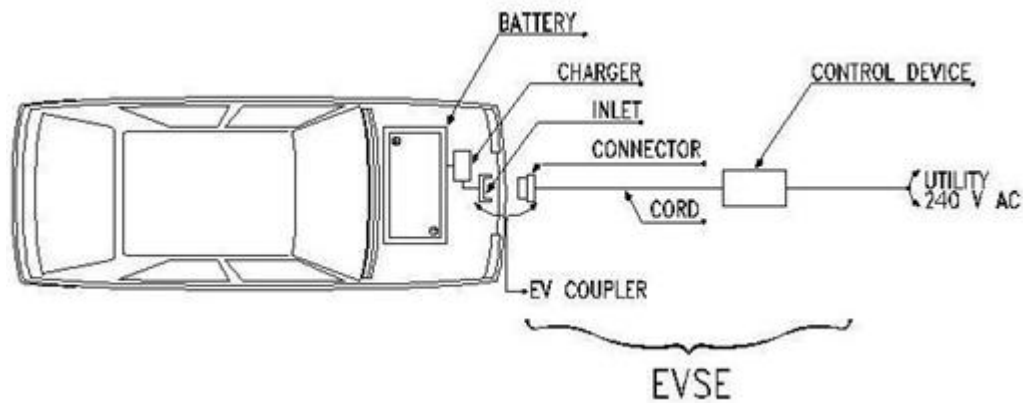
είναι σημαντικά μεγαλύτεροι, αναμένεται ότι οι περισσότεροι ιδιοκτήτες PEV θα χρησιμοποιήσουν τη φόρτιση Επιπέδου 2. Γενικά, λόγω του πολύ χαμηλού επιπέδου μεταφοράς ισχύος με το επίπεδο φόρτισης 1, καθώς και της πλήρους έλλειψης ελέγχων ή δυνατοτήτων παρακολούθησης, οι εφαρμογές V2G δεν θα είναι πρακτικές ή διαθέσιμες στο επίπεδο αυτό.

Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 2

Το Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 2 θεωρείται ως η κύρια και προτιμώμενη μέθοδος για τον εξοπλισμό προμήθειας ηλεκτρικών οχημάτων (EVSE) τόσο για ιδιωτικές όσο και για δημόσιες εγκαταστάσεις. Αυτό το επίπεδο καθορίζει ένα μονοφασικό ρεύμα με τυπικές τιμές τάσης από 220 έως 240 V. Η υψηλότερη τάση επιτρέπει πολύ πιο γρήγορη φόρτιση σε PEV (plug-in electric vehicle), με μέγιστη ονομαστική ένταση ρεύματος 19,2 kW.

Ωστόσο, προς το παρόν, οι ενσωματωμένοι φορτιστές είναι ο περιοριστικός παράγοντας, με δυνατότητες μέγιστης ισχύος πολύ χαμηλότερες από τον μέγιστο ρυθμό φόρτισης. Η φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος Επιπέδου 2 προορίζεται για την υποστήριξη λειτουργιών ανεφοδιασμού οχημάτων που συμπίπτουν με τοποθεσίες προορισμού. Ο εγκεκριμένος σύνδεσμος J1772 επιτρέπει ρεύμα έως και 80 αμπέρ AC (ονομαστικό κύκλωμα 100 amp). Ωστόσο, τα υφιστάμενα επίπεδα αυτού του μεγέθους είναι σπάνια. Μια περισσότερο τυπική ροή θα ήταν 40 αμπέρ εναλλασσόμενου ρεύματος, η οποία επιτρέπει μέγιστο μεταφερόμενο ρεύμα 32 αμπέρ.

Κατά τη σύνδεση, το σύστημα διαχείρισης μπαταρίας (BMS) του οχήματος καθορίζει την απαιτούμενη φόρτιση και ανάλογα αντλεί το ρεύμα από το EVSE. Ένα EVSE που είναι ικανό να αποδίδει 30 αμπέρ θα αποδίδει 20 αμπέρ εάν αυτό απαιτείται από το BMS. Το EVSE δεν μπορεί να προσφέρει περισσότερα από την καθορισμένη δυνατότητα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, εάν ένα EVSE Επιπέδου 2 έχει δυνατότητα μεταφοράς 20 αμπέρ και το BMS ζητήσει 30 αμπέρ, θα μεταφερθούν μόνο τα 20 αμπέρ (Εικόνα 10).



Εικόνα 11. Σχηματική απεικόνιση φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).

Η φόρτιση επιπέδου 2 AC αναμένεται να είναι η προτιμώμενη μέθοδος για την επαναφόρτιση του οχήματος, ενώ προσφέρει τη δυνατότητα της αξιοποίησης της τεχνολογίας V2G, λόγω της κοινώς διαθέσιμης ισχύος εισόδου και της συμβατότητας με εφαρμογές που επιτρέπουν στους χρήστες να ελέγχουν τη φόρτιση (Εικόνα 11).

Το επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 2 θα επηρεάσει σημαντικά την αποδοχή της τεχνολογίας V2G, επειδή τα οχήματα αναμένεται να συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο για σχετικά μεγάλες χρονικές περιόδους, είτε στο χώρο εργασίας του εργοδότη, σε δημόσιο χώρο ή στο σπίτι. Η ικανότητα μεταφοράς ισχύος από αυτές τις συνδέσεις προσφέρει σημαντικό λειτουργικό όφελος για τις υπηρεσίες υποστήριξης εγκαταστάσεων ή δικτύου. Η προγραμματισμένη ευρεία ανάπτυξη του διαθέσιμου στο κοινό EVSE εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 για την ενθάρρυνση της υιοθέτησης του PEV θα συμβάλει επίσης στη χωρητικότητα φορτίου της συνδεδεμένης πηγής του οχήματος (Yilmaz et al., 2012a).



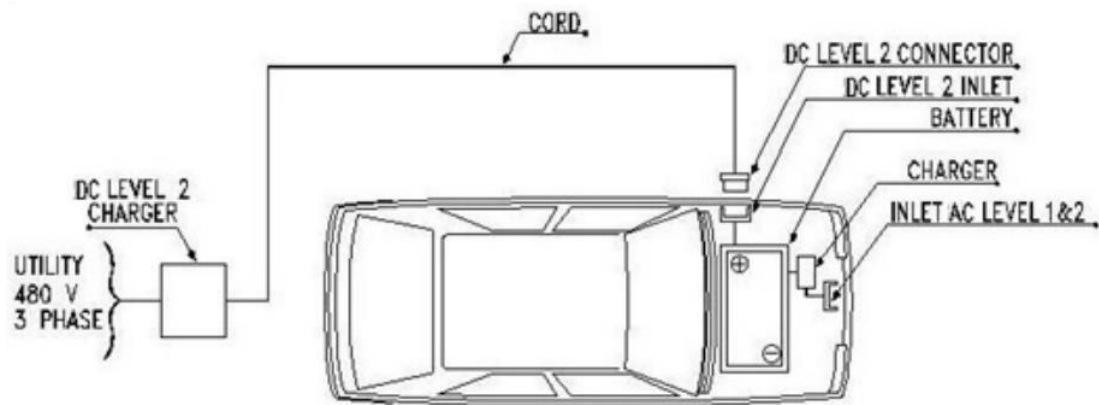
Εικόνα 12. Δημόσιος σταθμός φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).

2.1.2 Φόρτιση συνεχούς ρεύματος

Η φόρτιση επιπέδου 2 DC, ή η γρήγορη φόρτιση DC, χρησιμοποιείται σε εμπορικές και δημόσιες εφαρμογές και προορίζεται να λειτουργεί με τρόπο παρόμοιο με ένα επαγγελματικό πρατήριο βενζίνης, καθώς η πρόσθετη εμβέλεια αποκαθίσταται γρήγορα στο όχημα. Συνήθως, η γρήγορη φόρτιση DC θα μπορούσε να προσφέρει επαναφόρτιση 80% σε 30 λεπτά για PEV εμβέλειας 85 έως 100 μιλίων (περίπου χωρητικότητα 24 kWh) που είναι παρόμοια με το LEAF (Nissan 2011). Η γρήγορη φόρτιση DC χρησιμοποιεί συνήθως έναν φορτιστή εκτός πλοίου για την παροχή της μετατροπής AC σε DC.

Το ενσωματωμένο BMS του οχήματος ελέγχει τον φορτιστή εκτός οχήματος για να μεταφέρει συνεχές ρεύμα απευθείας στην μπαταρία. Ο φορτιστής εκτός πλακέτας εξυπηρετείται από ένα τριφασικό κύκλωμα στα 208, 240, 380, 480 ή 575 VAC. Οι περισσότεροι προμηθευτές εξοπλισμού συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 (DC Level 2) παρέχουν φόρτιση DC Level 2 με μέγιστη ισχύ 40 έως 60 kW, αν και η μέγιστη ισχύς εξόδου για τη φόρτιση DC Level 2 είναι 90 kW. Αυτή η μονάδα έχει εύρος τάσης

εξόδου από 200 έως 450 VDC και μέγιστο ρεύμα 200 A (Εικόνα 12).



Εικόνα 13. Σχηματική αναπαράσταση φόρτισης συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2. Η είσοδος DC Level 2 μπορεί επίσης να βρίσκεται σε οποιαδήποτε από τις άλλες τρεις πλευρές του οχήματος και αυτή είναι μια απόφαση σχεδιασμού (Πηγή: Briones et al., 2012).

Είναι πιθανό ένας κατασκευαστής οχήματος να επιλέξει να μην ενσωματώσει ενσωματωμένο φορτιστή για φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος, αλλά να χρησιμοποιήσει έναν φορτιστή συνεχούς ρεύματος εκτός οχήματος για όλα τα επίπεδα ισχύος. Σε αυτήν την περίπτωση, το PEV θα έχει μόνο θύρα φόρτισης DC.

Καθώς οι μπαταρίες συνεχίζουν να αυξάνονται σε χωρητικότητα, αναμένεται ότι η ισχύς του φορτιστή DC θα αυξηθεί, έτσι, ώστε να επιτυγχάνονται σύντομοι χρόνοι επαναφόρτισης για αυτά τα οχήματα εκτεταμένης εμβέλειας ή μεγαλύτερης πληρότητας. Τα ηλεκτρικά λεωφορεία για χρήσεις σχολικής περιοχής και πόλης σχεδιάζονται, επίσης, για φόρτιση συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 και 3 (Εικόνες 13-15). Καθώς παράγονται μεγαλύτερα ηλεκτρικά οχήματα παράδοσης, είναι πιθανό η φόρτιση συνεχούς ρεύματος να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στις δραστηριότητες φόρτισής τους (Ponticel 2012).



Εικόνα 14. Ρευματολήπτης (βύσμα) συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 τύπου CHAdeMO (Πηγή: Briones et al., 2012).



Εικόνα 15. Φορτιστής συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 (Πηγή: Briones et al., 2012).



Εικόνα 16. Σύνθετος σύνδεσμος J1772 (Πηγή: Briones et al., 2012)

Υποστηρίζεται ότι η διαθεσιμότητα της υποδομής EVSE δημόσιας πρόσβασης φόρτισης επιπέδου 2 (τόσο AC όσο και DC) θα μειώσει σημαντικά τις δυσκολίες υιοθέτησης PEV. Η Παγκόσμια Ένωση Μηχανικών (Society of Automotive Engineers - SAE) αναπτύσσει το στάνταρ για φόρτιση επιπέδου 3 για AC και DC. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, η φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 3 περιλαμβάνει τριφασική ισχύ, ενώ η φόρτιση συνεχούς ρεύματος επιπέδου 3 έχει εύρος τάσης από 200 έως 600 VDC και μέγιστο ρεύμα 400 A, με μέγιστη ισχύ 240 kW. Ομοίως, τα πρότυπα φόρτισης συνεχούς ρεύματος επιπέδου 1 εξακολουθούν να αναπτύσσονται, προσφέροντας σημαντική ικανότητα μεταφοράς ενέργειας (τα τρέχοντα προτεινόμενα επίπεδα είναι έως 19 kW) μέσω σχετικά μικρών ζεύξεων και παραδίδονται μέσω του ίδιου βύσματος που χρησιμοποιείται για το πρότυπο AC J1772.

Η αξιοποίηση του EVSE για τη χρήση φόρτισης συνεχούς ρεύματος επιπέδου 2 συναντιέται κατά κύριο λόγο σε μητροπολιτικές περιοχές, λειτουργώντας ως «Δίχτυ ασφαλείας» για την αντιμετώπιση προβλημάτων στην έγκαιρη εύρεση χώρων φόρτισης με εναλλασσόμενο ρεύμα (άγχος της εμβέλειας). Μια μελέτη (Botsford 2009) διαπίστωσε ότι η διαθεσιμότητα του DC Level 2 επέτρεψε στους οδηγούς

ηλεκτρικών αυτοκινήτων (BEV) να αποκτήσουν εμπιστοσύνη στην εμβέλεια και να χρησιμοποιήσουν μεγαλύτερη χωρητικότητα της μπαταρίας, απλώς γνωρίζοντας ότι υφίστανται αυτοί οι σταθμοί. Λόγω του υψηλότερου κόστους για αυτό το EVSE, η ποσότητα του συνεχούς ρεύματος επιπέδου αναμένεται να είναι πολύ χαμηλότερη από την εμπορικά φιλοξενούμενη AC Level 2 EVSE σε μια μητροπολιτική περιοχή. Επιπρόσθετα, το DC Level 2 θα βρίσκεται επίσης σε συχνόχρηστες διαδρομές, προκειμένου να επιτρέπει στα PEV (plug-in electric vehicle) να ταξιδεύουν μεταξύ των μητροπολιτικών περιοχών. Ενδέχεται να προκύψουν ενδιαφέρουσες κοινόχρηστες εφαρμογές για τη φόρτιση DC Level 2 σε κατοικίες για πολλές οικογένειες, όπου μεμονωμένοι ειδικοί φορτιστές AC Level 2 ή ακόμα και εκχωρημένοι χώροι στάθμευσης δεν είναι πρακτικοί (Leterde, 2009).

Η πρόκληση για το V2G που χρησιμοποιεί DC Level 2 EVSE για επιβατικά οχήματα ή εταιρικά οχήματα θα είναι ότι, παρόλο που υπάρχει η δυνατότητα για σημαντική μεταφορά ισχύος, τα οχήματα θα συνδέονται με το σημείο φόρτισης για σύντομο χρονικό διάστημα και, γενικά, θα χρησιμοποιούνται μόνο επειδή ο οδηγός PEV χρειάζεται να επαναφέρει σε σύντομο χρονικό διάστημα σημαντικό μέρος της ισχύος στην μπαταρία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου του. Ο οδηγός πιθανότατα θα είναι απρόθυμος να επιτρέψει αμφίδρομη ροή ρεύματος ή οποιαδήποτε σημαντική μείωση του επιπέδου φόρτισης της μπαταρίας σε σχέση με την χωρητικότητά της (state of battery – SOC). Από την άλλη πλευρά, τα λεωφορεία εκτός υπηρεσίας (ή άλλα οχήματα του στόλου) που σταθμεύουν κατά τη διάρκεια της νύχτας μπορεί να είναι ένας εξαιρετικός πόρος για τη ανάπτυξη του συστήματος V2G.

2.2 Το περιβάλλον του σταθμού φόρτισης

Η δυνατότητα φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος αποτελεί, προς το παρόν, αιτία άγχους για τους ιδιοκτήτες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων (BEV). Αυτό το «άγχος εμβέλειας» για τον οδηγό ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου συμβάλλει στην απόφασή του για αγορά ενός αυτοκινήτου BEV, αφού η έλλειψη ικανοποιητικής υποδομής φόρτισης. Επιπρόσθετα, η απόφαση εγκατάστασης οικιακού σταθμού φόρτισης επηρεάζεται καταλυτικά από τον βαθμό ανάπτυξης των υποδομών αυτών. Γενικά, τα η ανάπτυξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων εξαρτάται άμεσα από την αντίστοιχη ανάπτυξη των υποστηρικτικών υποδομών φόρτισή τους, σε αντίθεση με τα υβριδικά αυτοκίνητα, τα οποία διασφαλίζουν την κίνησή τους μέσω των δύο πηγών κίνησης

που διαθέτουν. Βέβαια, είναι πιθανό οι περισσότεροι οδηγοί των αυτοκινήτων που διαθέτουν και δεύτερη πηγή ενέργειας κίνησης εκτός της μπαταρίας, (PHEV - EREV) να επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν την μπαταρία τους όσο το δυνατόν περισσότερο, προκειμένου να μειώσουν την κατανάλωση υγρού καυσίμου τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους.

Η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος υποδομής φόρτισης θα προσφέρει στους οδηγούς των ηλεκτρικών αυτοκινήτων περισσότερες επιλογές επαναφόρτισης προορισμού, γεγονός που θα ενθαρρύνει την αύξηση των οδηγών ηλεκτρικών αυτοκινήτων, απομακρύνοντας το άγχος τους σχετικά με τους περιορισμούς της εμβέλειας (Mullen, 2009).

Υπάρχουν τέσσερις τοποθεσίες όπου οι ιδιοκτήτες οχημάτων πιθανότατα θα μπορούν να φορτίζουν τα οχήματά τους:

- Στην κατοικία τους ή στην κύρια θέση στάθμευσης διανυκτέρευσης
- Στον τόπο εργασίας τους
- Σε τοποθεσίες φόρτισης οχημάτων στόλου και
- Σε εμπορικούς σταθμούς.

2.2.1 Φόρτιση κατοικίας

Οι περισσότερες οικιακές χρεώσεις αναμένεται να πραγματοποιηθούν μέσω της φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) επιπέδου 2, λόγω ακριβώς της διαθεσιμότητας AC επιπέδου 2 από το δίκτυο στην κατοικία, καθώς και των πολύ μικρότερων χρόνων φόρτισης σε σύγκριση με τη φόρτιση εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 1.

Οι προμηθευτές εξοπλισμού ηλεκτρικών οχημάτων (EVSE) φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2, παρέχουν μια ποικιλία χαρακτηριστικών, από πολύ βασικά έως προηγμένα. Ως εκ τούτου, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που παρέχονται, κάποια μορφή αυτού του εξοπλισμού θα είναι εντός των οικονομικών δυνατοτήτων των περισσότερων αγοραστών PEV. Ορισμένες από αυτές τις προαιρετικές λειτουργίες περιλαμβάνουν μονάδες επικοινωνίας, μετρητές βαθμού εσόδων και λειτουργικότητα οθόνης αφής. Μελλοντικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που συνειδητοποιούν το όφελος των προηγμένων ελεγχόμενων EVSE για

την ενεργοποίηση/επέκταση των προγραμμάτων τους ανταπόκρισης ζήτησης (πρόκειται για προγράμματα που αναφέρονται στην εξισορρόπηση της ζήτησης στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, ενθαρρύνοντας τους πελάτες να μετατοπίσουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους όπου η ηλεκτρική ενέργεια είναι πιο άφθονη ή άλλη ζήτηση είναι χαμηλότερη, συνήθως μέσω τιμών ή νομισματικών κινήτρων. μπορεί να προσφέρει επιδοτήσεις για εκείνους τους ιδιοκτήτες σπιτιού που θα εξετάσουν το ενδεχόμενο να συμμετάσχουν σε αυτά τα προγράμματα (Sovacool et al., 2020).

Ενώ η φόρτιση AC Επιπέδου 1 απαιτεί πολύ μεγαλύτερους χρόνους επαναφόρτισης λόγω της χαμηλότερης παροχής ισχύος, υφίσταται ο ισχυρισμός ότι μπορεί να διαπιστωθεί ότι η απαίτηση και η χρήση της αυτονομίας του οχήματος είναι αρκετά χαμηλή, ώστε ο διαθέσιμος χρόνος επαναφόρτισης (όπως κατά τη διάρκεια της νύχτας) να είναι επαρκής για την αποκατάσταση της χωρητικότητας της μπαταρίας. Οι περισσότεροι προμηθευτές PEV παρέχουν ένα σετ καλωδίου AC επιπέδου 1, προκειμένου να υποστηριχθεί η ηλεκτρική φόρτιση του οχήματος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα σετ καλωδίων AC Επιπέδου 1 είναι απλές συσκευές, οι οποίες αξιοποιούνται μόνο για παροχή ενέργειας, χωρίς να προσδιορίζεται από ειδικά χαρακτηριστικά για την επικοινωνία με το όχημα ή το δίκτυο κοινής ωφέλειας. Όπως συμβαίνει με όλους τους εξοπλισμούς ηλεκτρικών οχημάτων, τα σετ καλωδίων AC Επιπέδου 1 απαιτείται να πληρούν τις απαιτήσεις ασφαλείας του Εθνικού Ηλεκτρικού Κώδικα, ενώ θα πρέπει να συμμορφώνονται με το πρότυπο SAE J1772 για συμβατότητα με οχήματα (Tan et al., 2016).

Η φόρτιση DC Επιπέδου 1 (όταν είναι διαθέσιμο) προσθέτει μεγάλο μέγεθος φορτίου για όλα, αλλά τα μεγαλύτερα πάνελ υπηρεσιών οικιακής χρήσης (δηλαδή, 600 A), όπως και η φόρτιση DC Επιπέδου 2 είναι εντελώς ανέφικτο για μονοκατοικίες, εκτός εάν ο ιδιοκτήτης του σπιτιού θέλει να δαπανήσει ένα σημαντικό ποσό για την αναβάθμιση του μικροδικτύου κοινής ωφέλειας.

Ένα σημαντικό τμήμα του κοινού ζει σε πολυκατοικίες, όπου ενδέχεται να μην υπάρχουν ειδικοί χώροι στάθμευσης. Γι' αυτό το τμήμα, η φόρτιση ενός οχήματος PEV ενδέχεται να απαιτεί τη χρήση δημοσίως διαθέσιμων εξοπλισμών φόρτισης ή άλλων λύσεων, όπως σταθμούς φόρτισης που παρέχονται από τον εργοδότη.

Γενικά, πιστεύεται ότι ο ιδιοκτήτης ενός οχήματος PEV θα πραγματοποιήσει το μεγαλύτερο μέρος της φόρτισης στην κατοικία του, εάν υπάρχει εγκατεστημένη υποδομή. Κατά τη φόρτισή του, το όχημα PEV είναι σταθμευμένο για σημαντικό χρονικό διάστημα και οι χρεώσεις κοινής ωφέλειας μπορεί να είναι χαμηλότερες κατά τις βραδινές ώρες εκτός αιχμής και τις πρώτες πρωινές ώρες, καθώς και κατά τις περιόδους του Σαββατοκύριακου. Στην πραγματικότητα, πολλές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας σχεδιάζουν ή εφαρμόζουν ειδικές χρεώσεις μόνο για ηλεκτρικά οχήματα, προκειμένου να ενθαρρύνουν τη φόρτιση PEV σε αυτές τις ώρες εκτός αιχμής. Πολλές εταιρείες ηλεκτρισμού εφαρμόζουν προηγμένη υποδομή μέτρησης (Advanced Metering Infrastructure - AMI). Πρόκειται για σύστημα εξαρτημάτων και δικτύων επικοινωνίας που επιτρέπουν τη μέτρηση και ανάλυση της χρήσης ενέργειας και των επιπέδων ζήτησης ενέργειας. Η AMI παρέχει, επίσης, ένα μέσο ενημέρωσης των καταναλωτών, σχετικά με τη χρήση και τα πρότυπα ενέργειας, καθώς και τη λήψη μέτρων για τη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου ως απόκριση στα σήματα κοινής ωφέλειας. Η ενημέρωση των καταναλωτών για τη χρήση της ενέργειας, παρέχει την ευκαιρία να αλλάξουν συμπεριφορά ή να συνδράμουν την εταιρεία κοινής ωφέλειας στην προσπάθειά της να μειώσει τη ζήτηση κατά τις περιόδους αιχμής. Ορισμένες μορφές AMI περιλαμβάνουν ένα δίκτυο οικιακής περιοχής, που μπορεί να περιλαμβάνει οικιακά στοιχεία που μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως. Τα οικιακά ηλεκτρικά φορτία που ενδιαφέρουν μπορεί να περιλαμβάνουν τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, τα συστήματα κλιματισμού, τον προγραμματιζόμενο ελεγχόμενο θερμοστάτη και τον εξοπλισμό φόρτισης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου (EVSE). Όταν το EVSE είναι συνδεδεμένο και επικοινωνεί με το οικιακό δίκτυο και το βοηθητικό πρόγραμμα μέσω AMI, οι ενέργειες απόκρισης ζήτησης (Demand Response – DR) από το βοηθητικό πρόγραμμα είναι δυνατές, περιορίζοντας την κατανάλωση ισχύος αυτών των συνδεδεμένων φορτίων. Το δίκτυο AMI αποτελεί μια ασφαλή διαδρομή που ελέγχεται από το βοηθητικό πρόγραμμα για αμφίδρομες επικοινωνίες (Han & Acqual, 2021).

