

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
«ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ»



**Του φοιτητή**  
**Λεωνίδα Ιωαννίδη**  
**Αρ. Μητρώου: 505321**

**Επιβλέπων**  
**Ονοματεπώνυμο:**  
**Κιοσκερίδης Ιορδάνης**  
**Βαθμίδα: Καθηγητής**

Τίτλος Π.Ε. Συγκριτική Μελέτη ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων

Κωδικός Π.Ε. 25119

Όνοματεπώνυμο φοιτητή Λεωνίδα Ιωαννίδη

Όνοματεπώνυμο εισηγητή Ιορδάνης Κιοσκερίδης

Ημερομηνία ανάληψης Π.Ε. 07/04/2025

Ημερομηνία περάτωσης Π.Ε. 01/06/2025

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως πτυχιακή εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Λεωνίδα Ιωαννίδη που την εκπόνησε/αν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιοδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.



*«Αφιέρωση»  
Στην οικογένειά μου..*

## Πρόλογος

Η επιλογή της πτυχιακής εργασίας με τίτλο «Συγκριτική Μελέτη Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων» προήλθε από το έντονο προσωπικό ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις πράσινες τεχνολογίες στο πεδίο των μεταφορών. Η ηλεκτροκίνηση και οι υβριδικές τεχνολογίες προσφέρουν σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον, μειώνοντας τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, ενώ συγχρόνως αυξάνουν την ενεργειακή αποδοτικότητα. Η μελέτη αυτών των τεχνολογιών, καθώς και η σύγκριση τους με τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα, με βοήθησαν να κατανοήσω καλύτερα τις τεχνολογικές εξελίξεις, τις προκλήσεις και τις προοπτικές για το μέλλον των μεταφορών. Η πτυχιακή εργασία αυτή με ενίσχυσε στην ανάλυση πολυδιάστατων δεδομένων και στην κρίσιμη σκέψη, και μου έδωσε τη δυνατότητα να μελετήσω τις εφαρμογές των υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων στην καθημερινότητα, ενισχύοντας τις δεξιότητές μου στην έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία εξετάζει τη συγκριτική ανάλυση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, με στόχο να αναδείξει τα τεχνολογικά πλεονεκτήματα και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών των τεχνολογιών. Η ιστορική εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων από τα πρώτα πειραματικά μοντέλα μέχρι τα σύγχρονα, αποδοτικά οχήματα που κυκλοφορούν σήμερα, καταδεικνύει την πρόοδο στην ενεργειακή αποδοτικότητα και την μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Επιπλέον, εξετάζεται η συγκριτική ανάλυση του κόστους απόκτησης και συντήρησης αυτών των οχημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορετική τεχνολογία μπαταριών και τα οικονομικά κίνητρα που παρέχονται στους καταναλωτές. Σημαντική είναι η ανάκτηση ενέργειας μέσω της αναγεννητικής πέδησης, η οποία ενισχύει την αυτονομία των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων.

Η εργασία εξετάζει επίσης την επιρροή των υποδομών φόρτισης στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης, επισημαίνοντας τη σημασία της διαθεσιμότητας σταθμών φόρτισης για την εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων. Μέσα από τη συγκριτική ανάλυση και τη μελέτη των τεχνολογιών BMS (Συστήματος Διαχείρισης Μπαταρίας) και τις δυνατότητες υποδομών φόρτισης, η εργασία καταλήγει σε συμπεράσματα σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες των διαφορετικών τεχνολογιών. Η συμβολή της ηλεκτροκίνησης στην αειφορία και τις μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> παρουσιάζεται ως ένα από τα πιο καθοριστικά βήματα για την επίτευξη των στόχων μηδενικών εκπομπών και της πράσινης ανάπτυξης.

## «COMPARATIVE STUDY OF ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES»

**Leonidas Ioannidis**

### **Abstract**

This thesis examines the comparative analysis of electric and hybrid vehicles, aiming to highlight the technological advantages and environmental impacts of these technologies. The historical development of electric vehicles, from the first experimental models to the modern, efficient vehicles available today, demonstrates progress in energy efficiency and CO<sub>2</sub> emissions reduction. Additionally, the thesis explores the comparative analysis of acquisition and maintenance costs for these vehicles, taking into account the different battery technologies and the financial incentives provided to consumers. Significant attention is given to energy recovery through regenerative braking, which enhances the range of electric and hybrid vehicles. The work also examines the impact of charging infrastructure on the development of electromobility, emphasizing the importance of the availability of charging stations for the widespread adoption of electric vehicles. Through comparative analysis and the study of Battery Management System (BMS) technologies and charging infrastructure capabilities, the thesis concludes with findings on the strengths and weaknesses of different technologies. The contribution of electromobility to sustainability and CO<sub>2</sub> emissions reduction is presented as one of the most decisive steps towards achieving the goals of net-zero emissions and green development.

## ***Ευχαριστίες***

*Θερμές ευχαριστίες στον Καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων της Πολυτεχνικής Σχολής του ΔΠΠΑΕ, κ. Ιορδάνη Κιοσκερίδη, που χωρίς την δική του παρότρυνση και βοήθεια δεν θα είχα καταφέρει να ολοκληρώσω την παρούσα πτυχιακή.*

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	4
Περίληψη.....	5
Abstract .....	6
Ευχαριστίες .....	7
Περιεχόμενα .....	8
Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο 1ο: Ιστορική Εξέλιξη και Τεχνολογική Πρόοδος των Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων .....	10
1.1 Ιστορική εξέλιξη και τεχνολογική πρόοδος.....	10
1.2 Επιστημονική και τεχνολογική σημασία .....	15
1.3 Ορισμός και αρχές λειτουργίας ηλεκτρικών οχημάτων.....	18
1.4 Ορισμός και αρχές λειτουργίας υβριδικών οχημάτων .....	26
1.5 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά και δομή συστημάτων.....	30
1.6 Ενεργειακή απόδοση και κατανάλωση.....	32
Κεφάλαιο 2ο: Συγκριτική Ανάλυση Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων .....	39
2.1 Κριτήρια σύγκρισης.....	39
2.2 Κόστος απόκτησης και συντήρησης .....	40
2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και εκπομπές CO <sub>2</sub> .....	44
2.4 Τεχνολογικά πλεονεκτήματα και αδυναμίες .....	47
2.5 Παραδείγματα και μελέτες περίπτωσης .....	50
Κεφάλαιο 3ο: Παρούσα Κατάσταση και Προοπτικές .....	55
3.1 Νομικό και οικονομικό πλαίσιο.....	55
3.2 Υποδομές φόρτισης και ετοιμότητα αγοράς .....	56
3.3 Τάσεις και προβλέψεις μελλοντικής εξέλιξης .....	60
3.4 Πολιτικές και στρατηγικές ανάπτυξης .....	62
Κεφάλαιο 4ο: Συμπεράσματα και Προτάσεις .....	65
4.1 Συμπεράσματα της συγκριτικής μελέτης.....	65
4.2 Τεχνολογικές και πολιτικές προτάσεις .....	68
4.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	69

## Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στη συγκριτική ανάλυση των ηλεκτρικών (ΗΟ) και υβριδικών οχημάτων (ΥΟ), εστιάζοντας στις βασικές τεχνολογικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους. Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να αναδειχθούν οι διαφορές στην απόδοση, το κόστος και την περιβαλλοντική επίπτωση των δύο τύπων οχημάτων. Επιπλέον, εξετάζεται ο ρόλος των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων στην προώθηση της βιώσιμης κινητικότητας και στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, αναφέροντας παραδείγματα από την αγορά και τη χρήση τους στην Ελλάδα και διεθνώς.

Στην προσπάθεια επίτευξης του παραπάνω σκοπού αρχικά παραθέτουμε Συγκριτικό Διάγραμμα που στοχεύει στην παρουσίαση των βασικών διαρθρωτικών διαφορών μεταξύ των ηλεκτρικών, υβριδικών και παραδοσιακών οχημάτων. Οι παράμετροι που συγκρίνονται περιλαμβάνουν την κατανάλωση ενέργειας, την αυτονομία, τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, το κόστος απόκτησης και τον χρόνο φόρτισης. Η σύγκριση αυτών των παραμέτρων βοηθά στην αξιολόγηση της αποδοτικότητας, της περιβαλλοντικής επίπτωσης και του κόστους των διαφορετικών τύπων οχημάτων, ενισχύοντας έτσι το σκοπό της μελέτης να αναδείξει τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε τεχνολογίας.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην παρούσα μελέτη βασίζεται στην αναλυτική συγκριτική ανάλυση των ηλεκτρικών, υβριδικών και παραδοσιακών οχημάτων, με στόχο την αξιολόγηση των τεχνολογικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών πτυχών. Η μελέτη χωρίζεται σε πέντε κύρια κεφάλαια, τα οποία καλύπτουν την επιστημονική και τεχνολογική σημασία των οχημάτων, την τεχνολογική τους σύγκριση, την οικονομική ανάλυση, την παρούσα κατάσταση και τις προοπτικές της αγοράς, καθώς και τα συμπεράσματα και τις προτάσεις για το μέλλον.

Η δομή της εργασίας είναι σαφώς καθορισμένη ώστε να διευκολύνει τον αναγνώστη στην κατανόηση των διαφόρων πτυχών του θέματος. Κάθε κεφάλαιο διαρθρώνεται έτσι ώστε να ακολουθεί μια συνεκτική ροή, αρχίζοντας από τις βασικές έννοιες και καταλήγοντας στα πιο πρακτικά αποτελέσματα και τις προτάσεις που προκύπτουν από τη συγκριτική ανάλυση των τύπων οχημάτων.

Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση της υπάρχουσας έρευνας, τη σύγκριση των τεχνολογικών χαρακτηριστικών των οχημάτων, τη συγκέντρωση δεδομένων σχετικά με το κόστος και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, καθώς και την ανάλυση των δεδομένων από την αγορά. Παράλληλα, χρησιμοποιούνται παραδείγματα και στατιστικά για να ενισχυθεί η πρακτική διάσταση της μελέτης.

# Κεφάλαιο 1ο: Ιστορική Εξέλιξη και Τεχνολογική Πρόοδος των Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων

## 1.1 Ιστορική εξέλιξη και τεχνολογική πρόοδος

Η ιστορική εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελεί μια συναρπαστική πορεία, η οποία ξεκίνησε τον 19ο αιώνα και συνεχίζεται μέχρι σήμερα, με τη συνεχιζόμενη εξέλιξη της τεχνολογίας και τη μελλοντική προοπτική της ηλεκτροκίνησης να έχει καθοριστική σημασία για τη βιώσιμη κινητικότητα.

Ο πρώτος σημαντικός σταθμός στην ιστορία των ηλεκτρικών οχημάτων εμφανίζεται το 1832, όταν ο Σκωτσέζος εφευρέτης Robert Anderson δημιούργησε το πρώτο πειραματικό ηλεκτρικό όχημα. Το όχημα αυτό, αν και αρκετά περιορισμένο σε σχέση με τα σημερινά πρότυπα, αποτέλεσε το πρώτο βήμα προς την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης. Αν και το 1830-1900 ήταν μια περίοδος κατά την οποία τα ηλεκτρικά οχήματα εξακολουθούσαν να είναι πειραματικά και είχαν περιορισμένη χρήση, τα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής κίνησης άρχισαν να γίνονται εμφανή, όπως η απουσία ρύπων και η σιωπηλή λειτουργία.

Η πραγματική άνθηση των ηλεκτρικών οχημάτων ξεκίνησε το 1900, όταν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αντιπροσώπευαν περίπου το 1/3 της παγκόσμιας αγοράς αυτοκινήτων. Εκείνη την περίοδο, ορισμένα μοντέλα είχαν σημαντική αυτονομία και αποτελεσματικότητα, χάρη στη χρήση μπαταριών όπως οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος. Ωστόσο, με την εισαγωγή των θερμικών κινητήρων και την ανάπτυξη της βιομηχανίας παραγωγής καυσίμων, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα περιθωριοποιήθηκαν, δίνοντας τη θέση τους στα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης.

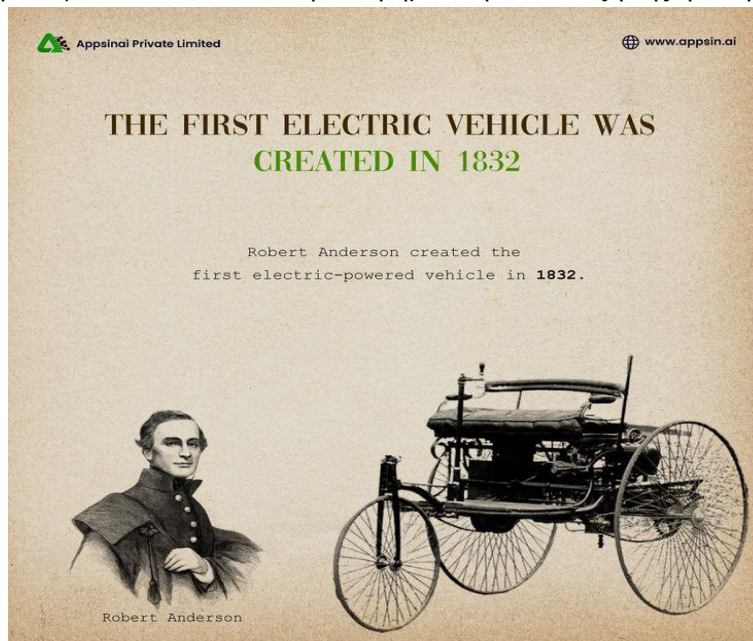
Η αναβίωση της ηλεκτροκίνησης ξεκίνησε στα τέλη του 20ού αιώνα, με την ανάπτυξη του Toyota Prius το 1997, το πρώτο συμβατικό υβριδικό όχημα. Το 2008, η εμφάνιση του Tesla Roadster, του πρώτου πλήρως ηλεκτρικού οχήματος από την Tesla, ανέδειξε τη δυνατότητα των ηλεκτρικών οχημάτων να συνδυάσουν υψηλές επιδόσεις και μεγάλη αυτονομία. Έκτοτε, η ηλεκτροκίνηση συνεχίζει να εξελίσσεται με ταχείς ρυθμούς, επηρεάζοντας θετικά το περιβάλλον και την οικονομία.

Η ιστορική εξέλιξη των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων ακολουθεί μια πορεία συνεχών βελτιώσεων, ξεκινώντας από τα πρώτα πειραματικά μοντέλα μέχρι τα σύγχρονα, αποδοτικά και οικονομικά βιώσιμα οχήματα που κυκλοφορούν στην αγορά σήμερα. Οι πρώτοι ηλεκτρικοί κινητήρες αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα, αλλά η περιορισμένη τεχνολογία των μπαταριών και η χαμηλή αποδοτικότητα τους απέτρεψαν τη μαζική παραγωγή. Ακολουθεί μια πορεία συνεχών καινοτομιών, με βασικά ορόσημα που καθόρισαν την πορεία τους προς τη σύγχρονη εποχή. Η τεχνολογική πρόοδος έχει οδηγήσει τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα σε σημείο όπου σήμερα είναι βασικοί πυλώνες για τη βιώσιμη και καθαρή κινητικότητα.

Η ιστορία της ηλεκτροκίνησης ξεκίνησε το 1832, όταν ο Σκωτσέζος εφευρέτης Robert Anderson ανέπτυξε το πρώτο πειραματικό ηλεκτρικό όχημα. Τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα ήταν πολύ αργά και χρησιμοποιούσαν μπαταρίες μολύβδου-οξέος, οι οποίες δεν

ήταν αποδοτικές και είχαν περιορισμένη διάρκεια ζωής. Παρά τα τεχνολογικά όρια της εποχής, τα πρώτα ηλεκτρικά οχήματα εμφάνιζαν τα βασικά χαρακτηριστικά της ηλεκτροκίνησης, που θα εξελίσσονταν στο μέλλον.

Ακολουθεί μια αναπαράσταση του πρώτου ηλεκτρικού οχήματος του Ρόμπερτ Άντερσον από το 1832. Η εικόνα αυτή απεικονίζει το πρώτο ηλεκτρικό όχημα που κατασκευάστηκε από τον Σκωτσέζο εφευρέτη Ρόμπερτ Άντερσον γύρω στο 1832. Το όχημα αυτό, αν και πρωτόγονο, αποτέλεσε το πρώτο βήμα στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης.



**Εικόνα 1.1.:** Αναπαράσταση πρώτου ηλεκτρικού οχήματος

Γύρω στο 1900, τα ηλεκτρικά οχήματα γνώρισαν την ακμή τους. Στην αρχή του 20ου αιώνα, ηλεκτρικά οχήματα όπως το Columbia Electric Car και το Baker Electric έγιναν δημοφιλή στην Αμερική και άλλες χώρες. Τα οχήματα αυτά είχαν μικρότερο κόστος συντήρησης σε σχέση με τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης και ήταν πιο ήσυχα. Εντούτοις, η περιορισμένη αυτονομία και η ανάπτυξη των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης άρχισαν να περιορίζουν τη διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Από το 1910 και μετά, τα θερμικά οχήματα (οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης) άρχισαν να κυριαρχούν στην αγορά, λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας του κινητήρα εσωτερικής καύσης και της διαθεσιμότητας φθηνών καυσίμων. Τα ηλεκτρικά οχήματα υποχώρησαν καθώς τα θερμικά οχήματα προσέφεραν μεγαλύτερη αυτονομία και δυνατότητες για μακρινές μετακινήσεις. Η Εταιρεία Ford με την παραγωγή του Model T ανέδειξε τα θερμικά οχήματα, τα οποία ήταν φθηνότερα στην παραγωγή και πιο προσιτά για τον μέσο καταναλωτή.

Η φωτογραφία που ακολουθεί απεικονίζει το 1917 Ford Model T Touring, ένα κλασικό παράδειγμα του πρώτου μαζικά παραγόμενου αυτοκινήτου από την Ford Motor Company. Το Model T, γνωστό και ως "Tin Lizzie", κατασκευάστηκε από το 1908 έως το 1927 και αποτέλεσε το πρώτο προσιτό αυτοκίνητο για τη μεσαία τάξη, φέρνοντας την αυτοκίνηση σε εκατομμύρια Αμερικανούς.



**Εικόνα 1.2.:** 1917 Ford Model T Touring

Η επιστροφή του ενδιαφέροντος για τα υβριδικά οχήματα έγινε με την κυκλοφορία του Toyota Prius το 1997 στην Ιαπωνία. Το Prius ήταν το πρώτο συμβατικό υβριδικό όχημα, το οποίο συνδύαζε έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με έναν ηλεκτροκινητήρα. Η τεχνολογία του Prius ανέβασε την απόδοση καυσίμου και μείωσε τις εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα. Αυτό το γεγονός αποτέλεσε την ανάσταση των υβριδικών οχημάτων και έθεσε τα θεμέλια για τη μελλοντική ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων.

Το Toyota Prius 1997, το πρώτο σύγχρονο υβριδικό όχημα που κυκλοφόρησε το 1997 στην Ιαπωνία. Αυτό το όχημα σηματοδότησε την ανάσταση των υβριδικών οχημάτων και την αρχή της πράσινης κινητικότητας.



**Εικόνα 1.3. :** Toyota Prius 1997

Από το 2010 και μετά, η ηλεκτροκίνηση υπήρξε μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη τεχνολογία. Η αυτονομία των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων έχει αυξηθεί σημαντικά, ενώ οι υποδομές φόρτισης βελτιώνονται συνεχώς, επιτρέποντας μεγαλύτερη ευχρηστία και ευκολία για τους χρήστες. Σημαντικοί παράγοντες όπως η ανάπτυξη τεχνολογίας μπαταριών λιθίου-ιονίου, η βελτίωση της ενεργειακής πυκνότητας και η ευκολία φόρτισης είναι καθοριστικοί για την επιτυχία των ηλεκτρικών οχημάτων. Στην αγορά, εταιρείες όπως η Tesla και η Nissan συνεχίζουν να καινοτομούν με μοντέλα που προσφέρουν μεγαλύτερη αυτονομία, υψηλότερη απόδοση και μείωση του κόστους αγοράς.

Στην ακόλουθη εικόνα απεικονίζεται το Tesla Model 3 σε κίνηση, αναδεικνύοντας τον σύγχρονο σχεδιασμό και την τεχνολογία του.



**Εικόνα 1.4.:** Tesla Model 3

Η ηλεκτροκίνηση έχει πλέον γίνει ένας κρίσιμος τομέας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την επίτευξη των στόχων μηδενικών εκπομπών CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050.

Η πραγματική επανάσταση ήρθε με την ανάπτυξη των μπαταριών λιθίου-ιονίου, οι οποίες προσέφεραν υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Στη συνέχεια, οι τεχνολογικές εξελίξεις στην ηλεκτροκίνηση περιλάμβαναν την ανάπτυξη πιο αποδοτικών ηλεκτροκινητήρων, βελτιώσεις στην αρχιτεκτονική των ηλεκτρικών συστημάτων και την ενσωμάτωση προηγμένων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας.

Τα υβριδικά οχήματα εμφανίστηκαν ως συνδυασμός των παραδοσιακών κινητήρων εσωτερικής καύσης και των ηλεκτροκινητήρων. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει στους χρήστες να επωφελούνται από τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων, χωρίς τους περιορισμούς της αυτονομίας, ενώ παράλληλα μειώνει τις εκπομπές ρύπων σε σύγκριση με τα παραδοσιακά οχήματα.

Η ηλεκτροκίνηση έχει καταστεί πλέον ένας από τους πιο κρίσιμους τομείς για την επίτευξη των στόχων της μείωσης εκπομπών CO<sub>2</sub> και της καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής. Οι τεχνολογίες ηλεκτροκίνησης, κυρίως τα ηλεκτρικά οχήματα (HO) και τα υβριδικά οχήματα (YO), προσφέρουν μια βιώσιμη λύση για την μείωση των ρύπων από τον τομέα των μεταφορών, που είναι ένας από τους μεγαλύτερους συντελεστές εκπομπών CO<sub>2</sub>

παγκοσμίως. Με τον παγκόσμιο στόχο της Συμφωνίας του Παρισιού να επιδιώκει τον περιορισμό της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από 2°C, η υιοθέτηση των καθαρών τεχνολογιών μεταφορών κρίνεται απαραίτητη.

Η ηλεκτροκίνηση συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων μηδενικών εκπομπών CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050, όπως καθορίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και άλλους διεθνείς οργανισμούς. Τα ηλεκτρικά οχήματα (HO) παράγουν μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, γεγονός που τα καθιστά το πιο καθαρό μέσο μετακίνησης. Σύμφωνα με την Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας (IEA), τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από τις μεταφορές κατά 80% μέχρι το 2050, αν χρησιμοποιούνται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τη φόρτιση τους (IEA, 2020). Ωστόσο, η εκπομπή CO<sub>2</sub> από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας για φόρτιση, καθώς και από την παραγωγή μπαταριών, είναι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη συνολική αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των ηλεκτρικών οχημάτων. Η υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να μειώσει τις εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας και να κάνει την ηλεκτροκίνηση ακόμη πιο βιώσιμη.

Αντίστοιχα, τα υβριδικά οχήματα (ΥΟ) συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με έναν ηλεκτροκινητήρα και προσφέρουν μια ενδιάμεση λύση. Τα υβριδικά οχήματα δεν εξαρτώνται αποκλειστικά από τις υποδομές φόρτισης και προσφέρουν μεγαλύτερη ευχρηστία και μεγαλύτερη αυτονομία σε σύγκριση με τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα. Αν και τα υβριδικά οχήματα δεν επιτυγχάνουν τις μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub> των ηλεκτρικών οχημάτων, καταγράφουν χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των ρύπων και στην ενίσχυση της βιωσιμότητας του τομέα των μεταφορών (Markel et al., 2017).

Πέρα από τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, η ηλεκτροκίνηση προσφέρει και άλλες περιβαλλοντικές και οικονομικές ωφέλειες. Η μείωση της ηχητικής ρύπανσης είναι μια από τις πιο σημαντικές, καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα είναι πολύ πιο αθόρυβα σε σύγκριση με τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα. Αυτό έχει θετική επίδραση στην ποιότητα ζωής στις πόλεις και στη μείωση της ηχορύπανσης (IEA, 2020). Η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα είναι επίσης ένα σημαντικό πλεονέκτημα της ηλεκτροκίνησης, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για την εξόρυξη και καύση ορυκτών καυσίμων.

Η πολιτική στήριξη και τα κίνητρα είναι κρίσιμα για την ενίσχυση της ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης. Οι κυβερνήσεις παγκοσμίως προσφέρουν φορολογικά κίνητρα και επιδότηση για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, προκειμένου να ενθαρρύνουν την υιοθέτησή τους και να επιταχύνουν τη μετάβαση σε πιο βιώσιμες τεχνολογίες μεταφορών. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τα ευρωπαϊκά προγράμματα όπως το Green Deal υποστηρίζουν την αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά, με στόχο τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την επίτευξη των στόχων μηδενικών εκπομπών μέχρι το 2050 (European Commission, 2020).

Αν και η ηλεκτροκίνηση είναι η πιο βιώσιμη λύση για το μέλλον, υπάρχουν αρκετές προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν. Η ανάπτυξη της υποδομής φόρτισης και η βελτίωση της τεχνολογίας των μπαταριών είναι κρίσιμες για την ευρύτερη αποδοχή των ηλεκτρικών οχημάτων. Επιπλέον, η ανάγκη για ανακύκλωση μπαταριών και η μείωση της

περιβαλλοντικής επίπτωσης της παραγωγής τους είναι άλλοι τομείς στους οποίους απαιτείται περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη (Kumar & Chinnam, 2017).

