



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ»

## Μεταπτυχιακή Εργασία

ΤΙΤΛΟΣ

Αλληλεπίδραση φόρτισης ηλεκτροκίνητου οχήματος  
με το δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Πελεκάνος Θ. Σωτήριος  
Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

*Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ.-Μηχ. Δ. Κουλοχέρης, Αν. Καθηγητής ΕΜΠ  
Συνεπιβλέπων: Δρ.-Μηχ. Κ. Βόσου, Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια ΕΜΠ*

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2022



## Περίληψη

Η ηλεκτροκίνηση διαδραματίζει κομβικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), συμβάλλοντας στη μεγαλύτερη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό μίγμα που παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα, οδηγεί στη μείωση των εκπομπών ρύπων και της ηχορύπανσης που προκαλούνται από τις μεταφορές αναβαθμίζοντάς την ποιότητα ζωής των πόλεων. Επομένως, είναι μεγάλη πρόκληση να αναζητηθούν νέες τεχνολογίες και μέθοδοι που θα βοηθήσουν τη διείσδυσή της ηλεκτροκίνησης στην αγορά.

Η αμφίδρομη φόρτιση (Vehicle-to-Grid, V2G) των ηλεκτρικών οχημάτων (electric vehicle, EV) είναι μια καινοτόμα μέθοδος, όπου μέσω μιας πλατφόρμας ο ιδιοκτήτης του EV μπορεί να ενημερώνετε για την έλλειψη ή την περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, όταν υπάρχει έλλειψη μπορεί να επιστρέψει την ενέργεια της μπαταρίας του EV λαμβάνοντας το ανάλογο τίμημα για την κάλυψη των αναγκών του δικτύου και αντίστοιχα όταν υπάρχει περίσσεια μπορεί να φορτίσει σε χαμηλότερη τιμή από ότι θα φόρτιζε σε ώρες αιχμής.

Η ηλεκτροκίνηση δεν είναι εφεύρεση της εποχής μας, αλλά έχει τις ρίζες της στις αρχές του 1900. Όλα αυτά τα χρόνια, έχει πραγματοποιηθεί μεγάλη πρόοδος στην κατασκευή των EV και των τρόπων ανεφοδιασμού τους, δηλαδή του τρόπου ανεφοδιασμού των συσσωρευτών (μπαταριών) τους. Παρόλα αυτά, μέχρι πρόσφατα η τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων δεν ήταν εφαρμόσιμη λόγω του υψηλού κόστους κυρίως των συσσωρευτών του EV. Με τη βελτίωση της τεχνολογίας μειώθηκε το κόστος παραγωγής των συσσωρευτών με αποτέλεσμα να ελαττωθεί και το κόστος παραγωγής των EV και να γίνουν πλέον προσιτά στην αγορά. Ακόμη, η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας των EV, θα πρέπει να προέρχεται αποκλειστικά από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και όχι από ορυκτά καύσιμα, ώστε να συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και να εκπληρώνει τον σκοπό της δημιουργίας τους.

Κατόπιν στην εργασία, γίνεται περιγραφή του συστήματος μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να αποσαφηνιστεί ο τρόπος διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση. Περιγράφονται τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και τα μικροδίκτυα και τα έξυπνα δίκτυα. Τα τελευταία, έχουν αναπτυχθεί πρόσφατα σε μικρή κλίμακα και δίνουν τη δυνατότητα σε ένα δίκτυο να παρέχει υπηρεσίες που μέχρι σήμερα με την υπάρχουσα υποδομή δεν είναι εφικτές.

Οι ΑΠΕ σήμερα καλύπτουν ταχύτατα το κενό των ορυκτών καυσίμων, παρόλα αυτά διαθέτουν μεγάλα μειονεκτήματα λόγω της μεταβλητότητας που τις χαρακτηρίζει. Η αιολική ενέργεια και τα φωτοβολταϊκά δευτερευόντως, σε μικρότερο βαθμό λόγω της περιοδικότητάς τους, δημιουργούν προβλήματα στο δίκτυο μεταφοράς-διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας τόσο στη συχνότητα όσο και στην τάση καθώς η λειτουργία τους εξαρτάται αποκλειστικά από τα καιρικά φαινόμενα. Για τον λόγο αυτόν γίνεται μια ανάλυση των προβλημάτων που δημιουργούν οι ΑΠΕ και συγκεκριμένα οι ΑΠΕ από αιολική ενέργεια στα ηλεκτρικά δίκτυα παρουσιάζοντας συγκεκριμένα παραδείγματα που καταδεικνύουν τα εμπόδια στην χρήση των ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται αναλυτικά πείραμα που έγινε στην Άνδρο ώστε να γίνει κατανοητό το πρόβλημα.

Ένας τρόπος για να επέλθει ισορροπία στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι να λειτουργούν εφεδρείες όπου η ενέργεια παράγεται με τη χρήση φυσικού αερίου. Στην περίπτωση αυτή όμως, ιδιαίτερα στην εποχή μας, το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας εκτοξεύεται καθώς το φυσικό αέριο είναι εισαγόμενο καύσιμο. Ένας άλλος τρόπος για να αντιμετωπίσουμε την μεταβλητότητα των ΑΠΕ είναι η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος, όμως, ανάπτυξης εγκαταστάσεων αποθήκευσης ενέργειας είναι, μέχρι σήμερα, αποτρεπτικό.

Έτσι, γεννάται η ιδέα για την εκμετάλλευση των συσσωρευτών των EV, ως αποθήκη του συστήματος, εφόσον ξεπεράσουν έναν κρίσιμο αριθμό, μέσω της τεχνολογίας V2G (**Vehicle to Grid**). Η **τεχνολογία V2G**, αξιοποιεί το EV ως **μέσο αποθήκευσης ενέργειας και ευελιξίας του ηλεκτρικού συστήματος**, και αναπτύσσει **καινοτόμες, έξυπνες τεχνολογίες** φόρτισης, διαμορφώνοντας ένα νέο περιβάλλον στην ηλεκτροκίνηση, αξιοποιώντας τη λογική της αμφίδρομης φόρτισης. Για να είναι εφαρμόσιμη όμως, χρειάζεται να γίνουν τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας πιο «έξυπνα», δηλαδή με τη βοήθεια των τεχνολογιών επικοινωνίας και τον κεντρικό έλεγχο από συστήματα υπολογιστών να ρυθμίζεται τόσο η φόρτιση όσο και η αποφόρτιση των EV προς όφελος βέβαια και των ιδιοκτητών των EV και του ηλεκτρικού δικτύου.

Σε αυτή την κατεύθυνση, έχουν ήδη δημιουργηθεί πλατφόρμες που δίνουν τη δυνατότητα στους ιδιοκτήτες των EV να φορτίζουν πιο οικονομικά τα οχήματά τους και ταυτόχρονα να παρέχουν σημαντικές υπηρεσίες στο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας παρέχοντας την ενέργεια των συσσωρευτών των οχημάτων τους όταν τη χρειάζεται το δίκτυο.

Κύριος στόχος όλων των παραπάνω είναι η μετάβαση του ανεφοδιασμού της αυτοκίνησης, που μέχρι σήμερα εξυπηρετείται από τα πρατήρια υγρών καυσίμων, σε σταθμούς ηλεκτροφόρτισης χωρίς όμως να δημιουργηθεί κενό στην αγορά ανεφοδιασμού των οχημάτων. Επιπλέον, ο ρόλος του διαχειριστή στόλου EV (aggregator) είναι μείζονος σημασίας, καθώς ταυτόχρονα προσφέρει υπηρεσίες στο ηλεκτρικό δίκτυο και προσκομίζει οφέλη στους οδηγούς EV που επιλέγουν να φορτίζουν το όχημα τους μέσω της πλατφόρμας. Έτσι, δίνεται η ευκαιρία στην ηλεκτροκίνηση να διεισδύσει στον τομέα των μετακινήσεων/μεταφορών με δυναμικό και όσο το δυνατόν πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μέσω των ΑΠΕ.

## Abstract

Electromobility plays a key role in the reduction of carbon dioxide emissions, contributing to the greater penetration of Renewable Energy Sources (RES) into the energy mix. At the same time, leads to the reduction of pollutant emissions and noise pollution caused by transportation, enhancing the quality of life in cities. Therefore, it is a great challenge to search for new technologies and methods that will give a boost to the penetration of electricity in the market.

Vehicle-to-Grid, V2G of electric vehicles (electric vehicle, EV) is an innovative method, where EV owners could be informed through a platform about the lack or excess of electricity in the electrical network. More specifically, when there is a shortage of electrical power, EV owners could return the energy of their EV battery, by receiving a payment, in order electrical network to meet all the needs and respectively when there is an excess EV owners could charge EV batteries at a lower price than they would charge at peak hours.

Electricity is not an invention of our time, but it has its roots in the early 1900s. Over the years, great progress has been made in the production of EVs and their refueling methods, particularly the way of recharging their batteries. However, until recently the technology of electric vehicles was not applicable due to the high cost mainly of EV batteries. Technology improvement has led to reduction of batteries production cost and consequently EVs' production cost was reduced and EVs have become more accessible in the market. Furthermore, EVs should consume electricity that derives exclusively from Renewable Energy Sources (RES) and not from fossil fuels in order to contribute to the reduction of CO<sub>2</sub> emissions and fulfill the purpose of their creation.

A description of the electricity transmission and distribution system is given in order to clarify the way of managing electricity from production to consumption. Transmission and distribution electricity networks are described, as well as the micro-networks and the smart networks. The latter, have recently been developed on a small scale and enable the network to provide services that since today with the existing infrastructure are not feasible.

It is accepted that RES quickly covers the gap of fossil fuels, however they have major disadvantages due to the variability that characterizes them. Wind power and photovoltaics creates problems in the electricity transmission-distribution network in frequency and voltage, as their operation depends solely on weather phenomena. In this study, special emphasis is given to these problems and specific examples are given that demonstrate the obstacles to the use of RES. More particularly, is analytical presented the experiment took place in Andros in order to make the problem understandable.

One way to balance the electricity network is to run backups in which energy is generated with the use of natural gas. In this case, especially in our time, the cost of electricity production becomes unaffordable, as natural gas is an imported fuel with a high cost. Another way to deal with RES variability is to store electricity. However, the cost of developing a storage technology is still prohibitive.

In this way was born the idea of using EV batteries as a system battery, through V2G (Vehicle to Grid) technology, in the condition that they exceed a critical number. V2G technology utilizes EV as a mean of energy storing and flexibility of the electrical system, and develops innovative and intelligent charging technologies that creates a new environment for electric mobility. However, in order this idea to be applicable, the electricity distribution network needs to be

"smarter", by the use of communication technologies and central control systems for the charging and discharging control. This practical could be effective for EVs owners and electricity network as well.

Finally, the main goal of this Master Thesis is the transition of car refueling that is currently served by gas stations to power stations without creating a gap in the market and at the same time to play the role of EV fleet manager (aggregator) that will also offer services to power network and bringing benefits to both EV drivers and network. This is the technological logic of the transition into a new era.

The main goal of all the above is the transition of the refueling of the car, which until today is served by the gas stations, to power stations without creating a gap in the market of refueling of vehicles. In addition, the role of the EV fleet aggregator is of major importance, as he simultaneously provides services to the grid and provides benefits to EV drivers who choose to charge their vehicle through the platform. Thus, mobility is given the opportunity to penetrate in the field of movement / transport in a dynamic and more environmentally friendly way by using electricity produced via RES.

## Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον Αν. Καθηγητή Δ. Κουλοχέρη για τη αποδοχή του θέματος και την Δρ. Μηχ. Κ. Βόσου για τη βοήθεια, την επιμονή, την υπομονή και τις πολύτιμες συμβουλές αλλά κυρίως για την ευρύτητα πνεύματος που ξεπέρασε με γενναιότητα τα ακαδημαϊκά όρια και προσαρμόστηκε στις επαγγελματικές ανάγκες μου για την ολοκλήρωση της παρούσας Μεταπτυχιακής Εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης τον συνάδελφο Θανάση Ταμβάκο από το **Ινστιτούτο Βιώσιμης Κινητικότητας και Δικτύων Μεταφορών (Ι.ΜΕΤ.)** λόγω των πολύτιμων πληροφοριών που μου έδωσε και τέλος τον εξαίρετο και αναγνωρισμένο συνάδελφο Απόστολο Ευθυμιάδη του οποίου η μελέτη για τη διεύθυνση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο ήταν πολύτιμη βάση για την εργασία.





*Στην μνήμη του πατέρα μου*



# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	3
Abstract.....	5
Ευχαριστίες .....	7
Περιεχόμενα .....	11
Κατάλογος Σχημάτων.....	15
Κατάλογος Πινάκων.....	16
Κατάλογος Εικόνων.....	17
Συντομογραφίες .....	19
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή.....	21
1.1 Περιγραφή του V2G.....	22
1.2 Αμφίδρομη και έξυπνη φόρτιση.....	22
1.3 Υπάρχουσα κατάσταση.....	22
1.4 Η αμφίδρομη φόρτιση ενός EV.....	23
1.5 Η ανάγκη εφαρμογής επικοινωνίας EV και φορτιστή για την διευκόλυνση των φορτίσεων καθιστώντας τα EV μπαταρίες του ηλεκτρικού δικτύου.....	23
1.6 Νομικό πλαίσιο ηλεκτρικών οχημάτων .....	23
1.7 Οφέλη της ηλεκτροκίνησης .....	28
Κεφάλαιο 2 - Ηλεκτρικά Οχήματα και τρόποι φόρτισης.....	29
2.1 Ηλεκτρικά Οχήματα (EV).....	29
2.2 Ηλεκτρικός κινητήρας.....	29
2.3 Η εξέλιξη των Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων (EV).....	30
2.4 Τύποι Ηλεκτρικών Οχημάτων (EV).....	32
2.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των EV .....	33
2.6 Τροφοδοσία και Φόρτιση EV.....	34
2.6.1 Τρόποι Φόρτισης .....	35
2.7 Βύσματα Φόρτισης (Charging Connectors) .....	37
2.7.1 Βύσμα με προδιαγραφές CHAdeMO).....	37
2.7.2 Βύσμα με προδιαγραφές CCS (Combo).....	38
2.8 Έλεγχος της φόρτισης με εργαλείο την ψηφιακή επικοινωνία.....	40
2.8.1 Επαγωγική φόρτιση .....	40
2.8.2 Επίδραση της επαγωγικής φόρτισης στο δίκτυο διανομής .....	43
2.8.3 Σύγκριση ενσύρματης φόρτισης και επαγωγικής φόρτισης .....	44
Κεφάλαιο 3 – Παρουσίαση των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	45
3.1 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	45

3.1.1 Σκοπός και απαιτήσεις των ΣΗΕ .....	45
3.1.2 Δομή ΣΗΕ.....	45
3.1.2 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	46
3.1.3 Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	47
3.1.4 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.....	48
3.1.5 Φορτία .....	49
3.2 Μικροδίκτυα .....	50
3.2.1 Έξυπνα δίκτυα.....	51
Κεφάλαιο 4 – Μεταβλητές ΑΠΕ Συστήματος και η ανάγκη της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας .....	56
4.1 Μεταβλητές ΑΠΕ Συστήματος (μΑΠΕΣ) .....	56
4.1.1 Η έννοια της μεταβλητότητας .....	56
4.1.2 Συνέπειες της μεταβλητότητας .....	58
4.1.3 Εξισορρόπηση (balancing) της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας .....	58
4.2 Έξυπνη Φόρτιση των διασυνδεδεμένων στο σύστημα EV για μέγιστη απορρόφηση της αιολικής ενέργειας .....	61
Κεφάλαιο 5 – Παρουσίαση της τεχνολογίας V2G .....	63
5.1 Τα EV ως μονάδες αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας.....	63
5.2 Η ενσωμάτωση των ηλεκτρικών οχημάτων στο διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.....	65
5.3 Η ιδέα της V2G λειτουργίας.....	66
5.4 Η εγκατάσταση της V2G λειτουργίας .....	67
5.5 Πιθανά επιχειρηματικά μοντέλα .....	70
5.6 V2G λειτουργία χωρίς την ύπαρξη aggregator .....	72
5.7 V2G λειτουργία με την ύπαρξη aggregator .....	73
5.8 Πλεονεκτήματα της V2G λειτουργίας.....	74
5.9 Μεγαλύτερη διείσδυση των ΑΠΕ με την τεχνολογία V2G .....	74
5.10 Περιορισμοί της V2G λειτουργίας .....	76
Κεφάλαιο 6 – Περιγραφή της εφαρμογής για έξυπνη φόρτιση των EV.....	78
6.1 Περιγραφή Εφαρμογής στο κινητό που διευκολύνει την φόρτιση και εφαρμόζει το V2G .....	78
6.1.2 Προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσουμε κατά την εφαρμογή .....	79
6.1.3 Κατηγοριοποίηση Αγοράς.....	79
6.1.4 Ανταγωνιστές εντός Ελλάδας .....	80
6.1.5 Ανταγωνιστές εκτός Ελλάδας .....	80
6.1.6 Η εταιρεία TESLA.....	81
6.2 Όραμα .....	82

6.2.1 Στρατηγική Πωλήσεων.....	82
6.2.2 Ανάλυση Οικονομικής Αξίας Φόρτισης .....	82
6.2.3 Break Even Analysis.....	83
6.3 Πρωτόκολλο Επικοινωνίας Φορτιστή.....	83
6.3.1 Open Charge Alliance.....	83
6.3.2 Open Charge Point Protocol (OCPP) .....	84
6.3.3 Περιγραφή μιας πλατφόρμας που προτείνουμε για την εφαρμογή μέσω Ethereum.....	84
6.4 Η εγκατάσταση ενός V2G προγράμματος .....	84
Κεφάλαιο 7 - Συμπεράσματα.....	87
Βιβλιογραφία .....	90



# Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. Μηχανή μονίμων μαγνητών (α) ακτινικής ροής , (β) αξονικής ροής

Σχήμα 2. Τα 4-τεταρτημόρια λειτουργίας κινητήρα και πέδης στο επίπεδο ροπής-ταχύτητας

Σχήμα 3. Ταξινόμηση EV στην Ελλάδα τα τελευταία τέσσερα χρόνια

# Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Επίπεδα Φόρτισης Συσσωρευτή

Πίνακας 2. Σύγκριση βυσμάτων ταχείας φόρτισης

Πίνακας 3. Σύγκριση επαγωγικής φόρτισης και ενσύρματης φόρτισης



# Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Tesla Model S charging at Tesla SuperCharger <https://www.carmagazine.co.uk/>

Εικόνα 2: Edison's electric Car <http://www.haniotika-nea.gr/ilektriko-aftokinito/>

Εικόνα 4. Το Enfield στην Σύρο κατασκευάζονταν στο ναυπηγείο Νεώριο

Εικόνα 5: BMW i3 οικιακή φόρτιση <https://www.fleetcarma.com/electric-vehicle-charging-guide/>

Εικόνα 6: Κοινόχρηστη φόρτιση <https://www.zap-map.com/public-charging-vs-charging-at-home/>

Εικόνα 7. Ακροσύνδεσμος και υποδοχή CHAdeMO <https://www.chademo.com/products/connectors/>

Εικόνα 8. Ακροσύνδεσμοι και υποδοχές Combo 1 & Combo 2

[https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014\\_2019/plmrep/COMMITTEES/PETI/CM/2021/04-12/1226515EL.pdf](https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/plmrep/COMMITTEES/PETI/CM/2021/04-12/1226515EL.pdf)

Εικόνα 9. Δράσεις για το κλίμα [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles_en)

Εικόνα 10. Επαγωγική στατική φόρτιση Volvo C30 Electric 89kW/250Nm ως όχημα δοκιμής

Εικόνα 11. Λωρίδα επαγωγικής δυναμικής φόρτισης σε αυτοκινητόδρομο

Εικόνα 12. Ασύρματη φόρτιση σε ηλεκτρικό λεωφορείο στην στάση επιβατών και στην διπλανή εικόνα τα μαξιλάρια επαγωγικής φόρτισης στο κάτω μέρος του λεωφορείου

<https://spectrum.ieee.org/wireless-charging-tech-to-keep-evs-on-the-go>

Εικόνα 13. Διάγραμμα ασύρματης φόρτισης

Εικόνα 14. Απορροφημένη ισχύς κατά την διάρκεια της 24ωρου

Εικόνα 15 Στάδια μετάβασης της ηλεκτρικής ενέργειας

Εικόνα 16 . Απεικόνιση του Ελληνικού ΣΗΕ

Εικόνα 17. Ένα τυπικό μικροδίκτυο

Εικόνα 18. Μια πιο διευρυμένη μορφή ενός έξυπνου δικτύου

Εικόνα 19: Το Έξυπνο Δίκτυο σύμφωνα με το μοντέλο του NIST σαν ένα σύνολο οντοτήτων που εξαρτώνται μεταξύ τους

Εικόνα 20: Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Δικτύου και οι απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιεί.

Εικόνα 21. Χρονοσειρές ανεμολόγιων στην Άνδρο. Δεδομένα από ΔΕΔΔΗΕ-ΠΑΕ

Εικόνα 22 . Σύγκριση παραγωγής και ζήτησης (φορτίο). Ωριαία μεταβλητότητα αιολικής παραγωγής προς το ηλεκτρικό φορτίο. Δεδομένα από ΔΕΔΔΗΕ-ΠΑΕ

Εικόνα 23. Επίδειξη του αυτοματοποιημένου συστήματος ανταλλαγής συσσωρευτών

Εικόνα 24. Προβλέψεις για το κόστος κτήσης μπαταριών EV

Εικόνα 25. Συντονισμένη λειτουργία DSO με διαχειριστές EV.

Εικόνα 26: Ροή ενέργειας κατά τη παραδοσιακή λειτουργία

Εικόνα 27: Ροή ενέργειας κατά τη V2G λειτουργία

Εικόνα 28: Σχηματική απεικόνιση της ροής ισχύος και των ασυρμάτων συνδέσεων επικοινωνίας μεταξύ των οχημάτων και του δικτύου κατά τη V2G λειτουργία

Εικόνα 29. Κεντρική σελίδα χρήστη V2G

Εικόνα 30. Εφαρμογή για smart phones, που ενημερώνει τον ιδιοκτήτη ηλεκτρικού οχήματος "Nissan Leaf" για τις σημαντικότερες παραμέτρους του οχήματός του

Εικόνα 31. Δομή χωρίς aggregator

Εικόνα 32 :Δομή του μοντέλου με ύπαρξη συναθροιστή (aggregator), με το μοντέλο ύπαρξης πολλών διαφορετικών

Εικόνα 33:Λειτουργία V2H

Εικόνα 34: Ροή ενέργειας, πληροφοριών και χρημάτων κατά τη V2G λειτουργία με την ύπαρξη aggregator

Εικόνα 35. Απόσπασμα από μηνιαίο δελτίο χρηματιστηρίου ενέργειας για τον Οκτώβριο 2020 που αναφέρεται στο μίγμα της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας

Εικόνα 36: Σύγκριση σεναρίων για την εξισορρόπηση αιολικής παραγωγής-φορτίου

Εικόνα 37: Τα διάφορα στάδια που μεσολαβούν πριν γίνει δυνατή η υιοθέτηση της V2G λειτουργίας

Εικόνα 38: Μεγάλα βάθη εκφόρτισης μειώνουν το χρόνο ζωής των συσσωρευτών

Εικόνα 39: Fortisis website <https://www.fortisis.eu/en/>

Εικόνα 40: Plugshare charging locations 1/2 <https://www.plugshare.com/>

Εικόνα 41: Tesla Model S, [www.Tesla.com](http://www.Tesla.com)

Εικόνα 42: Tesla Chargers Locations “Tesla.com”

Εικόνα 43: Φόρτιση EV μέσω OCPP. <https://www.openchargealliance.org/>

Εικόνα 44. Σηματική Διασύνδεση V2G Concept με Aggregator

Εικόνα 45. Το όραμα του Internet of Things

Εικόνα 46. Μετασχηματισμός του ΣΗΕ για να περάσουμε στην νέα εποχή

# Συντομογραφίες

EV: Electric Vehicle

V2G: Vehicle-To-Grid

MiL: Machine Learning

IoT: Internet of things

G2V: Grid-to-Vehicle

BEV: Battery Electric Vehicles

BEV/RE: Battery Electric Vehicles with Range Extender

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicles

SAE: Society of Automotive Engineers

TSO: Transmission System Operators

DSO: Distribution System Operators

NIST: National Institute of Standards and Technology

EVS-A: Electric Vehicle Supplier-Aggregator

IT: Information Technology

OSCP: Open Smart Charging Protocol

OCA: OPEN CHARGE ALLIANCE

OCPP: Open Charge Point Protocol



# Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (EVs – Electric Vehicles ) αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της σύγχρονης ενεργειακής μετάβασης. Στα επόμενα χρόνια, το EV θα μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία «έξυπνη κινούμενη μπαταρία», η οποία, μέσω συγκεκριμένων υποδομών (έξυπνοι φορτιστές EV) να φορτίζεται και να εκφορτίζεται (V2G: Vehicle-To-Grid) από και προς το ενεργειακό δίκτυο. Επίσης, μπορεί η φόρτιση και εκφόρτιση να συνδυαστεί με ένα μικρο-δίκτυο (micro-grid) σε επίπεδο Πόλης (Smart City, Ενεργειακή Κοινότητα) και να προκύψουν ενεργειακές διασυνδέσεις και ανταλλαγές φορτίων μεταξύ υποδομών (οικίες, κτίρια, καταναλωτές) αλλά και σταθμών αποθήκευσης ενέργειας (peer2peer energy storage).

Αυτή η πολύπλοκη δυναμική αγορά (ηλεκτροκίνηση) προϋποθέτει σωστή μοντελοποίηση αλλά και εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence) για την ανάλυση όλων των δεδομένων, την απλοποίηση των διαδικασιών απόφασης αλλά και την παροχή διαφόρων έξυπνων και διαδραστικών υπηρεσιών προς τους τελικούς καταναλωτές (επιλογή φορτιστών, δυναμική δρομολόγηση, κλπ). Η παρούσα Μεταπτυχιακή Εργασία αφορά στην σε βάθος μελέτη και ανάλυση της αγοράς ηλεκτροκίνησης, των EVs και των δικτύων φορτιστών και στη μελέτη διάδρασής τους με το ηλεκτρικό δίκτυο μίας έξυπνης συμμετοχικής πόλης (Cooperative). Ειδικότερα, θα αναλυθεί η εκμετάλλευση της ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Η ηλεκτροκίνηση περνά μέσα από την νέα τεχνολογία. Οι «Έξυπνες Πόλεις» είναι μία πραγματικότητα όπως και η εκθετική άνοδος της εγκατάστασης έξυπνων αισθητήρων (smart sensors) σχεδόν σε κάθε μας δραστηριότητα. Παράλληλα, το **Διαδίκτυο των πραγμάτων** ή **Ίντερνετ των πραγμάτων (Internet of things - IoT)** αποτελεί το δίκτυο επικοινωνίας πληθώρας οικιακών συσκευών, αυτοκινήτων καθώς και κάθε αντικείμενου που ενσωματώνει ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα σε δίκτυο ώστε να επιτρέπεται η σύνδεση και η ανταλλαγή δεδομένων. Απλούστερα, η φιλοσοφία του IoT είναι η σύνδεση όλων των ηλεκτρονικών συσκευών μεταξύ τους (τοπικό δίκτυο) ή με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο (παγκόσμιο ιστό). Αυξάνει ακόμα πιο πολύ την πολυπλοκότητα των δεδομένων που παράγονται από μία «Έξυπνη Πόλη». Όλες αυτές οι τεχνολογίες βοηθούν την ηλεκτροκίνηση να κατακτήσει τον χώρο που της αναλογεί.

Παράλληλα με την τεχνολογική εξέλιξη η Ελληνική πολιτεία ακολουθώντας της αρχές της Ευρωπαϊκής Ένωσης προσπαθεί μέσω του προγραμματισμού παραγωγής της ενέργειας για το μέλλον να εντάξει στην παραγωγή των ΑΠΕ και τις ΕΝΚΟΙΝ (Ενεργειακές Κοινότητες, Ν. 4513/2018 Energy Cooperative) με την ελπίδα η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας να παράγεται μέρος της και από την κοινωνία. Επίσης, βάσει του νέου θεσμικού πλαισίου, ένας Δήμος μπορεί να ιδρύσει ΕΝΚΟΙΝ και να εμπλέξει τους κατοίκους σε ενεργειακές καινοτομίες (αποθήκευση ενέργειας, ηλεκτροκίνηση, ΑΠΕ, κλπ). Είναι προφανές ότι το IoT αποτελεί κρίκο μιας μεγάλης αλυσίδας τεχνολογιών που θα βοηθήσουν για την σύνδεση των EV με βάσεις δεδομένων που θα αντλούν και θα στέλνουν πληροφορίες σχετικά με τα σημεία φόρτισης αλλά και τον τρόπο φόρτισης που θα επιλέξουν να δέχονται. Συνεπώς, τα EV θα αποτελέσουν άλλο ένα «αντικείμενο» που θα συνδεθεί στο νέο διαδίκτυο με σκοπό την διευκόλυνση της καθημερινότητας και του ανεφοδιασμού τους.

Αυτή η πολυπλοκότητα των παραγόμενων δεδομένων δημιουργεί πολλές επιχειρηματικές ευκαιρίες για νέες καινοτόμες υπηρεσίες και προϊόντα, σε επίπεδο έξυπνης πόλης. Με μεθοδολογίες σύντηξης δεδομένων (data fusion) δηλαδή τη διαδικασία ενσωμάτωσης πολλαπλών πηγών δεδομένων για την παραγωγή πιο συνεπών και χρήσιμων πληροφοριών που παρέχονται από οποιαδήποτε πηγή δεδομένων τα EV θα αποκτήσουν τεχνητή νοημοσύνη και θα συμπεριφέρονται ως κομμάτι μιας ομάδας που συνεργάζεται για να καλύψει το κενό της αποθήκευσης ενέργειας. Πολλές ετερογενείς βάσεις δεδομένων (data sets) αναλύονται και χρησιμοποιώντας μηχανές εκμάθησης (machine learning), από τα δεδομένα εξάγονται συμπεράσματα και συσχετίσεις, όσον αφορά διάφορες κάθετες περιοχές ενός έξυπνου Δήμου:

- ενεργειακές αναλύσεις,
- επίπεδα εξοικονόμησης ενέργειας σε υποδομές,

- επενδυτικές ευκαιρίες σε αποθήκευση ενέργειας,
- ευκαιρίες σε εγκατάσταση φορτιστών EV,
- διάφορες υπηρεσίες και αναλύσεις για το περιβάλλον κα.

Τα τελευταία χρόνια, σε παγκόσμιο επίπεδο παρατηρείται μια συστηματική προσπάθεια για τον εξηλεκτρισμό του τομέα των μεταφορών, καθώς οι τιμές των καυσίμων παραμένουν υψηλές, ενώ οι ανησυχίες για τις επιπτώσεις των εκπεμπόμενων ρύπων στο περιβάλλον γίνονται εντονότερες. Ωστόσο, η επερχόμενη διείσδυση των EV αποτελεί και μία πρόκληση για τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Η λειτουργία και ο προγραμματισμός τους θα πρέπει να αναπροσαρμοστούν για να διαχειριστούν το επιπρόσθετο φορτίο των EV έτσι ώστε να αποφευχθούν πιθανές πρόωρες επενδύσεις [1]. Η εξυπηρέτηση των ενεργειακών αναγκών των οχημάτων θα πρέπει να γίνεται με το βέλτιστο οικονομικό τρόπο, διασφαλίζοντας παράλληλα την ομαλή λειτουργία του δικτύου.

Η αποθηκευτική χωρητικότητα των συσσωρευτών ενός στόλου EV μπορεί να αξιοποιηθεί επιχειρηματικά από τους παρόχους υπηρεσιών δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας (με την υποστήριξη των εταιρειών τηλεπικοινωνιακών και πληροφοριακών συστημάτων). Η δυνατότητα αμφίδρομης ροής ισχύος από το δίκτυο προς το EV (Grid-to-Vehicle - G2V) και ανάστροφα (Vehicle-to-Grid – V2G), επιτρέπει την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων για την παροχή ενέργειας και επικουρικών υπηρεσιών στους διαχειριστές του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΕΗ).

Η διαχείριση της ενεργειακής λειτουργίας (φόρτιση/εκφόρτιση) των συσσωρευτών των EV στη διασυνδεδεμένη λειτουργία τους απαιτεί τη θεσμοθέτηση ενός νέου ενεργειακού παίχτη, ενός κεντρικού **διαχειριστή ενός στόλου ηλεκτρικών οχημάτων “Aggregator”**. Σκοπός της παρούσας Μεταπτυχιακής Εργασίας είναι η πρωτόλεια παραγωγή ενός μοντέλου, το οποίο θα αξιοποιηθεί από έναν κεντρικό διαχειριστή ενός στόλου ηλεκτρικών οχημάτων (aggregator) με σκοπό να προγραμματίσει βέλτιστα την παροχή ενέργειας και επικουρικών υπηρεσιών (ρύθμιση συχνότητας και στρεφόμενη εφεδρεία) στο δίκτυο, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται μέγιστο οικονομικό κέρδος για τον διαχειριστή αυτόν. Τον ρόλο του aggregator στην περίπτωση μας θα θέλαμε να τον παίξει μια εταιρία που σήμερα διαχειρίζεται πρατήρια υγρών καυσίμων ώστε η μετάβαση από τη σημερινή κατάσταση στην ηλεκτροκίνηση να εξοικονομήσει πόρους που έχουν οικοδομηθεί τα τελευταία 30 χρόνια.

### 1.1 Περιγραφή του V2G

Η αμφίδρομη φόρτιση και το V2G (Vehicle-to-Grid ή όχημα σε δίκτυο) συγκαταλέγονται στις πιο προσιτές έννοιες της βιομηχανίας φόρτισης EV. Με απλούς όρους, η αμφίδρομη φόρτιση επιτρέπει όχι μόνο τη φόρτιση αλλά και την εκφόρτιση των μπαταριών των EV προς το δίκτυο με σκοπό να εξισορροπηθεί η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας συγκεκριμένες ώρες και ημέρες. Η αμφίδρομη φόρτιση υποστηρίζεται από τεχνολογία V2G, η οποία επιτρέπει την επικοινωνία με το ενεργειακό σύστημα (δίκτυο) για τη σταθεροποίηση του δικτύου. Η αμφίδρομη φόρτιση και το V2G χρησιμοποιούνται συχνά ως συνώνυμα, παρόλο που η τεχνική αμφίδρομης φόρτισης αναφέρεται σε αμφίδρομη ροή ρεύματος, ενώ το (όχημα σε δίκτυο) V2G είναι η τεχνολογία που επιτρέπει τη μονόδρομη ροή ενέργειας από τη μπαταρία του αυτοκινήτου στο δίκτυο.

### 1.2 Αμφίδρομη και έξυπνη φόρτιση

Η έξυπνη φόρτιση EV, δηλαδή μια σύνδεση στο cloud (νέφος) μεταξύ ενός οχήματος EV, μιας συσκευής φόρτισης και ενός διαχειριστή φόρτισης (aggregator), είναι απαραίτητη προϋπόθεση για αμφίδρομη φόρτιση. Χωρίς αυτήν τη σύνδεση, δεν θα υπήρχαν πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ του ηλεκτρικού δικτύου και του οχήματος. Έτσι, θα είναι άγνωστο πότε το ηλεκτρικό δίκτυο απαιτεί εξισορρόπηση. **Εν ολίγοις, η αμφίδρομη φόρτιση μπορεί να θεωρηθεί χαρακτηριστικό της έξυπνης φόρτισης EV.**

### 1.3 Υπάρχουσα κατάσταση

Μέχρι τώρα, πιθανώς αναρωτιέται κανείς, πόσο καιρό θα χρειαστεί το V2G να γίνει η κυρίαρχη τάση. Αν και δεν υπάρχει «κρυστάλλινη σφαίρα», το πρώτο πράγμα που πρέπει να υπογραμμισθεί είναι, ότι

η τεχνολογία που απαιτείται για αμφίδρομη φόρτιση, ήδη υπάρχει. Επί του παρόντος, η Nissan ηγείται της παραγωγής όσον αφορά στην κατασκευή αυτοκινήτων με δυνατότητα V2G, αλλά -ευτυχώς- ακολουθούν και άλλοι κατασκευαστές. Τέλος, ενώ ο ενεργειακός τομέας και οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας άργησαν να ανταποκριθούν στις δυνατότητες του V2G, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η αμφίδρομη φόρτιση δεν μπορεί να κυριαρχήσει χωρίς την υποστήριξή τους. Εδώ, φαίνεται η αξία των δικτύων διανομής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία αποτελούν μια τεράστια επένδυση κάθε χώρας και θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξή της στο μέλλον. Ωστόσο, δεδομένου ότι υπάρχουν τεράστια οφέλη που προκύπτουν από την αμφίδρομη φόρτιση, είναι μόνο θέμα χρόνου έως ότου οι επιχειρήσεις ηλεκτρικών δικτύων αρχίσουν να επενδύουν σε μεγάλο βαθμό στη διαχείριση ΑΠΕ μέσω του V2G.

#### **1.4 Η αμφίδρομη φόρτιση ενός EV**

Η αμφίδρομη φόρτιση ενός EV, είναι ακριβώς αυτό που ακούγεται, δηλαδή η κατά δύο κατευθύνσεις ροή του ρεύματος φόρτισης του EV. Ενώ με φορτιστές EV μονής κατεύθυνσης η ηλεκτρική ενέργεια ρέει από το ηλεκτρικό δίκτυο στο EV, με φορτιστές EV δύο δρόμων (αμφίδρομους), η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να ρέει και με τους δύο τρόπους (κατευθύνσεις) δηλαδή από το ηλεκτρικό δίκτυο προς το EV και από το EV προς το ηλεκτρικό δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, όταν ένα EV φορτίζεται, ηλεκτρική ενέργεια AC (εναλλασσόμενο ρεύμα) από το δίκτυο μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια DC (συνεχές ρεύμα), το είδος ρεύματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα αυτοκίνητο. Αυτή η μετατροπή πραγματοποιείται είτε από τον μετατροπέα του αυτοκινήτου είτε από τον μετατροπέα που βρίσκεται στον φορτιστή. Στη συνέχεια, όταν χρησιμοποιείται αυτή η ενέργεια - που είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία του EV - σε ένα σπίτι ή όταν επιστρέφεται στο δίκτυο, η ηλεκτρική ενέργεια DC που χρησιμοποιείται στο αυτοκίνητο πρέπει να μετατραπεί ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια AC. Παρόλο που επί του παρόντος δεν υπάρχουν πολλοί αμφίδρομοι φορτιστές EV στην αγορά, όλοι τους περιέχουν εσωτερικούς μετατροπείς, που σημαίνει ότι μπορούν να χειριστούν την ηλεκτρική μετατροπή από DC σε AC και αντιστρόφως, ελέγχοντας ακόμη και την ποσότητα ενέργειας που τροφοδοτείται από και προς τη μπαταρία.

#### **1.5 Η ανάγκη εφαρμογής επικοινωνίας EV και φορτιστή για την διευκόλυνση των φορτίσεων καθιστώντας τα EV μπαταρίες του ηλεκτρικού δικτύου**

Η βασική σκέψη της παρούσας Μεταπτυχιακής Εργασίας είναι η περιγραφή μιας εφαρμογής που θα αναλάβει τη διαχείριση της δρομολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας από το EV προς το ηλεκτρικό δίκτυο και αντίστροφα. Αντίστοιχες εφαρμογές έχουν ήδη αναπτυχθεί και εφαρμόζονται πιλοτικά στο εξωτερικό έτσι θεωρήθηκε αναγκαίο να περιγραφεί μια start up που θα αναλάβει αυτές τις εργασίες με ρόλο aggregator. Η εφαρμογή θα μπορεί να λειτουργεί μέσω λογισμικού που μπορεί να εγκατασταθεί ακόμα και σε κινητό τηλέφωνο, θα ενθαρρύνει τον χρήστη να τη χρησιμοποιεί όλο και περισσότερο καθώς θα είναι σε θέση να συλλέξει στοιχεία από το EV και να δημιουργήσει σχέδια φόρτισης (Charging Plans) βάσει των καθημερινών δρομολογίων του χρήστη αλλά και να βρει τα κοντινότερα σημεία φόρτισης. Το σημαντικότερο είναι ότι κατά την εκφόρτιση του συσσωρευτή ο ιδιοκτήτης του EV θα έχει και οικονομικό όφελος από την πώληση της ενέργειας που την δεδομένη στιγμή δεν την χρειάζεται και θα την επιστρέφει στο δίκτυο. (σε ποιο σημείο αυτής της παραγράφου περιγράφεται η «Ανάγκη εφαρμογής επικοινωνίας...»)?

#### **1.6 Νομικό πλαίσιο ηλεκτρικών οχημάτων**

Η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση απαιτεί ένα ενιαίο, σαφές και ολοκληρωμένο θεσμικό πλαίσιο. Η νομοθετική πρωτοβουλία για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης ξεκίνησε στην Ελλάδα με δειλά βήματα και μέσα από διάσπαρτες διατάξεις, ενώ η τελευταία προσθήκη του νόμου 4710/2020 (Προώθηση της ηλεκτροκίνησης και άλλες διατάξεις) διαμόρφωσε ένα πιο πλήρες πλαίσιο. Παρακάτω αποτυπώνεται η κύρια νομοθεσία που διέπει τον τομέα της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα.

- a) Ο νόμος **4233/2014** εισήγαγε τη δυνατότητα εγκατάστασης σταθμών φόρτισης EV στα Πρατήρια παροχής Καυσίμων και Ενέργειας, στους στεγασμένους και υπαίθριους σταθμούς

αυτοκινήτων, στα συνεργεία συντήρησης και επισκευών αυτοκινήτων και μοτοσυκλετών καθώς και στα δημόσια ή ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο.

- b) Με την **ΚΥΑ 71287/6443/2015** καθορίστηκαν οι όροι, οι προϋποθέσεις και οι τεχνικές προδιαγραφές των συσκευών φόρτισης των EV για την εγκατάσταση αυτών στους παραπάνω σταθμούς εξυπηρέτησης.
- c) Στη συνέχεια, με τον νόμο **4439/2016** ενσωματώθηκε η οδηγία 2014/94 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στην ελληνική νομοθεσία. Η οδηγία 2014/94 θεσπίζει ένα κοινό πλαίσιο μέτρων για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και ορίζει, μεταξύ άλλων, τις απαιτούμενες ελάχιστες προδιαγραφές για τη δημιουργία υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων των σημείων επαναφόρτισης των EV, οι οποίες θα εφαρμοστούν από τα κράτη μέλη μέσω των εθνικών πλαισίων πολιτικής. Επίσης, ορίζει τις κοινές τεχνικές προδιαγραφές για την εν λόγω επαναφόρτιση καθώς και προδιαγραφές ως προς τις πληροφορίες προς τους χρήστες. Με λίγα λόγια θέτει το πλαίσιο για την ανάπτυξη και τη διαχείριση υποδομών επαναφόρτισης EV ούτως ώστε να διασφαλίζεται ανοικτή πρόσβαση στους ενδιαφερόμενους με όρους που να ευνοούν την αγορά.

Μερικές από τις κύριες κατευθύνσεις της συγκεκριμένης οδηγίας είναι:

- Η διασφάλιση ενός ικανού αριθμού δημόσιων σημείων επαναφόρτισης με απώτερο σκοπό τα EV να μπορούν να κυκλοφορούν τουλάχιστον σε αστικές, προαστιακές και άλλες πυκνοκατοικημένες περιοχές. Αυτός ο αριθμός δημόσιων σημείων επαναφόρτισης δύναται να τροποποιηθεί με βάση τις εξελίξεις στην αγορά των EV, διασφαλίζοντας τοιουτοτρόπως την εισαγωγή επιπλέον προσβάσιμων δημόσιων σημείων επαναφόρτισης.
  - Η μέριμνα ούτως ώστε οι διαχειριστές δημοσίων προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης να μπορούν να αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια από οποιονδήποτε προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας που δραστηριοποιείται στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με την επιφύλαξη συμφωνίας του προμηθευτή. Επίσης, να έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν υπηρεσίες επαναφόρτισης EV στους πελάτες βάσει συμβολαίου, μεταξύ άλλων και εξ ονόματος και για λογαριασμό άλλων παρόχων υπηρεσιών.
  - Η δυνατότητα σε όλα τα δημόσια σημεία επαναφόρτισης να υπάρχει χρέωση επί τούτω για τους χρήστες EV χωρίς την ανάγκη σύναψης συμβολαίου με προμηθευτή ή διαχειριστή ηλεκτρικής ενέργειας.
  - Η μέριμνα για τη διαφάνεια στις χρεώσεις από τους διαχειριστές των δημοσίων προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης.
  - Η απρόσκοπτη συνεργασία των διαχειριστών συστημάτων διανομής με τους εγκαταστάτες ή τους διαχειριστές των δημοσίων σημείων επαναφόρτισης.
- d) Με την **ΚΥΑ 77226/3824/2017** καθορίστηκαν και εξειδικεύτηκαν οι απαιτούμενες λεπτομέρειες εφαρμογής καθώς και οι τεχνικές προδιαγραφές του Εθνικού Πλαισίου Πολιτικής για την ανάπτυξη της αγοράς υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών και για την υλοποίηση των σχετικών υποδομών. Πιο συγκεκριμένα, έγινε αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης στον τομέα των μεταφορών, τέθηκαν οι σκοποί και οι στόχοι για τα επόμενα χρόνια καθώς και τα απαραίτητα μέτρα προς αυτή τη κατεύθυνση. Επιπρόσθετα, εξετάστηκαν τα μέτρα για τη στήριξη της δημιουργίας δημόσιων και ιδιωτικών υποδομών εναλλακτικών καυσίμων.