Οι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων PEV μπορούν επίσης να διαθέτουν οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτά τα ηλιακά πάνελ είναι, συνήθως, τοποθετημένα στην οροφή, μετατρέποντας ενέργεια από συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο ρεύμα μέσω ενός μετατροπέα συνδεδεμένου με το δίκτυο και παρέχοντας ζήτηση ισχύος για τις

ανάγκες του κτιρίου με οποιαδήποτε πλεονάζουσα ισχύ ρέει μέσω ενός αναστρέψιμου μετρητή δικτύου, πίσω στο σύστημα διανομής.

Οι εφαρμογές V2H (Vehicle to Home) μελετώνται επί του παρόντος για χρήση κατά τη διάρκεια διακοπής ρεύματος σε κατοικίες ή όταν οι τιμές της αγοράς είναι επαρκώς αυξημένες σε περιόδους αιχμής. Η μπαταρία PEV (plug-in electric vehicle) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συσκευή αποθήκευσης και θα διατίθεται στο σπίτι για εφεδρική τροφοδοσία. Το V2H μπορεί να θεωρηθεί ως ένα προκαταρκτικό βήμα για το V2G, επειδή μόνο το σπίτι λαμβάνει την ισχύ και ο εξοπλισμός φόρτισης παραμένει απομονωμένος από το ηλεκτρικό δίκτυο, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του IEEE 1547 για διασύνδεση κατανεμημένης παραγωγής (Distributed Generation – DG).

Οι ηλεκτρικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που παρέχουν ειδικές χαμηλού κόστους χρεώσεις φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ενδέχεται, επίσης, να απαιτούν ξεχωριστό μετρητή για την παρακολούθηση της συγκεκριμένης ηλεκτρικής χρήσης. Ορισμένοι προμηθευτές εξοπλισμού φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, όπως η ECOtality και η Coulomb Technologies, παρέχουν έναν εσωτερικό μετρητή ενέργειας, ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να παρέχει την ίδια λειτουργία. Αυτός ο μετρητής θα μπορούσε να επιτρέψει στο βοηθητικό πρόγραμμα να διαχωρίσει τη χρήση ηλεκτρικού οχήματος από την υπόλοιπη κατοικία για λόγους φόρτισης.

Η φόρτιση DC Επιπέδου 1 (όταν είναι διαθέσιμο) προσθέτει σημαντική ποσότητα φορτίου για όλα, εκτός από τα μεγαλύτερα πάνελ υπηρεσιών οικιακής χρήσης (δηλαδή, 600 A), ενώ η φόρτιση DC Επιπέδου 2 είναι εντελώς ανέφικτη για μονοκατοικίες, εκτός εάν ο ιδιοκτήτης του σπιτιού είναι διατεθειμένος να επενδύσει ένα σημαντικό ποσό στην αναβάθμιση του μικροδικτύου κοινής ωφέλειας.

Ενώ η προσωπική κατοικία μπορεί να είναι η πιο κοινή τοποθεσία για λειτουργίες V2G, τα ηλεκτρικά συστήματα των προσωπικών κατοικιών δεν είναι τυποποιημένα. Κάθε σπίτι θα απαιτούσε ηλεκτρολογικό έλεγχο και αξιολόγηση για την εφαρμογή V2G.

2.2.2 Φόρτιση στο χώρο εργασίας

Υπάρχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με τη σημασία της φόρτισης στο χώρο εργασίας στις εγκαταστάσεις ενός εργοδότη ως μέρος μιας συνολικής στρατηγικής φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος και επαναφόρτισης εκτός της κατοικίας. Υπάρχουν προτάσεις που υποστηρίζουν ότι η φόρτιση των εργοδοτικών εγκαταστάσεων θα είναι σχεδόν εξίσου σημαντική με την οικιακή φόρτιση. Άλλες προτάσεις υποστηρίζουν ότι η φόρτιση στο χώρο εργασίας θα έχει σημαντικά μικρότερο αντίκτυπο από τη δημόσια διαθέσιμη φόρτιση. Οι διαφορές σχετίζονται με το εάν θα υπάρχει ή όχι μια βιώσιμη επιχειρηματική περίπτωση για τη δυνατότητα δημόσιας διαθέσιμης φόρτισης σε τυπικούς εμπορικούς προορισμούς και εάν ο εργοδότης μπορεί να ξεπεράσει πολλά από τα εμπόδια που σχετίζονται με τη φόρτιση στο χώρο εργασίας (Beck et al., 2009).

Τα κίνητρα για τους εργοδότες ή τους εμπορικούς επενδυτές να παρέχουν φόρτιση περιλαμβάνουν ενίσχυση της προσπάθειας μιας εταιρείας να λάβει την πιστοποίηση Ηγέτη στην Ενέργεια και στον Περιβαλλοντικό Σχεδιασμό, παρέχοντας σημαντικές ανέσεις για τους εργαζόμενους/πελάτες, οι οποίες ενισχύουν την αφοσίωσή τους, ενίσχυση των κινήτρων στην προσπάθεια επίτευξης των στόχων μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς και τη δυνατότητα για έσοδα από διαφημίσεις.

Οι δυσκολίες για τους εργοδότες περιλαμβάνουν την αποφυγή προνομιακής μεταχείρισης ορισμένων εργαζομένων, τις φορολογικές επιπτώσεις των παρεχόμενων παροχών, το κόστος του εξοπλισμού φόρτισης ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, καθώς και των υποδομών, αλλά και τη διαχείριση των διαθέσιμων σταθμών φόρτισης.

Το κόστος που σχετίζεται με τα συστήματα V2G και ειδικά τα V2B θα μπορούσε, επίσης, να είναι αρκετά σημαντικό. Οι δυσκολίες για τους εμπορικούς επενδυτές περιλαμβάνουν την επιβάρυνση σημαντικού πρόσθετου φορτίου και αντίστοιχων χρεώσεων ζήτησης από τον πάροχο ενέργειας στις εγκαταστάσεις τους και απώλεια γενικών χώρων στάθμευσης μόνο για ηλεκτρικά οχήματα, καθώς και χώρων στάθμευσης ΑμεΑ.

Πολλοί από αυτούς τους σταθμούς θα μπορούσαν να συνδυαστούν με ηλιακούς θόλους ή παρακείμενες συστοιχίες φωτοβολταϊκών, καθώς και συστήματα αποθήκευσης μπαταριών μεγάλου μεγέθους, συνδεδεμένα με το δίκτυο, για να

επιτρέπουν τη βέλτιστη διαχείριση φορτίου μεταξύ της εγκατάστασης και πολλαπλών δικτυωμένων οχημάτων. Τα οχήματα που φτάνουν για εργασία θα συνδέονται συνήθως νωρίς και θα φορτίζονται πλήρως πριν φτάσουν οι ώρες αιχμής της ζήτησης στην περιοχή. Οι ώρες αιχμής για την ηλιακή παραγωγή και για τη διαθεσιμότητα PEV συμπίπτουν, γενικά, με τη λειτουργία της επιχείρησης (δηλαδή με το απαιτούμενο φορτίο της εγκατάστασης). Επομένως, αυτά τα οχήματα θα μπορούσαν να προσφέρουν μια σημαντικά φθηνότερη λύση για την ικανοποίηση των αναγκών αιχμής της ζήτησης. Αυτή η μορφή συγκέντρωσης αποθήκευσης μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας για ένα κτίριο γραφείων στην προσπάθεια μείωσης του κόστους για τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου ή για την παροχή κρίσιμης εφεδρικής ισχύος για επιχειρηματικές λειτουργίες υψηλής διαθεσιμότητας, όπως κέντρα δεδομένων (Han & Acquah, 2021).

Από την άλλη πλευρά, το κλείσιμο των εργασιών κάθε μέρα εμπίπτει επίσης στις ώρες αιχμής της ζήτησης. Έτσι, οι μπαταρίες που μπορεί να έχουν εξαντληθεί κατά τη διάρκεια της αιχμής, μπορεί να μην είναι σε θέση να επαναφορτίσουν ή να κλιματίσουν την καμπίνα του οχήματος κατά το ταξίδι προς το σπίτι.

Οποιοδήποτε σύστημα θα απαιτούσε από έναν ιδιοκτήτη PEV να καθορίσει ένα ελάχιστο επίπεδο φόρτισης (State of Charge – SOC) της μπαταρίας που απαιτείται για ταξίδια μετά την εργασία, ώστε να επιτρέψει στο όχημα να διατηρήσει αρκετό φορτίο. Τόσο ο ιδιοκτήτης του κτιρίου όσο και ο ιδιοκτήτης του PEV πρέπει να επιζητούν ένα οικονομικό όφελος, προκειμένου να λειτουργήσει οποιοδήποτε μοντέλο. Σε ένα σενάριο αξιοποίησης της τεχνολογίας V2B, ο ιδιοκτήτης του κτιρίου θα επωφεληθεί από το μειωμένο ενεργειακό κόστος, ενώ ο ιδιοκτήτης PEV αποκομίζει οικονομικό όφελος από την εγκατάσταση για τη χρήση της μπαταρίας. Στο σύστημα V2G, ο ιδιοκτήτης της εγκατάστασης θα μπορεί να αποζημιώνεται από το βοηθητικό πρόγραμμα για την παροχή του αγωγού και ο ιδιοκτήτης του οχήματος θα μπορεί να λαμβάνει και πάλι πληρωμή για τη χρήση της μπαταρίας.

Είναι δύσκολο να προβλεφθεί μακροπρόθεσμα ο ρόλος της φόρτισης στο χώρο εργασίας, αλλά σίγουρα θα επιτρέψει σε περισσότερους μετακινούμενους να διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις με ηλεκτρική ενέργεια εάν είναι διαθέσιμη αυτή η επιλογή επαναφόρτισης. Καθώς η φόρτιση στο χώρο εργασίας είναι πιθανό να λειτουργήσει σχεδιαστικά, οι ισχύοντες κώδικες και τα πρότυπα θα πρέπει να

προσαρμοστούν περαιτέρω, ώστε να περιοριστούν τα εμπόδια σε αυτήν την επιθυμητή εφαρμογή επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Η απαίτηση αξιολόγησης των παροχών που προσφέρονται στους εργαζομένους, έναντι της επιθυμίας να αποφευχθεί η παροχή δωρεάν φόρτισης θα απαιτήσει, πιθανώς, η φόρτιση να πραγματοποιείται αναλογικά με το ποσό αμοιβής στην εργασία, γεγονός που, όπως εκτιμάται, θα περιορίσει την πρόσβαση σε όσους χρειάζονται πραγματικά τη φόρτιση. Η προσφορά και η ζήτηση θα περιορίσουν τον αριθμό των σταθμών εξοπλισμού φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τους οποίους θα εγκαταστήσει ο εργοδότης.

Εάν τα συστήματα V2G αναπτυχθούν και ο αριθμός των εργαζομένων που είναι ιδιοκτήτες αυτοκινήτων PEV αυξηθεί σε επίπεδο που μπορεί να επιτευχθεί σημαντικό συνδεδεμένο φορτίο, είναι πολύ πιθανό οι εργοδότες να επιλέξουν την παροχή φόρτισης στο χώρο εργασίας, προκειμένου να διεκδικήσουν το πιθανό όφελος που παρέχει στον εργοδότη η διαχείριση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η επίτευξη ροών πληρωμών στην αγορά χονδρικής για την προσφορά σε υπηρεσίες του ηλεκτρικού δικτύου (Sovacool et al., 2020).

2.2.3 Φόρτιση στόλου

Η φόρτιση στόλου είναι παρόμοια με το κόστος για τη στάθμευση στις εγκαταστάσεις του εργοδότη, καθώς αυτή πραγματοποιείται στο περιβάλλον εργασίας. Ωστόσο, οι σταθμοί φόρτισης που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι για τα PEV που ανήκουν στην εταιρεία και θεωρούνται υποστηρικτικά συστήματα που επιτρέπουν τις επιχειρηματικές τους διαδικασίες. Δεν είναι πιθανό ότι ένας ιδιοκτήτης στόλου θα άφηνε σημαντική ποσότητα οχημάτων στόλου συνδεδεμένα κατά τη διάρκεια της εργάσιμης ημέρας, η οποία συνήθως συμπίπτει με τους ημερήσιους χρόνους αιχμής ζήτησης. Από την άλλη πλευρά, είναι πολύ πιθανό αυτά τα σταθμευμένα οχήματα να είναι διαθέσιμα για υπηρεσίες V2G τις μη εργάσιμες ώρες. Είναι, επίσης, πιθανό ότι ένας διαχειριστής στόλου θα μπορεί να επαναφορτίσει περισσότερα από ένα οχήματα σε έναν φορτιστή. Επομένως, η αναμενόμενη διαθεσιμότητα του συνδεδεμένου φορτίου είναι μικρότερη για τα οχήματα του στόλου κατά τις ώρες αιχμής, αλλά είναι πλήρως διαθέσιμη σε ώρες εκτός αιχμής. Φυσικά, αυτό ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό, με βάση την υποκείμενη φύση και την

ευελιξία των βασικών επιχειρηματικών λειτουργιών. Ίσως μπορεί να δημιουργηθεί μια επιχειρηματική περίπτωση όπου τα προηγούμενα οφέλη του V2G είναι αρκετά υψηλά ώστε να εξετάζεται η μεταφορά της επιχειρηματικής λειτουργίας σε χρόνους ζήτησης εκτός αιχμής, εάν είναι δυνατόν. Οι στόλοι ηλεκτρικών σχολικών λεωφορείων ενδέχεται να παρέχουν σημαντική διαθεσιμότητα αποθηκευμένης ενέργειας που μπορεί να τροφοδοτηθεί γρήγορα στο δίκτυο σε περιόδους εκτός υπηρεσίας. Για τα λεωφορεία αυτά, με δεδομένο ότι διαθέτουν μεγάλες μπαταρίες, ότι συνήθως λειτουργούν σε γνωστές διαδρομές κατά τη διάρκεια της εβδομάδας και ότι σταθμεύουν για, επίσης, γνωστές χρονικές περιόδους τη νύχτα και τα Σαββατοκύριακα, το δυναμικό που μπορούν να προσφέρουν στο ηλεκτρικό δίκτυο λειτουργώντας ως V2G είναι μεγάλο (Ustrun et al., 2013).

2.2.4 Εμπορική φόρτιση

Προς το παρόν γίνεται προσπάθεια παρακίνησης του εμπορικού τομέα για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης, αν και η προσπάθεια βρίσκεται μόλις στα αρχικά στάδια. Το είδος των επιχειρήσεων που θα εγκαταστήσουν σταθμούς φόρτισης θα ποικίλλει αρκετά και η ποικιλία των εγκατεστημένων εξοπλισμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (EVSE) θα διαφοροποιείται. Ιδανικά, οι σταθμοί εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 2 θα εγκατασταθούν σε τοποθεσίες όπου οι χρήστες PEV θα παραμείνουν αρκετό καιρό, ώστε να επιτρέπουν στα οχήματά τους να ολοκληρώσουν ένα σημαντικό μέρος της φόρτισης. Αυτοί οι χώροι μπορεί να περιλαμβάνουν εστιατόρια, θέατρα, εμπορικά κέντρα, γιατρό/δικηγόρο/οδοντιατρεία κ.λπ. Ωστόσο, υπάρχουν τοποθεσίες όπως εγκαταστάσεις στάθμευσης αεροδρομίου που μπορεί να είναι πιο κατάλληλες για την εγκατάσταση εξοπλισμού φόρτισης εναλλασσόμενου ρεύματος επιπέδου 1 για διάφορους λόγους. Το ένα είναι το σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα που σταθμεύουν τα οχήματα ενώ οι ταξιδιώτες είναι σε ταξίδια και ένα άλλο είναι ο μεγάλος αριθμός μεμονωμένων θέσεων στάθμευσης που μπορεί να απαιτούν σημαντικό αριθμό EVSE. Το σχετικά χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης AC Επιπέδου 1 μπορεί να κάνει τέτοιες μακροπρόθεσμες εγκαταστάσεις στάθμευσης ενδιαφέροντες υποψηφίους για EVSE AC Επιπέδου 1. Ωστόσο, οι χώροι βραχυπρόθεσμης στάθμευσης στα αεροδρόμια μπορεί να απαιτούν EVSE AC Επίπεδο 2, ενώ, επίσης, μπορεί και να υπάρχει ανάγκη για γρήγορη φόρτιση συνεχούς ρεύματος (DC) για εκείνους τους οδηγούς PEV που αποβιβάζουν επιβάτες και στη συνέχεια συνεχίζουν αμέσως προς άλλους προορισμούς. Ένα

αεροδρόμιο είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα ότι συνήθως δεν υφίσταται μία μόνο λύση φόρτισης για όλους ή ακόμη και μία τοποθεσία (Han & Acquah, 2021).

Η φόρτιση DC Level 2 πιθανότατα θα χρησιμοποιείται σε τοποθεσίες όπως εστιατόρια γρήγορου φαγητού, καφετέριες, ψιλικατζίδικα και πρατήρια βενζίνης, όπου οι πελάτες θα λάβουν σημαντική φόρτιση μέσα σε λίγα λεπτά. Αυτή η τοποθέτηση συμπίπτει με το ενδιαφέρον των ιδιοκτητών της επιχείρησης για υψηλό κύκλο εργασιών πελατών. Οι γρήγοροι φορτιστές DC θα χρησιμοποιούνται επίσης κατά μήκος των διαδρόμων αυτοκινητοδρόμων μεταξύ μητροπολιτικών περιοχών και σε τυπικές περιοχές όπως σημειώθηκε παραπάνω. Αυτές οι θέσεις επιτρέπουν σε ένα PEV να ταξιδεύει μεταξύ μητροπολιτικών περιοχών που μπορεί να είναι πιο μακριά από την τυπική ηλεκτρική αυτονομία μιας φόρτισης του οχήματος.

Ο Πίνακας 2 παρέχει πληροφορίες για πολλά διαφορετικά ηλεκτρικά οχήματα εντός δρόμου, ταχύτητας σε αυτοκινητόδρομο, τα μεγέθη των μπαταριών τους και τους χρόνους φόρτισης σε διαφορετικά επίπεδα ισχύος για την αναπλήρωση μιας εξαντλημένης μπαταρίας. Πολλές υποθέσεις και προσεγγίσεις γίνονται σε αυτόν τον πίνακα προκειμένου να δοθεί η απεικόνιση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα τρέχοντα PEV μαζικής παραγωγής στην αγορά (το Chevrolet Volt και το Nissan LEAF) διαθέτουν φορτιστές 3,3 kW, πράγμα που σημαίνει ότι η πραγματική ισχύς που παρέχεται στην μπαταρία είναι πολύ μικρότερη από την τιμή για το Επίπεδο AC 2 που αναφέρεται στον Πίνακα. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το σύστημα διαχείρισης μπαταρίας (BMS) συχνά εμποδίζει το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) να φτάσει σε μια πλήρη φόρτιση (SOC) λόγω της θερμοκρασίας της μπαταρίας ή του περιβάλλοντος (δηλαδή, για να αποτρέψει τη ζημιά της μπαταρίας από υψηλές θερμοκρασίες). Επομένως, οι χρόνοι στη στήλη DC Level 2 δεν θα επιτευχθούν ποτέ στην πράξη με τις σημερινές τεχνολογίες μπαταριών (Han & Acquah, 2021).

Πίνακας 2. Χρόνοι φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος με πρίζα (Πηγή: Briones et al., 2012)

Electric Vehicle Configuration	Useable Battery Size (kWh)	AC Level 1 120 VAC, 16 A, 1.6 kW	AC Level 2 240 VAC, 32 A, 6.5 kW	DC Level 2 480 VAC, 85 A, 60 kW
PHEV-10	4	2 h 30 m	35 m	4 m
PHEV-20	7	4 h 22 m	1 h 5 m	7 m
PHEV-40	13	8 h 8 m	2 h	13 m
BEV	20	12 h 30 m	3 h 5 m	20 m
BEV	35	21 h 53 m	5 h 23 m	35 m
PHEV Bus	50	31 h 15 m	7 h 41 m	50 m

*NOTE: Power delivered to battery was calculated as follows:
AC Level 1 – 120 VAC x 16 A x .85 efficiency = 1.6 kW
AC Level 2 – 240 VAC x 32 A x .85 efficiency = 6.5 kW
DC Level 2 – 480 VAC x $\sqrt{3}$ x 85 A x .85 efficiency = 60 kW*

2.2.5 Χρόνοι και διάρκεια σύνδεσης

2.2.5.1 Φόρτιση κατοικίας

Αναμένεται ότι η πλειοψηφία των ιδιοκτητών PEV θα αποφασίσει να φορτίσει το όχημά τους όταν φτάσουν στο σπίτι από τη δουλειά είτε αμέσως κατά τις ώρες αιχμής φορτίου είτε κατά τη διάρκεια της νύχτας σε ώρες εκτός αιχμής (Smart et al. 2010). Ανάλογα με τη διεύθυνση των εμπορικών φορτιστών και των φορτιστών του τόπου εργασίας, η οικιακή φόρτιση πιθανότατα θα είναι η κυρίαρχη μέθοδος φόρτισης PEV. Σε αυτήν την περίπτωση, η συντριπτική πλειονότητα της φόρτισης θα πραγματοποιηθεί περίπου από τις 6 μ.μ. έως τις 6 π.μ. Είναι κατανοητό ότι πολλοί ιδιοκτήτες PEV θα αρχίσουν να φορτίζουν τα οχήματά τους αμέσως μόλις φτάσουν στο σπίτι μετά την τελευταία τους μετακίνηση στο τέλος της ημέρας. Για όσους έχουν ηλεκτρικούς ρυθμούς χρόνου χρήσης (TOU) ή τη δυνατότητα προγραμματισμού των χρόνων φόρτισης, η έναρξη της φόρτισης μπορεί να καθυστερήσει. Εάν αρκετοί ιδιοκτήτες PEV τερματίσουν την ημέρα οδήγησης και συνδέουν τα οχήματά τους ταυτόχρονα, υπάρχει κίνδυνος να υπερφορτωθεί το τοπικό δίκτυο διανομής. Εάν αυτό αποδειχθεί ότι ισχύει, θα είναι επιτακτική ανάγκη είτε μεμονωμένοι μετασχηματιστές να αναβαθμιστούν για να χειριστούν το υψηλότερο φορτίο (μια πρόταση που είναι ακριβή) είτε να κλιμακωθούν οι χρόνοι φόρτισης, έτσι ώστε να μπορεί να διατηρηθεί το τοπικό δίκτυο. (Turitsyn 2010).

Οι προκαταρκτικές δοκιμές που διεξήχθησαν από το Εθνικό Εργαστήριο του Αϊντάχο και το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια Ντέιβις διαπίστωσαν ότι λόγω διαφορών στις ατομικές συνήθειες, τα PEV θα συνδέονται σε διαφορετικές ώρες κατά τις βραδινές

ώρες. Αυτή η έλλειψη συντονισμού φόρτισης εμφανίζει την καμπύλη ζήτησης για το συνολικό φορτίο φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σταδιακά να αυξάνεται προς τα πάνω (Smart et al. 2010).

Από την άποψη του βοηθητικού προγράμματος, ο ιδανικός χρόνος για τη φόρτιση του οχήματος θα είναι, γενικά, μεταξύ των ωρών 11 μ.μ. και 7 π.μ. (Leahy 2010). Η επιλογή της φόρτισης αργά τη νύχτα θα αύξανε το νυχτερινό φορτίο, επιτρέποντας έτσι τη λειτουργία της παραγωγής βασικού φορτίου να είναι πιο κερδοφόρα. Οι εταιρείες κοινής ωφέλειας (όπως το San Diego Gas and Electric [SDG&E] και το Detroit Edison [DTE] επιτρέπουν στους πελάτες τους να επιλέξουν μια ειδική τιμή ΤΟΥ ηλεκτρικών οχημάτων για να ενθαρρύνουν τη φόρτιση σε ώρες εκτός αιχμής (SDG&E Company 2010).

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι δεν θα χρησιμοποιηθούν όλα τα ιδιόκτητα PEV για τις μετακινήσεις εργασίας. Πολλά PEV θα παραμείνουν στην κατοικία και θα χρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς ταξιδιού.