Η ηλεκτροκίνηση αναδεικνύεται ως η πιο αποτελεσματική και βιώσιμη λύση για τη μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> και την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι η βάση αυτής της μετάβασης, με τη βελτίωση της τεχνολογίας να ενισχύει περαιτέρω την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητά τους.

## 1.2 Επιστημονική και τεχνολογική σημασία

Η επιστημονική και τεχνολογική σημασία των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αφορά την κατανόηση της αναγκαιότητας και των επιπτώσεων αυτών των τεχνολογιών σε ένα σύγχρονο και βιώσιμο σύστημα μεταφορών. Η πρόοδος που επιτυγχάνεται στην αυτοκινητοβιομηχανία με την ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών συνδέεται στενά με τις περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο πλανήτης.

Η ηλεκτροκίνηση και η ανάπτυξη των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αποτελούν αναμφίβολα έναν από τους πιο σημαντικούς τομείς της σύγχρονης αυτοκινητοβιομηχανίας. Η ανάγκη για τη μετάβαση σε βιώσιμες και καθαρές λύσεις μετακίνησης είναι επιτακτική, καθώς οι σύγχρονοι μεταφορικοί τομείς προκαλούν σημαντική περιβαλλοντική υποβάθμιση λόγω των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η ηλεκτροκίνηση έρχεται να καλύψει αυτή την ανάγκη, προσφέροντας μια πιο οικολογική λύση για τις μεταφορές και συμβάλλοντας στη μείωση της ρύπανσης στις πόλεις. Στην πραγματικότητα, η ηλεκτροκίνηση έχει χαρακτηριστεί ως κλειδί για την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την επίτευξη του μηδενισμού των εκπομπών CO<sub>2</sub> έως το 2050.

Η ηλεκτροκίνηση συνδέεται άμεσα με την καθαρότερη παραγωγή ενέργειας, καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα (HO) δεν εκπέμπουν CO<sub>2</sub> κατά τη λειτουργία τους. Αν και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να προκαλεί εκπομπές CO<sub>2</sub>, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων (όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια) μπορεί να μηδενίσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> (Kumar & Chinnam, 2017). Αυτή η τεχνολογία προσφέρει μια στροφή στις μεταφορές από τα ορυκτά καύσιμα προς πιο καθαρές πηγές ενέργειας, με τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την ανάπτυξη υποδομών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η ανάπτυξη των υβριδικών οχημάτων (YO), τα οποία συνδυάζουν τον κινητήρα εσωτερικής καύσης με έναν ηλεκτροκινητήρα, προσφέρει μια ενδιάμεση λύση που επιτρέπει στους χρήστες να επωφελούνται από τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης, ενώ παραμένουν ανεξάρτητοι από τις υποδομές φόρτισης για μεγαλύτερες διαδρομές. Τα υβριδικά οχήματα συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων και των παραδοσιακών θερμικών οχημάτων, επιτρέποντας καλύτερη ευχρηστία και μεγαλύτερη αυτονομία (Markel et al., 2017). Αυτά τα οχήματα μειώνουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σύγκριση με τα παραδοσιακά οχήματα και επιτρέπουν στους χρήστες να εκμεταλλευτούν την

τεχνολογία της αναγεννητικής πέδησης για την ανάκτηση ενέργειας κατά την επιβράδυνση, βελτιώνοντας την ενεργειακή αποδοτικότητα.

Η ηλεκτροκίνηση έχει επίσης άμεσο αντίκτυπο στις κοινωνικές και οικονομικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι πόλεις και οι καταναλωτές. Η αύξηση της χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων συμβάλλει στη μείωση της ηχητικής ρύπανσης και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις αστικές περιοχές, προσφέροντας πιο ήσυχα και υγιεινά περιβάλλοντα. Η χρήση αυτών των οχημάτων επιτρέπει τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις πόλεις, μειώνοντας τις ασθένειες που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση (IEA, 2020). Επιπλέον, η ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης δημιουργεί νέες ευκαιρίες απασχόλησης στην κατασκευή μπαταριών, τη φόρτιση και την ανακύκλωση των μπαταριών, και ενισχύει την ανάπτυξη πράσινων υποδομών που υποστηρίζουν τη μετάβαση σε καθαρές μεταφορές.

Παρ' όλα αυτά, η ηλεκτροκίνηση εξακολουθεί να αντιμετωπίζει προκλήσεις που σχετίζονται με την υποδομή φόρτισης και το κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων. Η έλλειψη ενός εκτεταμένου δικτύου φόρτισης σε πολλές περιοχές παραμένει ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια για την υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Ορισμένες χώρες και πόλεις έχουν ήδη ξεκινήσει την ανάπτυξη ταχυφόρτισης, αλλά το κόστος για την εγκατάσταση φορτιστών και η ανάγκη για επενδύσεις σε υποδομές εξακολουθούν να είναι περιοριστικοί παράγοντες (Markel et al., 2017).

Οι κυβερνήσεις παγκοσμίως αναγνωρίζουν τη σημασία της ηλεκτροκίνησης στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και της ρύπανσης και εφαρμόζουν στρατηγικές πολιτικής για την ενίσχυση της ηλεκτροκίνησης. Ορισμένα από τα κίνητρα και τις επιδοτήσεις που προσφέρουν οι κυβερνήσεις περιλαμβάνουν την εκπτώσεις φόρου για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και τις επιδοτήσεις για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης, με στόχο την επιτάχυνση της μετάβασης προς τις καθαρές μεταφορές (International Energy Agency, 2020).

Η ηλεκτροκίνηση και τα υβριδικά οχήματα συνεχίζουν να εξελίσσονται και να συμβάλλουν στην επίτευξη βιώσιμων λύσεων μετακίνησης και μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Παρά τις προκλήσεις, η στήριξη από κυβερνητικές πολιτικές, η ανάπτυξη τεχνολογιών μπαταριών και η βελτίωση των υποδομών φόρτισης καθιστούν αυτά τα οχήματα την πιο υποσχόμενη λύση για το μέλλον των μεταφορών.

Η επιστημονική βάση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αφορά την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών για την αποδοτική συστήματα μεταφορών. Τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) και τα υβριδικά οχήματα (HEV) είναι σχεδιασμένα για να προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις στους παραδοσιακούς κινητήρες εσωτερικής καύσης, μειώνοντας τις επιβλαβείς εκπομπές και τη χρήση ορυκτών καυσίμων.

Τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρική ενέργεια, η οποία αποθηκεύεται στις μπαταρίες τους. Η επιστημονική έρευνα γύρω από τις μπαταρίες επικεντρώνεται στη βελτίωση της ενεργειακής πυκνότητας, της διάρκειας ζωής και της ασφαλούς λειτουργίας τους. Η τεχνολογία μπαταριών είναι το πιο σημαντικό εξάρτημα που καθορίζει τις επιδόσεις του ηλεκτρικού οχήματος, και η εξέλιξή της επηρεάζει άμεσα την αποδοτικότητα και την οικονομία της ηλεκτροκίνησης.

Τα υβριδικά οχήματα συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) και έναν ηλεκτροκινητήρα, επιτρέποντας στους χρήστες να επωφελούνται από τα πλεονεκτήματα της

ηλεκτροκίνησης και της καύσης καυσίμων. Ο συνδυασμός αυτών των δύο τεχνολογιών επιτρέπει στα υβριδικά οχήματα να έχουν αυξημένη αυτονομία σε σχέση με τα πλήρως ηλεκτρικά, ενώ παράλληλα προσφέρουν χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα.

Η εξέλιξη των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι συνδεδεμένη με τη μελέτη και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που αφορούν τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας (BMS), τη βελτιστοποίηση της ανακύκλωσης των μπαταριών και την ανάκτηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της πέδησης. Η βελτίωση αυτών των τεχνολογιών έχει σημαντικό αντίκτυπο στην επιστημονική κοινότητα και επιταχύνει την ανάπτυξη των πράσινων τεχνολογιών μετακίνησης.

Η τεχνολογική σημασία των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων έγκειται στη συνεχιζόμενη βελτίωση των αποδόσεών τους και στην ενσωμάτωσή τους σε έξυπνα δίκτυα ενέργειας (smart grids). Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την αποδοτικότερη διαχείριση της ενέργειας σε επίπεδο πόλης και επιτρέπει την ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ του οχήματος και του δικτύου (vehicle-to-grid), συμβάλλοντας στην ισχύ των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στην ευστάθεια του ενεργειακού συστήματος.

Η ανάκτηση ενέργειας μέσω των συστημάτων αναγεννητικής πέδησης στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, επιτρέπει την ανατροφοδότηση ενέργειας στις μπαταρίες κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης του οχήματος. Αυτό βελτιώνει την ενεργειακή αποδοτικότητα των οχημάτων, κάνοντάς τα πιο αποδοτικά και με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα.

Τα υβριδικά οχήματα προσφέρουν επίσης καινοτομίες στον τομέα της τεχνολογίας διαχείρισης ενέργειας. Ο ηλεκτροκινητήρας συνεργάζεται με τον κινητήρα εσωτερικής καύσης για να βελτιώσει τη γενική απόδοση του οχήματος. Η συνεχής παρακολούθηση και η βελτιστοποίηση της ενέργειας που παρέχεται στους κινητήρες από τη μπαταρία ή το καύσιμο επιτρέπει τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης.

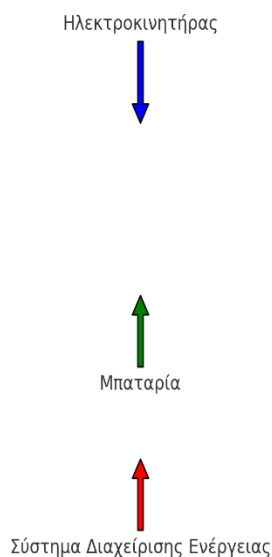
Οι τεχνολογίες φόρτισης παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων. Η ταχεία φόρτιση και η ευκολία πρόσβασης στους σταθμούς φόρτισης αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Η δημιουργία υποδομών φόρτισης με επαρκή κάλυψη και ταχύτητα φόρτισης ενισχύει την πρακτικότητα και την ευχρηστία των ηλεκτρικών οχημάτων.

Στην τεχνολογία των υβριδικών οχημάτων, οι εξελίξεις επικεντρώνονται στην υβριδική μετάδοση, που επιτρέπει στους κινητήρες εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικούς κινητήρες να συνεργάζονται για τη βελτίωση της κατανάλωσης καυσίμου και της μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η συνεχής βελτίωση της τεχνολογίας της μπαταρίας επιτρέπει τη μείωση του κόστους, τη βελτίωση της απόδοσης και την αύξηση της διάρκειας ζωής των συστημάτων.

Η επιστημονική και τεχνολογική σημασία των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων δεν περιορίζεται μόνο στην περιβαλλοντική αποδοτικότητα, αλλά επηρεάζει επίσης την ευρύτερη κοινωνία, την οικονομία και την τεχνολογία. Αυτές οι τεχνολογίες συμβάλλουν στη δημιουργία πιο βιώσιμων και αποδοτικών συστημάτων μεταφορών, ενσωματώνοντας τις τελευταίες εξελίξεις στην ηλεκτροκίνηση και παρέχουν λύσεις που ενισχύουν την προστασία του περιβάλλοντος και μειώνουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

Η συνεχιζόμενη έρευνα και εξέλιξη στον τομέα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων θα συνεχίσει να έχει βαθύ αντίκτυπο στην εξέλιξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την ενεργειακή αποδοτικότητα και τη μείωση της ρύπανσης. Οι τεχνολογίες αυτές είναι το κλειδί για το μέλλον της βιώσιμης κινητικότητας και τη μετάβαση σε καθαρές και αποδοτικές μορφές ενέργειας.

Προκειμένου να υπάρχει μια κατ'αρχάς κατανόηση της λειτουργίας του ηλεκτρικού οχήματος και της αλληλεπίδρασης των διαφορετικών τεχνολογιών που το συνθέτουν, παραθέτουμε το Διάγραμμα Δομής Ηλεκτρικού Οχήματος, προκειμένου να υπάρχει μια πρώτη οπτική αναπαράσταση των κύριων συνιστωσών που αποτελούν το σύστημα του ηλεκτρικού οχήματος. Οι βασικές συνιστώσες περιλαμβάνουν τον ηλεκτροκινητήρα, τη μπαταρία, το σύστημα διαχείρισης ενέργειας και το μετατροπέα ισχύος.



### 1.3 Ορισμός και αρχές λειτουργίας ηλεκτρικών οχημάτων

Τα ηλεκτρικά οχήματα (ΗΟ) είναι οχήματα που χρησιμοποιούν έναν ηλεκτροκινητήρα για την κίνηση τους, με τροφοδοσία από μια μπαταρία που αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά οχήματα, τα ηλεκτρικά οχήματα δεν χρησιμοποιούν κινητήρες εσωτερικής καύσης, με αποτέλεσμα να έχουν μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της κίνησης τους.

Ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί μέσω ενός συστήματος που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια από τη μπαταρία σε κινητική ενέργεια. Το σύστημα είναι ιδιαίτερα αποδοτικό, καθώς η αναλογία ενέργειας που καταναλώνεται για την κίνηση του οχήματος είναι υψηλή σε σύγκριση με τα θερμικά οχήματα.

Η εικόνα παρουσιάζει τον ηλεκτροκινητήρα Quark της σουηδικής εταιρείας Koenigsegg, έναν από τους πιο προηγμένους και αποδοτικούς ηλεκτροκινητήρες που έχουν σχεδιαστεί για χρήση σε ηλεκτρικά υπερυποκίνητα.



Εικόνα 1.5: Ηλεκτροκινητήρα Quark

Στο κέντρο του κάδρου κυριαρχεί ο κυλινδρικός ηλεκτροκινητήρας με εμφανή την επιγραφή RAXIAL FLUX, που είναι ένας όρος που συνδυάζει δύο τεχνολογίες ροής: την αξονική (axial) και την ακτινική (radial), ώστε να πετυχαίνεται υψηλή πυκνότητα ροπής με μικρό μέγεθος και βάρος. Πάνω στο σώμα του κινητήρα αναγράφονται και οι κορυφαίες επιδόσεις του: Peak power: 250 kW και Peak torque: 600 Nm.

Στα αριστερά του ηλεκτροκινητήρα, τοποθετείται ένα κουτάκι ενεργειακού ποτού με το brand Clean by Koenigsegg, το οποίο χρησιμοποιείται εδώ ως μέτρο σύγκρισης μεγέθους. Η παρουσία του κουτιού αναδεικνύει την ιδιαίτερα συμπαγή διάσταση του κινητήρα, που παρά την ισχύ του, παραμένει εξαιρετικά μικρός και ελαφρύς (μόλις 28,5 κιλά).

Η σχεδίαση του κινητήρα είναι υψηλής ακρίβειας και μηχανολογικής λεπτομέρειας, με τις ενώσεις, τους αγωγούς ψύξης και τους ακροδέκτες να είναι εμφανώς τοποθετημένοι, τονίζοντας τη μηχανολογική τελειότητα και την τεχνολογική πρωτοπορία του προϊόντος.

Ο ηλεκτροκινητήρας Quark ενσωματώνεται σε προηγμένες ηλεκτρικές πλατφόρμες και σε συνδυασμό με άλλους παρόμοιους κινητήρες και μονάδες ισχύος της Koenigsegg, όπως η μονάδα "Terrier", αποτελεί μια κορυφαία λύση για απόδοση, αποδοτικότητα και ελαφριά ηλεκτροκίνηση. Είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα του πώς η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται με εξαιρετική απόδοση σε μηχανική κίνηση, ξεπερνώντας κατά πολύ την απόδοση των παραδοσιακών θερμικών κινητήρων.

Η αρχή λειτουργίας των ηλεκτρικών οχημάτων βασίζεται σε τρεις κύριες συνιστώσες: την μπαταρία, τον ηλεκτροκινητήρα και το σύστημα διαχείρισης ενέργειας. Η μπαταρία αποθηκεύει την ηλεκτρική ενέργεια και τροφοδοτεί τον κινητήρα, ενώ το σύστημα διαχείρισης ενέργειας εξασφαλίζει την αποδοτική κατανάλωση ενέργειας.

Τα ηλεκτρικά οχήματα (Electric Vehicles - EVs) αποτελούν μια τεχνολογικά προηγμένη λύση στον τομέα των μεταφορών, αξιοποιώντας αποκλειστικά την ηλεκτρική ενέργεια για την πρόωση, μέσω μιας σειράς εξειδικευμένων τεχνικών συστημάτων. Ο

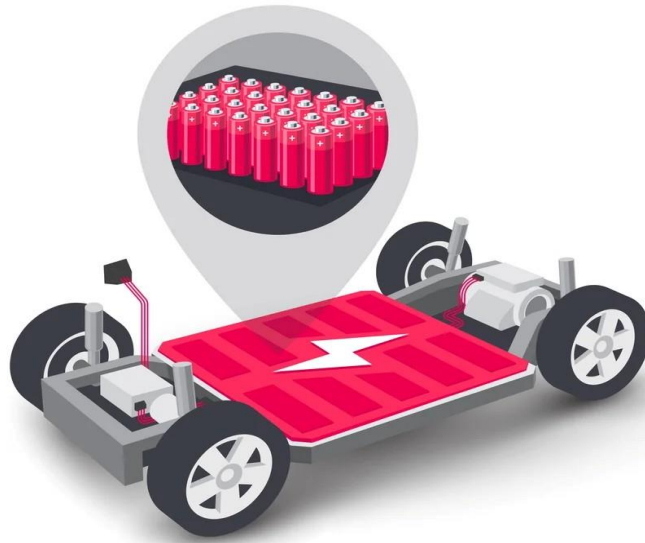
βασικός κορμός αυτής της τεχνολογίας περιλαμβάνει τον ηλεκτροκινητήρα, τη συστοιχία μπαταριών, το σύστημα διαχείρισης ενέργειας και τον μετατροπέα ισχύος, τα οποία συνεργάζονται με σκοπό τη μέγιστη αποδοτικότητα και την ελαχιστοποίηση των εκπομπών ρύπων (Ehsani, Gao, & Emadi, 2018).

Στην καρδιά του ηλεκτρικού οχήματος βρίσκεται ο ηλεκτροκινητήρας, ο οποίος μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Οι κινητήρες αυτοί – κυρίως σύγχρονοι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (AC induction motors) ή κινητήρες μόνιμων μαγνητών – παρέχουν υψηλή ροπή από το μηδέν και εξαιρετική επιτάχυνση, χωρίς την ανάγκη για συμβατικό κιβώτιο ταχυτήτων. Η ισχύς τους συνήθως κυμαίνεται από 100 έως 250 kW, ενώ η ροπή μπορεί να φτάσει έως και τα 450 Nm, εξασφαλίζοντας επιδόσεις ανώτερες από πολλά συμβατικά οχήματα (Chan, 2007).

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-ion) αποτελούν το κυρίαρχο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας στα σύγχρονα EVs. Διακρίνονται για την υψηλή ενεργειακή πυκνότητα (150–250 Wh/kg), τη δυνατότητα ταχείας φόρτισης (10–15 λεπτά σε υποδομές DC ταχείας φόρτισης) και τον αυξημένο κύκλο ζωής, που ξεπερνά τους 1.000 κύκλους φόρτισης ή περίπου 8–10 έτη χρήσης (IEA, 2023). Η ονομαστική τάση ενός πλήρους πακέτου μπαταριών κυμαίνεται συνήθως από 300 έως 400 V, ανάλογα με το μοντέλο και τη διαμόρφωση.

Η σύνδεση των κυττάρων της μπαταρίας σε σειρά ή παράλληλα παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόδοση των μπαταριών ιόντων λιθίου, οι οποίες χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα (EV). Τα κυττάρα της μπαταρίας είναι η μικρότερη μονάδα μίας μπαταρίας ιόντων λιθίου, όπου η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της μετακίνησης των ιόντων λιθίου από κόμβο σε κόμβο. Η διάταξη των κυττάρων μέσα σε ένα μοντέλο καθορίζει την απόδοση και τις δυνατότητες της μπαταρίας. Η διάταξη των κυττάρων είναι μια μηχανική διαδικασία που ρυθμίζει την τάση και την ενεργειακή χωρητικότητα της μπαταρίας για να καλύψει τις ανάγκες του οχήματος, όπως είναι το ηλεκτρικό όχημα (James, 2023).

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η απλοποιημένη απεικόνιση του συστήματος πρόωσης ενός ηλεκτρικού οχήματος, με ιδιαίτερη έμφαση στο μπαταριακό σύστημα που αποτελεί την "καρδιά" της ηλεκτροκίνησης. Δείχνει πώς η ενέργεια αποθηκεύεται σε επιμέρους κυψέλες και πώς διανέμεται προς τα ηλεκτρικά εξαρτήματα του οχήματος.



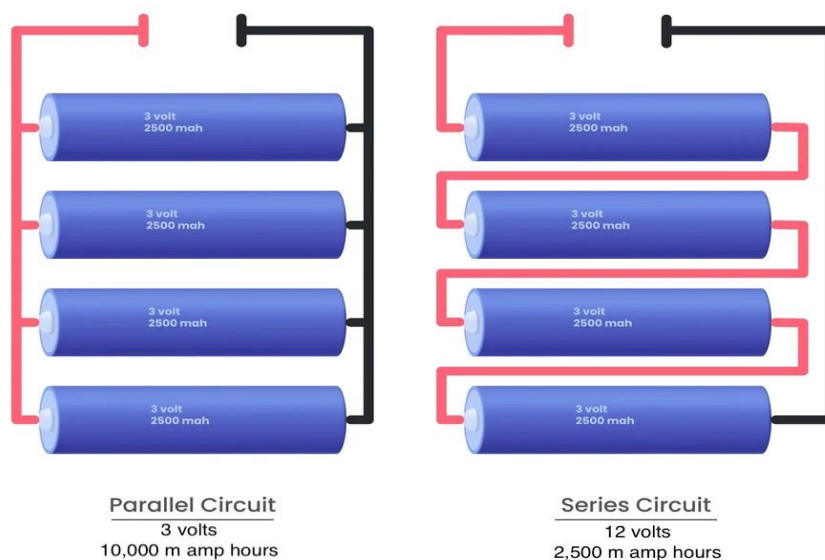
**Εικόνα 1.6:** Απεικόνιση του συστήματος πρόωσης ενός ηλεκτρικού οχήματος

Όταν τα κυττάρα συνδέονται σε σειρά, ο θετικός πόλος ενός κυττάρου συνδέεται με τον αρνητικό πόλο του επόμενου κυττάρου, τοποθετώντας τα κυττάρα σε σειρά. Η σύνδεση των κυττάρων σε σειρά αυξάνει την τάση και την αποδοτικότητα, χρησιμοποιώντας λιγότερο ηλεκτρικό ρεύμα για να επιτευχθεί το ίδιο αποτέλεσμα. Η ισχύς που καταναλώνει μια συσκευή είναι ίση με την τάση λειτουργίας πολλαπλασιασμένη με το ρεύμα που τραβάει. Αυξάνοντας την τάση, μειώνεται το ρεύμα που απαιτείται για τη λειτουργία της συσκευής. Ένα χαμηλότερο ρεύμα σημαίνει λιγότερη θερμότητα, κάτι που είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο στα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς οι μπαταρίες ιόντων λιθίου δεν αντέχουν στη θερμότητα. Η μείωση του ρεύματος επιτρέπει επίσης τη χρήση λεπτότερων καλωδίων, μειώνοντας το βάρος και τον όγκο του συστήματος μπαταρίας και κινητήρα. Ελαφρύτερες μπαταρίες σημαίνουν πιο ελαφριά και ευέλικτα οχήματα και περισσότερος χώρος για άλλες λειτουργίες.

Αντιθέτως, η σύνδεση των κυττάρων παράλληλα συνδέει όλους τους θετικούς πόλους των κυττάρων μεταξύ τους και όλους τους αρνητικούς πόλους μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση, η τάση παραμένει η ίδια, αλλά η χωρητικότητα (μετρημένη σε αμπερώρια - Ah) αυξάνεται. Κάθε επιπλέον κύτταρο που συνδέεται παράλληλα αυξάνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Αυτό επιτρέπει στη μπαταρία να διαρκεί περισσότερο και αν ένα κύτταρο αποτύχει, τα υπόλοιπα κυττάρα συνεχίζουν να παρέχουν ενέργεια. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η συνολική διαθέσιμη ενέργεια (συνήθως μετρημένη σε κιλοβατώρες - kWh) παραμένει η ίδια, ανεξαρτήτως του τρόπου σύνδεσης των κυττάρων μέσα στο μοντέλο.

Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει δύο βασικούς τρόπους σύνδεσης μπαταριών: την παράλληλη σύνδεση στα αριστερά και τη σύνδεση σε σειρά στα δεξιά. Και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ίδιες μπαταρίες, καθεμία από τις οποίες έχει τάση 3 volt και χωρητικότητα 2500 mAh (milliampere hour). Ο τρόπος σύνδεσης επηρεάζει τόσο την τελική τάση του συστήματος όσο και τη συνολική χωρητικότητα που διαθέτουμε για χρήση. Η φωτογραφία αποτυπώνει με σαφήνεια τη βασική διαφορά ανάμεσα στις δύο συνδέσεις: στη

μία αυξάνουμε τη «διάρκεια» (παράλληλη) ενώ στην άλλη τη «δύναμη» (σειρά). Η επιλογή ανάμεσα στους δύο τρόπους σύνδεσης εξαρτάται από τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής.