Τα μέτρα περιλάμβαναν μεταξύ άλλων:

- Την ολοκλήρωση του θεσμικού πλαισίου για τη δημιουργία υποδομών φόρτισης,
- Την ολοκλήρωση του θεσμικού πλαισίου για τη λειτουργία Φορέων Εκμετάλλευσης Υποδομών Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΦΕΥΦΟΗ),
- Την πρόβλεψη χρήσης φορτιστών σε νέα και ανακαινιζόμενα κτίρια,
- Τα άμεσα ή έμμεσα οικονομικά κίνητρα (πχ επιδότηση, φορολογικές απαλλαγές).



- e) Με τη τροποποίηση του νόμου 4067/2012, η οποία εισήχθη στο άρθρο 17 του **νόμου 4513/2018**, επιτράπη η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης EV σε δημόσιους κοινόχρηστους χώρους.
- f) Στην **οδηγία 2018/844** της ΕΕ (τροποποίηση της οδηγίας 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και της οδηγίας 2012/27/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση) προβλέπεται η εγκατάσταση υποδομών επαναφόρτισης EV τόσο στα νέα, όσο και στα υφιστάμενα κτίρια, ο καθορισμός των συναφών απαιτήσεων καθώς και μέτρα για την απλοποίηση της διαδικασίας και την αντιμετώπιση των ρυθμιστικών εμποδίων. Σημειώνεται εδώ ότι η εναρμόνιση με την οδηγία 2018/844/ΕΕ ολοκληρώθηκε με τον νόμο 4685/2020 (με εξαίρεση τις διατάξεις για τις υποδομές ηλεκτροκίνησης σε κτίρια).

- g) Στη συνέχεια, η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) με τη **γνωμοδότηση υπ' αριθμόν 7/2019**, συνιστά την υιοθέτηση του ανταγωνιστικού μοντέλου λειτουργίας της αγοράς ηλεκτροκίνησης, σύμφωνα με το οποίο η ανάπτυξη, η διαχείριση δημοσίως προσβάσιμων υποδομών επαναφόρτισης EV καθώς και η παροχή σχετικών και άλλων υπηρεσιών στο πεδίο της ηλεκτροκίνησης, αποτελούν ανταγωνιστικές δραστηριότητες και οι οποίες μπορούν να αναλαμβάνονται από οποιοδήποτε ενδιαφερόμενο πρόσωπο ή φορέα. Η εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου συνίσταται και από την ΕΕ, ενώ έχει πλέον επικρατήσει στην πλειονότητα των κρατών μελών. Προκειμένου για την ανάπτυξη υποδομών επαναφόρτισης σε ιδιωτικούς χώρους ή μη, δημοσίως προσβάσιμους ή μη, αυτή δε μπορεί παρά μόνο να πραγματοποιηθεί με πρωτοβουλία των ιδιοκτητών και σύμφωνα με το ανταγωνιστικό μοντέλο αγοράς.

Επιπροσθέτως, η ΡΑΕ έθεσε τις απαιτήσεις και τις προϋποθέσεις τόσο για την προώθηση της διαλειτουργικότητας των υποδομών επαναφόρτισης EV, όσο και για την ίδρυση και λειτουργία των φορέων της αγοράς ηλεκτροκίνησης. Επίσης, κρίθηκε αναγκαία η λειτουργία του **μητρώου υποδομών και φορέων αγοράς ηλεκτροκίνησης (ΜΥΦΑΗ)** ενώ τέθηκε και το γενικότερο πλαίσιο της τιμολόγησης των υπηρεσιών επαναφόρτισης, της μέτρησης ενέργειας και της διαχείρισης της ζήτησης των υποδομών επαναφόρτισης.

- h) Σύμφωνα με την **Κοινή Υπουργική Απόφαση 42863/438/2019**, η οποία τέθηκε εν ισχύ τον Ιούνιο του 2019, καθορίζονται οι όροι, οι προϋποθέσεις και οι τεχνικές προδιαγραφές για την εγκατάσταση σημείων επαναφόρτισης EV στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του αστικού, υπεραστικού και εθνικού οδικού δικτύου καθώς και σε χώρους στάθμευσης δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων. Στην παραπάνω Υπουργική Απόφαση καθορίζονται, μεταξύ άλλων, η αδειοδοτική διαδικασία με τα απαραίτητα δικαιολογητικά και εγκρίσεις, οι τεχνικές προδιαγραφές καθώς και οι χωροταξικοί περιορισμοί της θέσης εγκατάστασης των συσκευών φόρτισης συσσωρευτών EV.
- i) Περαιτέρω ενίσχυση του θεσμικού πλαισίου έφερε ο **νόμος 4643/2019** με το άρθρο 27 το οποίο φέρει τροποποιήσεις στον νόμο 4001/2011. Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τους όρους του EV, του σημείου επαναφόρτισης και του δημοσίως προσβάσιμου σημείου επαναφόρτισης (όπως αυτές ορίζονται στο νόμο 4439/2016), εισάγονται επιπρόσθετα και νέοι όροι όπως αυτοί των υπηρεσιών επαναφόρτισης Η/Ο, των υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης, του χρήστη EV, του ιδιοκτήτη των υποδομών φόρτισης, του παρόχου υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης (ΠΥΗ), του φορέα διεκπεραίωσης συναλλαγών (ΦΔΣ) καθώς και του φορέα **σωρευτικής εκπροσώπησης (aggregator) φορτίου ηλεκτρικών οχημάτων - ΦΟΣΕΦΗΟ**.

Επιπρόσθετα, ο νόμος 4643/2019 έθεσε τους κανόνες που θα πρέπει να ακολουθήσουν οι φορείς και τα ενδιαφερόμενα μέρη για την οργάνωση της αγοράς της φόρτισης των EV. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται το πλαίσιο λειτουργίας των ΦΕΥΦΗΟ και των ΦΟΣΕΦΗΟ, καθορίζονται οι σχέσεις μεταξύ ΦΕΥΦΗΟ, ΠΥΗ, ΦΔΣ, ΦΟΣΕΦΗΟ, οι υποχρεώσεις αυτών έναντι των χρηστών ηλεκτρικών οχημάτων οι υποχρεώσεις γνωστοποίησης στοιχείων και τα δεδομένα που τηρούνται στο Μητρώο Υποδομών και Αγοράς Ηλεκτροκίνησης στο Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών, καθώς και κάθε άλλο ζήτημα σχετικό με τη λειτουργία και τις υποχρεώσεις

των ΠΥΗ, των ΦΟΣΕΦΗΟ, των ΦΔΣ και της αγοράς υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης γενικότερα, ενώ αφαιρείται από τους Διαχειριστές Δικτύων Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας τη δυνατότητα να έχουν στην ιδιοκτησία τους, να αναπτύσσουν, να διαχειρίζονται ή να λειτουργούν σημεία φόρτισης για EV εκτός αυτών που προορίζονται για ίδια χρήση.

- j) Ο **νόμος 4710/2020**, ως τελευταία κύρια προσθήκη στο θεσμικό πλαίσιο της ηλεκτροκίνησης, ήρθε να καλύψει την επιτακτική ανάγκη για τη διαμόρφωση ενός ενιαίου και ολοκληρωμένου θεσμικού πλαισίου για την ηλεκτροκίνηση.

Οι βασικοί του άξονες είναι:

- Η θέσπιση οικονομικών και φορολογικών κινήτρων για την αγορά, μίσθωση και χρήση EV καθώς και αναπτυξιακών κινήτρων για τις μονάδες παραγωγής EV και σχετικών με αυτά αγαθών ή ειδών.
- Η οργάνωση της λειτουργίας της αγοράς ηλεκτροκίνησης και των υποδομών φόρτισης EV καθώς και η λειτουργία του μητρώου υποδομών και φορέων αγοράς ηλεκτροκίνησης (ΜΥΦΑΗ).
- Ο χωροταξικός και πολεοδομικός σχεδιασμός των υποδομών της ηλεκτροκίνησης με πρόβλεψη για τη χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης και υποδομών φόρτισης σε ιδιωτικούς και δημόσιους χώρους, σε νέα και υφιστάμενα κτίρια.
- Η απλοποίηση της αδειοδοτικής διαδικασίας, οι προϋποθέσεις και οι προδιαγραφές της εγκατάστασης των υποδομών φόρτισης EV.
- Η εναρμόνιση με την οδηγία 2019/1161 της ΕΕ για την πρόωθηση καθαρών και ενεργειακών αποδοτικών οχημάτων οδικών μεταφορών.

Ο ορισμός του EV περιλαμβάνει πλέον, εκτός από τα αυτοκίνητα, τις μοτοσυκλέτες, τα μοτοποδήλατα καθώς και τα ποδήλατα με υποβοηθούμενη ποδηλάτηση. Τα κίνητρα για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης αφορούν την επιδότηση για την αγορά EV, τη δημιουργία δωρεάν θέσεων στάθμευσης, την επιβολή περιβαλλοντικού τέλους και απαγόρευσης εισαγωγής σε παλαιά μεταχειρισμένα οχήματα καθώς και φορολογικές απαλλαγές για την αγορά, χρήση και παραχώρηση EV.

Επίσης, ενισχύονται οι κανόνες που θα πρέπει να ακολουθήσουν οι φορείς για την οργάνωση της αγοράς ηλεκτροκίνησης. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται το πλαίσιο λειτουργίας των ΦΕΥΦΗΟ και καθορίζονται εκ νέου οι σχέσεις μεταξύ ΦΕΥΦΗΟ, ΠΥΗ, ΦΔΣ και ΦΟΣΕΦΗΟ. Επιπρόσθετα, κατά την έναρξη λειτουργίας του μητρώου υποδομών και φορέων αγοράς ηλεκτροκίνησης (ΜΥΦΑΗ), το οποίο είχε προβλεφθεί στον νόμο 4001/2011, υποχρεούνται να εγγράφονται τόσο οι φορείς της αγοράς ηλεκτροκίνησης, όσο και οι φορείς που διαχειρίζονται τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης. Οι ΦΕΥΦΗΟ οφείλουν να ενημερώνουν το ΜΥΦΑΗ σχετικά με τα δεδομένα των σημείων επαναφόρτισης (στατικά, δυναμικά, λειτουργικά και απολογιστικά).

Όσον αφορά τις χωροταξικές ρυθμίσεις που αποτυπώνονται στο συγκεκριμένο νόμο, οι μεγάλοι και μεσαίοι δήμοι της επικράτειας υποχρεούνται να εκπονήσουν Σχέδιο Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΣΦΗΟ) για τη χωροθέτηση επαρκούς αριθμού δημοσίως προσβάσιμων σημείων επαναφόρτισης και θέσεων στάθμευσης EV εντός των διοικητικών ορίων τους και το οποίο θα λαμβάνει υπόψη τα πολεοδομικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Επίσης, καθορίζεται η χωροθέτηση θέσεων στάθμευσης EV για ΑμεΑ (Ατόμων με Αναπηρία) καθώς και επιβατικών οχημάτων εξωτερικής φόρτισης δημόσιας χρήσης - ΤΑΞΙ.

Επιπρόσθετα, ο συγκεκριμένος νόμος έρχεται να ενσωματώσει σημαντικές διατάξεις από την οδηγία 2018/844 στην ελληνική νομοθεσία, οι οποίες αφορούν τις απαραίτητες πολεοδομικές ρυθμίσεις και συναφείς απαιτήσεις και προϋποθέσεις για την εγκατάσταση υποδομών επαναφόρτισης σε νέα και υφιστάμενα κτίρια καθώς και σε κτίρια του Δημοσίου και της Γενικής Κυβέρνησης.

Τέλος, απλοποιούνται οι διαδικασίες αδειοδότησης των εγκαταστάσεων υποδομών φόρτισης, τίθενται προδιαγραφές για την ηλεκτρική εγκατάσταση των σημείων επαναφόρτισης και τροποποιούνται οι όροι λειτουργίας των σταθμών αυτοκινήτων και των συνεργείων για να περιλαμβάνουν και τα EV.

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι κυριότεροι ορισμοί στην ηλεκτροκίνηση, όπως εισάγονται και αναφέρονται στην ελληνική νομοθεσία.

**Ηλεκτρικό όχημα (EV):** Μηχανοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο περιέχει μία τουλάχιστον μη περιφερειακή, εξωτερική, βοηθητική, ηλεκτρική μηχανή ως μετατροπέα ενέργειας με ηλεκτρικό επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο μπορεί να επαναφορτίζεται εξωτερικά.

**Σημείο επαναφόρτισης:** Διεπαφή ικανή να φορτίσει τουλάχιστον ένα EV κάθε φορά ή να αντικαταστήσει τη μπαταρία ενός EV κάθε φορά. Επίσης αναφέρεται και ως «υποδομή επαναφόρτισης» ή «σταθμός φόρτισης».

**Σημείο επαναφόρτισης κανονικής ισχύος:** Σημείο επαναφόρτισης EV, ηλεκτρικής ισχύος έως και 22 kW. Δεν περιλαμβάνονται τα σημεία επαναφόρτισης με ισχύ έως και 3,7 kW που είναι εγκατεστημένα σε ιδιωτικές κατοικίες ή ο κύριος σκοπός τους δεν είναι να φορτίζουν EV και τα οποία δεν είναι δημοσίως προσβάσιμα.

**Σημείο επαναφόρτισης υψηλής ισχύος:** Σημείο επαναφόρτισης που επιτρέπει τη μεταφορά ηλεκτρισμού σε EV ισχύος μεγαλύτερης των 22 kW.

**Δημοσίως προσβάσιμο σημείο επαναφόρτισης ή ανεφοδιασμού:** Σημείο επαναφόρτισης ή ανεφοδιασμού που παρέχει ηλεκτρική ενέργεια με άνευ διακρίσεων πρόσβαση σε όλους τους χρήστες. Η άνευ διακρίσεων πρόσβαση μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα μέσα για την ταυτοποίηση, τη χρήση και την πληρωμή.

**Υπηρεσίες επαναφόρτισης EV:** Σύνολο υπηρεσιών, περιλαμβανομένης της επαναφόρτισης καθ' αυτής και άμεσα σχετιζόμενων ή συνοδευτικών με αυτή χαρακτηριστικών προστιθέμενης αξίας (ταχύτητα επαναφόρτισης, ευκολία χρήσης και χρέωσης, ευχέρεια προσβασιμότητας, υπηρεσίες στάθμευσης κλπ.).

**Υπηρεσίες Ηλεκτροκίνησης:** Σύνολο υπηρεσιών προς χρήστες EV, σχετιζόμενων με την επαναφόρτιση και την τιμολόγηση της ηλεκτροκίνησης, τη βέλτιστη εξυπηρέτηση των χρηστών, ενδεικτικώς εύρεση διαθέσιμων σημείων φόρτισης και πλοήγηση, κράτηση θέσεων, αλλά και εν γένει υπηρεσίες, όπως διαχείριση στόλου EV οχημάτων και της διάθεσής τους προς χρήστες EV.

**Χρήστης EV:** Φυσικό ή νομικό πρόσωπο που έχει στην κυριότητα ή κατοχή του EV και λαμβάνει υπηρεσίες ηλεκτροκίνησης.

**Ιδιοκτήτης υποδομών επαναφόρτισης:** φυσικό ή νομικό πρόσωπο, το οποίο διαθέτει στην κυριότητα του σημείο ή σημεία επαναφόρτισης EV.

**Φορέας Εκμετάλλευσης Υποδομών Επαναφόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΦΕΥΦΟ):** Φυσικό ή νομικό πρόσωπο που δραστηριοποιείται στην εκμετάλλευση υποδομών φόρτισης, για τις οποίες δύναται να προμηθεύεται Ηλεκτρική Ενέργεια με σκοπό την παροχή υπηρεσιών φόρτισης EV.

**Πάροχος Υπηρεσιών Ηλεκτροκίνησης (ΠΥΗ):** Ατομική επιχείρηση ή νομικό πρόσωπο που δραστηριοποιείται στην παροχή υπηρεσιών ηλεκτροκίνησης σε συμβεβλημένους χρήστες.

**Φορέας Διεκπεραίωσης Συναλλαγών (ΦΔΣ):** Ατομική επιχείρηση ή νομικό πρόσωπο που δραστηριοποιείται στην ανάπτυξη και λειτουργία πληροφοριακών υποδομών προς διευκόλυνση ανταλλαγής στοιχείων και διεκπεραίωσης οικονομικών συναλλαγών μεταξύ ΦΕΥΦΟ ή μεταξύ ΠΥΗ ή μεταξύ ΦΕΥΦΟ και ΠΥΗ, με στόχο την επίτευξη της διαλειτουργικότητας των υποδομών φόρτισης.

**Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης (aggregator) Φορτίου Η/Ο - ΦΟΣΕΦΗΟ:** Νομικό πρόσωπο, το οποίο αναλαμβάνει τη σωρευτική εκπροσώπηση του φορτίου συνδεδεμένων με το Δίκτυο EV για συμμετοχή στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και την παροχή υπηρεσιών προς τους Διαχειριστές Δικτύου και Συστήματος.

### 1.7 Οφέλη της ηλεκτροκίνησης

Πολλά έχουν γραφεί για τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης όπως και για τον αντίλογο δηλαδή τους τρόπους και τις δυσκολίες που έχει αυτή η επαναστατική διαδικασία στην ανθρωπότητα. Εμάς μας αφορούν τα οφέλη και επιγραμματικά τα συμπυκνώσαμε στα εξής:

**Πρώτον**, συμβάλλει στη μείωση του κόστους της κινητικότητας, και ειδικότερα, αναφορικά τόσο με το κόστος λειτουργίας των EV όσο και με το κόστος συντήρησης και επισκευής τους σε σύγκριση με τα συμβατικά. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ενός μέσου EV μικρής κατηγορίας αντιστοιχεί σε περίπου **16 kWh/100 χλμ**. Με τα τρέχοντα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας για τα νοικοκυριά στην Ελλάδα, η οδήγηση ενός EV για 100 χλμ. κοστίζει περίπου 3 € η οποία βέβαια είναι ανοδική στις ημέρες μας. Το κόστος αυτό είναι σημαντικά χαμηλότερο από το κόστος ενός συγκρίσιμου συμβατικού βενζινοκίνητου οχήματος, που είναι περίπου 9 € για 100 χλμ (φράγμα που έχει ξεπεραστεί στην περίοδο της ενεργειακής κρίσης).

**Δεύτερον**, συντελεί στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης σε τοπική κλίμακα. Τα πλέον έντονα προβλήματα ρύπανσης, τα οποία σχετίζονται άμεσα με τη χρήση συμβατικών οχημάτων, εντοπίζονται στις πυκνοκατοικημένες περιοχές λόγω της αυξημένης κυκλοφορίας και της μεγάλης συγκέντρωσης πληθυσμού. Τα συμβατικά οχήματα εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των οξειδίων του αζώτου, του μονοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων του θείου και σωματιδίων. Τα EV, αντίθετα, δεν εκπέμπουν ατμοσφαιρικούς ρύπους σε τοπική κλίμακα.

**Τρίτον**, οδηγεί στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Ο τομέας των μεταφορών στην Ελλάδα αντιπροσωπεύει περίπου το είκοσι πέντε τοις εκατό (25%) των εθνικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), με τις περισσότερες από αυτές να αποδίδονται στις οδικές μεταφορές όπως αναφέρεται στην αιτιολογική έκθεση του Ν.4710/2020. Τα EV δεν εκπέμπουν άμεσα CO<sub>2</sub> ή άλλους ρύπους.

**Τέταρτον**, συντείνει στην αποτελεσματικότερη χρήση ενέργειας. Σύμφωνα με πρόσφατα στατιστικά δεδομένα, ο τομέας των μεταφορών στην Ελλάδα αντιπροσωπεύει περίπου το σαράντα τοις εκατό (40%) της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, ενώ περίπου το ενενήντα έξι τοις εκατό (96%) αυτής της κατανάλωσης καλύπτεται από προϊόντα πετρελαίου. Τα EV χρησιμοποιούν την ενέργεια πιο αποτελεσματικά από τα συμβατικά οχήματα, στον βαθμό που η ενεργειακή απόδοση των ηλεκτρικών κινητήρων είναι περίπου ογδόντα πέντε τοις εκατό (85%), ενώ για τους κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι περίπου είκοσι τοις εκατό (20%).

**Πέμπτον**, η ηλεκτροκίνηση εμφανίζει μακροοικονομικά οφέλη. Η ανάπτυξη της αγοράς ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα θα δημιουργήσει σημαντικές ευκαιρίες για επενδύσεις, τοπική προστιθέμενη αξία και δημιουργία θέσεων εργασίας. Η ανάπτυξη ενός εθνικού δικτύου σταθμών επαναφόρτισης EV θα παρέχει σε τοπικό επίπεδο επιχειρηματικές ευκαιρίες σε εταιρείες και νέες θέσεις εργασίας για τεχνικούς. Δημιουργούνται, επίσης, σημαντικές ευκαιρίες στην έρευνα και ανάπτυξη (Ε&Α) και επίσης στην ανάπτυξη εγχώριας βιομηχανίας κατασκευής εξαρτημάτων EV. Η αυξανόμενη χρήση EV θα μειώσει την εξάρτηση της χώρας από τα εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα και την έκθεσή της στην αστάθεια των διεθνών αγορών πετρελαίου. Μεσοπρόθεσμα και σε εναρμόνιση με τις προβλέψεις του **ΕΣΕΚ (Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα)** για απολιγνιτοποίηση και ενίσχυση των ΑΠΕ, το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη φόρτιση των EV θα παράγεται από εγχώριες πηγές ενέργειας, ιδίως από ΑΠΕ. Η προώθηση της ηλεκτροκίνησης συνιστά βασικό στόχο πολιτικής στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ, ο οποίος προϋποθέτει τη συνεκτική διαμόρφωση του οικείου κανονιστικού πλαισίου και τον προγραμματισμό εγκατάστασης των απαραίτητων υποδομών φόρτισης EV. **Σύμφωνα με το ΕΣΕΚ, βασικό στόχο για την ανάπτυξη της εγχώριας αγοράς EV αποτελεί η επίτευξη μεριδίου τριάντα τοις εκατό (30%) ηλεκτρικών επιβατικών οχημάτων επί των συνολικών νέων ταξινομήσεων κατά το έτος 2030.**

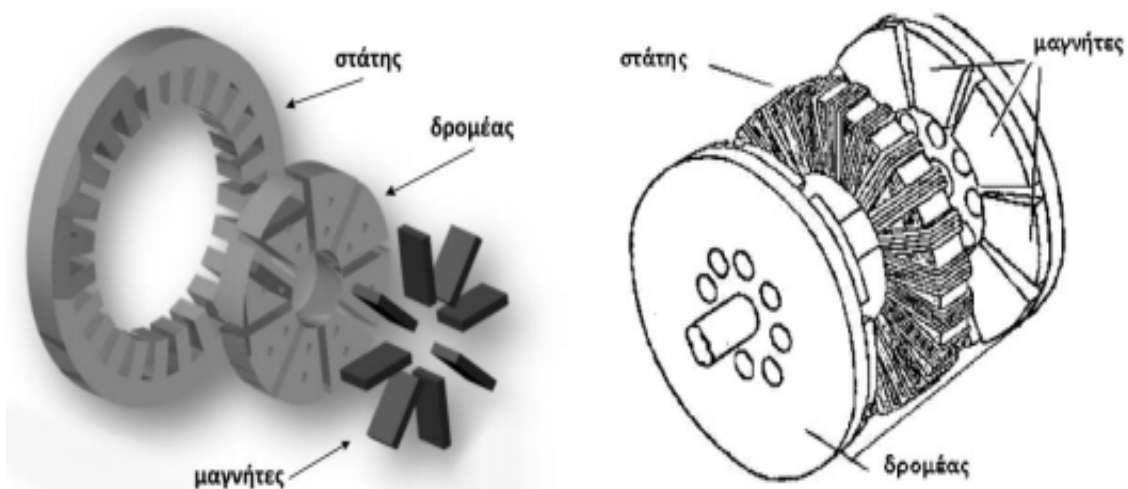
# Κεφάλαιο 2 - Ηλεκτρικά Οχήματα και τρόποι φόρτισης

## 2.1 Ηλεκτρικά Οχήματα (EV)

Ως ηλεκτρικό όχημα (Electric Vehicle/EV) ορίζεται κάθε όχημα, το οποίο για την προώθησή του χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια μέσω ενός ή περισσότερων ηλεκτρικών κινητήρων, αντί της συνήθους πρακτικής, που επιβάλλει μία μηχανή εσωτερικής καύσης. Παρόλη την ύπαρξη διαφορετικών κατηγοριών EV, πχ τραινών, μοτοσυκλετών, πλοίων, αεροπλάνων κτλ, στην παρούσα Μεταπτυχιακή Εργασία ο όρος «ηλεκτρικά οχήματα» θα περιοριστεί αποκλειστικά και μόνο στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (EV). Αν και υπάρχουν διαφορετικά είδη EVs με διαφορετικές αρχές λειτουργίας, κοινό χαρακτηριστικό όλων είναι η ύπαρξη συσσωρευτών, οι οποίοι αποθηκεύουν ενέργεια, την οποία αποδίδουν στον ηλεκτροκινητήρα, που θα καλύψει τουλάχιστον ένα μέρος της απαιτούμενης ροπής για την κίνηση των τροχών.

## 2.2 Ηλεκτρικός κινητήρας

Ο κινητήρας μονίμων μαγνητών σχήμα 1, αποτελεί μια παραλλαγή του σύγχρονου ηλεκτρικού κινητήρα κατά την οποία το DC τύλιγμα της διέγερσης αντικαθίσταται από μόνιμους μαγνήτες που παράγουν σταθερή ροή. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται εξάλειψη των απωλειών χαλκού στον δρομέα, αφού δεν υφίσταται τύλιγμα διέγερσης, και συνεπώς υψηλότερη απόδοση του κινητήρα. Ταυτόχρονα, η υψηλή απόδοση επιφέρει μείωση του μεγέθους του κινητήρα (μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος) και χαμηλότερη ροπή αδρανείας. Από την άλλη μεριά όμως απαιτεί αρκετά πιο πολύπλοκο έλεγχο εξαιτίας της σταθερής ροής των μαγνητών και μπορεί να παρουσιάσει ανεπιθύμητα φαινόμενα απομαγνήτισης του δρομέα. Οι κινητήρες μονίμων μαγνητών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τη διεύθυνση της μαγνητικής ροής στο εσωτερικό της μηχανής σε μηχανές αξονικής (axial) και ακτινικής (radial) ροής. Στην μηχανή ακτινικής ροής η μαγνητική ροή που παράγουν οι μόνιμοι μαγνήτες διέρχεται από το διάκενο ακτινικά στα τυλίγματα του στάτη για να κλείσει το μαγνητικό της κύκλωμα. Αντίθετα, στη μηχανή αξονικής ροής η μαγνητική ροή διέρχεται παράλληλα στον άξονα του δρομέα. Το κοινό χαρακτηριστικό των μηχανών αξονικής ροής είναι το δισκοειδές τους σχήμα που επιτρέπει την κατασκευή κινητήρων μεγάλου αριθμού πόλων για εφαρμογές υψηλής ισχύος και χαμηλών στροφών (ασανσέρ, πρόωση πλοίων, κλπ.).

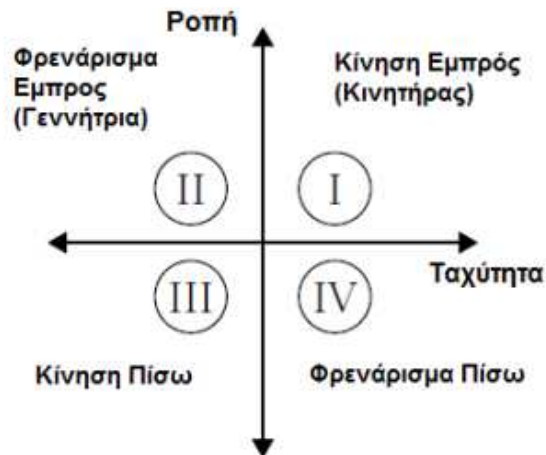


Σχήμα 1. Μηχανή μονίμων μαγνητών (α) ακτινικής ροής , (β) αξονικής ροής [Ref] – Δεν το αναφέρει κάπου στο κείμενο

Κάθε ηλεκτρική μηχανή μπορεί να λειτουργήσει είτε ως κινητήρας είτε ως γεννήτρια. Στην περίπτωση που η μηχανή λειτουργεί ως κινητήρας παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια στο κύριο τύλιγμα της μηχανής, το οποίο ονομάζεται τύλιγμα τυμπάνου, ενώ αποδίδεται μηχανική ενέργεια σε μία περιστρεφόμενη άτρακτο, η οποία κινεί το μηχανικό φορτίο. Από την άλλη μεριά κατά τη λειτουργία της μηχανής ως

γεννήτρια, παρέχεται μηχανική ενέργεια στην άτρακτο της ηλεκτρικής μηχανής από μία κινητήρια μηχανή και εξέρχεται ηλεκτρική ενέργεια από τους ακροδέκτες του τυλίγματος τυμπάνου [2].

Οι ηλεκτρικές μηχανές μπορούν να παρέχουν λειτουργίες κινητήρα και γεννήτριας σε δύο κατευθύνσεις εμπρός και πίσω. Αυτή η ιδιομορφία τους καθιστά τον ηλεκτροκινητήρα ένα χρήσιμο εργαλείο για το μέλλον των μεταφορών. Στο Σχήμα 2 φαίνεται πως η ροπή και η ταχύτητα συνδυάζονται για την εμπρός (θετική) και πίσω (αρνητική) κίνηση. Αυτό οφείλεται στο ότι η παραγόμενη ισχύς μιας ηλεκτρικής μηχανής είναι αποτέλεσμα της ταχύτητας και της ροπής. Συνεπώς στο τεταρτημόριο I, η παραγόμενη ισχύς είναι θετική. Άρα η μηχανή λειτουργεί ως κινητήρας και ονομάζεται κίνηση εμπρός. Στο τεταρτημόριο II, η ισχύς είναι αρνητική. Συνεπώς η μηχανή φρενάρει αφού αντιτίθεται στην κίνηση της ατράκτου.



Σχήμα 2. Τα 4-τεταρτημόρια λειτουργίας κινητήρα και πέδης στο επίπεδο ροπής-ταχύτητας [Ref]

Αυτή η λειτουργία ονομάζεται φρενάρισμα εμπρός (ή πέδη εμπρός). Ομοίως οι λειτουργίες στα τεταρτημόρια III και IV ονομάζονται κίνηση πίσω και φρενάρισμα (ή Πέδη) πίσω. Επομένως, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν τα όρια της αναγεννητικής πέδησης εντός των τεταρτημορίων II και IV. Την ιδιότητα ανάκτησης ενέργειας από την πέδηση δεν θα την συμπεριλάβουμε σε αυτή την εργασία το αναφέρουμε απλά ως ιδιομορφία του ηλεκτροκινητήρα.

Συνοψίζοντας τα τεταρτημόρια I και III του επιπέδου ροπής-ταχύτητας αντιπροσωπεύουν τις λειτουργίες της εμπρός και πίσω κίνησης, ενώ στα τεταρτημόρια IV και II αντιπροσωπεύουν τις περιοχές λειτουργίας εμπρός και πίσω πέδης αντίστοιχα. [3]

### 2.3 Η εξέλιξη των Ηλεκτρικών Αυτοκινήτων (EV)

Τα EV ήταν από τα πρώτα αυτοκίνητα που εμφανίστηκαν έχοντας υψηλότερο συντελεστή ενεργειακής απόδοσης από όλα τα αυτοκίνητα με μηχανές εσωτερικής καύσης.



Εικόνα 1: Tesla Model S charging at Tesla SuperCharger <https://www.carmagazine.co.uk/>

Από το 1920, χιλιάδες EV κυκλοφορούσαν στις ΗΠΑ και την Ευρώπη. Η εξέλιξή τους είχε εξαιρετικές προοπτικές αλλά γρήγορα ανακόπηκε λόγω του προβλήματος της αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας και άνοιξε ο δρόμος για τα ορυκτά καύσιμα. Το 1834 ο Thomas Davenport ανακάλυψε το EV αλλά χρησιμοποιούσε μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Το 1859 ο Gaston Plante ανακαλύπτει τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες οξέος – μόλυβδου και το EV αποκτά ενδιαφέρον. Τριάντα χρόνια αργότερα, το 1889, ο Thomas Edison δημιουργεί το δικό του EV με αλκαλικές μπαταρίες και ένα χρόνο μετά, το 1890, ο William Morrison κατασκευάζει EV το οποίο μπορούσε να ταξιδεύει επί 13 συνεχείς ώρες με ταχύτητα 14 μιλίων.



Εικόνα 2: Edison's electric Car

<http://www.haniotika-nea.gr/ilektriko-aftokinito/>

Οι γραμμές παραγωγής της εποχής κατασκεύαζαν 33% ατμοκίνητα οχήματα, 33% ηλεκτροκίνητα και 33% βενζινοκίνητα. Το 1903 σημειώνεται και η πρώτη παράβαση για όριο ταχύτητας στις Η.Π.Α. η οποία και δόθηκε σε οδηγό ηλεκτρικού οχήματος αποδεικνύοντας ότι ο ηλεκτρικός κινητήρας από εκείνη την εποχή είχε πολύ υψηλή απόδοση.

Το 1930 όμως όλα σταματούν όσον αφορά στα EV. Στις Η.Π.Α. από την εταιρεία του Thomas Edison ο οποίος πίστευε στην ηλεκτροκίνηση και άρχισε να εξελίσσει κινητήρα και την μπαταρία των EV. Το 1910 ήταν ο μεγαλύτερος κατασκευαστής ηλεκτροκίνητων αυτοκινήτων, αλλά μόλις πέντε χρόνια μετά έκλεισε την επιχείρηση, γιατί κανείς πλέον δεν πίστευε στον ηλεκτρισμό. Ο λόγος ήταν ότι ο **Henry Ford** απέδειξε ότι ο κινητήρας εσωτερικής καύσης μπορούσε να ήταν όχι μόνο απροβλημάτιστος, αλλά πάνω από όλα οικονομικός σε αγορά και συντήρηση. Τέλος, η εφεύρεση του ηλεκτρικού εκκινητήρα (starter) από τον Charles Kettering το 1911 έδωσε τη δυνατότητα στα βενζινοκίνητα οχήματα για εύκολη εκκίνηση χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση.

Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό και η συμβολή της Ελλάδας στην παραγωγή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου το 1971, οπότε κάνει την εμφάνισή του το πρώτο EV (Enfield 8000 Neorion) στην Ελλάδα (Εικόνα 3). Η εξέλιξη του αυτοκινήτου πραγματοποιήθηκε στην Αγγλία ήταν η πρώτη εταιρία στα παγκόσμια χρονικά που κατασκεύασε EV μαζικής παραγωγής. Κι όλα αυτά σε ένα μικρό εργοστάσιο στην καρδιά της Σύρου, όπου εργάζονταν ντόπιοι καραβομαραγκοί. Η κρίση που περνούσε η πετρελαιοβιομηχανία στις αρχές της δεκαετίας του '70 ενέπνευσε τον **Γιάννη Γουλανδρή** να εισάγει στην παγκόσμια αγορά μια πρωτοποριακή λύση. Οραματιζόταν την αντικατάσταση των πετρελαιοκίνητων αμαξιών με ηλεκτρικά. Έτσι, το 1973, ο Έλληνας εφοπλιστής αγόρασε την βρετανική εταιρεία **Enfield** που μέχρι τότε σχεδίαζε δοκιμαστικά ηλεκτροκίνητα μοντέλα περιορισμένης κυκλοφορίας. Στόχος του ήταν να πάει την εταιρεία ένα βήμα παρακάτω. Ήθελε να φτιάξει το πρώτο ηλεκτρικό αυτοκίνητο ευρείας κυκλοφορίας στον κόσμο. Τελικά όμως, στην Ελλάδα δεν κυκλοφόρησαν ποτέ παρότι παρήχθησαν πάνω από 100 ηλεκτρικά αυτοκίνητα, λόγω αδυναμίας φορολόγησης τους (η επίσημη αιτία). Έτσι η εταιρία έκλεισε το 1976 και τα αυτοκίνητα πωλήθηκαν στο εξωτερικό κυρίως σε

συλλέκτες. Πρωταγωνιστές του εγχειρήματος αυτού ανέφεραν ότι τα βαθύτερα αίτια της αποτυχίας ήταν οι πιέσεις του πετρελαϊκού λόμπι και της συμβατικής αυτοκινητοβιομηχανίας.



Εικόνα 3. Το Enfield στην Σύρο, κατασκευάζονταν στο ναυπηγείο Νεώριο

## 2.4 Τύποι Ηλεκτρικών Οχημάτων (EV)

Τα EV που φαίνεται ότι θα κατασκευασθούν μαζικά στις επόμενες δεκαετίες και θα διατεθούν στις αγορές, διαίρουνται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- EV που κινούνται αποκλειστικά με την ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στους επί του οχήματος συσσωρευτές (**Battery Electric Vehicles – BEV**) και η οποία, κατά τον ανεφοδιασμό τους, προσλαμβάνεται από το δίκτυο ή από κάποια εξωτερική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής
- EV, όπως τα ανωτέρω, τα οποία όμως επιπρόσθετα διαθέτουν επί του οχήματος και μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την οποία τροφοδοτούν τους συσσωρευτές τους (η/και τους ηλεκτροκινητήρες τους) όταν αυτοί εκφορτιστούν. Ονομάζονται **Ηλεκτρικά Αυτοκίνητα με μονάδα Επέκτασης της Αυτονομίας τους (Battery Electric Vehicles with Range Extender – BEV/RE)**. Ανεφοδιάζονται με ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο όπως ακριβώς και τα BEV αλλά επιπλέον ανεφοδιάζονται και με το είδος καυσίμου με το οποίο λειτουργεί η μονάδα επέκτασης της αυτονομίας τους (βενζίνη, πετρέλαιο, υγραέριο κ.λπ.)
- **Υβριδικά αυτοκίνητα** τα οποία κινούνται με συνδυασμό ηλεκτροκινητήρα και θερμικού κινητήρα και τα οποία εκτός από τον εφοδιασμό τους με το συμβατικό καύσιμο του θερμικού τους κινητήρα έχουν επιπρόσθετα τη δυνατότητα να φορτίζουν τους συσσωρευτές τους με ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από το δίκτυο ή από κάποια εξωτερική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής. Τα αυτοκίνητα αυτά ονομάζονται **Επαναφορτιζόμενα Υβριδικά Αυτοκίνητα (Plug-in Hybrid Electric Vehicles – PHEV)**. Τα οχήματα αυτά όταν εκφορτιστούν οι συσσωρευτές τους μπορούν να συνεχίσουν να κινούνται με τον συμβατικό κινητήρα.

Και οι τρεις αυτές κατηγορίες EV έχουν το κοινό γνώρισμα της δυνατότητας ηλεκτρικής διασύνδεσής τους με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ή με κάποια εξωτερική μονάδα ηλεκτροπαραγωγής) με σκοπό την ολική ή μερική επαναφόρτιση των συσσωρευτών τους με ηλεκτρική ενέργεια την οποία χρησιμοποιούν για την κίνησή τους. Η διαδικασία αυτή, η οποία αντιστοιχεί με τον ανεφοδιασμό με καύσιμο των συμβατικών αυτοκινήτων στα πρατήρια καυσίμων, χαρακτηρίζεται από ιδιαιτερότητες οι οποίες θα μας απασχολήσουν στη συνέχεια και των οποίων η κατανόηση και ορθή αντιμετώπιση αποτελεί βασική προϋπόθεση για την, στο εγγύς μέλλον, επίτευξη ευρείας διάδοσης της ηλεκτροκίνησης των αυτοκινήτων και την απολαβή της μέγιστης δυνατής ωφέλειας από την εφαρμογή της.



## 2. 5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των EV

Σήμερα, πολλοί μεγάλοι κατασκευαστές αυτοκινήτων έχουν έτοιμα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πάντα αποτελούσαν μεγάλη απειλή για την κερδοφόρα πετρελαϊκή βιομηχανία καθώς έχουν πολύ λιγότερες ανάγκες σε αναλώσιμα ανταλλακτικά. Η παγκόσμια οικονομική κρίση στη βιομηχανία αλλά και η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα οχήματα βενζίνης ωθεί στην παραγωγή όλο και περισσότερων EV. **Αποτελεί μια πρώτης τάξεως εναλλακτική πρόταση πριν από την πλήρη εξάπλωση της υβριδικής τεχνολογίας και ως την τελική επικράτηση του υδρογόνου.** Η σημαντική βελτίωση στην ποιότητα των μπαταριών των EV σε συνδυασμό με την αρκετά μεγαλύτερη αυτονομία τους αλλά και τη λιγότερη εκπομπή ρύπων, συμβάλλουν σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος.

Στην Ελληνική αγορά τα νέα μοντέλα EV άρχισαν να διατίθενται το 2014 και η παραγωγή τους αυξάνεται συνεχώς καθώς όλο και περισσότερες αυτοκινητοβιομηχανίες δίνουν μεγάλη έμφαση στην παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων. **Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων είναι το χαμηλό κόστος φόρτισης (αν και αυτό είναι υπό συζήτηση για τον τρόπο που παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια) αλλά και συντήρησης.**

Σύμφωνα με την αγορά, αναφέρεται ότι με τη χρήση ενός ηλεκτρικού οχήματος επιτυγχάνεται λιγότερη κατανάλωση της τάξης του 80 – 90% λόγω της υψηλής απόδοσης του κινητήρα τους σε σχέση με τους κινητήρες βενζίνης. Το βασικό πλεονέκτημα των σύγχρονων EV συγκρινόμενα με τα συμβατικά βενζινοκίνητα και πετρελαιοκίνητα είναι το γεγονός ότι είναι πιο «καθαρά», υπό την έννοια ότι επιβαρύνουν πολύ λιγότερο το περιβάλλον κατά την κίνησή τους. Οι εκπομπές καυσαερίων και ιδιαιτέρως CO<sub>2</sub> όταν αυτά κινούνται είναι μηδενικές και εν δυνάμει μπορεί να είναι μηδενικές και κατά την παραγωγή της απαιτούμενης για την κίνηση τους ηλεκτρικής ενέργειας, εάν αυτή προέρχεται από ΑΠΕ. Μηδενικός είναι, επίσης, και ο θόρυβός τους αλλά και οι ανάγκες τους σε λάδια, φίλτρα και νερό. Ο ηλεκτροκινητήρας και τα ηλεκτρονικά ισχύος, που χρησιμοποιούνται είναι αρκετά αξιόπιστα, ενώ μειώνουν την ενεργειακή εξάρτηση από άλλες χώρες, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια είναι εγχώρια παραγόμενη (από ΑΠΕ). Επιπλέον, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια, τα EV μπορούν υπό προϋποθέσεις να προσφέρουν σημαντικά οφέλη στα ηλεκτρικά συστήματα και στη διείσδυση των ΑΠΕ σε αυτά.

Τα EV μπαταρίας πλεονεκτούν στο ότι καταναλώνουν μηδενική ποσότητα καυσίμου για την κίνησή τους. Κατά συνέπεια έχουν μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, παρουσιάζουν αισθητά μικρότερο κόστος χρήσης από ένα συμβατικό βενζινοκίνητο αυτοκίνητο, στα επίπεδα των 0.025 €/km για ένα EV μπαταρίας 24KWh και αυτονομίας 170km, αντί για 0.165€/km που απαιτεί ένα βενζινοκίνητο όχημα με κατανάλωση 10lt/100km. Όλα αυτά πριν την ενεργειακή κρίση διότι σήμερα οι τιμές αυτές έχουν αυξηθεί.

Στα πλεονεκτήματα του EV συμπεριλαμβάνεται και ο αμελητέος θόρυβος όπως προαναφέραμε που προκαλεί ο ηλεκτροκινητήρας, καθώς και η δυνατότητα επαναφόρτισης των μπαταριών, από οποιαδήποτε οικιακή μονοφασική ή τριφασική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, σε περίπτωση που δεν είναι εφικτή η πρόσβαση σε σταθμό φόρτισης. Ωστόσο, τα EV παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα.

Βασικά μειονεκτήματά τους εν συγκρίσει με τα συμβατικά αυτοκίνητα είναι προς το παρόν τα εξής:

- το υψηλό κόστος τους ειδικά λόγω του κόστους των συσσωρευτών,
- η μικρότερη αυτονομία τους λόγω ανεπάρκειας των συσσωρευτών,
- το μεγάλο βάρος και ο μεγάλος όγκος των συσσωρευτών,
- η μεγάλη διάρκεια φόρτισης τους και
- η δυσκολία πρόσβασης σε φορτιστές.