2.2.5.2 Φόρτιση στο χώρο εργασίας

Οι αποστάσεις που διανύονται από και προς την εργασία σε αρκετές περιπτώσεις δεν αφορούν υψηλό αριθμό χιλιομέτρων σε καθημερινή βάση. Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ, Επειδή η μέση απόσταση που διανύεται μέχρι την εργασία είναι 13 μίλια, η μπαταρία του οχήματος για ένα BEV εμβέλειας 100 μιλίων είναι πιθανό να εξακολουθεί να είναι σε υψηλό SOC κατά την άφιξη στην εργασία και θα μπορούσε να αποκατασταθεί σε πλήρη φόρτιση γρήγορα (Federal Highway Administration, 2017). Έτσι, η φόρτιση στο χώρο εργασίας είναι πιθανό να κορυφωθεί αμέσως με την έναρξη των εργασιών ή εάν χρησιμοποιηθεί κλιμακωτή έναρξη, εντός των πρώτων ωρών μετά την άφιξη. Αυτό θα επέτρεπε πολλές ώρες λειτουργίας V2G πριν από το ταξίδι της επιστροφής στο σπίτι. Τα συστήματα ελέγχου θα πρέπει να προσδιορίζουν τις ανάγκες του ιδιοκτήτη του οχήματος, επειδή ο εργοδότης μπορεί να μην επιθυμεί να έχει σημαντικά φορτία επαναφόρτισης αργά μέσα στην εργάσιμη ημέρα σε περιόδους υψηλής ζήτησης ισχύος. Οι ενημερωμένοι εργοδότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν ειδικά κίνητρα στο χώρο εργασίας (όπως ευέλικτο ωράριο ή κλιμακωτές ώρες έναρξης) για να αποφύγουν τη φόρτιση σε ώρες αιχμής και να επιτρέψουν μεγαλύτερης διάρκειας φόρτισης στα V2G (Yilmaz et al., 2012b).

2.2.5.3. Δημόσια διαθέσιμη φόρτιση

Σύμφωνα με σχετική έρευνα (Federal Highway Administration, 2017), ο μέσος όρος ημερήσιων καθημερινών μιλίων οχημάτων που διανύθηκαν με αυτοκίνητα το 2009 στις ΗΠΑ ήταν 31,14 μίλια. Εκτός από τις μετακινήσεις από το σπίτι στον χώρο εργασίας, ο πιο συνηθισμένος σκοπός για τη χρήση του οχήματος είναι για ψώνια ή να διάφορες άλλες εργασίες, ακολουθούμενος από την μετακίνηση στον χώρο εργασίας, καθώς και σε κοινωνικές δραστηριότητες. Όταν αυτές οι πληροφορίες συνδυάζονται με αυτές του μέσου αριθμού μετακινήσεων ανά ημέρα, αναδεικνύει ότι οι περισσότεροι οδηγοί κάνουν πολλές στάσεις την ημέρα. Μάλιστα, στη μελέτη του 2009, ο μέσος αριθμός ταξιδιών ανά ημέρα ανά όχημα ήταν λίγο πάνω από 3,4. Η οδήγηση από και προς το χώρο εργασίας περιλαμβάνει, επίσης, γενικά μια παράπλευρη μετακίνηση, καθώς και στάσεις στη διαδρομή. Κάποιες από τις μετακινήσεις μπορεί, επίσης, να περιλαμβάνουν στάση για το σχολείο. Αυτά τα δεδομένα υποδεικνύουν τη σημασία της παροχής της ευκολίας της δημόσιας διαθέσιμης φόρτισης στις τοποθεσίες προορισμού (Yilmaz et al., 2012a).

Οι χρόνοι σύνδεσης σε δημόσια διαθέσιμες τοποθεσίες φόρτισης εκτιμάται ότι θα διαφέρουν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η διαθεσιμότητα των υπηρεσιών V2G θα ποικίλλει κατά τη διάρκεια της ημέρας, ανάλογα με την τοποθεσία και τη χρήση του εξοπλισμού φόρτισης (EVSE).

2.3 Φυσική σύνδεση με το Δίκτυο

Ενώ η ιδέα της χρήσης της αποθηκευμένης ενέργειας στο σύστημα φόρτισης ενέργειας (ESS) του οχήματος φαίνεται ξεκάθαρη, ο πραγματικός εξοπλισμός και οι υπηρεσίες για να πραγματοποιηθεί αυτό μπορεί να είναι περίπλοκες.

2.3.1 Εξοπλισμός

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός θα περιλαμβάνει το EVSE, το οποίο περιγράφηκε αναλυτικά προηγουμένως, και άλλο απαραίτητο εξοπλισμό για την παροχή της αντίστροφης ροής ρεύματος. Το EVSE αποτελεί τη γέφυρα μεταξύ του PEV και της υπόλοιπης καλωδίωσης και ελέγχου του χώρου.

2.3.1.1 Νησιδοποίηση

Τα συστήματα που παρέχουν ισχύ για τη συμπλήρωση της ενέργειας κοινής ωφέλειας έχουν τη δυνατότητα να συνεχίσουν να παρέχουν ισχύ ακόμη και αν χαθεί η κύρια πηγή ενέργειας (δηλ. το δίκτυο κοινής ωφέλειας). Δηλαδή, εάν συμβεί διακοπή

ρεύματος και ένα φωτοβολταϊκό σύστημα παρέχει ρεύμα σε ένα σπίτι, το σπίτι μπορεί να εξακολουθεί να τροφοδοτείται με ρεύμα, ενώ η γύρω περιοχή όχι. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται νησιδοποίηση. Θα μπορούσε επίσης να συμβεί εάν ένα όχημα παρέχει ισχύ στο δίκτυο και χαθεί η ισχύς του τοπικού δικτύου κοινής ωφέλειας.

Η νησιδοποίηση μπορεί να είναι μια επικίνδυνη κατάσταση, επειδή οι εργαζόμενοι σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας θα πιστεύουν ότι το τοπικό δίκτυο έχει απενεργοποιηθεί, αλλά μπορεί να μην γνωρίζουν ότι το σπίτι ή η επιχείρηση (που λειτουργεί τώρα ως νησίδα ενέργειας) παραμένει ενεργοποιημένο.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι απαιτήσεις τοπικής κοινής ωφέλειας στη ΓΔ απαιτούν συσκευές προστασίας από το νησί που θα αποσυνδέσουν ή θα τερματίσουν τη λειτουργία κάθε τοπικής παραγωγής σε περίπτωση απώλειας ρεύματος στο δίκτυο.

Η σκόπιμη νησιδοποίηση μπορεί να σχεδιαστεί για φωτοβολταϊκά συστήματα ή εφεδρικές γεννήτριες που απαιτείται συνεχίστε να λειτουργείτε κρίσιμο εξοπλισμό εάν χαθεί η ισχύς του τοπικού δικτύου. Η σκόπιμη νησιδοποίηση μπορεί να σχεδιαστεί για μεγάλα φωτοβολταϊκά συστήματα που θα συνεχίσουν να τροφοδοτούν ένα σπίτι ή μια επιχείρηση, καθώς και για μελλοντικούς σχεδιασμούς V2H ή V2B.

Σε περίπτωση που επιτρέπεται η νησιδοποίηση και περιλαμβάνονται κατάλληλα συστήματα ασφαλείας, επιπλέον κίνδυνος μπορεί να αναπτυχθεί όταν είναι επιθυμητή η επανασύνδεση της νησίδας ενέργειας στο δίκτυο. Το δίκτυο κοινής ωφέλειας λειτουργεί τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα. Η τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος νησίδας πρέπει να συγχρονιστεί με το δίκτυο έτσι ώστε και οι τρεις φάσεις να είναι συγχρονισμένες πριν κλείσετε τους διακόπτες σύνδεσης. Η αποτυχία του κατάλληλου συγχρονισμού των δύο συστημάτων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική ζημιά στον εξοπλισμό, πυρκαγιά και προσωπικό τραυματισμό.

2.3.1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

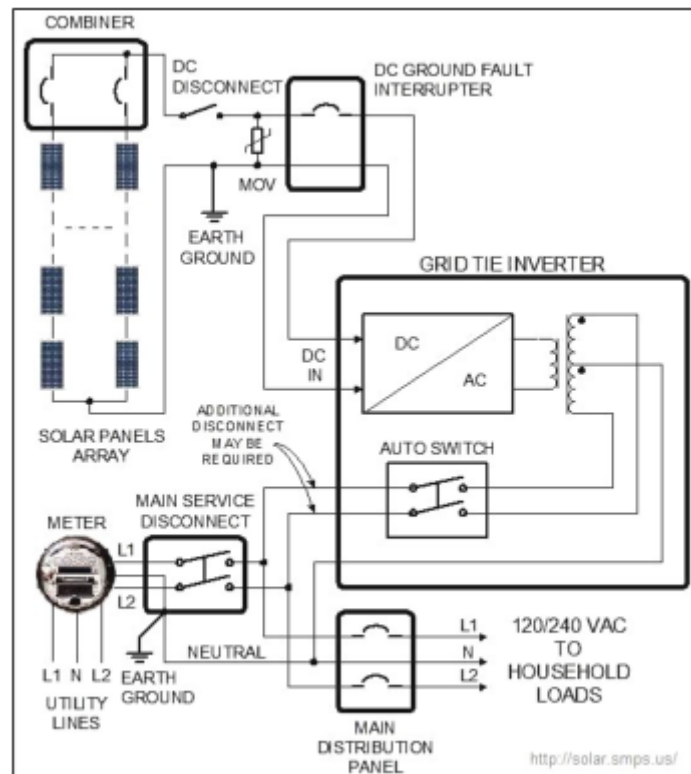
Τα συστήματα V2G μπορούν να αξιοποιήσουν τα διδάγματα που αντλήθηκαν από τα συστήματα ηλιακών συλλεκτών που παρέχουν ενέργεια στο σπίτι, την επιχείρηση και το δίκτυο. Το σχήμα 20 δείχνει μια τυπική ηλεκτρική σύνδεση του Φ/B συστήματος.

Οι συστοιχίες ηλιακών συλλεκτών παράγουν ισχύ και παρέχουν DC στον μετατροπέα σύνδεσης δικτύου. Ο μετατροπέας σύνδεσης δικτύου απαιτείται να ανιχνεύει το δίκτυο AC και να συγχρονίζεται με αυτό, συνήθως εντός μιας μοίρας από τη γωνία

φάσης AC. Τις περισσότερες φορές, αυτό επιτυγχάνεται με έναν ενσωματωμένο υπολογιστή ή έναν ταλαντωτή. Σχεδόν όλα τα συστήματα των ΗΠΑ χρησιμοποιούν μετασχηματιστή για τη μετατροπή DC σε AC και τα συστήματα είναι συνήθως αρνητικά γειωμένα λόγω των απαιτήσεων NEC.

Συνήθως, οι περισσότεροι μετατροπείς που συνδέονται με το δίκτυο έχουν επίσης εγκατεστημένο απαγωγέα υπέρτασης ή διάταξη προστασίας από υπερτάσεις (αυτό Η λειτουργία εξυπηρετείται στο Σχήμα 20 από το βαρίστορ μεταλλικού οξειδίου (δηλαδή, MOV) μεταξύ του διακόπτη αποσύνδεσης DC και του διακόπτη κυκλώματος σφάλματος γείωσης DC).

Συνήθως, η αποσύνδεση κύριας υπηρεσίας της εγκατάστασης θα είναι κλειστή κατά την παροχή ρεύματος στην εγκατάσταση (σε στην περίπτωση του Σχήματος 20, είναι το σπίτι). Όταν ο μετατροπέας σύνδεσης δικτύου έχει τον κατάλληλο συγχρονισμό των φάσεων AC, ο αυτόματος διακόπτης είναι κλειστός και η ηλιακή συστοιχία παρέχει πλέον ρεύμα στο τοπικό σύστημα. Σε μια τυπική λειτουργία, εάν η ισχύς που παρέχεται από την ηλιακή συστοιχία υπερβαίνει τη ζήτηση του σπιτιού, η πλεονάζουσα ενέργεια παραδίδεται στο δίκτυο κοινής ωφέλειας και ο μετρητής καταγράφει την αντίστροφη ισχύ. Εάν η ισχύς που παρέχεται από τη συστοιχία ηλιακής ενέργειας είναι μικρότερη από τα φορτία του σπιτιού, η ηλιακή συστοιχία αυξάνει την ηλεκτρική ενέργεια για την τροφοδοσία του σπιτιού. Και στις δύο περιπτώσεις, η ηλιακή συστοιχία μειώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις του σπιτιού από το τοπικό δίκτυο. Κάθε ηλεκτρική εταιρεία στις Ηνωμένες Πολιτείες εκδίδει τις απαιτήσεις διασύνδεσής της για την προστασία του προσωπικού και του εξοπλισμού στην περιοχή εξυπηρέτησης. Το σχήμα 21 δείχνει μια τυπική διάταξη διασύνδεσης (Sovacool et al., 2020).



Εικόνα 17. Τυπικό διάγραμμα ηλιακής διασύνδεσης (Πηγή: Briones et al., 2012)



Εικόνα 18. Τυπική ηλιακή διασύνδεση (Πηγή: Arizona Public Service Handbook for Photovoltaic Interconnection)

Το ΦΒ σύστημα περιέχει εξοπλισμό για τον έλεγχο της τάσης και της συχνότητας εξόδου της ηλιακής συστοιχίας. Αυτός ο εξοπλισμός διασφαλίζει επίσης την ασφάλεια αποτρέποντας συνθήκες υπερβολικής τάσης, συνθήκες υπερβολικής συχνότητας, βραχυκυκλωμάτων, ανισορροπίας και αντιστροφής φάσης και συνθήκες

αντίστροφης ισχύος. Αυτά τα συστήματα ελέγχου διασφαλίζουν ότι η έξοδος της ηλιακής συστοιχίας πληροί τις απαιτήσεις κοινής ωφέλειας για ισχύ.

Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. σε συστήματα τροφοδοσίας απομακρυσμένων περιοχών), το Φ/Β σύστημα περιέχει επίσης μια τοπική μπαταρία αποθήκευσης. Η λειτουργία του συστήματος κατά τη διάρκεια της ημέρας παρέχει φόρτιση στην μπαταρία που μπορεί να αποφορτιστεί αργότερα τη νύχτα ή κατά τη διάρκεια συννεφιασμένων περιόδων όταν η έξοδος της ηλιακής συστοιχίας είναι μειωμένη.

Επί του παρόντος, αναπτύσσεται η ηλιακή υποβοηθούμενη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων που χρησιμοποιεί αυτόν τον εξοπλισμό, αν και κυρίως αυτό υλοποιείται σε έργα επίδειξης. Ορισμένες μονάδες περιέχουν μπαταρίες αποθήκευσης και άλλες όχι. Σε περίπτωση που η ηλιακή συστοιχία δεν έχει επαρκή χωρητικότητα εξόδου για να παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα στο σύστημα τροφοδοσίας για τη φόρτιση του PEV, το συνδεδεμένο δίκτυο κοινής ωφέλειας παρέχει την επιπλέον ενέργεια. Όταν κανένα PEV δεν παραμένει συνδεδεμένο, η ηλιακή συστοιχία παρέχει ισχύ στο δίκτυο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το σύστημα λειτουργεί σε κατάσταση «καθαρού μηδέν», όπου η ποσότητα ενέργειας που λαμβάνεται από το δίκτυο κατά τη φόρτιση του οχήματος αντισταθμίζεται από την ενέργεια που επιστρέφεται στο δίκτυο από την ηλιακή συστοιχία.

Με την μπαταρία αποθήκευσης συνδεδεμένη με ηλιακά συστήματα, υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία για τον οικοδεσπότη, το βοηθητικό πρόγραμμα και τον ιδιοκτήτη του αυτοκινήτου.

Ο συνδυασμός μπαταρίας/ηλιακό μπορεί να λειτουργήσει για να αντισταθμίσει τις φορτίσεις ζήτησης που επιβάλλονται από την κοινή χρήση, μπορεί να ενεργοποιηθεί άμεση ισχύ από ανανεώσιμες πηγές σε πηγή PEV και μπορεί να παρέχει μέγιστη ισχύ στο βοηθητικό πρόγραμμα. Στο μέλλον, αυτές οι μπαταρίες ενδέχεται επίσης να κληθούν να παράσχουν βοηθητικές υπηρεσίες (όπως ρύθμιση συχνότητας και τάσης) υπό έλεγχο από ένα σήμα ISO.

2.3.1.3 Εξοπλισμός χώρων από όχημα σε δίκτυο

Ενώ η τοπική παραγωγή V2G και grid-tie είναι παρόμοια, δεν είναι πανομοιότυπα. Τα συστήματα V2G βρίσκονται ακόμη σε στάδια σχεδιασμού, αλλά θα ισχύουν πολλά από τα ίδια ζητήματα. Η μπαταρία του PEV, μέσω της σύνδεσης με το EVSE,

λειτουργεί ως το μεταβλητό φορτίο που μπορεί να μετατοπιστεί στον ρόλο του DG, ο οποίος παρέχει ισχύ στο δίκτυο όταν απαιτείται πρόσθετη παροχή. Με τα ηλιακά συστήματα, τα οποία είναι πάντα σε λειτουργία παραγωγής, η πλεονάζουσα ισχύς πηγαίνει στο δίκτυο, είτε χρειάζεται είτε όχι.

Είτε το EVSE είναι AC είτε DC Level 2, το EVSE αναλαμβάνει ρόλο παρόμοιο με το Φ/Β σύστημα. Ο συγχρονισμός εναλλασσόμενου ρεύματος του κατανεμημένου ενεργειακού πόρου (DER) στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας κοινής ωφέλειας ανά IEEE 1547 εξακολουθεί να είναι απαίτηση. Μια σημαντική διαφορά είναι η ικανότητα του EVSE να παρέχει αμφίδρομη ροή ισχύος για να επιτρέπει στο όχημα να φορτίζει και να εκφορτίζει.

Το EVSE είναι η διεπαφή μεταξύ του τοπικού δικτύου κοινής ωφέλειας και του DER που παρέχεται από το όχημα. Τάση και Οι έλεγχοι συχνότητας στο EVSE (ή από το όχημα μέσω του EVSE) καθορίζουν εάν η ροή ρεύματος είναι μέσα ή έξω από το PEV. Τα συστήματα επικοινωνιών και ελέγχου σηματοδοτούν ποια κατεύθυνση πρέπει να ρέει το ρεύμα.

Η αποθήκευση μπαταριών που βασίζεται σε PEV (ή/και σταθερή τοπική) επιτρέπει σε έναν ιδιοκτήτη σπιτιού να παρέχει ρεύμα στα φορτία του σπιτιού όταν πέφτει η τροφοδοσία κοινής ωφέλειας ή όταν οι τιμές χονδρικής ενέργειας στο επιθυμητό ΤΟΥ είναι υπερβολικές.

Εκτός του οχήματος και της υποδομής επαναφόρτισης, το έξυπνο σύστημα διανομής θα αποδειχθεί επίσης εξαιρετικά χρήσιμο για τον έλεγχο V2G.

Σε περιπτώσεις όπου ένας ενσωματωμένος μετρητής δεν θα είναι διαθέσιμος για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται και εξάγεται από το ESS του οχήματος, είτε λόγω σχεδιασμού του οχήματος είτε λόγω λιγότερο προηγμένου συστήματος EVSE, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας έξυπνος οικιακός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας για την εκτέλεση της απαιτούμενης μέτρησης και ανίχνευσης.

2.3.1.4 Εξοπλισμός χώρου από όχημα σε σπίτι.

Η ροή ισχύος V2H ή V2B μπορεί να είναι ευκολότερη στην υλοποίηση από την πλήρη V2G, επειδή δεν απαιτείται η αντίστροφη διασύνδεση ισχύος με το τοπικό δίκτυο. Θα είναι απαραίτητο να παρασχεθούν σχέδια που να επιτρέπουν τα σκόπιμα νησιωτικά αποτελέσματα. Ωστόσο, το όχημα (μέσω του EVSE) μπορεί να παρέχει

την ισχύ από το ESS για την τροφοδοσία των τοπικών φορτίων. Ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον εξοπλισμό ή τις διαδικασίες που απαιτούνται για την αποκατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου κοινής ωφέλειας κατά την ανάκτησή του.

2.3.2 Εξοπλισμός του οχήματος

Υπάρχουν τρεις κύριες πτυχές του εξοπλισμού οχημάτων επί του οχήματος που σχετίζονται με συστήματα V2G:

- Η είσοδος PEV
- Ο ενσωματωμένος φορτιστής και
- Το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ESS)

Η είσοδος του οχήματος και ο σύνδεσμος EVSE παρέχουν τη διεπαφή μεταξύ του EVSE και του PEV. Εάν το EVSE είναι εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) επιπέδου 2 και το ρεύμα AC παρέχεται στο όχημα, η αντίστροφη ροή από το όχημα είναι AC.

Επομένως, το όχημα μετατρέπει τη μπαταρία συνεχούς ρεύματος (DC) σε έξοδο AC μέσω ενός ενσωματωμένου μετατροπέα. Εάν το EVSE είναι συνεχούς ρεύματος (DC) επιπέδου 2 και το ρεύμα συνεχούς ρεύματος παρέχεται στο όχημα, η αντίστροφη ροή ρεύματος από το όχημα είναι DC και ο μετατροπέας περιλαμβάνεται στον εξοπλισμό φόρτισης (EVSE) εκτός οχήματος.

2.3.2.1 Επίπεδο εναλλασσόμενου ρεύματος 2.

Το σύστημα διαχείρισης μπαταρίας (BMS) θα παίζει τον πρωταρχικό ρόλο στον έλεγχο της εκφόρτισης της μπαταρίας στις λειτουργίες V2G, όπως ακριβώς συμβαίνει στις τυπικές λειτουργίες φόρτισης και λειτουργίας του οχήματος. Όπως και πριν, το BMS είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση του επιπέδου φόρτισης (SOC) της μπαταρίας και της συνολικής υγείας της μπαταρίας και των στοιχείων και θα ελέγχει το μέγιστο επίπεδο ισχύος του μετατροπέα.

Οι επικοινωνίες που ζητούν τη λειτουργία V2G θα ξεκινούν από τον σταθμό ηλεκτρικής ενέργειας και θα παραδίδονται το αίτημα προς τον εξοπλισμό φόρτισης. Το EVSE θα επικοινωνήσει με το BMS για να ζητήσει τη ροή ισχύος. Στη συνέχεια, το BMS ελέγχει την έξοδο του μετατροπέα για απόκριση. Λαμβάνοντας υπόψη τον σημαντικό αριθμό κατασκευαστών πρότυπου εξοπλισμού (Original Equipment

Manufacturer – OEM) που παρέχουν οχήματα, τον μεγάλο αριθμό προμηθευτών EVSE, τις ποικίλες απαιτήσεις διασύνδεσης των σχεδόν 3.000 ηλεκτρικών εταιρειών κοινής ωφελείας στις Ηνωμένες Πολιτείες και τους διαφορετικούς κώδικες και πρότυπα κατασκευής, θα απαιτηθεί ένα σημαντικό ποσοστό τυποποίησης κωδίκων και προτύπων.

2.3.2.2 Επίπεδο συνεχούς ρεύματος 2.

Για συνδέσεις DC, η αντίστροφη ροή ισχύος από το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) του οχήματος είναι DC. Το DC EVSE θα περιέχει τα εξαρτήματα του μετατροπέα για τη μετατροπή του DC σε AC για παράδοση στο δίκτυο. Το BMS θα ελέγχει την έξοδο της μπαταρίας σε απόκριση στα σήματα επικοινωνίας από το EVSE. Αυτός ο τρόπος σύνδεσης παρέχει τη δυνατότητα για σημαντικά επίπεδα ροής ισχύος, τα οποία είναι εξαιρετικά ευεργετικά για την αξιοπιστία του δικτύου. Η επίδραση στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας του οχήματος θα απαιτούσε μελέτη προκειμένου να σχεδιαστεί το BMS ώστε να ελέγχει σωστά αυτή την εκφόρτιση. Επειδή ο μετατροπέας βρίσκεται εκτός του οχήματος, το όχημα δεν μπορούσε να περιέχει όλες τις επικοινωνίες και τα χειριστήρια για τις απαιτήσεις διασύνδεσης.

2.3.3 Διεπαφές V2G

Η διαδρομή επικοινωνίας που επιτρέπει την πανταχού παρούσα λειτουργία V2G απαιτεί αμφίδρομη κατεύθυνση, κοινό πρωτόκολλο, χαμηλή καθυστέρηση (μικρή χρονική καθυστέρηση) και υψηλή αξιοπιστία.