**Εικόνα 1.7:** Βασικοί τρόποι σύνδεσης μπαταριών

Στην παράλληλη σύνδεση, οι μπαταρίες τοποθετούνται με τρόπο ώστε όλοι οι θετικοί πόλοι να είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους και όλοι οι αρνητικοί επίσης μεταξύ τους. Αυτό φαίνεται καθαρά στην αριστερή πλευρά της εικόνας, όπου τέσσερις ίδιες μπαταρίες έχουν ενωθεί παράλληλα. Στην περίπτωση αυτή, η συνολική τάση παραμένει ίδια με εκείνη μιας μόνο μπαταρίας, δηλαδή 3 volt, αλλά η χωρητικότητα προστίθεται: τέσσερις μπαταρίες των 2500 mAh μας δίνουν συνολική ενέργεια 10.000 mAh. Αυτό σημαίνει πως το σύστημα θα μπορεί να παρέχει ρεύμα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, χωρίς να αυξάνεται όμως η τάση. Πρόκειται για ιδανική επιλογή σε εφαρμογές όπου χρειαζόμαστε σταθερή τάση αλλά επιθυμούμε μεγάλη διάρκεια λειτουργίας, όπως σε φακούς, απλές φορητές συσκευές ή μικρές ηλεκτρονικές κατασκευές.

Αντίθετα, στη δεξιά πλευρά της εικόνας παρουσιάζεται η σύνδεση σε σειρά. Εδώ οι μπαταρίες συνδέονται με τέτοιο τρόπο ώστε ο θετικός πόλος της μίας να ενώνεται με τον αρνητικό της επόμενης, δημιουργώντας μια αλυσίδα. Το αποτέλεσμα αυτής της διάταξης είναι ότι οι τάσεις των επιμέρους μπαταριών προστίθενται μεταξύ τους. Συνεπώς, τέσσερις μπαταρίες των 3 volt μας δίνουν συνολική τάση 12 volt. Ωστόσο, η χωρητικότητα δεν αυξάνεται – παραμένει 2500 mAh, όσο δηλαδή μιας μόνο μπαταρίας. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα έχει μεγαλύτερη ισχύ, καθώς μπορεί να κινήσει συσκευές που χρειάζονται υψηλότερη τάση, αλλά η διάρκεια λειτουργίας του παραμένει περιορισμένη. Η σειριακή

σύνδεση είναι κατάλληλη για εργαλεία, μοτέρ, ή ηλεκτρονικές συσκευές που απαιτούν υψηλότερη τάση για να λειτουργήσουν σωστά.

Αυτή η αναγνώριση των διατάξεων σύνδεσης σε σειρά και παράλληλα είναι ιδιαίτερα σημαντική για την κατανόηση της απόδοσης και της κατανάλωσης ενέργειας των μπαταριών. Τα κυττάρα που συνδέονται σε σειρά για να αυξήσουν την τάση θα επιτύχουν μεγαλύτερη ταχύτητα φόρτισης και θα επιτρέψουν μεγαλύτερη απόδοση, ενώ η παράλληλη σύνδεση θα επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής και τη χρησιμοποιούμενη ενέργεια.

Το Tesla Model S είναι ένα από τα πιο διάσημα παραδείγματα πλήρως ηλεκτρικών οχημάτων, το οποίο έχει επιτύχει σημαντική αύξηση της αυτονομίας λόγω της συνεχιζόμενης βελτίωσης της ενεργειακής πυκνότητας των μπαταριών ιόντων λιθίου. Σημαντικό πλεονέκτημα αυτού του οχήματος είναι η χρήση του δικτύου Supercharger της Tesla, που επιτρέπει τη γρήγορη φόρτιση και μειώνει τους χρόνους αναμονής. Η φόρτιση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθιστά το Tesla Model S ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον (Kumar & Chinnam, 2017).

Επιπλέον, τα υβριδικά οχήματα όπως το Toyota Prius συνδυάζουν ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμο, επιτρέποντας μεγαλύτερη ευχρηστία και αυτονομία, ενώ μειώνουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα. Το Prius, με την ανάκτηση ενέργειας μέσω της αναγεννητικής πέδησης, επιτυγχάνει μειωμένη κατανάλωση καυσίμου, ενώ προσφέρει χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub>.

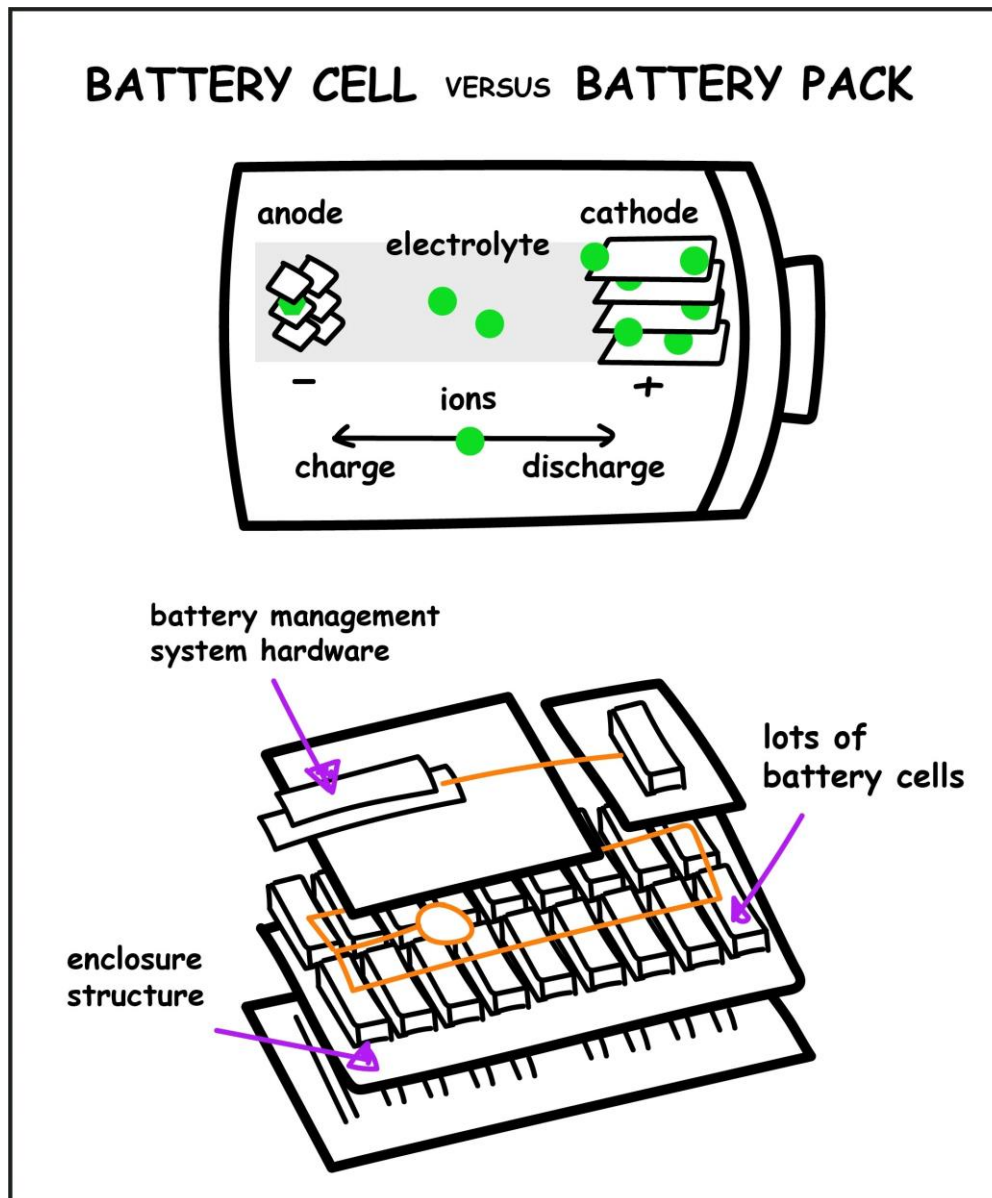
Η συνέχιση της έρευνας για την ανάπτυξη καλύτερων συστημάτων φόρτισης και μπαταριών, καθώς και η δημιουργία υποδομών φόρτισης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είναι καθοριστική για την εξάπλωση της ηλεκτροκίνησης και τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον τομέα των μεταφορών (International Energy Agency, 2020).

Η εικόνα παρουσιάζει με απλό και κατανοητό τρόπο τη βασική διαφορά ανάμεσα σε ένα battery cell (στοιχείο μπαταρίας) και ένα battery pack (πακέτο μπαταριών), δίνοντας έμφαση στη δομή και τη λειτουργία του καθενός.

Στο πάνω μέρος της εικόνας απεικονίζεται ένα μεμονωμένο στοιχείο μπαταρίας, δηλαδή το βασικό δομικό κύτταρο που αποθηκεύει και παρέχει ενέργεια. Το στοιχείο αυτό περιέχει έναν άνοδο (αρνητικό ηλεκτρόδιο), έναν κάθοδο (θετικό ηλεκτρόδιο) και ένα υλικό ανάμεσά τους που ονομάζεται ηλεκτρολύτης. Κατά τη φόρτιση, τα ιόντα κινούνται από την καθόδου προς την άνοδο, ενώ κατά την εκφόρτιση ακολουθούν την αντίστροφη πορεία, δηλαδή μετακινούνται από την άνοδο προς την καθόδου. Αυτή η κίνηση των ιόντων είναι εκείνη που επιτρέπει στη μπαταρία να αποθηκεύει και να απελευθερώνει ενέργεια.

Στο κάτω μέρος της εικόνας παρουσιάζεται ένα battery pack, δηλαδή ένα συγκρότημα που περιλαμβάνει πολλά στοιχεία μπαταριών ενωμένα μεταξύ τους. Αυτά τα στοιχεία συνδυάζονται ώστε να παρέχουν την απαιτούμενη τάση και χωρητικότητα για εφαρμογές υψηλότερης απαίτησης, όπως για παράδειγμα στα ηλεκτρικά οχήματα. Εκτός από τα ίδια τα στοιχεία, το battery pack περιλαμβάνει και ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης μπαταρίας, γνωστό ως Battery Management System (BMS). Το BMS είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση της κατάστασης κάθε στοιχείου, την εξισορρόπηση των φορτίσεων και την αποφυγή κινδύνων όπως η υπερφόρτιση ή η υπερθέρμανση. Όλα αυτά τα εξαρτήματα είναι τοποθετημένα μέσα σε μία δομική μονάδα (enclosure structure) που τα συγκρατεί και τα προστατεύει.

Η συγκεκριμένη εικόνα βοηθά στο να κατανοήσουμε πως η τεχνολογία των μπαταριών δεν περιορίζεται σε ένα μόνο στοιχείο. Στην πράξη, αυτό που χρησιμοποιούμε – ειδικά σε μεγαλύτερες εφαρμογές – είναι μία οργανωμένη μονάδα πολλών στοιχείων μαζί, με επιπλέον υποσυστήματα που εξασφαλίζουν την ασφάλεια και την απόδοση. Ένα απλό battery cell είναι το θεμέλιο, ενώ το battery pack είναι το τελικό, εξελιγμένο προϊόν έτοιμο για χρήση σε πραγματικές συνθήκες.



Εικόνα 1.8: Σύστημα μονάδων στοιχείων μπαταριών

Το σύστημα διαχείρισης μπαταριών (Battery Management System - BMS) είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση και την ασφάλεια της μπαταρίας. Ελέγχει τις τιμές τάσης ανά κύτταρο (3.6–4.2 V), τη θερμοκρασία λειτουργίας (συνήθως από 20 έως 60°C), και παρέχει προστασία από υπερθέρμανση ή υπερφόρτιση. Το BMS εξασφαλίζει την αξιοπιστία

του συστήματος και επεκτείνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, αποτελώντας ένα από τα κρίσιμα υποσυστήματα του EV (Ehsani et al., 2018).

Ιδιαίτερη σημασία έχει και ο μετατροπέας ισχύος (inverter), ο οποίος μετασχηματίζει το συνεχές ρεύμα (DC) της μπαταρίας σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) για να τροφοδοτηθεί ο κινητήρας, και αντίστροφα κατά την πέδηση με ανάκτηση ενέργειας (regenerative braking). Ο inverter διαχειρίζεται επίσης το φρενάρισμα και την ανατροφοδότηση της ενέργειας στη μπαταρία, με απόδοση που αγγίζει το 95% σε σύγχρονα μοντέλα (Chan, 2007).

Τέλος, η υποδομή φόρτισης παίζει καθοριστικό ρόλο στην πρακτική λειτουργικότητα των EVs. Διακρίνεται σε AC φορτιστές (οικιακή ή αργή φόρτιση, 7–22 kW) και DC ταχυφορτιστές (50–150 kW), με τους δεύτερους να προσφέρουν φόρτιση σε 30–60 λεπτά. Η διαθεσιμότητα δημόσιων και ιδιωτικών σταθμών φόρτισης είναι κλειδί για την υιοθέτηση των EVs σε ευρεία κλίμακα (IEA, 2023).

Συνολικά, η τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων προοδεύει με ραγδαίο ρυθμό, ενσωματώνοντας εξελίξεις στην ηλεκτροκίνηση, την αποθήκευση ενέργειας και τη διαχείριση ισχύος, και καθιστώντας τα EVs όχι μόνο εναλλακτικά μέσα μεταφοράς, αλλά τη βασική κατεύθυνση της βιώσιμης κινητικότητας του μέλλοντος.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζεται η τεχνική ανάλυση του ηλεκτρικού οχήματος.

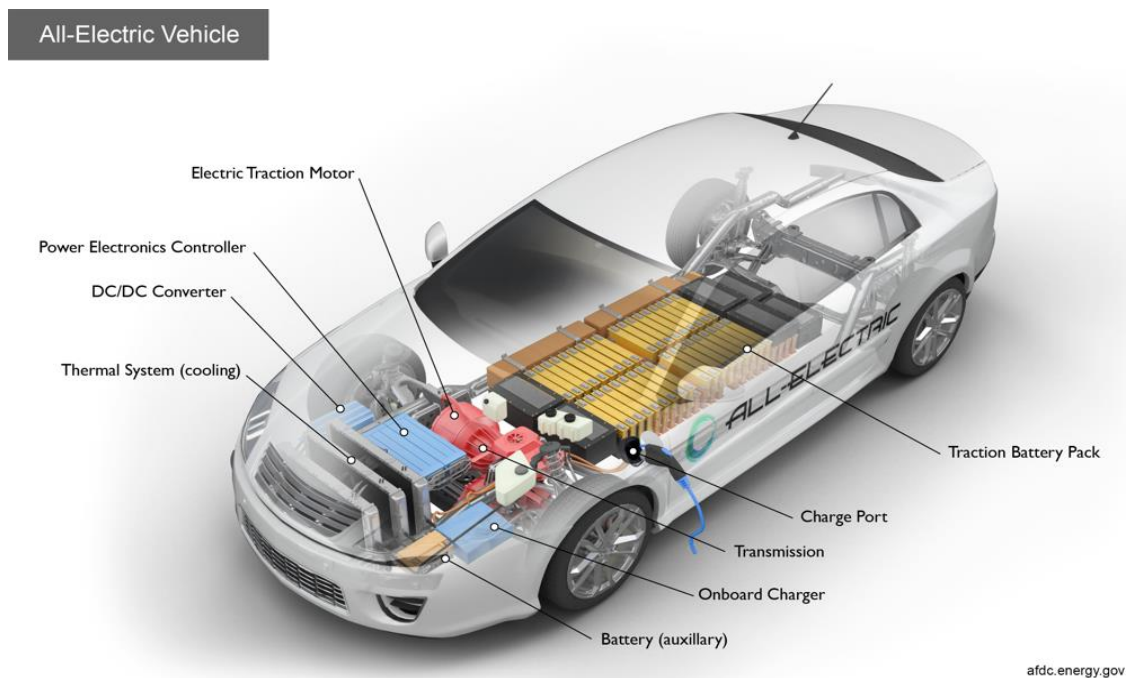
Στοιχεία	Περιγραφή	Τεχνικά Στοιχεία
Μπαταρίες Ηλεκτρικών Οχημάτων	Αποθήκευση και παροχή ενέργειας στον ηλεκτροκινητήρα	150-250 Wh/kg, 300-400 V, 10-15 λεπτά φόρτιση, 8-10 έτη/1000+ κύκλοι
Ηλεκτροκινητήρες	Μετατροπή ηλεκτρικής σε κινητική ενέργεια	200-450 Nm, 85%-95% απόδοση, 100-250 kW, 200-250 km/h
Σύστημα Διαχείρισης Μπαταρίας (BMS)	Παρακολούθηση φόρτισης, τάσης, θερμοκρασίας και ασφάλειας	3.6-4.2 V/κύτταρο, 20-60°C, αναφορά σφαλμάτων, έλεγχος φόρτισης
Φορτιστές (Υποδομή)	Εξωτερική παροχή ενέργειας σε AC/DC φορτιστές	AC: 7-22 kW, DC: 50-150 kW, 30-60 λεπτά φόρτισης, επίπεδα 1-3

**Πίνακας 1.9:** Τεχνική Ανάλυση Ηλεκτρικού Οχήματος

Αυτά τα βασικά τεχνικά συστατικά, σε συνδυασμό με την πρόοδο της τεχνολογίας και τις πολιτικές προώθησης της ηλεκτροκίνησης, διαμορφώνουν τον πυρήνα της εξέλιξης των ηλεκτρικών οχημάτων, συμβάλλοντας στην πράσινη μετάβαση και στη βιώσιμη κινητικότητα του μέλλοντος.

Ακολουθεί η δομική απεικόνιση ενός αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος (EV), που δείχνει βασικά εξαρτήματα όπως την κύρια μπαταρία (traction battery), τον ηλεκτροκινητήρα, το

σύστημα ελέγχου ισχύος και τον φορτιστή. Το EV αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια στη μπαταρία και τη χρησιμοποιεί για την κίνηση μέσω του ηλεκτροκινητήρα, χωρίς κινητήρα καύσης. Έτσι, τα ηλεκτρικά οχήματα δεν εκπέμπουν ρύπους κατά την κίνησή τους και παρουσιάζουν υψηλή απόδοση λόγω λιγότερων απωλειών και κινούμενων μερών.



**Εικόνα 1.10:** Δομική απεικόνιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου (Πηγή: NREL U.S. DOE, Alternative Fuels Data Center)

#### 1.4 Ορισμός και αρχές λειτουργίας υβριδικών οχημάτων

Η ενότητα αυτή εξετάζει τις βασικές τεχνολογίες των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, εστιάζοντας στα τέσσερα βασικά συστήματα που καθορίζουν την απόδοση, την οικονομία και τη βιωσιμότητα των οχημάτων αυτών: τον ηλεκτροκινητήρα, τις μπαταρίες, το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (BMS) και τις υποδομές φόρτισης.

Ο ηλεκτροκινητήρας αποτελεί την καρδιά της ηλεκτροκίνησης, καθώς μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στις μπαταρίες σε κινητική ενέργεια, επιτρέποντας την κίνηση του οχήματος. Οι ηλεκτροκινητήρες χαρακτηρίζονται από την υψηλή τους αποδοτικότητα, η οποία μπορεί να φτάσει το 90%, σε σύγκριση με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης που έχουν απόδοση γύρω από το 30% (IEA, 2020). Εξαιτίας αυτής της υψηλής απόδοσης, τα ηλεκτρικά οχήματα καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για να διανύσουν την ίδια απόσταση, με αποτέλεσμα μειωμένα λειτουργικά κόστη και περιορισμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί επίσης πολύ πιο αθόρυβα σε σχέση με τους παραδοσιακούς κινητήρες εσωτερικής καύσης, μειώνοντας τη θορυβώδη ρύπανση.

Οι μπαταρίες λιθίου-ιονίου είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία μπαταρίας για τα ηλεκτρικά οχήματα, λόγω της υψηλής τους ενεργειακής πυκνότητας και της μακροχρόνιας διάρκειας ζωής τους. Αυτές οι μπαταρίες είναι ικανές να προσφέρουν μεγάλες αυτονομίες (300-500 χιλιόμετρα για τα περισσότερα οχήματα) και γρήγορη φόρτιση (Kumar & Chinnam, 2017). Ωστόσο, οι μπαταρίες λιθίου-ιονίου παρουσιάζουν περιορισμούς όσον αφορά τη διαχείριση θερμότητας και το κόστος παραγωγής. Η έρευνα για τις solid-state μπαταρίες έχει δείξει ότι αυτές οι μπαταρίες προσφέρουν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, ασφάλεια και ταχύτερη φόρτιση (IEA, 2020). Παρά τα πλεονεκτήματα, η παραγωγή αυτών των μπαταριών είναι ακόμα ακριβή και η ευρεία υιοθέτησή τους απαιτεί συνέχιση της έρευνας για μείωση του κόστους.

Με την πρόοδο στις τεχνολογίες μπαταριών και την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης, τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα αναμένεται να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και στη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου και καθαρού μέλλοντος για τις μεταφορές.

Το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (BMS) είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και τη διαχείριση των μπαταριών σε ένα ηλεκτρικό ή υβριδικό όχημα. Διασφαλίζει τη σταθερότητα και τη μακροχρόνια απόδοση των μπαταριών, παρακολουθώντας τη φόρτιση και εκφόρτιση τους. Ένα αποδοτικό BMS αυξάνει τη διάρκεια ζωής των μπαταριών, διασφαλίζοντας ότι οι μπαταρίες λειτουργούν εντός των βέλτιστων ορίων θερμοκρασίας και τάσης (Markel et al., 2017). Επιπλέον, το BMS ελέγχει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά την ανάκτηση ενέργειας, βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση του οχήματος, και συμβάλλει στη διαχείριση του ενεργειακού ισοζυγίου για μεγιστοποίηση της αυτονομίας του οχήματος.

Οι φορτιστές και οι υποδομές φόρτισης αποτελούν κρίσιμο παράγοντα για την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων σε ευρεία κλίμακα. Οι φορτιστές ταχείας φόρτισης (DC Fast Chargers) επιτρέπουν τη γρήγορη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων σε μόλις 30-60 λεπτά, επιτρέποντας στους χρήστες να συνεχίσουν το ταξίδι τους χωρίς σημαντική καθυστέρηση. Ωστόσο, η ανάπτυξη αυτών των υποδομών παραμένει περιορισμένη σε ορισμένες περιοχές, ενώ οι ανάγκες για φόρτιση στο σπίτι αυξάνονται, ειδικά για εκείνους που διαμένουν σε αστικά περιβάλλοντα (International Energy Agency, 2020). Επομένως, η επένδυση σε υποδομές φόρτισης είναι απαραίτητη για την ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων και την επιτυχή μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση.

Ακολουθεί πίνακας με συγκεντρωμένα τα βασικότερα στοιχεία των τεχνολογιών των δύο τύπων οχημάτων.

**Πίνακας**

Τεχνολογία	Ηλεκτρικό Όχημα (HO)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Ηλεκτροκινητήρας	Υψηλή απόδοση, χωρίς ρύπους	Υψηλή απόδοση, αλλά με περιορισμένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας
Μπαταρίες	Λιθίου-ιονίου / Solid-state	Λιθίου-ιονίου
Βελτίωση Απόδοσης	Αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα	Συνδυασμός ηλεκτροκίνησης και καύσιμου
Υποδομή Φόρτισης	Ταχύτερη ανάπτυξη	Περιορισμένη υποδομή φόρτισης

Τεχνολογία	Ηλεκτρικό Όχημα (HO)	Υβριδικό Όχημα (YO)
BMS	Ελέγχει φόρτιση / εκφόρτιση	Ελέγχει φόρτιση / εκφόρτιση

**Πίνακας 1.11:** Σύγκριση Βασικών Τεχνολογιών Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων

Η τεχνολογική πρόοδος στις ηλεκτρικές και υβριδικές τεχνολογίες συνεχώς εξελίσσεται, με ιδιαίτερη έμφαση στη βελτίωση των μπαταριών, του ηλεκτροκινητήρα και του συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS). Η επένδυση σε υποδομές φόρτισης και η συνεχιζόμενη έρευνα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για τη φόρτιση αυτών των οχημάτων αναμένεται να επιταχύνουν τη μετάβαση προς τη βιώσιμη κινητικότητα.

Τα υβριδικά οχήματα (YO) συνδυάζουν δύο διαφορετικές πηγές ενέργειας: έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) και έναν ηλεκτροκινητήρα, προσφέροντας την ικανότητα να λειτουργούν είτε με καύσιμα, είτε με ηλεκτρική ενέργεια. Αυτός ο συνδυασμός επιτρέπει στα υβριδικά οχήματα να προσφέρουν υψηλή απόδοση καυσίμου και μειωμένες εκπομπές CO<sub>2</sub>.

Η αρχή λειτουργίας των υβριδικών οχημάτων εξαρτάται από το σύστημα μετάδοσης κίνησης, το οποίο επιτρέπει στους δύο κινητήρες να συνεργάζονται για τη βέλτιστη απόδοση. Όταν η ενέργεια από τη μπαταρία είναι διαθέσιμη, το όχημα λειτουργεί αποκλειστικά με τον ηλεκτροκινητήρα, ενώ ο κινητήρας εσωτερικής καύσης ενεργοποιείται όταν η μπαταρία εξαντλείται ή όταν απαιτείται περισσότερη δύναμη για μεγάλες ταχύτητες ή ανηφόρες.