Αναλυτικότερα τα μειονεκτήματα είναι τόσο σοβαρά που αποτελούν τροχοπέδη στην διάδοσή τους εδώ και δεκαετίες και για το λόγο αυτό θα αναφερθούμε περισσότερο αναλυτικά σ αυτά. Το βασικό μειονέκτημα πηγάζει από το γεγονός ότι οι συσσωρευτές έχουν αρκετά χαμηλή πυκνότητα ενέργειας, σε σχέση με τα υγρά καύσιμα, κάτι που συμβάλλει αρνητικά στην αυτονομία του EV, καθιστώντας την πολύ μικρότερη, της αυτονομίας ενός βενζινοκίνητου ή πετρελαιοκίνητου οχήματος. Επίσης, το κόστος των συσσωρευτών, είναι αρκετά υψηλό, έτσι το κόστος κατασκευής ενός EV είναι σημαντικά μεγάλο, κάτι που, αφενός καθιστά το EV, ελάχιστα ανταγωνιστικό στην αγορά του αυτοκινήτου, καθιστώντας

απαραίτητη την παροχή οικονομικών κινήτρων από την πολιτεία για την απόκτησή τους, και αφετέρου καθιστά απαγορευτική την κατασκευή οχημάτων εκτεταμένης αυτονομίας σε μαζική παραγωγή.

Επιπρόσθετα, αυξανόμενη της χωρητικότητας των συσσωρευτών, θα αυξανόταν δραματικά το βάρος του οχήματος, κάτι που θα επιδρούσε αρνητικά στις επιδόσεις του. Επίσης, καθώς ένα αμιγώς EV, απαιτεί τη χρήση συσσωρευτών με υψηλή χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας, και κατά συνέπεια σημαντικά ποσά ενέργειας για την επαναφόρτισή του, η ένταξη των EV σε μεγάλη κλίμακα, θα επηρεάσει σημαντικά τη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τη χρονική αλλά και τη χωρική διακύμανση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στη διάρκεια μιας ημέρας. Ωστόσο, αναμένεται να ωφελήσει τη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στην ηλεκτροπαραγωγή.

Ένα επιπλέον ζήτημα που ανακύπτει σχετικά με την εκτεταμένη χρήση των EV, είναι ότι η μηδενική κατανάλωση καυσίμου και κατά συνέπεια οι μηδενικές εκπομπές ρύπων είναι κάτι που αμφισβητείται, στην περίπτωση που η ηλεκτρική ενέργεια που εξασφαλίζεται για τη φόρτιση των μπαταριών παράγεται από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού από συμβατικές πηγές. Κατά συνέπεια, έχουν εκφραστεί πολλές ενστάσεις ως προς το πόσο περιβαλλοντικό φιλικό είναι ένα EV, καθώς θεωρείται ότι μπορεί να μην εκπέμπει CO<sub>2</sub> και αέρια του θερμοκηπίου, άμεσα κατά την κίνησή του, ωστόσο δεν παύει να σχετίζεται έμμεσα με τις εκπομπές ρύπων από την παραγωγή της επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την κίνησή τους. Η μαζική παραγωγή και πώληση EV θεωρείται ακόμη και σήμερα ελάχιστα ανταγωνιστική από οικονομικής απόψεως. Μια από τις αιτίες που αποδίδεται αυτό, είναι η εντυπωσιακή βελτίωση της αποδοτικότητας του κινητήρα εσωτερικής καύσης που έχει συντελεστεί την τελευταία δεκαετία. Πράγματι, με την τάση για κατασκευή ελαφρύτερου αμαξώματος σε καινούργια μοντέλα αυτοκινήτων, με την εξέλιξη νέας γενιάς, μικρού κυβισμού υπερτροφοδοτούμενων κινητήρων βενζίνης και πετρελαίου, και χάρη στην αξιοποίηση συστημάτων βέλτιστου ελέγχου της καύσης στους σύγχρονους κινητήρες εσωτερικής καύσης, και ηλεκτρονικών συστημάτων για βέλτιστη διαχείριση της ισχύος του κινητήρα κατά την οδήγηση, τα συμβατικά οχήματα επιτυγχάνουν σημαντικά χαμηλότερες τιμές κατανάλωσης καυσίμου, και κατά συνέπεια εκπεμπόμενων ρύπων, σε σύγκριση με το πρόσφατο παρελθόν. Αυτό, είναι κάτι που καθιστά την ανάγκη για άμεση αντικατάσταση των κινούμενων από μονάδα εσωτερικής καύσης αυτοκινήτων με ηλεκτροκίνητα, λιγότερο επιτακτική.

Το EV παρουσιάζει στην πράξη, λιγότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά χιλιόμετρο κίνησης σε σύγκριση με το συμβατικό, με βάση το σημερινό μείγμα ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς, μολονότι το βασικό καύσιμο που χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στην ηλεκτροπαραγωγή στο Ελληνικό σύστημα είναι ο λιγνίτης, η καύση του οποίου είναι ιδιαίτερα ρυπογόνα διεργασία και ο θερμικός βαθμός απόδοσης του είναι αρκετά χαμηλός, και παρά τις απώλειες μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, το EV εμφανίζεται φιλικότερο περιβαλλοντικά από ένα αντίστοιχων προδιαγραφών με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Επιπρόσθετα, αν θεωρηθεί ότι ηλεκτροπαραγωγή γίνεται με φυσικό αέριο, οι εκπομπές ρύπων ανά χιλιόμετρο υπολογίζονται να είναι σημαντικά μικρότερες, από τις αντίστοιχες ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης για την ίδια απόσταση. Η τιμή αυτή θα μειωθεί ακόμη περισσότερο, όσο αυξάνεται το μερίδιο των ΑΠΕ που είναι και μέρος διερεύνησης της παρούσας εργασίας στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής της Ελλάδας, και αποσύρονται οι παλιές ρυπογόνες μονάδες.

Επίσης, στο EV, κατά την επιβράδυνση, ή κατά την κίνηση σε κατηφορικούς δρόμους, ο ηλεκτροκινήτης έχει τη δυνατότητα να κάνει ανάκτηση μέρους της κινητικής ενέργειας του οχήματος, λειτουργώντας έτσι στιγμιαία ως ηλεκτρογεννήτρια και επαναφορτίζοντας μερικώς τις μπαταρίες (Regenerative Braking), ενέργεια η οποία ειδάλλως θα μετατρέποταν εξ' ολοκλήρου σε θερμική ενέργεια στα φρένα. Έτσι, επιτυγχάνεται ακόμη καλύτερη ενεργειακή αξιοποίηση της ενέργειας των συσσωρευτών.

## **2.6 Τροφοδοσία και Φόρτιση EV**

Η μετάβαση για έναν οδηγό συμβατικού οχήματος σε EV εμπεριέχει αρκετές δυσκολίες στην αρχή. Ο κινητήρας του EV είναι πολύ πιο ήσυχος (αθόρυβος) σε σχέση με τον κινητήρα του συμβατικού, κάτι που είναι δύσκολο για τον οδηγό να το συνηθίσει. Η εταιρία TESLA έχει αναφέρει ότι περνά έναν υποτονικό ήχο από τα ηχεία για αυτόν ακριβώς το λόγο.

Θεωρούμε λοιπόν ότι, η αυξανόμενη τάση χρήσης EV ευνοεί την ανάπτυξη μιας εφαρμογής η οποία θα βοηθά τον κάτοχο του EV στην ταχύτερη εύρεση σταθμών φόρτισης και άμεσης εξυπηρέτησης η οποία

αναπτύσσεται στο Κεφάλαιο 6. Η μπαταρία EV είναι μια μπαταρία που χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση της κίνησης ηλεκτρικών οχημάτων μπαταρίας (BEVs). Είναι συνήθως μπαταρίες βαθιάς κυκλοφορίας αντί για μπαταρίες SLI (Starting-Lighting-Ignition) μπαταρίες εκκίνησης των συμβατικών οχημάτων που χρησιμοποιούνται ειδικά για αυτές τις εφαρμογές. Οι μπαταρίες μπορούν να αποφορτιστούν και να φορτιστούν καθημερινά, ανάλογα με τη χωρητικότητα, τη χρήση και φυσικά την ταχύτητα φόρτισης αυτών. Η εκκίνηση ενός EV απαιτεί την κατανάλωση ενός πολύ μικρού ποσοστού ενέργειας σε σχέση με έναν βενζινοκινητήρα συμβάλλοντας σημαντικά στη μεγιστοποίηση της απόδοσής του.

Τα EV για να κινηθούν χρησιμοποιούν φυσικά την ηλεκτρική ενέργεια που τους παρέχει η μπαταρία τους. Όταν η ενέργεια της μπαταρίας έχει εξαντληθεί τότε ο ιδιοκτήτης έχει διάφορες εναλλακτικές:

- Μπορεί να αντικαταστήσει τη μπαταρία με μια ήδη φορτισμένη που θα βρει σε ειδικό σημείο πώλησης – φόρτισης (παράγραφος 4.2)
- να τη φορτίσει ξανά έως ότου το όχημα είναι έτοιμο για εκκίνηση

Στην περίπτωση επαναφόρτισης, διακρίνονται τρεις εναλλακτικές μέθοδοι φόρτισης:

- η οικιακή,
- η ημιταχεία και
- η ταχεία φόρτιση.

Οι τρεις αυτές μέθοδοι αναλύονται στη συνέχεια σε επιπλέον κατηγορίες φόρτισης που αφορούν τον τύπο ρεύματος αλλά και την ταχύτητα επαναφόρτισης.

### 2.6.1 Τρόποι Φόρτισης

Στη συνέχεια αναφέρονται οι ταχύτητες φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος με βάση το Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών Οχημάτων – ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο. [4]

#### 2.6.1.1 Οικιακή Φόρτιση (Home Charging)



Εικόνα 4: BMW i3 οικιακή φόρτιση

<https://www.fleetcarma.com/electric-vehicle-charging-guide/>

Η φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος με το καλώδιο που δίνεται κατά την αγορά του αυτοκινήτου και συνοδεύεται από ειδικό εξοπλισμό φόρτισης στο σπίτι, αποτελεί τη βραδύτερη μέθοδο φόρτισης από

τις τρεις διαθέσιμες. Στην περίπτωση της χρήσης μιας οικιακής πρίζας με ένταση έως 16Α, μια πλήρης επαναφόρτιση άδειας μπαταρίας μπορεί να διαρκέσει από **9 έως 11 ώρες** αναλόγως του τύπου του αυτοκινήτου και τη χωρητικότητας της μπαταρίας του. Το κόστος επαναφόρτισης ενός οχήματος στο σπίτι είναι σχεδόν ίδιο (ή και οικονομικότερο λόγω των επιπλέον χρεώσεων ανά δίκτυο φόρτισης) με την επαναφόρτιση σε σημείο εκτός σπιτιού, κάτι που τελικά ωφελεί τον ιδιοκτήτη ενός ηλεκτρικού οχήματος.

#### 2.6.1.2 Ημιταχεία – Κοινόχρηστη Φόρτιση (Public Charging)



Εικόνα 5: Κοινόχρηστη φόρτιση

<https://www.zap-map.com/public-charging-vs-charging-at-home/>

Οι συσκευές ημιταχείας φόρτισης, οι οποίες τοποθετούνται σε κοινόχρηστα σημεία με αρκετή επισκεψιμότητα, παρέχουν εναλλασσόμενο ρεύμα με ισχύ από **3,7kw – 22kw**. Η μέθοδος αυτή αποτελεί τη βασική εναλλακτική φόρτισης εκτός σπιτιού, η οποία είναι διαθέσιμη για δημόσια χρήση και υποστηρίζεται από την εφαρμογή που θα αναλύσουμε παρακάτω. Η εφαρμογή θα είναι σε θέση να εντοπίσει αλλά και να συνεργαστεί με έναν μεσαίας ταχύτητας φορτιστή, ο οποίος μπορεί να ανήκει σε δημόσιο φορέα. Στο παρελθόν, αποτελούσε απαραίτητη προϋπόθεση ο ιδιοκτήτης να έχει μαζί του καλώδιο σύνδεσης (που είχε δοθεί από τον κατασκευαστή) ώστε να συνδέεται με τους κοινόχρηστους φορτιστές. Πλέον, κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο εξαιτίας της σχετικής ομογενοποίησης των προτύπων φορτιστών. Μια πλήρης επαναφόρτιση άδειας μπαταρίας σε κοινόχρηστους σταθμούς ημιταχείας φόρτισης μπορεί να διαρκέσει **από 2 έως 4 ώρες**, αναλόγως του τύπου του αυτοκινήτου και της ισχύος του φορτιστή. Αυτή η εναλλακτική είναι λίγο πιο γρήγορη από την οικιακή φόρτιση αφού ο χρήστης σε μόλις 5 ώρες (ή και λιγότερο) έχει φορτίσει το όχημα του και αποτελεί σαφώς μία προτιμητέα λύση για τον χρήστη που έχει διαθέσιμες μερικές μόνο ώρες αναμονής σε σχέση με άλλου είδους εναλλακτικές οι οποίες μπορεί να κοστίζουν περισσότερο.

### 2.6.1.3 Ταχεία Φόρτιση (Fast Charging)



Εικόνα 6: EVgo ταχεία φόρτιση

<https://insideevs.com/evgo-to-develop-a-statewide-chargin-network-in-virginia/>

Οι συγκεκριμένοι σταθμοί αποτελούν την πιο γρήγορη εναλλακτική μέθοδο φόρτισης και παρέχουν συνεχές ρεύμα (DC) έντασης **έως και 150KW** (διαφέρει ανά κατασκευαστή) αλλά και εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) **ισχύος έως και 44KW**. Ανάλογα με τον τύπο του αυτοκινήτου και συγκεκριμένα με την χωρητικότητα της μπαταρίας του, μία πλήρης επαναφόρτιση διαρκεί συνήθως **από 25 έως και 50 λεπτά**.

Η φόρτιση των συσσωρευτών όπως προαναφέραμε μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με AC είτε με DC ρεύμα οδηγούμενο στο EV. Τα επίπεδα ισχύος φόρτισης είναι τρία. Ένα τυπικό παράδειγμα χρήσης του κάθε επιπέδου φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1), στον οποίο ανάλογα με την ανάγκη που υπάρχει μπορεί να επιλεγθεί το κατάλληλο επίπεδο ώστε να πραγματοποιηθεί μια πλήρης ή μερική φόρτιση.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω για φόρτιση μιας μπαταρίας για παράδειγμα 35KWH έχουμε τα συγκριτικά αποτελέσματα:

Πίνακας 1. Επίπεδα Φόρτισης Συσσωρευτή

Charging Level	Απαιτήσεις	Τυπική Φόρτιση	Ώρες Φόρτισης που χρειάζεται μια μπαταρία των 35KWH για πλήρη φόρτιση
Level 1	Μέσω οικιακής Εγκατάστασης	3 KW	12 ώρες
Level 2	Ειδική έξοδο φόρτισης και καλωδίωση	10-20KV	2 έως 4 ώρες
Level 3	Ειδική έξοδο φόρτισης και καλωδίωση επιπλέον ειδικός φορτιστής με ειδική καλωδίωση για DC φόρτιση	40KV	45 λεπτά περίπου

## 2.7 Βύσματα Φόρτισης (Charging Connectors)

### 2.7.1 Βύσμα με προδιαγραφές CHAdeMO)

Το σύστημα CHAdeMO αποτελεί ίσως το πιο διαδεδομένο σύστημα DC φόρτισης σε όλο τον κόσμο. Σχεδιάστηκε από την ομώνυμη ιαπωνική οργάνωση για την ταχεία φόρτιση EV και χρησιμοποιείται κατά κόρον στην Ιαπωνία αλλά και σε άλλες χώρες με πολλά ιαπωνικά οχήματα σε κυκλοφορία. Οι

συσκευές φόρτισης που εφαρμόζουν το εν λόγω σύστημα DC φόρτισης είναι εξοπλισμένες με τον ομώνυμο ακροσύνδεσμο.

Σήμερα υπάρχουν 2 κυρίαρχα βύσματα για την ταχεία / ημιταχεία φόρτιση και σύνδεση με ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία βρίσκονται στα περισσότερα οχήματα αλλά και σημεία φόρτισης. Το βύσμα αυτό πήρε το όνομα του από το «Charge and Move» (Φόρτισε και Φύγε) λόγω της ταχύτητας φόρτισης του και αναπτύχθηκε από όλα τα μέλη του Chademo Association. Χρησιμοποιείται από εταιρίες όπως οι Subaru, Kia, Nissan, Mitsubishi ενώ αποτελεί πρότυπο ταχείας φόρτισης συνεχούς ρεύματος που έχει αρχίσει ήδη την εγκατάστασή του σε αρκετές χώρες τις Ευρώπης. Χρησιμοποιεί φορτιστή ο οποίος εξετάζει τις εντολές που του δίνει ο συσσωρευτής του αυτοκινήτου για τη ρύθμιση των δεδομένων φόρτισης έτσι ώστε το όχημα να είναι ασφαλές σε τυχόν προβλήματα. Χρησιμοποιώντας ταχυφοριστή των 50kW, το πρότυπο “CHAdeMO” μπορεί να κάνει μία φόρτιση της τάξης του 80% σε 30 λεπτά.



Εικόνα7. Ακροσύνδεσμος και υποδοχή CHAdeMO  
<https://www.chademo.com/products/connectors/>

### 2.7.2 Βύσμα με προδιαγραφές CCS (Combo)

Το ενιαίο σύστημα φόρτισης (Combined Charging System – CCS) αποτελεί ένα σύστημα για τη φόρτιση EV με συνεχές ρεύμα (DC). Το σύστημα CCS έγκειται στη χρήση των ακροσυνδέσμων Combo 1 και Combo 2, οι οποίοι αποτελούν προεκτάσεις των ακροσυνδέσμων τύπου 1 και τύπου 2 αντίστοιχα, με δύο επιπλέον ακροδέκτες (+/-) που επιτρέπουν τη διέλευση συνεχούς ρεύματος για την ταχεία DC φόρτιση των οχημάτων. Στα πρότυπα IEC 61851 και IEC 62196 τα δύο αυτά υποσυστήματα αναφέρονται ως Configuration EE και FF αντίστοιχα. Στην Εικόνα 8, απεικονίζονται οι ακροσύνδεσμοι και οι υποδοχές Combo 1 και Combo 2 που είναι συμβατοί με το σύστημα CCS.

Η προδιαγραφή CCS (Combo) ή αλλιώς «Combined Charging System» είναι άλλο ένα από τα κυρίαρχα βύσματα που επικρατούν στην ταχυφόρτιση. Οι σύνδεσμοι Combo 1 και Combo 2 χρησιμοποιούνται για έως 80 ή 350kW αντίστοιχα.

Αυτό το περιβάλλον φόρτισης περιλαμβάνει τους συνδέσμους φόρτισης, την επικοινωνία χρέωσης, τους σταθμούς φόρτισης, το EV και διάφορες λειτουργίες για τη διαδικασία φόρτισης όπως π.χ. εξισορρόπηση φορτίου και εξουσιοδότηση φόρτισης. Τα EV ή ο εξοπλισμός τροφοδοσίας EV είναι ικανά για CCS, εφόσον υποστηρίζουν τη φόρτιση AC ή DC σύμφωνα με τα πρότυπα που παραθέτει η CCS. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες που υποστηρίζουν CCS είναι οι Jaguar, Volkswagen, General Motors, BMW, Daimler, Ford, FCA, Tesla, Kia και Hyundai. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η BMW και η VW ισχυρίζονται ότι οι πολιτείες της Ανατολικής Ακτής και της Δυτικής Όχθης έχουν πλήρη δίκτυα CCS. **Τα ανταγωνιστικά συστήματα φόρτισης για φόρτιση συνεχούς ρεύματος υψηλής ισχύος περιλαμβάνουν:**

- CHAdeMO (Ιαπωνικά),
- GB / T (Κινέζικα) και
- Tesla SuperCharger (ιδιόκτητο δίκτυο Tesla).

Λόγω της απαίτησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για ύπαρξη παροχής τύπου 2 στα δίκτυα EV μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι αυτό το πρότυπο θα συναντηθεί στους σταθμούς φόρτισης αλλά και σε πολλά ηλεκτρικά οχήματα. Κατά συνέπεια, η εφαρμογή θα πρέπει επίσης να το υποστηρίζει. Συνεπώς, συμπεραίνουμε ότι η εφαρμογή μας πρέπει να συμφωνεί με τα πρότυπα φόρτισης που αναφέρθηκαν πιο πάνω για την αποτελεσματική χρήση της αλλά και για την κάλυψη όλου του φάσματος αυτοκινήτων και ηλεκτρικών σταθμών. Παρακάτω εμφανίζονται αναλυτικά όλοι οι διαθέσιμοι αντάπτορες σύνδεσης ανά περιοχή, ταχύτητα και τύπο ρεύματος.





Εικόνα 8. Ακροσύνδεσμοι και υποδοχές Combo 1 & Combo 2

[https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014\\_2019/plmrep/COMMITTEES/PETI/CM/2021/04-12/1226515EL.pdf](https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/plmrep/COMMITTEES/PETI/CM/2021/04-12/1226515EL.pdf)

Για να έχουμε μια συγκεντρωτική άποψη των όσων έχουμε αναφέρει στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2) φαίνονται συγκριτικά και οι τύποι βυσμάτων φόρτισης.

Πίνακας 2. Σύγκριση βυσμάτων ταχείας φόρτισης

Τύπος DC connector	Τυπικές τιμές ισχύος	Χαρακτηριστικά
CHAdeMO 	50kW	Βασικός DC connector
CCS (Combined Charging System) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50kW</li> <li>• 150kW</li> <li>• 350kW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υψηλής ισχύος</li> <li>• Προβλέπεται να είναι ο πιο διαδεδομένος DC connector</li> </ul>

## 2.8 Έλεγχος της φόρτισης με εργαλείο την ψηφιακή επικοινωνία

Ο έλεγχος της φόρτισης και η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ της συσκευής DC φόρτισης και του EV επιτυγχάνεται μέσω επικοινωνίας χαμηλού και υψηλού επιπέδου. Κατά την επικοινωνία χαμηλού επιπέδου η βασική επικοινωνία, η οποία υλοποιείται μέσω της ανταλλαγής σημάτων διαμέσου των αγωγών ελέγχου (control pilots), διακινούνται οι βασικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τη διαδικασία φόρτισης, όπως η εκκίνηση και ο τερματισμός φόρτισης (κανονικός ή έκτακτης ανάγκης). Επιπρόσθετα με τη βασική επικοινωνία, οι συσκευές DC φόρτισης πρέπει να διαθέτουν μέσα ψηφιακής επικοινωνίας για την ανταλλαγή παραμέτρων ελέγχου της φόρτισης μεταξύ αυτών και των EV, όπως τις μέγιστες τιμές τάσης και έντασης ρεύματος φόρτισης. Η δε ανταλλαγή παραμέτρων υλοποιείται μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας υψηλού επιπέδου.

Η επικοινωνία υψηλού επιπέδου μεταξύ των δύο πλευρών υλοποιείται με τα εξής πρωτόκολλα επικοινωνίας:

- Πρωτόκολλο CAN για το σύστημα CHAdeMO
- Πρωτόκολλο PLC για το σύστημα CCS

### 2.8.1 Επαγωγική φόρτιση



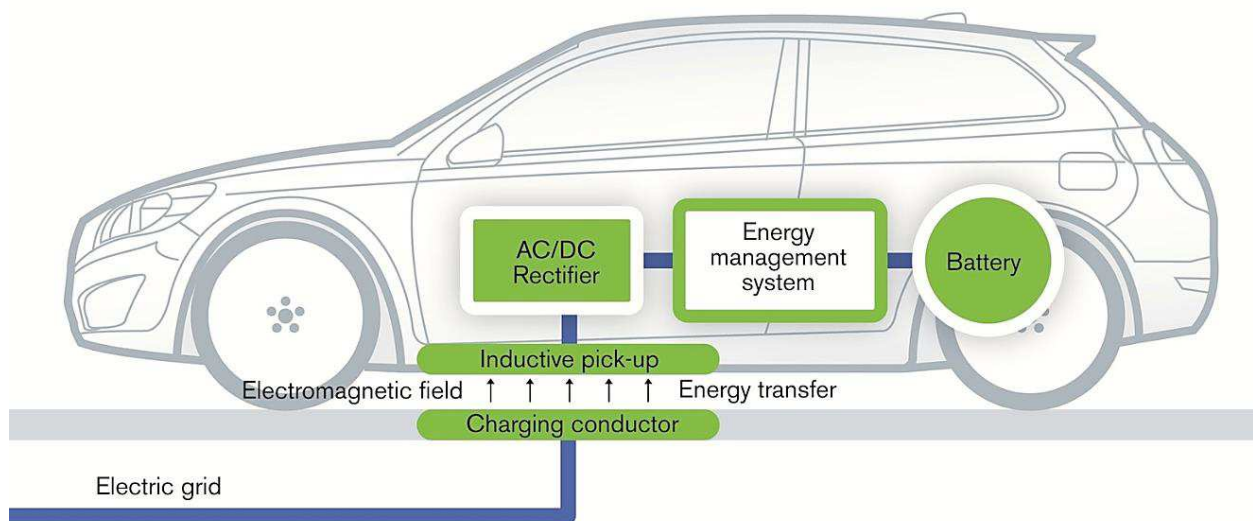
Εικόνα 9. Δράσεις για το κλίμα

[https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles_en)

Μια ιδιαίτερα υποσχόμενη μέθοδος ταχείας φόρτισης είναι η **επαγωγική φόρτιση**. Η επαγωγική φόρτιση επιτρέπει την ασύρματη μεταφορά μεγάλων ποσών ισχύος μεταξύ του ηλεκτρικού δικτύου και της μπαταρίας του EV. Το όχημα αρχίζει να φορτίζει όταν τοποθετηθεί πάνω από τον φορτιστή. Ο συγκεκριμένος τρόπος φόρτισης των EV απαλλάσσει τον οδηγό από τη χρήση καλωδίων απλοποιώντας τη διαδικασία της φόρτισης. Οι επαγωγικοί σταθμοί φόρτισης εξαλείφουν επίσης κάθε είδους κίνδυνο σχετικό με τη χρήση καλωδίων, όπως η χρήση φθαρμένων καλωδίων ή η χρήση καλωδίων σε βροχερό ή χιονισμένο περιβάλλον. Επιπλέον το επαγωγικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ισχύος είναι τοποθετημένο υπογείως, εξασφαλίζοντας τη μη έκθεσή του σε άσχημες καιρικές συνθήκες, συμβάλλοντας παράλληλα και στην αποφυγή βανδαλισμών, όπως η κλοπή του καλωδίου φόρτισης. Η επαγωγική φόρτιση αποτελεί μία εναλλακτική τεχνολογία ασύρματης φόρτισης EV η οποία πραγματοποιείται μέσω ενός επαγωγικού ζεύγους. Η μεταφορά εναλλασσόμενης ισχύος επιτυγχάνεται δημιουργώντας ένα μαγνητικό κύκλωμα μεταξύ του πρωτεύοντος τυλίγματος, στη πλευρά της τροφοδοσίας και του δευτερεύοντος τυλίγματος στη πλευρά του οχήματος. Πριν φτάσει στον συσσωρευτή (συνεχούς τάσης), το εναλλασσόμενο ρεύμα εξόδου του δευτερεύοντος τυλίγματος ανορθώνεται με κατάλληλη ανορθωτική διάταξη.

Η επαγωγική φόρτιση στα EV χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά, μέσω επαγωγικού ζεύγους από την General Motors, στο ιστορικό της EV, το EV1, στο οποίο ο αγωγός φόρτισης δεν συνδεόταν με τον φορτιστή του αυτοκινήτου μέσω ηλεκτρικών επαφών αλλά μέσω πηνίων. Τη διάταξη αυτή την είχε κατασκευάσει η Hughes Electronics και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε από την Chevrolet αλλά και από την Toyota [5]. Αργότερα εφαρμόστηκαν περισσότερο προηγμένες λύσεις επαγωγικής φόρτισης στις οποίες το EV σταθμεύει πάνω από έναν επαγωγέα εγκιβωτισμένο στο δάπεδο του χώρου φόρτισης η οποία και αρχίζει αυτόματα χωρίς ο οδηγός να κάνει την παραμικρή ενέργεια.





Εικόνα 10. Επαγωγική στατική φόρτιση Volvo C30 Electric 89kW/250Nm ως όχημα δοκιμής [6]

Μία ακόμη τεχνολογία που δοκιμάστηκε και αναδεικνύει τις δυνατότητες μελλοντικά πάνω σε νέες προοπτικές όσον αφορά τη φόρτιση EV, είναι η δυναμική επαγωγική φόρτιση. Σε αυτή την τεχνολογία το EV φορτίζει εν κινήσει, καθώς περνά πάνω από εγκιβωτισμένους ειδικούς επαγωγείς τοποθετημένους στο οδόστρωμα, με τη μορφή ράβδων ή άλλων σχημάτων. Η τεχνολογία αυτή έχει ήδη εφαρμογές σε χώρες όπως η Κίνα και η Σουηδία ( Εικόνα 11).

Τα βασικότερο πλεονέκτημα της επαγωγικής φόρτισης έναντι της φόρτισης με αγώγιμη σύνδεση έχει να κάνει με την ασφάλεια. Αρχικά, η απουσία καλωδίων και η αυτοματοποιημένη διαδικασία φόρτισης προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια σε αυτή την τεχνολογία, λόγω και της εξάλειψης του ανθρώπινου παράγοντα. Ένα δεύτερο θετικό στοιχείο που προσδίδει αυξημένη ασφάλεια είναι η κυκλωματική απομόνωση που δημιουργείται μεταξύ της τροφοδοσίας και του οχήματος. Στον αντίποδα το αυξημένο κόστος, η πολυπλοκότητα κατασκευής αλλά και η μικρότερη απόδοση των συστημάτων φόρτισης με επαγωγή οδήγησαν στην εδραίωση της αγώγιμης φόρτισης ως την προτιμότερη λύση.



Εικόνα 11. Λωρίδα επαγωγικής δυναμικής φόρτισης σε αυτοκινητόδρομο [7]

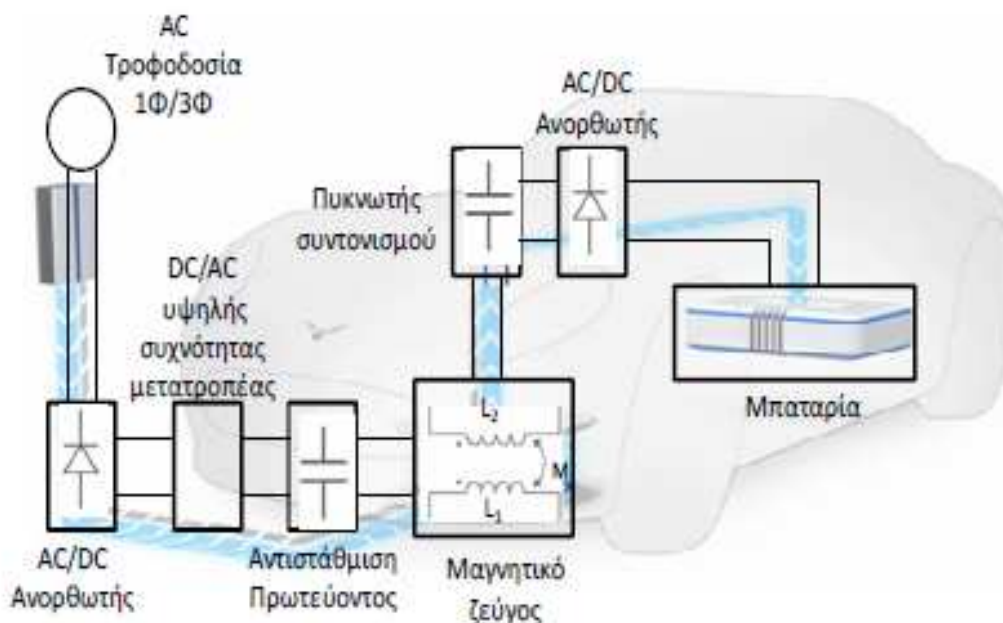
Η επαγωγική φόρτιση διακρίνεται περαιτέρω σε δύο κατηγορίες:

- τη στατική φόρτιση, όπου το όχημα σταθμεύει πάνω από το φορτιστή, ώστε να ξεκινήσει η φόρτιση της μπαταρίας του,
- και τη δυναμική φόρτιση, όπου το όχημα φορτίζει καθώς κινείται στο δρόμο.

Πιο συγκεκριμένα, σταθμοί δυναμικής φόρτισης προσφέρουν τη δυνατότητα της ασύρματης μεταφοράς ισχύος στα οχήματα κατά τη διάρκεια σύντομων στάσεων, π.χ. κοντά σε ένα φανάρι ή ακόμη και δυναμικά καθώς το όχημα κινείται. Με τη χρήση αυτή της τεχνολογίας τα EV είναι ικανά να φορτίζουν την μπαταρία τους σε διάφορα σημεία κατά τη διάρκεια του ταξιδιού τους, μειώνοντας την ανάγκη να σταματούν σε σταθμούς φόρτισης. Η δυναμική φόρτιση, επομένως δύναται να επιλύσει επιτυχώς τα όποια προβλήματα σχετίζονται με την περιορισμένη ικανότητα των EV για κάλυψη μεγάλων αποστάσεων. Μάλιστα η ικανότητα φόρτισης σε πολλαπλά σημεία κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής επιτρέπει τη χρήση μπαταριών μικρότερης χωρητικότητας, συμβάλλοντας έτσι σε σημαντική μείωση του κόστους των EV. Η Νορβηγία, ήδη ηγέτιδα παγκοσμίως στην υιοθέτηση EV, θα σημάνει σύντομα τον πρώτο στον κόσμο στόλο ταξί με Jaguar I-Pace με έδρα το Όσλο που μπορεί να φορτίζει ασύρματα ακόμη και όταν αναμένουν στην ουρά για τους επιβάτες πχ σε αεροδρόμια ( Εικόνα 12).



Εικόνα 12. Ασύρματη φόρτιση σε ηλεκτρικό λεωφορείο στην στάση επιβατών και στην διπλανή εικόνα τα μαξιλάρια επαγωγικής φόρτισης στο κάτω μέρος του λεωφορείου  
<https://spectrum.ieee.org/wireless-charging-tech-to-keep-evs-on-the-go>



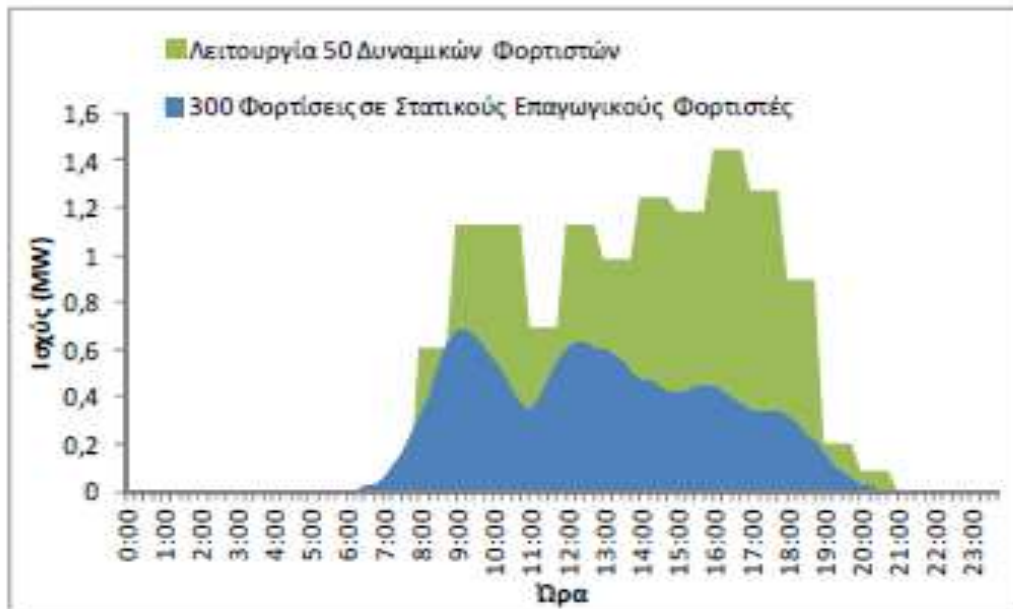
Εικόνα 13. Διάγραμμα επαγωγικής φόρτισης

Η αρχή λειτουργίας ενός συστήματος επαγωγικής φόρτισης είναι παρόμοια με εκείνη των μετασχηματιστών, όπου ενέργεια μεταφέρεται από ένα πρωτεύον σε ένα δευτερεύον πηνίο. Κατά την επαγωγική φόρτιση ωστόσο, τα πηνία μετάδοσης και λήψης λειτουργούν σαν ένας μετασχηματιστής που επιτρέπει τη μετάδοση της ισχύος μέσω ενός σχετικά μεγάλου διακένου. Η γενική περιγραφή της επαγωγικής φόρτισης καθώς και τα επιμέρους στάδια για την ασύρματη φόρτιση του EV, απεικονίζονται στην Εικόνα 13. Αρχικά, η εναλλασσόμενη (AC) τάση του δικτύου μετατρέπεται σε συνεχή (DC) με τη χρήση ενός AC/DC ανορθωτή. Στη συνέχεια, ένας DC/AC μετατροπέας υψηλής συχνότητας παρέχει ρεύμα υψηλής συχνότητας στο πρωτεύον πηνίο. Ακολούθως, το ρεύμα στο πηνίο εκπομπής δημιουργεί ένα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο, το οποίο επάγει μια εναλλασσόμενη τάση στο πηνίο-δέκτη. Για την αντιστάθμιση της αέργου ισχύος από την πηγή τροφοδοσίας χρησιμοποιείται ένα κύκλωμα αντιστάθμισης στο πρωτεύον του μαγνητικού ζεύγους, ενώ για την αύξηση της δυνατότητας μεταφοράς ισχύος του συστήματος χρησιμοποιείται ένας πυκνωτής συντονισμού στο δευτερεύον. Τέλος, ένας AC/DC ανορθωτής συμβάλλει στη μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης του δευτερεύοντος πηνίου σε συνεχή, ώστε να επιτευχθεί η φόρτιση της μπαταρίας του οχήματος.

Η “Society of Automotive Engineers (SAE)”, το 2020 [8] ανακοίνωσε το πρώτο παγκοσμίως πρωτόκολλο τυποποίησης για την ασύρματη φόρτιση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Η εξέλιξη αυτή είναι βέβαιο ότι θα προκαλέσει επιτάχυνση των διαδικασιών βιομηχανοποίησης τέτοιων συστημάτων τα οποία σε λίγο χρόνο προβλέπεται να προσφέρονται στην αγορά για ευρεία χρήση. Αυτό το πρωτόκολλο πιστοποίησης —επισημώς SAE J2954—θα έχει εφαρμογή σε συστήματα επαγωγικής φόρτισης ισχύος μέχρι και 11kW (κιλοβάτ). Όπως συμβαίνει και με τα άλλα εν ισχύει πρωτόκολλα πιστοποίησης της SAE που αφορούν εφαρμογές φόρτισης των συσσωρευτών ηλεκτρικών αυτοκινήτων, το πρωτόκολλο J2954 μεριμνά και για την εξασφάλιση της διαλειτουργικότητας των συστημάτων έτσι ώστε όλες οι υποδομές επαγωγικής φόρτισης να εξυπηρετούν όλα ανεξαιρέτως τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ανεξαρτήτως του κατασκευαστή τους. Η φόρτιση ενός EV πρέπει να είναι τόσο απλή όσο και το παρκάρισμά του είναι το νέο δόγμα της ηλεκτροκίνησης. Το πρωτόκολλο ασύρματης φόρτισης SAE J2954 παρέχει ακριβώς αυτή την απόλυτη ελευθερία καλύπτοντας όλες τις ανάγκες αυτοματισμού και ασφάλειας που απαιτούνται.

### 2.8.2 Επίδραση της επαγωγικής φόρτισης στο δίκτυο διανομής

Αν και η γρήγορη επαγωγική φόρτιση αναμένεται να συμβάλει σημαντικά στην προώθηση της χρήσης των EV, οι υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις των σταθμών ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές μεταβολές στην καμπύλη φορτίου του ηλεκτρικού δικτύου. Ας θεωρήσουμε, για παράδειγμα, ότι πραγματοποιούνται καθημερινά 300 φορτίσεις σε στατικούς επαγωγικούς φορτιστές. Για τις φορτίσεις αυτές λαμβάνουμε την πιθανότητα φόρτισης ενός οχήματος κάποια συγκεκριμένη ώρα της ημέρας και τη διάρκεια της φόρτισης. Με βάση αυτές τις δύο παραμέτρους, είναι δυνατόν να υπολογιστεί η ζήτηση των 300 φορτίσεων και να προσδιορισθεί ο αριθμός στατικών φορτιστών που απαιτούνται για την κάλυψη της συγκεκριμένης ζήτησης. Η ζήτηση των φορτίσεων αυτών, η οποία απεικονίζεται με την μπλε καμπύλη της Εικόνας 14 [9], παρουσιάζεται αυξημένη κατά τη διάρκεια των πρωινών και μεσημεριανών ωρών. Θεωρώντας στο ίδιο παράδειγμα, τη λειτουργία **επιπλέον** 50 δυναμικών φορτιστών, η ζήτηση των οποίων απεικονίζεται με πράσινο χρώμα στο παρακάτω σχήμα, παρατηρείται μια ιδιαίτερα μεγάλη αύξηση στη ζήτηση των φορτιστών, η οποία παρουσιάζει μια αιχμή τις πρωινές ώρες και διατηρείται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες.



Εικόνα 14. Απορροφημένη ισχύς κατά την διάρκεια της 24ωρου

Είναι, επομένως, φανερό ότι η υψηλή ζήτηση των επαγωγικών φορτιστών αναμένεται να μεταβάλει σημαντικά την καμπύλη φορτίου του ηλεκτρικού δικτύου. Δίκτυα διανομής που ήδη εξυπηρετούν ένα μεγάλο φορτίο ενδέχεται να παρουσιάσουν προβλήματα στη λειτουργία τους, όπως υπερφόρτιση των γραμμών ή των μετασχηματιστών, λόγω της αυξημένης ζήτησης των σταθμών επαγωγικής φόρτισης. Η ικανοποίηση της αυξημένης αυτής ζήτησης θα απαιτήσει σημαντικές επενδύσεις για την τοπική ενίσχυση των υποδομών των δικτύων διανομής. Ωστόσο, με την ανάπτυξη κατάλληλων τεχνικών μπορούν να αποφευχθούν τέτοιες καταστάσεις χωρίς την πραγματοποίηση μεγάλων επενδύσεων.

### 2.8.3 Σύγκριση ενσύρματης φόρτισης και επαγωγικής φόρτισης

Συνοψίζοντας και τις δύο τεχνικές φόρτισης παραθέτουμε τον παρακάτω πίνακα με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε μορφής φόρτισης.

Πίνακας 3. Σύγκριση επαγωγικής φόρτισης και ενσύρματης φόρτισης

	Φόρτιση με Επαγωγή	Φόρτιση με Επαφή
<b>Κόστος</b>	Πιο ακριβή	Πιο οικονομική
<b>Περιπλοκότητα</b>	Αρκετά σύνθετη	Απλούστερη
<b>Ασφάλεια</b>	Καλύτερη από την Φόρτιση με Επαφή, λόγω της ηλεκτρικής απομόνωσης του οχήματος με την τροφοδοσία	Αρκετά καλή λόγω των αποδοτικών τεχνικών ανίχνευσης σφάλματος που εφαρμόζονται
<b>Ενεργειακή Απόδοση</b>	Όχι τόσο αποδοτική (απώλειες μαγνητικού κυκλώματος κ.λ.π.)	Πιο αποδοτική

# Κεφάλαιο 3 – Παρουσίαση των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

## 3.1 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Εργασία έχει πρωτεύοντα στόχο την περιγραφή της εκμετάλλευσης των ΑΠΕ όσον αφορά στην διείσδυση της ηλεκτροκίνησης αλλά ο ουσιαστικός στόχος της είναι να αναδειχθεί η ισορροπία που μπορούν να δώσουν τα ΕΥ μέσω των μπαταριών τους στο δίκτυο. Για να μπορέσουμε να καταλάβουμε αυτή την ενέργεια κρίθηκε σκόπιμο μια μικρή αναφορά στα δίκτυα μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πρώτα **Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ)** εμφανίστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1870, όταν χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας σε πελάτες για τον φωτισμό. Στην αρχή γινόταν χρήση συνεχούς ρεύματος, με τους πρώτους σταθμούς να εξυπηρετούν περιορισμένες περιοχές λόγω των περιορισμών στη μεταφορά. Φανατικός υποστηρικτής του συνεχούς ρεύματος (DC) για ηλεκτροφωτισμό ήταν ο Έντισον. Στη συνέχεια όμως με την έλευση του Τέσλα στις ΗΠΑ και την επιμονή του ότι το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) έχει μεγάλα πλεονεκτήματα σε σχέση με το συνεχές ρεύμα ξεκίνησε ο «**Πόλεμος των Ρευμάτων**». Η μάχη ήταν σκληρή αλλά στο τέλος επικράτησε το εναλλασσόμενο ρεύμα. Η συμβολή του Τέσλα στην επικράτηση του εναλλασσομένου ρεύματος στην κοινωνία χαρακτηρίζεται ως ένα αγαθό και δώρο προς την ανθρωπότητα. Επαναστατική αλλαγή αποτέλεσε η εισαγωγή του εναλλασσομένου ρεύματος στις αρχές τις δεκαετίας του 1880. Τα πλεονεκτήματα του φάνηκαν αμέσως με κύριο αυτό της πιο αποδοτικής μεταφοράς (αποστάσεις 1200 μέτρων) με ανύψωση της τάσης. Έπειτα εισήχθησαν τα τριφασικά συστήματα καθώς και οι διφασικές μηχανές ΕΡ. Το 1893 λειτούργησε η πρώτη τριφασική γραμμή μήκους 21 km τάσης 2300 V στην Καλιφόρνια.