2.3.3.1 Τρόποι λειτουργίας. Η τεχνολογία V2G θα πρέπει να επιτρέπει στον χειριστή του οχήματος να προγραμματίζει πότε θα επαναφορτίζει και τη διάρκεια της φόρτισης, ενώ θα χρησιμοποιεί επίσης πληροφορίες σχετικά με τις τιμές κοινής ωφέλειας για τα τιμολόγια χρόνου χρήσης (Time of use – TOU).

Ενώ υποστηρίζει τις προτιμήσεις των μεμονωμένων χρηστών και την ελαστικότητα τιμής, το λογισμικό ελέγχου θα χρειαστεί να διαχειρίζεται ταυτόχρονα εκατοντάδες έως χιλιάδες άλλα οχήματα, δίνοντας στα βοηθητικά προγράμματα τα εργαλεία για έξυπνη επαναφόρτιση PEV σε όλο το σύστημα, οδηγώντας σε ένα πιο σταθερό δίκτυο. Ενώ το φορτίο που τοποθετείται στο δίκτυο θα εξομαλυνθεί, ο συγχρονισμός θα επιτρέψει την πιο αποτελεσματική χρήση της υπάρχουσας παραγωγής ενέργειας και θα επιτρέψει τη διακοπόμενη, ανανεώσιμη παραγωγή ενέργειας. Είναι

κατανοητό ότι ο χρήστης θα μπορούσε να λάβει πληροφορίες σχετικά με το πότε θα είναι διαθέσιμη ανανεώσιμη ενέργεια, έτσι ώστε οι ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων να μπορούν να επιλέξουν να μειώσουν τις εκπομπές που σχετίζονται με τη φόρτισή τους και η υπηρεσία κοινής ωφέλειας να μπορεί να χρησιμοποιήσει έναν πόρο που διαφορετικά θα μπορούσε να είναι αιτία σπατάλης ενέργειας.

Παράλληλα με αυτές τις τεχνολογικές εξελίξεις, τα πρότυπα και τα πρωτόκολλα που διέπουν την εφαρμογή τους, αυτές οι τεχνολογίες επίσης αναπτύσσονται.

Τα πρότυπα που διέπουν την λειτουργία της τεχνολογίας V2G είναι:

- SAE Standard J2836 (τα τμήματα 1 έως 5 ενημερώθηκαν πρόσφατα). Το πεδίο εφαρμογής αυτού του προτύπου καθορίζει περιπτώσεις χρήσης για τη μεταφορά ισχύος μεταξύ του δικτύου και των PEV, συμπεριλαμβανομένης της αντίστροφης ροής ισχύος.
- SAE J2847. Τα τμήματα 1 έως 5 εφαρμόζουν τις περιπτώσεις χρήσης που ορίζονται στο πρωτόκολλο J2836.
- Το δίκτυο που χρησιμοποιείται για το όχημα και το EVSE ορίζεται στο SAE J1850.
- Το SAE J2293 υποβλήθηκε σε αναθεώρηση τον Ιούλιο του 2008 προκειμένου να ορίσει τη ροή αμφίδρομης κατεύθυνσης V2G και να ενημερώσει το μέσο επικοινωνίας από προηγούμενο πρότυπο είτε σε επικοινωνία με γραμμή ρεύματος είτε σε ασύρματη.
- Η θέσπιση απαιτήσεων επικοινωνίας για το EVSE καθώς επικοινωνεί με το σπίτι, ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας και τα συστήματα δικτύου κοινής ωφέλειας ορίζονται στο SAE J2931.

Αυτά τα πρότυπα παρέχουν ένα συνεπές σύνολο απαιτήσεων, διασφαλίζοντας ότι οι διάφοροι κατασκευαστές EVSE δημιουργούν προϊόντα που είναι συμβατά στη διεπαφή τους με το δίκτυο (Department of Energy, 2012). Τα πρότυπα του Εθνικού Ινστιτούτου Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST) και το Πρότυπο 1547 IEEE παρέχουν περιπτώσεις χρήσης για ανταλλαγή πληροφοριών, καθώς και παρακολούθηση και έλεγχο κατανεμημένων πόρων που είναι διασυνδεδεμένοι με το ηλεκτρικό δίκτυο (Mullen 2009).

Καθώς εφαρμόζονται περαιτέρω δοκιμές της τεχνολογίας V2G και των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, τα πρότυπα θα απαιτήσουν επιπρόσθετες αναθεωρήσεις και ενσωματώσεις, ώστε να δημιουργηθεί μια αξιόπιστη και φιλική προς το χρήστη διεπαφή μεταξύ του δικτύου, του οχήματος και του χειριστή του οχήματος. Αυτές οι επικοινωνίες είναι μια κρίσιμη πτυχή για την επιτυχή εισαγωγή του V2G και, ιδιαίτερα, λόγω της σαφής έλλειψης τυποποίησης την τρέχουσα χρονική περίοδο.

2.4 Ζητήματα Εφαρμογής

Υπάρχουν πολλά ζητήματα υλοποίησης που πρέπει να αντιμετωπιστούν προτού τα συστήματα V2G υιοθετηθούν σε ευρεία κλίμακα. Αρκετά από τα ζητήματα αυτά άπτονται των τομέων της επιχειρηματικής διαδικασίας, της δημόσιας πολιτικής ή των προτύπων.

2.4.1 Κίνητρα ενδιαφερομένων

Αυτή η ενότητα εστιάζει στα συμφέροντα και ανησυχίες αυτών των ενδιαφερομένων που αποτελούν εμπόδια στην υιοθέτηση του V2G.

2.4.1.1 Ηλεκτρικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας.

Όλες οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας αντιμετωπίζουν πολύπλοκα ρυθμιστικά και οικονομικά εμπόδια στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών και επιχειρηματικών μοντέλων. Αυτά τα εμπόδια σίγουρα ισχύουν για εφαρμογές V2G, οι οποίες φέρνουν νέα τεχνολογικά εμπόδια, όπως μη παραδοσιακές απαιτήσεις διαλειτουργικότητας, ταχέως εξελισσόμενα πρότυπα, άγνωστες επιπτώσεις στη μακροπρόθεσμη διάρκεια ζωής της μπαταρίας των ηλεκτρικών οχημάτων και απαιτήσεις χαμηλής καθυστέρησης δικτύου. Τα μη τεχνολογικά εμπόδια περιλαμβάνουν έλλειψη διαθέσιμου επενδυτικού κεφαλαίου, πρόσθετες επιβαρύνσεις συμμόρφωσης, ασαφής ευθύνη και λογοδοσία αξιοπιστίας δικτύου και έλλειψη βεβαιότητας στις τιμές για τις προθεσμιακές αγορές χωρητικότητας, καθώς και πολιτική αναστάτωση από το status quo. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας μπορούν να προβληθούν σε τρεις διακριτές ταξινομήσεις που δημιουργούνται από τη δομή ιδιοκτησίας τους:

- Επιχείρηση κοινής ωφέλειας που ανήκει σε επενδυτές (Investor owned utility – IOU)
- Δημοτική επιχείρηση κοινής ωφέλειας (γνωστή και ως δημόσια επιχείρηση κοινής ωφέλειας) και

- Μη ρυθμιζόμενη κοινή χρήση.

Κάθε βοηθητικό πρόγραμμα έχει έντονο ενδιαφέρον για την εφαρμογή τεχνολογίας που προωθεί τα συμφέροντα της κοινότητας των ενδιαφερομένων. Μπορούν να εφαρμόσουν εργαλεία ανταπόκρισης ζήτησης για τον έλεγχο του φορτίου, ώστε να μπορούν να ελαχιστοποιήσουν την αγορά ακριβής ενέργειας για την εξυπηρέτηση του φορτίου κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής λειτουργίας του συστήματος. Για τον ανταγωνιστικό πάροχο υπηρεσιών, ενδέχεται να υπάρχουν ισχυρές ευκαιρίες για καινοτομία και άντληση εσόδων από υπηρεσίες από V2G. Επίσης, μπορεί να υπάρχει ισχυρή υποστήριξη με επίκεντρο την κοινότητα για θέματα περιβάλλοντος ή ενεργειακής ασφάλειας, κάτι που αποτελεί κίνητρο.

Για το βοηθητικό πρόγραμμα ιδιοκτησίας επενδυτών, πρωταρχικός στόχος είναι η εξασφάλιση και διατήρηση της επιτρεπόμενης αξιολογής επένδυσης, τέτοιου κόστους μπορεί να επιτευχθεί ανάκαμψη (συν ένα εγγυημένο ποσοστό επιστροφής) από τις τιμές παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο

διασφαλίζει τη συνεχή οικονομική βιωσιμότητα της εταιρείας κοινής ωφέλειας. Αυτή είναι μια προσέγγιση χαμηλού κινδύνου, εγγυημένης ανταμοιβής. Τα βοηθητικά προγράμματα ιδιοκτησίας επενδυτών ρυθμίζονται σε μεγάλο βαθμό από κανόνες και περιορισμούς που στοχεύουν στην προστασία των καταναλωτών και των επενδυτών και είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένοι σε απαιτήσεις υποβολής εκθέσεων και σε έντονο δημόσιο έλεγχο όλων των νέων επενδύσεων. Σε γενικές γραμμές, υπάρχει επαρκές διαθέσιμο επενδυτικό κεφάλαιο από αυτές τις μεγάλες, εισηγμένες στο χρηματιστήριο οντότητες. Ωστόσο, αυτό τείνει να παραγκωνίζεται από τις συνήθεις επενδύσεις σε πιο προβλέψιμες και παραδοσιακές ευκαιρίες απόδοσης επένδυσης, όπως η αναβάθμιση της υποδομής διανομής. Αυτοί οι οργανισμοί έχουν συνήθως πολύ τεχνικά ικανά μέλη προσωπικού που θα μπορούσαν να διαχειριστούν την ανάπτυξη και την παροχή υπηρεσιών από την αρχική ανάπτυξή της μέσω της ανάπτυξης πιλοτικού προγράμματος και στην ανάπτυξη εμπορικών προγραμμάτων μεγάλης κλίμακας. Επειδή μεγάλο μέρος της εστίασης είναι στη βάση τιμών, υπάρχει μια ξεχωριστή κουλτούρα σε αυτήν την κατηγορία υπηρεσιών κοινής ωφέλειας να προτιμούν την ιδιοκτησία, τη διαχείριση και τον έλεγχο περιουσιακών στοιχείων μέσω ασφαλών δικτύων επικοινωνίας που ανήκουν σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας.

Υπάρχει μια άλλη (μερικές φορές μεγάλη) μορφή κοινής ωφέλειας που είναι γνωστή ως δημοτικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που δεν διοικούνται από μια κρατική ρυθμιστική υπηρεσία, αλλά μάλλον από ένα τοπικό συμβούλιο που πιθανότατα διορίζεται από την περιοχή (συχνά από τον δήμαρχο και το συμβούλιο μιας πόλης) όπου βρίσκονται εγκαταστάσεις. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας που ανήκουν σε δήμους έχουν συχνά περιορισμένο κεφάλαιο και δεν έχουν την πολυτέλεια να πραγματοποιήσουν μεγάλες, αρχικές επενδύσεις ανάπτυξης υποδομών. Τείνουν να ακολουθούν, με κάποιο χρόνο καθυστέρησης, την κατεύθυνση που ακολουθούν οι μεγαλύτερες (ελεγχόμενες) επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, αλλά αναζητούν μεγαλύτερη ευελιξία στις επενδυτικές επιλογές. Αυτή η υστέρηση συχνά επιφέρει μια λιγότερο

εμφατική απαίτηση για λύσεις που βασίζονται σε πρότυπα και, στην πραγματικότητα, συχνά αναζητά μόνο το θεμελιώδες βασικό σύνολο τεχνικών δυνατοτήτων σε μια ευρεία λειτουργία όπως το V2G. Αυτό αποφεύγει (ή τουλάχιστον καθυστερεί) την ανάγκη για πιο ουσιαστική εργασία ενοποίησης διαδικασιών και συστημάτων. Η υπέρβαση των φραγμών με αυτές τις οντότητες μπορεί να περιλαμβάνει την προσφορά συμβάσεων παροχής υπηρεσιών με βάση τις επιδόσεις, οι οποίες θα μπορούσαν να καταναείμουν την αποπληρωμή της αναβαλλόμενης χρηματοδότησης κεφαλαίου και επίσης την οργάνωση περίπλοκων ρυθμίσεων εταιρικής σχέσης με τα ενδιαφερόμενα μέρη (Tan et al., 2016).

Οι μη ρυθμισμένοι, ανταγωνιστικοί πάροχοι υπηρεσιών αντιπροσωπεύουν μια τρίτη κατηγορία υπηρεσιών κοινής ωφέλειας. Αυτές μπορεί να είναι ανεξάρτητες «περιφερειακές» οντότητες σε μεγάλες IOU ή μικρότερες επιχειρήσεις που ανταγωνίζονται για την παροχή ηλεκτρικών υπηρεσιών. Αυτές οι οντότητες ερευνούν ευκαιρίες για καθαρή ενέργεια (και άλλα περιφερειακά πεδία) και μπορούν να πραγματοποιήσουν σημαντικές άμεσες επενδύσεις για την αξιοποίηση του δυναμικού ευκαιριών. Γενικά, αυτές οι οντότητες δεν επιβαρύνονται από μακροχρόνιες ρυθμιστικές ή νομοθετικές διαδικασίες αναθεώρησης και μπορούν να ανταποκριθούν ευκίνητα σε ευκαιρίες αναδυόμενων αγορών όπως το V2G. Η προθυμία ανάληψης κινδύνου αγοράς (με υπόσχεση για την αντίστοιχη ανταμοιβή της αγοράς) διακρίνει αυτές τις οντότητες από τις άλλες. Δεδομένου ότι αυτές οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας είναι οι πιο ευέλικτες στον εντοπισμό και την ικανοποίηση των αναγκών των συμμετεχόντων στην αγορά, θα έχουν το μεγαλύτερο προβάδισμα μέσω της

εμπειρίας καθώς αυτές οι υπηρεσίες έρχονται στην επικρατούσα τάση. Συγκεκριμένα, επειδή αυτές οι οντότητες έχουν συνήθως σχετικά απεριόριστες γεωγραφίες αγοράς, θα αναπαράγουν γρήγορα τις βέλτιστες πρακτικές από τις πρώιμες πιλοτικές λύσεις αγοράς τους σε άλλες στοχευμένες περιοχές υπηρεσιών και περιοχές ISO και θα φτάσουν σε οικονομίες κλίμακας πιο γρήγορα.

2.4.1.2 Κατασκευαστές πρωτότυπου εξοπλισμού αυτοκινήτων.

Οι κατασκευαστές οχημάτων αντιμετωπίζουν εξαιρετικά δύσκολες οικονομικές προκλήσεις σε μια εξαιρετικά ανταγωνιστική παγκόσμια αγορά αυτοκινήτων. Η εμφάνιση του PEV ως πλατφόρμας παραγωγής δεν έχει ακόμη επικυρωθεί από τη ζήτηση των καταναλωτών. Έχουν πραγματοποιηθεί μεγάλες επενδύσεις κεφαλαίου στην έρευνα και ανάπτυξη και στην παραγωγή εργαλείων για να διασφαλιστεί η ισχυρή υιοθέτηση αυτής της νέας πλατφόρμας προϊόντων στην αγορά. Αρκετοί κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων έχουν αναλάβει ισχυρές δεσμεύσεις σε αυτόν τον τομέα και η αρχική αντίδραση της αγοράς είναι θετική, αν και περιορισμένη. Ωστόσο, το V2G προσθέτει αβεβαιότητα σχετικά με τη διάρκεια ζωής και τη χωρητικότητα της μπαταρίας. Πιθανότατα θα απαιτηθούν δοκιμές επίδειξης για να αποδειχθεί η ιδέα, μαζί με οικονομική ανάλυση για να καθοριστεί εάν αυτό έχει νόημα για τον OEM και τον προμηθευτή μπαταριών.

Η ανεξάρτητη δοκιμή μπαταρίας οχήματος στον βαθύ κύκλο υποστήριξης φορτίου ή ρηχή ανακύκλωση βοηθητικών υπηρεσιών θα βοηθήσει τα κίνητρα των κατασκευαστών οχημάτων να παρέχουν δυνατότητες V2G. Αυτή η δοκιμή θα οδηγήσει στη δημιουργία εσόδων από τις επιπτώσεις στην μπαταρία και έτσι θα εξοπλίσει τον κατασκευαστή του οχήματος να συμμετέχει στο V2G.

2.4.1.3 Συνδεδεμένος ιδιοκτήτης/χειριστής ηλεκτρικού οχήματος

Οι ιδιοκτήτες PEV θα παρακινούνται από έναν συνδυασμό πλεονεκτημάτων σε συνδυασμό με κινδύνους ή επιπτώσεις. Για τον γενικό καταναλωτή, οι οδηγοί περιλαμβάνουν χρηματικά, περιβαλλοντικά οφέλη και οφέλη δικτύου. Αυτά πρέπει να σταθμίζονται έναντι των επιπτώσεων στη μακροζωία και την εγγύηση της μπαταρίας, στις επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα του οχήματος και στην ευκολία χρήσης. Για τους ιδιοκτήτες στόλου με πολλά οχήματα, το κίνητρο μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τους τοπικούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς και την αξιοπιστία του δικτύου. Οι στόλοι θα ασχολούνται πρωτίστως με τα οχήματα που

εξακολουθούν να είναι σε θέση να εκτελούν τα καθήκοντά τους που τους έχουν ανατεθεί ως μέρος των επιχειρηματικές λειτουργίες. Κανένας στόλος δεν θα εγγραφεί για να συμμετάσχει στο V2G εάν αυτό σημαίνει ότι τα οχήματά του δεν θα είναι διαθέσιμα για να λειτουργήσουν όπως αναμένεται. Ο αυτοματισμός και ο αντίκτυπος στις λειτουργίες είναι βασικά στοιχεία σε ένα σενάριο στόλου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτοί οι κινητήριοι παράγοντες και οι ανησυχίες ισχύουν όχι μόνο για τις συνδέσεις στο χώρο εργασίας και κατοικίες AC ή DC Επίπεδο 2, αλλά και για μονάδες που είναι διαθέσιμες στο κοινό.

Για τα αντιληπτά οφέλη, υπάρχουν ακόμη πολλά που πρέπει να ξεπεραστούν όσον αφορά τα εμπόδια στο V2G. Αν και εκεί θα είναι μια προσδοκία ότι υπάρχει ένα χρηματικό όφελος, κάθε πρόγραμμα V2G που προσφέρει πληρωμή σε έναν πελάτη θα πρέπει να είναι σαφώς καθορισμένο. Οι πελάτες θα πρέπει να καταλάβουν εάν το πρόγραμμα είναι μέσω του βοηθητικού τους προγράμματος ή εάν πρέπει να εγγραφούν μέσω ενός προγράμματος EVSP τρίτου μέρους. Ο πελάτης θα θέλει επίσης να γνωρίζει πόσο συχνά και πόσο θα πληρωθεί.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη και τα οφέλη του δικτύου είναι πιθανό να είναι δευτερεύοντα σε σχέση με τα χρηματικά κίνητρα για τους περισσότερους πελάτες. Πολλοί πελάτες θέλουν να αναλάβουν περιβαλλοντικά υπεύθυνα δράση, αλλά μόνο εάν είναι φθηνή και βολική.

Ωστόσο, είναι ευρέως γνωστό ότι πολλοί από τους πρώτους που υιοθέτησαν την τεχνολογία PEV είναι πελάτες που οδηγούνται από το περιβάλλον. Επομένως, θα μπορούσε να συναχθεί το συμπέρασμα ότι αυτοί οι πρώτοι χρήστες θα ήταν πρώιμοι χρήστες της τεχνολογίας V2G λόγω πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως η αναβαλλόμενη επένδυση κεφαλαίου σε μονάδες νέας παραγωγής και η υποστήριξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Με τον ίδιο τρόπο, οι περισσότεροι πελάτες δεν γνωρίζουν πολύ τα πιθανά πλεονεκτήματα του δικτύου, αλλά οι πρώιμοι χρήστες είναι συχνά πιο τεχνολογικά γνώστες και θα συμμετείχαν στο V2G επειδή θα υποστήριζε το δίκτυο και θα βοηθούσε την αξιοπιστία. Αυτό θα ίσχυε ιδιαίτερα με οποιοδήποτε δυνατότητα V2H (ή V2B για χρήστες στόλου). Επιπλέον, ένα μικρό σύνολο πελατών θα συμμετείχε από νωρίς μόνο για την καινοτομία του παράγοντα τεχνολογίας και για να δείξει τη σκοπιμότητα του V2G (Ustun et al., 2013).

Από την άλλη πλευρά, ο κλάδος πρέπει να αντιμετωπίσει τις ανησυχίες των πελατών σχετικά με τις επιπτώσεις και τη λειτουργία. Ο πρώτος Το εμπόδιο που πρέπει να ξεπεραστεί είναι η απόδειξη ότι η συμμετοχή στο V2G δεν συμβάλλει σημαντικά στην υποβάθμιση της μπαταρίας και στον καθορισμό των ορίων εντός των οποίων πρέπει να λειτουργεί ένα πρόγραμμα V2G για να διατηρεί την αποδεκτή χωρητικότητα της μπαταρίας. Μετά τον προσδιορισμό των επιπτώσεων V2G στην μπαταρία, οι κατασκευαστές πρωτότυπου εξοπλισμού θα πρέπει να καθορίσουν τους όρους εγγύησης. Εάν η συμμετοχή σε ένα πρόγραμμα V2G ακυρώσει την εγγύηση με έναν κατασκευαστή πρωτότυπου εξοπλισμού, οι πελάτες δεν θα συμμετέχουν εκτός εάν η χρηματική αξία για τη συμμετοχή καλύπτει πιθανή αντικατάσταση μπαταρίας.

Μια άλλη σημαντική ανησυχία που πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι ο αντίκτυπος στη διαθεσιμότητα των οχημάτων. Με απλά λόγια, ο προγραμματισμός V2G πρέπει να διασφαλίζει ότι το όχημα έχει αρκετή εμβέλεια για να καλύψει τις ανάγκες των πελατών όταν το χρειάζονται. Για τα αντιληπτά οφέλη, υπάρχουν ακόμη πολλά που πρέπει να ξεπεραστούν όσον αφορά τα εμπόδια στο V2G. Αν και εκεί, συνολικά, οι ιδιοκτήτες PEV έχουν πολλά να κερδίσουν από μια ισχυρή προσπάθεια προσέγγισης και εκπαίδευσης. Ο ιδιοκτήτης του οχήματος μπορεί να παρακινηθεί από ειδικούς λόγους για τα ποσοστά χρησιμότητας για να επιτρέψει στο όχημά του να συμμετάσχει. Για παράδειγμα, εάν η ημερήσια διαδρομή του πελάτη είναι 40 μίλια μετ' επιστροφής, οι κύκλοι φόρτισης κατά τη διάρκεια της νύχτας πρέπει να έχουν ως αποτέλεσμα μια καθαρή κατάσταση φόρτισης που θα παρέχει την εμβέλεια των 40+ μιλίων μέχρι να φύγει ο πελάτης το πρωί. Οι λειτουργίες προγραμματισμού πρέπει να είναι διαθέσιμες για να δίνουν στους πελάτες τη σιγουριά ότι το λογισμικό θα διαχειριστεί τη φόρτιση με αξιόπιστο τρόπο.

Η ευκολία χρήσης είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας και μπορεί να περιλαμβάνει το φυσικό υλικό, τον προγραμματισμό λογισμικού, την ενοποίηση συστημάτων επικοινωνιών, τη διαχείριση προγραμμάτων V2G, την τυποποίηση προγραμμάτων σε όλες τις βοηθητικές εφαρμογές και άλλα ζητήματα. Στην ιδανική περίπτωση, θα υπήρχε ελάχιστο ή καθόλου πρόσθετο υλικό, ώστε ο πελάτης να μπορεί να συνδεθεί όπως θα έκανε με μια κανονική φόρτιση. Ο πελάτης θα χρειαστεί εργαλεία λογισμικού για να προγραμματίσει πότε και τι χρειάζεται όσον αφορά την αυτονομία οδήγησης. Χρειάζονται επίσης αυτά τα εργαλεία για να είναι φιλικά προς

τον χρήστη και να παρέχουν πολλαπλά μέσα πρόσβασης (δηλαδή, στο όχημα, στο φορτιστή, στο διαδίκτυο, στο σύστημα οικιακού δικτύου και μέσω εφαρμογών για κινητά). Είναι σημαντικό όσο το δυνατόν περισσότερο η διαδικασία να είναι αυτοματοποιημένη. Η απλούστευση είναι υψίστης σημασίας και από την πλευρά της διαχείρισης του προγράμματος. Είναι σημαντικό η διαδικασία εγγραφής σε προγράμματα V2G με το βοηθητικό πρόγραμμα ή EVSP τρίτων να είναι γρήγορη και εύκολη. Με τις τρέχουσες παραλλαγές στις προσφορές βοηθητικών προγραμμάτων και παρόχων EVSP, είναι επίσης πιθανό αυτά τα προγράμματα V2G να διαφέρουν μεταξύ των βοηθητικών προγραμμάτων και των παρόχων EVSP. Θα είναι σημαντικό να διατηρηθεί κάποια συνέπεια, προκειμένου να υπάρχει κάποια κοινή κατανόηση μεταξύ των πελατών και εμπιστοσύνη καθώς κινούνται σε διαφορετικές περιοχές του προγράμματος (Beck et al., 2009).