Τα υβριδικά οχήματα είναι επίσης εξοπλισμένα με σύστημα ανάκτησης ενέργειας κατά τη διάρκεια της πέδησης, που επιτρέπει την αναγέννηση ενέργειας και την αποθήκευσή της στην μπαταρία, βελτιώνοντας την απόδοση και τη διάρκεια ζωής της.

Τα υβριδικά οχήματα (Hybrid Electric Vehicles - HEVs) συνδυάζουν δύο πηγές ενέργειας: έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) και έναν ηλεκτροκινητήρα, προσφέροντας μειωμένες εκπομπές ρύπων και υψηλότερη απόδοση καυσίμου. Η τεχνική αρχιτεκτονική τους περιλαμβάνει κρίσιμα συστατικά που συνεργάζονται για την επίτευξη αυτών των στόχων, καθιστώντας την υβριδική τεχνολογία ένα ενδιάμεσο και ώριμο βήμα προς την ηλεκτροκίνηση (Chan, 2007).

Ο θερμικός κινητήρας αποτελεί ακόμα βασικό κομμάτι της υβριδικής τεχνολογίας, κυρίως σε παραλλαγές βενζίνης (και σπανιότερα πετρελαίου). Η λειτουργία του είναι συντονισμένη με τον ηλεκτροκινητήρα ώστε να μειώνεται η κατανάλωση καυσίμου, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις (όπως στα parallel hybrids) λειτουργούν ταυτόχρονα. Η αποδοτικότητα των σύγχρονων ICE έχει βελτιωθεί σημαντικά, με συστήματα άμεσου ψεκασμού, μεταβλητού χρονισμού και συστήματα διακοπής λειτουργίας κυλίνδρων (Ehsani et al., 2018).

Ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί είτε αυτόνομα είτε επικουρικά προς τον ICE. Σε υβριδικά οχήματα τύπου series, ο ηλεκτροκινητήρας είναι ο αποκλειστικός πάροχος κίνησης, ενώ ο θερμικός κινητήρας λειτουργεί μόνο ως γεννήτρια. Σε parallel ή power-split διατάξεις (όπως στα Toyota Prius), ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί ενισχυτικά, ειδικά σε χαμηλές ταχύτητες ή κατά την επιτάχυνση. Η ισχύς τους κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 30–80 kW, με

ροπή άμεσης απόκρισης (Παπασπυρόπουλος, 2012).

Το υβριδικό σύστημα χρησιμοποιεί κυρίως μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου (NiMH), αν και τα νεότερα μοντέλα προσανατολίζονται σε μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-ion) για υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα. Οι μπαταρίες αυτές αποθηκεύουν την ενέργεια που ανακτάται κατά το φρενάρισμα (regenerative braking) και παρέχουν ρεύμα στον ηλεκτροκινητήρα κατά την εκκίνηση ή επιπλέον ισχύ κατά την επιτάχυνση. Η χωρητικότητα τους κυμαίνεται συνήθως από 1,3 έως 2,5 kWh, αρκετή για σύντομη λειτουργία του οχήματος με αμιγώς ηλεκτρική ισχύ (Ehsani et al., 2018). Ο μετατροπέας ισχύος διαχειρίζεται τη ροή ενέργειας μεταξύ της μπαταρίας και του ηλεκτροκινητήρα, μετατρέποντας το συνεχές ρεύμα (DC) της μπαταρίας σε εναλλασσόμενο (AC) για τον κινητήρα, και αντίστροφα κατά την ανάκτηση ενέργειας. Η αποδοτικότητα του inverter είναι κρίσιμη για τη συνολική ενεργειακή απόδοση του υβριδικού συστήματος, φτάνοντας ακόμη και το 95% σε σύγχρονες εφαρμογές (Chan, 2007).

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά τεχνικά πλεονεκτήματα των υβριδικών οχημάτων είναι το σύστημα ανάκτησης ενέργειας κατά την πέδηση. Κατά τη φάση του φρεναρίσματος, ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική, η οποία αποθηκεύεται στη μπαταρία. Αυτή η τεχνολογία αυξάνει σημαντικά την απόδοση του οχήματος σε συνθήκες αστικής κυκλοφορίας (Μαρτίνος, 2019).

Η ECU είναι το “νευρικό σύστημα” του υβριδικού οχήματος, υπεύθυνη για τη βέλτιστη συνεργασία όλων των επιμέρους συστημάτων. Ρυθμίζει τότε ενεργοποιείται ο θερμικός κινητήρας, τότε αναλαμβάνει ο ηλεκτροκινητήρας, και ελέγχει τη μετάβαση μεταξύ των δύο πηγών ενέργειας με στόχο τη βέλτιστη κατανάλωση και τις ελάχιστες εκπομπές. Τα υβριδικά συστήματα απαιτούν εξελιγμένους αλγορίθμους ελέγχου και ενσωματωμένη επικοινωνία μεταξύ όλων των υπομονάδων (Ehsani et al., 2018).

Η τεχνική δομή ενός υβριδικού οχήματος αποδεικνύει τη δυνατότητα συνδυαστικής αξιοποίησης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, εξισορροπώντας αυτονομία και περιβαλλοντική ευαισθησία. Η αποδοτική συνεργασία των επιμέρους συστημάτων βασίζεται σε εξελιγμένες τεχνολογίες αποθήκευσης, μετατροπής και διαχείρισης ενέργειας. Η υβριδική τεχνολογία, παρότι ενδιάμεση, προσφέρει άμεσες λύσεις για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας, με βάση ώριμη τεχνογνωσία και προσιτό κόστος.

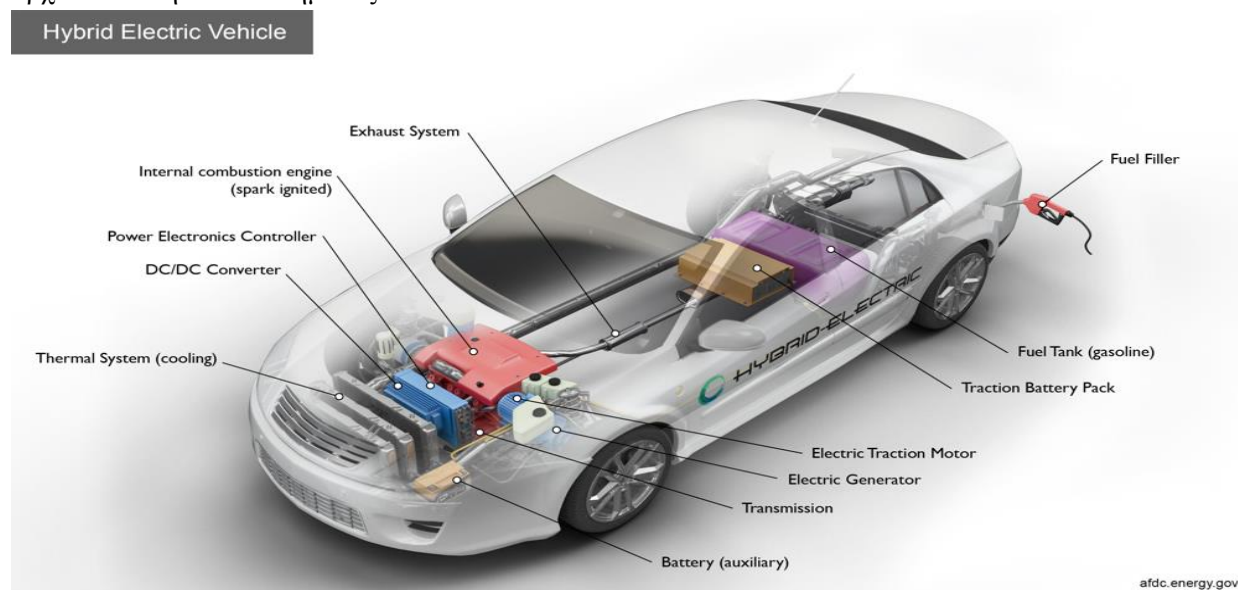
Η τεχνική ανάλυση των βασικών στοιχείων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Στοιχεία	Λειτουργία	Τεχνικά Χαρακτηριστικά (ενδεικτικά)
Κινητήρας Εσωτερικής Καύσης (ICE)	Παρέχει θερμική ισχύ και κινεί το όχημα	Ισχύς: 70-120 kW, Κατανάλωση: 4-6 lt/100km
Ηλεκτροκινητήρας	Παρέχει υποβοήθηση κίνησης και ανάκτηση ενέργειας	Ροπή: 200-350 Nm, Ισχύς: 30-80 kW
Μπαταρία	Αποθηκεύει ενέργεια για τον ηλεκτροκινητήρα	Τύπος: Li-ion, Χωρητικότητα: 1.5–2.5 kWh

Σύστημα Ελέγχου Ισχύος	Συντονίζει τη λειτουργία ICE/ηλεκτροκινητήρα	Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου με αισθητήρες
Σύστημα Ανάκτησης Πέδησης	Μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική	Αποδοτικότητα ανάκτησης: έως 70%

**Πίνακας 1.12:** Τεχνική Ανάλυση Υβριδικού Οχήματος

Ακολουθεί η δομική απεικόνιση ενός αμιγώς υβριδικού οχήματος (EV), που δείχνει βασικά εξαρτήματα. Τα HEV συνδυάζουν κινητήρα εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρα, με μπαταρία ως βοηθητική πηγή ισχύος. Στην εικόνα φαίνεται ο βενζινοκινητήρας (Internal combustion engine) συνδεδεμένος με το σύστημα μετάδοσης, καθώς και ο ηλεκτροκινητήρας που μπορεί να κινήσει τους τροχούς. Η μπαταρία (battery) αποθηκεύει ενέργεια και υποστηρίζει τον ηλεκτροκινητήρα, ενώ η πέδηση με ανάκτηση (regenerative braking) φορτίζει τη μπαταρία. Στα υβριδικά οχήματα, η ισχύς μπορεί να ρέει είτε παράλληλα (από κινητήρα και ηλεκτροκινητήρα προς τους τροχούς) είτε σε σειρά (ο κινητήρας φορτίζει τη μπαταρία/τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα) ανάλογα με την αρχιτεκτονική του συστήματος.



**Σχήμα 1.13. :** Δομική απεικόνιση υβριδικού αυτοκινήτου (Πηγή: U.S. Department of Energy, AFDC)

### 1.5 Βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά και δομή συστημάτων

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων περιλαμβάνουν τον ηλεκτροκινητήρα, τη μπαταρία, το σύστημα διαχείρισης ενέργειας, και τις υποδομές φόρτισης. Κάθε εξάρτημα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του οχήματος και στη συνολική αποτελεσματικότητά του.

Ο ηλεκτροκινητήρας είναι υπεύθυνος για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κινητική ενέργεια, και είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει την επιτάχυνση και την

τελική ταχύτητα του οχήματος. Οι μπαταρίες, που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, είναι κυρίως μπαταρίες λιθίου-ιονίου, οι οποίες προσφέρουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (Battery Management System - BMS) ελέγχει τη φόρτιση και εκφόρτιση της μπαταρίας, εξασφαλίζοντας την αποδοτικότητα και την ασφάλεια του συστήματος. Στα υβριδικά οχήματα, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης εργάζεται σε συνεργασία με τον ηλεκτροκινητήρα για την παραγωγή ενέργειας και την κίνηση του οχήματος.

Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφονται τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά και η δομή των συστημάτων.

Συστατικό	Περιγραφή	Ρόλος στο Σύστημα	Σχόλια
Ηλεκτροκινητήρας	Μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική ενέργεια.	Καθορίζει την επιτάχυνση και την τελική ταχύτητα του οχήματος.	Αναγκαίο για την κίνηση του οχήματος και την απόδοσή του.
Μπαταρία	Αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια για χρήση από τον κινητήρα.	Κρίσιμη για την αυτονομία του οχήματος και τη φόρτιση.	Συνήθως μπαταρίες λιθίου-ιονίου με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα.
Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας (BMS)	Ελέγχει τη φόρτιση και εκφόρτιση της μπαταρίας.	Διασφαλίζει την αποδοτικότητα και την ασφάλεια του συστήματος.	Περιλαμβάνει αισθητήρες και λογισμικό για την παρακολούθηση της μπαταρίας.
Υβριδικός Κινητήρας Εσωτερικής Καύσης	Ενσωματώνει θερμικό κινητήρα με ηλεκτροκινητήρα.	Παρέχει επιπλέον ισχύ και αυτονομία στα υβριδικά οχήματα.	Χρησιμοποιείται σε υβριδικά οχήματα για την αποδοτική κατανάλωση καυσίμου.

**Πίνακας 1.14:** Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά και Δομή Συστημάτων

## 1.6 Ενεργειακή απόδοση και κατανάλωση

Η ενεργειακή απόδοση και η κατανάλωση ενέργειας των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι καθοριστικοί παράγοντες για την επιτυχία τους στην αγορά, καθώς επηρεάζουν άμεσα την οικονομική βιωσιμότητα και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η ενεργειακή απόδοση και η κατανάλωση ενέργειας των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι καθοριστικοί παράγοντες για την επιτυχία τους στην αγορά, καθώς επηρεάζουν άμεσα την οικονομική βιωσιμότητα και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Στην εποχή μας, όπου η ανάγκη για βιώσιμες και καθαρές λύσεις κινητικότητας είναι επιτακτική λόγω των αυξανόμενων ανησυχιών για την κλιματική αλλαγή, οι δύο αυτοί παράγοντες έχουν αποκτήσει κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση της αγοράς αυτοκινήτων. Ειδικά για τα ηλεκτρικά οχήματα (ΗΟ) και τα υβριδικά οχήματα (ΥΟ), η ενεργειακή αποδοτικότητα και η κατανάλωση ενέργειας επηρεάζουν τόσο το οικονομικό κόστος των χρηστών όσο και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα τους, καθώς συνδέονται άμεσα με τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων.

Αρχικά, τα ηλεκτρικά οχήματα χαρακτηρίζονται από την εξαιρετική τους ενεργειακή αποδοτικότητα σε σύγκριση με τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE). Η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα είναι πολύ πιο αποδοτική από τη μετατροπή των χημικών καυσίμων σε κίνηση, όπως συμβαίνει στα παραδοσιακά οχήματα. Σύμφωνα με την International Energy Agency (IEA, 2020), τα ηλεκτρικά οχήματα μετατρέπουν περίπου το 85%-90% της ενέργειας από τη μπαταρία σε κίνηση, ενώ οι κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν απόδοση που κυμαίνεται γύρω από το 30%-40%. Αυτή η διαφορά στην απόδοση καθιστά τα ηλεκτρικά οχήματα ιδιαίτερα αποδοτικά, καθώς η μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση σημαίνει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για την ίδια απόσταση, και κατ' επέκταση χαμηλότερα κόστος καυσίμου ή φόρτισης.

Τα ηλεκτρικά οχήματα καταναλώνουν ενέργεια σε kWh/100 km, με τις σύγχρονες μπαταρίες να προσφέρουν αυτονομία που κυμαίνεται από 250 km έως 500 km ανά φόρτιση, ανάλογα με το μοντέλο και την ικανότητα της μπαταρίας. Η κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται συνήθως γύρω από 15-20 kWh/100 km για τα περισσότερα μοντέλα. Αυτό σημαίνει ότι τα ηλεκτρικά οχήματα, πέρα από την καλύτερη απόδοση, προσφέρουν και σημαντική οικονομία καυσίμου σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα.

Αντίστοιχα, τα υβριδικά οχήματα (ΥΟ) έχουν χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου και εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα, καθώς συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης και έναν ηλεκτροκινητήρα. Τα υβριδικά οχήματα μπορούν να λειτουργούν ηλεκτρικά για μικρές αποστάσεις και στη συνέχεια να καταφεύγουν στη χρήση καυσίμου για μεγαλύτερες διαδρομές, μειώνοντας τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και αυξάνοντας την ευχρηστία. Η κατανάλωση καυσίμου για τα υβριδικά οχήματα κυμαίνεται γύρω από 5-6 λίτρα/100 km, ενώ τα ηλεκτρικά οχήματα αποδίδουν με κατανάλωση ενέργειας της τάξης των 15-20 kWh/100 km (Kumar & Chinnam, 2017).

Επιπλέον, η ανάκτηση ενέργειας μέσω αναγεννητικής πέδησης είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται τόσο σε ηλεκτρικά όσο και σε υβριδικά οχήματα για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Τα ηλεκτρικά οχήματα αξιοποιούν την αναγεννητική πέδηση

για να ανακτούν την κινητική ενέργεια κατά την επιβράδυνση και να τη μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στην μπαταρία. Η αναγεννητική πέδηση μειώνει την ανάγκη για συχνές φορτίσεις και βοηθά στην αύξηση της αυτονομίας των οχημάτων. Αντίστοιχα, τα υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν επίσης αυτή την τεχνολογία για να ανακτούν ενέργεια, αν και η απόδοσή της μπορεί να είναι περιορισμένη σε σχέση με τα ηλεκτρικά οχήματα λόγω της συμπληρωματικής λειτουργίας των δύο συστημάτων κίνησης.

Ωστόσο, η τεχνολογία της φορτίσης παραμένει ένα σημαντικό σημείο σύγκρισης. Η φόρτιση των μπαταριών για τα ηλεκτρικά οχήματα απαιτεί την ανάπτυξη και την εξάπλωση υποδομών φόρτισης σε παγκόσμιο επίπεδο. Αν και το κόστος φόρτισης παραμένει χαμηλότερο από την κατανάλωση καυσίμου, το χρονοδιάγραμμα φόρτισης είναι επίσης μια παράμετρος που επηρεάζει την ευχρηστία των ηλεκτρικών οχημάτων. Οι ταχυφορτιστές (DC fast chargers) μειώνουν το χρόνο φόρτισης, αλλά η ανάγκη για φόρτιση σε δημόσιους σταθμούς ή η αναγκαία υποδομή φόρτισης στο σπίτι παραμένουν σημαντικοί παράγοντες για τη διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Η κατανάλωση ενέργειας και η ενεργειακή απόδοση των οχημάτων επηρεάζονται επίσης από την ανάπτυξη των μπαταριών. Η συνεχής πρόοδος στην τεχνολογία των μπαταριών με τη μείωση του κόστους παραγωγής και την αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας προσφέρει τη δυνατότητα για οχήματα με μεγαλύτερη αυτονομία και μειωμένο κόστος λειτουργίας. Σύμφωνα με την International Energy Agency (IEA, 2020), η βελτίωση των μπαταριών αναμένεται να μειώσει σημαντικά το κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων, κάνοντάς τα πιο προσβάσιμα σε έναν ευρύτερο καταναλωτικό κοινό.

Ο πίνακας που ακολουθεί συγκρίνει τις κατανάλωση ενέργειας και την ενεργειακή αποδοτικότητα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/100 km)	15-20 kWh/100 km	5-6 l/100 km
Αυτονομία (km)	250-500 km	600-900 km
Εκπομπές CO <sub>2</sub> (g/km)	0 g/km	50-100 g/km
Αναγεννητική Πέδηση	Υψηλή απόδοση	Σημαντική απόδοση
Κόστος Καυσίμου/Φόρτισης (€)	5€/100 km	8€/100 km

Πίνακας 1.15: Σύγκρισης Κατανάλωσης Ενέργειας και Ενεργειακής Απόδοσης

Η ενεργειακή απόδοση και η κατανάλωση ενέργειας είναι σημαντικοί παράγοντες στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης και στην υιοθέτηση των υβριδικών οχημάτων. Η βελτίωση αυτών των τεχνολογιών μπορεί να επιταχύνει τη μετάβαση σε καθαρές μεταφορές

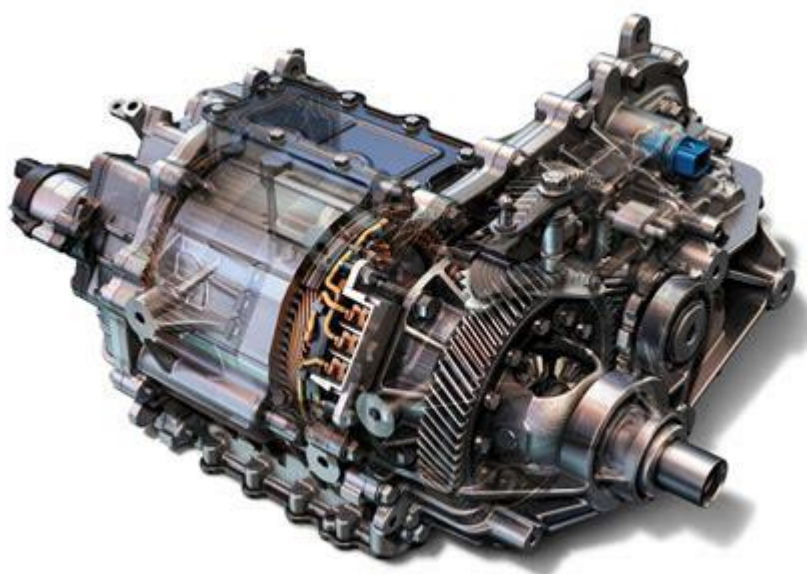
και να ενισχύσει τη βιωσιμότητα των οχημάτων, κάνοντάς τα πιο οικονομικά αποδοτικά και περιβαλλοντικά φιλικά.

Η βελτίωση αυτών των παραμέτρων είναι απαραίτητη για την ενίσχυση της ηλεκτροκίνησης και την επίτευξη των στόχων μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> και της εξοικονόμησης ενέργειας. Η σύγκριση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, όσον αφορά την ενεργειακή τους αποδοτικότητα, δείχνει ότι η τεχνολογία συνεχώς εξελίσσεται για να προσφέρει οχήματα που είναι τόσο αποδοτικά όσο και πιο φιλικά προς το περιβάλλον.

Αρχικά, τα ηλεκτρικά οχήματα χαρακτηρίζονται από τη μεγαλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Η ηλεκτροκίνηση επιτρέπει στα οχήματα αυτά να μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική ενέργεια με πολύ μεγαλύτερη αποδοτικότητα από τους θερμικούς κινητήρες. Σύμφωνα με έρευνες, τα ηλεκτρικά οχήματα μετατρέπουν περίπου 85%-90% της ενέργειας από τη μπαταρία σε κινητική ενέργεια, ενώ οι κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν απόδοση που κυμαίνεται γύρω από το 30%-40% (IEA, 2020). Η αποδοτικότητα αυτή καταδεικνύει τη σημαντική υπεροχή των ηλεκτρικών οχημάτων σε ό,τι αφορά την κατανάλωση ενέργειας και την οικονομία καυσίμου.

Η κατανάλωση ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα της μπαταρίας και τη διαχείριση ενέργειας του οχήματος. Η πρόοδος στην υποδομή φόρτισης είναι κρίσιμη για τη διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων (HO) και την επιτυχία της ηλεκτροκίνησης. Η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης αποτελεί ένα από τα κύρια εμπόδια για τη μαζική υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς οι καταναλωτές ανησυχούν για τη διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα φορτιστών. Η επέκταση του δικτύου φόρτισης, η υποστήριξη για δημόσια και οικιακή φόρτιση, καθώς και η ανάπτυξη ταχυφορτιστών συνιστούν κρίσιμες στρατηγικές για την ενίσχυση της ηλεκτροκίνησης.

Η εικόνα απεικονίζει το εσωτερικό ενός φορτιστή ηλεκτρικού οχήματος, αποκαλύπτοντας την πολύπλοκη τεχνολογία που επιτρέπει τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο σε μορφή κατάλληλη για τη φόρτιση της μπαταρίας του οχήματος.



**Εικόνα 1.16:** εσωτερικό ενός φορτιστή ηλεκτρικού οχήματος

Στο εσωτερικό του φορτιστή διακρίνονται διάφορα εξαρτήματα:

- Μετατροπείς ισχύος (power converters): Ρυθμίζουν την τάση και το ρεύμα, εξασφαλίζοντας ασφαλή και αποδοτική φόρτιση.
- Συστήματα διαχείρισης θερμότητας: Διατηρούν τη θερμοκρασία των εξαρτημάτων σε ασφαλή επίπεδα, αποτρέποντας την υπερθέρμανση.
- Μονάδες επικοινωνίας: Επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του φορτιστή και του οχήματος, διασφαλίζοντας ότι η φόρτιση πραγματοποιείται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Η αποδοτικότητα αυτού του συστήματος είναι ιδιαίτερα υψηλή, καθώς η αναλογία ενέργειας που καταναλώνεται για την κίνηση του οχήματος είναι σημαντικά μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα θερμικά οχήματα. Επιπλέον, η δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας μέσω συστημάτων όπως η αναγεννητική πέδηση ενισχύει περαιτέρω την αποδοτικότητα, καθιστώντας τα ηλεκτρικά οχήματα μια βιώσιμη επιλογή για το μέλλον της μετακίνησης.

Η ανάπτυξη του δικτύου φόρτισης είναι αναγκαία για να καλύψει την αυξανόμενη ζήτηση για φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Σύμφωνα με την International Energy Agency (IEA), για να επιτευχθούν οι στόχοι του μηδενισμού εκπομπών CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050, πρέπει να επενδύσουμε στην ανάπτυξη υποδομών φόρτισης τόσο για τα αστικά κέντρα όσο και για τις αγροτικές περιοχές (IEA, 2020). Η υποδομή αυτή πρέπει να υποστηρίζει φορτιστές υψηλής ταχύτητας (DC fast chargers) για να μειώσει τους χρόνους φόρτισης και να αυξήσει την ευχρηστία των ηλεκτρικών οχημάτων. Παράλληλα, πρέπει να δημιουργηθούν σταθμοί φόρτισης σε στρατηγικά σημεία, όπως σταθμοί καυσίμων και δημόσιοι χώροι στάθμευσης, για να εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητα φορτιστών σε όλη την επικράτεια.