Η συχνότητα αρχικά δεν είχε τυποποιηθεί και πολλές τιμές είχαν προταθεί αλλά για λόγους συνδεσιμότητας υιοθετήθηκαν οι τιμές **60Hz για Αμερική και 50Hz για Ευρώπη**. Τέλος, οι ανάγκες για μεταφορά σε μεγαλύτερες αποστάσεις, (πχ από απομακρυσμένες υδροηλεκτρικές μονάδες στα αστικά κέντρα), οδήγησε στη χρήση υψηλότερων τάσεων και άρχισε να δίνει στα ΣΗΕ τη μορφή που έχουν μέχρι σήμερα.

### 3.1.1 Σκοπός και απαιτήσεις των ΣΗΕ

Για την ομαλή λειτουργία του το ΣΗΕ πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- I. να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση
- II. δεδομένης της συνεχούς χρονικής μεταβολής της ζήτησης ενεργού και αέργου ισχύος, το σύστημα να μπορεί να ικανοποιεί συνεχώς αυτή τη μεταβαλλόμενη ζήτηση
- III. η παρεχόμενη ενέργεια να ικανοποιεί ορισμένους όρους ποιότητας, εξασφαλίζοντας σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης.
- IV. η ενέργεια να παρέχεται με τα ελάχιστα οικονομικά και οικολογικά κόστη.

### 3.1.2 Δομή ΣΗΕ

Η τροφοδότηση των καταναλωτών με ηλεκτρική ενέργεια προϋποθέτει τρεις ξεχωριστές λειτουργίες:

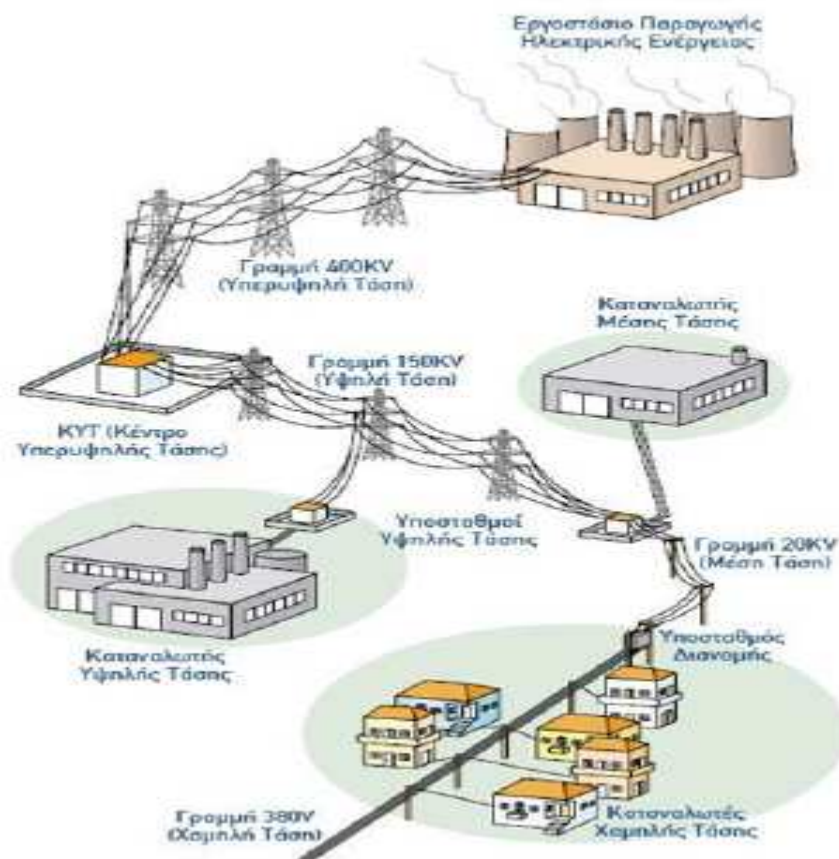
- την παραγωγή,
- τη μεταφορά και
- τη διανομή.

Η παραγωγή γίνεται στους σταθμούς παραγωγής. Η σύγχρονη βιομηχανία παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας έχει θεμελιωθεί σε εφευρέσεις οι οποίες βασίζονται στη μετατροπή είτε της θερμικής (προερχόμενης κυρίως από ορυκτά καύσιμα), είτε κινητικής (Υδροηλεκτρικά, Αιολικά), αλλά και χημικής (φωτοβολταϊκά) ενέργειας. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας (Εικόνα 15) από την παραγωγή στην κατανάλωση γίνεται μέσω των δικτύων υψηλής και υπερύψηλης τάσης. Η ηλεκτρική

ενέργεια πριν φτάσει στους καταναλωτές καταλήγει στους υποσταθμούς οι οποίοι βρισκόμενοι σε κομβικά σημεία του δικτύου υποβαθμίζουν ή αναβαθμίζουν την τάση ανάλογα με τις ανάγκες και στη συνέχεια μέσω του δικτύου διανομής, μοιράζουν την ενέργεια στους τελικούς καταναλωτές. Πριν την κατανάλωση μεσολαβούν οι υποσταθμοί διανομής και το δίκτυο χαμηλής τάσης.

Οι εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταφοράς είναι συνήθως οικονομικά εξαρτημένες μεταξύ τους και γι' αυτό ο τεχνικός και οικονομικός σχεδιασμός των σταθμών παραγωγής, των κύριων γραμμών μεταφοράς και των κεντρικών υποσταθμών πρέπει να είναι ενιαίος, με στόχο την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών της κατανάλωσης με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τη μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία τροφοδότησης. Η δομή του συστήματος επηρεάζεται σημαντικά από το μέγεθος της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, τη χρονική της μεταβολή κατά τη διάρκεια του 24ώρου και από τη χωροταξική της κατανομή. Οι πελάτες που είναι συνδεδεμένοι στα δίκτυα υψηλής και μέσης τάσης είναι στην πλειονότητά τους βιομηχανικοί καταναλωτές, ενώ στα δίκτυα χαμηλής τάσης συνδέονται πελάτες οικιακής χρήσης και ένα μεγάλο μέρος των πελατών εμπορικής χρήσης.

**Για την Ελλάδα ο Διαχειριστής Μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας (Transmission System Operators (TSO)) για την Ελλάδα είναι ο ΑΔΜΗΕ και ο Διαχειριστής Διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας (Distribution System Operators (DSO)) για την Ελλάδα αντίστοιχα είναι ο ΔΕΔΔΗΕ.**



Εικόνα 15 Στάδια μετάβασης της ηλεκτρικής ενέργειας

### 3.1.2 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

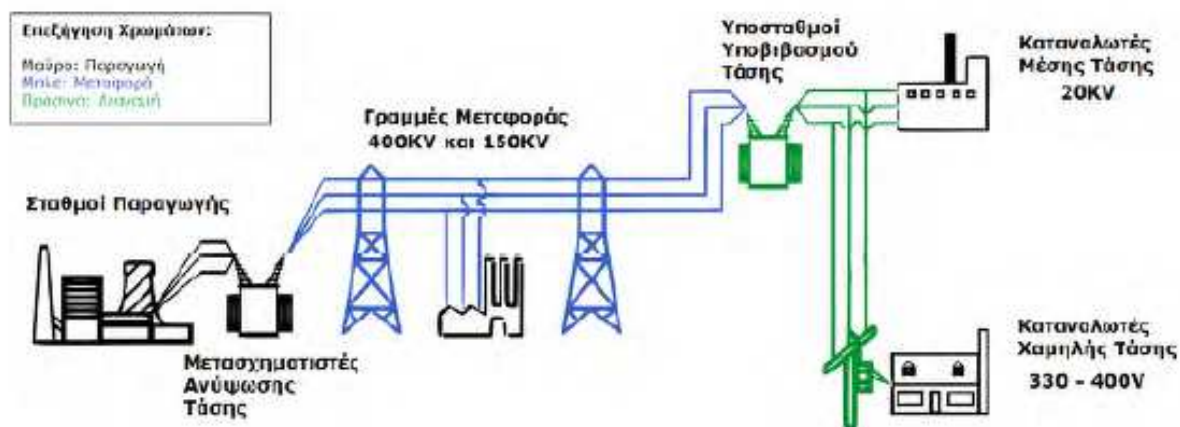
Για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται μετατροπή μιας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική. Σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως η μετατροπή μιας μορφής ενέργειας πρώτα σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική μέσω των γεννητριών. Το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στον καταναλωτή προέρχεται κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς (αυτό στην Ελλάδα ίσχυε μέχρι το 2018 στην συνέχεια οι ΑΠΕ έχουν την μερίδα του λέοντος στην παραγωγή) με την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, λιγνίτης, πετρέλαιο, φυσικό αέριο), από υδροηλεκτρικούς σταθμούς με τη ροή ή την πτώση των υδάτων, από πυρηνικούς σταθμούς με την πυρηνική σχάση και

από σταθμούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι ο άνεμος, τα θαλάσσια κύματα, η ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμία, η βιομάζα κ.α..

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση ορυκτών καυσίμων, τη γεωθερμία και τη βιομάζα πραγματοποιείται στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς με τη χρησιμοποίηση ατμοηλεκτρικών και ντιζελοηλεκτρικών σταθμών (εμβολοφόρες ντιζελογεννήτριες και αεριοστρόβιλοι). Οι **ατμοηλεκτρικοί σταθμοί** χρησιμοποιούν τον ατμό ως μέσον για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας μέσω ατμοστροβίλων, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική μέσω των γεννητριών. Οι **πυρηνικοί σταθμοί** είναι και αυτοί ατμοηλεκτρικοί σταθμοί που όμως ο λέβητας έχει αντικατασταθεί από τον πυρηνικό αντιδραστήρα. Αντίθετα, οι **ντιζελοηλεκτρικοί σταθμοί** παραγωγής που χρησιμοποιούνται στο μη συνδεδεμένο δίκτυο (συνήθως στα νησιά) χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή μηχανικής ενέργειας. επίσης, θερμική παραγωγή πραγματοποιείται σε σταθμούς συνδυασμένου κύκλου όπου έχουμε συνδυασμό λειτουργίας αεριοστροβίλου και ατμοστροβίλου και τα θερμικά απόβλητα (καυσαέρια) του αεριοστροβίλου χρησιμοποιούνται στο ατμοηλεκτρικό μέρος του σταθμού.

Όσον αφορά στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, οι πιο διαδεδομένες μορφές στα σημερινά ΣΗΕ είναι τα αιολικά πάρκα και οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί. Τα αιολικά πάρκα αποτελούνται από συστοιχίες ανεμογεννητριών που συνδέονται σε κάποιον ζυγό του δικτύου. Οι ανεμογεννήτριες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε μηχανικό έργο μέσω ενός ανεμοκινητήρα και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω των γεννητριών. Τα αιολικά πάρκα εγκαθίστανται σε δίκτυα που περιλαμβάνουν σταθμούς με υψηλό λειτουργικό κόστος και σε θέσεις με υψηλό αιολικό δυναμικό.

Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί τέλος, μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική με τη βοήθεια των ηλιακών κυψελών. Η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, η αύξηση της διάρκειας ζωής και η αύξηση του βαθμού **απόδοσης ο οποίος σήμερα φτάνει το 15%** εγκαθίστανται συνήθως για να ηλεκτροδοτούν απομονωμένων καταναλώσεων. Για παράδειγμα με την βοήθεια συσσωρευτών απομονωμένες εξοχικές κατοικίες που το δίκτυο δεν μπορεί να καλύψει για λόγους οικονομίας δηλ είναι τεράστιο το κόστος κατασκευής για τροφοδοσία μιας απομονωμένης οικίας.



Εικόνα 16 . Απεικόνιση του Ελληνικού ΣΗΕ (Σύνθεση Συστήματος Ηλεκτρικής ενέργειας Σταθμός Παραγωγής, Δίκτυο Μεταφοράς και Δίκτυο Διανομής)

### 3.1.3 Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Στο ελληνικό ΣΗΕ η παραγόμενη ισχύς από τα μεγάλα θερμοηλεκτρικά και υδροηλεκτρικά εργοστάσια έχει επίπεδο τάσης μεταξύ 20-30 kV. Έπειτα η τάση αυτή ανυψώνεται στα 400 kV, που είναι το επίπεδο του συστήματος μεταφοράς, έτσι ώστε η ροή ισχύος να φτάνει στους καταναλωτές με όσο το δυνατό μειωμένες απώλειες. Κοντά στα αστικά κέντρα, η υπερυψηλή τάση υποβαθμίζεται σε σταθμούς υποβιβασμού τάσης στα 150 kV. Σε εκείνο το σημείο τροφοδοτεί καταναλωτές υψηλής τάσης (βιομηχανίες), και συνεχίζεται η μεταφορά ισχύος σε άλλους σταθμούς υποβιβασμού, όπου η τάση

πέφτει στα 20 kV (μέση τάση). Οι μεγάλοι καταναλωτές υψηλής τάσης (που κατασκευάζουν δικό τους υποσταθμό υποβιβασμού υψηλής σε μέση τάση και δικά τους εσωτερικά δίκτυα μέσης και χαμηλής τάσης) είναι κυρίως μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις με εγκατεστημένη ισχύ πάνω από 10 MW. Ο ζυγός μέσης τάσης ενός τέτοιου υποσταθμού είναι στην ουσία η αρχή του δικτύου διανομής, από όπου αναχωρούν γραμμές μέσης τάσης προς τους κοντινότερους καταναλωτές του υποσταθμού. Στους κόμβους μέσης τάσης συνδέονται μετασχηματιστές διανομής που υποβαθμίζουν την τάση στα 400V τριφασική ή 230V μονοφασική (χαμηλή τάση). Από εκεί αναχωρούν οι γραμμές χαμηλής τάσης που τροφοδοτούν τους καταναλωτές (κατοικίες, μικρές βιοτεχνίες και εμπορικά καταστήματα). Όσες βιομηχανίες έχουν μεγάλες απαιτήσεις ισχύος (>250 KVA) συνδέονται απευθείας σε γραμμές μέσης τάσης.

Το σύστημα μεταφοράς θα πρέπει να παρέχει σταθερή (ή σχεδόν σταθερή) τάση και οι τάσεις των τριών φάσεων να βρίσκονται σε ισορροπία. Το κύμα της τάσης θα πρέπει να έχει ημιτονοειδή μορφή και η συχνότητα να είναι σταθερή. Η αποδοτικότητα θα πρέπει να πλησιάζει την τιμή η οποία συνεπάγεται ελάχιστο ετήσιο κόστος μεταφοράς. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με υψηλή τάση, διότι αυτό συνεπάγεται μικρότερες ηλεκτρικές απώλειες και συνεπώς οικονομικότερη λειτουργία. Χρησιμοποιούνται διάφορες τάσεις μεταφοράς ανάλογα με την απόσταση και την ποσότητα της ισχύος που πρέπει να μεταφερθεί. Η μορφή των δικτύων μεταφοράς μπορεί να είναι διαμήκης ή κυκλική, ανάλογα με τη σχετική θέση των σταθμών παραγωγής ως προς τα κέντρα κατανάλωσης. **Η διάταξη των δικτύων μεταφοράς είναι κατά κανόνα βροχοειδής σε αντίθεση με την ακτινική δομή των δικτύων διανομής (μέσα στις πόλεις). Η ισχύς η οποία μπορεί να μεταφερθεί από μια γραμμή μεταφοράς είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσης γι' αυτό χρησιμοποιούνται υπερυψηλές τάσεις για την επίτευξη μεγάλων ισχύων μεταφοράς.** Επιπλέον, οι μειωμένες απώλειες της μεταφοράς με υπερυψηλές τάσεις καθιστούν οικονομικότερη τη λειτουργία με τις τάσεις αυτές.

Το κόστος μεταφοράς αποτελεί τη συνισταμένη του κόστους εγκατάστασης, του κόστους απωλειών και του κόστους συντήρησης της γραμμής. Κριτήριο για την επιλογή μιας τάσης μεταφοράς είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους. Τα υλικά που γενικά χρησιμοποιούνται στους αγωγούς των γραμμών μεταφοράς είναι ο χαλκός και το αλουμίνιο. Οι κύριες απαιτήσεις για τα αγωγικά υλικά είναι η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, η υψηλή μηχανική αντοχή, το μικρό ειδικό βάρος, η χαμηλή οξειδωση στον αέρα και η ευχέρεια σύνδεσης των αγωγών. Η απαιτούμενη διατομή ενός αγωγού καθορίζεται από το ρεύμα που τον διαρρέει, αφού η ωμική αντίσταση της γραμμής μεταφοράς είναι αντιστρόφως ανάλογη της διατομής του αγωγού. Ο αγωγός της γραμμής μεταφοράς θερμαίνεται από τις ωμικές απώλειες και η θερμότητα αυτή ακτινοβολείται στον αέρα, αναπτύσσοντας μια θερμοκρασία ισορροπίας στον αγωγό. **Σε υψηλές θερμοκρασίες η μηχανική αντοχή του αγωγού μειώνεται και έτσι η θερμοκρασία ισορροπίας του δεν πρέπει να υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο, συνήθως τους 100 °C.** Το αντίστοιχο ρεύμα αποτελεί το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο φόρτισης του αγωγού και ονομάζεται **ικανότητα μεταφοράς ρεύματος του αγωγού.**

Οι αγωγοί υψηλής τάσης των εναέριων γραμμών μεταφοράς αναρτώνται από τους πυλώνες της γραμμής δια μέσου σειράς μονωτήρων. Η αύξηση της μόνωσης για υψηλότερες τάσεις μεταφοράς αντιμετωπίζεται με την προσθήκη περισσότερων δίσκων στους αλυσσοειδείς μονωτήρες. Η μόνωση μεταξύ αγωγών, όπως και μεταξύ αγωγών και γης, στις εναέριες γραμμές αποτελείται από τον αέρα που υπάρχει μεταξύ τους.

### 3.1.4 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

Η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες λειτουργίας και ελέγχου που απαιτούνται ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να διανεμηθεί στους καταναλωτές. Τα δίκτυα διανομής περιλαμβάνουν τις γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των οποίων αυτή φτάνει ως τους καταναλωτές και τους υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσης, οι οποίοι τις συνδέουν με το σύστημα μεταφοράς. Τα δίκτυα διανομής φτάνουν μέχρι τον μετρητή της παρεχόμενης στον καταναλωτή ενέργειας. Μετά τον μετρητή αρχίζει η εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση, που περιλαμβάνει το εσωτερικό δίκτυο διανομής και τις συσκευές κατανάλωσης.



Η διάκριση μεταξύ των δικτύων μεταφοράς και διανομής διαφέρει από χώρα σε χώρα. Η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και η παράλληλη τεχνολογική εξέλιξη των υλικών οδήγησαν στη χρησιμοποίηση όλο και υψηλότερων τάσεων για τη διανομή, με αποτέλεσμα δίκτυα που παλαιότερα έπαιζαν το ρόλο μεταφοράς να χαρακτηρίζονται τώρα ως δίκτυα υπομεταφοράς και να αποτελούν μέρος της διανομής.

Στα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας η αξία των εγκαταστάσεων διανομής κυμαίνεται γύρω στο 30% του συνόλου των εγκαταστάσεων, ενώ ακόμα μεγαλύτερη είναι η ποσοστιαία συμμετοχή στις δαπάνες εκμετάλλευσης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της διανομής είναι το πλήθος των στοιχείων που την αποτελούν. Επιπλέον, οι απώλειες ενέργειας στο επίπεδο της διανομής είναι περίπου διπλάσιες απ' ό,τι στο επίπεδο της μεταφοράς.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση των δικτύων διανομής συνδέεται άμεσα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά δόμησης των πόλεων και γενικότερα του τρόπου χωροταξικής διαμόρφωσης κάθε χώρας. Αυτό διαπιστώνεται και από το γεγονός ότι τα δίκτυα διανομής κάθε χώρας έχουν κατά γενικό κανόνα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, σε αντίθεση με τα δίκτυα μεταφοράς που είναι διεθνώς όμοια. Τα δίκτυα διανομής διακρίνονται σε δίκτυα υψηλής, μέσης και χαμηλής τάσης. Ανάλογα με την κατασκευαστική τους διαμόρφωση τα δίκτυα διανομής διακρίνονται σε εναέρια και υπόγεια. Τα εναέρια είναι λιγότερο δαπανηρά και σε αυτά η αποκατάσταση των βλαβών είναι ταχύτερη σε σχέση με τα υπόγεια. Ωστόσο, στις πυκνοκατοικημένες περιοχές των πόλεων τα δίκτυα διανομής κατασκευάζονται συνήθως υπόγεια, διότι δεν υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος, ώστε να τηρούνται οι αποστάσεις ασφαλείας από τα κτίρια, αλλά και για λόγους αισθητικής. Το κόστος όμως είναι πολλαπλάσιο και η συντήρηση του δικτύου σε βλάβες είναι δυσκολότερη στα υπόγεια δίκτυα. Την περίοδο των μεγάλων φυσικών καταστροφών στην Ελλάδα πολλές φορές εκφράζεται η ιδέα να υπογειοποιηθούν τα δίκτυα στο σύνολο τους, πράγμα το οποίο είναι ανέφικτο οικονομικά αλλά και ανούσιο επιστημονικά.

### 3.1.5 Φορτία

Ο όρος φορτίο αναφέρεται σε μια συσκευή που τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια. Ένα ΣΗΕ κατάλληλα σχεδιασμένο μπορεί να παρέχει ενέργεια σε διάφορα φορτία. Οι κατηγορίες των φορτίων είναι οι ακόλουθες:

- Κινητήρες
- Συσκευές Θέρμανσης
- Ηλεκτρονικές Συσκευές
- Φωτιστικά σώματα κλπ

Από ηλεκτρική άποψη υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των διαφόρων φορτίων σε ότι αφορά στο μέγεθος, στη συμμετρία (μονοφασικό ή τριφασικό), στη σταθερότητα (ως προς το χρόνο, τη συχνότητα και την τάση) και στην περίοδο λειτουργίας (συστηματική ή τυχαία). Για τις μελέτες του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η μεταβολή των φορτίων συναρτήσει της τάσης και της συχνότητας. Τα φορτία στις μελέτες των ΣΗΕ συνήθως αναπαρίστανται με δύο τρόπους:

- ως φορτία σταθερής αντίστασης  $Z=R+j\omega L$ , ή
- ως φορτία σταθερής ισχύος  $S=P+jQ$ .

Τα σύνθετα φορτία, όπως είναι τα περισσότερα φορτία στην πράξη, μεταβάλλονται με την τάση και τη συχνότητα. Σε πολλές περιπτώσεις ενδιαφέρουν οι μεταβολές της ισχύος των φορτίων, που προκαλούνται από μικρές μεταβολές της συχνότητας και της τάσης. Σε πολλές μελέτες σύνθετων φορτίων προκύπτει ότι ένα μέσο φορτίο αποτελείται κατά 60% από επαγωγικούς κινητήρες, κατά 20% από σύγχρονους κινητήρες και κατά 20% από διάφορα άλλα φορτία.

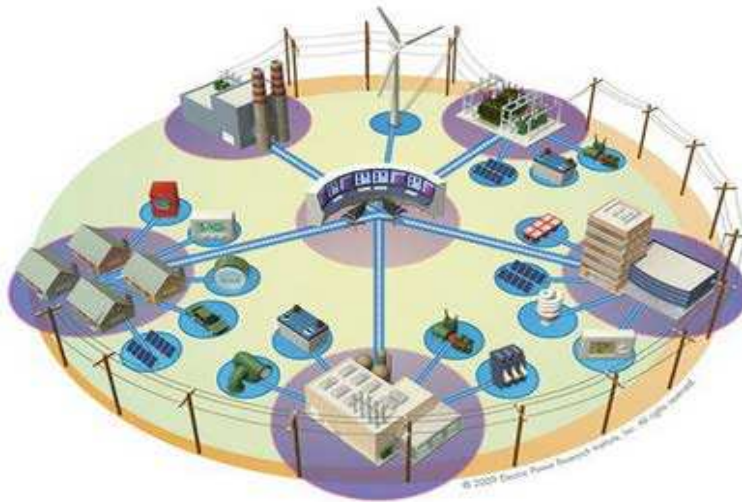
### 3.2 Μικροδίκτυα

Τα μικροδίκτυα αποτελούν δίκτυα διανομής, συνδεδεμένα στον ίδιο υποσταθμό και τα οποία περιλαμβάνουν μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής ενέργειας με μικρή ονομαστική ισχύ (π.χ. Φ/Β σε στέγες, μικρές ανεμογεννήτριες, υδροηλεκτρικά, συμπαραγωγή κ.λπ.), συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (συσσωρευτές, πυκνωτές, κ.λπ.) και ελεγχόμενα τοπικά φορτία. Βασικό χαρακτηριστικό των μικροδικτύων είναι ο συγκεντρωτικός έλεγχός τους, ώστε να παρουσιάζονται στο κεντρικό δίκτυο ως μία ενιαία οντότητα. Γενικά, τα μικροδίκτυα μπορούν να συνδέονται στο κεντρικό δίκτυο ή μπορούν και να λειτουργούν νησιδοποιημένα, σε περίπτωση σφαλμάτων στο κεντρικό δίκτυο, ενισχύοντας, έτσι, την ενεργειακή ασφάλεια και την αξιοπιστία τροφοδότησης των καταναλωτών. Τα αυτόνομα δίκτυα μικρών νησιών αποτελούν μια τυπική μορφή λειτουργίας μικροδικτύων.

Επομένως η εμφάνιση μονάδων παραγωγής σε πολλά σημεία του δικτύου αλλά και η ευελιξία που προσφέρουν το πλήθος των ελεγχόμενων φορτίων οδηγεί στη δημιουργία ενός νέου και σύγχρονου όρου στα ΣΗΕ που αναφέρεται στα μικροδίκτυα (microgrids). Στο σημείο αυτό, εισάγεται η έννοια του μικροδικτύου διότι θα είναι πολύ χρήσιμη στην ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων και κατά συνέπεια της έξυπνης φόρτισης εκμεταλλευόμενη τις ΑΠΕ. **Ένα μικροδίκτυο (Microgrid) προσδιορίζεται ως ένα εν δυνάμει ηλεκτρικά απομονωμένο σύνολο γεννητριών που τροφοδοτεί κατ' αποκλειστικότητα όλη τη ζήτηση ενός συνόλου καταναλωτών.** Συμπεριλαμβάνουν πηγές κατανεμημένης παραγωγής ισχύος από λίγα kW μέχρι 1 – 2MW, συσκευές αποθήκευσης – όπως πυκνωτές, μπαταρίες – και ελέγξιμα φορτία. Τα μικροδίκτυα αποτελούν ένα είδος συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας που στο μέλλον αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο.

Ο σχεδιασμός του μικροδικτύου είναι ανεξάρτητος από το κεντρικό δίκτυο, ωστόσο μπορεί να υπάρχει διασύνδεση με αυτό, για ανταλλαγή ενέργειας. Τυπικές πηγές ενός μικροδικτύου είναι οι γεννήτριες ντίζελ ή φυσικού αερίου, συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ζεστού νερού (γεννήτριες, μικροστρόβιλοι), οι ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά, οι κυψέλες καυσίμου, οι γεωθερμικοί και οι ηλιοθερμικοί σταθμοί, τα μικρά υδροηλεκτρικά, οι μονάδες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη βιομάζα, βιοντίζελ ή οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας. Ένα μικροδίκτυο μπορεί να εγκατασταθεί εκεί όπου υπάρχει διαθέσιμη μια από τις παραπάνω φυσικές πηγές ενέργειας και να καλύπτει τις καταναλώσεις της περιοχής που εγκαθίσταται. Βασικό γνώρισμα των μικροδικτύων είναι ο συντονισμένος έλεγχος τους, ώστε τελικά να εμφανίζονται ως μία ενιαία οντότητα με το δικό της αποκεντρωμένο σύστημα ελέγχου το οποίο δεν επιβαρύνει τα συστήματα ελέγχου του ευρισκόμενου δικτύου με τον έλεγχο κάθε μιας μονάδας ξεχωριστά.

Από την πλευρά του δικτύου, ένα μικροδίκτυο μπορεί να θεωρηθεί ως μια ελεγχόμενη οντότητα μέσα στο σύστημα ενέργειας που μπορεί να λειτουργεί όπως ένα συγκεντρωμένο φορτίο, μια μικρή πηγή ενέργειας ή ως μια βοηθητική υπηρεσία που υποστηρίζει το δίκτυο. Από την πλευρά του καταναλωτή, τα μικροδίκτυα εκπληρώνουν τις ανάγκες τους σε θερμότητα και ηλεκτρισμό, όμοια με τα παραδοσιακά δίκτυα διανομής μέσης τάσης, αλλά επιπροσθέτως ενισχύουν και την τοπική αξιοπιστία, μειώνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και βελτιώνουν την ποιότητα ενέργειας υποστηρίζοντας την τάση και μειώνοντας τις βυθίσεις της. **Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του μικροδικτύου είναι ότι, ενώ υπό ομαλές συνθήκες λειτουργεί διασυνδεδεμένο με το δίκτυο, μπορεί αυτόματα να τεθεί σε απομονωμένη λειτουργία σε περιπτώσεις σφαλμάτων του δικτύου.** Συνεπώς, ένα μικροδίκτυο για το ευρισκόμενο δίκτυό του αντιμετωπίζεται, τόσο από άποψης αγοράς όσο και από τεχνική άποψη, ως ένα ενιαίο φορτίο ή ως μία ενιαία παραγωγή η οποία με τα κατάλληλα οικονομικά κίνητρα μπορεί να προσφέρει και κάποιες βοηθητικές υπηρεσίες στο δίκτυο διανομής ιδιαίτερα σε περιόδους αιχμής ακόμη και τοπικού επιπέδου.



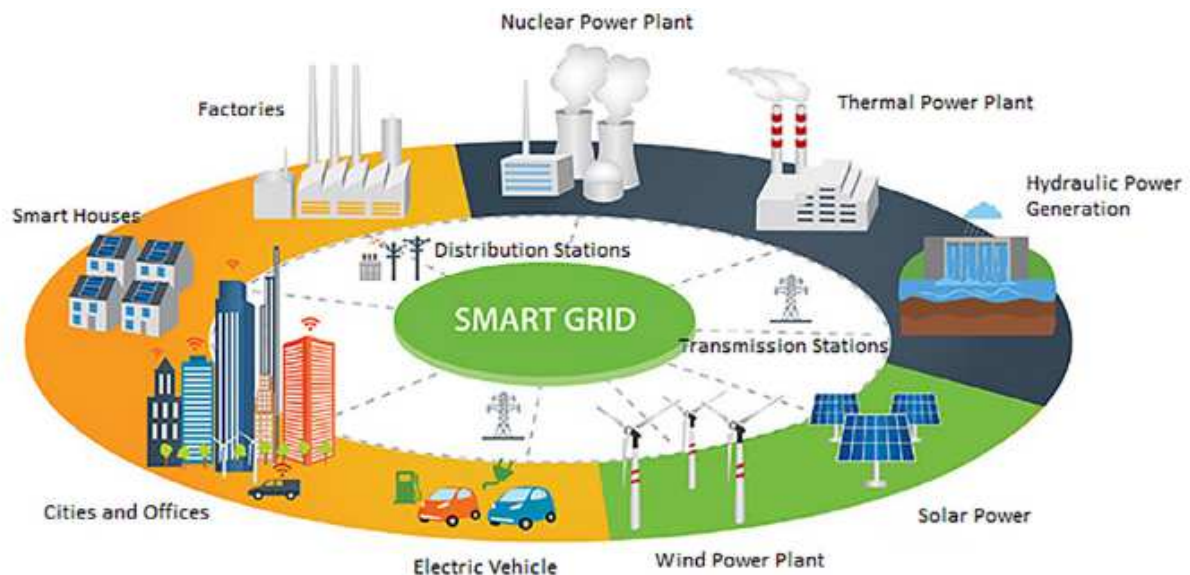
Εικόνα 17. Ένα τυπικό μικροδίκτυο

### 3.2.1 Έξυπνα δίκτυα

Ένα έξυπνο δίκτυο αποτελεί έναν σύγχρονο τύπο μικροδικτύου, ο οποίος μπορεί να ελέγχει και να βελτιστοποιεί σε πραγματικό χρόνο τη λειτουργία όλων των διασυνδεδεμένων στοιχείων του. Χαρακτηρίζεται από την αξιοποίηση τηλεπικοινωνιακών και υπολογιστικών εφαρμογών σε όλα τα στάδια της παραγωγής, μεταφοράς και κατανάλωσης ενέργειας. Επιπλέον, ένα έξυπνο δίκτυο (smart grid) παρέχει αυξημένες δυνατότητες σε σχέση με ένα συμβατικό μικροδίκτυο, καθώς επιτρέπει την αυξημένη διείσδυση των ΑΠΕ ή/και της συμπαραγωγής, ενώ παράλληλα διανέμει την ενέργεια με αποδοτικό τρόπο και σε συνάρτηση με τις ανάγκες των καταναλωτών, αξιοποιώντας το κατάλληλο τεχνολογικό υπόβαθρο (π.χ. αυτοματισμοί, συστήματα τηλεμετρίας).

Ο λόγος που παρουσιάζονται τα έξυπνα δίκτυα [10] είναι ότι αποτελούν σκαλοπάτι για την έξυπνη φόρτιση για τη διείσδυση της ηλεκτροκίνησης διότι χρειάζεται να ελέγχουμε την ενέργεια που καταναλώνεται σε πραγματικό χρόνο κατά την φόρτιση των EV. Εάν θελήσουμε να δώσουμε έναν ορισμό για το τι είναι το Ευφυές ή αλλιώς Έξυπνο δίκτυο (Smart Grid), σύμφωνα με το Electric Power Research Institute (EPRI) το έξυπνο δίκτυο είναι **«μια ευφυής υποδομή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας η οποία υποστηρίζεται από τις τελευταίες τεχνολογίες στον τομέα της επικοινωνίας, του υπολογισμού και της ηλεκτρονικής προκειμένου να ανταποκριθεί στις μελλοντικές απαιτήσεις της κοινωνίας σε ηλεκτρική ενέργεια»**. Σε έναν άλλο ορισμό το Γραφείο Μεταφοράς και Διανομής Ενέργειας του Υπουργείου Ενέργειας (DoE) των ΗΠΑ, παρουσιάζει το Έξυπνο Δίκτυο ως μια λύση που **«θα εξασφαλίσει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα του ηλεκτρικού συστήματος μέσω ανταλλαγής πληροφοριών, κατανεμημένης παραγωγής και αποθήκευσης της ενέργειας»**. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Smart Grids: from innovation to deployment) ορίζει το Έξυπνο Δίκτυο ως **«ένα εξελιγμένο ηλεκτρικό δίκτυο, του οποίου αναπόσπαστο κομμάτι είναι η αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ παραγωγού και καταναλωτή και τα ευφυή συστήματα μέτρησης και παρακολούθησης της λειτουργίας του»**.

Ένα έξυπνο δίκτυο είναι ένα ηλεκτρικό δίκτυο διανομής που επιτρέπει την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ της εταιρείας κοινής ωφέλειας και των πελατών της και συχνά περιλαμβάνει ανίχνευση κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς από αισθητήρες και ελέγχεται από υπολογιστές.



Εικόνα 18. Μια πιο διευρυμένη μορφή ενός έξυπνου δικτύου  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157819309000>

Τα έξυπνα δίκτυα προσφέρουν:

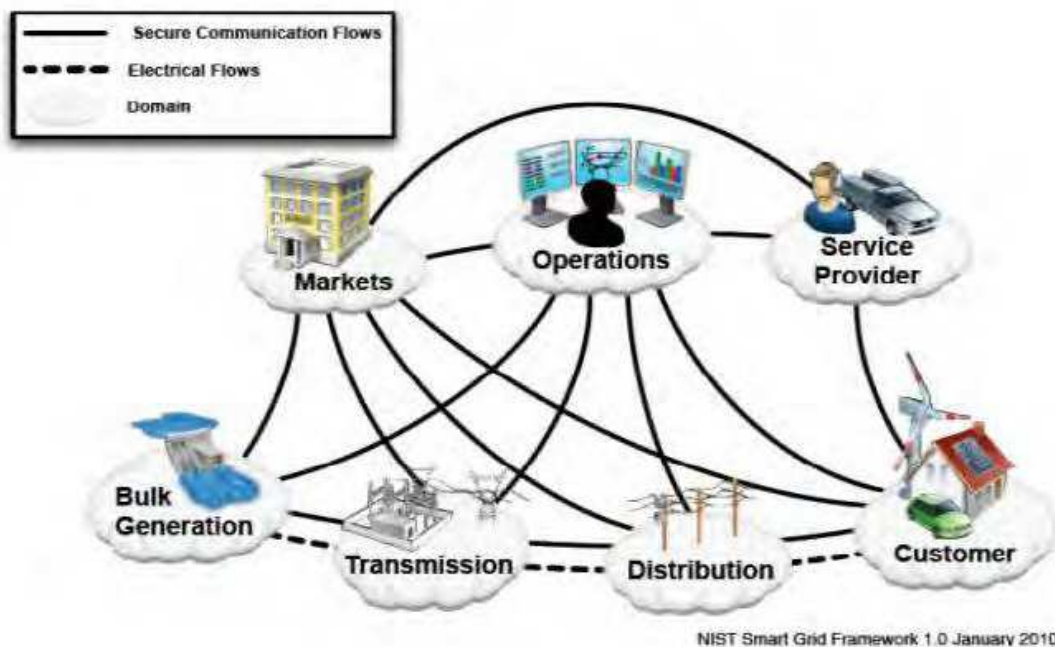
- Πιο αποτελεσματική μετάδοση ηλεκτρικής ενέργειας
- Ταχύτερη αποκατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας μετά από διακοπές ρεύματος
- Μειωμένο κόστος λειτουργίας και διαχείρισης για τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και τους καταναλωτές
- Μειωμένη ζήτηση αιχμής
- Αυξημένη ενοποίηση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Ενοποίηση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που ανήκουν στον πελάτη
- Βελτιωμένη ασφάλεια

Από τα παραπάνω στοιχεία μπορεί κάποιος να καταλάβει ότι το μελλοντικό έξυπνο δίκτυο δεν είναι κάτι άλλο παρά ο εκσυγχρονισμός του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου σε ένα δίκτυο στο οποίο η τεχνολογία της πληροφορίας θα έχει πλέον τον πρωτεύοντα ρόλο. Η τεχνολογία της πληροφορίας θα επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο όλων των σταδίων από την παραγωγή στην κατανάλωση της ενέργειας, την αμφίδρομη πλέον επικοινωνία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης (επιτρέποντας έτσι στον καταναλωτή να συμμετέχει και αυτός στην παραγωγή), την εξασφάλιση βιωσιμότητας (sustainability) και ποιότητας υπηρεσιών, την κατακεντρωμένη (distributed) παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την επεξεργασία της πληροφορίας σε τοπικό πλέον επίπεδο (χωρίς να χρειάζεται αποστολή της πληροφορίας σε κεντρικό σημείο), την αποθήκευση πλέον της παραγόμενης ενέργειας και τέλος την έξυπνη μέτρηση της κατανάλωσης της ενέργειας.

### 3.2.1.1 Η αρχιτεκτονική ενός έξυπνου δικτύου

Υπάρχει πληθώρα τρόπων με τους οποίους μπορεί κανείς να περιγράψει ένα Έξυπνο Δίκτυο. Ένας τρόπος ο οποίος αξιοποιείται συχνά στη βιβλιογραφία [10] αφορά στην απεικόνιση του Έξυπνου Δικτύου ως ένα σύνολο οντοτήτων οι οποίες επικοινωνούν μεταξύ τους. Ο τρόπος αυτός όπως προτάθηκε για πρώτη φορά από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (**NIST-National Institute of Standards and Technology**) NIST, προσφέρει μια αφαιρετική απεικόνιση του Έξυπνου Δικτύου σε υψηλό επίπεδο, χωρίζοντάς το σε επτά συνεργαζόμενους τομείς – δίκτυα κάθε ένα από τα οποία περιλαμβάνει μια ή περισσότερες οντότητες – συσκευές, συστήματα ή προγράμματα τα οποία ανταλλάσσουν πληροφορίες και λαμβάνουν αποφάσεις για την εξασφάλιση της εύρυθμης λειτουργίας του. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 19, οι επτά τομείς στους οποίους μπορούμε να χωρίσουμε ένα Έξυπνο Δίκτυο είναι οι Πελάτες, οι Αγορές, οι Πάροχοι Υπηρεσιών, οι Λειτουργίες, η Παραγωγή, η Μεταφορά και η Διανομή. Ακολουθεί μια περιγραφή των οντοτήτων τις οποίες περιλαμβάνει κάθε τομέας του μοντέλου.

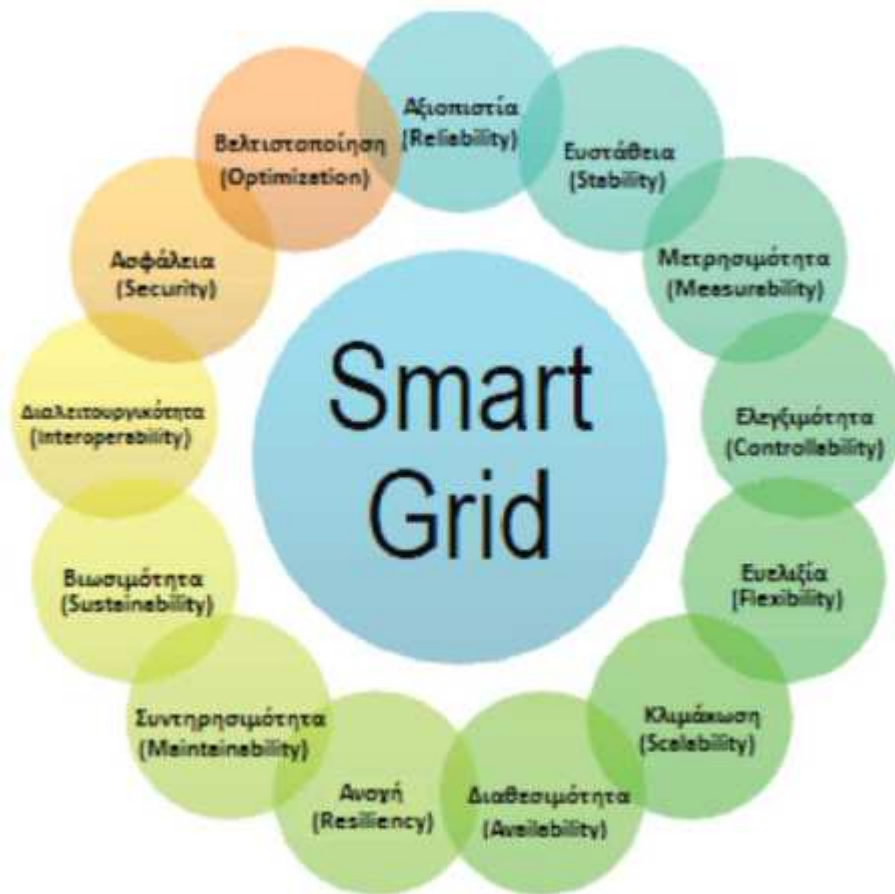
- **Πελάτες:** Τομέας που περιλαμβάνει τόσο τους καταναλωτές όσο και τις συσκευές που αυτοί διαθέτουν για να παράγουν, να αποθηκεύουν και να διαχειρίζονται την ενέργεια. Τυπικά αναφερόμαστε σε τρεις τύπους πελατών. Πελάτες του δικτύου με σκοπό την οικιακή χρήση ηλεκτρισμού, πελάτες με σκοπό την εμπορική χρήση και πελάτες με σκοπό τη βιομηχανική χρήση.
- **Αγορές:** Τομέας που περιλαμβάνει τους λειτουργούς και τους συμμετέχοντες στην αγορά ενέργειας.
- **Πάροχοι Υπηρεσιών:** Τομέας που αφορά στους οργανισμούς οι οποίοι προσφέρουν υπηρεσίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε πελάτες αλλά και παρόχους άλλων υπηρεσιών.
- **Λειτουργίες:** Τομέας που σχετίζεται με τους διαχειριστές της διακίνησης ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ δικτύων.
- **Παραγωγή:** Τομέας που περιλαμβάνει το σύνολο των γεννητριών και ηλεκτροπαραγωγών σταθμών που παράγουν ενέργεια σε μεγάλες ποσότητες και τις μονάδες αποθήκευσης ενέργειας για διάθεση σε κατοπινό στάδιο.
- **Μεταφορά:** Τομέας που αναφέρεται στην υποδομή για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας σε μακρινές αποστάσεις. Ενδεχομένως να περιλαμβάνει μέσα για την αποθήκευση ή παραγωγή ενέργειας κατά τόπους.
- **Διανομή:** Τομέας που έχει να κάνει με την υποδομή που υπάρχει για διανομή ηλεκτρικής ενέργειας από και προς πελάτες, ο οποίος ενδεχομένως να περιλαμβάνει και την αποθήκευση ενέργειας ή την παραγωγή της.