Συνολικά, οι ιδιοκτήτες PEV έχουν πολλά να κερδίσουν από μια ισχυρή προσπάθεια προσέγγισης και εκπαίδευσης. Ο ιδιοκτήτης του οχήματος μπορεί να παρακινηθεί από ειδικούς λόγους για τα ποσοστά χρησιμότητας για να επιτρέψει στο όχημά του να συμμετάσχει σε λειτουργίες V2G, εφόσον δεν επηρεάζει το επόμενο επιχειρησιακό τους ταξίδι PEV. Για να αυξηθεί η ταχύτητα αποδοχής του V2G, οι καταναλωτές πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι και να συναινούν στην τεχνολογία. Οι πληροφορίες που σχετίζονται με τη φόρτιση εκτός αιχμής και τη θετική της επίδραση στη σταθεροποίηση του φορτίου πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμες για άτομα. Θα απαιτηθεί πρόσθετη εκπαίδευση σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα παρέχεται ενέργεια από την μπαταρία στο δίκτυο.

2.4.2 Δοκιμή και αξιολόγηση

Οι τρέχουσες αξιολογήσεις V2G περιορίζονται κυρίως στα απλούστερα συστήματα ελέγχου «έξυπνης φόρτισης» που επεκτείνουν τις βασικές εφαρμογές DR στο PEV. Τα συνιστώμενα προγράμματα δοκιμών για την πλήρη αξιολόγηση του V2G περιλαμβάνουν τρεις ευρείες περιοχές έρευνας:

- Αντίκτυπος της μπαταρίας,
- Λειτουργία δικτύου και
- Απόκριση συστήματος

2.4.3 Ειδικότερες τεχνικές προδιαγραφές για τις μπαταρίες PEV που εξυπηρετούν την τεχνολογία V2G

Υπάρχουν τρεις σημαντικές διαφορές με τις μπαταρίες PEV ως φορτίο που λειτουργούν σε λειτουργίες εξυπηρέτησης V2G:

A) Οι μπαταρίες PEV διαθέτουν πολύπλοκα ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης ενέργειας για τον έλεγχο των μπαταριών που είναι συνδεδεμένες σε σειρά, οι οποίες θα πρέπει να είναι προσεκτικά ενσωματωμένες στο σύστημα ελέγχου.

B) Οι μπαταρίες PEV μπορεί να λειτουργήσουν ως πηγή τροφοδοσίας συνδεδεμένης στο δίκτυο ή στο κτίριο (δηλ. ως «αρνητικό» φορτίο, σε αντίθεση με απλώς μια προσαρμογή ή απόρριψη «θετικού» φορτίου).

Γ) Οι μπαταρίες PEV μπορούν να λειτουργήσουν ως πόρος εξισορρόπησης χωρητικότητας, λαμβάνοντας και προσφέροντας σε πραγματικό χρόνο ισχύ σε, σχεδόν, λειτουργία απόκρισης.

Αυτές οι διαφορές δημιουργούν την ανάγκη για υπηρεσίες συγκέντρωσης που μπορούν λογικά να ομαδοποιήσουν και να διαχειριστούν τα μεμονωμένα συνδεδεμένα PEV και να επικοινωνήσουν τα σήματα βοηθητικού προγράμματος σε ένα δομημένο πρωτόκολλο επικοινωνίας. Η απόκριση PEV/EVSE πρέπει να μετρηθεί και να επιβεβαιωθεί προκειμένου το σύστημα να είναι βιώσιμο ως πρακτικό εργαλείο στο πλαίσιο της προσφοράς και της ζήτησης στην αγορά. Ο συσσωρευτής έχει την ευθύνη να διασφαλίσει ότι όλα τα συμμετέχοντα PEV συνδέονται με ασφάλεια στο ηλεκτρικό δίκτυο, ότι υπάρχει κατάλληλη μέτρηση και διαχείριση δεδομένων, ότι οι εφαρμογές και τα πρωτόκολλα μηνυμάτων είναι σωστά καθορισμένα και λειτουργικά και ότι τα απαιτούμενα σήματα αγοράς και η εκπαίδευση των πελατών ενσωματώνονται με τον προβλεπόμενο τρόπο στην επιχειρηματική διαδικασία.

2.5 Ερευνητικά ζητήματα – Υποθέσεις εργασίας

Στην προσπάθεια διερεύνησης της στάσης της κοινής γνώμης απέναντι στην τεχνολογία V2G, επιχειρείται διερεύνηση των αντιλήψεων και των απόψεων για την ηλεκτροκίνηση και, ειδικότερα για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα τεχνολογίας V2G.

Η τεχνολογία V2G αποτελεί μια νέα πρόταση στην προσπάθεια διαχείρισης του προβλήματος εξοικονόμησης της ηλεκτρικής ενέργειας, της διαχείρισής της μετά τη λήψη της από τις ανανεώσιμες πηγές, καθώς και του αντίκτυπου της τεχνολογίας αυτής στο περιβάλλον. Ακόμη, η τεχνολογία V2G κομίζει προτάσεις αποκόμισης χρηματικού οφέλους για τον κάτοχο αυτοκινήτου V2G, μέσω της πώλησης του ρεύματος της μπαταρίας του αυτοκινήτου του στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Προκειμένου να ανιχνευθεί η γενικότερη στάση της κοινής γνώμης απέναντι στα παραπάνω, το δεύτερο μέρος της παρούσας εργασίας θα εστιάσει στη διερεύνηση των παρακάτω υποθέσεων εργασίας:

- **Υπάρχει επαρκής ενημέρωση και γνώση για την τεχνολογία V2G και τα πλεονεκτήματά της (H1)**
- **Η στάση απέναντι στην τεχνολογία V2G εξαρτάται από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά (H2)**
- **Η ηλεκτροκίνηση αντιμετωπίζεται ως οικονομική πρόταση (H3)**
- **Υπάρχει θετική στάση υιοθέτησης της ηλεκτροκίνησης (H4)**
- **Υπάρχει επαρκής γνώση για τα οικονομικά οφέλη που προσφέρει η τεχνολογία V2G (H5)**
- **Υφίσταται θετική στάση για την αξιοποίηση της τεχνολογίας V2G (H6)**

2^ο Μέρος – Ερευνητικό μέρος

Κεφάλαιο 3^ο. Μεθοδολογία της έρευνας

3.1 Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση του βαθμού γνώσης και πρόσληψης της τεχνολογίας V2G από την κοινή γνώμη, γεγονός που θα συνδράμει στην διαμόρφωση του υπόβαθρου ένταξης της τεχνολογίας αυτής στην καθημερινότητα των πολιτών, με ό,τι αυτό συνεπάγεται για τις ωφέλειες που μπορεί να προσφέρει η τεχνολογία V2G.

3.2 Δείγμα της έρευνας

Η ερευνητική προσπάθεια υλοποιήθηκε σε 129 συμμετέχοντες με τυχαιοποιημένη επιλογή, χωρίς να έχει τεθεί περιορισμός είτε σε δημογραφικά χαρακτηριστικά είτε σε επιμέρους δεδομένα που άπτονται του αντικειμένου της έρευνας αυτής.

3.3 Διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων

Το ερωτηματολόγιο στάλθηκε σε ηλεκτρονική μορφή στα ηλεκτρονικά ταχυδρομεία των ατόμων που με τυχαιοποιημένη επιλογή κλήθηκαν να το συμπληρώσουν. Πριν την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου προηγήθηκε ενημερωτικό κείμενο για τους σκοπούς της συγκεκριμένης έρευνας, προκειμένου να αποφασίσουν οι ερωτώμενοι αν επιθυμούν να συνεχίσουν στην συμπλήρωση των ερωτήσεων.

3.4 Ηθικά – δεοντολογικά ζητήματα της έρευνας

Προκειμένου να διασφαλιστούν οι κανόνες δεοντολογίας, ενημερώθηκαν οι ερωτώμενοι που επρόκειτο να συμπληρώσουν τα ερωτηματολόγια πριν την έναρξη της συμπλήρωσής αυτών για το περιεχόμενο της έρευνας, ενώ αναλύθηκε η σημασία διεξαγωγής της. Δόθηκαν οι απαραίτητες διαβεβαιώσεις σε κάθε συμμετέχοντα ότι οι απαντήσεις του στο ερωτηματολόγιο θα αξιοποιούνταν αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς και ότι είχε την δυνατότητα αποχώρησης από την έρευνα ανά πάσα ώρα και στιγμή. Παράλληλα, τηρήθηκαν όλες οι απαραίτητες και προβλεπόμενες ηθικές αρχές, προκειμένου να διασφαλιστεί η ανωνυμία και το απόρρητο τόσο των συμμετεχόντων στην έρευνα. Τέλος, ενημερώθηκαν όλοι οι συμμετέχοντες για το δικαίωμά της πληροφόρησής τους με τα αποτελέσματα αυτής

της έρευνας μετά την ολοκλήρωσή της (Debriefing), παρέχοντάς τους την σχετική φόρμα, η οποία παράλληλα προέβλεπε και την δυνατότητα δήλωσης αποχώρησης από την έρευνα αυτή.

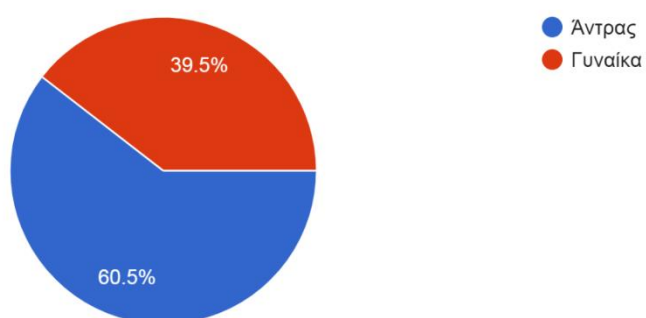
Κεφάλαιο 4ο. Αποτελέσματα της έρευνας

4.1 Περιγραφική στατιστική – Δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος

Φύλο

Τα 3/5 των συμμετεχόντων στην έρευνα είναι άντρες (Κυκλικό Διάγραμμα 1).

Φύλο
129 responses



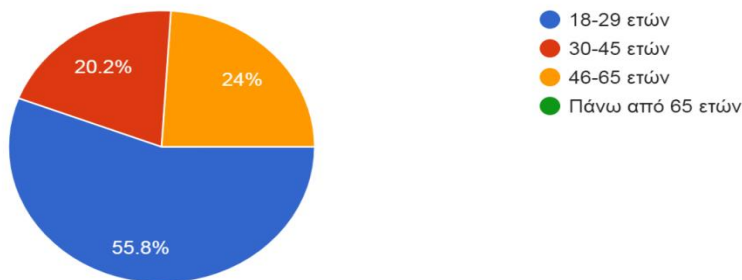
Κυκλικό Διάγραμμα 1. Φύλο

Ηλικία

Πάνω από τους μισούς συμμετέχοντες ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα των 18-29 ετών, ενώ το 25% των συμμετεχόντων ανήκουν στην αντίστοιχη των 46-65 ετών και το 1/5 των συμμετεχόντων στην ηλικιακή ομάδα των 30-45 ετών (Κυκλικό Διάγραμμα 2).

Ηλικία

129 responses



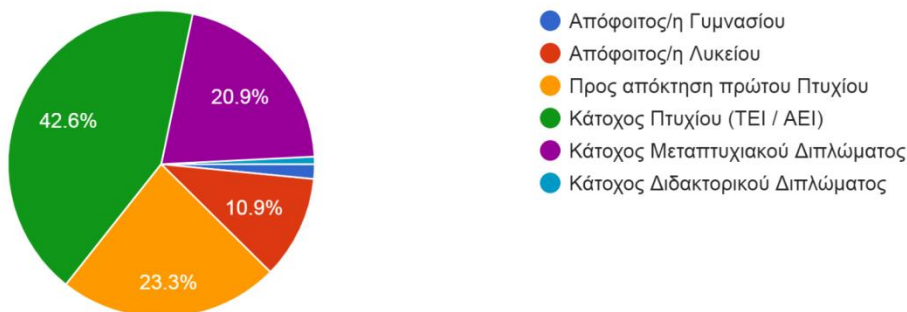
Κυκλικό Διάγραμμα 2. Ηλικία

Επίπεδο εκπαίδευσης

Όσον αφορά στο Επίπεδο Εκπαίδευσης των συμμετεχόντων, το 66% των συμμετεχόντων είναι κάτοχοι Πτυχίου Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης ή Μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών (Κυκλικό Διάγραμμα 3).

Επίπεδο Εκπαίδευσης

129 responses



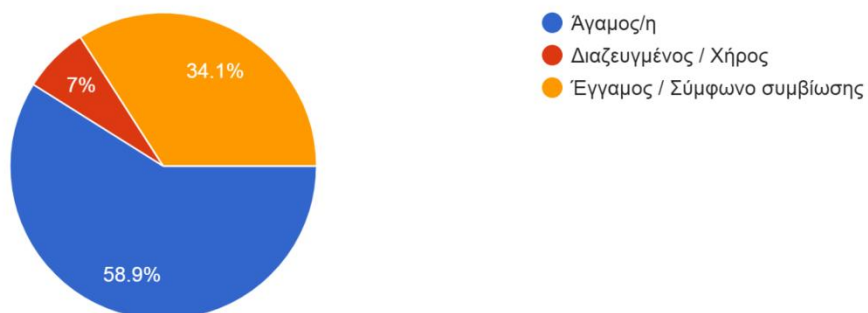
Κυκλικό Διάγραμμα 3. Επίπεδο Εκπαίδευσης

Οικογενειακή κατάσταση

Σχεδόν το 60% των συμμετεχόντων είναι άγαμοι (Κυκλικό Διάγραμμα 4)

Οικογενειακή Κατάσταση

129 responses

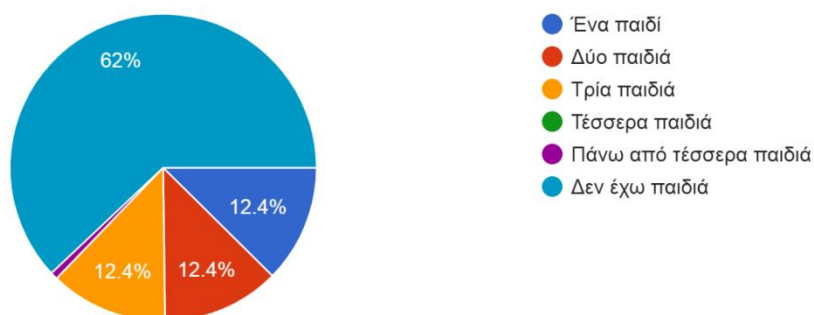


Κυκλικό Διάγραμμα 4. Οικογενειακή Κατάσταση

Μέχρι και δύο παιδιά δηλώνει το ¼ των συμμετεχόντων, ενώ δεν έχει παιδιά το 62% (Κυκλικό Διάγραμμα 5).

Αριθμός παιδιών

129 responses

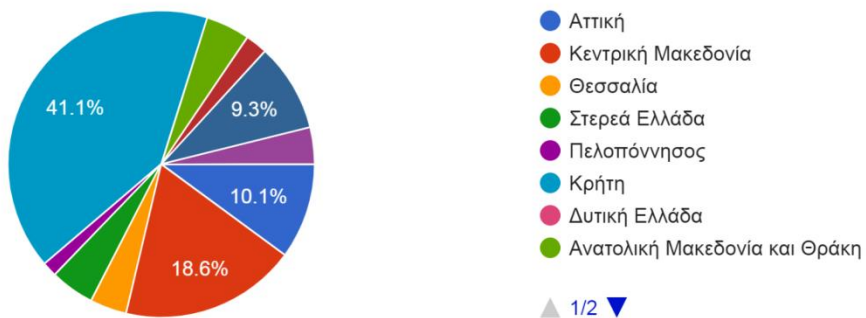


Κυκλικό Διάγραμμα 5. Αριθμός παιδιών

Τόπος διαμονής

Ως τόπο μόνιμης κατοικίας δηλώνει το 41,1% την Κρήτη, με το 18,6% να δηλώνει την Κεντρική Μακεδονία και το 10,1% την Αττική ((Κυκλικό Διάγραμμα 6).

Γεωγραφική κατανομή - Τόπος μόνιμης κατοικίας
129 responses

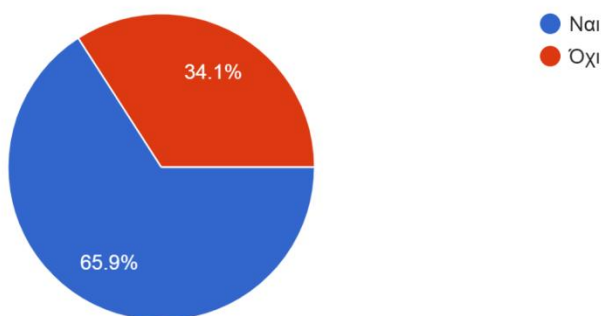


Κυκλικό Διάγραμμα 6. Γεωγραφική κατανομή - Τόπος μόνιμης κατοικίας

4.2 Χρήση Ι.Χ. αυτοκινήτου

Τα 2/3 των ερωτηθέντων δηλώνουν κάτοχοι Ι.Χ. αυτοκινήτου (Κυκλικό Διάγραμμα 7).

Είστε ιδιοκτήτης Ι.Χ. αυτοκινήτου;
129 responses

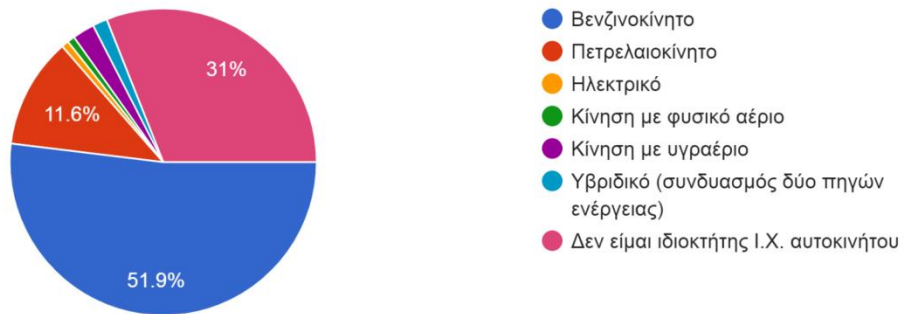


Κυκλικό Διάγραμμα 7. Ποσοστό κατόχων Ι.Χ. αυτοκινήτου

Από το σύνολο των ερωτηθέντων, περισσότεροι από τους μισούς (σχεδόν 52%) δηλώνουν ότι διαθέτουν βενζινοκίνητο Ι.Χ. αυτοκίνητο (Κυκλικό Διάγραμμα 8).

Αν είστε ιδιοκτήτης Ι.Χ. αυτοκινήτου, το αυτοκίνητό σας είναι:

129 responses

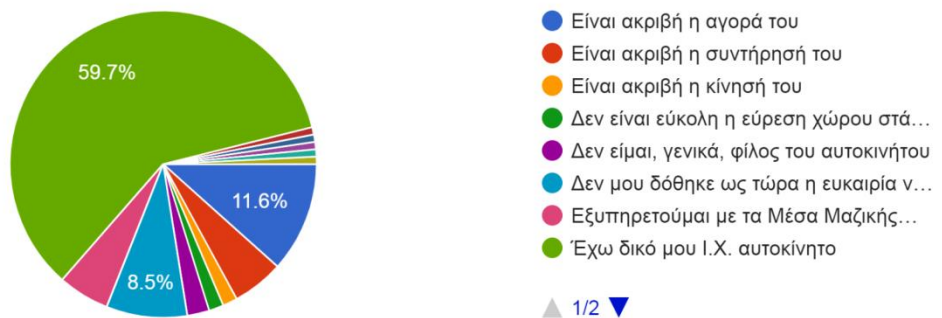


Κυκλικό Διάγραμμα 8. Τύπος Ι.Χ. αυτοκινήτου

Ως κυριότερος λόγος μη απόκτησης αυτοκινήτου αναφέρεται το κόστος της αγοράς του, με δεύτερο λόγο αυτόν του κόστους συντήρησής του(Κυκλικό Διάγραμμα 9).

Αν δεν έχετε δικό σας Ι.Χ. αυτοκίνητο, ποιος είναι ο λόγος που συμβαίνει αυτό;

129 responses

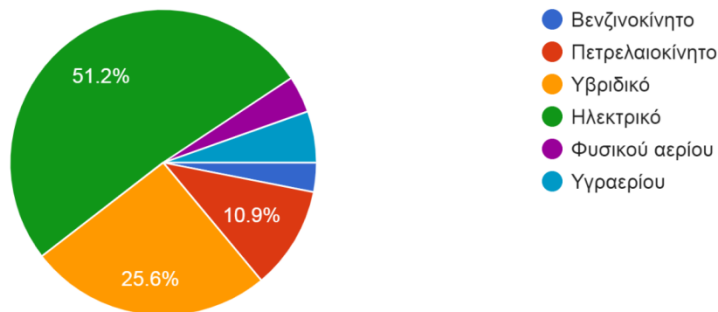


Κυκλικό Διάγραμμα 9. Λόγος μη απόκτησης Ι.Χ. αυτοκινήτου

Ως περισσότερο οικονομικό στην κατανάλωση κατά την κίνησή του αυτοκίνητο θεωρείται το ηλεκτρικό (51,2%), με το υβριδικό να ακολουθεί (25,6%). Στην τρίτη θέση βρίσκεται το πετρελαιοκίνητο (10,9%) (Κυκλικό Διάγραμμα 10).

Ποιο από τα παρακάτω είδη Ι.Χ. αυτοκινήτου θεωρείτε ότι είναι πιο οικονομικό στην κατανάλωση κατά την κίνησή του;

129 responses



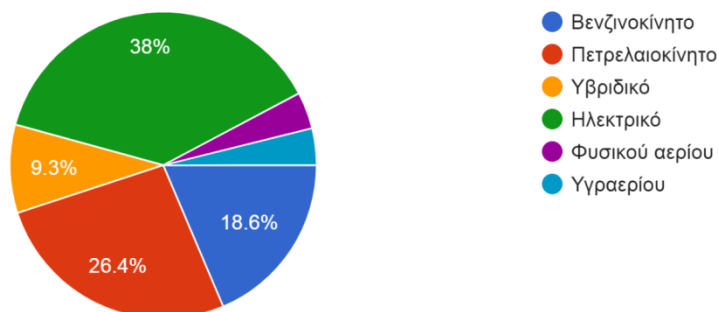
Κυκλικό Διάγραμμα 10. Τύπος περισσότερο οικονομικού στην κατανάλωση αυτοκινήτου

Ως περισσότερο οικονομικό στην συντήρησή του αυτοκίνητο θεωρείται το ηλεκτρικό (38%), ακολουθούμενο από το πετρελαιοκίνητο (26,4%), ενώ στην τρίτη θέση βρίσκεται το βενζινοκίνητο (18,6%) και στην τέταρτη θέση το υβριδικό (9,3%) (Κυκλικό Διάγραμμα 11).