Οι υποδομές δημόσιας φόρτισης είναι εκείνες που τοποθετούνται σε δημόσιους χώρους και επιτρέπουν στους χρήστες να φορτίζουν τα οχήματά τους ενώ βρίσκονται εκτός του σπιτιού ή του γραφείου τους. Η ανάπτυξη αυτών των υποδομών είναι καθοριστική για την άρση του άγους φόβου του καταναλωτή σχετικά με την έλλειψη φορτιστών. Εντούτοις, η οικιακή φόρτιση παραμένει μια δημοφιλής επιλογή για πολλούς χρήστες. Η ύπαρξη φορτιστών για οικιακή χρήση επιτρέπει στους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων να φορτίζουν τα οχήματά τους με χαμηλό κόστος και χωρίς την ανάγκη εξωτερικών υποδομών φόρτισης. Οι οικιακοί φορτιστές έχουν γίνει πιο προσιτοί και διαθέσιμοι, αλλά η ανάγκη για ενίσχυση της υποδομής φόρτισης στις αστικές περιοχές και στις επαρχίες παραμένει καθοριστική για την επόμενη φάση ανάπτυξης.

Η στρατηγική για την ανάπτυξη ταχυφορτιστών και η διασύνδεση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πρέπει να είναι θεμελιώδης για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων. Οι ταχυφορτιστές (DC fast chargers) είναι κρίσιμοι για την ενίσχυση της ευχρηστίας των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς μειώνουν δραστικά τους χρόνους φόρτισης, επιτρέποντας στους χρήστες να συνεχίσουν τα ταξίδια τους με λιγότερο χρόνο αναμονής. Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι επίσης ζωτικής σημασίας. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών για τη

φόρτιση μπορεί να μειώσει ακόμα περισσότερο τις εκπομπές CO<sub>2</sub> των ηλεκτρικών οχημάτων, ενισχύοντας την πράσινη κινητικότητα.

Η ανάπτυξη υποδομών φόρτισης είναι επίσης συνυφασμένη με την έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών φόρτισης, όπως η φόρτιση χωρίς καλώδιο (wireless charging) και οι ταχυφορτιστές υψηλής απόδοσης, που μπορούν να αναδείξουν ακόμη περισσότερο τη χρησιμότητα και την αποδοτικότητα των ηλεκτρικών οχημάτων. Στρατηγικές συνεργασίες μεταξύ του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα είναι αναγκαίες για την υλοποίηση αυτών των υποδομών και την ενίσχυση της υποδομής φόρτισης παγκοσμίως.

Η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης και η διασύνδεσή τους με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν βασικές στρατηγικές για τη βελτίωση της ηλεκτροκίνησης και την επιτάχυνση της μετάβασης στη βιώσιμη κινητικότητα. Οι συνεχείς επενδύσεις στην υποδομή φόρτισης, σε συνδυασμό με τη βελτίωση της τεχνολογίας των μπαταριών, θα παίξουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων για το μέλλον των μεταφορών.

Οι μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων είναι κυρίως λιθίου-ιονίου, και η ενεργειακή πυκνότητα τους καθορίζει την αυτονομία του οχήματος. Τα πιο σύγχρονα μοντέλα προσφέρουν αυτονομία που φτάνει τα 400-500 χιλιόμετρα με μία πλήρη φόρτιση, κάτι που καθιστά τα ηλεκτρικά οχήματα ιδανικά για καθημερινή χρήση και μακρινές διαδρομές. Ωστόσο, η φόρτιση της μπαταρίας εξακολουθεί να είναι πιο χρονοβόρα σε σχέση με τη γέμιση του ρεζερβουάρ καυσίμου για τα παραδοσιακά οχήματα, αν και η ανάπτυξη ταχυφορτιστών μειώνει σταδιακά τον χρόνο φόρτισης.

Στη συνέχεια, η ανάκτηση ενέργειας μέσω της αναγεννητικής πέδησης είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα για να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση. Η αναγεννητική πέδηση επιτρέπει την ανάκτηση της κινητικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης και την επιστροφή της στην μπαταρία, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια που αλλιώς θα χανόταν. Η διαδικασία αυτή είναι πιο αποδοτική στα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς δεν εξαρτώνται από το σύστημα φρένων που υπάρχει στα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης.

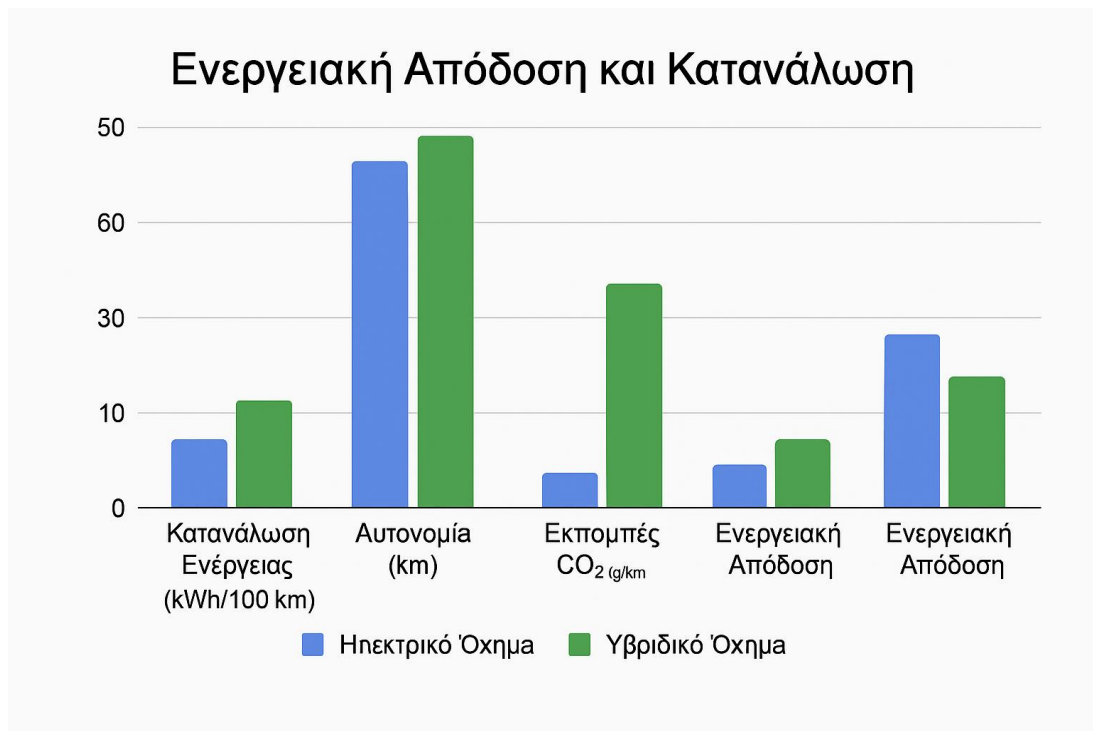
Η κατανάλωση ενέργειας σε ηλεκτρικά οχήματα μετράται σε kWh/100 km, και η μέση τιμή κυμαίνεται γύρω από 15-20 kWh/100 km για τα περισσότερα μοντέλα, ανάλογα με το μέγεθος της μπαταρίας και το βάρος του οχήματος. Αντίστοιχα, τα υβριδικά οχήματα, τα οποία συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με έναν ηλεκτροκινητήρα, παρουσιάζουν μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και μειωμένες εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα. Οι υβριδικές μπαταρίες επιτρέπουν τη λειτουργία του οχήματος σε ηλεκτρική λειτουργία για μικρές αποστάσεις, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου. Τα υβριδικά οχήματα έχουν συνήθως κατανάλωση καυσίμου 4-6 λίτρα/100 km, γεγονός που τα καθιστά εξαιρετικά αποδοτικά, ειδικά για καθημερινή χρήση στις πόλεις (Markel et al., 2017).

Η ενεργειακή αποδοτικότητα των ηλεκτρικών οχημάτων δεν περιορίζεται μόνο στην κατανάλωση ενέργειας για κίνηση. Σημαντικό είναι και το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (BMS), το οποίο παρακολουθεί τη φόρτιση και την εκφόρτιση της μπαταρίας για να εξασφαλίσει τη μέγιστη ασφάλεια και απόδοση. Τα πιο σύγχρονα BMS είναι εξαιρετικά αποδοτικά και παρέχουν λεπτομερείς αναφορές για την κατάσταση της μπαταρίας, ενώ

παράλληλα βελτιστοποιούν τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας μέσω της σωστής διαχείρισης των κύκλων φόρτισης.

Από την άλλη, η κατανάλωση καυσίμου των υβριδικών οχημάτων είναι χαμηλότερη από τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, αλλά εξακολουθεί να εξαρτάται από την καύση καυσίμου για τη λειτουργία του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Παρά το γεγονός ότι τα υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια για τη βοήθεια της κίνησης, το σύστημα διπλού κινητήρα απαιτεί καύσιμο για τις μεγαλύτερες αποστάσεις.

Το διάγραμμα που συγκρίνει την ενεργειακή απόδοση και κατανάλωση για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα είναι το ακόλουθο.



**Διάγραμμα 1.17:** Ενεργειακή απόδοση και κατανάλωση για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα

Ο συγκριτικός πίνακας που ακολουθεί αναδεικνύει τις διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας και την ενεργειακή αποδοτικότητα των δύο τεχνολογιών:

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (HO)	Υβριδικό Όχημα (YO)
Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/100 km)	15-20 kWh/100 km	5-6 l/100 km
Αυτονομία (km)	250-500 km	600-900 km
Εκπομπές CO <sub>2</sub> (g/km)	0 g/km	50-100 g/km
Ενεργειακή Απόδοση	85%-90%	30%-40%
Φόρτιση / Καύσιμο	5€/100 km (φόρτιση)	8€/100 km (καύσιμο +

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
		φόρτιση)

**Πίνακας 1.18:** Σύγκρισης Ενεργειακής Απόδοσης και Κατανάλωσης Ενέργειας

Η ενεργειακή αποδοτικότητα και η κατανάλωση ενέργειας είναι βασικοί παράγοντες στην υιοθέτηση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, και αποτελούν τη βάση για τη σύγκριση αυτών των τεχνολογιών. Τα ηλεκτρικά οχήματα παραμένουν πιο αποδοτικά και φιλικά προς το περιβάλλον, ενώ τα υβριδικά οχήματα συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης με την ευχρηστία των κινητήρων εσωτερικής καύσης.

# Κεφάλαιο 2ο: Συγκριτική Ανάλυση Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων

## 2.1 Κριτήρια σύγκρισης

Για το κεφάλαιο "Συγκριτική Ανάλυση Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων", η συγκριτική ανάλυση των δύο τύπων οχημάτων λαμβάνει υπόψη διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση, την οικονομία και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους. Η αναλυτική αυτή σύγκριση ενσωματώνει τεχνικά και οικονομικά κριτήρια που είναι κρίσιμα για τους καταναλωτές, την αγορά και τη συνολική βιωσιμότητα των οχημάτων αυτών.

Πρώτο και σημαντικότερο κριτήριο για τη σύγκριση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι η αυτονομία. Η αυτονομία αναφέρεται στη δυνατότητα του οχήματος να διανύσει μια απόσταση χωρίς την ανάγκη επαναφόρτισης ή αναγκαίας φόρτισης καυσίμου. Τα ηλεκτρικά οχήματα (HO) εξαρτώνται αποκλειστικά από τη μπαταρία τους για την παροχή ενέργειας, με αποτέλεσμα η αυτονομία τους να εξαρτάται άμεσα από τη χωρητικότητα της μπαταρίας και τη συχνότητα φόρτισης. Αντίθετα, τα υβριδικά οχήματα (YO) συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με έναν ηλεκτροκινητήρα, επιτρέποντας την εκμετάλλευση των δύο συστημάτων για τη μεγιστοποίηση της αυτονομίας. Στην πράξη, τα υβριδικά οχήματα προσφέρουν μεγαλύτερη ευχρηστία σε μακρινές διαδρομές, καθώς μπορούν να λειτουργούν και με καύσιμο, εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια.

Ένα δεύτερο κριτήριο είναι το κόστος απόκτησης. Τα ηλεκτρικά οχήματα γενικά έχουν υψηλότερο αρχικό κόστος σε σχέση με τα υβριδικά ή τα παραδοσιακά οχήματα, κυρίως λόγω της τιμής των μπαταριών. Ωστόσο, το κόστος τους αναμένεται να μειωθεί καθώς οι τεχνολογίες της μπαταρίας βελτιώνονται και η παραγωγή αυξάνεται. Από την άλλη, τα υβριδικά οχήματα προσφέρουν μια πιο προσιτή τιμή, αλλά το κόστος τους μπορεί να είναι λίγο υψηλότερο από αυτό των παραδοσιακών οχημάτων, λόγω της παρουσίας και δεύτερου κινητήρα και συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Η συντήρηση είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας σύγκρισης. Τα ηλεκτρικά οχήματα, με λιγότερους κινούμενους μηχανισμούς και πιο απλή κατασκευή, απαιτούν λιγότερη συντήρηση σε σχέση με τα υβριδικά, τα οποία έχουν και κινητήρα εσωτερικής καύσης. Οι υβριδικές μπαταρίες απαιτούν περιοδική συντήρηση, ενώ τα ηλεκτρικά οχήματα ενδέχεται να χρειάζονται πιο εξειδικευμένη συντήρηση για τις μπαταρίες και το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (BMS).

Ένα άλλο κρίσιμο σημείο είναι οι εκπομπές CO<sub>2</sub>. Τα ηλεκτρικά οχήματα χαρακτηρίζονται από μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub>, καθώς δεν εκπέμπουν ρύπους κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Ωστόσο, η εκπομπή CO<sub>2</sub> από την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση τους, η παραγωγή των μπαταριών και η κατασκευή τους είναι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Τα υβριδικά οχήματα, ενώ έχουν σημαντικά χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα παραδοσιακά οχήματα, εξακολουθούν να εκλύουν ρύπους όταν λειτουργούν με καύσιμο.

## Κεφάλαιο 2ο:

Συνολικά, το κόστος καυσίμου ή φόρτισης είναι ένα επιπλέον κριτήριο. Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σαφώς πιο οικονομικά σε σχέση με τα υβριδικά και τα παραδοσιακά οχήματα όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας, ενώ τα υβριδικά, αν και έχουν μειωμένη κατανάλωση καυσίμου, εξακολουθούν να απαιτούν και καύσιμο για την κίνηση.

Ο πίνακας που ακολουθεί συνοψίζει την συγκριτική ανάλυση μεταξύ Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Αυτονομία	250-500 km (ανάλογα με τη μπαταρία)	600-900 km (με καύσιμο και ηλεκτρισμό)
Κόστος Απόκτησης (€)	30,000€–50,000€	20,000€–35,000€
Κόστος Συντήρησης (€ / έτος)	300€–500€	600€–800€
Εκπομπές CO <sub>2</sub> (g/km)	0 g/km	50-100 g/km
Κόστος Καυσίμου / Φόρτισης	5€/100 km (φόρτιση)	8€/100 km (καύσιμο + φόρτιση)

Πίνακας 2.1: Συγκριτική Ανάλυση Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων

### 2.2 Κόστος απόκτησης και συντήρησης

Η ανάλυση του κόστους απόκτησης και συντήρησης των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες σύγκρισης των δύο τεχνολογιών. Αν και τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα έχουν γίνει πιο προσιτά και διαθέσιμα στην αγορά, το κόστος απόκτησης και η συντήρηση τους παραμένουν σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση των καταναλωτών.

Αρχικά, το κόστος απόκτησης ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι, γενικά, υψηλότερο από εκείνο των παραδοσιακών θερμικών οχημάτων, και για ορισμένα μοντέλα, ακόμη και των υβριδικών οχημάτων. Οι μπαταρίες λιθίου-ιονίου που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά οχήματα είναι ακόμα σχετικά ακριβές, και το κόστος τους επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την τελική τιμή του οχήματος. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία της μπαταρίας έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο, με τη μείωση της τιμής των μπαταριών και την αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, γεγονός που έχει μειώσει το κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων κατά 50% τα τελευταία 5 χρόνια. Παρόλα αυτά, το κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων παραμένει μεγαλύτερο σε σύγκριση με τα παραδοσιακά θερμικά ή υβριδικά οχήματα.

Στην περίπτωση των υβριδικών οχημάτων, το κόστος απόκτησης είναι γενικά χαμηλότερο από το αντίστοιχο κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων, αλλά υψηλότερο από τα

παραδοσιακά θερμικά οχήματα. Η παρουσία τόσο του κινητήρα εσωτερικής καύσης όσο και του ηλεκτροκινητήρα αυξάνει το κόστος παραγωγής του οχήματος, καθώς απαιτούνται δύο συστήματα ισχύος. Τα υβριδικά οχήματα έχουν, ωστόσο, την πλεονεκτική δυνατότητα να λειτουργούν με καύσιμο, γεγονός που μειώνει τη χρηματοδότηση για τη φόρτιση και καθιστά τη χρήση τους πιο ευέλικτη, ειδικά σε περιοχές όπου η υποδομή φόρτισης είναι ακόμα περιορισμένη.

Το κόστος συντήρησης των οχημάτων είναι επίσης ένα κρίσιμο σημείο σύγκρισης. Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν γενικά χαμηλότερο κόστος συντήρησης, καθώς διαθέτουν λιγότερους κινητούς μηχανισμούς και δεν απαιτούν συντήρηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης ή συστήματα εξάτμισης. Η απουσία των λάδιων κινητήρα και των εξαρτημάτων που απαιτούν τακτική συντήρηση στα θερμικά οχήματα μειώνει το κόστος συντήρησης σε τακτικά διαστήματα. Παρόλα αυτά, το κόστος για την αντικατάσταση των μπαταριών σε περίπτωση φθοράς μπορεί να είναι αρκετά υψηλό, αν και η μακροχρόνια εγγύηση των μπαταριών στα περισσότερα οχήματα καλύπτει αυτό το κόστος για αρκετά χρόνια.

Στην περίπτωση των υβριδικών οχημάτων, το κόστος συντήρησης είναι γενικά υψηλότερο από αυτό των ηλεκτρικών, λόγω της παρουσίας δύο συστημάτων ισχύος. Εκτός από το σύστημα της μπαταρίας, τα υβριδικά οχήματα απαιτούν συντήρηση για τον κινητήρα εσωτερικής καύσης και τα σύμφωνα εξαρτήματα. Η συντήρηση του κινητήρα και του συστήματος καυσίμου μπορεί να απαιτεί συχνότερες επισκέψεις στο συνεργείο, ιδιαίτερα όταν συγκρίνεται με τα ηλεκτρικά οχήματα. Ωστόσο, το χαμηλότερο κόστος καυσίμου σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα αντισταθμίζει εν μέρει το υψηλότερο κόστος συντήρησης.

Τα επιπλέον έξοδα για την ανάκτηση ενέργειας στα ηλεκτρικά οχήματα, μέσω της αναγεννητικής πέδησης, αυξάνουν την απόδοση καυσίμου και μειώνουν τα κόστη για τη φόρτιση. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να μειώσουν την ανάγκη για συχνές φόρτισεις, μειώνοντας έτσι τα λειτουργικά έξοδα. Αντίθετα, τα υβριδικά οχήματα, αν και πιο οικονομικά σε όρους καυσίμου, εξακολουθούν να χρειάζονται καύσιμο για τον κινητήρα εσωτερικής καύσης και έχουν υψηλότερο κόστος για τη συντήρηση του κινητήρα και του συστήματος εξάτμισης.

Αξιοσημείωτο είναι ότι το κόστος λειτουργίας των ηλεκτρικών οχημάτων εξακολουθεί να μειώνεται, ενώ το κόστος των υβριδικών οχημάτων παραμένει σχετικά σταθερό λόγω της συνδυασμένης τεχνολογίας τους. Ωστόσο, με την αυξανόμενη υποστήριξη για την ηλεκτροκίνηση και την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης, τα ηλεκτρικά οχήματα αναμένονται να αποκτήσουν μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς και να μειώσουν τα κόστη απόκτησης και συντήρησης στο μέλλον.

Ακολουθεί διάγραμμα κόστους απόκτησης και συντήρησης ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων.



**Διάγραμμα 2.2:** Κόστους απόκτησης και συντήρησης ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων.

Ο πίνακας που ακολουθεί συγκρίνει τα βασικά οικονομικά κριτήρια για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα όσον αφορά το κόστος απόκτησης, την συντήρηση και την κατανάλωση ενέργειας ή καυσίμου. Η συγκριτική ανάλυση αποκαλύπτει τα οφέλη και τις αδυναμίες του κάθε τύπου οχήματος, βοηθώντας τους καταναλωτές να επιλέξουν τον καλύτερο τύπο για τις ανάγκες τους.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (HO)	Υβριδικό Όχημα (YO)
Κόστος Απόκτησης (€)	30,000€–50,000€	20,000€–35,000€
Κόστος Συντήρησης (€ / έτος)	300€–500€	600€–800€
Κόστος Καυσίμου / Φόρτισης (€)	5€/100 km (φόρτιση)	8€/100 km (καύσιμο + φόρτιση)
Αντικατάσταση Μπαταρίας (€)	6,000€–10,000€	Όχι απαιτείται

**Πίνακας 2.3:** Σύγκρισης Κόστους Απόκτησης και Συντήρησης

Η μελλοντική έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι κρίσιμη για την περαιτέρω βελτίωση αυτών των τεχνολογιών και για την επίτευξη των στόχων της

βιώσιμης κινητικότητας. Καθώς η ηλεκτροκίνηση γίνεται κεντρικό μέρος της στρατηγικής για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, η συνεχιζόμενη έρευνα και ανάπτυξη στοχεύει στη βελτίωση της απόδοσης, της αυτονομίας, της ασφάλειας και της οικονομικής βιωσιμότητας αυτών των οχημάτων. Η τεχνολογική πρόοδος θα έχει καθοριστικό ρόλο στην επιτάχυνση της μετάβασης προς πιο καθαρές και βιώσιμες λύσεις για τις μεταφορές.

Ένας από τους πιο σημαντικούς τομείς για τη μελλοντική έρευνα είναι η βελτίωση των μπαταριών που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα. Η ενεργειακή πυκνότητα των μπαταριών παραμένει περιορισμένη, και η αντοχή των μπαταριών σε κύκλους φόρτισης είναι ακόμα ένα θέμα που χρήζει περαιτέρω έρευνας. Η εξέλιξη των μπαταριών solid-state φαίνεται να είναι η επόμενη μεγάλη πρόκληση στον τομέα αυτό. Οι solid-state μπαταρίες προσφέρουν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και μεγαλύτερη ασφάλεια σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μπαταρίες λιθίου-ιονίου, καθώς δεν χρησιμοποιούν εύφλεκτους ηλεκτρολύτες. Η έρευνα για την ανάπτυξή τους και την ελάφρυνση του κόστους παραγωγής τους θα είναι καθοριστική για τη διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Επιπλέον, οι υποδομές φόρτισης αποτελούν έναν άλλο τομέα μείζονος σημασίας για την επιτυχία της ηλεκτροκίνησης. Παρά τη συνεχιζόμενη ανάπτυξη του δικτύου φορτιστών, η διαθεσιμότητα και η ταχύτητα φόρτισης παραμένουν σημαντικά εμπόδια για τη μαζική υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Η ανάπτυξη υποδομών φόρτισης ταχείας φόρτισης και η ενοποίηση των δικτύων φόρτισης για να καλύπτουν μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των αγροτικών περιοχών, θα πρέπει να αποτελέσει βασικό στόχο της έρευνας. Το κόστος και η αποτελεσματικότητα των φορτιστών υψηλής ισχύος είναι επίσης καθοριστικοί παράγοντες που απαιτούν μελέτη.

Η ανάκτηση ενέργειας μέσω αναγεννητικής πέδησης είναι μία από τις σημαντικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Αν και η τεχνολογία αυτή έχει βελτιωθεί τα τελευταία χρόνια, η μελέτη της βελτιστοποίησης της αναγεννητικής πέδησης θα μπορούσε να αυξήσει την απόδοση και την αυτονομία των οχημάτων. Παράλληλα, οι τεχνολογίες κινητήρων εξελίσσονται συνεχώς για να βελτιώσουν την απόδοση και τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά τη λειτουργία τους.

Η ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ενσωμάτωσή τους στις υποδομές φόρτισης είναι επίσης τομέας στον οποίο απαιτείται επιπλέον έρευνα. Η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και αιολική ενέργεια, μπορεί να μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> που συνδέονται με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση αυτών των ανανεώσιμων πηγών στην υποδομή φόρτισης απαιτεί καινοτομία στις τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, προκειμένου να εξασφαλιστεί η σταθερότητα της προσφοράς ενέργειας όταν οι ανανεώσιμες πηγές είναι ασταθείς.

Ακόμα, οι υβριδικές τεχνολογίες συνεχίζουν να εξελίσσονται, καθώς οι υβριδικοί κινητήρες συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης και του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Η συνεχιζόμενη έρευνα για την βελτίωση των υβριδικών συστημάτων και την εξέλιξη του συστήματος ελέγχου για την καλύτερη συνύπαρξη των δύο κινητήρων θα είναι καθοριστική για την απόδοση και την αντιστοιχία κόστους-οφέλους για τους καταναλωτές.