Εικόνα 19: Το Έξυπνο Δίκτυο σύμφωνα με το μοντέλο του NIST σαν ένα σύνολο οντοτήτων που εξαρτώνται μεταξύ τους [10]

### 3.2.1.2 Χαρακτηριστικά των Έξυπνων Δικτύων

Στην Εικόνα 20, φαίνονται τα βασικότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα έξυπνο δίκτυο τα οποία και θα αναλυθούν παρακάτω.



Εικόνα 20: Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Δικτύου και οι απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιεί.

### **Αξιοπιστία και Ευστάθεια (Reliability and Stability)**

Χρησιμοποιώντας τον όρο αξιοπιστία αναφερόμαστε στην ικανότητα που έχει ένα σύστημα ή ακόμα και στοιχεία αυτού να εκτελούν κάποιες απαιτούμενες λειτουργίες για καθορισμένο χρονικό διάστημα και υπό δεδομένες συνθήκες.

### **Μετρησιμότητα και Ελεγχιμότητα (Measurability and Controllability)**

Ένα έξυπνο δίκτυο έχει την ικανότητα να εντοπίζει και να διορθώνει διαταραχές στη λειτουργία του μέσω δυναμικών μετρήσεων και παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο (real-time monitoring).

### **Ευελιξία και Κλιμάκωση (Flexibility and Scalability)**

Το δίκτυο κινείται από μια κεντρική δομή σε πολλαπλά αποκεντρωμένα μικροδίκτυα (Microgrids - MGs). Η κλιμάκωση του έξυπνου δικτύου είναι σημαντικό να οριστεί καλά. Μέσω της νησιδοποίησης (islanding), τα μικροδίκτυα προσπαθούν να ενσωματώσουν την κατανεμημένη παραγωγή και την αποθήκευση ενέργειας για να συνεισφέρουν ενέργεια στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας σε περιόδους ζήτησης αιχμής.

### **Διαθεσιμότητα (Availability)**

Η διαθεσιμότητα της ενέργειας αλλά και των επικοινωνιών είναι απαραίτητα συστατικά για τη ζήτηση ενέργειας και πληροφοριών από τους καταναλωτές και βασίζεται στη διαθεσιμότητα των δεδομένων που ανταλλάσσονται στο δίκτυο.

### **Ανθεκτικότητα (Resiliency)**

Ο βαθμός της ανθεκτικότητας καθορίζει πόσο πραγματικά αξιόπιστο είναι το έξυπνο δίκτυο όταν συμβαίνουν διάφορα περιστατικά.

### **Δυνατότητα Συντήρησης (Maintainability)**

Ένα έξυπνο δίκτυο σαφώς και θα πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο που να διευκολύνει την συντήρηση, έτσι ώστε τα διάφορα στοιχεία ενέργειας και επικοινωνιών (π.χ. εγκαταστάσεις, εξοπλισμός, συστήματα, υποσυστήματα, ασφάλεια και διαχείριση του δικτύου) που διαθέτει να μπορούν να επιδιορθωθούν ταχύτατα και με όσο το δυνατόν οικονομικότερο τρόπο.

### **Βιωσιμότητα (Sustainability)**

Η αύξηση της ανησυχίας για το περιβάλλον αλλά και οι κίνδυνοι από τη ζήτηση αιχμής καθιστούν κρίσιμη απαίτηση για τη λειτουργία του έξυπνου δικτύου μεταφοράς τη βιωσιμότητα, η οποία παρουσιάζεται ως επάρκεια, αποδοτικότητα και φιλικότητα προς το περιβάλλον.

#### **Διαλειτουργικότητα (Interoperability)**

Η διαλειτουργικότητα που παρουσιάζει η υποδομή ενός συστήματος είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνη για την αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα της συνολικής επίδοσης ενός συστήματος.

#### **Ασφάλεια (Security)**

Η έννοια της ασφάλειας απευθύνεται στις δυσλειτουργίες του συστήματος που οφείλονται σε ανθρώπινα αίτια, όπως εσκεμμένες επιθέσεις και μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις. Μια ασφαλής και σίγουρη συνδεσιμότητα μεταξύ προμηθευτών και καταναλωτών παρέχει προστασία για τις κρίσιμες εφαρμογές και τα δεδομένα αλλά και άμυνες ενάντια σε παραβιάσεις της ασφάλειας.

#### **Βελτιστοποίηση (Optimization)**

Η βελτιστοποίηση των στοιχείων ενός έξυπνου δικτύου αλλά και της λειτουργίας του είναι μια πολύ σημαντική ανάγκη. Αυτό μπορεί να καταστεί δυνατό με τη βοήθεια των σύγχρονων τεχνολογιών, των έξυπνων ηλεκτρικών συσκευών (Intelligent Electronic Devices – IEDs), καθώς και με ευφυή διαχείριση και αυτοματισμούς, εξισορροπώντας έτσι μια ποικιλομορφία μεταβλητών και συμβιβασμών (tradeoffs).

#### **Ψηφιοποίηση (Digitalization)**

Το έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί μια μοναδική, ψηφιακή πλατφόρμα για γρήγορη και αξιόπιστη ανίχνευση, μέτρηση, επικοινωνία, υπολογισμό, έλεγχο, προστασία, απεικόνιση και συντήρηση ολόκληρου του συστήματος μεταφοράς.

#### **Ευφυΐα (Intelligence)**

Στο έξυπνο δίκτυο μεταφοράς θα χρησιμοποιηθούν ευφυείς τεχνολογίες και ανθρώπινη τεχνογνωσία. Το σύστημα θα μπορεί να έχει αυτοεπίγνωση της κατάστασης λειτουργίας του με τη βοήθεια online ανάλυσης στο πεδίο του χρόνου, όπως είναι η ανάλυση της σταθερότητας τάσης – γωνίας και της ασφάλειας. Επίσης, στο σύστημα θα είναι διαθέσιμη και αυτοθεραπεία με σκοπό να ενισχύσει την ασφάλεια του δικτύου μεταφοράς μέσω κάποιων συντονισμένων σχημάτων προστασίας και ελέγχου.

#### **Προσαρμογή (Customization)**

Ο σχεδιασμός του έξυπνου δικτύου μεταφοράς πρέπει είναι, για την ευκολία των φορέων εκμετάλλευσης, προσαρμοσμένος στον πελάτη, χωρίς να χάνει τις λειτουργίες του και τη διαλειτουργικότητά του. Επίσης, πρέπει να εξυπηρετεί τους πελάτες παρέχοντας περισσότερες επιλογές κατανάλωσης ενέργειας για έναν υψηλότερο λόγο ποιότητας/τιμής.

Το έξυπνο δίκτυο θα απελευθερώσει περαιτέρω την αγορά ενέργειας με την αύξηση της διαφάνειας και τη βελτίωση του ανταγωνισμού για τους συμμετέχοντες στην αγορά.

# Κεφάλαιο 4 – Μεταβλητές ΑΠΕ Συστήματος και η ανάγκη της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

## 4.1 Μεταβλητές ΑΠΕ Συστήματος (μΑΠΕΣ)

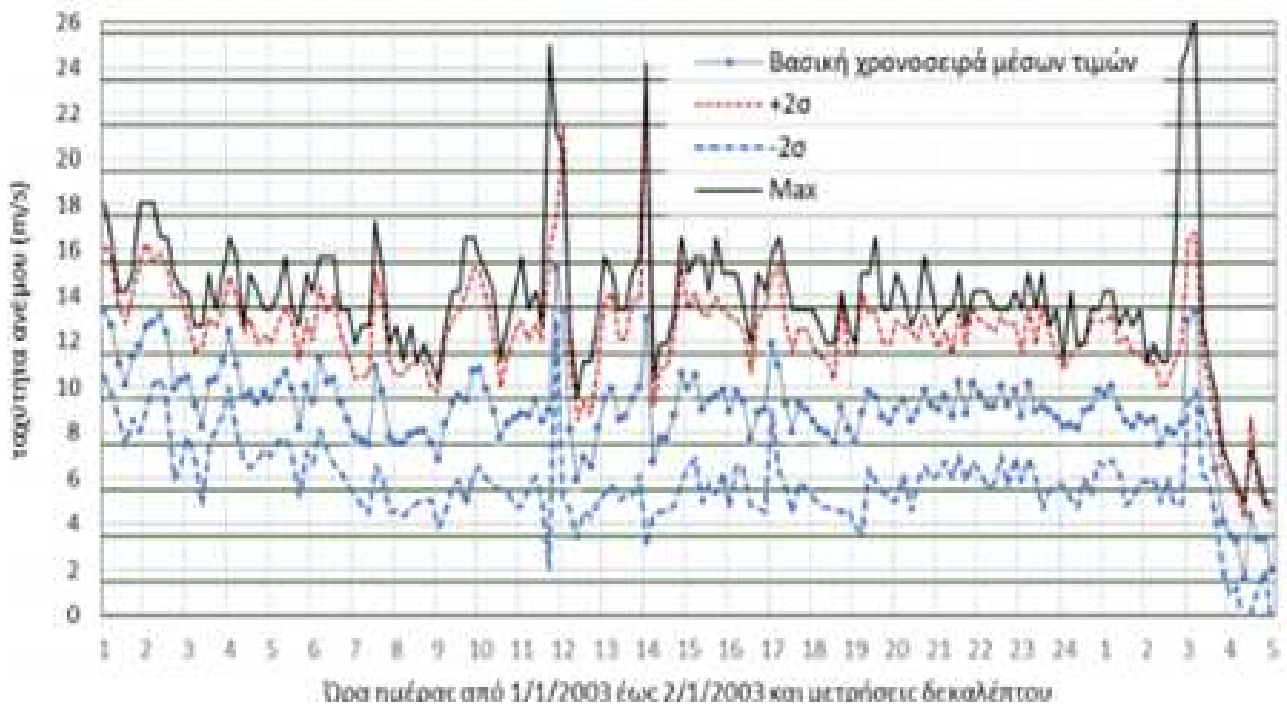
Αφού περιγράψαμε τα ΣΗΕ και τα μικροδίκτυα που αποτελούν μια ψηφιακή εξέλιξη των δικτύων σε αυτό το Κεφάλαιο θα αναλύσουμε τα προβλήματα που προκύπτουν όταν η παραγόμενη ενέργεια είναι μέσω ΑΠΕ και συγκεκριμένα μέσω αιολικής ενέργειας που είναι περισσότερο αβέβαιη και σχετίζεται με την ύπαρξη και την ένταση του ανέμου. Ο σύγχρονος τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των ΑΠΕ είναι μια παγκόσμια τάση η οποία σύμφωνα με τις μελέτες παγκόσμιων οργανισμών βοηθά στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου όπως το CO<sub>2</sub> που επιφέρουν και την κλιματική αλλαγή. Όμως παρά τις αντίθετες απόψεις ότι οι ΑΠΕ είναι μια τεχνολογία χρήσιμη δεν είναι αρκετά ώριμη τεχνολογικά με αποτέλεσμα να δημιουργεί στο δίκτυο προβλήματα αποσυγχρονισμού τόσο της συχνότητας όσο και της τάσης του. Θα κάνουμε μια σύντομη προσπάθεια να περιγράψουμε αυτό το πρόβλημα. **Με τον όρο «Σύστημα» εννοείται το σύνολο μηχανών ηλεκτροπαραγωγής, συμβατικών ή ΑΠΕ (Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) μαζί με τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, είτε αυτά είναι «Διασυνδεδεμένα» με τις γειτονικές χώρες είτε «Αυτόνομα» όπως είναι τα συστήματα των νησιών.** Με τον όρο «μεταβλητές ΑΠΕ Συστήματος (μΑΠΕΣ)» [11] ονομάζονται εκείνες οι τεχνολογίες ηλεκτροπαραγωγής Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) όπως είναι τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά, οι οποίες δεν παρέχουν εγγυημένη ή έστω 100% προβλέψιμη ισχύ στο σύστημα αλλά η παραγωγή τους εξαρτάται από μία μεταβλητή και τυχαία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας όπως είναι ο άνεμος ή ο ήλιος. Οι τεχνολογίες αυτές διαφέρουν από άλλες μονάδες ΑΠΕ ηλεκτροπαραγωγής όπως είναι οι υδροηλεκτρικές μονάδες ή οι μονάδες με καύση βιομάζας διότι οι τελευταίες είναι σε θέση να παρέχουν εγγυημένη ισχύ (σε χρονικό διάστημα που εμείς επιθυμούμε) όπως και οι συμβατικές θερμικές μονάδες με χρήση καυσίμων και επομένως δεν περιλαμβάνονται στον όρο «μΑΠΕΣ».

### 4.1.1 Η έννοια της μεταβλητότητας

Η ηλεκτροπαραγωγή από τις μΑΠΕΣ εξαρτάται ευθέως από την ένταση της αντίστοιχης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας (άνεμος ή ήλιος) και επομένως η μεταβλητότητα ηλεκτροπαραγωγής των μΑΠΕΣ είναι ευθέως ανάλογη της μεταβλητότητας των ΑΠΕ.

Η μεταβλητότητα αυτή είναι παρούσα σε διάφορα επίπεδα: ώρας, λεπτών, δευτερολέπτων και εκατοστών του δευτερολέπτου. Στην Εικόνα 21, που ακολουθεί, δίδονται χαρακτηριστικές χρονοσειρές πραγματικών ανεμολογικών μετρήσεων σε περιοχή της **Άνδρου**, ανά 10 λεπτά και για χρονικό διάστημα μίας εβδομάδας για τον Ιανουάριο του 2003 [11]. Στο διάγραμμα αυτό εμφανίζεται η βασική χρονοσειρά μέσω των τιμών δεκαλέπτου και με διακεκομμένες γραμμές τα όρια διακυμάνσεως των μετρήσεων εντός του δεκαλέπτου πλάτους  $\pm 2\sigma$ , όπου  $\sigma$  είναι η **τυπική απόκλιση των μετρήσεων εντός του δεκαλέπτου**. επίσης, εμφανίζεται και η μέγιστη ταχύτητα ανέμου δεκαλέπτου η οποία μετρήθηκε με μαύρη γραμμή. Οι γραμμές αυτές είναι τυπικές της μεταβλητότητας του ανέμου σε επίπεδο λεπτού η οποία κατά κανόνα έχει πλάτος μεταβολής  $\pm 15\%$  ενώ οι ακραίες μεταβολές μπορεί να φθάσουν στο 100% όπως φαίνεται περί ώρα 12, 14 και 3 ώρα της δεύτερης ημέρας.



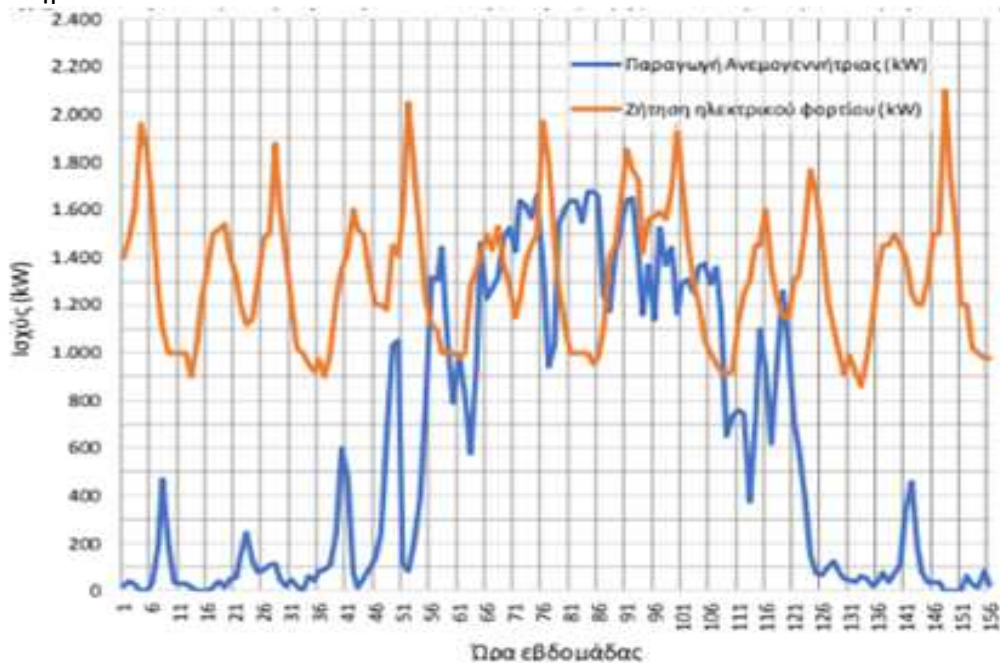


Εικόνα 21. Χρονοσειρές ανεμολόγιων στην Άνδρο. Δεδομένα από ΔΕΔΔΗΕ-ΡΑΕ [11]

**Παρατηρείται:**

- α) η αδυναμία της αιολικής παραγωγής να ανταποκριθεί όταν οι άνεμοι είναι ασθενείς
- β) οι υπερβάσεις αυτής έναντι της ζήτησως ηλεκτρικού φορτίου σε περίπτωση υψηλών ανέμων

Στην συνέχεια στην Εικόνα 22, παραθέτουμε τις καμπύλες της παραγωγής και της ζήτησης το ίδιο διάστημα.



Εικόνα 22 . Σύγκριση παραγωγής και ζήτησης (φορτίο). Ωριαία μεταβλητότητα αιολικής παραγωγής προς το ηλεκτρικό φορτίο. Δεδομένα από ΔΕΔΔΗΕ-ΡΑΕ [11]

Παρατηρούμε ότι ενώ η ζήτηση (φορτίο) έχει μια περιοδικότητα η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από αιολική ενέργεια είναι ανάλογη της ταχύτητας του αέρα. Επομένως το θέμα μας

είναι περίπλοκο καθότι έχουμε περίσσεια ενέργειας στιγμές που δεν την χρειαζόμαστε και έλλειμμα σε περιόδους που την έχουμε ανάγκη.

#### 4.1.2 Συνέπειες της μεταβλητότητας

Αυτή η μεταβλητότητα της παραγωγής των μΑΠΕΣ επιβαρύνει σημαντικά τις θερμικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής αφού οι τελευταίες αυτές μονάδες είναι υποχρεωμένες να λειτουργούν συνεχώς υπό μεταβαλλόμενο φορτίο, αντισταθμίζοντας την μεταβλητότητα των μΑΠΕΣ ούτως ώστε η συνολική ηλεκτροπαραγωγή να διατηρείται σταθερή και ίση με τη **Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας** (Φορτίο). Όπως αποδεικνύεται αυτή η μεταβλητότητα έχει δραματικές επιπτώσεις επί του βαθμού απόδοσης των θερμικών μονάδων με αποτέλεσμα αυτές να καταναλώνουν περισσότερα καύσιμα απ' ό,τι θα κατανάλωναν εάν δεν λειτουργούσαν οι μΑΠΕΣ. Αυτή η υποβάθμιση της ενεργειακής αποδόσεως των θερμικών μονάδων και η αντίστοιχη αυξημένη κατανάλωση καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα τη σχετική διατήρηση του ύψους των εκπομπών CO<sub>2</sub> οι οποίες προκαλούνται από τη χρήση καυσίμων αντί για σημαντική μείωσή τους, ενώ συχνά οδηγούν στην αύξηση των εκπομπών αυτών αντί για μείωση έναντι της προς ΑΠΕ ηλεκτροπαραγωγής. Αυτή είναι μια πολύ σημαντική παρατήρηση που πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη μας στη συνέχεια και να αντιληφθούμε ότι αυτό που επιχειρούμε είναι πολύ σημαντικό στον τομέα της ενέργειας. Δηλαδή η εύρεση νέων μεθόδων για την εξισορρόπηση του συστήματος με την βοήθεια των συσσωρευτών των EV.

#### 4.1.3 Εξισορρόπηση (balancing) της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Ως «αγορά» νοείται το σύνολο των παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα, είτε συμβατικών είτε ΑΠΕ οι οποίοι επιχειρούν ανά πάσα στιγμή να καλύψουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (Φορτίο) δηλαδή να εξισορροπήσουν την προσφορά με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Η ύπαρξη αυτής της ισορροπίας είναι απαραίτητη άλλως δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα στη **συχνότητα** αλλά και στην **τάση** του ηλεκτρικού ρεύματος η οποία παρέχεται στους καταναλωτές, με το πρόβλημα της συχνότητας να προεξάρχει. Το πρόβλημα της συχνότητας γίνεται αντιληπτό με την περιγραφή ενός εκτάκτου γεγονότος το οποίο συμβαίνει όμως συχνά όπως είναι η απώλεια μίας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής, είτε θερμικής είτε ΑΠΕ. Ένα τέτοιο συμβάν είναι π.χ. η ακαριαία διακοπή λειτουργίας μίας συστοιχίας αιολικών μονάδων λόγω αύξησεως της ταχύτητας του ανέμου πάνω από το τεχνικό όριο ασφαλείας της λειτουργίας τους (π.χ. πάνω από τα 23 m/s). Τη στιγμή της διακοπής δημιουργείται ένα έλλειμμα της προσφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα έναντι της ζήτησης εκείνη την στιγμή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι υπόλοιπες μονάδες παραγωγής είτε εν λειτουργία είτε εν θερμή εφεδρεία (δηλαδή έτοιμες προς άμεση παραγωγή) να επιχειρούν να ανεβάσουν την παραγωγή τους με τον μέγιστο τεχνικά επιτρεπόμενο ρυθμό αυξήσεως, προκειμένου να αποκαταστήσουν τάχιστα την ισορροπία. Κατά τη διάρκεια της ανισορροπίας αυτής και μέχρι την πλήρη εξάλειψή της οι ηλεκτρογεννήτριες των μονάδων παραγωγής αντιμετωπίζουν αυξημένο φορτίο με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται ο ρυθμός περιστροφής τους και να μειώνεται συναφώς η παραγόμενη συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος στο δίκτυο (σε Hz) ούτως ώστε να κινδυνεύουν άμεσα να διακόψουν αυτομάτως τη λειτουργία τους λόγω αποκλίσεως της συχνότητας από το τεχνικό όριο λειτουργίας τους με αποτέλεσμα να επαπειλείται συσκότιση του συστήματος (black out).

Για την αντιμετώπιση αυτού του κινδύνου απαιτείται η ύπαρξη στο σύστημα:

I. Θερμικών μονάδων σε εφεδρεία ή σε λειτουργία με δυνατότητα ταχείας αυξήσεως ή μειώσεως της παραγωγικής τους ικανότητας οι οποίες αναλαμβάνουν να αποκαταστήσουν τις αποκλίσεις μεταξύ προσφοράς και ζήτησεως σε τρία επίπεδα:

- Περιορισμού των αποκλίσεων συχνότητας εντός του τεχνικού ορίου των μονάδων σε χρονικό διάστημα μέχρι 30 s (Πρωτεύουσα ρύθμιση)
- Αποκατάστασης των αποκλίσεων συχνότητας του συστήματος σε διάστημα από 30 s έως 15 min (Δευτερεύουσα ρύθμιση)
- Αντικατάστασης της ανωτέρω εφεδρείας σε χρονικό διάστημα από 15 έως 60 min (Τριτεύουσα ρύθμιση)

II. Θερμικών μονάδων με μεγάλη στρεφόμενη αδράνεια (rotary inertia) όπως είναι οι μεγάλες συμβατικές μονάδες ατμοστροβίλων, οι οποίες διαθέτουν μεγάλες στρεφόμενες ηλεκτρογεννήτριες βάρους εκατοντάδων τόνων και οι οποίες λόγω της μεγάλης περιστροφικής τους αδράνειας, ενεργούν ως αδρανειακός σφόνδυλος καθυστερώντας τη μεταβολή της συχνότητας μέχρι να προλάβουν οι μονάδες να περιορίσουν την απόκλιση της συχνότητας.

III. Συσσωρευτών (μπαταρίες) με συστοιχία κυψελών σε εφεδρεία οι οποίες έχουν τη δυνατότητα ταχείας αύξησης ή μείωσης της ηλεκτροπαραγωγής μέσω ταχείας εκφορτίσεως ή φορτίσεως αντιστοίχως οι οποίες λειτουργούν επικουρικά στις μονάδες όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Στο σημείο αυτό και με δεδομένο ότι η αποθήκευση της ενέργειας είναι μια κοστοβόρα παράμετρος θα προσπαθήσουμε να υλοποιήσουμε την ιδέα της εργασίας μας. Άρα λοιπόν η μέθοδος που προτείνεται σε αυτήν την εργασία βοηθά το δίκτυο να βρει την ισορροπία του μέσω των συσσωρευτών των EV με βασική προϋπόθεση το πλήθος των EV να είναι μεγάλο ώστε να μπορεί να επηρεάσει το δίκτυο τόσο στην φόρτιση όσο και την αποφόρτιση.

#### 4.1.3.1 Στρεφόμενη εφεδρεία

Στρεφόμενη εφεδρεία (spinning reserve) είναι η διαφορά μεταξύ της ονομαστικής ισχύος των εν λειτουργία γεννητριών από την ισχύ εξόδου τους και αποτελεί ουσιαστικά την επιπλέον παραγωγική ικανότητα, που βρίσκεται σε αναμονή και μπορεί να κληθεί ανά πάσα στιγμή από το διαχειριστή του δικτύου. Ονομάζεται στρεφόμενη διότι οι γεννήτριες που παρέχουν στρεφόμενη εφεδρεία είναι ήδη συγχρονισμένες στο δίκτυο, παρόλο που στρέφονται με ταχύτητα χαμηλότερη της ονομαστικής τους. Υπάρχει και η μη στρεφόμενη (non-spinning reserve), που περιγράφει την επιπλέον ισχύ, που μπορούν να δώσουν γεννήτριες, οι οποίες δεν είναι συγχρονισμένες με το δίκτυο. Ο προβλεπόμενος χρόνος αντίδρασης της στρεφόμενης εφεδρείας καθορίζεται από τον εκάστοτε TSO (Διαχειριστή Μεταφοράς της Ηλεκτρικής Ενέργειας) και είναι συνήθως της τάξης λίγων λεπτών όπως προαναφέραμε. Ο λόγος ύπαρξής της είναι η εξυπηρέτηση του φορτίου σε περίπτωση που συμβεί κάποιο αναπάντεχο γεγονός, όπως παράδειγμα η απώλεια κάποιας γεννήτριας του δικτύου. Η ποσότητα στρεφόμενης εφεδρείας (σε MW εφόσον μιλάμε για ισχύ), που απαιτείται κάθε στιγμή μπορεί να εκφράζεται ως ποσοστό επί της ισχύος του φορτίου (πχ της τάξης του 10%), ώστε να καλύπτει αβεβαιότητες της πρόβλεψης φορτίου, είτε μπορεί να συνδέεται με την απαίτηση τήρησης εφεδρείας της μεγαλύτερης μονάδος, ώστε να μπορεί να αντιμετωπιστεί η απώλεια οποιασδήποτε συμβατικής μονάδος, χωρίς περικοπές φορτίου. Η χρηματική ανταμοιβή της εφεδρείας, σε όποιες αγορές αυτή προβλέπεται, γίνεται με βάση τον χρόνο που είναι διαθέσιμη για χρήση. Για παράδειγμα, μια γεννήτρια 1 MW που κρατείται σε εφεδρεία για 1 ώρα, ακόμα και αν δεν κληθεί ποτέ από τον TSO να παράσχει στο δίκτυο ενέργεια, θα πληρωθεί για μία MW-h (και όχι MWh, που είναι μονάδα μέτρησης ενέργειας) ανάλογα με την τιμή της MW-h που έχει καθοριστεί για εκείνη την ώρα της ημέρας στην αγορά. Εάν τώρα, η παραπάνω γεννήτρια κληθεί να παράγει και κάποια ποσότητα ενέργειας, θα ανταμειφθεί επιπλέον για την ποσότητα αυτή, και μάλιστα με την τιμή εκείνης της ώρας, όπως αυτή θα έχει διαμορφωθεί στη χονδρική αγορά ενέργειας.

#### 4.1.3.2 Ρύθμιση συχνότητας

Η ρύθμιση συχνότητας ή απλώς ρύθμιση (regulation) είναι μια επικουρική υπηρεσία, που σκοπό έχει τη διατήρηση της συχνότητας του δικτύου στα επιτρεπτά επίπεδα (στην Ευρώπη στα 50 Hz, στις ΗΠΑ στα

60 Hz), γεγονός που επιτυγχάνεται με την ισοστάθμιση, κάθε στιγμή, της παραγωγής με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς (TSO) πρέπει να έχει τον άμεσο και αυτόματο έλεγχο των μονάδων που λειτουργούν ως μονάδες ρύθμισης και μάλιστα σε πραγματικό χρόνο, ώστε να είναι ικανός να τους στέλνει σήματα, στα οποία πρέπει να απαντούν σε χρονικό ορίζοντα δευτερολέπτων με την κατάλληλη αύξηση ή μείωση της ισχύος εξόδου τους.

#### 4.1.3.3 Η Ανάγκη για αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας

Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, είτε αυτό είναι ένα ισχυρό διασυνδεδεμένο δίκτυο (όπως αυτό της ηπειρωτικής χώρας) είτε είναι αυτόνομο (μεγάλης ή μικρότερης ισχύος, όπως τα νησιά ανάλογα με το μέγεθός τους) σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να ικανοποιείται το ισοζύγιο της ισχύος, δηλ. η ισχύς που απορροφάται από τους καταναλωτές, το φορτίο, πρέπει να είναι ίση, με μικρές αποκλίσεις, προς αυτή που παράγουν οι σταθμοί παραγωγής (θερμικοί, υδροηλεκτρικοί κλπ). Η χρονική διακύμανση του φορτίου είναι σχετικά προβλέψιμη ώστε να προσαρμόζεται η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Για τεχνικούς λόγους και σε περιόδους χαμηλού φορτίου, οι μεγάλοι θερμικοί σταθμοί δεν μπορούν να μειώσουν την παραγωγή τους κάτω από ένα τεχνικό ελάχιστο όριο οπότε τις χρονικές αυτές περιόδους φαίνεται να περισσεύει ισχύς στο δίκτυο.

Η αύξηση της συμμετοχής της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την αιολική ενέργεια προκαλεί νέα τεχνικά προβλήματα στην διαχείριση ενός ηλεκτρικού δικτύου, τα οποία οφείλονται στη στοχαστικότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Άρα, στην ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας που υπήρχε παραδοσιακά λόγω των τεχνικών ελαχίστων των μεγάλων θερμικών σταθμών παραγωγής και την κάλυψη των αιχμών ενός δικτύου προστίθεται μία καινούργια που προέρχεται από την αύξηση της συμμετοχής των αιολικών πάρκων στο σύστημα παραγωγής.

Η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας που προέρχεται από την παραγωγή αιολικών πάρκων γίνεται απαραίτητη, ακόμη και σε ισχυρά διασυνδεδεμένα δίκτυα, όταν η συμμετοχή της αιολικής ενέργειας αρχίζει να πλησιάζει κάποια όρια πέρα από τα οποία η διείσδυση της αιολικής ενέργειας προκαλεί αστάθεια στο ηλεκτρικό δίκτυο. **Ήδη κάποιες χώρες έχουν φθάσει στο όριο αυτό οπότε η περαιτέρω ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας μπορεί να γίνει μόνο μέσω αποθήκευσης.**

Στην Ελλάδα με εγκατεστημένη ισχύ περί τα 14.000 MW, η ισχύς των αιολικών πάρκων είναι περί τα 4.451 MW. Ο στόχος να έχουν εγκατασταθεί 10.000 MW αιολικών πάρκων το 2030. Οπότε έχει αρχίσει να υπάρχει πρόβλημα διείσδυσης. Επίσης, στις χρονικές περιόδους υψηλού φορτίου και ιδιαίτερα στις αιχμές του φορτίου είναι ιδιαίτερα επιθυμητή στον διαχειριστή ενός δικτύου η διαθεσιμότητα μεγάλης ισχύος σε σύντομο χρονικό διάστημα. **Από τα προηγούμενα προκύπτει η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας τις ώρες που υπάρχει αυτή διαθέσιμη και η δυνατότητα επιστροφής ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο κατά τις περιόδους αιχμής.**

Ένας τρόπος αποθήκευσης ενέργειας είναι π.χ αποθήκευση θερμότητας (ατμός), σε ώρες στις οποίες το κόστος ενέργειας είναι χαμηλό (βράδυ) για την αποφυγή κατανάλωσης ενέργειας σε ώρες υψηλού φορτίου (μεσημέρι) Η ενέργεια αυτή μπορεί μέσω ατμοστροβίλων να παράξει ηλεκτρική ενέργεια τις ώρες που εμείς χρειαζόμαστε. Άλλος τρόπος αποθήκευσης είναι μεταφέρετε νερό σε φράγματα τις ώρες που έχουμε μεγάλη ένταση ανέμου μέσω των ανεμογεννητριών και τις ώρες που το χρειαζόμαστε να παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από υδροηλεκτρικά. Οι χρονικοί ορίζοντες για τη χρήση των αποθηκευτικών διατάξεων για μία από τις παραπάνω δυνατές εφαρμογές τους χωρίζουν τις διατάξεις αποθήκευσης σε διατάξεις:

**Βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης.** Πρόκειται για τις διατάξεις αποθήκευσης που μπορούν να προσφέρουν ή να απορροφήσουν ενέργεια για πολύ μικρό χρονικό διάστημα (από λίγα δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά). Τυπικές εφαρμογές αυτού του είδους είναι η παροχή αδιάλειπτης παροχής ισχύος και ευστάθειας λειτουργίας των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ).

**Μεσοπρόθεσμης αποθήκευσης.** Αφορά σε διατάξεις που χρησιμοποιούνται για χρονικούς ορίζοντες από μερικά λεπτά ως μερικές ώρες. Τέτοιου είδους εφαρμογές είναι η διαχείριση ΑΠΕ, η ενίσχυση της παροχής στρεφόμενης εφεδρείας και η διαχείριση παρεχόμενης ισχύος στους καταναλωτές.

**Μακροπρόθεσμης αποθήκευσης.** Αφορά διατάξεις αποθήκευσης από αρκετές ώρες μέχρι βδομάδα και μήνες. Κυρίως χρησιμοποιείται για την εξομάλυνση της ζήτησης μεταξύ ωρών αιχμής και μη αιχμής ή την ικανοποίηση ζήτησης αιχμής έχοντας αποθηκεύσει ενέργεια σε περιόδους χαμηλής ζήτησης.

Εδώ συμπεριλαμβάνονται και τα υδροηλεκτρικά.

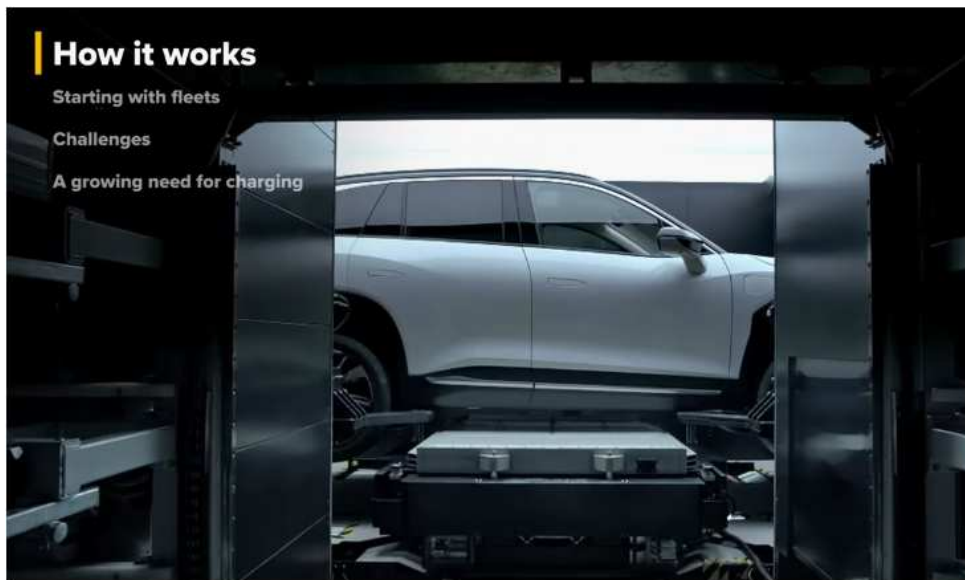
## 4.2 Έξυπνη Φόρτιση των διασυνδεδεμένων στο σύστημα EV για μέγιστη απορρόφηση της αιολικής ενέργειας

Εφαρμόζοντας ένα σύστημα «έξυπνης φόρτισης» σε ένα σύνολο EV, είναι εφικτό να μεγιστοποιηθεί η αξιοποίηση της παραγόμενης αιολικής ενέργειας κατά τη διάρκεια μιας οποιασδήποτε ημέρας στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής.

Βάσει του Κοινού Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τυποποίησης CEN-CENELEC, η έξυπνη φόρτιση ενός EV ορίζεται όταν ο κύκλος φόρτισης μπορεί να μεταβληθεί από εξωτερικά συμβάντα, επιτρέποντας προσαρμοστικές συνήθειες φόρτισης, παρέχοντας στο EV την ικανότητα να ενσωματώνεται σε όλο το σύστημα τροφοδοσίας **με τρόπο φιλικό προς το δίκτυο και το χρήστη**. Η έξυπνη φόρτιση πρέπει να διευκολύνει την ασφάλεια (αξιοπιστία) της προσφοράς και ταυτόχρονα να ικανοποιεί τους περιορισμούς και τις απαιτήσεις κινητικότητας του χρήστη. Για την επίτευξη των στόχων αυτών με ασφαλή, αξιόπιστο, βιώσιμο και αποτελεσματικό τρόπο, πρέπει να ανταλλάσσονται πληροφορίες μεταξύ των διαφόρων φορέων. Για αυτό το λόγο, απαιτείται η ένταξη των EV να υλοποιηθεί με κάποιο από τα συστήματα που περιγράφονται παρακάτω:

- Σχηματισμοί στόλων από EV προς ενοικίαση σε διάφορες μεγάλες πόλεις της Ελλάδος. Η επαναφόρτιση των οχημάτων πραγματοποιείται σε συγκεκριμένους χώρους στάθμευσης. Έτσι, ο διαχειριστής του στόλου (aggregator), μπορεί να λαμβάνει συνεχώς δεδομένα από τα κέντρα ελέγχου ενέργειας, σχετικά με τις τιμές του φορτίου, του συστήματος, και τα επίπεδα της ισχύος που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές (ΑΠΕ). Με αυτό τον τρόπο, είναι εφικτή η συνεχής παρέμβαση από τον aggregator στα επίπεδα της ισχύος που απορροφούν τα επαναφορτιζόμενα οχήματα από το σύστημα.
- Εγκατάσταση σταθμών επαναφόρτισης EV, μέσω αντικατάστασης άδειων συσσωρευτών με φορτισμένους (battery swapping stations). Οι σταθμοί αυτοί, διαθέτουν έναν μεγάλο όγκο μπαταριών, τις οποίες αναλαμβάνουν να επαναφορτίζουν έτσι ώστε να είναι σε θέση να εξυπηρετούν τα οχήματα κατά τη διέλευσή τους από το σταθμό. Επομένως, είναι εφικτό να ρυθμίζουν τις χρονικές περιόδους φόρτισης των συσσωρευτών, μεταβάλλοντας έτσι την ισχύ που απορροφούν από το δίκτυο ή εγχέουν σε αυτό.

Ειδικά για την δεύτερη περίπτωση θα κάνουμε μια μικρή αναφορά διότι η περίπτωση αυτή αγγίζει και τον μετασχηματισμό των πρατηρίων υγρών καυσίμων που θέλουμε να μετασχηματίσουμε σε σταθμούς φόρτισης EV. Έτσι λοιπόν ο κάτοχος του EV δεν θα πληρώνεται τότε με βάση την ενέργεια που παρέχει αλλά θα του παρέχεται δωρεάν αντικατάσταση φορτισμένου συσσωρευτή και πολύ φτηνή φόρτιση για μελλοντική χρήση. Αυτό το μοντέλο έχει το πλεονέκτημα ότι ο κάτοχος του EV δεν έχει πλέον να ανησυχεί για τη φθορά που υφίσταται ο συσσωρευτής και επομένως για τη συντήρηση του όπως προαναφέραμε. Μιλάμε δηλαδή για ενσωμάτωση αντικειμένου των εταιριών που δραστηριοποιούνται στο λεγόμενο σύστημα ανταλλασσόμενου συσσωρευτή (swapping batteries system). Το σύστημα αυτό αντικαθιστά την έννοια της φόρτισης του αποφορτισμένου συσσωρευτή με την έννοια της αντικατάστασης του με έναν άλλον, πλήρως φορτισμένο. Το κάθε όχημα δεν διαθέτει το δικό του συσσωρευτή, αλλά κάποιον συσσωρευτή (γενικά ως άυλη κτήση), τον οποίο είναι ικανό με έναν αυτοματοποιημένο και γρήγορο τρόπο **διάρκειας λίγων λεπτών**, να αντικαταστήσει στους ειδικά διαμορφωμένους σταθμούς αλλαγής συσσωρευτών. Χώροι στα πρατήρια όπως το **Λιπαντήριο** που σήμερα δεν έχουν καμία χρήση θα μπορούσαν κάλλιστα να εγκατασταθούν οι αυτοματοποιημένες μηχανές που θα αλλάζουν τους συσσωρευτές στα EV. Επομένως οι εταιρίες αυτές θα διαθέτουν ένα μεγάλο stock συσσωρευτών που θα μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες στο δίκτυο, αποτελώντας ένα είδος **aggregator συσσωρευτών** και όχι EV, μοντέλο μάλιστα πιο ελαστικό, καθώς απαιτούνται πολύ λιγότερες υποδομές τηλεπικοινωνιών, λόγω της συγκέντρωσης όλης της διαθέσιμης ισχύος στον ίδιο χώρο Εικόνα 23.



Εικόνα 23. Επίδειξη του αυτοματοποιημένου συστήματος ανταλλαγής συσσωρευτών  
<http://www.betterplace.com> , <https://www.youtube.com/watch?v=DX1SB1355wc>

Τέλος, ένας aggregator αυτού του τύπου θα μπορούσε να συλλέγει αυτούς τους χρησιμοποιημένους συσσωρευτές προσφέροντας τους μία δεύτερη ζωή (second life batteries) με σκοπό να παρέχει υπηρεσίες στο δίκτυο, όπως κατά την περίπτωση του V2G. Τότε μιλάμε βέβαια για B2G (Battery to Grid). Το συγκριτικό πλεονέκτημα μίας τέτοιας μορφής aggregator με τον κλασικό V2G aggregator είναι η συγκέντρωση όλης της διαθέσιμης ισχύος σε ένα χώρο, αλλά και η απουσία περιορισμών, που έχουν να κάνουν με τις απαιτήσεις των οδηγών για ελάχιστη φόρτιση ή προγραμματισμένα ταξίδια. Βέβαια, η αποδοτικότητα και οι δυνατότητες ενός συσσωρευτή σε αυτήν την περίπτωση είναι σαφώς μειωμένες εν σχέση με έναν καινούργιο, γεγονός που περιορίζει και την οικονομική βιωσιμότητα ενός τέτοιου εγχειρήματος.

Με βάση όλα τα παραπάνω το μέλλον στις μεταφορές αναμένεται συναρπαστικό και ταυτόχρονα πολύ γρήγορα εξελισσόμενο. Οι εταιρίες που σήμερα διαχειρίζονται πρατήρια υγρών καυσίμων χρειάζεται, λόγω μετασχηματισμού του στόλου των οχημάτων που κυκλοφορούν, να προσαρμόζονται και να εξυπηρετούν όλα τα νέα μοντέλα οχημάτων. Η μετάβαση από τη διαχείριση πρατηρίων υγρών καυσίμων σε aggregators που θα ανταλλάσσουν συσσωρευτές και θα διαχειρίζονται στόλους EV για ελεγχόμενη φόρτιση και αποφόρτιση φαίνεται ότι είναι το μέλλον, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα κρίσιμες υποδομές που σήμερα υφίστανται. Συμπερασματικά πρέπει οι εταιρίες που αρχίζουν να δραστηριοποιούνται στην ηλεκτροφόρτιση πρέπει να συμπεριλάβουν στον σχεδιασμό τους φορτιστές που θα μπορούν εκτός από την γρήγορη φόρτιση να προβλέπεται και η τεχνολογία V2G για να μπορεί στο μέλλον να εφαρμοστεί.