4.3 Στάσεις ως προς την ηλεκτροκίνηση

Ποιο από τα παρακάτω είδη Ι.Χ. αυτοκινήτου θεωρείτε ότι είναι πιο οικονομικό στην συντήρησή του;

129 responses

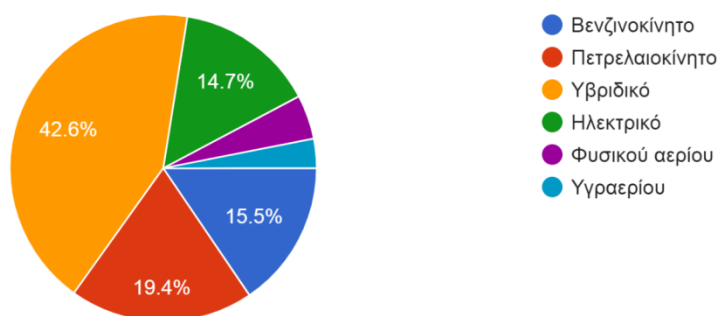


Κυκλικό Διάγραμμα 11. Τύπος οικονομικότερου αυτοκινήτου στην συντήρησή του

Στην επιλογή καινούριου αυτοκινήτου προηγείται το υβριδικό (42,6%), ακολουθούμενο από το πετρελαιοκίνητο (19,4%) και το βενζινοκίνητο (15,5%), ενώ μόλις στην τέταρτη θέση βρίσκεται το ηλεκτρικό αυτοκίνητο (14,7%) (Κυκλικό Διάγραμμα 12), γεγονός που αποδίδεται τόσο στην έλλειψη επαρκούς ενημέρωσης για τα πλεονεκτήματα του ηλεκτρικού αυτοκινήτου όσο, ίσως, στο υψηλό, ακόμη, κόστος αγοράς του, αλλά και στο γεγονός της ανεπαρκούς ανάπτυξης του υποστηρικτικού δικτύου φόρτισής του.

Αν προχωρούσατε σε αγορά καινούριου Ι.Χ. αυτοκινήτου, ποιο από τα παρακάτω είδη θα επιλέγατε;

129 responses

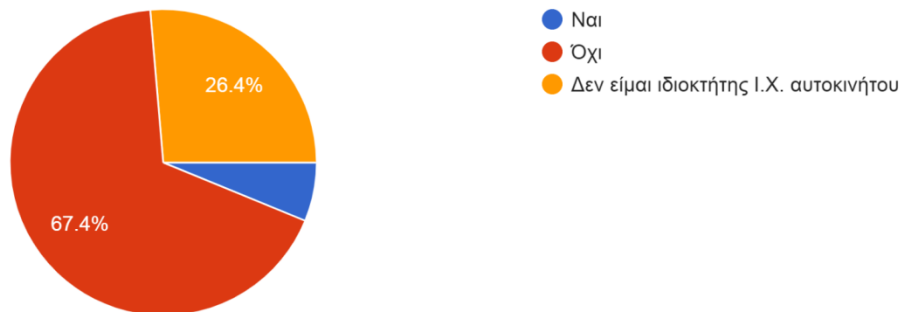


Κυκλικό Διάγραμμα 12. Επιλογή καινούριου αυτοκινήτου

Η συντριπτική πλειοψηφία των ιδιοκτητών Ι.Χ. (67,4% έναντι 6,2%) δηλώνει ότι δεν έχει προχωρήσει σε μετατροπή του κινητήρα του αυτοκινήτου του προκειμένου να κινείται και με υγραέριο (Κυκλικό Διάγραμμα 13).

Έχετε προχωρήσει σε μετατροπή του κινητήρα του αυτοκινήτου σας, προκειμένου να καταναλώνει και υγραέριο;

129 responses

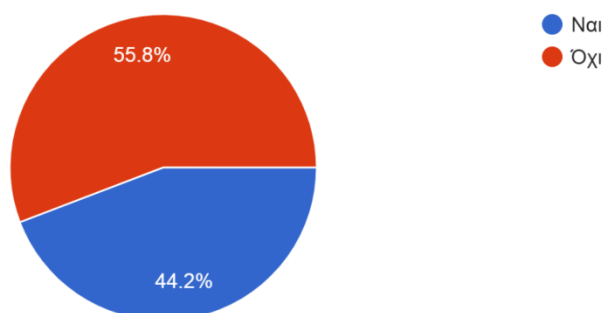


Κυκλικό Διάγραμμα 13. Μετατροπή κινητήρα του ιδιόκτητου Ι.Χ.

Οι περισσότεροι ερωτηθέντες δηλώνουν ότι δεν θα πρότειναν σε φιλικό τους πρόσωπο την μετατροπή του κινητήρα του αυτοκινήτου, ώστε να καταναλώνει και υγραέριο (Κυκλικό Διάγραμμα 14). Εντύπωση, πάντως, προκαλεί το γεγονός ότι ένα σημαντικό ποσοστό (44,2%) δηλώνει ότι θα πρότεινε την μετατροπή αυτή, αν και το ποσοστό αυτό δεν συμβαδίζει με την στάση των ιδιοκτητών Ι.Χ. αυτοκινήτων ως προς την αντιμετώπιση του δικού τους αυτοκινήτου (βλ. προηγούμενο Κυκλικό Διάγραμμα 13).

Θα προτείνατε σε φιλικό σας άτομο να προχωρήσει σε μετατροπή του κινητήρα του αυτοκινήτου του, προκειμένου να καταναλώνει και υγραέριο;

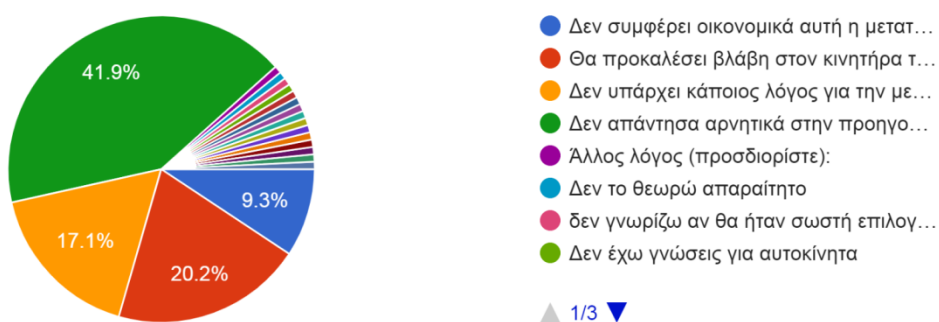
129 responses



Κυκλικό Διάγραμμα 14. Πιθανότητα πρότασης μετατροπής του κινητήρα σε φίλους

Ο κυριότερος λόγος που επικαλούνται όσοι ερωτηθέντες απαντούν ότι δεν θα πρότειναν σε φιλικό τους πρόσωπο τη μετατροπή του κινητήρα του αυτοκινήτου τους σε υγραεριοκίνητο είναι ότι θεωρούν πως κάτι τέτοιο θα προκαλέσει βλάβη στον κινητήρα (20,2%) (Κυκλικό Διάγραμμα 15).

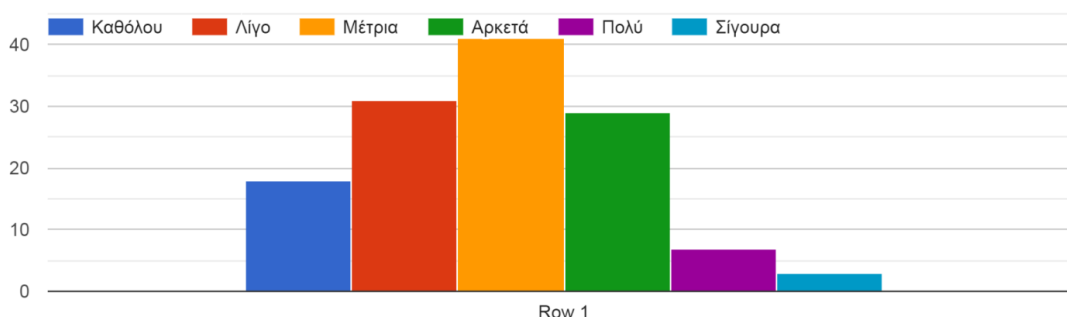
Αν απαντήσατε αρνητικά στην προηγούμενη ερώτηση, για πιο λόγο δεν θα προτείνατε σε φιλικό σας πρόσωπο να προχωρήσει σε μετατροπή του κι...του, προκειμένου να καταναλώνει και υγραέριο;
129 responses



Κυκλικό Διάγραμμα 15. Λόγος μη θετικής προτροπής σε φιλικό πρόσωπο για μετατροπή του κινητήρα σε υγραεριοκίνητο

Σχεδόν έξι στους δέκα ερωτηθέντες απαντούν ότι η πιθανότητα το επόμενο ή το πρώτο αυτοκίνητό τους να είναι ηλεκτρικό είναι αρκετά, πολύ πιθανό ή και σίγουρο (Ραβδόγραμμα 1).

Πόσο πιθανό είναι το επόμενο αυτοκίνητό σας ή το πρώτο αυτοκίνητό σας να είναι ηλεκτρικό;

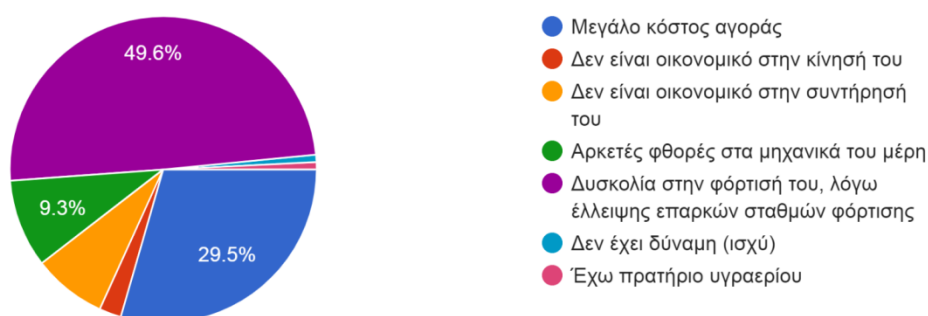


Ραβδόγραμμα 1. Πιθανότητα το επόμενο αυτοκίνητο να είναι ηλεκτρικό

Ως σημαντικότερος λόγος αποτροπής αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου αναφέρεται από τους μισούς, σχεδόν , των ερωτηθέντων η δυσκολία στην φόρτισή του, λόγω έλλειψης επαρκών σταθμών φόρτισης, ενώ, ως δεύτερος λόγος το μεγάλο κόστος αγοράς (29,5%) (Κυκλικό Διάγραμμα 16).

Ποιος από τους παρακάτω λόγους θα ήταν περισσότερο αποτρεπτικός, ώστε να μην αγοράσετε ηλεκτρικό αυτοκίνητο;

129 responses

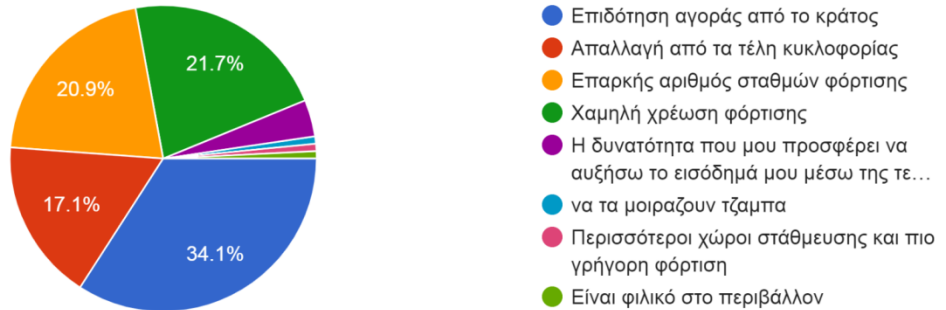


Κυκλικό Διάγραμμα 16. Λόγος αποτροπή αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Ως κύριος ενισχυτικός λόγος αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου αναφέρεται η επιδότησή της από το κράτος (34,1%), ενώ ακολουθούν η χαμηλή φόρτιση φόρτισης (21,7%), η επάρκεια του αριθμού των σταθμών φόρτισης (20,9%) και η απαλλαγή από τα τέλη κυκλοφορίας (17,1%) (Κυκλικό Διάγραμμα 17). Είναι φανερό ότι ο οικονομικός παράγοντας αποτελεί ισχυρό κίνητρο στην απόφαση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

Ποιος από τους παρακάτω λόγους θα λειτουργούσε περισσότερο ενισχυτικά στην απόφασή σας να αγοράσετε ηλεκτρικό αυτοκίνητο;

129 responses

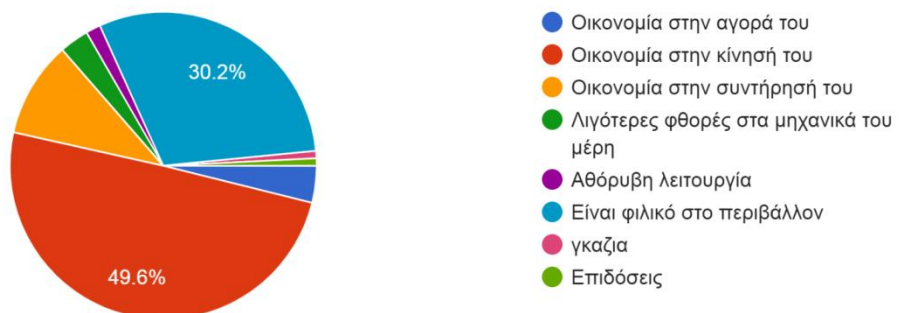


Κυκλικό Διάγραμμα 17. Ενισχυτικός λόγος αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Ως σημαντικότερο πλεονέκτημα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου αναφέρεται από τους μισούς, σχεδόν, συμμετέχοντες η οικονομία στην κίνησή του (49,6%), ακολουθούμενος από την οικονομία στην αγορά του (30,2%) (Κυκλικό Διάγραμμα 18). Και πάλι, ο οικονομικός παράγοντας πρωτοστατεί στην στάση απέναντι στα πλεονεκτήματα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Ποιο θεωρείτε ως σημαντικότερο πλεονέκτημα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου;

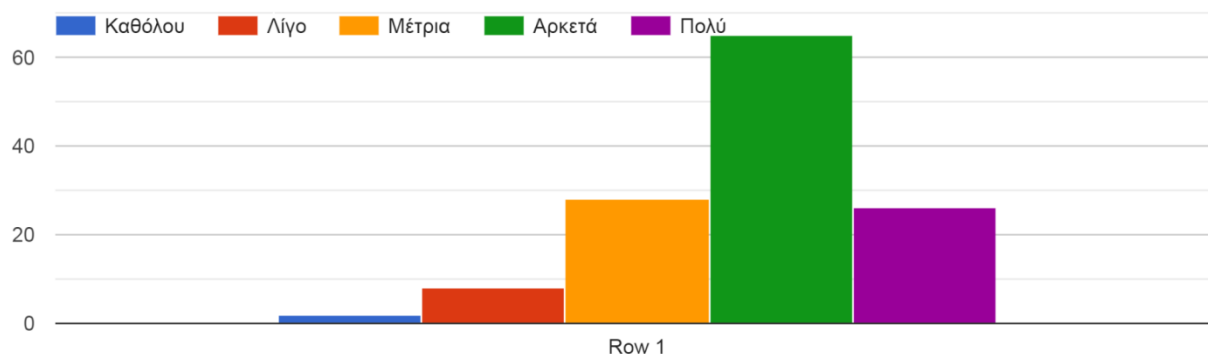
129 responses



Κυκλικό Διάγραμμα 18. Σημαντικότερο πλεονέκτημα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου

Η χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος αξιολογείται ως αρκετά ή πολύ σημαντική από τους επτά στους δέκα συμμετέχοντες (Ραβδόγραμμα 2).

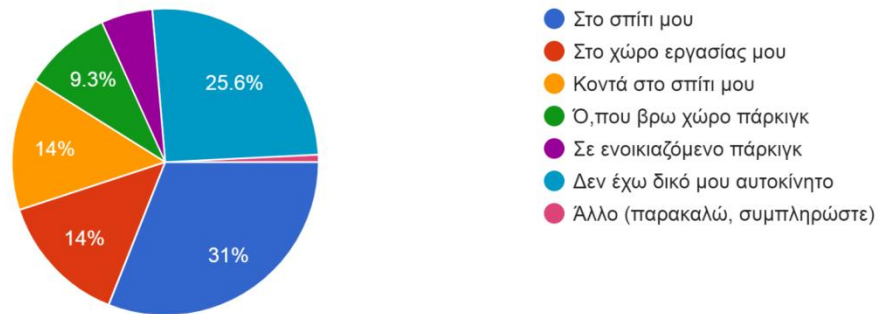
Πόσο σημαντική θεωρείτε τη χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος;



Ραβδόγραμμα 2. Σημαντικότητα της χρήσης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος

Ως τόπος παρκαρίσματος του αυτοκινήτου τις περισσότερες ώρες της ημέρας αναφέρεται το σπίτι (31%), ακολουθούμενος από χώρο κοντά στο σπίτι ή στο χώρο εργασίας (ίδιο ποσοστό: 14%), ενώ, σχεδόν ένας στους δέκα δηλώνει ότι όπου βρει να παρκάρει (Κυκλικό Διάγραμμα 19).

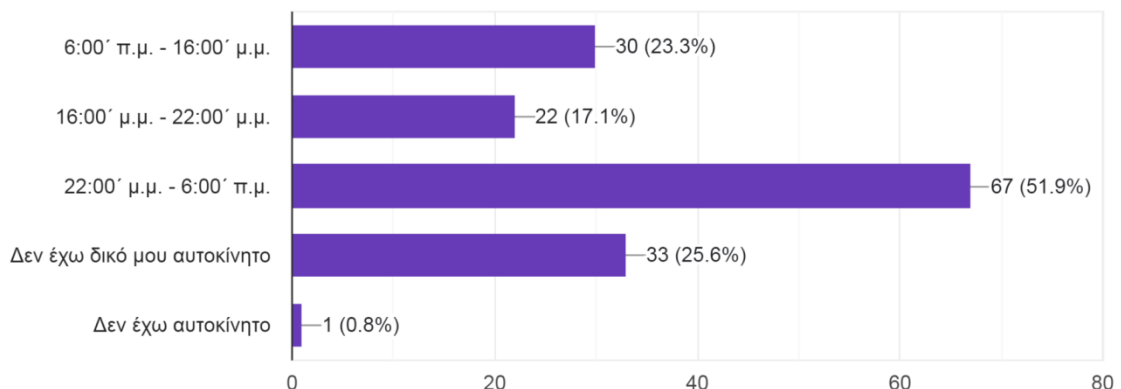
Τόπος παρκαρίσματος του αυτοκινήτου σας τις περισσότερες ώρες της ημέρας
129 responses



Κυκλικό Διάγραμμα 19. Τόπος παρκαρίσματος του αυτοκινήτου τις περισσότερες ώρες της ημέρας

Περισσότεροι από τους μισούς συμμετέχοντες (51,9%) δηλώνουν ότι το αυτοκίνητό τους παραμένει παρκαρισμένο κατά το χρονικό διάστημα 22:00' μ.μ. - 06:00' π.μ., ενώ ένας στους πέντε (23,3%) κατά το χρονικό διάστημα 06:00' π.μ. - 16:00' μ.μ. (Ραβδόγραμμα 3).

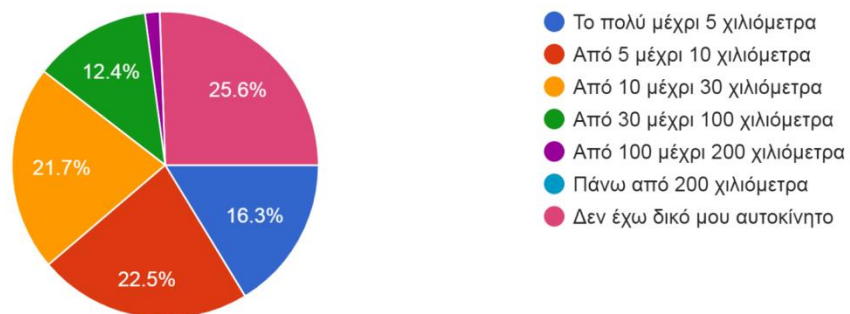
Ποιες ώρες το εικοσιτετράωρο είναι παρκαρισμένο το αυτοκίνητό σας; (Παρακαλώ, επιλέξτε την περίπτωση ή τις περιπτώσεις που αντιπροσωπεύουν καλύτερα την δική σας περίπτωση)
129 responses



Ραβδόγραμμα 3. Χρονική διάρκεια παρκαρίσματος του αυτοκινήτου στο εικοσιτετράωρο

Ένας στους πέντε συμμετέχοντες δηλώνει ότι διανύει καθημερινά από 5 μέχρι 10 χιλιόμετρα, ενώ, με το ίδιο, σχεδόν ποσοστό δηλώνεται η χιλιομετρική απόσταση από 10 μέχρι 30 χιλιόμετρα. Ως πέντε, το πολύ, χιλιόμετρα, δηλώνει το 12,4% των συμμετασχόντων (Κυκλικό Διάγραμμα 20).

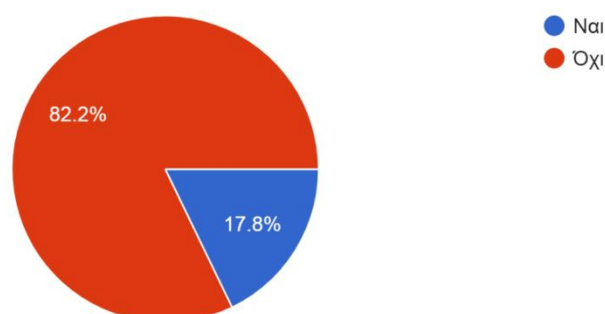
Πόσα χιλιόμετρα, κατά μέσο όρο, διανύετε καθημερινά με το αυτοκίνητό σας;
129 responses



Κυκλικό Διάγραμμα 20. Καθημερινή διανομή χιλιομετρική απόσταση

Η συντριπτική πλειονότητα των συμμετεχόντων (πάνω από τους 8 στους δέκα) δηλώνει άγνοια για την τεχνολογία V2G (Κυκλικό Διάγραμμα 21).

Γνωρίζετε την τεχνολογία V2G (Vehicle - To - Grid);
129 responses

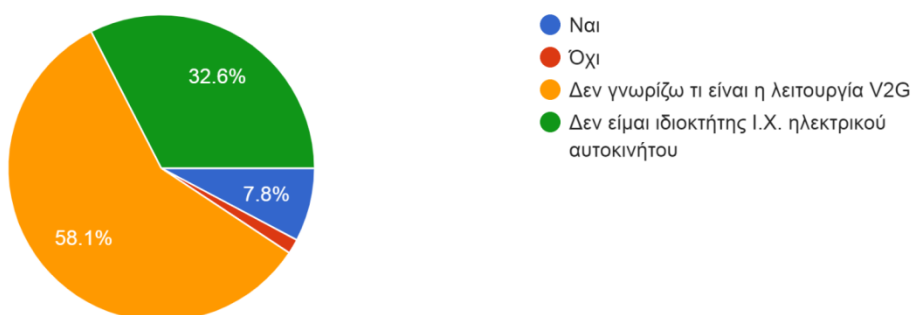


Κυκλικό Διάγραμμα 21. Γνώση της τεχνολογίας V2G

Σχεδόν οι 8 στους 10 από όσους γνωρίζουν την τεχνολογία V2G εκφράζουν την πρόθεσή τους να αξιοποιήσουν την τεχνολογία αυτή (Κυκλικό Διάγραμμα 22).

Αν είστε ιδιοκτήτης Ι.Χ. ηλεκτρικού αυτοκινήτου, είστε διατεθειμένος να αξιοποιήσετε την λειτουργία V2G;

129 responses

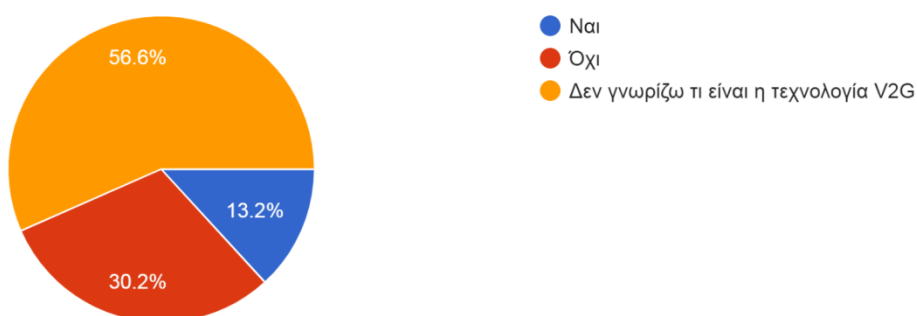


Κυκλικό Διάγραμμα 22. Πρόθεση αξιοποίησης της τεχνολογίας V2G

Σχεδόν 7 στους 10 των συμμετεχόντων που δηλώνουν ότι γνωρίζουν την τεχνολογία V2G απαντούν ότι δεν γνωρίζουν την δυνατότητα που η τεχνολογία αυτή προσφέρει στην αύξηση του εισοδήματος (Κυκλικό Διάγραμμα 23).