## Κεφάλαιο 2ο:

Η πολιτική υποστήριξη και οι φορολογικές ελαφρύνσεις για την ηλεκτροκίνηση και τα υβριδικά οχήματα θα συνεχίσουν να διαδραματίζουν έναν κρίσιμο ρόλο στην ενίσχυση της βιώσιμης κινητικότητας. Καθώς οι κυβερνήσεις καθορίζουν στόχους μείωσης εκπομπών CO<sub>2</sub> και επενδύουν στην ανάπτυξη υποδομών, η υποστήριξη από τα δημόσια και ιδιωτικά κεφάλαια θα διευκολύνει την προώθηση αυτών των τεχνολογιών. Η συνεργασία μεταξύ των κυβερνήσεων και της βιομηχανίας αυτοκινήτων είναι κρίσιμη για την επίτευξη των στόχων για μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub> και την επανάσταση στον τομέα των μεταφορών.

Η μελλοντική έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αποτελεί την κινητήρια δύναμη για τη συνεχιζόμενη βελτίωση αυτών των τεχνολογιών και την επιτάχυνση της μετάβασης σε καθαρές και βιώσιμες λύσεις μετακίνησης.

### 2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και εκπομπές CO<sub>2</sub>

Η συγκριτική ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των εκπομπών CO<sub>2</sub> μεταξύ ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι κρίσιμη για την κατανόηση της συμβολής αυτών των τεχνολογιών στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και στη μετάβαση προς βιώσιμες και καθαρές λύσεις στον τομέα των μεταφορών. Η ηλεκτροκίνηση και τα υβριδικά οχήματα έχουν την ικανότητα να μειώσουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα, αλλά η αποτελεσματικότητα αυτών των τεχνολογιών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η προέλευση της ενέργειας φόρτισης, η κατασκευή των μπαταριών, και η υποδομή φόρτισης.

Η εικόνα που ακολουθεί προέρχεται από το άρθρο του Top Gear Greece σχετικά με τη μέθοδο δοκιμών WLTP και την ακρίβεια των μετρήσεων κατανάλωσης και εκπομπών CO<sub>2</sub>.



**Φωτογραφία 2.4 :** Πηγή Top Gear Greece. (2024, Απρίλιος 16). WLTP

Αρχικά, τα ηλεκτρικά οχήματα χαρακτηρίζονται από μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, καθώς χρησιμοποιούν μόνο ηλεκτρική ενέργεια για την κίνηση του οχήματος. Ωστόσο, η παραγωγή της ενέργειας που φορτίζει τις μπαταρίες των

οχημάτων μπορεί να επιφέρει εκπομπές, ειδικά αν η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Σύμφωνα με έρευνες, η φόρτιση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, μπορεί να μηδενίσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> των ηλεκτρικών οχημάτων (Kumar & Chinnam, 2017). Επίσης, η κατασκευή των μπαταριών που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ενέργειας επηρεάζει σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ηλεκτρικών οχημάτων. Η παραγωγή μπαταριών, και ιδιαίτερα η εξόρυξη πρώτων υλών όπως το λίθιο και το κοβάλτιο, έχει σημαντικές περιβαλλοντικές συνέπειες, καθώς σχετίζεται με εκπομπές CO<sub>2</sub> και την καταστροφή οικοσυστημάτων (International Energy Agency, 2020).

Από την άλλη, τα υβριδικά οχήματα (ΥΟ) συνδυάζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με έναν ηλεκτροκινητήρα, προσφέροντας τη δυνατότητα για χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σύγκριση με τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα. Ωστόσο, καθώς τα υβριδικά οχήματα εξακολουθούν να λειτουργούν με καύσιμο όταν είναι αναγκαίο, εκπέμπουν CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Το επίπεδο εκπομπών CO<sub>2</sub> στα υβριδικά οχήματα είναι μικρότερο από εκείνο των παραδοσιακών οχημάτων, αλλά παραμένει υψηλότερο σε σχέση με τα ηλεκτρικά οχήματα που λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρική ενέργεια (Markel et al., 2017). Το μεγάλο πλεονέκτημα των υβριδικών οχημάτων είναι η δυνατότητα να συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης και των θερμικών οχημάτων, προσφέροντας μεγαλύτερη αυτονομία χωρίς να εξαρτώνται αποκλειστικά από την υποδομή φόρτισης.

Ένα επιπλέον πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας μέσω της τεχνολογίας της αναγεννητικής πέδησης. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την επιστροφή της κινητικής ενέργειας στη μπαταρία κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης, γεγονός που βελτιώνει την ενεργειακή αποδοτικότητα των οχημάτων και μειώνει την ανάγκη για συχνές φορτίσεις. Αντίθετα, τα υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν παρόμοια τεχνολογία, αλλά η συμπληρωματική λειτουργία των κινητήρων τους μπορεί να μειώσει την ενεργειακή απόδοση σε σχέση με τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα.

Όσον αφορά την κατανάλωση καυσίμου και τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν σαφή πλεονεκτήματα σε σχέση με τα υβριδικά, ειδικά όταν η φόρτιση πραγματοποιείται με καθαρές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ωστόσο, το κόστος παραγωγής και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων παραμένουν σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην συνολική αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Εκπομπές CO <sub>2</sub> (g/km)	0 g/km	50-100 g/km
Ενεργειακή Απόδοση	15-20 kWh/100 km	5-6 l/100 km
Κόστος Καυσίμου/Φόρτισης	5€/100 km	8€/100 km

**Πίνακας: 2.5:** Σύγκριση Εκπομπών CO<sub>2</sub> και Κατανάλωσης Ενέργειας

## Κεφάλαιο 2ο:

Η ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και των εκπομπών CO<sub>2</sub> δείχνει τα σημαντικά οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, αν και η ανάπτυξη και ανακύκλωση των μπαταριών είναι καθοριστικοί παράγοντες για το τελικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Τα υβριδικά οχήματα προσφέρουν επίσης μια πιο φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική σε σχέση με τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα, αλλά η πλήρης μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση παραμένει η πιο βιώσιμη λύση για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων.

Η ηλεκτροκίνηση έχει εξελιχθεί σε έναν από τους πιο σημαντικούς τομείς για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την επίτευξη των στόχων της μηδενικής εκπομπής CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050. Τα ηλεκτρικά οχήματα (HO) και τα υβριδικά οχήματα (ΥΟ) αναγνωρίζονται παγκοσμίως ως κεντρικά στοιχεία για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων και την επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης στις μεταφορές. Η ηλεκτροκίνηση προσφέρει τη δυνατότητα για μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> που συνδέονται με τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης, καθιστώντας τα ηλεκτρικά οχήματα μία από τις πιο καθαρές επιλογές μετακίνησης.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και άλλες χώρες έχουν θέσει φιλόδοξους στόχους για την επίτευξη μηδενικών εκπομπών CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050, υποστηρίζοντας τη μετάβαση προς την ηλεκτροκίνηση μέσω πολιτικών ενίσχυσης, επιδόσεων και φορολογικών κινήτρων για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων. Αυτές οι πολιτικές στοχεύουν στη μείωση της χρήσης ορυκτών καυσίμων και της ρύπανσης που προκαλούν τα παραδοσιακά οχήματα, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι της Συμφωνίας του Παρισιού και η κλιματική ουδετερότητα μέχρι το 2050 (International Energy Agency, 2020).

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στην ηλεκτροκίνηση προσφέρουν πλέον ηλεκτρικά οχήματα με μεγαλύτερη αυτονομία, βελτιωμένη αποδοτικότητα και μειωμένο κόστος παραγωγής, ενώ η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης και η αύξηση των φορολογικών κινήτρων υποστηρίζουν την ευρεία υιοθέτηση αυτών των οχημάτων. Η αυξημένη ευχρηστία, σε συνδυασμό με τη συνεχιζόμενη βελτίωση των μπαταριών και την ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, κάνει την ηλεκτροκίνηση πιο προσβάσιμη και βιώσιμη.

Η ηλεκτροκίνηση όχι μόνο μειώνει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> των οχημάτων, αλλά προσφέρει και άλλα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν σημαντικά χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε σύγκριση με τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα, διότι δεν εκπέμπουν ρύπους κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Ωστόσο, για να επιτευχθεί η μηδενική εκπομπή CO<sub>2</sub>, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι εκπομπές κατά την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και των μπαταριών. Ενώ τα ανανεώσιμα καύσιμα όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια είναι κρίσιμα για να μειωθούν οι εκπομπές από τη φόρτιση, η εξόρυξη πρώτων υλών για την παραγωγή μπαταριών εξακολουθεί να έχει σημαντικές περιβαλλοντικές συνέπειες (Kumar & Chinnam, 2017). Παρά τις προκλήσεις αυτές, η ηλεκτροκίνηση παραμένει ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον τομέα των μεταφορών.

Η ηλεκτροκίνηση συμβάλλει επίσης στην ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας και στην ελαχιστοποίηση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα, διότι η φόρτιση των οχημάτων μπορεί να γίνεται με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η αυξημένη χρήση ηλιακής ενέργειας για

φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον τομέα των μεταφορών, ακόμη και αν οι υποδομές φόρτισης δεν καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες φόρτισης από καθαρές πηγές ενέργειας (International Energy Agency, 2020).

Αξιοσημείωτο είναι ότι, παρά την πρόοδο στην ηλεκτροκίνηση, τα υβριδικά οχήματα εξακολουθούν να αποτελούν σημαντική επιλογή για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε περιοχές με περιορισμένη υποδομή φόρτισης. Τα υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν τόσο ηλεκτρική ενέργεια όσο και καύσιμο, με αποτέλεσμα να προσφέρουν μεγαλύτερη αυτονομία και να ενσωματώνουν πλεονεκτήματα και από τα δύο συστήματα. Ωστόσο, η χρήση ορυκτών καυσίμων στον κινητήρα εσωτερικής καύσης των υβριδικών οχημάτων περιορίζει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα, αν και παραμένουν πολύ χαμηλότερες από αυτές των παραδοσιακών θερμικών οχημάτων (Markel et al., 2017).

Η ηλεκτροκίνηση είναι πλέον μια αναγκαιότητα για τη μετάβαση σε έναν βιώσιμο τομέα μεταφορών και για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της διεθνούς κοινότητας. Η συνέχιση της τεχνολογικής πρόοδου και η ενίσχυση των πολιτικών και στρατηγικών υποστήριξης είναι κρίσιμη για την περαιτέρω διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων, με στόχο την επίτευξη μηδενικών εκπομπών CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050 και τη δημιουργία ενός πιο καθαρού, βιώσιμου μέλλοντος για τον τομέα των μεταφορών.

Η ηλεκτροκίνηση παραμένει μια από τις πιο υποσχόμενες τεχνολογίες για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την επίτευξη ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος για τις μεταφορές. Η συνέχιση των επενδύσεων στην τεχνολογία και υποδομή φόρτισης είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι η ηλεκτροκίνηση μπορεί να εκπληρώσει τις περιβαλλοντικές της υποσχέσεις.

### 2.4 Τεχνολογικά πλεονεκτήματα και αδυναμίες

Η συγκριτική ανάλυση των τεχνολογικών πλεονεκτημάτων και αδυναμιών των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι κρίσιμη για την κατανόηση της θέσης τους στην αγορά και της επιρροής τους στη μελλοντική εξέλιξη των μεταφορών.

Ενώ και τα δύο τύποι οχημάτων βασίζονται στην ηλεκτροκίνηση, κάθε τύπος διαφέρει σημαντικά στον τρόπο λειτουργίας του και στις τεχνολογίες που χρησιμοποιεί, με αποτέλεσμα να έχουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και αδυναμίες. Αν και τα ηλεκτρικά οχήματα (HO) προσφέρουν πολλές περιβαλλοντικές και οικονομικές βιωσιμότητες, τα υβριδικά οχήματα (ΥΟ) προσφέρουν καλύτερη ευχρηστία και μεγαλύτερη αυτονομία σε σχέση με τα πλήρως ηλεκτρικά, διατηρώντας ταυτόχρονα τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης.

Το βασικό πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η μηδενική εκπομπή CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Η ηλεκτροκίνηση επιτρέπει την κίνηση του οχήματος χωρίς τη χρήση καυσίμων, γεγονός που σημαίνει ότι τα ηλεκτρικά οχήματα δεν παράγουν ρύπους κατά την οδήγηση. Αυτή η καθαρότητα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους καθιστά τα ηλεκτρικά οχήματα την πιο περιβαλλοντικά φιλική επιλογή, ειδικά αν η φόρτιση προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επιπλέον, τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν συνήθως χαμηλότερο κόστος συντήρησης, καθώς έχουν λιγότερα κινητά μέρη σε σύγκριση με τα θερμικά οχήματα και τα υβριδικά οχήματα. Η απουσία του κινητήρα εσωτερικής

## Κεφάλαιο 2ο:

καύσης και άλλων εξαρτημάτων όπως το σύστημα εξάτμισης ή η αντλία καυσίμου μειώνει την ανάγκη για συντήρηση και ανταλλακτικά, καθιστώντας τα πιο οικονομικά σε βάθος χρόνου.

Η αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων έχει επίσης βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, με τις μπαταρίες λιθίου-ιονίου να προσφέρουν μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα και διάρκεια ζωής. Το γεγονός ότι οι μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων συνεχώς βελτιώνονται σημαίνει ότι τα μοντέλα που κυκλοφορούν σήμερα μπορούν να προσφέρουν αυτονομία 400-500 χλμ. με μία μόνο φόρτιση, γεγονός που τα καθιστά πιο κατάλληλα για καθημερινή χρήση και μεγάλα ταξίδια.

Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα των ηλεκτρικών οχημάτων είναι ο ήχος. Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι εξαιρετικά ήσυχα σε σχέση με τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα, γεγονός που μειώνει τη ηχητική ρύπανση στις πόλεις και συμβάλλει στη δημιουργία πιο ήσυχων και υγιεινών αστικών περιβαλλόντων.

Παρά τα πολλά πλεονεκτήματα, τα ηλεκτρικά οχήματα εξακολουθούν να παρουσιάζουν κάποιες αδυναμίες. Το κυριότερο πρόβλημα είναι η υποδομή φόρτισης. Παρά τις προσπάθειες για την ανάπτυξη σταθμών φόρτισης, η κατανομή φορτιστών παραμένει περιορισμένη σε πολλές περιοχές, κυρίως εκτός αστικών κέντρων. Η έλλειψη ευρέως διαδεδομένων δημόσιων φορτιστών δυσκολεύει την καθημερινή χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ η φόρτιση στο σπίτι απαιτεί τη διαθέσιμη υποδομή και την αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, κάτι που δεν είναι πάντα πρακτικό ή οικονομικά αποδοτικό.

Επιπλέον, η τιμή των ηλεκτρικών οχημάτων παραμένει υψηλότερη από αυτή των παραδοσιακών θερμικών οχημάτων και των υβριδικών οχημάτων. Αν και η τεχνολογία των μπαταριών έχει εξελιχθεί, η παραγωγή μπαταριών παραμένει δαπανηρή και αποτελεί το μεγαλύτερο κομμάτι του κόστους των ηλεκτρικών οχημάτων. Αν και η τιμή αυτών των οχημάτων συνεχώς μειώνεται, η αρχική επένδυση παραμένει ένας σημαντικός παράγοντας για τον καταναλωτή.

Τα υβριδικά οχήματα συνδυάζουν την ευχρηστία των παραδοσιακών καυσίμων με τα οφέλη της ηλεκτροκίνησης. Η δυνατότητα να λειτουργούν με καύσιμο και ηλεκτρική ενέργεια τα καθιστά πιο ευέλικτα για μακρινές αποστάσεις και σε περιοχές όπου η υποδομή φόρτισης είναι περιορισμένη. Τα υβριδικά οχήματα προσφέρουν μεγαλύτερη αυτονομία, καθώς ο κινητήρας εσωτερικής καύσης καλύπτει τις ανάγκες για ταξίδια μεγάλων αποστάσεων, ενώ το ηλεκτρικό σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μικρές διαδρομές και αστικές μετακινήσεις, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές CO<sub>2</sub>.

Τα υβριδικά οχήματα επίσης έχουν χαμηλότερο κόστος απόκτησης σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς η τεχνολογία μπαταριών και τα επιπλέον συστήματα που απαιτούνται για την πλήρη λειτουργία ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι πιο οικονομικά για τα υβριδικά οχήματα. Η ενσωμάτωση ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης επιτρέπει την ευκολότερη διαχείριση της εμβέλειας και του χρόνου φόρτισης, καθιστώντας τα πιο ευπροσάρμοστα και κατάλληλα για χρήστες που ανησυχούν για την αυτονομία.

Η κύρια αδυναμία των υβριδικών οχημάτων είναι η πολλαπλή τεχνολογία που χρησιμοποιούν, η οποία καθιστά τη συντήρησή τους πιο δύσκολη και δαπανηρή σε σχέση με τα ηλεκτρικά οχήματα. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης απαιτεί συντήρηση, όπως το λάδι κινητήρα και η φθορά των συστημάτων εξάτμισης, που δεν απαιτούν τα ηλεκτρικά οχήματα.

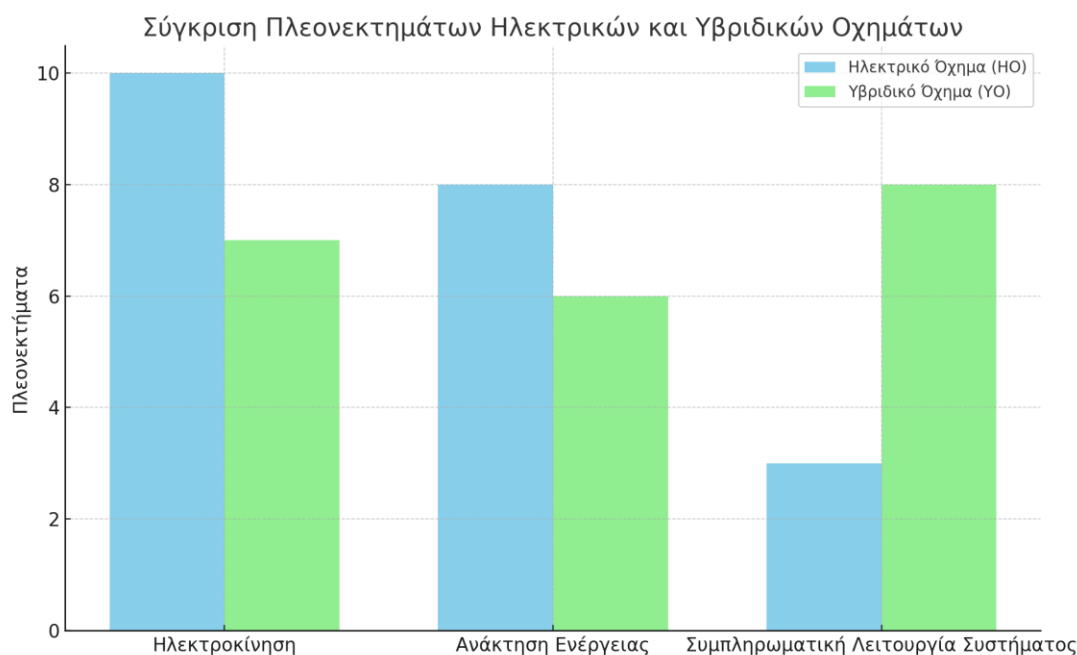
Οι υβριδικές μπαταρίες επίσης ενδέχεται να απαιτούν συχνότερη αντικατάσταση από τις μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Αυτονομία	250-500 km (ανάλογα με την μπαταρία)	600-900 km (με καύσιμο και ηλεκτρισμό)
Κόστος Απόκτησης (€)	30,000€-50,000€	20,000€-35,000€
Συντήρηση (€ / έτος)	300€-500€	600€-800€
Εκπομπές CO <sub>2</sub> (g/km)	0 g/km	50-100 g/km
Φόρτιση / Καύσιμο	5€/100 km (φόρτιση)	8€/100 km (καύσιμο + φόρτιση)

**Πίνακας 2.6:** Σύγκρισης Τεχνολογικών Πλεονεκτημάτων και Αδυναμιών

Η συγκριτική ανάλυση των τεχνολογικών πλεονεκτημάτων και αδυναμιών των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αναδεικνύει τις σημαντικές διαφορές και τα πλεονεκτήματα κάθε τεχνολογίας, ενώ ταυτόχρονα προσδιορίζει τις μελλοντικές προοπτικές και τις προκλήσεις που συνδέονται με τη βιωσιμότητα της ηλεκτροκίνησης.

Ακολουθεί διάγραμμα που απεικονίζει και συγκρίνει τα πλεονεκτήματα μεταξύ των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων.



**Διάγραμμα 2.7:** Σύγκριση πλεονεκτημάτων Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων

## 2.5 Παραδείγματα και μελέτες περίπτωσης

Η συγκριτική ανάλυση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων περιλαμβάνει όχι μόνο τεχνικές και οικονομικές παραμέτρους, αλλά και παραδείγματα και μελέτες περίπτωσης που παρέχουν πολύτιμα δεδομένα για την εκτίμηση των διαφορών τους στην πράξη. Τα παραδείγματα και οι μελέτες περίπτωσης συμβάλλουν στην κατανόηση των πραγματικών επιδόσεων αυτών των τεχνολογιών και της αποδοτικότητάς τους σε διάφορα περιβάλλοντα και συνθήκες χρήσης. Στο πλαίσιο αυτό, η εξέταση πραγματικών παραδειγμάτων από τις αγορές και τη χρήση τους παγκοσμίως προσφέρει μια πιο ρεαλιστική εικόνα της λειτουργικότητας, της βιωσιμότητας και των προκλήσεων που συνδέονται με την υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών.

Το Tesla Model S είναι ένα από τα πιο διάσημα παραδείγματα πλήρως ηλεκτρικών οχημάτων που κυκλοφορούν στην αγορά. Το Model S της Tesla, το οποίο κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2012, χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση, μακρά αυτονομία και καινοτόμο τεχνολογία φόρτισης. Η αυτονομία του Tesla Model S μπορεί να φτάσει μέχρι και 600 χιλιόμετρα με μία φόρτιση, σύμφωνα με τις τελευταίες εκδόσεις του μοντέλου. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου οχήματος είναι η σύνδεση με το δίκτυο φόρτισης Supercharger της Tesla, το οποίο επιτρέπει τη γρήγορη φόρτιση και τη μείωση των χρόνων αναμονής για τους χρήστες. Η εμπειρία των χρηστών του Model S έδειξε ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι μηδενικές κατά τη διάρκεια της οδήγησης, και το όχημα προσφέρει σημαντική μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος

λειτουργίας σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (Kumar & Chinnam, 2017).

Η εικόνα του Tesla Model S παρουσιάζει το πλήρως ηλεκτρικό όχημα της Tesla, το οποίο αποτελεί παράδειγμα προηγμένης τεχνολογίας και υψηλής απόδοσης.



**Φωτογραφία 2.8.** Tesla Model S

Ωστόσο, η εξάρτηση των ηλεκτρικών οχημάτων από τη φόρτιση και την υποδομή φόρτισης παραμένει ένα πρόβλημα. Παρά την ανάπτυξη δικτύων φόρτισης και την αύξηση του αριθμού των φορτιστών υψηλής ταχύτητας, το κόστος φόρτισης παραμένει υψηλότερο σε σχέση με τη χρήση καυσίμων, και η διαθεσιμότητα φορτιστών δεν είναι πάντοτε επαρκής, ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες περιοχές ή σε χώρες με χαμηλότερη ανάπτυξη υποδομών φόρτισης. Ωστόσο, η συνεχιζόμενη έρευνα και ανάπτυξη στις υποδομές φόρτισης αναμένεται να μειώσει το κόστος και να διευκολύνει τη χρήση αυτών των οχημάτων.

Αντίθετα, τα υβριδικά οχήματα (ΥΟ), όπως το Toyota Prius, προσφέρουν μια πιο ευέλικτη λύση για τη μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση, χωρίς τους περιορισμούς της αυτονομίας των ηλεκτρικών οχημάτων. Το Toyota Prius, το οποίο κυκλοφόρησε το 1997, ήταν το πρώτο συμβατικό υβριδικό όχημα, συνδυάζοντας έναν κινητήρα ηλεκτροκινητήρα και κινητήρα εσωτερικής καύσης. Το Prius είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του πώς τα υβριδικά οχήματα συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροκίνησης και της υψηλής αυτονομίας που προσφέρει ο κινητήρας εσωτερικής καύσης. Η εκπομπή CO<sub>2</sub> του Prius είναι σημαντικά χαμηλότερη από αυτή των παραδοσιακών θερμικών οχημάτων, και οι υβριδικές μπαταρίες προσφέρουν τη δυνατότητα της ανάκτησης ενέργειας κατά την επιβράδυνση του οχήματος. Σύμφωνα με μελέτες, το Prius συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και βελτιώνει την αποδοτικότητα καυσίμου κατά 20-30% σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα (Markel et al., 2017).

Η εικόνα του Toyota Prius απεικονίζει το υβριδικό όχημα της Toyota, το οποίο συνδυάζει κινητήρα εσωτερικής καύσης με ηλεκτροκινητήρα, προσφέροντας χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> και αυξημένη αυτονομία.