# Κεφάλαιο 5 – Παρουσίαση της τεχνολογίας V2G

## 5.1 Τα EV ως μονάδες αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας

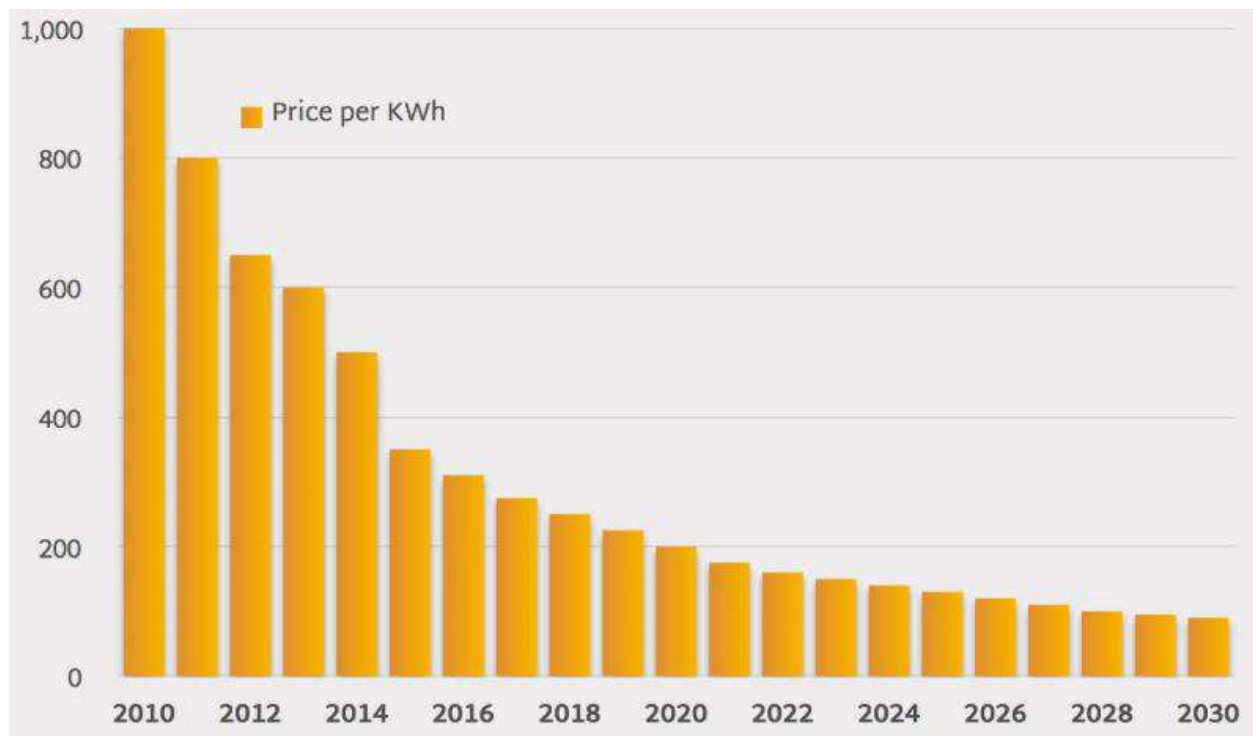
Τα EV, όταν είναι σταθμευμένα, και συνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο, απορροφούν ενέργεια και την αποθηκεύουν στους συσσωρευτές τους. Αυτό τα καθιστά ικανά, να παρέχουν ενέργεια πίσω στο δίκτυο με την βοήθεια των ηλεκτρονικών ισχύος, όποτε αυτό είναι αναγκαίο, σύμφωνα με το **Vehicle to Grid (V2G)**. Έτσι, είναι εφικτή η παροχή σημαντικών διευκολύνσεων προς το δίκτυο από τα οχήματα, όπως, κάλυψη αιχμών φορτίου ζήτησης, καθώς και αναγκών σε στρεφόμενη εφεδρεία. Για την επίτευξη των παραπάνω λειτουργιών, κάθε όχημα θα πρέπει να περιλαμβάνει κατάλληλο εξοπλισμό, όπως κατάλληλη διάταξη ηλεκτρονικών ισχύος για σύνδεση με το δίκτυο, η οποία να επιτρέπει έλεγχο του επιπέδου της ισχύος που ανταλλάσσει το όχημα με το δίκτυο. Κατά συνέπεια, η ύπαρξη διάταξης που κάνει μέτρηση και εκτίμηση της ισχύος που απορροφά ή παρέχει το όχημα είναι αναγκαία. Αναγκαία είναι επίσης, διάταξη που επιτρέπει αμφίδρομη επικοινωνία με διαχειριστή τμήματος ή ολόκληρου του στόλου των EV (aggregator), ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση ενός μεγάλου αριθμού επαναφορτιζόμενων οχημάτων.

Όσον αφορά στην παροχή βοηθητικών υπηρεσιών στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, τα EV που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο, είναι πιθανότατα σε θέση να παρέχουν επιπλέον ισχύ, σε χρονικές περιόδους αιχμής φορτίου ζήτησης από το σύστημα, επιτυγχάνοντας έτσι μετακίνηση φορτίου, είτε εξασφαλίζοντας απαραίτητα αποθέματα εφεδρείας και σταθεροποίηση του συστήματος, ειδικά σε περιπτώσεις νησιωτικών συστημάτων. Για να αξιολογηθούν με ακρίβεια οι επιπτώσεις του «επιπλέον φορτίου» που εισάγουν τα EV ως **μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας**, αρκετά σενάρια ανάπτυξης θα πρέπει να μελετηθούν, λαμβάνοντας υπ' όψιν μια σειρά από παραμέτρους, όπως τον τύπο των οχημάτων (στόλο ενοικίασης ή ιδιόκτητα οχήματα), την τεχνολογία που χρησιμοποιείται (ηλεκτρικά, υβριδικά ή κυψελών καυσίμου), τη χρήση των κατόχων, τις κυκλοφοριακές συνήθειες, τα σημεία στα οποία σταθμεύουν τα οχήματα και συνδέονται στο δίκτυο, και τον τύπο της σύνδεσης μεταξύ οχήματος και δικτύου (μονοφασικός ή τριφασικός αγωγός φόρτισης, και μέγιστο επιτρεπτό ρεύμα καλωδίου) καθώς και την αρχιτεκτονική του δικτύου.

Με τη διείσδυση των EV στο διασυνδεδεμένο σύστημα, η κατανάλωση ηλεκτρισμού αναμένεται να αυξηθεί κατά τη διάρκεια των περιόδων φόρτισης. Κατά συνέπεια, οι ροές φορτίου, οι απώλειες στις γραμμές μεταφοράς, καθώς και οι προκαλούμενες πτώσεις τάσης θα μεταβληθούν. Επιπλέον, η ικανότητα των EV να παρέχουν ενέργεια στο σύστημα, λειτουργώντας δηλαδή ως καταναλωτές που ενίοτε λειτουργούν ως «παραγωγοί» ηλεκτρικής ισχύος, πρόκειται να επηρεάσει τις ροές φορτίου στο δίκτυο. Ο συνδυασμός όλων αυτών των μεταβολών, ίσως εγείρει την απαίτηση για κατάλληλες ενισχύσεις στις υποδομές του δικτύου σε ορισμένες περιοχές, κάτι που θα είχε σημαντικό κόστος όπως έχουμε προαναφέρει. Ωστόσο, κάτι τέτοιο θα μπορούσε να αποφευχθεί με την υιοθέτηση κατάλληλων στρατηγικών προγραμματισμού φόρτισης.

Ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη που πρόκειται να επιφέρει η ενσωμάτωση των EV, είναι ότι ο χώρος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που λειτουργούν σύμφωνα με μη προβλεπόμενο σύστημα και που μπορεί με ασφάλεια να ενσωματωθεί στο σύστημα ηλεκτρικής ισχύος θα μπορούσε να αυξηθεί, εφόσον αξιοποιηθεί η ικανότητα αποθήκευσης που παρέχουν τα EV λόγω των συσσωρευτών τους. Αυτό όμως για να γίνει χρειάζεται τα EV να φτάσουν έναν κρίσιμο αριθμό ώστε η παρουσία τους τόσο στη φόρτιση όσο και στην εκφόρτιση τους στο δίκτυο να είναι επαρκής. Με δεδομένο ότι δεν μπορούμε να ελέγξουμε την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ, καθώς η παραγωγή ενέργειας εξασφαλίζεται, μόνο όταν η πρωταρχική «καθαρή» πηγή ενέργειας (ήλιος, άνεμος) είναι διαθέσιμη, η ικανότητα του ηλεκτρικού οχήματος να αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια, την οποία πιθανώς να διοχετεύσει αργότερα στο σύστημα, θα εμποδίσει την απόρριψη καθαρής παραγόμενης ενέργειας, που ειδάλλως δεν θα μπορούσε να απορροφήσει το σύστημα. Παράλληλα, θα αποτρέπει και εισαγωγές ηλεκτρικού ρεύματος όταν οι ΑΠΕ δεν μπορούν να παράγουν. Έτσι, η εκτεταμένη χρήση των EV θα μπορούσε να συμβάλλει στην ελάττωση της χρήσης των συμβατικών ορυκτών καυσίμων για την ηλεκτροπαραγωγή, και θα περιορίσει την ανάγκη για αντιοικονομικές γεννήτριες κατά τις ώρες αιχμής φορτίου. Αυτό, θα συντελούσε στην ταυτόχρονη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού.

Βέβαια η λειτουργία αυτή έχει νόημα και από την πλευρά των EV μόνο όταν οι μπαταρίες τους αξιοποιούνται έναντι αντιτίμου για την καταπόνησή τους. Το γεγονός αυτό ίσως εγείρει ερωτήματα σχετικά με το πόσο συμφέρουσα μπορεί να είναι αυτή η λύση, λόγω του σχετικά μεγάλου κόστους κτήσης των μπαταριών των EV. Στην πραγματικότητα όμως αυτό το ζήτημα δε θα έπρεπε να αποτελέσει εμπόδιο καθώς το κόστος κτήσης των μπαταριών των οχημάτων διαρκώς μειώνεται και σύμφωνα με προβλέψεις σε λίγα χρόνια θα είναι σημαντικά μικρότερο ( Εικόνα 24).

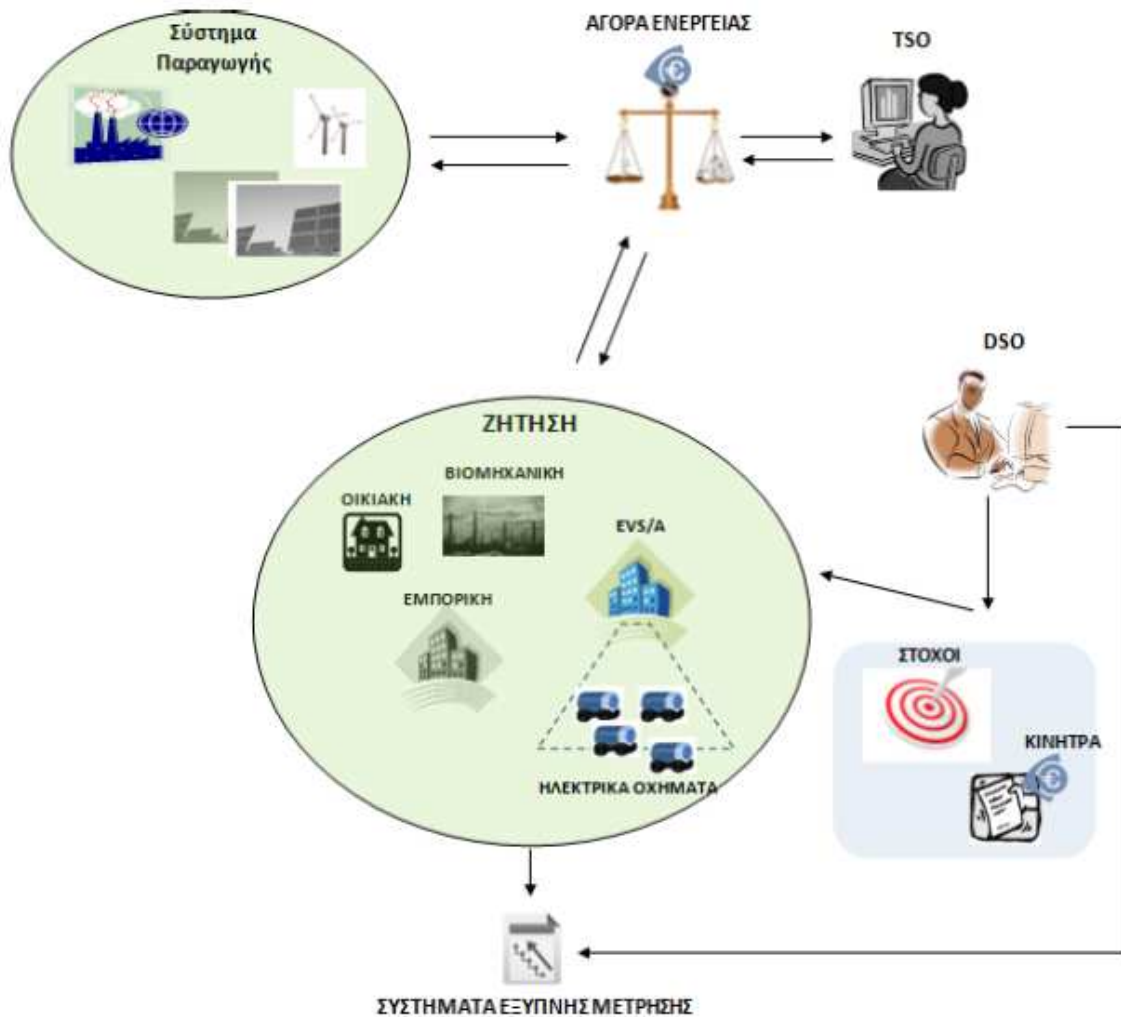


Εικόνα 24. Προβλέψεις για το κόστος κτήσης μπαταριών EV

<https://www.helgilibrary.com/charts/how-much-might-battery-for-electric-vehicle-fall/>

Επομένως, το σύνολο όλων αυτών των παραμέτρων και περιορισμών που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ομαλή συνεργασία των οχημάτων με το δίκτυο καθιστά εμφανή την ανάγκη ενός μεσολαβητή μεταξύ των δύο αυτών μερών, ή αλλιώς διαχειριστή EV (electric vehicle aggregator) ( Εικόνα 25). **Ρόλος του διαχειριστή EV είναι να γνωρίζει τις ανάγκες τόσο του διαχειριστή του δικτύου διανομής όσο και τις απαιτήσεις των οχημάτων ώστε να ορίσει την ενέργεια που τα οχήματα θα πρέπει να καταναλώσουν ή να επιστρέψουν κάθε ώρα της ημέρας για το δίκτυο.** Ένας διαχειριστής EV μπορεί να έχει υπό τον έλεγχό του όλα ή μέρος των EV, σε περίπτωση που υπάρχουν στο δίκτυο EV που ελέγχονται από άλλον διαχειριστή.





Εικόνα 25. Συντονισμένη λειτουργία DSO με διαχειριστές EV.

Ο διαχειριστής EV είναι υπεύθυνος για την προμήθεια της απαιτούμενης ισχύος από την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και για τη διαχείριση του φορτίου των EV. Επίσης, προβλέπει τη ζήτηση των EV και κλείνει τις αντίστοιχες συμφωνίες για την προμήθεια της στην «day-ahead» αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Την επόμενη ημέρα και σε πραγματικό χρόνο, ο διαχειριστής εξυπηρετεί την πραγματική ζήτηση των EV βάσει του συμφωνηθέντος προγραμματισμού. Ο DSO διαθέτει ένα σύστημα τηλεμέτρησης σε πραγματικό χρόνο για να ελέγχει τη λειτουργία του δικτύου. Για την αποδοτικότερη λειτουργία του δικτύου ο DSO δύναται να δώσει οικονομικά κίνητρα στον διαχειριστή έτσι ώστε η ζήτηση των EV να μην επιβαρύνει περαιτέρω το δίκτυο σε ώρες αυξημένης ζήτησης αλλά να κατανέμεται κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης.

## 5.2 Η ενσωμάτωση των ηλεκτρικών οχημάτων στο διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα φορτίζουν τις μπαταρίες τους, όταν συνδέονται στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι κάθε EV, όταν συνδέεται στο δίκτυο, συνιστά μια μικρή μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Το πλεονέκτημα, που μπορεί να επιφέρει η μαζική διείσδυση των EV είναι ότι μπορούν να παρέχουν σημαντικές βοηθητικές υπηρεσίες στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι ένα EV μπορεί να μεταβάλλει το ρεύμα που απορροφά από το δίκτυο κατά τη φόρτισή του, μέσω των ηλεκτρονικών ισχύος της διάταξης φόρτισής τους, με χρόνο απόκρισης μόλις μερικά msec. Μπορεί, επίσης, να παρέχει ενέργεια στο δίκτυο όποτε αυτό είναι αναγκαίο όπως εξηγήθηκε προηγουμένως. Συνοπτικά οι υπηρεσίες που μπορούν να παρέχουν τα EV στο δίκτυο είναι:

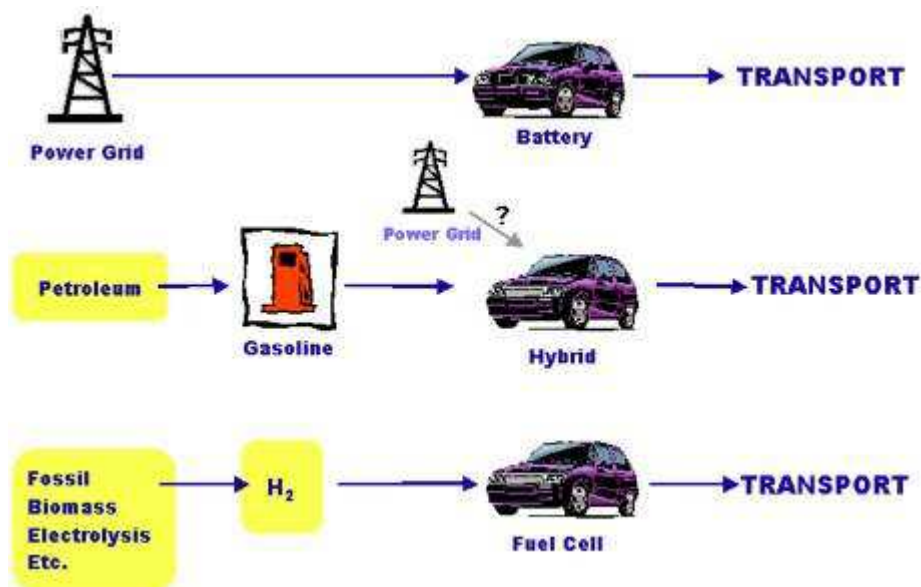
- Αποθήκευση ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές σε περιόδους που δεν μπορεί να απορροφηθεί πλήρως από το δίκτυο.

- Λειτουργία ως μονάδες παροχής στρεφόμενης πρωτογενούς εφεδρείας.
- Ρύθμιση τάσης μέσω λειτουργίας αντιστάθμισης αέργου ισχύος.
- Ρύθμιση φορτίου συχνότητας σε απότομες μεταβολές του φορτίου ή της Αιολικής Παραγωγής.

Με αυτόν τον τρόπο, το EV καθίσταται περισσότερο βιώσιμο οικονομικά, καθότι, επιτελεί λειτουργίες στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, που σε άλλη περίπτωση θα καταβαλλόταν μεγάλο κόστος για αυτές, όπως χρήση επιπλέον μονάδων για εφεδρεία, χρήση ακριβών μεθόδων για αποθήκευση ενέργειας στο δίκτυο, καθώς και χρήση στατών ή σύγχρονων πυκνωτών για αντιστάθμιση αέργου ισχύος. Κατά συνέπεια, μπορεί να αντισταθμιστεί το υψηλό κόστος αγοράς του ηλεκτρικού οχήματος, που οφείλεται στους συσσωρευτές του, μέσω αποζημίωσης του ιδιοκτήτη του οχήματος, για τις λειτουργίες που αυτό παρέχει στο δίκτυο.

### 5.3 Η ιδέα της V2G λειτουργίας

Σύμφωνα με την τεχνολογία αυτή, τα EV συμπεριφέρονται ως συσσωρευτές, που εκφορτίζονται κατά τη διάρκεια των μετακινήσεων, ανάλογα με τις ανάγκες και την οδηγική συμπεριφορά του χρήστη και φορτίζονται από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της στάθμευσής τους, ανάλογα πάλι με τις ανάγκες του χρήστη και την τιμολογιακή πολιτική, που επιθυμεί να ακολουθήσει. Τα EV ως παθητικά στοιχεία αποτελούν ένα νέο είδος φορτίου για τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία μπορεί να επιβαρυνθούν αισθητά με τη μελλοντική μεγάλη διείσδυση των EV, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά τον ενεργειακό και αναπτυξιακό προγραμματισμό τους.



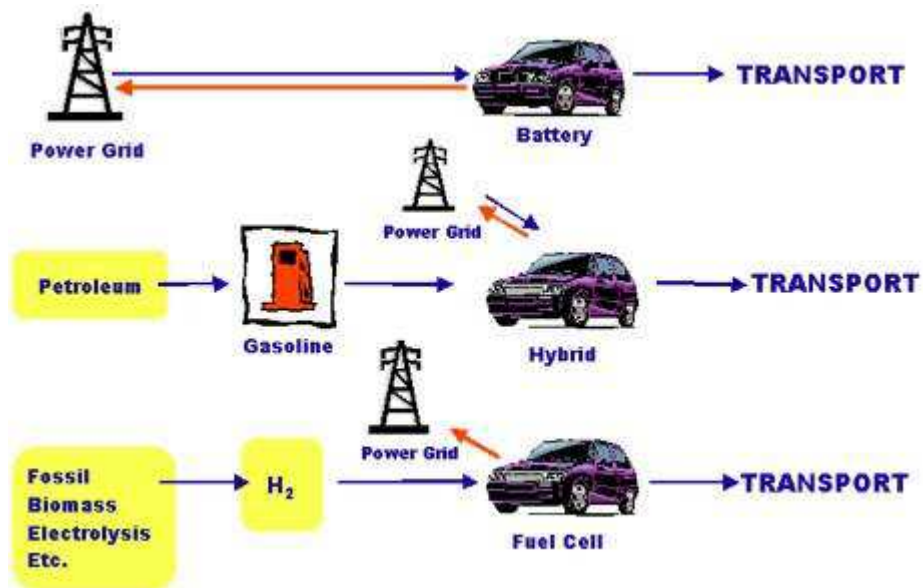
Εικόνα 26: Ροή ενέργειας κατά τη παραδοσιακή λειτουργία

<http://www.udel.edu/V2G/conventionalview.html>

Όμως κατά τη V2G διαδικασία γίνεται δυνατή η παροχή ενέργειας από την πλευρά των EV, όταν αυτά είναι σταθμευμένα, προς αυτήν του ηλεκτρικού δικτύου, **όταν αυτό το ζητήσει**. Ο όρος άλλωστε V2G προέρχεται από την αγγλική **ορολογία «Vehicle to Grid»**, που σημαίνει **«όχημα προς δίκτυο»** όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή. Τα EV μπορούν κατά αυτόν τον τρόπο να προσφέρουν πολύτιμες υπηρεσίες στο δίκτυο, συμμετέχοντας στις ανάλογες αγορές και δημιουργώντας έσοδα για τους ιδιοκτήτες τους [13].

Μάλιστα, αντίθετα με την κοινή αντίληψη, και με τις πλέον συντηρητικές εκτιμήσεις και με παραδοχή μεγάλου περιθωρίου λάθους, έχει υπολογιστεί [14] ότι στις ώρες αιχμής μόνο ένα ποσοστό της τάξης του 27% των οχημάτων βρίσκεται εν κινήσει κατά τη διάρκεια μιας τυπικής ημέρας, αφήνοντας έτσι ένα 83% του συνολικού στόλου διαθέσιμο να συμμετάσχει στην V2G λειτουργία. Αυτό είναι απόλυτα

λογικό γιατί το πρωί χιλιάδες εργαζόμενοι χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο τους να πάνε στην εργασία τους και για 8 ώρες παραμένει ακίνητο μέχρι το απόγευμα που θα ξαναγυρίσουν σπίτι τους.



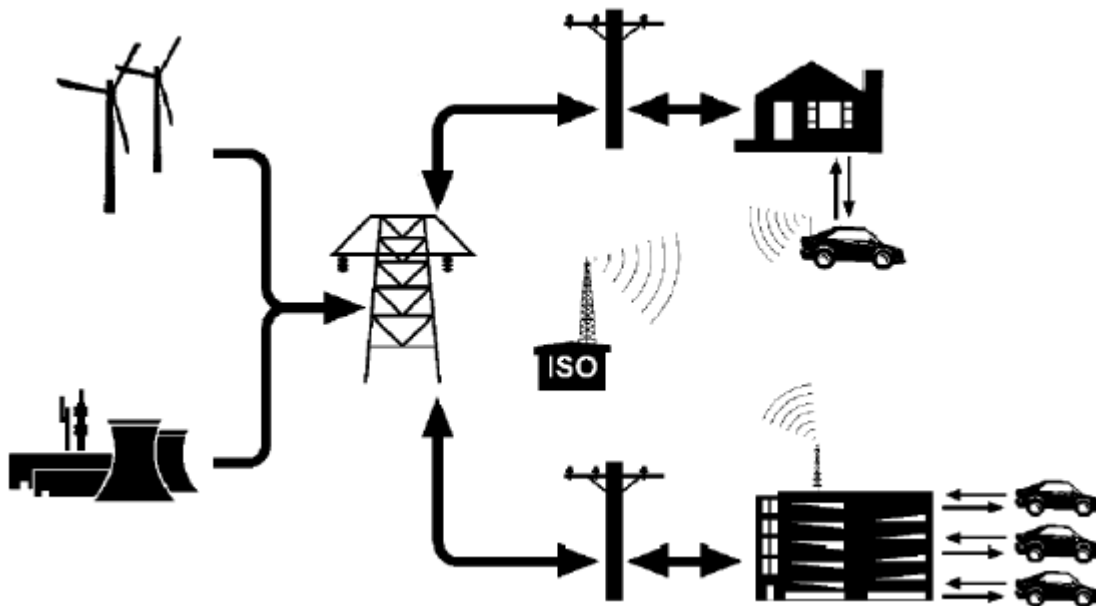
Εικόνα 27: Ροή ενέργειας κατά τη V2G λειτουργία  
<http://www.udel.edu/V2G/V2Gconcept.html>

Επομένως τα EV που παραμένουν στα γκαράζ για 8 ώρες μπορούν να συμμετέχουν στην αμφίδρομη ανταλλαγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

#### 5.4 Η εγκατάσταση της V2G λειτουργίας

Τα είδη των EV, που είναι ικανά να συμμετάσχουν στη V2G διαδικασία είναι αυτά, που πρώτα απ' όλα έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο, δηλαδή τα EV με συσσωρευτή (BEVs). Παρόλα αυτά, τα οχήματα που θα είναι εν τέλει ικανά να υποστηρίξουν τη V2G λειτουργία πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις [15]:

- I. να διαθέτουν κατάλληλη σύνδεση με το δίκτυο, που να επιτρέπει τη ροή ενέργειας από το όχημα στο δίκτυο,
- II. να μπορούν να δέχονται ένα σήμα ελέγχου από το δίκτυο και να είναι σε θέση
- III. να ανταποκρίνονται σε αυτό σε πραγματικό χρόνο
- IV. να διαθέτουν ένα ψηφιακό μετρητικό σύστημα, ικανό για ακριβείς μετρήσεις



Εικόνα 28: Σχηματική απεικόνιση της ροής ισχύος και των ασυρμάτων συνδέσεων επικοινωνίας μεταξύ των οχημάτων και του δικτύου κατά τη V2G λειτουργία [22]

Όσον αφορά στην πρώτη προϋπόθεση, έχει δειχθεί ότι στα οχήματα που είναι ικανά να φορτίζονται με AC φόρτιση επαφής και άρα φέρουν ήδη ενσωματωμένο (onboard) φορτιστή.

Η δεύτερη και η τρίτη προϋπόθεση που τίθενται, γίνονται κατανοητές εάν αναλογιστούμε ότι η ενέργεια από το όχημα έχει έσοδα μεγαλύτερα του κόστους για την παραγωγή της, μόνο όταν ο αγοραστής μπορεί να καθορίσει την ακριβή ώρα της ανταλλαγής. Το σήμα ελέγχου, θα μπορούσε να είναι ένα σήμα που εκπέμπεται σε ραδιοσυχνότητες, ή που μεταφέρεται μέσω ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας, μέσω απευθείας σύνδεσης στο ίντερνετ. Καθώς η αυτοκινητοβιομηχανία εξελίσσεται, οι πραγματικού χρόνου τηλεπικοινωνίες (5G στην κινητή τηλεφωνία) καθίστανται μέρος του οχήματος. Ταυτόχρονα τα EV ενδεχομένως να αποκτήσουν IP και ID και να συνδέονται στο IoT. Το σενάριο αυτό είναι κοντά στην πραγματικότητα. Αυτό ήδη συμβαίνει σε οχήματα πολυτελείας και αναμένεται σύντομα να αποτελεί πραγματικότητα και για κάθε μοντέλο νέου οχήματος, οπότε η διεϊσδυση της λεγόμενης τηλεματικής είναι κάτι που συμβαίνει ανεξάρτητα από το EV.

Η τελευταία προϋπόθεση απαιτεί ένα εξελιγμένο σύστημα μέτρησης, που να είναι σε θέση να μετράει πόση ακριβώς ενέργεια παρείχε το εκάστοτε όχημα στο δίκτυο και σε ποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Σε περίπτωση που το EV πουλάει στο δίκτυο υπηρεσίες από διαφορετικές θέσεις, πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ειδικό ενσωματωμένο μετρητή (έξυπνο μετρητή), διάφορο από το γενικό μετρητή ώστε να μπορούν να καθοριστούν οι υπηρεσίες που προσφέρθηκαν και η ισχύς που απορροφήθηκε από κάθε ξεχωριστή θέση φόρτισης.

Τέλος, θα πρέπει ο οδηγός να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την κατάσταση φόρτισης (State Of Charge/SOC) του συσσωρευτή του, έχοντας τη δυνατότητα να ορίσει το μέγιστο δυνατό βάθος εκφόρτισης, ώστε να μπορεί να καλύψει τις βασικές ανάγκες μεταφοράς του. Στις εικόνες 29 και 30 φαίνεται μια τέτοια εφαρμογή μέσω internet, που έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία **AC Propulsion Inc.** Η AC Propulsion είναι μια εταιρεία San Dimas, Καλιφόρνια, ΗΠΑ που ιδρύθηκε το 1992 από τους Alan Cocconi, Wally Rippe και Paul Carosa, η οποία ειδικεύεται σε συστήματα μετάδοσης κίνησης με εναλλασσόμενο ρεύμα για ηλεκτρικά οχήματα.

Ο οδηγός εισέρχεται στην πρώτη σελίδα με ένα όνομα χρήστη και έναν κωδικό. Η σελίδα αυτή καταγράφει την κατάσταση του οχήματος και πιο συγκεκριμένα εάν η V2G λειτουργία είναι ενεργή ή όχι, την κατάσταση φόρτισης του συσσωρευτή (SOC) καθώς επίσης και τον υπολογισμό του μηνιαίου κέρδους του οχήματος από τη συμμετοχή του στη V2G λειτουργία. Η εφαρμογή επιτρέπει τη διαχείριση των προσωπικών παραμέτρων του προφίλ του οδηγού, όπως είναι ο τύπος του οχήματος και οι

βασικές ώρες σύνδεσης του στο δίκτυο. Ο οδηγός μπορεί επίσης να καθορίσει την ακριβή διάρκεια της κάθε περιόδου σύνδεσης, το χώρο στον οποίο είναι σταθμευμένο το όχημα (οικία ή χώρος εργασίας) και την ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φόρτισης του συσσωρευτή για κάθε χρονική περίοδο.

The screenshot shows a web browser window titled "MyV2G home". The page features the AC Propulsion logo and the heading "MyV2G Home Page for". Below this, there is a section for "Username" with a link to "edit user profile". A "Date and Time" section includes a "Refresh this page" link. The "Vehicle Status" section shows: V2G Active, Location: Home, Battery State of Charge: 88%, and V2G Value, month to date: \$142.36. A "Get History" button is present. Two tables of "Vehicle Usage Exceptions" are shown: one for "away from grid" and one for "connected to grid".

**Vehicle Usage Exceptions - away from grid** [\[create new away item\]](#)

Start date	Time	End date	Time	Required Start SOC		
12-12-01	9:00 pm	12-13-01	11:00 am	70%	<a href="#">[edit]</a>	<a href="#">[delete]</a>
12-17-01	11:50 am	12-17-01	2:00 pm	60%	<a href="#">[edit]</a>	<a href="#">[delete]</a>

**Vehicle Usage Exceptions - connected to grid** [\[create new connected item\]](#)

Start date	Time	End date	Time	Location	Required end SOC		
12-23-01	9:00 am	12-28-01	11:00 am	LAX	70%	<a href="#">[edit]</a>	<a href="#">[delete]</a>
1-11-02	2:50 pm	1-13-01	7:00 pm	LAX	90%	<a href="#">[edit]</a>	<a href="#">[delete]</a>

(go to [edit user profile](#) to see or change default usage profile)

©2001 AC Propulsion Inc., All rights reserved.

Εικόνα 29. Κεντρική σελίδα χρήστη V2G[16]

[https://en.wikipedia.org/wiki/AC\\_Propulsion](https://en.wikipedia.org/wiki/AC_Propulsion)

Στην Εικόνα 29 βλέπουμε μια εφαρμογή για το EV Nissan Leaf, όπου εκμεταλλεύεται την τεχνολογική πρόοδο στον τομέα των smart phones και επιτρέπει στον οδηγό να βλέπει κάθε στιγμή τα επίπεδα του ή την ώρα που προβλέπεται να τελειώσει η φόρτιση. Η τεχνολογία αυτή θα μπορεί στο μέλλον να χρησιμοποιηθεί και για τη V2G λειτουργία.

CARWINGS®  
**IT'S YOUR CAR CALLING**

Stay connected to your Nissan LEAF® with an active CARWINGS® [\*] subscription. Use the app to:

- Check on your battery charge
- Begin charging
- See estimated driving range
- Activate the climate control systems

Don't own a Nissan LEAF® yet? Download the free demo to see what the Nissan LEAF® smartphone app can do for you.

Download for:

IPHONE    ANDROID    BLACKBERRY

**BUILD & PRICE**



Εικόνα 30. Εφαρμογή για smart phones, που ενημερώνει τον ιδιοκτήτη ηλεκτρικού οχήματος “Nissan Leaf” για τις σημαντικότερες παραμέτρους του οχήματός του [17]

## 5.5 Πιθανά επιχειρηματικά μοντέλα

Αφού περιγράψαμε προηγουμένως τις αγορές, στις οποίες θα μπορούσε να ευδοκιμήσει η V2G λειτουργία μένει τώρα να απαντηθεί:

- ποιες μορφές μπορεί να έχουν οι επιχειρήσεις εκείνες, που θα εκμεταλλεύονται και θα αξιοποιούν τη V2G λειτουργία, και
- ποιος θα είναι ο τρόπος, που θα εξασφαλίζουν την κερδοφορία τους αλλά και τι έξοδα θα καλούνται να πληρώνουν.

### Χρήσιμοι ορισμοί:

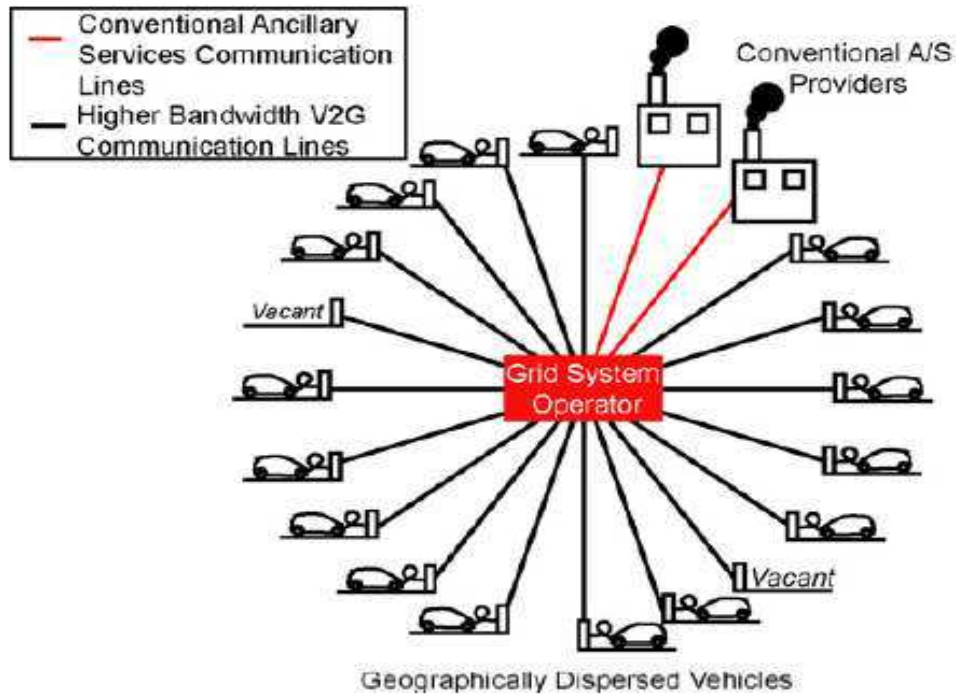
**Ο ιδιοκτήτης του οχήματος:** Θεωρείται πάντοτε τελικός καταναλωτής ενέργειας και ποτέ παραγωγός, ακόμα και αν συμμετέχει στη V2G λειτουργία και στέλνει ενέργεια πίσω στο δίκτυο. Αυτό θα γίνει πιο σαφές όταν εισάγουμε την έννοια του **συναθροιστή (aggregator)** τον οποίο ορίζουμε ως το κεντρικό διαχειριστή ενός στόλου EV (Aggregator) με σκοπό να προγραμματίσει βέλτιστα την παροχή ενέργειας και επικουρικών υπηρεσιών.

**Ο ιδιοκτήτης του συσσωρευτή:** Επειδή για το υψηλό κόστος των EV ευθύνεται κατά κύριο λόγο ο συσσωρευτής, έχει προταθεί να διαχωριστεί το κόστος ενός EV από αυτό του συσσωρευτή, με σκοπό η αγορά ενός ηλεκτρικού οχήματος να γίνει πιο ελκυστική στο καταναλωτικό κοινό. Η ιδιοκτησία, η εγγύηση και ο έλεγχος της λειτουργίας του συσσωρευτή μπορεί να είναι το αντικείμενο μίας ξεχωριστής επιχείρησης, ασχολούμενης μόνο με αυτόν τον τομέα. Τέλος, ο ιδιοκτήτης του συσσωρευτή μπορεί να είναι και ο ίδιος ο ιδιοκτήτης του οχήματος, όπως συμβαίνει μέχρι στιγμής.

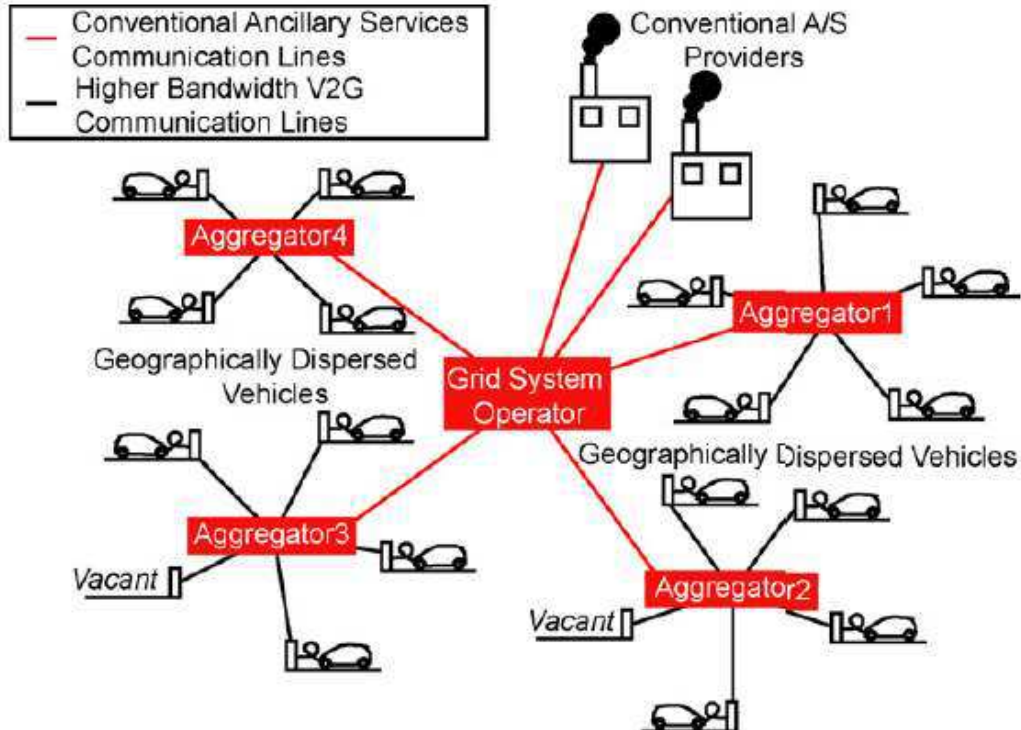
**Ο ιδιοκτήτης της υποδομής φόρτισης:** Μπορεί να είναι ένας οικιακός καταναλωτής ρεύματος, που αγοράζει κάποια υποδομή φόρτισης για το EV, μπορεί να είναι μια οποιαδήποτε επιχείρηση, που θέλει να δώσει στους εργαζομένους της ή/και στους πελάτες της τη δυνατότητα να συνδέουν το όχημα τους στο δίκτυο, ή μπορεί η υποδομή αυτή να βρίσκεται σε κάποιο σταθμό φόρτισης (το ανάλογο του βενζινάδικου για τα EV χωρίς να αποκλείουμε να είναι μια υπηρεσία του σημερινού βενζινάδικου εφοδιασμένο με κατάλληλες υποδομές). Εάν βρίσκεται σε δημόσιο χώρο και με δημόσια πρόσβαση, τότε υπάγεται στη διαδικασία της διανομής με το διαχειριστή του συστήματος (Distribution System Operator/DSO) να είναι ο ιδιοκτήτης.

**Ο διαχειριστής/συναθροιστής – πάροχος των ηλεκτρικών οχημάτων (Electric Vehicle Supplier-Aggregator/EVS-A):** Πρόκειται για τον παράγοντα κλειδί για την υιοθέτηση της V2G λειτουργίας και η λειτουργία του είναι διπλή. Από τη μία, είναι ο προμηθευτής, ο οποίος πουλά ηλεκτρική ενέργεια στον ιδιοκτήτη του οχήματος, μέσω ενός συμβολαίου, το οποίο θα ισχύει για πολλά πιθανά σημεία φόρτισης. Η καινοτομία, όσον αφορά αυτή τη μορφή συμβολαίου, είναι ότι δεν περιορίζονται τοπικά αλλά αντίθετα, ικανοποιούν την επιθυμία των ιδιοκτητών EV να μπορούν να φορτίζουν τους συσσωρευτές τους σε διαφορετικούς σταθμούς φόρτισης, παραμένοντας όμως στον ίδιο προμηθευτή και έχοντας τις ίδιες χρεώσεις. Ο δεύτερος ρόλος ενός aggregator, που έχει και μεγαλύτερη σχέση με τη V2G λειτουργία, προέρχεται από την αδυναμία ενός μεμονωμένου EV να συμμετάσχει απευθείας στις χονδρικές αγορές ενέργειας και επικουρικών υπηρεσιών. Για παράδειγμα, στις περισσότερες αγορές, η

ελάχιστη ποσότητα ισχύος που μπορεί να προσφερθεί για ρύθμιση είναι το 1 MW. Γίνεται αντιληπτό, ότι ένα EV, του οποίου ο συσσωρευτής είναι της τάξης των μερικών kW, δεν θα μπορούσε ποτέ να προσφέρει αυτήν την ποσότητα. Αντίθετα, μία επιχείρηση, που θα έχει υπό την εποπτεία της ένα στόλο οχημάτων, θα μπορεί να λειτουργεί ως μεσάζοντας και να συμμετάσχει στις διάφορες αγορές, συναθροίζοντας τη διαθέσιμη ισχύ ολόκληρου του στόλου.



Εικόνα 31. Δομή χωρίς aggregator [18]



Εικόνα 32: Δομή του μοντέλου με ύπαρξη συναθροιστή (aggregator), με το μοντέλο ύπαρξης πολλών διαφορετικών [18]

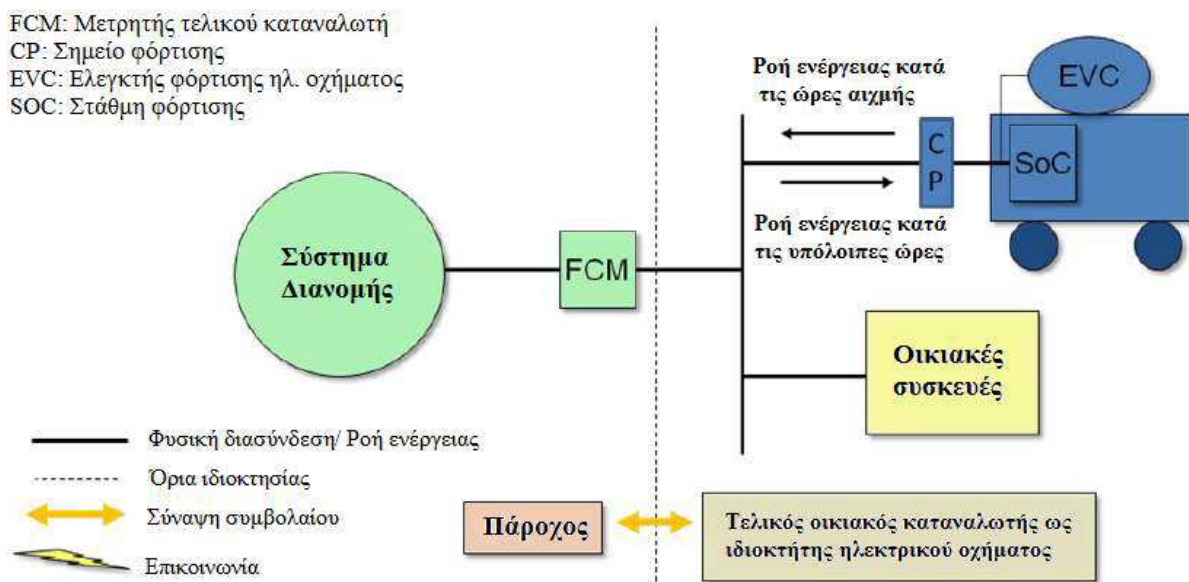
**Ο πάροχος υπηρεσιών τεχνολογιών πληροφορικής (Information Technology/IT service provider):** Όπως είδαμε προηγουμένως, κατά την υιοθέτηση της V2G λειτουργίας απαιτείται η διακίνηση ενός

μεγάλου όγκου πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο και με μεγάλη ακρίβεια. Υπό αυτήν την έννοια, οι πάροχοι IT υπηρεσιών μπορούν να λειτουργήσουν ως σύνδεσμος μεταξύ των διαφόρων παραγόντων, όπως πχ μεταξύ του ιδιοκτήτη του οχήματος και του EVS-A, μεταξύ του EVS-A και του διαχειριστή του συστήματος, ή συνδέοντας όλους τους προαναφερθέντες παράγοντες με την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι λοιπόν πιθανό, εταιρίες με εμπειρία και τεχνογνωσία στον τομέα της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών να βρουν πρόσφορο έδαφος για την παροχή υπηρεσιών τηλεματικής ή τη συντήρηση των δικτύων επικοινωνίας κ.α.