Γνωρίζετε ότι η λειτουργία ενός αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G (Vehicle - To - Grid) μπορεί να σας προσφέρει επιπλέον εισόδημα;

129 responses

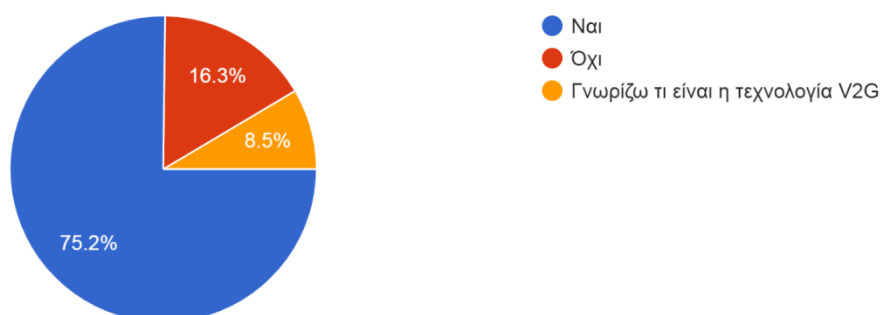


Κυκλικό Διάγραμμα 23. Γνώση για την δυνατότητα που προσφέρει η τεχνολογία V2G στην αύξηση του εισοδήματος

Τρεις στους τέσσερις (75,2%) συμμετέχοντες εκδηλώνουν το ενδιαφέρον τους να ενημερωθούν για την τεχνολογία V2G. Το ποσοστό αυτό εκτινάσσεται ακόμη υψηλότερα (82,2%) αν η αναγωγή πραγματοποιηθεί μεταξύ όσων δεν γνωρίζουν τι είναι αυτή η τεχνολογία (Κυκλικό Διάγραμμα 24).

Θα σας ενδιέφερε να ενημερωθείτε για την τεχνολογία V2G, προκειμένου να ενισχύσετε το εισόδημά σας;

129 responses

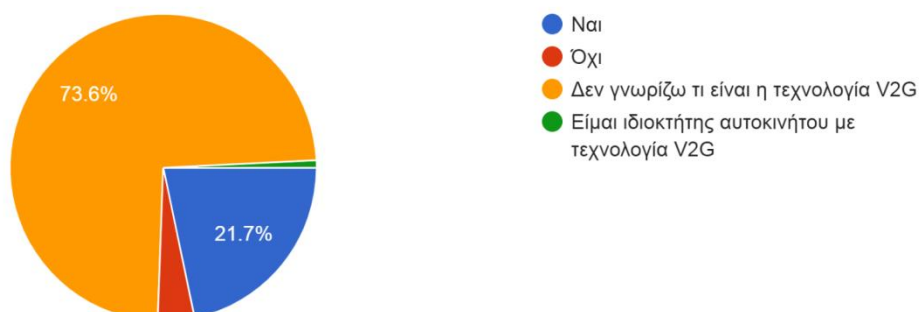


Κυκλικό Διάγραμμα 24. Ενδιαφέρον ενημέρωσης για την τεχνολογία V2G

Από όσους γνωρίζουν για την τεχνολογία V2G, οι 8 στους 10 εκφράζουν την πρόθεσή τους να αγοράσουν ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το ποσοστό αυτών που δεν γνωρίζουν για την συγκεκριμένη τεχνολογία είναι ιδιαίτερα υψηλό (73,6%) (Κυκλικό Διάγραμμα 25).

Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;

129 responses



Κυκλικό Διάγραμμα 25. Πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

4.4 Έλεγχος συσχετίσεων

4.4.1 Συσχετίσεις ως προς την πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου V2G

Προκειμένου να διερευνηθεί η συσχέτιση της πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου τόσο με το φύλο και την ηλικία, όσο και με το επίπεδο εκπαίδευσης, αλλά και την οικογενειακή κατάσταση, καθώς και τον αριθμό των παιδιών της οικογένειας των συμμετεχόντων στην έρευνα, πραγματοποιείται έλεγχος συσχετίσεων Pearson.

A) Συσχέτιση του φύλου με την πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

		Φύλο	Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;
Φύλο	Pearson Correlation	1	,260**
	Sig. (2-tailed)		,003
	N	129	129
Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;	Pearson Correlation	,260**	1
	Sig. (2-tailed)	,003	
	N	129	129

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson δείχνει ότι υπάρχει μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G ($r = 0,260$, $df = 127$, $p < 0,003$). Οι γυναίκες εκφράζουν ισχυρότερη πρόθεση να προχωρήσουν σε αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου τεχνολογίας V2G.

Β) Συσχέτιση της ηλικίας με την πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

Correlations

		Ηλικία	Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;
Ηλικία	Pearson Correlation	1	,277**
	Sig. (2-tailed)		,001
	N	129	129
Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;	Pearson Correlation	,277**	1
	Sig. (2-tailed)	,001	
	N	129	129

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson δείχνει ότι υπάρχει μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G ($r = 0,277$, $df = 127$, $p < 0,001$). Οι μεγαλύτερες ηλικίες εκφράζουν ισχυρότερη πρόθεση να προχωρήσουν σε αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου τεχνολογίας V2G.

Γ) Συσχέτιση του επιπέδου εκπαίδευσης με την πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

Correlations

		Επίπεδο εκπαίδευσης	Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;
Επίπεδο εκπαίδευσης	Pearson Correlation	1	,007
	Sig. (2-tailed)		,934
	N	129	129
Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;	Pearson Correlation	,007	1
	Sig. (2-tailed)	,934	
	N	129	129

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson δείχνει ότι δεν υφίσταται συσχέτιση μεταξύ του Επιπέδου Εκπαίδευσης και της πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G ($r = 0,007$, $df = 127$, $p < 0,934$).

Δ) Συσχέτιση της οικογενειακής κατάστασης με την πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

		Οικογενειακή κατάσταση	Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;
Οικογενειακή κατάσταση	Pearson Correlation	1	,235**
	Sig. (2-tailed)		,007
	N	129	129
Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;	Pearson Correlation	,235**	1
	Sig. (2-tailed)	,007	
	N	129	129

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson δείχνει ότι υφίσταται μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ της οικογενειακής κατάστασης και της πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G ($r = 0,235$, $df = 127$, $p < 0,007$).

Ε) Συσχέτιση του αριθμού παιδιών μιας οικογένειας με την πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

		Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;	Αριθμός παιδιών
Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;	Pearson Correlation	1	-,199*
	Sig. (2-tailed)		,024
	N	129	129
Αριθμός παιδιών	Pearson Correlation	-,199*	1
	Sig. (2-tailed)	,024	
	N	129	129

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson δείχνει ότι υφίσταται μέτρια αρνητική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των παιδιών και της πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G ($r = -0,199$, $df = 127$, $p < 0,024$). Οι οικογένειες με μεγαλύτερο αριθμό παιδιών αντιμετωπίζουν λιγότερο θετικά το ενδεχόμενο να προχωρήσουν σε αγορά ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G.

4.4.2 Συσχετίσεις ως προς την οικολογική πρόσληψη του αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

A) Συσχέτιση του φύλου με την οικολογική πρόσληψη του αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

		Φύλο	Πόσο σημαντική θεωρείτε τη χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος;
Φύλο	Pearson Correlation	1	,225*
	Sig. (2-tailed)		,010
	N	129	129
Πόσο σημαντική θεωρείτε τη χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος;	Pearson Correlation	,225*	1
	Sig. (2-tailed)	,010	
	N	129	129

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson δείχνει ότι υπάρχει μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της οικολογικής πρόσληψης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G ($r = 0,225$, $df = 127$, $p < 0,010$). Οι γυναίκες φαίνεται να προσλαμβάνουν σε μεγαλύτερο βαθμό το ηλεκτρικό αυτοκίνητο V2G όσον αφορά στην οικολογική του προσφορά.

B) Συσχέτιση της ηλικίας με την οικολογική πρόσληψη του αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

Correlations

		Ηλικία	Πόσο σημαντική θεωρείτε τη χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος;
Ηλικία	Pearson Correlation	1	,046
	Sig. (2-tailed)		,603
	N	129	129
Πόσο σημαντική θεωρείτε τη χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος;	Pearson Correlation	,046	1
	Sig. (2-tailed)	,603	
	N	129	129

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson δείχνει ότι δεν υφίσταται συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της οικολογικής πρόσληψης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G ($r = 0,046$, $df = 127$, $p < 0,603$).

Γ) Συσχέτιση του επιπέδου εκπαίδευσης με την οικολογική πρόσληψη του αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson δείχνει ότι δεν υφίσταται συσχέτιση μεταξύ του επιπέδου εκπαίδευσης και της οικολογικής πρόσληψης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G ($r = 0,036$, $df = 127$, $p < 0,682$).

Correlations

		Επίπεδο εκπαίδευσης	Πόσο σημαντική θεωρείτε τη χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος;
Επίπεδο εκπαίδευσης	Pearson Correlation	1	,036
	Sig. (2-tailed)		,682
	N	129	129
Πόσο σημαντική θεωρείτε τη χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος;	Pearson Correlation	,036	1
	Sig. (2-tailed)	,682	
	N	129	129

4.4.3 Συσχέτιση μεταξύ των καθημερινά διανυόμενων χιλιομέτρων και της πρόθεσης αγοράς αυτοκινήτου V2G

Correlations

		Πόσα χιλιόμετρα, κατά μέσο όρο, διανύετε καθημερινά με το αυτοκίνητό σας;	Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;
Πόσα χιλιόμετρα, κατά μέσο όρο, διανύετε καθημερινά με το αυτοκίνητό σας;	Pearson Correlation	1	-,108
	Sig. (2-tailed)		,225
	N	129	129
Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο με τεχνολογία V2G;	Pearson Correlation	-,108	1
	Sig. (2-tailed)	,225	
	N	129	129

Ο έλεγχος συσχέτισης Pearson δείχνει ότι δεν υφίσταται σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των διανυόμενων χιλιομέτρων και της πρόθεσης και της οικολογικής πρόσληψης του ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τεχνολογία V2G ($r = -0,108$, $df = 127$, $p < 0,225$).

Στο ίδιο συμπέρασμα οδηγεί ο έλεγχος συσχέτισης Pearson μεταξύ των καθημερινά διανυόμενων χιλιομέτρων και της πρόθεσης αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου ($r = -0,002$ $df = 127$, $p < 0,9855$).

Correlations

		Πόσα χιλιόμετρα, κατά μέσο όρο, διανύετε καθημερινά με το αυτοκίνητό σας;	Πόσο πιθανό είναι το επόμενο ή το πρώτο αυτοκίνητό σας να είναι ηλεκτρικό;
Πόσα χιλιόμετρα, κατά μέσο όρο, διανύετε καθημερινά με το αυτοκίνητό σας;	Pearson Correlation	1	-,002
	Sig. (2-tailed)		,985
	N	129	129
Πόσο πιθανό είναι το επόμενο ή το πρώτο αυτοκίνητό σας να είναι ηλεκτρικό;	Pearson Correlation	-,002	1
	Sig. (2-tailed)	,985	
	N	129	129

4.5 Συμπεράσματα συσχετίσεων

Οι πραγματοποιηθείσες συσχετίσεις, συνδυαζόμενες με τις απαντήσεις που δόθηκαν στην ερώτηση αν γνωρίζουν την τεχνολογία V2G) στην οποία ποσοστό 82,2% εξέφρασε την άγνοιά του για την συγκεκριμένη τεχνολογία) οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η άγνοια των πλεονεκτημάτων των ηλεκτρικών αυτοκινήτων και, σε μεγαλύτερο βαθμό, των αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G δεν επιτρέπει την διαμόρφωση αντικειμενικής γνώμης και, κατ' επέκταση, θετικής στάσης απέναντι στα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης και, ακόμη περισσότερο, στα αντίστοιχα της τεχνολογίας V2G. Η άγνοια αυτή λειτουργεί καταλυτικά στο σύνολο των συμμετεχόντων, με αποτέλεσμα τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας V2G να μην βρίσκουν έκφραση στο φύλο, στην ηλικία, στο επίπεδο εκπαίδευσης, στην οικογενειακή κατάσταση, στον αριθμό των παιδιών στην οικογένεια. Άγνοια, που φαίνεται να συνδέεται στενά με την αντίστοιχη για τα πλεονεκτήματα του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, όπως συνάγεται από τις απαντήσεις που δόθηκαν σε σχετικές ερωτήσεις.

4.6 Αποτελέσματα

Έχοντας υπόψη την παραπάνω στατιστική ανάλυση των συγκεντρωθέντων στοιχείων από τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια της έρευνας, εξάγονται μια σειρά συμπερασμάτων, τα οποία στη συνέχεια θα αξιοποιηθούν, προκειμένου να ακολουθήσει ο έλεγχος των υποθέσεων εργασίας που τέθηκαν παραπάνω.

Ο παράγοντας της οικονομίας διαχέεται στις απαντήσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα της εργασίας αυτής. Πρόκειται για αναμενόμενο εύρημα, αφού από τον παράγοντα αυτό διαμορφώνεται σε σημαντικό ποσοστό η στάση απέναντι στην αξιοποίηση της τεχνολογίας V2G, αν και η άγνοια για την τεχνολογία αυτή δεν επιτρέπει την αντικειμενική εκτίμηση της στάσης των πολιτών για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα της εν λόγω τεχνολογίας.

Ειδικότερα, το ηλεκτρικό αυτοκίνητο φαίνεται να προηγείται στις εκτιμήσεις των συμμετεχόντων, τόσο στην οικονομική διάσταση της κατανάλωσης, όσο της συντήρησης, αν και στην επιλογή αγοράς καινούριου αυτοκινήτου προηγείται το υβριδικό. Στην πρόθεσή τους αν αγοράσουν αυτοκίνητο, αυτό να είναι ηλεκτρικό,

εμφανίζονται θετικοί. Όσοι εμφανίζονται διστακτικοί σε αυτό το ενδεχόμενο, αυτή η διστακτικότητά τους αποδίδεται είτε σε ατέλειες στην υλικοτεχνική υποδομή (έλλειψη επαρκών σταθμών φόρτισης) είτε στο μεγάλο κόστος αγοράς. Από την άλλη, υποστηρίζεται ότι η οικονομική ενίσχυση της αγοράς ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είτε με τη μορφή της επιδότησης της αγοράς του είτε με αυτήν της χαμηλής φόρτισης φόρτισής του είτε με την απαλλαγή από τα τέλη κυκλοφορίας αποτελεί ενισχυτικό παράγοντα στην απόφαση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Σε κάθε περίπτωση, η οικονομία στην κίνησή του και η οικονομία στη αγορά του αποτελούν τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου.

Όσον αφορά στην στάση τους σχετικά με τις επιλογές οικονομικότερης μετακίνησης, όπως είναι η μετατροπή ενός συμβατικού βενζινοκινητήρα προκειμένου να καταναλώνει υγραέριο, η επιλογή αυτή φαίνεται να τους διχάζει, αφού οι περισσότεροι ιδιοκτήτες Ι.Χ. δεν έχουν προχωρήσει σε υλοποίηση αυτής της επιλογής τους, αν και σε ένα σημαντικό ποσοστό εμφανίζονται διατεθειμένοι να προτείνουν την λύση αυτή σε κάποιο φίλο τους.

Ο παράγοντας της οικολογικής διάστασης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ειδικότερα στην κατεύθυνση της προστασίας του περιβάλλοντος, εκτιμάται ως σημαντική από την πλειονότητα των συμμετεχόντων.

Προκειμένου να διερευνηθούν οι συνθήκες που καθιστούν συμφέρουσα την απόκτηση και χρήση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου V2G, ζητήθηκε από τους ερωτηθέντες να προσδιορίσουν τόσο τον τόπο παρκαρίσματος τις περισσότερες ώρες του εικοσιτετραώρου, όσο και το σχετικό χρονικό διάστημα, καθώς και την καθημερινή διανυόμενη χιλιομετρική απόσταση. Οι συγκεκριμένες πληροφορίες σχετίζονται με την διαθεσιμότητα του δικτύου να φορτίσει τις μπαταρίες του αυτοκινήτου τεχνολογίας V2G, καθώς και την διαθεσιμότητα του αυτοκινήτου αυτού να προσφέρει το ρεύμα των μπαταριών του στο ηλεκτρικό δίκτυο. Ως τόπος παρκαρίσματος τις περισσότερες ώρες την ημέρας αναφέρεται το σπίτι με συχνότερο αναφερόμενο χρονικό διάστημα αυτό μεταξύ 22:00' - 16:00'. Επιπρόσθετα, η πλειονότητα των ιδιοκτητών Ι.Χ. αυτοκινήτων δηλώνει μικρή, καθημερινά, διανυόμενη χιλιομετρική απόσταση. Ο συνδυασμός των τριών αυτών απαντήσεων είναι ευνοϊκός στην προοπτική της αξιοποίησης της τεχνολογίας V2G από τους πολίτες, με την προϋπόθεση ότι τόσο το δίκτυο φόρτισης των μπαταριών ενός

αυτοκινήτου V2G όσο και το αντίστοιχο που μεταφέρει το ρεύμα των μπαταριών του αυτοκινήτου V2G στο δίκτυο είναι επαρκώς αναπτυγμένο.

Στην έρευνα αυτή, ο σημαντικότερος αποτρεπτικός παράγοντας αξιοποίησης της τεχνολογίας V2G φαίνεται να είναι η ίδια η άγνοια για την τεχνολογία αυτή και για τα οικονομικά της πλεονεκτήματα, αφού η συντριπτική πλειονότητα των συμμετεχόντων στην έρευνα δηλώνει πως δεν γνωρίζει την νέα αυτή τεχνολογία. Το εύρημα αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός πως η συντριπτική πλειονότητα όσων γνωρίζουν την τεχνολογία V2G απαντούν ότι είναι διατεθειμένοι να αγοράσουν αυτοκίνητο τεχνολογίας V2G, καθώς και να αξιοποιήσουν την τεχνολογία αυτή, αναδύει την αναγκαιότητα της ευρείας και συντονισμένης προσπάθειας ενημέρωσης της κοινής γνώμης για τα οικονομικά πλεονεκτήματα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου τεχνολογίας V2G. Αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι από όσους γνωρίζουν την τεχνολογία V2G και διάκεινται ευνοϊκά σε αυτήν, ένα ιδιαίτερα μεγάλο ποσοστό αγνοεί ότι η τεχνολογία αυτή προσφέρει την δυνατότητα της αύξησης του εισοδήματος μέσω της πώλησης του ρεύματος των μπαταριών του αυτοκινήτου V2G στο ηλεκτρικό δίκτυο, καθιστά την αναγκαιότητα της συντονισμένης και ευρείας ενημέρωσης ακόμη επιτακτικότερη. Εξάλλου, το ενδιαφέρον της πληρέστερης ενημέρωσης για την τεχνολογία αυτή εκφράζεται σε έντονο βαθμό από την πλειονότητα των ερωτηθέντων.

Ο έλεγχος των συσχετίσεων μεταξύ των συγκεντρωθέντων στοιχείων ανέδειξε τα παρακάτω ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Η πρόθεση αγοράς ηλεκτρικού αυτοκινήτου δεν φαίνεται να συσχετίζεται σε σημαντικό βαθμό (μέτρια συσχέτιση) είτε με το φύλο είτε με την ηλικία, ενώ δεν υφίσταται καθόλου συσχέτιση με το επίπεδο εκπαίδευσης όσο και με το επίπεδο εκπαίδευσης, καθώς και την οικογενειακή κατάσταση, αλλά και τον αριθμό των παιδιών της οικογένειας.

Όσον αφορά στην οικολογική πρόσληψη του αυτοκινήτου τεχνολογίας V2G επίσης δεν φαίνεται να υφίσταται σημαντική συσχέτιση με το φύλο, ενώ η συσχέτιση με την ηλικία και το επίπεδο εκπαίδευσης είναι μηδενική.

Έλλειψη σημαντικού βαθμού συσχέτισης φαίνεται να υφίσταται μεταξύ των καθημερινά διανυόμενων χιλιομέτρων και της πρόθεσης αγοράς αυτοκινήτου V2G.

Τα παραπάνω αποτελέσματα δεν είναι άμοιρα της άγνοιας που δηλώνουν οι συμμετέχοντες για την τεχνολογία V2G. Η άγνοια αναδεικνύεται σε σημαντικό παράγοντα παθητικής στάσης απέναντι σε μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία τόσο στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας και της διαχείρισης της παραγόμενης ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές, όσο και στον τομέα της οικονομικής ωφέλειας των ιδιοκτητών αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G.

4.7 Έλεγχος των Υποθέσεων Εργασίας

Με γνώμονα τα ευρήματα της στατιστικής ανάλυσης, πραγματοποιείται ο έλεγχος των υποθέσεων εργασίας, όπως αυτές διατυπώθηκαν παραπάνω.

Η στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των συμμετασχόντων στην έρευνα οδηγεί στην **απόρριψη της υπόθεσης H1**, σύμφωνα με την οποία υπάρχει επαρκής ενημέρωση και γνώση για την τεχνολογία V2G και τα πλεονεκτήματά της. Το συμπέρασμα είναι ότι η ενημέρωση για την τεχνολογία V2G είναι ισχνή.

Ο έλεγχος συσχετίσεων Pearson έδειξε ότι δεν υφίσταται σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δημογραφικών χαρακτηριστικών και της στάσης απέναντι στην τεχνολογία V2G, γεγονός που οδηγεί στη **απόρριψη της υπόθεσης H2**, σύμφωνα με την οποία η στάση απέναντι στην τεχνολογία V2G εξαρτάται από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά. Οι συσχετίσεις Pearson έδειξαν ότι δεν υφίσταται σημαντική συσχέτιση της στάσης απέναντι στην τεχνολογία V2G με κάποιο από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά.

Οι στάσεις των συμμετασχόντων στην έρευνα, όπως αυτές καταγράφηκαν στις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο οδηγούν στην **εν μέρει αποδοχή της υπόθεσης H3**, σύμφωνα με την οποία η ηλεκτροκίνηση αντιμετωπίζεται ως οικονομική πρόταση. Ειδικότερα, διαφάνηκε ότι ενώ οι αντιλήψεις κινούνται στην κατεύθυνση της οικονομικής διάστασης της ηλεκτροκίνησης, οι ενέργειες των ερωτηθέντων προσδιορίζουν μια κλίση περισσότερο προς τα υβριδικά αυτοκίνητα.

Απόρροια της παραπάνω διαπίστωσης είναι η **εν μέρει αποδοχή της υπόθεσης H4**, σύμφωνα με την οποία υφίσταται θετική στάση υιοθέτησης της ηλεκτροκίνησης. Η ηλεκτροκίνηση, αν και αντιμετωπίζεται με θετική διάθεση ως οικονομική πρόταση,

φαίνεται πως δεν έχει ωριμάσει ακόμη τόσο, ώστε να πείσει τους επίδοξους αγοραστές Ι.Χ. αυτοκινήτου να επενδύσουν σε αυτή.

Φυσική συνέπεια της έλλειψης επαρκούς ενημέρωσης και γνώσης για την τεχνολογία V2G και τα πλεονεκτήματά της είναι η **απόρριψη της υπόθεσης H5**, σύμφωνα με την οποία υπάρχει επαρκής γνώση για τα οικονομικά οφέλη που προσφέρει η τεχνολογία V2G. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα δήλωσαν σε μεγάλα ποσοστά άγνοια για οικονομικά οφέλη που μπορεί να προσφέρει η αξιοποίηση της τεχνολογίας V2G.

Ο έντονος βαθμός άγνοιας για την φύση της τεχνολογίας V2G οδηγεί στην **απόρριψη της υπόθεσης H6**, σύμφωνα με την οποία υφίσταται θετική στάση για την αξιοποίηση της τεχνολογίας V2G. Αν και η στάση των συμμετεχόντων στην έρευνα κινείται ευνοϊκά υπέρ της ηλεκτροκίνησης, η άγνοια της τεχνολογίας V2G δεν επιτρέπει την διαμόρφωση θετικής στάσης για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα V2G.