## Κεφάλαιο 2ο:



**Φωτογραφία 2.9:** Toyota Prius

Η επιτυχία του Prius αποδεικνύει την ευχρηστία των υβριδικών οχημάτων, καθώς δεν εξαρτώνται από την υποδομή φόρτισης όπως τα ηλεκτρικά οχήματα και προσφέρουν μεγάλη ευχέρεια στις μεγάλες αποστάσεις. Το Prius συνδυάζει την ηλεκτροκίνηση για την καθημερινή χρήση στις πόλεις και την καύση καυσίμου για τις μεγαλύτερες διαδρομές, παρέχοντας μια ευέλικτη λύση για τους καταναλωτές που ανησυχούν για την αυτονομία.

Παρά τα πλεονεκτήματα, τα υβριδικά οχήματα παρουσιάζουν και μερικά μειονεκτήματα σε σχέση με τα πλήρως ηλεκτρικά. Η συντήρηση του κινητήρα εσωτερικής καύσης και τα πρόσθετα εξαρτήματα αυξάνουν το κόστος συντήρησης των υβριδικών οχημάτων σε σχέση με τα ηλεκτρικά οχήματα. Η ανάγκη για δύο συστήματα κίνησης ενδέχεται να αυξήσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σύγκριση με τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα, καθώς το σύστημα κινητήρα εσωτερικής καύσης εξακολουθεί να λειτουργεί για κάποιες διαδρομές.

Η σύγκριση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων καταδεικνύει τη σημαντική διαφορά στην αυτονομία, το κόστος απόκτησης και τη βιωσιμότητα των δύο τεχνολογιών. Παρά το ότι τα ηλεκτρικά οχήματα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα στο θέμα των εκπομπών CO<sub>2</sub> και της ενεργειακής αποδοτικότητας, η υποδομή φόρτισης και το αρχικό κόστος παραμένουν σημαντικά εμπόδια. Αντίθετα, τα υβριδικά οχήματα προσφέρουν καλύτερη ευχρηστία και μεγαλύτερη αυτονομία, αλλά η συνεχής χρήση καυσίμου καθιστά τα οχήματα αυτά λιγότερο φιλικά προς το περιβάλλον σε σχέση με τα πλήρως ηλεκτρικά.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Αυτονομία	250-500 km	600-900 km
Κόστος Απόκτησης (€)	30,000€–50,000€	20,000€–35,000€
Εκπομπές CO <sub>2</sub> (g/km)	0 g/km	50-100 g/km
Συντήρηση (€ / έτος)	300€–500€	600€–800€

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Φόρτιση / Καύσιμο	5€/100 km (φόρτιση)	8€/100 km (καύσιμο + φόρτιση)

Πίνακας 2.10.: Σύγκρισης Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων



## Κεφάλαιο 3ο: Παρούσα Κατάσταση και Προοπτικές

### 3.1 Νομικό και οικονομικό πλαίσιο

Η παρούσα κατάσταση και οι προοπτικές των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αναδύονται ως ένα από τα πιο κρίσιμα θέματα για τη βελτίωση της βιωσιμότητας στον τομέα των μεταφορών. Όσο η τεχνολογία αυτών των οχημάτων εξελίσσεται, έτσι και οι νομικές και οικονομικές προϋποθέσεις για την ανάπτυξή τους συνεχώς αναδιαμορφώνονται.

Η νομοθεσία που αφορά τα οχήματα αυτά επηρεάζει σημαντικά την ταχύτητα με την οποία θα μπορούσε να γίνει η μετάβαση σε μια πιο βιώσιμη και καθαρή μετακίνηση, ενώ οι οικονομικές συνθήκες καθορίζουν τη δυνατότητα ευρείας διάδοσης αυτών των τεχνολογιών.

Το νομικό πλαίσιο για την ανάπτυξη και διάδοση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων ποικίλλει ανά χώρα και εξαρτάται από τους θεσμικούς κανονισμούς και τις υποχρεώσεις των κυβερνήσεων προς την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που έχουν τεθεί διεθνώς. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), για παράδειγμα, έχουν θεσπιστεί αυστηρές εκπομπές CO<sub>2</sub> για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων, με στόχο να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων και να επιτευχθεί το καθαρό μηδέν CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050. Ο κανονισμός της ΕΕ για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> (ΕΕ 2019/631) θέτει στόχους για τους κατασκευαστές να μειώσουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> των νέων οχημάτων σε επίπεδο 37,5% μέχρι το 2030. Αυτό ενισχύει τη ζήτηση για ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, καθώς οι κατασκευαστές υποχρεούνται να αναπτύξουν και να παράγουν πιο καθαρές τεχνολογίες.

Η νομοθεσία στην Ευρώπη παρέχει επίσης φορολογικά κίνητρα και επιδοτήσεις για την αγορά ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, με στόχο την ενίσχυση της αγοράς αυτών των οχημάτων. Στη Γερμανία, για παράδειγμα, υπάρχουν επιδοτήσεις για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων με φορολογικά κίνητρα για τη μείωση της τιμής αγοράς. Παρόμοια προγράμματα επιδοτήσεων και φορολογικές ελαφρύνσεις υπάρχουν και σε άλλες χώρες της ΕΕ και σε χώρες εκτός της Ευρώπης, όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Κίνα. Η Κίνα είναι η μεγαλύτερη αγορά για ηλεκτρικά οχήματα παγκοσμίως και διαθέτει ισχυρό νομικό πλαίσιο που ενισχύει την ανάπτυξή τους μέσω κρατικών επιδοτήσεων και επιδοτήσεων φόρων.

Η κανονιστική υποδομή είναι επίσης σημαντική για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης για τα ηλεκτρικά οχήματα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει στόχους για την ανάπτυξη ενός εκτεταμένου δικτύου σταθμών φόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα, και πολλά κράτη-μέλη έχουν ήδη ενσωματώσει αυτά τα σχέδια στους εθνικούς τους προγραμματισμούς. Η Ελλάδα, για παράδειγμα, έχει προχωρήσει στη δημιουργία δημόσιων σταθμών φόρτισης, ωστόσο, η ανάπτυξη της υποδομής παραμένει περιορισμένη σε ορισμένες περιοχές, γεγονός που καθιστά τη συγκρίσιμη υποδομή φόρτισης κρίσιμο παράγοντα για την ευρύτερη υιοθέτηση αυτών των οχημάτων.

Το οικονομικό πλαίσιο για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα συνδέεται άμεσα με το κόστος παραγωγής και απόκτησης αυτών των οχημάτων, καθώς και με τις οικονομικές πολιτικές που καθορίζουν το επίπεδο των επιδοτήσεων και των φορολογικών ελαφρύνσεων για τους καταναλωτές. Τα ηλεκτρικά οχήματα παραμένουν πιο ακριβά από τα παραδοσιακά

### Κεφάλαιο 3ο:

θερμικά οχήματα λόγω του κόστους των μπαταριών και της τεχνολογίας που απαιτείται για την παραγωγή τους. Παρόλο που το κόστος των μπαταριών έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, το αρχικό κόστος παραμένει υψηλό, κάτι που αποτελεί εμπόδιο για την ευρεία υιοθέτηση αυτών των οχημάτων. Ωστόσο, με την ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης και την αύξηση της παραγωγής, το κόστος αυτών των οχημάτων αναμένεται να μειωθεί περαιτέρω, κάνοντάς τα πιο προσιτά για τους καταναλωτές.

Το κόστος καυσίμου είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας που ενισχύει την υιοθέτηση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Τα ηλεκτρικά οχήματα, σε σύγκριση με τα θερμικά οχήματα, έχουν σημαντικά χαμηλότερο κόστος λειτουργίας σε σχέση με τα καύσιμα, ενώ το κόστος φόρτισης παραμένει σημαντικά φθηνότερο από το καύσιμο βενζίνης ή πετρελαίου. Η ανάπτυξη υποδομών φόρτισης για τα ηλεκτρικά οχήματα και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση μπορεί να μειώσει το κόστος σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό.

Το οικονομικό όφελος που προκύπτει από την υιοθέτηση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων μπορεί να έχει και εθνικές συνέπειες, καθώς η ενίσχυση των πράσινων τεχνολογιών και η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα προσφέρει σημαντικά οφέλη για τις χώρες που υιοθετούν αυτές τις τεχνολογίες σε ευρεία κλίμακα. Στην Ευρώπη, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προγραμματίζει επενδύσεις ύψους 100 δις. ευρώ για την ενίσχυση της υποδομής φόρτισης και της ανανεώσιμης ενέργειας. Η μετάβαση στη βιώσιμη κινητικότητα ενισχύει τις πράσινες θέσεις εργασίας και δημιουργεί νέες βιομηχανικές ευκαιρίες.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Αρχικό Κόστος (€)	30,000€–50,000€	20,000€–35,000€
Κόστος Συντήρησης (€)	300€–500€	600€–800€
Φορολογικά Κίνητρα (€)	Υψηλά επιδόματα για αγορά	Ελαφρύτερα κίνητρα
Εκπομπές CO <sub>2</sub> (g/km)	0 g/km	50-100 g/km
Κόστος Καυσίμου / Φόρτισης	5€/100 km	8€/100 km

**Πίνακας 3.1:** Σύγκριση Νομικών και Οικονομικών Παραμέτρων

### 3.2 Υποδομές φόρτισης και ετοιμότητα αγοράς

Η παρούσα κατάσταση και οι προοπτικές των υποδομών φόρτισης και της ετοιμότητας αγοράς για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα είναι καίριας σημασίας για την επιτυχή μετάβαση από τα παραδοσιακά θερμικά οχήματα στην ηλεκτροκίνηση. Η υποδομή φόρτισης και η διαθεσιμότητα σταθμών φόρτισης είναι δύο από τα πιο σημαντικά εμπόδια

για την ευρεία διάδοση των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά. Παρά τις συνεχείς εξελίξεις στην τεχνολογία και τις βελτιώσεις στην υποδομή, η ετοιμότητα αγοράς και η υποδομή φόρτισης παραμένουν περιορισμένες σε πολλές περιοχές, γεγονός που καθιστά την υιοθέτηση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων πιο δύσκολη.

Η υποδομή φόρτισης είναι καθοριστική για την επιτυχία των ηλεκτρικών οχημάτων στην αγορά. Η ανάπτυξη ενός εκτεταμένου και αξιόπιστου δικτύου φορτιστών είναι ουσιαστική για την ευχρηστία και την ευκολία χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς οι χρήστες πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να φορτίζουν τα οχήματά τους χωρίς να ανησυχούν για την διαθεσιμότητα και την ευκολία προσβασιμότητας των φορτιστών. Σήμερα, οι φορτιστές DC ταχείας φόρτισης και οι φορτιστές AC είναι οι κύριοι τύποι σταθμών φόρτισης για τα ηλεκτρικά οχήματα, ενώ οι πρώτοι επιτρέπουν γρηγορότερη φόρτιση, γεγονός που συμβάλλει στην καλύτερη εμπειρία χρήστη, ειδικά για τους πολύωρους ταξιδιώτες.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει στόχους για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης μέσω του προγράμματος Connecting Europe Facility (CEF), το οποίο προάγει τη δημιουργία ενός ευρωπαϊκού δικτύου φόρτισης. Παρά τα αυτά, η γεωγραφική κάλυψη των σταθμών φόρτισης εξακολουθεί να είναι περιορισμένη, ιδιαίτερα σε αγροτικές περιοχές και αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η ανάπτυξη της υποδομής είναι πιο αργή. Στις αστικές περιοχές οι σταθμοί φόρτισης είναι πιο διαδεδομένοι, αλλά η ανάγκη για περισσότερους σταθμούς στις μεγάλες πόλεις και στα σημεία κυριότερης κυκλοφορίας είναι επιτακτική.

Η Ελλάδα ανήκει στις χώρες της ΕΕ που έχουν καταβάλει σημαντική προσπάθεια για την ανάπτυξη του δικτύου φόρτισης, ωστόσο, παραμένει πολύ πίσω σε σύγκριση με τις πιο αναπτυγμένες χώρες της Ευρώπης (π.χ., Γερμανία, Νορβηγία). Ενώ στην Γερμανία και την Ολλανδία η πυκνότητα φορτιστών είναι υψηλή και η υποδομή φόρτισης συνεχώς εξελίσσεται, στη Νορβηγία οι σταθμοί φόρτισης αντιστοιχούν σε έναν για κάθε δεκάδες οχήματα, γεγονός που διευκολύνει την εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Επιπλέον, η τεχνολογία φόρτισης εξελίσσεται ραγδαία με την ανάπτυξη φορτιστών ταχείας φόρτισης που μειώνουν σημαντικά το χρόνο αναμονής για πλήρη φόρτιση. Αυτοί οι φορτιστές ενισχύουν τη βιωσιμότητα των ηλεκτρικών οχημάτων, επιτρέποντας μεγαλύτερη ευχρηστία για τον χρήστη, καθώς η διαδικασία φόρτισης γίνεται πιο γρήγορη και αποτελεσματική. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η Tesla είναι από τις εταιρείες που έχουν επενδύσει σημαντικά στην ανάπτυξη σταθμών φόρτισης με το δικό τους δίκτυο Supercharger, το οποίο παρέχει ταχεία φόρτιση αποκλειστικά για τα ηλεκτρικά οχήματα της Tesla. Ομοίως, στην Κίνα, η BYD και η NIO έχουν αναπτύξει εκτεταμένα δίκτυα φόρτισης, υποστηρίζοντας την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης στην περιοχή.

Η ετοιμότητα αγοράς για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως οι οικονομικές συνθήκες, οι φορολογικές ελαφρύνσεις, οι επιδοτήσεις και οι κανονιστικές πολιτικές που εφαρμόζονται από τις κυβερνήσεις. Στην Ευρώπη, τα οικονομικά κίνητρα για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων είναι πολύ ισχυρά, καθώς η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την επίτευξη της πράσινης ανάπτυξης. Οι καταναλωτές, όμως, εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν αρκετές δυσκολίες λόγω του υψηλού κόστους αγοράς των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και των περιορισμένων υποδομών φόρτισης.

### Κεφάλαιο 3ο:

Η κοινωνική αποδοχή των ηλεκτρικών οχημάτων επίσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ετοιμότητα αγοράς. Αν και ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων αυξάνεται, η υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών παραμένει σε χαμηλά επίπεδα σε ορισμένες περιοχές, κυρίως λόγω της έλλειψης ενημέρωσης και της ανησυχίας για την αυτονομία των οχημάτων. Τα υβριδικά οχήματα, ωστόσο, απολαμβάνουν μεγαλύτερη αποδοχή στην αγορά λόγω της ευχρηστίας τους και της μεγαλύτερης αυτονομίας σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά οχήματα.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Υποδομή Φόρτισης	Χαμηλή σε ορισμένες περιοχές	Όχι απαιτείται
Ταχύτητα Φόρτισης	30–60 λεπτά (ταχεία φόρτιση)	Όχι απαιτείται
Συχνότητα Φόρτισης	Υψηλή, ειδικά σε αστικά κέντρα	Λιγότερη συχνότητα
Κόστος Απόκτησης (€)	30,000€–50,000€	20,000€–35,000€
Επιδοτήσεις και Κίνητρα	Υψηλά σε πολλές χώρες	Χαμηλότερα σε σχέση με ΗΟ

**Πίνακας 3.2:** Σύγκρισης Υποδομών Φόρτισης και Ετοιμότητας Αγοράς

Οι εικόνες που παρατίθενται απεικονίζουν σύγχρονους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε αστικό περιβάλλον, αναδεικνύοντας την ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης σε πόλεις και την ανάγκη για εκτεταμένα δίκτυα φόρτισης.



Εικόνα 3.3: Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων



Εικόνα 3.4: Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων



**Εικόνα 3.5:** Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Οι προοπτικές των υποδομών φόρτισης και της ετοιμότητας αγοράς για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα καθορίζουν το μέλλον αυτών των τεχνολογιών και το ρυθμό διάδοσής τους στην αγορά. Οι συνέπειες για το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία είναι μεγάλες, με την ηλεκτροκίνηση να αποτελεί κλειδί για την επίτευξη των στόχων μηδενικών εκπομπών και της πράσινης ανάπτυξης.

### 3.3 Τάσεις και προβλέψεις μελλοντικής εξέλιξης

Η παρούσα κατάσταση και οι προοπτικές για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα συνδέονται άμεσα με τις τάσεις και τις προβλέψεις που διαμορφώνονται για την μελλοντική εξέλιξη του τομέα της ηλεκτροκίνησης.

Η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας, η υποστήριξη των κυβερνήσεων και η αλλαγή στην κατανάλωση ενέργειας διαμορφώνουν το μέλλον αυτών των οχημάτων και καθορίζουν την ταχύτητα με την οποία οι καταναλωτές θα στραφούν σε πιο βιώσιμες λύσεις μετακίνησης.

Μία από τις κυριότερες τάσεις είναι η συνεχής βελτίωση της τεχνολογίας των μπαταριών. Οι μπαταρίες λιθίου-ιονίου που χρησιμοποιούνται σήμερα στα ηλεκτρικά οχήματα βρίσκονται σε φάση συνεχούς εξέλιξης, με στόχο την αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας και τη μείωση του κόστους παραγωγής. Η βελτίωση της απόδοσης των μπαταριών επιτρέπει την αύξηση της αυτονομίας των ηλεκτρικών οχημάτων, γεγονός που μειώνει το άγχος των χρηστών σχετικά με την ανάγκη για συχνές φορτίσεις. Επιπλέον, η εξέλιξη προς την τεχνολογία solid-state μπαταριών αναμένεται να προσφέρει σημαντική πρόοδο στην ασφάλεια και στην ενεργειακή πυκνότητα, με τις solid-state μπαταρίες να προσφέρουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, ταχύτερη φόρτιση και υψηλότερη ενεργειακή αποδοτικότητα σε σχέση με τις υπάρχουσες μπαταρίες.

Τα ηλεκτρικά οχήματα θα επωφεληθούν από τη συνεχιζόμενη αναβάθμιση των υποδομών φόρτισης. Η ανάπτυξη του δικτύου φόρτισης παγκοσμίως, με τη δημιουργία ταχυφορτιστών (DC Fast Chargers) και την ανάπτυξη φορτιστών για οικιακή χρήση, θα διευκολύνει τη φόρτιση και θα επιτρέπει τη μεγαλύτερη υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων. Ο καταναλωτής θα έχει τη δυνατότητα να φορτίσει το όχημά του πιο γρήγορα και πιο εύκολα, ακόμα και σε τοποθεσίες εκτός των μεγάλων αστικών κέντρων. Έτσι, η εξάπλωση του δικτύου φόρτισης θεωρείται κρίσιμη για την επιτυχία της ηλεκτροκίνησης.

Η ανάκτηση ενέργειας μέσω της αναγεννητικής πέδησης είναι άλλη μία σημαντική τάση που αναμένεται να βελτιώσει τη γενική αποδοτικότητα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την ανάκτηση ενέργειας κατά την επιβράδυνση, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια που αποθηκεύεται στην μπαταρία. Αυτό μειώνει την ανάγκη για συνεχή φόρτιση και αυξάνει την ενεργειακή αποδοτικότητα των οχημάτων, γεγονός που τα καθιστά πιο φιλικά προς το περιβάλλον και πιο οικονομικά για τους χρήστες.

Οι προβλέψεις για το μέλλον των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων δείχνουν ότι η υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων θα αυξηθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια, καθώς οι τεχνολογικές εξελίξεις και οι οικονομικές πολιτικές θα καταστήσουν αυτά τα οχήματα πιο προσβάσιμα και πιο αποδοτικά. Σήμερα, η αγορά των ηλεκτρικών οχημάτων είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο, με τα ηλεκτρικά οχήματα να αντιπροσωπεύουν περίπου το 4% των συνολικών πωλήσεων αυτοκινήτων παγκοσμίως, σύμφωνα με τα τελευταία στοιχεία της International Energy Agency (IEA). Ωστόσο, σύμφωνα με τις προβλέψεις, το ποσοστό αυτό αναμένεται να φτάσει το 20%-30% μέχρι το 2030, καθώς οι καταναλωτές γίνονται πιο συνειδητοποιημένοι για την περιβαλλοντική τους επίπτωση και οι κυβερνήσεις προσφέρουν περισσότερα φορολογικά κίνητρα και επιδοτήσεις για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων.

Η εκτίμηση για το μέλλον των υβριδικών οχημάτων είναι επίσης θετική, αν και λιγότερο εντυπωσιακή σε σύγκριση με τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα. Τα υβριδικά οχήματα αναμένεται να εξακολουθήσουν να έχουν σημαντική παρουσία στην αγορά, κυρίως λόγω της ευχρηστίας τους, της μεγαλύτερης αυτονομίας τους σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά οχήματα, και της ευελιξίας τους όσον αφορά τη χρήση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας. Οι καταναλωτές που βρίσκονται μεταξύ της επιλογής πλήρους ηλεκτροκίνησης και παραδοσιακών καυσίμων θα στραφούν συχνά στα υβριδικά οχήματα ως μια ενδιάμεση λύση, ειδικά για περιοχές με περιορισμένο δίκτυο φόρτισης.

Αναμένονται επίσης σημαντικές πολιτικές κινήτρων και ρυθμίσεις από τις κυβερνήσεις, οι οποίες θα ενισχύσουν την ανάπτυξη και την εξάπλωση των υποδομών φόρτισης και την ενίσχυση των πράσινων τεχνολογιών. Τα κίνητρα περιλαμβάνουν φορολογικές εκπτώσεις για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και επιδοτήσεις για τη δίκτυο φόρτισης και την υποδομή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι κυβερνήσεις παγκοσμίως είναι προσανατολισμένες στην επίτευξη των στόχων της Συμφωνίας του Παρισιού για μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> και την προώθηση των καθαρών ενεργειακών τεχνολογιών.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Αυτονομία (km)	250-500 km	600-900 km
Κόστος Απόκτησης (€)	30,000€–50,000€	20,000€–35,000€
Ταχύτητα Φόρτισης	30-60 λεπτά (ταχεία φόρτιση)	Όχι απαιτείται
Υποδομή Φόρτισης	Αυξημένη, απαιτεί ανάπτυξη	Περιορισμένη για φόρτιση
Προβλέψεις για υιοθέτηση	20%-30% της αγοράς μέχρι το 2030	Σταθερή παρουσία στην αγορά

**Πίνακας 3.6:** Σύγκριση Τάσεων και Προβλέψεων Ηλεκτροκίνησης και Υβριδικών Οχημάτων

Οι τάσεις και οι προβλέψεις για τη μελλοντική εξέλιξη των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων δείχνουν ότι η ηλεκτροκίνηση θα συνεχίσει να κερδίζει έδαφος, καθώς οι τεχνολογικές εξελίξεις μειώνουν το κόστος παραγωγής, αυξάνουν την αυτονομία και την απόδοση, και αναπτύσσονται περαιτέρω οι υποδομές φόρτισης. Η υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών είναι καθοριστική για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων και τη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου και καθαρού μέλλοντος.

### 3.4 Πολιτικές και στρατηγικές ανάπτυξης

Η μετάβαση προς τη βιώσιμη κινητικότητα και η ηλεκτροκίνηση έχει γίνει ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα της σύγχρονης εποχής, καθώς οι κλιματικές αλλαγές και η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι παγκόσμια προβλήματα. Οι πολιτικές και στρατηγικές ανάπτυξης που αφορούν την προώθηση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία αυτής της μετάβασης.

Η ανάγκη για μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την επίτευξη των στόχων της Συμφωνίας του Παρισιού επιτάσσουν την ανάπτυξη πολιτικών που θα ενισχύσουν την ηλεκτροκίνηση και θα επιταχύνουν την υιοθέτηση των νέων αυτών τεχνολογιών σε παγκόσμιο επίπεδο. Το νομικό και οικονομικό πλαίσιο, σε συνδυασμό με τις κατάλληλες στρατηγικές, καθοδηγούν την ανάπτυξη των υποδομών και την εξάπλωση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, με στόχο τη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την προώθηση της πράσινης κινητικότητας. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μέχρι το 2030, ο στόχος είναι να μειωθούν οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα νέα οχήματα κατά 37,5%, και ο στόχος για το 2050 είναι να επιτευχθεί μηδενικό ισοδύναμο εκπομπών σε όλη την ΕΕ. Αυτοί οι στόχοι επιτυγχάνονται μέσω ενός συνδυασμού πολιτικών που περιλαμβάνουν τη φορολογία για τη ρύπανση, την ενίσχυση των φορολογικών κινήτρων για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων και την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης για την υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης.

Στην Γερμανία, για παράδειγμα, η κυβέρνηση παρέχει ενισχυμένα οικονομικά κίνητρα για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, όπως εκπτώσεις στον Φόρο Προστιθέμενης Αξίας (ΦΠΑ) και φορολογικές ελαφρύνσεις για τους καταναλωτές που επιλέγουν να αγοράσουν ηλεκτρικά ή υβριδικά οχήματα. Επιπλέον, υπάρχουν επιδόματα για την αγορά μπαταριών και την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης στα σπίτια. Στη Γερμανία, τα υβριδικά οχήματα επίσης απολαμβάνουν σημαντικά κίνητρα, ενώ η κοινή στρατηγική της κυβέρνησης και της αυτοκινητοβιομηχανίας στοχεύει στη δημιουργία ενός δικτύου φόρτισης που να καλύπτει όλη τη χώρα.