## 5.6 V2G λειτουργία χωρίς την ύπαρξη aggregator

Το πιο απλό μοντέλο είναι αυτό, στο οποίο το κάθε όχημα αποτελεί έναν ανεξάρτητο λογαριασμό εικόνα 33, με την τοπική εταιρία διανομής ενέργειας. Θεωρούμε πως το όχημα διαθέτει τις απαιτούμενες τηλεματικές συνδέσεις ώστε να λαμβάνει σήματα κατευθείαν από τον TSO (Διαχειριστή του Συστήματος Μεταφοράς για την Ελλάδα είναι ο ΔΕΔΔΗΕ) που μπορεί να αφορούν στον προσδιορισμό της θέσης, στην εκτίμηση της ισχύος που μπορεί να παράσχει, αν είναι συνδεδεμένο σε κάποιο σταθμό φόρτισης ή όχι και να αποκρίνεται σε αυτά ταχύτατα. **Η επιχειρηματική αξιοποίηση του V2G οχήματος προϋποθέτει την ύπαρξη ενός αριθμού IP για κάθε όχημα ή κάποιου αντίστοιχου μοναδικού αναγνωριστικού και αντίστοιχα ενός ID για κάθε σταθμό φόρτισης όπως προαναφέραμε όπως και η σύνδεση του στο IoT.** Τέλος, θεωρούμε πως κάθε τέτοιο όχημα φέρει ενσωματωμένο μετρητή ώστε να καταγράφει τον χρόνο και τη ροή ισχύος.

Όσο το όχημα είναι σταθμευμένο και συνδεδεμένο σε κάποιο σταθμό, οικιακό, ιδιωτικό ή δημόσιο, έχει τη δυνατότητα να συμμετέχει στις διάφορες αγορές και να ανταποκρίνεται σε αυτές, όταν κάτι τέτοιο ζητείται από το διαχειριστή. Όταν το όχημα αποσυνδεθεί, ο ενσωματωμένος μετρητής καταγράφει το ποσό της ισχύος που απαιτήθηκε συνολικά από το δίκτυο. Κάθε κάποιο προσυμφωνημένο χρονικό διάστημα, η συνολική αξία των υπηρεσιών που προσέφερε το όχημα, θα αποδίδεται στον ιδιοκτήτη του. Αν και το μοντέλο αυτό είναι απλό στη σύλληψη του, έχει κάποιους εγγενείς περιορισμούς, που δεν θα του επιτρέψουν να εφαρμοσθεί σε μεγάλη κλίμακα. Μακροπρόθεσμα, ο διαχειριστής του δικτύου θα είναι υποχρεωμένος να επιβλέπει συνεχώς τη σύνδεση και την αποσύνδεση πάρα πολλών οχημάτων με μοναδικές απαιτήσεις το καθένα και να τα ανταμείβει ανάλογα, γεγονός που είναι προφανώς ένα δύσκολο έργο ελέγχου και επικοινωνιών.



Εικόνα 33:Λειτουργία V2H μια εκδοχή του V2G χωρίς την ύπαρξη aggregator [19]





Εικόνα 34: Ροή ενέργειας, πληροφοριών και χρημάτων κατά τη V2G λειτουργία με την ύπαρξη aggregator[19]

Τα κέρδη, που αποκομίζει ο aggregator από τη συμμετοχή του στις διάφορες αγορές, θα τα μοιράζει στους ιδιοκτήτες των οχημάτων αναλόγως της συμμετοχής τους σε αυτές, κρατώντας προφανώς ένα ποσοστό για τον εαυτό του. Μια πιο ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι όταν ο aggregator είναι και ιδιοκτήτης των συσσωρευτών των οχημάτων, που έχει υπό τον έλεγχο του. Ο κάτοχος του EV προτείνεται να μην πληρώνεται τότε με βάση την ενέργεια που παρέχει αλλά να του παρέχεται δωρεάν αντικατάσταση του συσσωρευτή και πολύ φτηνή φόρτιση. Αυτό το μοντέλο έχει το πλεονέκτημα πως ο κάτοχος του οχήματος δεν έχει πλέον να ανησυχεί για τη φθορά που υφίσταται ο συσσωρευτής και επομένως για τη συντήρησή του.

### 5.8 Πλεονεκτήματα της V2G λειτουργίας

Ο εξηλεκτρισμός των μεταφορών, όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα, εάν συγκριθεί με τη σημερινή κατάσταση χρήσης ορυκτών καυσίμων. Παρόλα αυτά, εκ πρώτης όψεως, φαίνεται ως μία μεγάλη πρόκληση για τα ηλεκτρικά δίκτυα, τα οποία θα κληθούν να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες χιλιάδων ή και εκατομμυρίων νέων φορτίων, τα οποία θα ζητούν ενέργεια σε καθημερινή βάση. Εάν όμως, καταστεί δυνατή η υιοθέτηση σε μεγάλη κλίμακα της V2G λειτουργίας, γίνεται φανερό ότι τα δίκτυα, όχι μόνο δεν θα βγουν ζημιωμένα από τη διείσδυση μεγάλου αριθμού EV, αλλά αντίθετα θα έχουν μία μεγάλη ευκαιρία να βελτιωθούν προς όφελος δικό τους αλλά και ολόκληρης της κοινωνίας. Παρακάτω αναλύουμε τους τρόπους αυτούς, που η V2G λειτουργία θα ωφελήσει τα ηλεκτρικά δίκτυα, τους καταναλωτές, είτε αυτοί οδηγούν ένα EV είτε όχι, αλλά και το περιβάλλον.

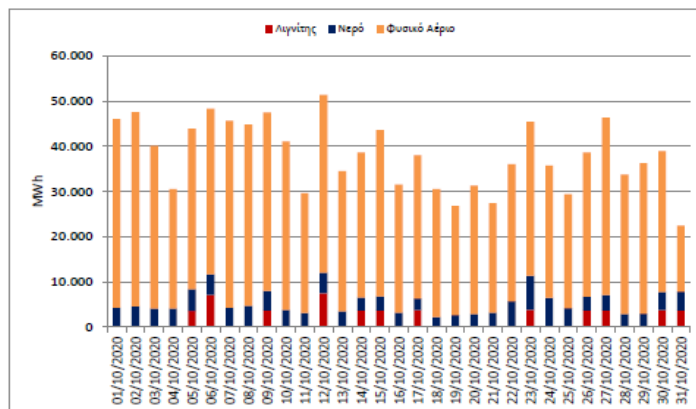
Συνοπτικά τα οφέλη της αμφίδρομης φόρτισης είναι:

- **Πρώτον**, η αμφίδρομη φόρτιση είναι ένας πολύ καλός τρόπος για τη διαχείριση τοπικά στιγμιαίων αυξήσεων στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αντί να χρειαστεί μια σημαντική επένδυση χρημάτων για την αντικατάσταση του ηλεκτρικού συστήματος για να προετοιμαστεί για τη διαχείριση βαρύτερων φορτίων, τα EV μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προσωρινά αποθέματα ενέργειας.
- **Δεύτερον**, το ηλεκτρικό δίκτυο και ο πλανήτης γη, επωφελούνται από το V2G, καθώς η τεχνολογία καθιστά δυνατή την αποθήκευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ενεργοποίησή της, ακριβώς όταν χρειάζεται. Επειδή η παραγωγή ηλιακής και αιολικής ενέργειας είναι εξαιρετικά απρόβλεπτη, χωρίς V2G, πολλές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα χαθούν.
- **Τρίτον**, εάν η περιβαλλοντική συνείδηση δεν είναι αρκετό κίνητρο για τους καταναλωτές, η συμμετοχή σε αμφίδρομη φόρτιση είναι πιθανό να γίνει μια οικονομικά αποδοτική μέθοδος φόρτισης EV. Συμφωνώντας να χρησιμοποιήσουν τα οχήματά τους ως ευέλικτα αποθέματα περιορισμού ενέργειας, οι καταναλωτές πιθανότατα θα μπορούν να απολαμβάνουν χαμηλότερες τιμές χρέωσης.

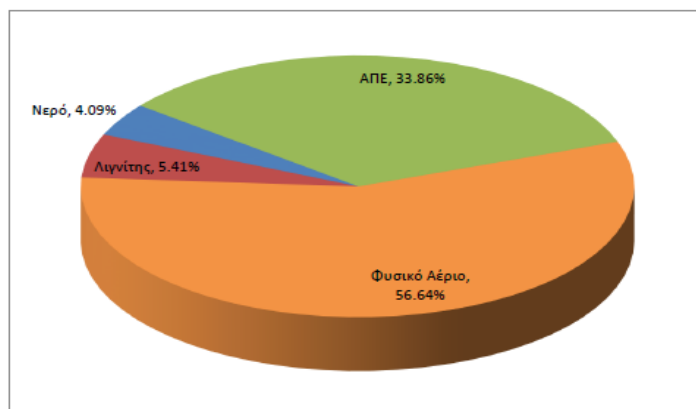
### 5.9 Μεγαλύτερη διείσδυση των ΑΠΕ με την τεχνολογία V2G

Η συγκεκριμένη παράγραφος είναι από τις βασικές ιδέες στο ξεκίνημα της εργασίας. Τα τελευταία χρόνια, γίνεται μια παγκόσμια προσπάθεια για την παραγωγή όσο το δυνατόν περισσότερης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα, που έχει η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ είναι ότι εμφανίζει απρόβλεπτες διακυμάνσεις όπως προαναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Η ισχύς εξόδου ενός φωτοβολταϊκού μπορεί από τη μία στιγμή στην άλλη να μηδενιστεί, επειδή πέρασε ένα σύννεφο, ή μια ανεμογεννήτρια μπορεί αντίστοιχα να σταματήσει να παράγει ενέργεια, εάν η ταχύτητα του ανέμου γίνει μικρότερη ή και μεγαλύτερη (για λόγους ασφαλείας) από συγκεκριμένες τιμές. Η ισχύς εξόδου λουπόν δεν μπορεί να προβλεφθεί με βεβαιότητα και να οριστεί ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του δικτύου, όπως συμβαίνει με τους συμβατικούς σταθμούς των ορυκτών καυσίμων. Για μικρά επίπεδα διείσδυσης, οι διακυμάνσεις αυτές μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με ήδη υπάρχοντες μηχανισμούς. Παρόλα αυτά, καθώς το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ξεπερνάει το άνω του 30% Εικόνα 35 (με στόχους

ακόμα μεγαλύτερους στο μέλλον), επιπλέον μηχανισμοί είναι απαραίτητοι για να εξισορροπηθεί η μεταβαλλόμενη παραγωγή με την επίσης μεταβαλλόμενη ζήτηση.



Γράφημα 15: Ημερήσια παραγωγή των μονάδων της ΔΕΗ ανά τύπο καυσίμου



Γράφημα 16: Ποσοστό (%) στο σύνολο της Μηνιαίας Παραγωγής ανά τύπο καυσίμου

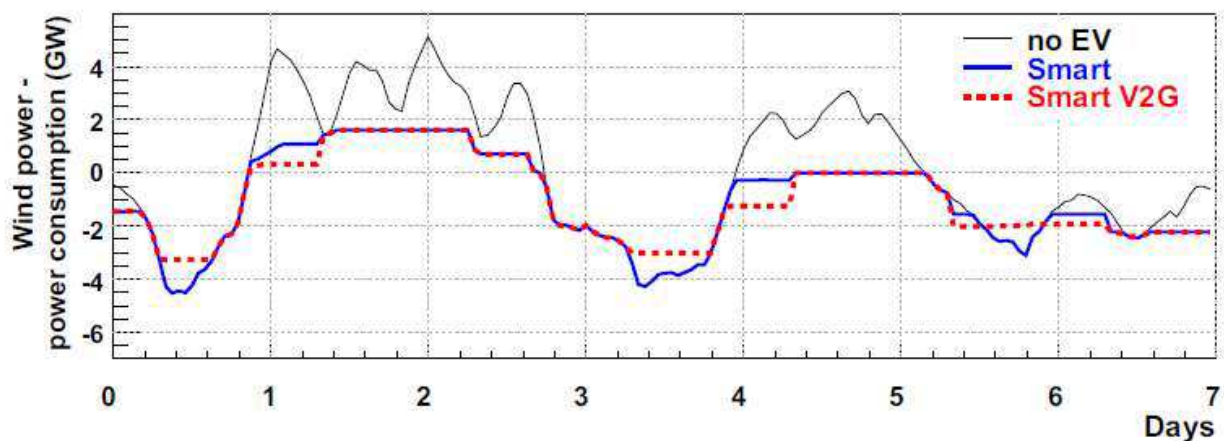
Εικόνα 35. Απόσπασμα από μηνιαίο δελτίο χρηματιστηρίου ενέργειας για τον Οκτώβριο 2020 που αναφέρεται στο μίγμα της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας

Η σημερινή κατάσταση όπως περιγράφεται από το μηνιαίο δελτίο του χρηματιστηρίου ενέργειας είναι εντελώς διαφορετική και οι μηχανισμοί εξισορρόπησης είναι απαραίτητοι. Δύο τέτοιοι μηχανισμοί, που θα μπορούσαν να λύσουν αυτόν τον περιορισμό των ΑΠΕ είναι προφανώς η ύπαρξη εφεδρειών και η ύπαρξη αποθηκευτικών διατάξεων ενέργειας. Η εφεδρεία αναφέρεται στην **ύπαρξη γεννητριών, που δεν παράγουν ενέργεια παρά μόνο όταν τους ζητηθεί** (πχ υδροηλεκτρικά, ή μονάδες φυσικού αερίου), δηλαδή εν προκειμένω, όταν η παραγωγή από ΑΠΕ δεν επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση. Αντίθετα, η **αποθήκευση**, αρχικά απορροφά το πλεόνασμα της ενέργειας, που παράγεται από ΑΠΕ και υπό κανονικές συνθήκες θα απορρίπτονταν, εφόσον η ζήτηση έχει ήδη καλυφθεί και μετέπειτα το επιστρέφει στο δίκτυο, για την κάλυψη μεταγενέστερου φορτίου. Και οι δύο αυτές λύσεις, όπως είναι φανερό, προσθέτουν επιπλέον κόστος κεφαλαίου για τα ηλεκτρικά δίκτυα στην ήδη ακριβή περίπτωση της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Όσον αφορά στην αποθήκευση ενέργειας, υπάρχει η επιλογή να κατασκευαστούν νέες μονάδες μεγάλης κλίμακας όπως τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, συστήματα πεπιεσμένου αέρα (Compressed Air Energy Storage/CAES) κ.α. ή να αναρωτηθούμε εάν υπάρχει ήδη στο ηλεκτρικό σύστημα κάποια μορφή αποθήκευσης, που όμως δεν χρησιμοποιείται. Η απάντηση είναι ότι με την υιοθέτηση της V2G λειτουργίας, μπορεί να υπάρξει και δεν είναι άλλη από το άθροισμα των συσσωρευτών των EV. Αυτή η λύση, μπορεί να γλιτώσει τα ηλεκτρικά δίκτυα από την επιπλέον επένδυση σε μεγάλης κλίμακας αποθηκευτικές διατάξεις, καθώς η διείσδυση των EV στην αγορά της αυτοκίνησης είναι ένα γεγονός, που αναμένεται να συμβεί ανεξάρτητα από τη βούληση και την ευθύνη των διαχειριστών του δικτύου.

Στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών η ισχύς που μπορεί να δώσει μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι αρκετά προβλέψιμη κατά τη διάρκεια μίας ημέρας. Η μεγαλύτερη δυνατή ισχύς παράγεται κατά το ηλιακό μεσημέρι, ενώ όταν βραδιάσει η παραγωγή είναι μηδενική. Αντίθετα, η αιχμή του φορτίου (της κατανάλωσης) είναι συνήθως αργά το απόγευμα. **Άρα μια απλή στρατηγική για την εκμετάλλευση της V2G λειτουργίας είναι ο προγραμματισμός της φόρτισης των οχημάτων κατά τις μεσημεριανές ώρες και η εκφόρτιση τους κατά τις απογευματινές.**

**Για την περίπτωση των αιολικών, η κατάσταση είναι πιο περίπλοκη.** Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, που καταδεικνύει τις δυνατότητες των EV να αποθηκεύουν αυτό το πλεόνασμα ενέργειας και να το αποδίδουν αργότερα είναι η περίπτωση της άπνοιας, που έχει γίνει αντικείμενο πολλών μελετών [19], λόγω της αυξημένης διείσδυσης αιολικών (περίπου το 50% της εγκατεστημένης ισχύος είναι αιολικά, ποσοστό που αναμένεται να αυξηθεί). Στην Εικόνα 36 βλέπουμε την παραγωγή των αιολικών μείον το φορτίο κατά τη διάρκεια μίας εβδομάδας. Η μαύρη γραμμή αναφέρεται στην υπάρχουσα κατάσταση, χωρίς διείσδυση EV δηλαδή, η μπλε γραμμή αναφέρεται στην διείσδυση 500.000 EV ικανά να φορτίζουν έξυπνα, ενώ το σενάριο της κόκκινης γραμμής υποθέτει V2G λειτουργία. **Παρατηρούμε ότι με V2G λειτουργία η διαφορά αιολικής παραγωγής και φορτίου είναι πιο κοντά στο μηδέν, από ότι με βάση τα άλλα σενάρια.** Άρα αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι με έναν στόλο 500.000 EV (σε σύνολο περίπου 6 εκατ οχημάτων στην Ελλάδα) μπορούμε μέσω των EV να παρέχουμε στο ηλεκτρικό δίκτυο πολύτιμες υπηρεσίες.



Εικόνα 36: Σύγκριση σεναρίων για την εξισορρόπηση αιολικής παραγωγής-φορτίου [20]

### 5.10 Περιορισμοί της V2G λειτουργίας

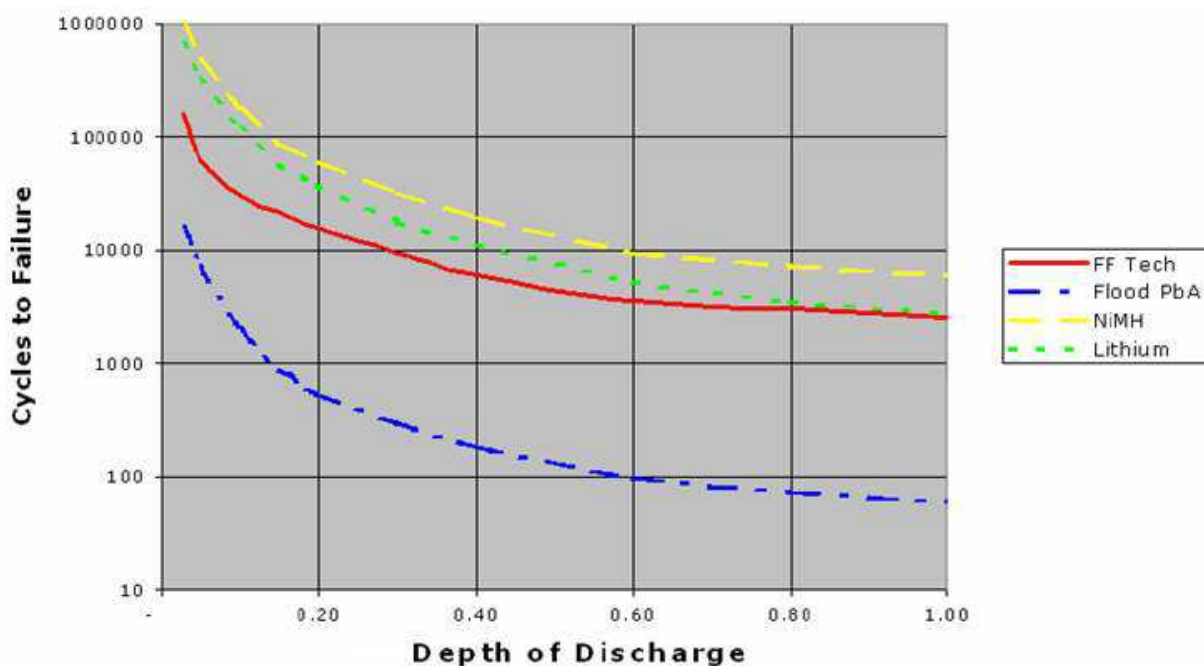
Αν και τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον και σημαντική ερευνητική δραστηριότητα γύρω από τη V2G λειτουργία, πρόκειται ακόμα για μια θεωρητική ιδέα, που θα αργήσουμε να δούμε να εφαρμόζεται στην πράξη σε μαζικό τουλάχιστον επίπεδο. Θεωρείται ότι για να φτάσουμε στην υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας πρέπει πρώτα να περάσουν 3 προηγούμενα στάδια όσον αφορά στη φόρτιση των EV όπως περιγράφεται στην παρακάτω Εικόνα 37.



Εικόνα 37: Τα διάφορα στάδια που μεσολαβούν πριν γίνει δυνατή η υιοθέτηση της V2G λειτουργίας [20]

- Το πρώτο στάδιο αναφέρεται στη μη ελεγχόμενη φόρτιση (dumb charging), όπου ο οδηγός συνδέει το όχημα του και το φορτίζει οποτεδήποτε αυτό είναι δυνατό μέχρι να γεμίσει εντελώς το συσσωρευτή του, αδιαφορώντας για τις συνέπειες.
- Το δεύτερο στάδιο προβλέπει ότι θα υπάρχει μια επιλεκτικότητα του οδηγού για την ώρα ή/και του ρυθμού της φόρτισης, ο οποίος θα θέλει να εκμεταλλευτεί μειωμένες χρεώσεις ενέργειας.
- Το τρίτο στάδιο είναι αυτό της ελεγχόμενης ή έξυπνης φόρτισης (controlled, smart charging).

Οι εξελιγμένες δυνατότητες επικοινωνίας και ελέγχου του EV από την πλευρά του δικτύου θα του επιτρέπουν να φορτίζεται το κάθε όχημα ανάλογα με τις ανάγκες και τους στόχους του (πχ τη μεγιστοποίηση της χρήσης ΑΠΕ) ικανοποιώντας παράλληλα τις οδηγικές απαιτήσεις του ιδιοκτήτη. Μετά την επιτυχή δοκιμασία όλων των παραπάνω σταδίων, θα έχει έρθει η ώρα για την υιοθέτηση της V2G λειτουργίας με την αμφίδρομη ροή ισχύος. Αυτό διότι, υπάρχουν πολλά θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν καταστεί δυνατή η εφαρμογή του V2G. Το βασικότερο πρόβλημα που θα αντιμετωπίσουμε είναι η αυξημένη φθορά στους συσσωρευτές των οχημάτων, που προκαλεί η V2G λειτουργία. **Εάν ένα όχημα συμμετέχει μόνο στις αγορές επικουρικών υπηρεσιών, τότε η φθορά στο συσσωρευτή του είναι μικρότερη από ότι αν συμμετέχει και στην αγορά ενέργειας για την κάλυψη της αιχμής.** Αυτό εξηγείται αν σκεφτούμε ότι πρώτον η στρεφόμενη εφεδρεία καλείται πολύ σπάνια και δεύτερον ότι στη ρύθμιση η τελική ενέργεια που εκφορτίζεται προσεγγίζει το μηδέν, εφόσον μακροπρόθεσμα τα ποσά που ζητούνται για επάνω και κάτω ρύθμιση είναι συμμετρικά. Αντίθετα, για την εξυπηρέτηση του φορτίου αιχμής απαιτείται μεγάλο ποσό ενέργειας να εκφορτιστεί από το συσσωρευτή, γεγονός που αυξάνει το βάθος εκφόρτισης του (depth of discharge/DOD).



Εικόνα 38: Μεγάλα βάθη εκφόρτισης μειώνουν το χρόνο ζωής των συσσωρευτών [19]

Κοινή διαπίστωση για όλες τις διαφορετικές τεχνολογίες του συσσωρευτή είναι ότι υπάρχει αυξημένη φθορά με την αύξηση του βάθους εκφόρτισης. Τα αυξημένα κόστη που προέρχονται από τη φθορά των συσσωρευτών μπορεί να καταστήσουν τη V2G λειτουργία μη οικονομικά βιώσιμη ή ελάχιστα επικερδή, ώστε να ασχοληθούν οι ιδιοκτήτες των οχημάτων. Επίσης, κάποια σημαντικά θέματα που αξίζει να αναφέρουμε είναι οι απώλειες της ενέργειας κατά τη φόρτιση και εκφόρτιση των συσσωρευτών, η μεγάλη πολυπλοκότητα που εισάγεται, και ο χρόνος να ολοκληρωθεί η διαδικασία είναι θέματα που πρέπει να μελετηθούν και να υπάρχουν βελτιώσεις στην διαδικασία της φορτοεκφόρτισης αλλά και να γίνει αναβάθμιση του ηλεκτρικού δικτύου ώστε να υποστηρίξει αυτή την τεχνολογία.

# Κεφάλαιο 6 – Περιγραφή της εφαρμογής για έξυπνη φόρτιση των EV

## 6.1 Περιγραφή Εφαρμογής στο κινητό που διευκολύνει την φόρτιση και εφαρμόζει το V2G

Σε αυτό το Κεφάλαιο περιγράφεται μια εφαρμογή κινητού τηλεφώνου με την οποία ο ιδιοκτήτης ενός EV θα μπορεί να φορτίσει και να αποφορτίσει το όχημα του κάνοντας χρήση της τεχνολογίας V2G, στον πλησιέστερο σταθμό φόρτισης και τον κατάλληλο χρόνο ανταλλάσσοντας ενέργεια με το ηλεκτρικό δίκτυο. Σε πολλά EV είναι ενσωματωμένη ταμπλέτα η οποία μάλιστα έχει και ID για σύνδεση στο ιντερνέτ μέσω IP. Η διαδικασία γίνεται μέσω του κινητού τηλεφώνου του ιδιοκτήτη του EV σε έναν σταθμό φόρτισης ο οποίος συνεργάζεται με την εταιρεία ανάπτυξης που έχουμε δεχτεί ότι θα είναι μια εταιρεία start up.

Η εφαρμογή θα ενθαρρύνει τον χρήστη να την χρησιμοποιεί όλο και περισσότερο καθώς θα είναι σε θέση να συλλέξει στοιχεία από το EV και να δημιουργήσει σχέδια φόρτισης (Charging Plans) βάσει των καθημερινών δρομολογίων του χρήστη αλλά και να βρει τα κοντινότερα σημεία φόρτισης. Με δεδομένο ότι οι τα EV θα αυξάνουν τον αριθμό τους, πάνω σε αυτήν την τάση στηρίζεται η ιδέα αυτή, δηλαδή στην ανάπτυξη ενός συστήματος που να επιτρέπει μια συναλλαγή ενέργειας μεταξύ EV και δικτύου και να είναι προς όφελος του ιδιοκτήτη. Η εταιρεία που αναπτύσσει την εν λόγω εφαρμογή αποτελεί **μεσάζοντα** ανάμεσα στον **πάροχο - ηλεκτρικό σταθμό - aggregator** που συνεργάζεται με αυτήν και τον **ιδιοκτήτη του EV**. Λόγω του συγκεκριμένου αντικειμένου, γίνεται έρευνα στο θεσμικό πλαίσιο που αφορά την ηλεκτρική ενέργεια και τα EV, του πρωτοκόλλου που επιτρέπει τη συναλλαγή, τη σχεδίαση του επιχειρηματικού μοντέλου καθώς και την ανάλυση του τωρινού ανταγωνισμού.

Αναλυτικότερα, η εταιρεία θα αναπτύξει ένα σύστημα το οποίο θα επιτρέπει την αγοραπωλησία ηλεκτρικής ενέργειας από και προς ένα EV. Αυτό θα γίνεται σε ειδικά σημεία φόρτισης που θα συνεργάζονται με την εταιρεία χρησιμοποιώντας κάποια κινητή συσκευή (mobile phone / tablet) η οποία θα συνδέεται με τον φορτιστή αλλά και με το EV ταυτόχρονα και θα αναλαμβάνει να ξεκινήσει την οποιαδήποτε ενέργεια φόρτισης και αποφόρτισης. Ο ιδιοκτήτης ενός EV, όχι μόνο θα μπορεί να φορτίσει το όχημα σε ώρες που η ενέργεια θα είναι φθηνή, αλλά θα μπορεί και να κερδίσει χρήματα αποφορτίζοντας το και επιστρέφοντας την ενέργεια την στιγμή που το ηλεκτρικό δίκτυο θα την έχει ανάγκη. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποκτήσει διαφορετική τιμή σε διαφορετικές χρονικές περιόδους μέσα στην ημέρα δίνοντας την ευκαιρία στο χρήστη να αποκτήσει έσοδα με βάση την παραπάνω διαφορά στην τιμή. Η εφαρμογή θα ενθαρρύνει τον οδηγό να χρησιμοποιήσει το σύστημα καθώς θα συνδέεται με το όχημα μέσω Bluetooth και θα προσφέρει λύσεις στο χρήστη, όπως εμφάνιση των πλησιέστερων σημείων φόρτισης, πλάνα επαναφόρτισης καθώς και λουπές υπηρεσίες, όπως τεχνικό έλεγχο ή αλλαγή της μπαταρίας, εφόσον ο ηλεκτρικός σταθμός το υποστηρίζει.

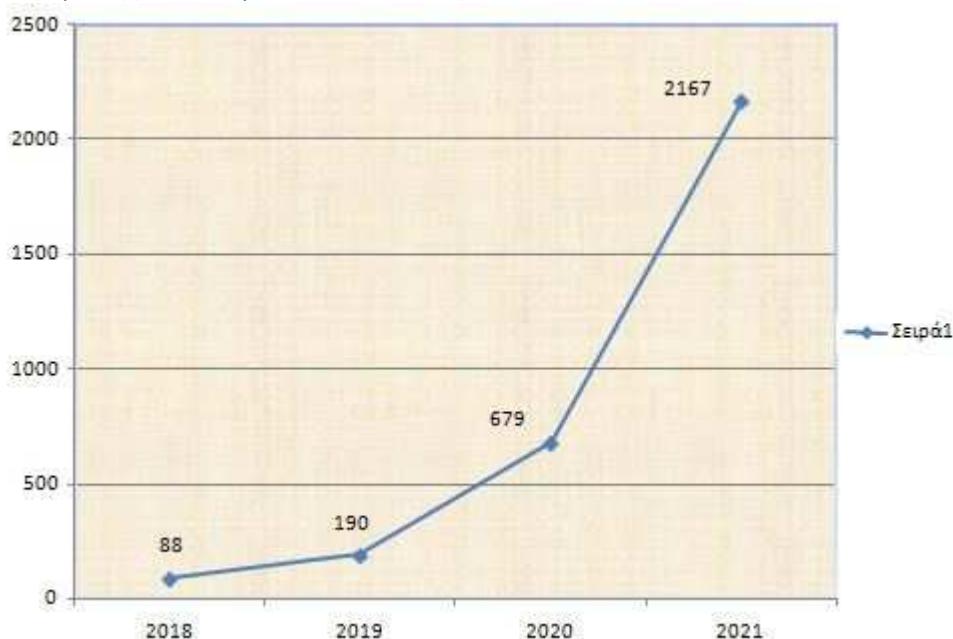
Το αποτέλεσμα της οποιασδήποτε ενέργειας του χρήστη στο σημείο φόρτισης, το οποίο θα συνεργάζεται με την εταιρεία μας, είναι μια συναλλαγή με νομίσματα «EPoints» (το μέσο ανταλλαγής ενέργειας που ονομάσαμε). Όταν ο ενδιαφερόμενος θα επιθυμεί να φορτίσει το όχημα του (και δεδομένου ότι έχει διαθέσιμα EPoints στο ηλεκτρονικό πορτοφόλι του από εκφορτίσεις) θα αφαιρείται από το λογαριασμό του αντίστοιχη ποσότητα με το επίπεδο φόρτισης που θα έχει επιλέξει. Ο πελάτης θα πρέπει αρχικά να αγοράσει EPoints (νομίσματα) για να κάνει την οποιαδήποτε ενέργεια πληρώνοντας μέσω PayPal. Αντίστοιχα, μπορεί να αποκτήσει EPoints πουλώντας ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης έχει τη δυνατότητα να πληρώσει μέσω για παράδειγμα μέσω Ethereum [21] το οποίο είναι ένα κρυπτονόμισμα που βασίζεται σε μια πλατφόρμα καταναμημένων υπολογιστών ανοιχτού κώδικα προσαρμοσμένης αλυσίδας (Blockchain). Προβλέπεται ότι ένας ιδιοκτήτης EV θα χρειαστεί να φορτίσει το όχημα του κάθε έξι ημέρες περίπου αφού η τωρινή αυτονομία ενός EV είναι περίπου στα 200-250 χλμ. και οι καθημερινές διαδρομές που κάνει ένας οδηγός είναι κατά μέσο όρο 30 χλμ. Δηλαδή εδώ έχουμε έναν περιορισμό σε οδηγούς που κινούνται μέσα σε πόλη. Φυσικά, η ανάγκη φόρτισης εξαρτάται από τη χωρητικότητα της μπαταρίας, την κατανάλωση του οχήματος αλλά και από άλλους εξωτερικούς παράγοντες όπως π.χ. τις καιρικές συνθήκες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η κατανάλωση και η ανάγκη επαναφόρτισης θα είναι μεγαλύτερη.

### 6.1.2 Προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσουμε κατά την εφαρμογή

- Χαμηλός αριθμός ιδιοκτητών EV στην Ελλάδα.
- Χαμηλός αριθμός σταθμών φόρτισης στην Ελλάδα για σύναψη συνεργασίας.
- Παρόμοιες υπηρεσίες με αυτές που προσφέρουν οι ανταγωνιστές με πιθανότητα απόρριψης μελλοντικής συνεργασίας.

### 6.1.3 Κατηγοριοποίηση Αγοράς

Η κατηγοριοποίηση της αγοράς σε γεωγραφικά / δημογραφικά στοιχεία για τη συγκεκριμένη εφαρμογή είναι σχετικά δύσκολη καθώς ο συνολικός αριθμός κυκλοφορίας των EV είναι σημαντικά μικρός σε σχέση με τον αριθμό των EV που κυκλοφορούν στην Ελλάδα (περίπου **3.133** έως το τέλος του 2021), ενώ τα σημεία φόρτισης είναι περίπου 1200 σε όλη την Ελλάδα [4].



Σχήμα 3. Ταξινόμηση EV στην Ελλάδα τα τελευταία τέσσερα χρόνια [4]

Θεωρούμε λοιπόν ότι η επιχείρηση, τα πρώτα χρόνια της λειτουργίας της θα δραστηριοποιηθεί στην Αττική καθώς εκεί υπάρχουν τα περισσότερα σημεία φόρτισης.

Οι πελάτες μας ανά κατηγορία είναι οι εξής:

- Ιδιοκτήτες EV
- Ιδιοκτήτες Ηλεκτρικών σταθμών (Ιδιωτικών και Δημόσιων).

Σε αυτό το στάδιο θα αναλύσουμε τους κινδύνους που αντιμετωπίζει το επιχειρηματικό μας σχέδιο από ανταγωνιστές και εξωτερικούς παράγοντες, οι οποίοι δύνανται να επηρεάσουν τις πωλήσεις και συνεπώς την ανάπτυξη της εταιρίας. Όπως προαναφέρθηκε, η ιδέα αφορά έναν μεσάζοντα ηλεκτρικής ενέργειας ενώ επισημάνθηκε ότι η επιχείρηση δε διαθέτει εγκαταστάσεις ούτε της ανήκουν οι σταθμοί φόρτισης που εξυπηρετεί. Θα μπορούσε σαφώς στο μέλλον να έχει τους δικούς της σταθμούς φόρτισης αλλά προς το παρόν αναλύεται μόνο το σενάριο εξυπηρέτησης των σταθμών αυτών.

#### 6.1.4 Ανταγωνιστές εντός Ελλάδας



Εικόνα 39: Fortisis website  
<https://www.fortisis.eu/en/>

Ένας από τους μεγαλύτερους ανταγωνιστές στην Ελλάδα είναι το δίκτυο FORTIZO με σταθμούς φόρτισης σε όλη τη χώρα (70% του συνόλου των φορτιστών). Το δίκτυο FORTIZO διατηρεί τους δικούς του φορτιστές αυτοκινήτων αλλά είναι σε θέση να υποστηρίξει και φορτιστές που ανήκουν σε 3ους μέσω συμβολαίου. Για να μπορεί κάποιος να φορτίσει το αυτοκίνητο του έχει τις εξής εναλλακτικές.

- Μέσω συμβολαίου (συμπεριλαμβάνονται πάγια) να χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα FORTIZO PLUS ή Business και χρησιμοποιώντας μία προσωποποιημένη κάρτα RFID να φορτίσει το αυτοκίνητο του ανάλογα με τον χρόνο αναμονής στον φορτιστή.
- Να εγγραφεί σε μία Web – based εφαρμογή δηλώνοντας τον τύπο του αυτοκινήτου και μέσω χάρτη να ενεργοποιήσει τον φορτιστή (ή να κάνει κράτηση).
- Να προμηθευτεί μία προπληρωμένη κάρτα με συγκεκριμένο χρόνο φόρτισης (FORTIZO Card) και να ξεκινήσει την επαναφόρτιση του αυτοκινήτου του.

Αξίζει να αναφερθεί ότι για να συνάψει κάποια συνεργασία με 3ους, οι σταθμοί φόρτισης που θα συμπεριληφθούν στο δίκτυο FORTIZO θα πρέπει να πληρούν αυστηρά κάποιες προδιαγραφές όπως:

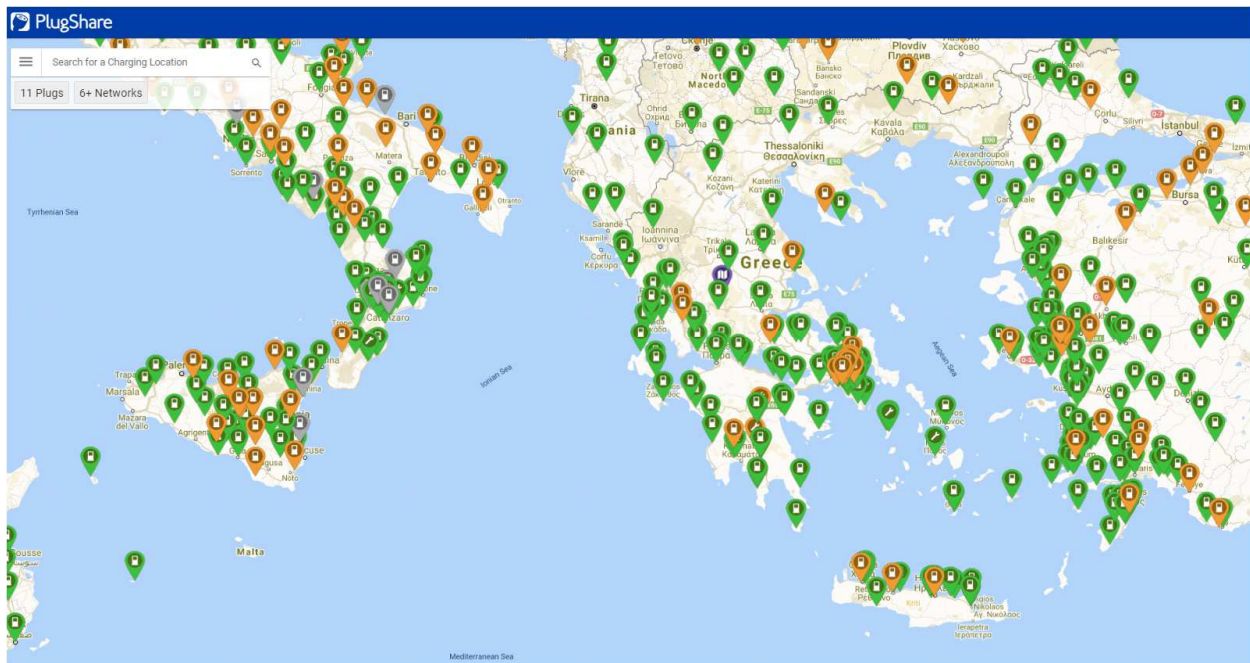
- Ο σταθμός φόρτισης να έχει την δυνατότητα σύνδεσης και επικοινωνίας στο δίκτυο μέσω θύρας LAN (Local Area Network) ή μέσω ενός δικτύου τηλεφωνίας (4G-5G).
- Ο σταθμός να είναι συμβατός και να υποστηρίζει το πρωτόκολλο επικοινωνίας OCPP (Open Charge Point Protocol).

Στο πρωτόκολλο επικοινωνίας OCPP θα αναφερθούμε παρακάτω καθώς είναι σημαντικό η εφαρμογή αλλά και ο φορτιστής να το υποστηρίζουν.

#### 6.1.5 Ανταγωνιστές εκτός Ελλάδας

Το **PlugShare** είναι μία εφαρμογή (και site) η οποία είναι σχεδιασμένη για να βρίσκει στο χρήστη το κοντινότερο σημείο φόρτισης. Είναι σχεδιασμένη για Android / iOS / Web και μπορεί να βρει φορτιστές σε Ευρώπη, Αμερική και Ασία κατατάσσοντας τους σε κατηγορίες.





Εικόνα 40: Plugshare charging locations 1/2 <https://www.plugshare.com/>

Το PlugShare δίνει στους ιδιοκτήτες EV τη δυνατότητα να προσθέτουν, να εξετάζουν και να επεξεργάζονται πληροφορίες σταθμών και να μοιράζονται με ασφάλεια τους δικούς τους, ιδιωτικούς οικιακούς σταθμούς φόρτισης με άλλους οδηγούς EV έτσι ώστε ο κάθε οδηγός να είναι ενήμερος σχετικά με την διαθεσιμότητα του κάθε φορτιστή αλλά και τις σχετικές πληροφορίες που τον αφορούν. Χρησιμοποιώντας φίλτρα όπως την περιοχή, τον τύπο βύσματος φόρτισης, το δίκτυο στον οποίο ανήκει ο φορτιστής κλπ., ο οδηγός ενός ηλεκτρικού οχήματος έχει στα χέρια του έναν χάρτη με όλους τους διαθέσιμους φορτιστές που μπορούν να εξυπηρετήσουν το δικό του όχημα.

Ο χρήστης, εκτός από την ενημέρωση προς τους άλλους χρήστες ότι απασχολεί τον συγκεκριμένο σταθμό εκείνη την στιγμή, είναι σε θέση να πληρώσει μέσω της αντίστοιχης εφαρμογής (εφόσον ο σταθμός την υποστηρίζει) και να αφήσει σχετικά σχόλια που αφορούν την εμπειρία φόρτισης.

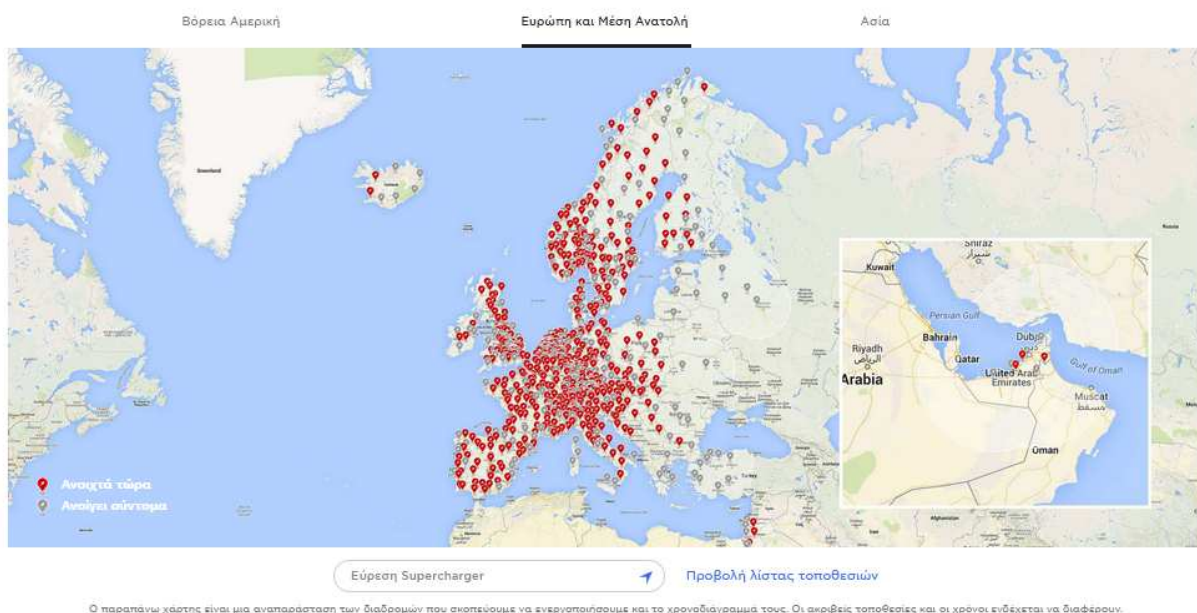
### 6.1.6 Η εταιρεία TESLA

Αποτελεί πρωτοπόρο στο χώρο της ηλεκτροκίνησης καθώς διαφέρει σημαντικά από τους άλλους ανταγωνιστές. Η συγκεκριμένη εταιρία δραστηριοποιείται κυρίως σε Αμερική αλλά και Ευρώπη και Ασία καθώς όχι μόνο διαθέτει τα περισσότερα σημεία φόρτισης στον κόσμο (1.332 σημεία με 10.901 φορτιστές) αλλά κατασκευάζει και τα δικά της οχήματα προς πώληση. Διαθέτει τους δικούς της φορτιστές (υποστηρίζεται βέβαια και από άλλους) καθώς και built-in εφαρμογή στα ηλεκτρικά της αυτοκίνητα.