Συμπεράσματα

Η τεχνολογία Vehicle-to-Grid (V2G) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στα ηλεκτρικά οχήματα (EV) όχι μόνο να καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια, αλλά και να επιστρέφουν ισχύ στο δίκτυο, όταν κάτι τέτοιο απαιτείται. Αυτή η αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να έχει πολλά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της σταθεροποίησης του δικτύου, της εξοικονόμησης κόστους και της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά την αποτίμηση της σημαντικότητας της τεχνολογίας V2G, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη αρκετοί βασικοί παράγοντες, ο συνδυασμός των οποίων θα επιτρέψει την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για την αντικειμενική αξιολόγησή της ως νέας προτεινόμενης τεχνολογίας στην κατεύθυνση της αποτελεσματικότερης διαχείρισης της ενέργειας που λαμβάνεται από τα φωτοβολταϊκά και τις ανεμογεννήτριες και, παράλληλα, της αξιοποίησής της προκειμένου να αποκομισθούν οικονομικά οφέλη για τους ιδιοκτήτες αυτοκινήτων V2G. Οι παράγοντες που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στην προσπάθεια αυτή είναι:

- Η σταθερότητα δικτύου, στην οποία μπορεί να συνεισφέρει η τεχνολογία V2G, παρέχοντας στους χειριστές του δικτύου τη δυνατότητα να αντλούν ενέργεια από ηλεκτρικά οχήματα κατά τη διάρκεια περιόδων αιχμής ζήτησης ή έκτακτης ανάγκης.
- Η εξοικονόμηση κόστους, είτε με την αξιοποίηση της δυνατότητας που προσφέρει η τεχνολογία V2G στην πώληση ηλεκτρικής ενέργειας των μπαταριών του αυτοκινήτου στο ηλεκτρικό δίκτυο είτε με το μειωμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας για ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων, χειριστές δικτύου και πιθανές ροές εσόδων από τη συμμετοχή σε υπηρεσίες δικτύου.
- Τα περιβαλλοντικά Οφέλη, αφού η αξιοποίηση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων για αποθήκευση και παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα.
- Η υφιστάμενη υποστηρικτική υποδομή για την λειτουργία των αυτοκινήτων τεχνολογίας V2G, η οποία περιλαμβάνει τη διαθεσιμότητα υποδομής φόρτισης, τη συνδεσιμότητα στο δίκτυο και τη συμβατότητα συστημάτων

V2G με διαφορετικά μοντέλα EV.

- Ο κανονισμός και η υφιστάμενη πολιτική για την τεχνολογία V2G, όπως αυτή προσδιορίζεται από το ρυθμιστικό πλαίσιο και τις πολιτικές που διέπουν το V2G. Είναι γνωστό ότι οι κανονισμοί μπορούν να επηρεάσουν τη σκοπιμότητα και την κερδοφορία των υποδομών V2G.
- Τα προσφερόμενα επιχειρηματικά μοντέλα για την τεχνολογία V2G, συμπεριλαμβανομένου του τρόπου με τον οποίο οι ιδιοκτήτες ηλεκτρικών αυτοκινήτων, οι χειριστές δικτύου και οι πάροχοι υπηρεσιών μπορούν να επωφεληθούν από τις υπηρεσίες V2G.
- Η συμβατότητα της τεχνολογίας: του συστήματος V2G με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και τον εξοπλισμό φόρτισης που χρησιμοποιούνται. Τα ζητήματα συμβατότητας μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα των λειτουργιών V2G.
- Η υγεία και ο χρόνος ζωής της μπαταρίας, με δεδομένο ότι η αποτίμηση του αντίκτυπου της τεχνολογίας V2G στην υγεία της μπαταρίας των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί σημαντικό αξιολογικό δείκτη. Η συχνή φόρτιση και αποφόρτιση μπορεί να επηρεάσει τη μακροζωία της μπαταρίας, κάτι που μπορεί να έχει οικονομικές επιπτώσεις για τους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων.
- Η προθυμία των καταναλωτών ηλεκτρικής ενέργειας να συμμετάσχουν σε προγράμματα V2G. Η εκτίμηση του βαθμού προθυμίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με έρευνα αγοράς και προσέγγιση σε πιθανούς χρήστες V2G.
- Η δυνατότητα ενοποίησης του δικτύου, η οποία απαιτεί τον έλεγχο της τεχνικής σκοπιμότητας της ενσωμάτωσης του V2G στην υπάρχουσα υποδομή του δικτύου, γεγονός που περιλαμβάνει πρωτόκολλα επικοινωνίας, συστήματα διαχείρισης δικτύου και συμβατότητα υλικού.
- Η οικονομική βιωσιμότητα των έργων και των υποστηρικτικών υποδομών της τεχνολογίας V2G. Στο πλαίσιο αυτό είναι σημαντική η ανάλυση της οικονομικής βιωσιμότητας των έργων και των υποστηρικτικών υποδομών της τεχνολογίας V2G, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως το κόστος

κεφαλαίου, το λειτουργικό κόστος και τις πιθανές ροές εσόδων.

- Η επεκτασιμότητα των ευκαιριών που προσφέρει η τεχνολογία V2G. Είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί εάν η τεχνολογία V2G μπορεί να επεκταθεί για να καλύψει έναν αυξανόμενο αριθμό ηλεκτρικών αυτοκινήτων, καθώς και τις αυξανόμενες απαιτήσεις του ηλεκτρικού δικτύου.
- Η έρευνα και η ανάπτυξη της τεχνολογίας V2G, παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη σκοπιμότητα και την αποτελεσματικότητα των συστημάτων V2G.
- Η εκτίμηση του κινδύνου. Είναι προαπαιτούμενο κάθε προσπάθειας αξιοποίησης της τεχνολογίας V2G τόσο ο προσδιορισμός των πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με το V2G, όπως απειλές στον κυβερνοχώρο, ασφάλεια δεδομένων και ζητήματα ευθύνης όσο και η ανάπτυξη στρατηγικών μετριασμού του κινδύνου.

Συμπερασματικά, η αξιολόγηση της τεχνολογίας V2G περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση τεχνικών, οικονομικών, ρυθμιστικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Η σκοπιμότητα και η επιτυχία των έργων V2G εξαρτώνται από μια ενδελεχή ανάλυση αυτών των πτυχών, λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές συνθήκες και τους στόχους του έργου ή του υφιστάμενου νομοθετικού και ρυθμιστικού πλαισίου που διέπει την λειτουργία και την υπόστασή της γενικότερα.

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της ανίχνευσης των υφιστάμενων στάσεων και αντιλήψεων για την τεχνολογία V2G ανέδειξε από την μια την άγνοια για την φύση και τα πλεονεκτήματά της και από την άλλη την διάθεση για ενημέρωση στο πεδίο αυτό. Από τις απαντήσεις των συμμετασχόντων στην έρευνα αναδείχθηκε η ευνοϊκή στάση απέναντι στην ηλεκτροκίνηση. Μια στάση, που αν και δεν έχει παγιωθεί στις αντιλήψεις των πολιτών, επιτρέπει την ανάδυση μιας αισιόδοξης προοπτικής για το μέλλον των ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Φαίνεται πως η άγνοια για την τεχνολογία V2G έχει τις ρίζες της στην πλημμελή γνώση για την ηλεκτροκίνηση και τα πλεονεκτήματά της. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως είναι απαραίτητο η προσπάθεια ενημέρωσης της κοινής γνώμης για τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας V2G να ξεκινήσει από την λεπτομερή προσέγγιση

της φύσης της ηλεκτροκίνησης, των πλεονεκτημάτων της και του ρόλου που αυτή αναμένεται να διαδραματίσει στα επόμενα χρόνια στον τομέα της ενέργειας και της οικολογικής ωφέλειας για το περιβάλλον και την ανθρωπότητα. Εφόσον αυτά τα πλεονεκτήματα γίνουν κατανοητά, το επόμενο βήμα, αυτό της παρουσίασης της φύσης και των πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας V2G θα υλοποιηθεί κάτω από ευνοϊκές συνθήκες διάχυσης στην κοινή γνώμη.

Θα πρέπει, στο σημείο αυτό να επισημανθεί ότι η άγνοια που εκφράστηκε για την τεχνολογία V2G, καθώς και η διστακτικότητα στην καθολική υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης δεν είναι άμοιρη του γεγονότος ότι το υφιστάμενο υποστηρικτικό δίκτυο για την ηλεκτροκίνηση στην χώρα μας δεν έχει αναπτυχθεί σε βαθμό που επιτρέπει τον εν δυνάμει αγοραστή ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου να αισθάνεται την βεβαιότητα ότι η υποστήριξη για την φόρτιση του αυτοκινήτου του θα είναι αυτή που έχει όταν χρησιμοποιεί αυτοκίνητο που κινείται με συμβατικά καύσιμα. Οι υφιστάμενοι περιορισμοί στην μετακίνηση με ηλεκτρικό αυτοκίνητο δεν επιτρέπουν την εκδήλωση υψηλών ποσοστών υποστήριξης της ηλεκτροκίνησης.

Ένας, ακόμη, παράγοντας που λειτουργεί ανασταλτικά στην εκδήλωση ενθουσιώδους υποδοχής της τεχνολογίας V2G σχετίζεται με την διαχείριση των μπαταριών αυτού του τύπου αυτοκινήτων. Διαχείριση, η οποία καλείται να αντιμετωπίσει σημαντικά προβλήματα, όπως αυτό της διάρκειας ζωής της μπαταρίας, του κόστους κατασκευής της, του αρνητικού οικολογικού αποτυπώματός της μετά την ολοκλήρωση της χρήσης της.

Αντί Επιλόγου

Μια σειρά προβλημάτων θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με μεθοδικότητα και αποτελεσματικότητα, προκειμένου η τεχνολογία V2G να διεκδικήσει στην καθημερινότητά μας τον ρόλο που οραματίζονται οι κατασκευαστές της. Χωρίς να αμφισβητούνται οι θετικές προοπτικές της αξιοποίησης της τεχνολογίας V2G, τόσο στην προσπάθεια διαχείρισης του προβλήματος της ενέργειας που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές, όσο και στην συνεισφορά της στον οικονομικό τομέα, αλλά και της προοπτικής της να αφήσει το θετικό της οικολογικό αποτύπωμα, φαίνεται πως θα πρέπει να διανυθούν αρκετά ακόμη χιλιόμετρα στη διαδρομή της αναζήτησης εκείνων των απαντήσεων, που θα άρουν τις επιφυλάξεις ή τους περιορισμούς που εμποδίζουν την ευρεία αποδοχή της ως ιδιαίτερα συμφέρουσα μελλοντική επιλογή.

Βιβλιογραφία

- Barter, P. (2023). "Cars are parked 95% of the time". Let's check!. Reinventing Parking. (Retrieved from <https://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html> at 15-05-2023).
- Beck, L., Waddell, L. & Rydzewski, D. (2009). V2G – 101: A text about Vehicle – to Grid, the technology which enables a future of clean and efficient electric – powered transportation. BookSurge Publishing.
- Becker, T. A., Sidhu, I., & Tenderich, B. (2009). Electric vehicles in the United States: a new model with forecasts to 2030. *Center for Entrepreneurship and Technology, University of California, Berkeley*, 24.
- Briones, A., Francfort, J., Heitmann, P., Schey, M., Schey, St. & Smart. J. (2012). *Vehicle – to Grid (V2G) Power Flow Regulations and Building Codes Review by the AVTA*. Idaho National Laboratory.
- Department of Energy (2012) *Integration Technology for PHEV-Grid-Connectivity with Support for SAE Electrical Standards*, http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/merit_review_2010/veh_sys_sim/vss025_bohn_2_010_o.pdf (accessed November 2010).
- Electronics Lab, 2011, *How to Rebuild a Li-ion Battery Pack*, http://www.electronic-lab.com/articles/Li_Ion_reconstruct/.
- Eyer, J. & Garth, G. (2010). "Energy Storage for the Electricity Grid: Benefits and Market Potential Assessment Guide," *Sandia National Laboratories*.
- Federal Highway Administration. (2017). National Household Travel Survey (Retrieved from <https://nhts.ornl.gov/> at 27-7-2023)
- Gu, W., Yu, H., Liu, W., Zhu, J., & Xu, X. (2013). Demand Response and Economic Dispatch of Power Systems Considering Large-Scale Plug-in Hybrid Electric Vehicles/Electric Vehicles (PHEVs/EVs): A Review. *Energies*, 6(9), 4394-4417. <https://doi.org/10.3390/en6094394>
- Han, S. & Acquah, M. A. (2021). Grid – to – Vehicle (G2V) and Vehicle – to – Grid (V2G) Technologies. Mdpi AG, <https://doi.org/10.3390/books978-3-03943-445-9>
- Kempton, W., T. Jasna, S. Letendre, A. Brooks, and T. Lipman, 2001, *Electric drive vehicles--battery, hybrid and fuel cell--as resources for distributed electric power in California*, Davis, CA: University of California at Davis.
- Letendre, S. and P. Denholm, 2006, "New load, or new resource?," *Public Utilities Fortnightly*, 2006: 28-37.
- Letendre, St. (2009). *Electrification Roadmap Bypasses Important Role for Vehicle-To-Grid*, <http://www.evworld.com/article.cfm?storyid=1787>.
- Levitan, D. (2010). *How Electric Cars Could Become a Giant Battery for Renewable Energy*, <http://motherjones.com/environment/2010/10/electric-car-battery-renewable-energy> .
- Mullen, S. K.. (2009). *Plug in Hybrid Electric Vehicles as a Source of Distributed Frequency Regulation*,

http://conservancy.umn.edu/bitstream/56792/1/Mullen_umn_0130E_10730.pdf (accessed November 2010).

- Ponticel, P. (2012). *J1772 'Combo Connector' Shown at the 2012 Electric Vehicle Symposium*, <http://ev.se.org/article/11005/>.
- Smart, J., Jamie, D., Matthew, S., Casey, Q. & Kenneth S. Kurani. (2010). *Electricity Demand of PHEVs Operated by Private Households and Commercial Fleets: Effects of Driving and Charging Behavior*, http://avt.inel.gov/pdf/phev/EVS25_INL_UCDavis.pdf (accessed March 2011).
- Sovacool, B. K., Kester, J., Noel, L., & de Rubens, G. Z. (2020). Actors, business models, and innovation activity systems for vehicle-to-grid (V2G) technology: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131, 109963.
- Tan, K. M., Ramachandaramurthy, V. K., & Yong, J. Y. (2016). Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 720-732.
- Turitsyn, Konstantin, Nikolai Sinitsyn, Scott Backhaus, Michael Chertkov, 2010, *Robust Broadcast- Communication Control of Electric Vehicle Charging*, http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1006/1006.0165v1.pdf.
- Ustun, T. S., Ozansoy, C. R., & Zayegh, A. (2013). Implementing vehicle-to-grid (V2G) technology with IEC 61850-7-420. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 4(2), 1180-1187.
- V2G Hub. (2023). Insights. (Retrieved from <https://www.v2g-hub.com/> at 18-05-2023).
- Yilmaz, M., & Krein, P. T. (2012a). Review of the impact of vehicle-to-grid technologies on distribution systems and utility interfaces. *IEEE Transactions on power electronics*, 28(12), 5673-5689.
- Yilmaz, M., & Krein, P. T. (2012b). Review of benefits and challenges of vehicle-to-grid technology. In *2012 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)* (pp. 3082-3089). IEEE.

Παράρτημα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

A. Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Φύλο

- Άντρας
- Γυναίκα

Ηλικία

- 18-29
- 30-45
- 46-65
- Πάνω από 65 ετών

Επίπεδο Εκπαίδευσης (επιλέξτε το ανώτερο επίπεδο εκπαίδευσής σας)

- Απόφοιτος/η Γυμνασίου
- Απόφοιτος/η Λυκείου
- Προς απόκτηση πρώτου Πτυχίου
- Πτυχίο (ΤΕΙ/ΑΕΙ)
- Μεταπτυχιακό
- Διδακτορικό

Οικογενειακή κατάσταση

- Άγαμος/η
- Διαζευγμένος/Χήρος
- Έγγαμος / Σύμφωνα συμβίωσης

Γεωγραφική κατανομή

- Αττική
- Κεντρική Μακεδονία
- Θεσσαλία, Στερεά Ελλάδα
- Πελοπόννησος
- Κρήτη
- Δυτική Ελλάδα
- Ανατολική Μακεδονία και Θράκη
- Ήπειρος
- Νότιο Αιγαίο
- Δυτική Μακεδονία
- Βόρειο Αιγαίο
- Ιόνιοι Νήσοι

B. Χρήση Ι.Χ. αυτοκινήτου

1. Είστε ιδιοκτήτης Ι.Χ. αυτοκινήτου;

Ναι Όχι

2. Αν είστε ιδιοκτήτης Ι.Χ. αυτοκινήτου, το αυτοκίνητό σας είναι:

- Βενζινοκίνητο
- Πετρελαιοκίνητο
- Ηλεκτρικό
- Κίνηση με φυσικό αέριο
- Κίνηση με υγραέριο
- Υβριδικό (συνδυασμός δύο πηγών ενέργειας)
- Δεν είμαι ιδιοκτήτης Ι.Χ. αυτοκινήτου

3. Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε το αυτοκίνητό σας;

- Αρκετές φορές την ημέρα
- 1-2 φορές την ημέρα

- Κάποιες φορές μέσα στην εβδομάδα
- Σπάνια
- Δεν είμαι ιδιοκτήτης Ι.Χ. αυτοκινήτου

4. Πόσα χιλιόμετρα, περίπου, διανύετε κάθε εβδομάδα με το αυτοκίνητό σας;

- Το πολύ 10 χιλιόμετρα
- Από 10 – 30 χιλιόμετρα
- Από 30- 100 χιλιόμετρα
- Από 100 – 200 χιλιόμετρα
- Από 200 – 300 χιλιόμετρα
- Πάνω από 300 χιλιόμετρα
- Δεν είμαι ιδιοκτήτης Ι.Χ. αυτοκινήτου

5. Έχετε προχωρήσει σε μετατροπή του κινητήρα του αυτοκινήτου σας, προκειμένου να καταναλώνει και υγραέριο;

- Ναι
- Όχι
- Δεν είμαι ιδιοκτήτης Ι.Χ. αυτοκινήτου

6. Αν δεν έχετε δικό σας Ι.Χ. αυτοκίνητο, ποιος είναι ο λόγος που συμβαίνει αυτό;

- Είναι ακριβή η αγορά του
- Είναι ακριβή η συντήρησή του
- Είναι ακριβή η κίνησή του
- Δεν είναι εύκολη η εύρεση parking
- Δεν συμπαθώ, γενικά, τα αυτοκίνητα
- Δεν μου δόθηκε ως τώρα η ευκαιρία να αποκτήσω Ι.Χ. αυτοκίνητο
- Εξυπηρετούμαι με τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς
- Άλλο (προσδιορίστε):.....
- Έχω δικό μου Ι.Χ. αυτοκίνητο

7. Θα προτείνατε σε φιλικό σας άτομο να προχωρήσει σε μετατροπή του κινητήρα του αυτοκινήτου του, προκειμένου να καταναλώνει και υγραέριο;

- Ναι
- Όχι

8. Αν απαντήσατε αρνητικά στην προηγούμενη ερώτηση, για πιο λόγο δεν θα προτεινάτε σε φιλικό σας άτομο να προχωρήσει σε μετατροπή του κινητήρα του αυτοκινήτου του, προκειμένου να καταναλώνει και υγραέριο;

- Δεν συμφέρει οικονομικά αυτή η μετατροπή
- Θα προκαλέσει ζημιά στον κινητήρα του αυτοκινήτου του
- Δεν υπάρχει κάποιος λόγος για την μετατροπή αυτή
- Άλλο (προσδιορίστε):.....

Γ. Στάσεις ως προς την ηλεκτροκίνηση

9. Ποιο από τα παρακάτω είδη Ι.Χ. αυτοκινήτου θεωρείτε ότι είναι πιο οικονομικό στην κατανάλωση κατά την κίνησή του;

- Βενζινοκίνητο
- Πετρελαιοκίνητο
- Υβριδικό
- Ηλεκτρικό
- Φυσικού αερίου
- Υγραερίου

10. Αν προχωρούσατε σε αγορά καινούριου Ι.Χ. αυτοκινήτου, ποιο από τα παρακάτω είδη θα επιλέγατε;

- Βενζινοκίνητο
- Πετρελαιοκίνητο
- Υβριδικό
- Ηλεκτρικό
- Φυσικού αερίου
- Υγραερίου

11. Γνωρίζετε τι είναι η τεχνολογία V2G (Vehicle – To – Grid);

- Ναι
- Όχι

12. Θα αγοράζατε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο V2G;

- Ναι
- Όχι
- Δεν γνωρίζω τι είναι

13. Πόσο πιθανό είναι το επόμενο σας ή το πρώτο αυτοκίνητό σας να είναι ηλεκτρικό;

- Καθόλου
- Λίγο
- Μέτρια
- Αρκετά
- Πολύ
- Σίγουρα

14. Ποιος από τους παρακάτω λόγους θα ήταν περισσότερο αποτρεπτικός, ώστε να μην αγοράσετε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο;

- Μεγάλο κόστος αγοράς
- Δεν προσφέρει οικονομία κατά την κίνησή του
- Αρκετές φθορές στα μηχανικά του μέρη
- Ακριβή συντήρηση
- Δυσκολία στην φόρτισή του λόγω έλλειψης επαρκών σταθμών φόρτισης
- Άλλο (περιγράψτε):.....

15. Ποιος από τους παρακάτω λόγους θα λειτουργούσε ενισχυτικά στην απόφασή σας να αγοράσετε ηλεκτρικό αυτοκίνητο;

- Επιδότηση αγοράς από το κράτος
- Απαλλαγή από τέλη κυκλοφορίας
- Επαρκής αριθμός σταθμών φόρτισης
- Άλλο (περιγράψτε):

16. Ποιο θεωρείτε ως σημαντικότερο πλεονεκτήματα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου;

- Οικονομία στην αγορά του
- Οικονομία στην κίνησή του
- Λιγότερες φθορές στα μηχανικά του μέρη
- Οικονομικότερη συντήρηση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Είναι φιλικό στο περιβάλλον
- Άλλο (προσδιορίστε):.....

17. Πόσο σημαντική θεωρείτε την χρήση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην προστασία του περιβάλλοντος;

- Καθόλου
- Λίγο
- Μέτρια
- Αρκετά
- Πολύ

ΦΟΡΜΑ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ: «Ανάλυση και βελτιστοποίηση εφαρμογών Vehicle to Grid (V2G)»

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΣ ΦΟΡΕΑΣ:

ΟΝΟΜΑ ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΕΠΟΠΤΗ:

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Μανόλης Παπαδόπουλος

- Δηλώνω πως έχω διαβάσει και έχω κατανοήσει τις πληροφορίες για την έρευνα που μου δόθηκαν και είχα αρκετό χρόνο, ώστε να αποφασίσω αν θέλω να συμμετάσχω.

ΝΑΙ ΟΧΙ

- Είχα την ευκαιρία να κάνω ερωτήσεις για την έρευνα και αυτές απαντήθηκαν επαρκώς.

ΝΑΙ ΟΧΙ

- Συναινώ με την διαδικασία που ακολουθεί ο παραπάνω εκπαιδευτικός & ερευνητικός φορέας, στην καταγραφή και επεξεργασία των πληροφοριών που θα δώσω.

ΝΑΙ ΟΧΙ

- Γνωρίζω πως οι πληροφορίες που θα δώσω θα χρησιμοποιηθούν μόνο για ερευνητικούς σκοπούς και τα αποτελέσματα της έρευνας θα αξιολογηθούν από Επιτροπή του Κολλεγίου για Ακαδημαϊκούς σκοπούς μόνο.

ΝΑΙ ΟΧΙ

- Γνωρίζω πως κάθε πληροφορία που θα δώσω θα καταχωρηθεί με ασφάλεια και στο τέλος θα διαγραφεί σύμφωνα με τις αρχές του εκπαιδευτικού & ερευνητικού φορέα ο οποίος διεξάγει την έρευνα.

ΝΑΙ ΟΧΙ

- Γνωρίζω πως η ηλεκτρονική μου διεύθυνση (αν δώσω), θα είναι πληροφορία στην οποία, μόνο ο ερευνητής θα έχει πρόσβαση και μόνο όσο διαρκεί η έρευνα.

ΝΑΙ ΟΧΙ

- Κατανοώ, πως μπορώ να λάβω μόνο συγκεντρωτικά αποτελέσματα στο τέλος της έρευνας αλλά και να έχω πρόσβαση στις απαντήσεις που θα δώσω στις ερωτήσεις της έρευνας, πριν αυτές επεξεργαστούν.

ΝΑΙ ΟΧΙ

- Έχω ενημερωθεί πως διατηρώ το δικαίωμα να αποσυρθώ από την έρευνα και να διαγραφώ από τα δεδομένα της είτε στην έναρξή της είτε κατά την διάρκειά της είτε κατά την ολοκλήρωσή της.

ΝΑΙ ΟΧΙ

- Καταλαβαίνω πως πρέπει να δώσω την ηλεκτρονική μου διεύθυνση αν θέλω να ενημερωθώ για τα αποτελέσματα της έρευνας.

ΝΑΙ ΟΧΙ