Εικόνα 41: Tesla Model S, [www.Tesla.com](http://www.Tesla.com)

## 2.500+ σταθμοί Supercharger με 25.000+ μονάδες Supercharger



Εικόνα 42: Tesla Chargers Locations [www.Tesla.com](http://www.Tesla.com)

### 6.2 Όραμα

Ο βασικός στόχος είναι να εκμεταλλευτούμε περίπου **6.000 πρατήρια υγρών καυσίμων** που χρειάζεται, όσα διαθέτουν τους απαιτούμενους χώρους στάθμευσης, να μετεξελιχθούν σε σταθμούς ηλεκτροφώτισης ώστε να μην χαθούν υποδομές που έγιναν μετά από επενδύσεις δεκαετιών. Παράλληλα θα αναζητηθούν ιδιωτικοί χώροι στάθμευσης όπως εκείνοι των σούπερ μάρκετ και των πολυκαταστημάτων, παρκινγκ αεροδρομίων και λιμανιών, αθλητικά γήπεδα κ.α και τέλος δημόσιοι χώροι όπως κτήρια υπουργείων, περιφερειών και δήμων. Το όραμα για την επιχείρηση είναι, βραχυπρόθεσμα, να έχει εισαχθεί στον κόσμο της ηλεκτροκίνησης με ένα ισχυρό brand name έχοντας αποκτήσει μεγάλη απήχηση στο κοινό. Μακροπρόθεσμα, όραμα αποτελεί η ανάπτυξη της εφαρμογής με περαιτέρω λειτουργίες και η ακόμη ισχυρότερη παρουσία της στο χώρο της ηλεκτροκίνησης με απώτερο σκοπό την ταύτιση του ονόματός μας με τη φόρτιση αλλά και την αποφόρτιση EV.

#### 6.2.1 Στρατηγική Πωλήσεων

Θα μελετηθούν οι τρόποι, οι ενέργειες και οι αποφάσεις που μπορούν να επιτρέψουν στην επιχείρηση να αυξήσει τις πωλήσεις και παράλληλα να επιτευχθεί ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Μια στρατηγική πωλήσεων θα πρέπει να επικεντρωθεί γύρω από την έννοια κλειδί της ικανοποίησης του τελικού πελάτη. Παράλληλα θα δοθεί μεγάλη έμφαση σε διαφημίσεις στο διαδίκτυο (μόνο) όπου θα γίνεται γνωστό στο ευρύ κοινό ότι κάνοντας χρήση της εφαρμογής βοηθάμε το περιβάλλον να είναι ακόμη πιο πράσινο καθώς με την χρήση της εφαρμογής και κατ' επέκταση της τεχνολογίας V2G βοηθάμε το περιβάλλον καθώς δεν χρειάζεται να μπαίνουν στο σύστημα μονάδες φυσικού αερίου για να ισορροπήσει το ηλεκτρικό δίκτυο που μπορεί να είναι πιο οικολογικές από το λιγνίτη αλλά ρυπαίνουν λιγότερο.

#### 6.2.2 Ανάλυση Οικονομικής Αξίας Φόρτισης

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι προβλέψεις των εσόδων μας βασίζονται σε δεδομένα που συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια των μελετών σκοπιμότητας αλλά και από υποθέσεις που είναι άμεσα διαθέσιμες σε αυτό τον κλάδο επιχειρήσεων στην Ελλάδα. Φυσικά, δε μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς το ποσό των εσόδων μας για τα πρώτα χρόνια της επιχείρησης λόγω της χαμηλής κυκλοφορίας EV αλλά και της μη ύπαρξης μεγάλου πλήθους ηλεκτρικών σταθμών στη χώρα. Τα έσοδα αλλά και τα

έξοδα υπολογίζονται με βάση την κάθε συναλλαγή στους σταθμούς φόρτισης. Ο χρήστης για να κάνει οποιαδήποτε συναλλαγή μέσω της εφαρμογής πρέπει να έχει στο «ηλεκτρονικό πορτοφόλι» του διαθέσιμα EPoints τα οποία μπορεί να αγοράσει μέσω PayPal. Εναλλακτικά, μπορεί να πληρώσει απευθείας μέσω PayPal ή Ethereum (κρυπτονόμισμα), καθώς και οι δύο αυτοί τρόποι πληρωμής υποστηρίζονται από την εφαρμογή μας. Σημειώνεται ότι ο κάθε ιδιοκτήτης του ηλεκτρικού σταθμού μπορεί να θέσει τη δική του τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας η οποία συνήθως υπολογίζεται με βάση το προκαθορισμένο κόστος χρέωσης και σε συνάρτηση με τα λεπτά παραμονής του χρήστη στο σταθμό, για το εκάστοτε επίπεδο φόρτισης (level mode) που επιλέγει ο χρήστης. Αντίστοιχα, το ίδιο ισχύει για την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας από τον ιδιοκτήτη ηλεκτρικού οχήματος προς τον ιδιοκτήτη σταθμού φόρτισης.

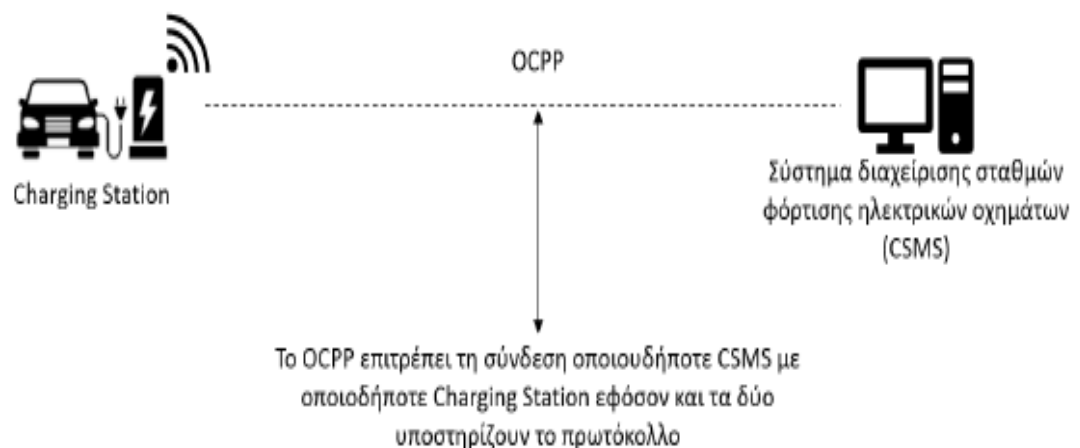
### 6.2.3 Break Even Analysis

Ένα Break-even Point για μία επιχείρηση, είναι το οικονομικό στάδιο στο οποίο τα έσοδα τις εταιρείας είναι ίσα με τα λειτουργικά της έξοδα (νεκρό σημείο). Τα έξοδα αυτά αφορούν συνήθως στη μισθοδοσία, τιμές πρώτων υλών, παροχές τρίτων, ενοίκια κ.α. Είναι μία μέθοδος η οποία αποκαλύπτει τον απαραίτητο όγκο πωλήσεων που θα πρέπει να επιτύχει η εταιρία κάθε μήνα έτσι ώστε να καλύπτονται τα λειτουργικά έξοδά της. Εφόσον η επιχείρηση πετύχει αυτό το μηνιαίο όγκο πωλήσεων και τον ξεπεράσει, καλύπτοντας πλήρως τα μηνιαία έξοδα της, είναι σε θέση πλέον να πετύχει τα κέρδη της, τα οποία θα συμβάλλουν στην ανάπτυξη της.

## 6.3 Πρωτόκολλο Επικοινωνίας Φορτιστή

Αναφερόμαστε στο πρωτόκολλο επικοινωνίας ανάμεσα σε μία κινητή συσκευή, στο αυτοκίνητο και στο φορτιστή EV. Η ανάλυση του πρωτοκόλλου αυτού είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς μέσω αυτού επιτυγχάνεται η σύνδεση με το σημείο φόρτισης και συνεπώς η ανάπτυξη της εφαρμογής αφού οι βασικές διεργασίες στηρίζονται πάνω του. Η μελέτη του πρωτοκόλλου αυτού θα μας εξασφαλίσει την αποτελεσματική χρήση του σημείου φόρτισης καθώς και εκείνες τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για να γίνει η χρήση του.

### 6.3.1 Open Charge Alliance



Εικόνα 43: Φόρτιση EV μέσω OCPP. <https://www.openchargealliance.org/>

Το πρωτόκολλο που αναφέρθηκε στην εισαγωγή φέρει την ονομασία OCPP ή αλλιώς Open Charge Point Protocol και αναπτύσσεται από την OPEN CHARGE ALLIANCE (OCA). Το Open Charge Alliance (OCA) είναι μια παγκόσμια κοινοπραξία δημόσιων και ιδιωτικών ηγετών υποδομής EV που έχουν συναντηθεί για να προωθήσουν ανοιχτά πρότυπα με την υιοθέτηση του OCPP (Open Charge Point Protocol) και του Open Smart Charging Protocol (OSCP). Συνεργάζεται ήδη με μεγάλους παίκτες της αγοράς.

### 6.3.2 Open Charge Point Protocol (OCPP)

Το πρωτόκολλο Open Charge Point (OCPP) είναι ένα ελεύθερα διαθέσιμο ανοιχτό πρότυπο που επιτρέπει στους προμηθευτές εξαρτημάτων και τους φορείς εκμετάλλευσης δικτύων να «αναμειγνύουν και να ταιριάζουν» με δια λειτουργικό τρόπο υλικό και λογισμικό. Καθορίστηκε και αναπτύχθηκε για πρώτη φορά ως έκδοση 1.2 το 2010 και είναι ένας αποδεδειγμένος τρόπος για τη βελτιστοποίηση του κόστους και του κινδύνου των επενδύσεων σε υποδομές δικτύου. Οι νέες εκδόσεις της OCPP ορίζονται από κοινού σε μια ανοιχτή βιομηχανική συμμαχία για να διασφαλιστεί ότι το πρωτόκολλο συνεχίζει να ανταποκρίνεται στις εξελισσόμενες απαιτήσεις της αγοράς. Σήμερα, η χρέωση των φορέων εκμετάλλευσης δικτύων και των παρόχων υπηρεσιών σε περισσότερες από 50 χώρες βασίζεται στην OCPP για τη διαχείριση περισσότερων από 10.000 σταθμών φόρτισης. Ο στόχος για το πρωτόκολλο Open Charge Point (OCPP) είναι να προσφέρει μια ενιαία λύση για τη μέθοδο επικοινωνίας μεταξύ του σημείου φόρτισης και του κεντρικού συστήματος. Με αυτό το πρωτόκολλο, είναι δυνατό να συνδεθεί οποιοδήποτε κεντρικό σύστημα με οποιοδήποτε σημείο φόρτισης, ανεξάρτητα από τον προμηθευτή. Ένα ομοιόμορφο πρότυπο εμποδίζει όλα τα είδη των προβλημάτων συντονισμού και ως εκ τούτου αποτελεί πλεονέκτημα για ολόκληρη την αγορά EV.

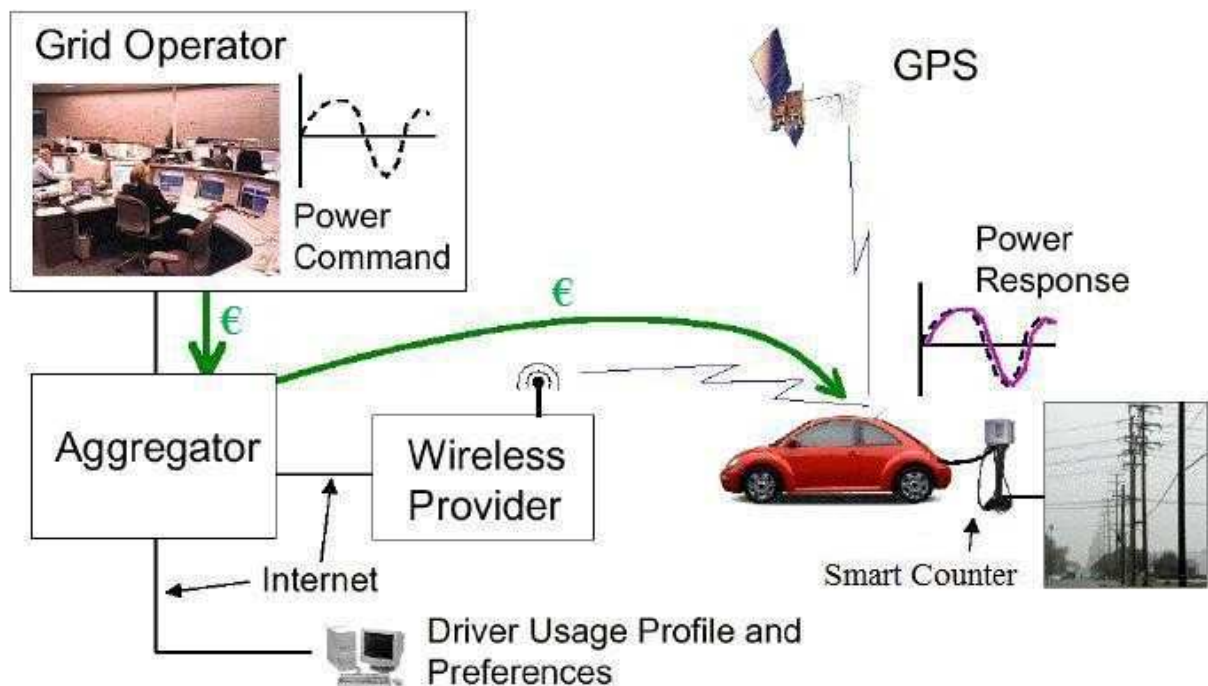
### 6.3.3 Περιγραφή μιας πλατφόρμας που προτείνουμε για την εφαρμογή μέσω Ethereum

Το Ethereum [20] είναι μια πλατφόρμα καταμεμημένων υπολογιστών ανοιχτού κώδικα, προσαρμοσμένης αλυσίδας (blockchain) με ένα λειτουργικό σύστημα με λειτουργικότητα έξυπνης σύμβασης (scripting). Υποστηρίζει μια τροποποιημένη έκδοση της συναίνεσης Nakamoto μέσω παρακολούθησής των μεταβάσεων της κατάστασης των συναλλαγών. Δημιουργημένη από τον Satoshi Nakamoto για το Bitcoin, η συναίνεση Nakamoto αναφέρεται στο σετ κανόνων, σε συνδυασμό με το μοντέλο συναίνεσης της **απόδειξης εργασίας** στο δίκτυο, που διέπουν τον μηχανισμό συναίνεσης και διασφαλίζουν τον αβέβαιο χαρακτήρα του. Με αυτόν τον τρόπο, το Bitcoin (και συνεπώς και το Ethereum) έγινε το πρώτο ανοιχτό και διανεμημένο δίκτυο Peer to Peer (P2P) που χρησιμοποιεί ένα καταμεμημένο δίκτυο ανώνυμων κόμβων που είναι ελεύθεροι να συμμετάσχουν και να εγκαταλείψουν το δίκτυο κατά βούληση. Οι αλγόριθμοι συναίνεσης είναι υψίστης σημασίας για την επαλήθευση της αυθεντικότητας των καταμεμημένων συστημάτων blockchain και αποτελούν τη διαδικασία σύναψης συμφωνίας μέσα σε ένα δίκτυο συμμετεχόντων όπου κανένας δεν εμπιστεύεται κανέναν. Πιο συγκεκριμένα, το Ethereum είναι μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα που διαχειρίζεται «έξυπνες συμβάσεις»: εφαρμογές που λειτουργούν ακριβώς όπως έχουν προγραμματιστεί χωρίς καμία πιθανότητα διακοπής, λογοκρισίας, απάτης ή παρεμβολής τρίτων. Αυτές οι εφαρμογές τρέχουν σε μια προσαρμοσμένη αλυσίδα (blockchain), μια εξαιρετικά ισχυρή κοινή παγκόσμια υποδομή που μπορεί να μετακινήσει την αξία μεταξύ των χρηστών της και να αντιπροσωπεύει παράλληλα την ιδιοκτησία αυτής. Αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν αγορές, να αποθηκεύουν μητρώα χρεών ή υποσχέσεων, να μεταφέρουν κεφάλαια σύμφωνα με τις οδηγίες που έχουν δοθεί στο παρελθόν (όπως μια σύμβαση ή ένα συμβόλαιο μελλοντικής εκπλήρωσης) και πολλά άλλα που δεν έχουν εφευρεθεί ακόμα, όλα χωρίς κάποιον τρίτο μεσάζοντα. Σε μία εφαρμογή blockchain, οποιοσδήποτε μπορεί να δημιουργήσει έναν κόμβο που να αναπαράγει τα απαραίτητα δεδομένα για όλους τους κόμβους για να επιτευχθεί συμφωνία και να αποζημιωθεί από τους χρήστες και τους προγραμματιστές εφαρμογών. Αυτό επιτρέπει στα δεδομένα των χρηστών να παραμείνουν ιδιωτικά και οι εφαρμογές να είναι αποκεντρωμένες, όπως θα έπρεπε να λειτουργεί το Διαδίκτυο. Το πορτοφόλι Ethereum αποτελεί πύλη για τις αποκεντρωμένες εφαρμογές στο μπλοκ του Ethereum. Μας επιτρέπει να κρατάμε και να ασφαλίζουμε το ψηφιακό νόμισμα ether και άλλα κρυπτογραφικά περιουσιακά στοιχεία που κατασκευάζονται στην Ethereum καθώς και να γράφουμε, να αναπτύσσουμε και να χρησιμοποιούμε έξυπνες συμβάσεις.

### 6.4 Η εγκατάσταση ενός V2G προγράμματος

Για να πραγματοποιηθεί μία εγκατάσταση που θα εκμεταλλεύεται τα πλεονεκτήματα του V2G χρειάζονται κάποιες ειδικές διατάξεις που θα εξασφαλίζουν ότι η ανταλλαγή ισχύος μεταξύ ηλεκτρικών οχημάτων και δικτύου θα είναι ορισμένη από προϋποθέσεις και ελεγχόμενη κάθε στιγμή. Έτσι παρουσιάζεται η αναγκαιότητα επικοινωνίας του διαχειριστή του δικτύου με τα EV όταν αυτά θα είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο. Σε αυτό το σημείο έρχεται ο ρόλος του Aggregator. Το πρόβλημα που

πρέπει να αντιμετωπιστεί με την λειτουργία των EVs ως πάροχοι ενέργειας είναι όπως προαναφέραμε πως η χωρητικότητα των μπαταριών τους είναι μικρή και επομένως ικανοποιητική ισχύς μπορεί να προκύψει μόνο από συνδυασμό ενός ικανοποιητικού αριθμού οχημάτων. Το πρόβλημα της οργάνωσης αυτών των οχημάτων μπορεί να επιλυθεί μέσω του Aggregator και την αντίστοιχη οργάνωση του προγράμματος V2G. Ένα σχηματικό διάγραμμα του Aggregator παρουσιάζεται στην Εικόνα 43 . Ο ρόλος του είναι να αποτελεί το μέσο σύνδεσης μεταξύ του DSO και των κάτοχων οχημάτων. Ιδανικά η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών των EV και του δικτύου (μέσω του Aggregator) θα μπορούσε να γίνει μέσω μιας εξατομικευμένης ιστοσελίδας, όπου οι ιδιοκτήτες θα καταγράφουν τη χρονική στιγμή που εισέρχονται στο δίκτυο, σε ποια σημεία και για πόσο χρονικό διάστημα το αυτοκίνητό τους θα είναι συνδεδεμένο και σε τι κατάσταση (State Of Charge - SOC) θα θέλουν την μπαταρία μόλις εξέλθουν από αυτό. Οι πραγματικοί χρόνοι που το αυτοκίνητο είναι στην πρίζα θα είναι επίσης καταχωρημένοι για κάθε όχημα, το οποίο σε συνδυασμό με το προβλεπόμενο προφίλ μπορεί να κάνει την πρόβλεψη της διαθέσιμης χωρητικότητας ακριβέστερη. Η σχηματική αναπαράσταση μιας τέτοιας εφαρμογής θα μπορούσε να είναι αυτή που δίνεται στην Εικόνα 44.



Εικόνα 44. Σχηματική Διασύνδεση V2G Concept με Aggregator

Στην συνέχεια μία ομαδοποίηση των χαρακτηριστικών των επιμέρους προφίλ των χρηστών αυτού του προγράμματος είναι απαραίτητη να γίνει από τον Aggregator έχοντας κάποια στοιχεία διαθέσιμα όπως:

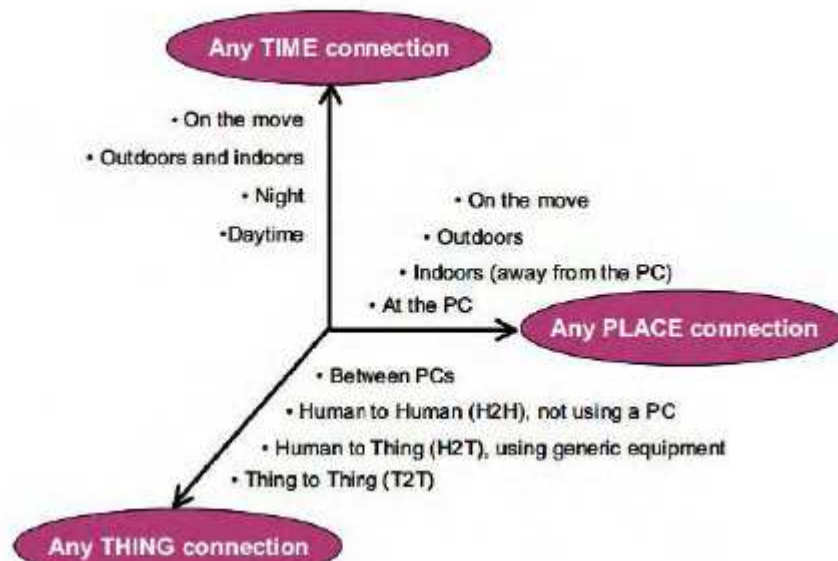
- Ικανότητα διαθέσιμης ισχύος ανά κάθε συγκεκριμένη και διακριτή στιγμή
- Βεβαιότητα αυτής της διαθεσιμότητας ισχύος βάσει των προφίλ των χρηστών
- Ετοιμότητα έτσι ώστε ανά πάσα στιγμή, εφόσον ζητηθεί, το πρόγραμμα να είναι έτοιμο να προσφέρει αυτή την ισχύ ενεργοποιώντας όλους τους μετρητές και τους μηχανισμούς επίβλεψης
- Και τέλος να είναι σε θέση να προσδιορίσει τις θέσεις των συνδεδεμένων χρηστών και τις αντίστοιχες χρονικές στιγμές που κάθε θέση μπορεί να προσφέρει ισχύς και πόση.

Οι Aggregators θα υπογράψουν συμβάσεις με τον DSO για παροχή υπηρεσιών και κατά συνέπεια όταν τα EVs ενεργοποιούνται, ο DSO επικοινωνεί με τον Aggregator μέσω του ίδιου είδους ασφαλούς σύνδεσης δεδομένων που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με τους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας. Ο Aggregator διαβιβάζει τα αιτήματα από το DSO σε κατάλληλο αριθμό των οχημάτων που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο. Η οικονομική συναλλαγή που αφορά την **αγορά ηλεκτρικής ενέργειας** για τη φόρτιση της μπαταρίας διεξάγεται μέσω κανονικής παροχής ρεύματος προς το αυτοκίνητο μέσω

ρευματοδότη, ενώ η συναλλαγή που αφορά τους κανονισμούς πώλησης είναι χωριστός χειρισμός από τον Aggregator αναλόγως με τις συμφωνίες που έχουν δημιουργηθεί. Η δημιουργία ελκυστικών τιμολογιακών πολιτικών και η εξέταση ιδιάζουσων προσφορών προς τους χρήστες ηλεκτρικών αυτοκινήτων που θα θελήσουν να συμμετέχουν στον V2G πρόγραμμα είναι ένας τομέας προς μελέτη. Σκοπός αυτών των μελετών είναι η συνάθροιση αρκετών χρηστών έτσι ώστε να είναι διαθέσιμη μία ικανοποιητική ισχύς καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας.

## Κεφάλαιο 7 - Συμπεράσματα

Στο άμεσο μέλλον, όπως όλες οι ηλεκτρονικές συσκευές, έτσι και τα EV και πιθανότατα και τα πλοία και αεροπλάνα θα αποτελούν έναν αριθμό ταυτότητας μοναδικό (IP) και θα είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο. Συσκευή που δεν θα είναι συνδεδεμένη δεν θα υπάρχει στη ζωή μας. Ο λόγος είναι προφανής καθώς σε μια ψηφιοποιημένη κοινωνία όλα θα αποτελούν μέρος ενός δικτύου με μοναδικό σκοπό την καλύτερη συνεργασία της ανθρωπότητας. Ήδη στην εποχή μας μια από τις σύγχρονες τεχνολογίες που έχουν εμφανιστεί είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, γνωστό και ως Internet of Things (IoT) όπως προαναφέραμε. Είναι μια πολλά υποσχόμενη υπηρεσία που έρχεται να προσφέρει πολλές ευκαιρίες αλλά και προκλήσεις. Η επικοινωνία αυτή μεταξύ των συσκευών αποτελείται από τεχνολογίες που επιτρέπουν σε μηχανές, συνήθως μικρούς υπολογιστικούς αισθητήρες που εκτελούν ειδικές λειτουργίες (ευφυΐα), να επικοινωνούν μεταξύ τους ή να ανταλλάσσουν πληροφορίες που απαιτούνται, συνήθως μέσω κάποιων γνωστών πρωτοκόλλων αλλά πλέον που τρέχουν σε ανώτερο επίπεδο από το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) μέσω ασύρματης ή ενσύρματης επικοινωνίας ή ακόμα και μέσω υπηρεσίας σύντομου μηνύματος (SMS). Το όραμα αυτό του IoT μπορούμε να πούμε όπως φαίνεται και στην Εικόνα 45, ότι θα ενισχύσει τη συνδεσιμότητα από το «κάθε-στιγμή, σε κάθε-θέση για κάθε-έναν» στο «κάθε-στιγμή, σε κάθε-θέση για κάθε-τι». Στην περίπτωση μας το IoT θα συνδυαστεί με εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου στην ανταλλαγή και αγοροπωλησία της ηλεκτρικής ενέργειας των EV και του ηλεκτρικού δικτύου στο μέλλον διευκολύνοντας την υλοποίηση V2G τεχνολογίας πιο άμεση και πιο λειτουργική καθώς κάθε EV θα έχει τη δική του IP διεύθυνση στο IoT. Όλη αυτή η διαδικασία θα έχει έναν στόχο. Τη βοήθεια των συσσωρευτών των EV στην υπηρεσία εξισορρόπησης του ηλεκτρικού δικτύου λόγω της μεγάλης διεύθυνσης των ΑΠΕ που δημιουργούν και τα προβλήματα στην συχνότητα και την τάση λόγω της στοχαστικότερος τους.



Εικόνα 45. Το όραμα του Internet of Things

Σε ένα τέτοιο περιβάλλον επιχειρήσαμε την εργασία αυτή και έγινε με σκοπό να αξιοποιηθούν όλες οι σύγχρονες τεχνολογίες να ερευνηθούν τρόποι αξιοποίησης των ΑΠΕ μέσω των EV για διεύθυνση στην ηλεκτροκίνηση. Τα EV παράλληλα θα ενσωματωθούν στο διαδίκτυο με σκοπό την εύκολη, φθηνή και ταυτόχρονα εύκολη δυνατότητα φορτοεκφόρτισης από/προς το ηλεκτρικό δίκτυο να φέρει νέες και αναγκαίες υπηρεσίες. Σαφέστατα η τεχνολογία V2G είναι πολλά υποσχόμενη και η χρήση της πραγματοποιήσιμη αν ο αριθμός των EV ξεπεράσει κάποιο κρίσιμο αριθμό ώστε το άθροισμα των συσσωρευτών τους μπορούν συνολικά να επηρεάζουν το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η μετάβαση όμως από μια τεχνολογία σε μια άλλη χρειάζεται προγραμματισμό και «γέφυρες» τεχνολογίας. Αυτό επιχειρήσαμε με την πλατφόρμα που περιγράψαμε στο Κεφάλαιο 6. Δεν θα κάνει τίποτα παραπάνω

από το να συνδέει τεχνολογίες και να δίνει την δυνατότητα στον ιδιοκτήτη του EV να κερδίζει αν φορτίζει το EV του μέσω της διαδικασίας αυτής.

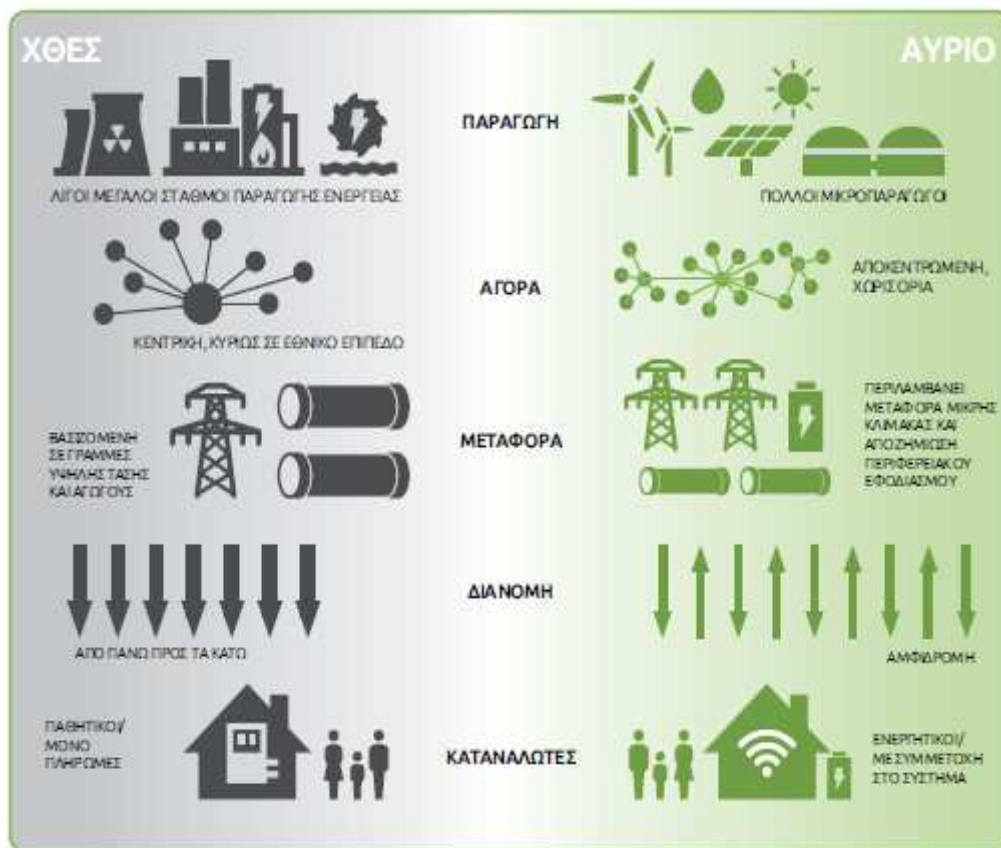
Είναι φανερό ότι η πρόταση που καταθέσαμε μπορεί να είναι χρήσιμη για τη μετάβαση των υπαρχόντων σταθμών αυτοκινήτων (πρατηρίων υγρών καυσίμων) στην νέα εποχή της ηλεκτροκίνησης σε aggregator στόλου EV και υπηρεσιών ηλεκτροφόρτισης. Το επενδυμένο κεφάλαιο σε περίπου 6.000 ενεργά πρατήρια υγρών καυσίμων στην Ελλάδα μας φέρνει προ τετελεσμένων να μην αδιαφορήσουμε για τις εγκαταστάσεις αυτές που είναι μια υποδομή δεκαετιών και δεν είναι εύκολο να ξαναχτιστούν από την αρχή. Η δομή τους και η διασπορά τους τόσο στις πόλεις όσο και στην επαρχία αλλά και στους οδικούς άξονες και εθνικές οδούς είναι συνδεδεμένη με δαιδαλώδη νομοθεσία που αφορά το χωροταξικό, την προστασία του περιβάλλοντος και τις βιομηχανικές δομές που περιλαμβάνουν. Για τους λόγους αυτούς θεωρούμε ότι πρέπει να έχουν ρόλο αν μετασχηματιστούν στην νέα δομή σταθμών αυτοκινήτων που έχει ξεκινήσει. Τα πρατήρια/σταθμοί θα πρέπει να αλλάξουν φιλοσοφία. Παραδείγματος χάρη πρέπει τα νέα πρατήρια να έχουν περισσότερους χώρους στάθμευσης. Να μπορούν να πωλούν πολλές και διαφορετικές υπηρεσίες ταυτόχρονα και να εξελίσσονται όσο ο στόλος των οχημάτων μετασχηματίζεται ώστε να εξυπηρετούν όλα τα είδη των οχημάτων που θα κυκλοφορούν στην αγορά τόσο αυτά που θα κινούνται με ορυκτά καύσιμα όσο και αυτά που θα κινούνται με ηλεκτρική ενέργεια αλλά και με υδρογόνο αργότερα. Όλα τα οχήματα έχουν τις δικές τους ανάγκες για να εφοδιάζονται με ασφάλεια. Επίσης, οι νέοι σταθμοί οχημάτων θα αποτελούν μια συνδυαστική διαδικασία θα συνεργάζονται με μεγάλους χώρους στάθμευσης ιδιωτικούς και δημόσιους, με χώρους στάθμευσης του μετρό, των αστικών λεωφορείων, λιμανιών και αεροδρομίων κλπ. Μια εταιρία διαχείρισης πρατηρίων υγρών καυσίμων μπορεί κάλλιστα να είναι και aggregator για στόλο EV αλλά και aggregator συσσωρευτών EV που θα τις αλλάζουν επιτόπου στο EV μέσω τεχνικών που εξηγήσαμε και έτσι θα διευρύνουν τα προϊόντα τους μπαίνοντας ουσιαστικά στην ηλεκτροκίνηση.

Η λύση ξεκάθαρα πλέον δεν είναι να τοποθετούνται απλά ταχυφορτιστές στα πρατήρια ή σε παρκινγκ. Η προσπάθεια που έγινε βοηθά να αποτυπωθούν τεχνολογίες που υπάρχουν σήμερα στην ηλεκτροκίνηση και να καταγράψει κάποιες ιδέες που μπορούν να βοηθήσουν στη διεύθυνση της ηλεκτροκίνησης σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση της ενέργειας που παράγονται από τις ΑΠΕ. Γιατί το ζητούμενο είναι αυτό! Η απορρόφηση της ενέργειας των ΑΠΕ αν θέλουμε να είμαστε πιστοί στις συμβάσεις που έχει υπογράψει η χώρα μας για το κλίμα. Είναι μια πρόταση που δίνει λύσεις και στο ΣΗΕ στο θέμα της αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας μια τόσο πολύτιμη υπηρεσία στην εποχή που οι ΑΠΕ θα έχουν κυρίαρχο ρόλο στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Από την άλλη, τα κέρδη που θα αποκομίζει ο aggregator από τη συμμετοχή του στις διάφορες αγορές, θα τα μοιράζει στους ιδιοκτήτες των οχημάτων αναλόγως της συμμετοχής τους σε αυτές τις φορτοεκφορτίσεις, κρατώντας προφανώς ένα ποσοστό για την εταιρία του τον διαχειρίζεται. Επομένως η λύση δεν είναι το σλόγκαν **«το ταξίδι με το EV είναι μια πραγματικότητα»** διότι υπάρχουν πλέον φορτιστές σε όλο το δίκτυο αυτοκινητοδρόμων για ανεφοδιασμό των συσσωρευτών αλλά μια ιδέα που μπορεί να σταθεί και να γεφυρώσει την σημερινή πραγματικότητα και το μέλλον του ανεφοδιασμού της αυτοκίνησης. Η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ταχυφορτιστών δεν αρκεί. Ο οδηγός πρέπει να έχει κίνητρα για εναλλακτική φόρτιση και ο DSO να έχει τη δυνατότητα της εκμετάλλευσης των συσσωρευτών των EV για να ισορροπεί την τάση και τη συχνότητα του δικτύου. Η συνεργασία αυτών των πραγμάτων θα βοηθήσει στην υγιή διεύθυνση της ηλεκτροκίνησης στην ζωή μας χωρίς να δημιουργεί προβλήματα που χρειάζονται τεράστιες επενδύσεις για να λυθούν όπως οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Όλα τα παραπάνω για να υλοποιηθούν όμως χρειάζεται και μετασχηματισμός τόσο του δικτύου μεταφοράς όσο και του δικτύου διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Η μετάβαση αυτή δεν είναι καθόλου εύκολη χρειάζονται μεγάλες επενδύσεις και επανασχεδιασμός της παραγωγής και της κατανάλωσης πράγμα που σημαίνει ο χρειάζεται και χρόνος για την υλοποίησή τους. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 46) φαίνεται πως μπορεί να υλοποιηθεί αυτό το σχέδιο.





Εικόνα 46. Μετασχηματισμός του ΣΗΕ για να περάσουμε στην νέα εποχή  
<https://gr.boell.org/el/2019/09/24/htizontas-energeiakas-koinotites>

Κλείνοντας στην εργασία αναφέραμε το παράδειγμα μιας start up εταιρίας για να υλοποιήσει την ιδέα του aggregator, όμως η ιδέα μπορεί να υλοποιηθεί και σαν μια εταιρία συνεταιριστικής μορφής εάν θέλουμε να διευρύνουμε τους ορίζοντες της εφαρμογής. Μπορεί να είναι μια Ενεργειακή Κοινότητα (ΕΚΟΙΝ).

Η θέσπιση του Νόμου 4513 τον Ιανουάριο του 2018 άνοιξε νέους ορίζοντες στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των ΕΚΟΙΝ. Το νέο θεσμικό πλαίσιο επιδιώκει τη σύζευξη Κοινωνικής και Αλληλέγγυας Οικονομίας (ΚΑΛΟ Ν.4430/2016) και ενεργειακού τομέα και εισάγει έναν νέο τύπο αστικού συνεταιρισμού αποκλειστικού σκοπού, την ΕΚΟΙΝ. Οι ΕΚΟΙΝ αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη της δίκαιης ενεργειακής μετάβασης στην χώρα, αφού οι ΑΠΕ και η εξοικονόμηση ενέργειας προσφέρουν και προαπαιτούν, για την ορθή εκμετάλλυσή τους, τη γεωγραφική διασπορά των επενδύσεων και την συμμετοχή όλης της κοινωνίας σε αυτές. Οι ΕΚΟΙΝ εμπίπτουν στο πεδίο δράσης των επιχειρήσεων Κοινωνικής και Αλληλέγγυας Οικονομίας (ΚΑΛΟ) καθώς δίνουν τη δυνατότητα σε πολίτες και τοπικούς φορείς (Δήμοι, Περιφέρειες) να συμμετέχουν στον τομέα της ενέργειας, συμβάλλοντας ενεργά στον μετασχηματισμό του ενεργειακού μας μοντέλου. Έτσι, από εκεί που η ενέργεια αφορούσε λίγους «μεγάλους παίκτες», πλέον όλο και περισσότεροι θα μπορούν να γίνουν μέτοχοι σε έργα που προωθούν την προστασία του περιβάλλοντος, την καθαρή ενέργεια και τη δημιουργία τοπικής αξίας. Με αυτόν τον τρόπο, οι ΕΚΟΙΝ προωθούν την ενεργειακή δημοκρατία και διασφαλίζουν πως η ενεργειακή μετάβαση θα γίνει με όρους κοινωνικής δικαιοσύνης.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι μία τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει τόσο στις μετακινήσεις μας όσο και το ηλεκτρικό δίκτυο που θα κουβαλήσει όλο το φορτίο του μετασχηματισμού της ζωής μας στην νέα εποχή αλλά το σημαντικότερο είναι ότι το μέλλον χρειάζεται γνώση και σχεδιασμό ώστε η μετάβαση να είναι ομαλή χωρίς αποκλεισμούς προς όφελος της κοινωνίας μας. Το ταξίδι μόλις ξεκίνησε.

# Βιβλιογραφία

- [1] [www.virta.global/blog](http://www.virta.global/blog)
- [2] Γ. Κ.Βουρνάς, Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία, 2010.
- [3] G. Dubey, Fundamentals of Electrical Drives, Pangbourne: Alpha Science International, 2002
- [4] <https://www.heliev.gr/>
- [5] Διονύσιος Νέγκας, ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ – ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο., Ημερίδα ΙΔΕΕΑ, 16 Νοεμβρίου 2017 <https://www.heliev.gr/wp-content/uploads/2017>
- [6] <https://www.caradvice.com.au/257153/volvo-wireless-ev-charging-study-shows-great-potential/>
- [7] <https://www.nbcnews.com/mach/mach/futuristic-roads-may-make-recharging-electric-cars-thing-past-ncna766456>
- [8] <https://www.heliev.gr/%CE%B1%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B7-%CF%86%CF%8C%CF%81%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%B9%CE%BD/>
- [9] Η ερευνητική ομάδα SmartRue του Εργαστηρίου Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας του ΕΜΠ που συμμετείχε στο Ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα FastInCharge, Ιωάννης Καρακίτσιος, Ευάγγελος Καρφόπουλος, Νίκος Χατζηαργυρίου, 2015
- [10] U.S. Department of Commerce, “NIST Special Publication 1108 NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0”, 2010 <http://www.nist.gov/smartgrid/beginnersguide.cfm>
- [11] Δημοσίευση από τον Απόστολο Ευθυμιάδη, Δρ. Μηχανικό, Διπλ. Μηχ/γο-Ηλ/γο Μηχανικό,, Περιοδικό «ΤΕΧΝΙΚΑ», Μάρ 2019
- [12] [www.admie.gr](http://www.admie.gr)
- [13] W. Kempton, J. Tomic, “Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue,” J. Power Sources, vol. 144, no. 1, 1 Ιουνίου 2005
- [14] W. Kempton, J. Tomic, S. Letendre, A. Brooks, T. Lipman, “Vehicle-to-Grid Power: Battery, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles as Resources for Distributed Electric Power in California”, California Air Resources Board, California Environmental Protection Agency, Ιούν 2001
- [15] W. Kempton, S. Letendre, “Electric vehicles as a new power source for electric utilities”, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 2, Issue 3, σελίδες 157-175, Σεπ 1997
- [16] A. Brooks, “Vehicle-to-Grid Demonstration Project: Grid Regulation Ancillary Service with a Battery Electric Vehicle”, California Air Resources Board, California Environmental Protection Agency
- [17] Nissan LEAF Electric Car, FAQ: Features, [Online]. [http://www.nissanusa.com/leaf-electric-car/homecharging?next=ev\\_micro.overview.technology.link#\\_carwings-section](http://www.nissanusa.com/leaf-electric-car/homecharging?next=ev_micro.overview.technology.link#_carwings-section)
- [18] C. Quinn, D. Zimmerle, T. Bradley, “The effect of communication architecture on the availability, reliability, and economics of plug-in hybrid electric vehicle-to-grid ancillary services”, Journal of Power Sources, Volume 195, Issue 5.
- [19] M. Rivier, T. Gomez, R. Cossent, I. Momber, “New actors and business models for the integration of EV in power systems”, Deliverable 5.1, Project MERGE, 4 Φεβ 2011
- [20] R. Ball, N. Keers, E. Bower, M. Alexander, “Modeling electric storage devices for EVs”, Deliverable 2.1, Project “MERGE”, 4 Ιαν 2010
- [21] <https://el.wikipedia.org/wiki/Ethereum>
- [22] W. Kempton, J. Tomić, “Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue”, Journal of Power Sources, Volume 144, Issue 1, σελίδες 268-279, Ιούνιος 2005
- [24] Βέλτιστος προγραμματισμός της V2G λειτουργίας των ηλεκτρικών οχημάτων για την παροχή ενέργειας και επικουρικών υπηρεσιών στο δίκτυο, Ευάγγελος Ε. Τσιγγούνης, ΕΜΠ, Μαρ 2013
- [25] Ευφυή δίκτυα στο Ελληνικό ΣΗΕ, Βασίλειος Παπακωνσταντίνου Παν. Θεσσαλίας, 2016