Η Κίνα, ως παγκόσμιος ηγέτης στην παραγωγή και την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, έχει επίσης αναπτύξει εξαιρετικά υποστηρικτικές πολιτικές. Η κυβέρνηση της Κίνας παρέχει επιδότηση για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ ταυτόχρονα ενθαρρύνει τη δημιουργία υποδομών φόρτισης και την ανάπτυξη ηλιακών φορτιστών που προορίζονται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Στην Κίνα, η αγορά ηλεκτρικών οχημάτων απολαμβάνει επίσης ευνοϊκή φορολογία και την υποστήριξη της ανάπτυξης μπαταριών μέσω κρατικών επιδοτήσεων.

Η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές στρατηγικές για την ενίσχυση της ηλεκτροκίνησης και την εξάπλωση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Χωρίς τη διαθεσιμότητα επαρκών σταθμών φόρτισης, οι καταναλωτές είναι απρόθυμοι να επενδύσουν σε ηλεκτρικά οχήματα, καθώς φοβούνται ότι δεν θα μπορούν να βρουν σημεία φόρτισης όταν το χρειάζονται. Ορισμένες χώρες, όπως η Νορβηγία και η Ολλανδία, έχουν καταφέρει να δημιουργήσουν εκτεταμένα δίκτυα φορτιστών με ταχύτατη φόρτιση, καθιστώντας την ηλεκτροκίνηση ιδιαίτερα ελκυστική για τους καταναλωτές. Η Ευρωπαϊκή Ένωση εργάζεται επίσης για την ανάπτυξη ενός κοινά συντονισμένου δικτύου φόρτισης, το οποίο θα συνδέει όλες τις χώρες της ΕΕ, επιτρέποντας στους χρήστες να φορτίζουν τα οχήματά τους εύκολα και γρήγορα, ανεξαρτήτως χώρας.

Αξιοσημείωτο είναι ότι, πέρα από τις επιδοτήσεις για τη φόρτιση στο σπίτι, πολλές χώρες παρέχουν κίνητρα για τη δημιουργία δημόσιων σταθμών φόρτισης σε ιδιωτικούς και δημόσιους χώρους. Αυτό δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο οικοσύστημα που υποστηρίζει την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης και η ανάπτυξη της αγοράς εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις πολιτικές και τις στρατηγικές που ακολουθούν οι κυβερνήσεις, καθώς και από την πρόοδο στην τεχνολογία των μπαταριών και των υποδομών φόρτισης. Παρά την ενίσχυση της πολιτικής υποστήριξης και της τεχνολογικής εξέλιξης, οι υποδομές φόρτισης παραμένουν σε πολλές χώρες ανεπαρκείς για την κάλυψη της ζήτησης, ενώ η τιμή των ηλεκτρικών οχημάτων εξακολουθεί να είναι υψηλότερη από αυτή των παραδοσιακών οχημάτων, καθιστώντας τα λιγότερο προσίτα για αρκετούς καταναλωτές.

Το μέλλον της ηλεκτροκίνησης εξαρτάται από την πρόοδο σε τεχνολογίες φόρτισης, την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ενίσχυση των στρατηγικών υποδομών φόρτισης, οι οποίες αναμένεται να μειώσουν το κόστος και να επιτρέψουν στους καταναλωτές να υιοθετήσουν πιο εύκολα ηλεκτρικά οχήματα.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Στρατηγικές Πολιτικές Επιδότησεων	Φορολογικές ελαφρύνσεις, επιδοτήσεις για οχήματα και φόρτιση	Μειωμένα κίνητρα σε σύγκριση με ΗΟ
Υποδομές Φόρτισης	Υψηλή ανάπτυξη υποδομών σε χώρες ΕΕ και Αμερική	Περιορισμένη ανάπτυξη υποδομών φόρτισης
Κόστος Απόκτησης (€)	30,000€–50,000€	20,000€–35,000€
Κόστος Συντήρησης (€ / έτος)	300€–500€	600€–800€
Εκπομπές CO <sub>2</sub> (g/km)	0 g/km	50-100 g/km

**Πίνακας 3.7:** Σύγκριση Πολιτικών Υποδομών Φόρτισης και Ανάπτυξης

Η ηλεκτροκίνηση συνεχώς εξελίσσεται με σημαντικές πολιτικές υποστήριξης και στρατηγικές ανάπτυξης που υπογραμμίζουν τη σημασία των υποδομών φόρτισης και των πολιτικών κινήτρων για τη διάδοση των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Η επένδυση στις υποδομές φόρτισης και η διασφάλιση της συνεχιζόμενης υποστήριξης από τις κυβερνήσεις θα επιτρέψουν τη μετάβαση σε πιο καθαρές και βιώσιμες μεταφορές.

## Κεφάλαιο 4ο: Συμπεράσματα και Προτάσεις

### 4.1 Συμπεράσματα της συγκριτικής μελέτης

Η συγκριτική μελέτη των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αποκαλύπτει σημαντικά συμπεράσματα που αφορούν την απόδοση, τις οικονομικές επιπτώσεις, και τις περιβαλλοντικές συνέπειες αυτών των τεχνολογιών. Η σύγκριση των δύο τύπων οχημάτων αναδεικνύει τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες τους, καθώς και τις μελλοντικές προοπτικές που σχετίζονται με την ανάπτυξή τους. Παρά τις εξαιρετικές τεχνολογικές επιδόσεις που παρουσιάζουν τα ηλεκτρικά οχήματα (HO), τα υβριδικά οχήματα (YO) παραμένουν μια ελκυστική λύση για χρήστες που αναζητούν μεγαλύτερη ευχρηστία και ευελιξία.

Η μελλοντική έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι κρίσιμη για τη συνεχιζόμενη βελτίωση αυτών των τεχνολογιών και για την επίτευξη των στόχων της βιώσιμης κινητικότητας. Τα τελευταία χρόνια, η πρόοδος στην ηλεκτροκίνηση και η ανάπτυξη υβριδικών τεχνολογιών έχουν επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στην αξιοπιστία των οχημάτων. Παρ' όλα αυτά, παραμένουν αρκετές προκλήσεις που απαιτούν περαιτέρω έρευνα για να επιτευχθεί πλήρης βιωσιμότητα και να καταστεί η ηλεκτροκίνηση η κυρίαρχη τεχνολογία στον τομέα των μεταφορών.

Η πρώτη βασική περιοχή στην οποία θα πρέπει να επικεντρωθεί η έρευνα είναι η βελτίωση της τεχνολογίας των μπαταριών. Παρά τη συνεχιζόμενη πρόοδο, οι μπαταρίες λιθίου-ιονίου, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως στα ηλεκτρικά οχήματα, εξακολουθούν να παρουσιάζουν περιορισμούς, όπως η υψηλή τιμή, η χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα και η περιορισμένη διάρκεια ζωής. Η ανάπτυξη solid-state μπαταριών και άλλων εναλλακτικών τεχνολογιών για την αποθήκευση ενέργειας αναμένεται να επιφέρει σημαντικά οφέλη, όπως η αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας, η μείωση του κόστους παραγωγής και η βελτίωση της ασφάλειας. Η έρευνα στον τομέα αυτό μπορεί να καταστήσει τα ηλεκτρικά οχήματα πιο προσιτά και πιο αποδοτικά, συμβάλλοντας έτσι στην ευρύτερη υιοθέτησή τους (International Energy Agency, 2020).

Μια δεύτερη περιοχή στην οποία απαιτείται έρευνα είναι η ανάπτυξη και επέκταση των υποδομών φόρτισης. Η διαθεσιμότητα φορτιστών και η ταχύτητα φόρτισης παραμένουν κρίσιμοι παράγοντες που επηρεάζουν την υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Παρά την ανάπτυξη του δικτύου φόρτισης τα τελευταία χρόνια, οι δημόσιοι σταθμοί φόρτισης παραμένουν περιορισμένοι σε αρκετές περιοχές, ιδιαίτερα στις αγροτικές περιοχές. Η έρευνα για τη βελτίωση των υποδομών φόρτισης, καθώς και η ανάπτυξη ταχυφορτιστών που μειώνουν τον χρόνο φόρτισης, είναι απαραίτητη για την ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρικών

#### Κεφάλαιο 4ο:

οχημάτων. Επίσης, η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο φόρτισης θα μπορούσε να μειώσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της φόρτισης και να ενισχύσει τη βιωσιμότητα των ηλεκτρικών οχημάτων (Kumar & Chinnam, 2017).

Η ανάκτηση ενέργειας μέσω της αναγεννητικής πέδησης είναι επίσης μια περιοχή που χρήζει περαιτέρω έρευνας. Η αναγεννητική πέδηση επιτρέπει στα ηλεκτρικά οχήματα να ανακτούν μέρος της κινητικής ενέργειας κατά την επιβράδυνση και να την επιστρέφουν στην μπαταρία. Η βελτίωση αυτής της τεχνολογίας μπορεί να αυξήσει τη γενική ενεργειακή απόδοση των ηλεκτρικών οχημάτων και να μειώσει την ανάγκη για συχνές φορτίσεις, καθιστώντας τα πιο οικονομικά βιώσιμα και ευχρηστούς για καθημερινή χρήση (Markel et al., 2017).

Μια άλλη κρίσιμη περιοχή έρευνας είναι η εξέλιξη των υβριδικών οχημάτων και η βελτίωση της συνδυαστικής τεχνολογίας που χρησιμοποιούν. Τα υβριδικά οχήματα (ΥΟ) συνδυάζουν τον κινητήρα εσωτερικής καύσης και τον ηλεκτροκινητήρα, επιτρέποντας τη χρήση καυσίμου και ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία του οχήματος. Ενώ τα υβριδικά οχήματα προσφέρουν μεγαλύτερη ευχρηστία και ευελιξία, η συντήρηση των δύο συστημάτων (κινητήρας εσωτερικής καύσης και ηλεκτροκινητήρας) μπορεί να αυξήσει το κόστος συντήρησης. Η έρευνα για την ενσωμάτωση καλύτερων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας και την αντίσταση στη φθορά μπορεί να οδηγήσει σε πιο οικονομικά βιώσιμα και αποδοτικά υβριδικά οχήματα (IEA, 2020).

Η συνεχιζόμενη έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι επίσης κρίσιμη για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των οχημάτων και τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η ανάπτυξη καθαρών και βιώσιμων τεχνολογιών μετακίνησης είναι απαραίτητη για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης στον τομέα των μεταφορών. Καθώς οι υποδομές φόρτισης αναπτύσσονται, οι καινοτομίες στις μπαταρίες και η βελτίωση της απόδοσης θα συμβάλουν στην επιτάχυνση της μετάβασης στην ηλεκτροκίνηση, προσφέροντας καθαρές, αποδοτικές και οικονομικές λύσεις μετακίνησης για το μέλλον.

Η έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι απαραίτητη για την επιτάχυνση της υιοθέτησης καθαρών και αποδοτικών τεχνολογιών στον τομέα των μεταφορών και για την επίτευξη των στόχων μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Η ηλεκτροκίνηση φαίνεται να είναι το μέλλον της κινητικότητας, καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα προσφέρουν τη δυνατότητα για μηδενικές εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, μειώνοντας έτσι τη ρύπανση του αέρα στις πόλεις και συμβάλλοντας στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας μπαταριών, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση, έχει τη δυνατότητα να μειώσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των ηλεκτρικών οχημάτων, κάνοντάς τα πιο βιώσιμα και οικονομικά προσβάσιμα.

Ωστόσο, η σύγκριση μεταξύ των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων δείχνει ότι τα υβριδικά οχήματα παραμένουν πιο ευέλικτα σε χώρες και περιοχές όπου η υποδομή φόρτισης για τα ηλεκτρικά οχήματα δεν είναι επαρκώς ανεπτυγμένη ή όπου η ανεπαρκής αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων εξακολουθεί να είναι πρόβλημα. Τα υβριδικά οχήματα, συνδυάζοντας έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης με έναν ηλεκτροκινητήρα, προσφέρουν καλύτερη ευχρηστία και μεγαλύτερη αυτονομία σε σχέση με τα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα,

καθώς δεν εξαρτώνται αποκλειστικά από την υποδομή φόρτισης. Αυτό τα καθιστά ιδανικά για μεγάλες αποστάσεις, ιδίως σε χώρες όπου οι φορτιστές δεν είναι ευρέως διαθέσιμοι.

Παρ' όλα αυτά, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> των υβριδικών οχημάτων παραμένουν σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με τα ηλεκτρικά οχήματα, αν και μειώνονται σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα. Το γεγονός ότι τα υβριδικά οχήματα εξακολουθούν να χρησιμοποιούν καύσιμα σημαίνει ότι παρά τις βελτιώσεις στην απόδοση και τη μείωση των εκπομπών, τα ηλεκτρικά οχήματα προσφέρουν μια πιο καθαρή και βιώσιμη λύση για το μέλλον.

Η κατάσταση των υποδομών φόρτισης είναι επίσης ένα σημαντικό παράγοντα στην υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης. Η ανάπτυξη της υποδομής φόρτισης έχει προχωρήσει σημαντικά σε ορισμένες χώρες, όπως η Νορβηγία και η Ολλανδία, αλλά σε άλλες χώρες, όπως η Ελλάδα, οι σταθμοί φόρτισης παραμένουν περιορισμένοι. Αυτό δημιουργεί περιορισμούς στη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων, ιδιαίτερα για τους χρήστες που ζουν σε περιοχές με ανεπαρκή υποδομή φόρτισης. Η ανάγκη για μεγαλύτερη επένδυση στην υποδομή φόρτισης είναι επιτακτική για την επίτευξη της ευρύτερης αποδοχής των ηλεκτρικών οχημάτων και για την αποτροπή της ανεπάρκειας φόρτισης σε μεγάλες πόλεις και αγροτικές περιοχές.

Η βιομηχανία αυτοκινήτων επίσης αντιμετωπίζει προκλήσεις στην παραγωγή και διάθεση των μπαταριών. Οι μπαταρίες για τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελούν το μεγαλύτερο κομμάτι του κόστους παραγωγής των οχημάτων, και παρά την πρόοδο που έχει γίνει στην τεχνολογία μπαταριών, το κόστος τους παραμένει σχετικά υψηλό. Η ανάγκη για επενδύσεις στην παραγωγή μπαταριών και την ανακύκλωση των υλικών τους είναι καθοριστική για τη μείωση του κόστους και την ενίσχυση της βιωσιμότητας των ηλεκτρικών οχημάτων.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Αυτονομία	250-500 km	600-900 km
Εκπομπές CO <sub>2</sub> (g/km)	0 g/km	50-100 g/km
Ενεργειακή Απόδοση	15-20 kWh/100 km	5-6 l/100 km
Κόστος Απόκτησης (€)	30,000€–50,000€	20,000€–35,000€
Κόστος Συντήρησης (€)	300€–500€	600€–800€

**Πίνακας 4.1:** Σύγκριση Συγκριτικών Μελετών Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων

Συνολικά, η συγκριτική μελέτη των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων αποδεικνύει ότι η ηλεκτροκίνηση αναδεικνύεται ως η πιο βιώσιμη επιλογή για το μέλλον των μεταφορών. Η συνεχιζόμενη πρόοδος στην τεχνολογία μπαταριών, η βελτίωση των υποδομών φόρτισης, και η συνεχής υποστήριξη από τις κυβερνήσεις μέσω πολιτικών και επιδοτήσεων συμβάλλουν στην εξάπλωση της ηλεκτροκίνησης. Παρά τις προκλήσεις και τα

εμπόδια που παραμένουν, η ηλεκτροκίνηση έχει σημαντικές δυνατότητες να μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και να ενισχύσει τη βιώσιμη ανάπτυξη στον τομέα των μεταφορών.

### 4.2 Τεχνολογικές και πολιτικές προτάσεις

Η ηλεκτροκίνηση και η υβριδική τεχνολογία είναι οι κινητήριες δυνάμεις πίσω από τη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο και καθαρότερο μέλλον για τις μεταφορές. Καθώς οι τεχνολογίες συνεχίζουν να εξελίσσονται και οι πολιτικές στήριξης αυξάνονται, τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα συνεχίζουν να κερδίζουν έδαφος στην αγορά. Παρ' όλα αυτά, παραμένουν σημαντικές προκλήσεις που συνδέονται με την τεχνολογία και την πολιτική υποστήριξη. Στο πλαίσιο αυτό, οι τεχνολογικές και πολιτικές προτάσεις είναι απαραίτητες για την ενίσχυση της ανάπτυξης και την επιτάχυνση της υιοθέτησης αυτών των οχημάτων.

Η πρώτη και πιο σημαντική πρόταση είναι η ανάπτυξη και βελτίωση των μπαταριών. Οι μπαταρίες λιθίου-ιονίου, αν και αποτελούν το βασικό στοιχείο των ηλεκτρικών οχημάτων, έχουν ακόμα περιορισμούς ως προς την ενεργειακή πυκνότητα, την ταχύτητα φόρτισης και το κόστος παραγωγής. Η ανάπτυξη solid-state μπαταριών αναμένεται να προσφέρει σημαντικά οφέλη. Αυτές οι μπαταρίες όχι μόνο θα προσφέρουν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, αλλά και μεγαλύτερη ασφάλεια και μικρότερη φθορά κατά τη διάρκεια των κύκλων φόρτισης. Η προώθηση της έρευνας και ανάπτυξης στην τεχνολογία των μπαταριών είναι κρίσιμη για την βελτίωση της αυτονομίας των ηλεκτρικών οχημάτων και τη μείωση του κόστους τους, καθιστώντας τα πιο προσιτά και αποδοτικά για τον καταναλωτή.

Ένα δεύτερο κρίσιμο σημείο είναι η ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης. Η εκτεταμένη ανάπτυξη δικτύου φορτιστών σε δημόσιους χώρους και οικιακούς χώρους είναι απαραίτητη για να υποστηρίξει την αυξανόμενη ζήτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Σήμερα, η ανεπάρκεια υποδομών φόρτισης παραμένει ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια για τη διάδοση της ηλεκτροκίνησης. Η δημιουργία σταθμών φόρτισης υψηλής ταχύτητας (DC fast chargers) και η επέκταση του δικτύου φορτιστών σε απομακρυσμένες περιοχές θα επιτρέψουν στους χρήστες να φορτίζουν τα οχήματά τους με μεγαλύτερη ευκολία και σε λιγότερο χρόνο. Μια άλλη πρόταση είναι η ενσωμάτωση της φόρτισης στις υποδομές των αστικών περιοχών, όπως η εγκατάσταση φορτιστών στις υποδομές στάθμευσης και στους δημόσιους χώρους.

Η ανάκτηση ενέργειας είναι μια ακόμα τεχνολογία που απαιτεί περαιτέρω ανάπτυξη. Οι αναγεννητικοί συστήματα πέδησης (regenerative braking systems) χρησιμοποιούνται ήδη σε πολλές εφαρμογές, ωστόσο, η αποδοτικότητα της διαδικασίας πρέπει να βελτιωθεί. Ο σχεδιασμός εξαιρετικά αποδοτικών συστημάτων ανάκτησης ενέργειας μπορεί να προσφέρει σημαντική αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, βοηθώντας τα ηλεκτρικά οχήματα να αυξήσουν την αυτονομία τους και να μειώσουν τη συχνότητα φόρτισης.

Όσον αφορά τις πολιτικές, η συνεχιζόμενη υποστήριξη από τις κυβερνήσεις είναι απαραίτητη για την επιτυχία της ηλεκτροκίνησης. Οι επιδόσεις και η εκδοχή κανονιστικών ρυθμίσεων για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την προώθηση των καθαρών τεχνολογιών πρέπει να αποτελούν προτεραιότητα για τις κυβερνήσεις. Η φορολογική ελάφρυνση και οι

επιδόσεις επιδοτήσεων για την αγορά ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων πρέπει να συνεχιστούν και να αυξηθούν ώστε να μειωθεί το αρχικό κόστος αυτών των οχημάτων. Η υποστήριξη της αγοράς μέσω επιδοτήσεων και φορολογικών κινήτρων μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κόστους απόκτησης, καθιστώντας τα πιο προσιτά για ένα ευρύτερο κοινό.

Η στρατηγική πολιτική για την αναβάθμιση των υποδομών φόρτισης πρέπει να περιλαμβάνει τη δημιουργία δημόσιων και ιδιωτικών σταθμών φόρτισης και την επέκταση των ήδη υπαρχόντων δικτύων. Οι σταθμοί φόρτισης ταχείας φόρτισης πρέπει να τοποθετούνται σε κεντρικές τοποθεσίες και να συνδέονται με εθνικές και διεθνείς οδικές αρτηρίες, καθιστώντας την φόρτιση πιο προσιτή και γρήγορη. Τα οικονομικά κίνητρα για την ενίσχυση αυτών των υποδομών μπορούν να προέλθουν από κρατικές επενδύσεις, καθώς και από την συνεργασία με ιδιωτικές επιχειρήσεις και κατασκευαστές φορτιστών.

Επιπλέον, είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν νέες κανονιστικές πολιτικές που να ενθαρρύνουν τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Η χρηματοδότηση της έρευνας για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (όπως ηλιακή και αιολική ενέργεια) μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> που σχετίζονται με τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων, δημιουργώντας μια πιο βιώσιμη λύση για το μέλλον.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (ΗΟ)	Υβριδικό Όχημα (ΥΟ)
Πολιτική Υποστήριξης	Επιδότηση για αγορά και φόρτιση	Μειωμένα κίνητρα για φόρτιση
Υποδομή Φόρτισης	Επέκταση δικτύου φόρτισης	Λιγότεροι σταθμοί φόρτισης
Κόστος Απόκτησης (€)	30,000€–50,000€	20,000€–35,000€
Αυτονομία (km)	250-500 km	600-900 km

**Πίνακας 4.2:** Πολιτικές και Στρατηγικές Ανάπτυξης

Η ανάπτυξη των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις πολιτικές υποστήριξης και τις στρατηγικές που εφαρμόζονται από τις κυβερνήσεις. Οι τεχνολογικές και πολιτικές προτάσεις που εξετάστηκαν δείχνουν ότι η συνδυασμένη δράση για την ενίσχυση της ηλεκτροκίνησης και των υποδομών φόρτισης είναι απαραίτητη για τη μετάβαση σε καθαρές και βιώσιμες μεταφορές.

### 4.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η μελλοντική έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι κρίσιμη για την περαιτέρω βελτίωση αυτών των τεχνολογιών και για την επίτευξη των στόχων της βιώσιμης κινητικότητας. Η μελλοντική έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι κρίσιμη για την περαιτέρω βελτίωση αυτών των τεχνολογιών και για την επίτευξη των στόχων της βιώσιμης κινητικότητας. Ο τομέας της ηλεκτροκίνησης, σε συνδυασμό με την ταχεία εξέλιξη των τεχνολογιών των μπαταριών και των υποδομών φόρτισης, αναμένεται να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη των

#### Κεφάλαιο 4ο:

περιβαλλοντικών στόχων που έχει θέσει η διεθνής κοινότητα για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και την προστασία του κλίματος. Καθώς οι κλιματικές αλλαγές είναι ένα από τα μεγαλύτερα παγκόσμια προβλήματα, η ανάπτυξη και η εφαρμογή πιο αποδοτικών τεχνολογιών στον τομέα των οχημάτων είναι επιτακτική.

Αρχικά, η έρευνα στον τομέα της τεχνολογίας των μπαταριών είναι θεμελιώδης για την πρόοδο των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων. Οι σύγχρονες μπαταρίες λιθίου-ιονίου αποτελούν τη βασική τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα, αλλά εξακολουθούν να υπάρχουν περιορισμοί όσον αφορά την ενεργειακή πυκνότητα, την αντοχή και το κόστος παραγωγής τους. Η ανάπτυξη νέων τύπων μπαταριών, όπως οι solid-state μπαταρίες, υπόσχεται να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της μεγαλύτερης ενεργειακής πυκνότητας, ταχύτερης φόρτισης και βελτιωμένης ασφάλειας (Kumar & Chinnam, 2017). Η βελτίωση των τεχνολογιών ανακύκλωσης μπαταριών είναι επίσης κρίσιμη, καθώς η αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων θα δημιουργήσει σημαντική ποσότητα παλιών μπαταριών που πρέπει να ανακυκλώνονται με ασφαλή και αποδοτικό τρόπο, μειώνοντας έτσι τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής τους.

Η βελτίωση της υποδομής φόρτισης αποτελεί επίσης μια σημαντική πτυχή της μελλοντικής έρευνας. Παρά την πρόοδο στη δημιουργία σταθμών φόρτισης και την ανάπτυξη του δικτύου φόρτισης, η διαθεσιμότητα φορτιστών σε απομακρυσμένες περιοχές και η ταχύτητα φόρτισης παραμένουν σημαντικά ζητήματα. Η ανάπτυξη φορτιστών ταχείας φόρτισης (DC fast chargers) και η ενσωμάτωσή τους σε αστικές περιοχές είναι κρίσιμη για τη μείωση του χρόνου φόρτισης και την ευκολία χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων. Επιπλέον, η έρευνα στην ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων θα συμβάλει στην ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των οχημάτων αυτών, προσφέροντας πιο πράσινες λύσεις για τις υποδομές φόρτισης (International Energy Agency, 2020).

Η ανάκτηση ενέργειας και η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι άλλοι δύο τομείς που απαιτούν εντατική έρευνα. Η αναγεννητική πέδηση (regenerative braking) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει την ανάκτηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης και την επιστροφή αυτής στην μπαταρία του οχήματος. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται ήδη σε πολλά ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα, αλλά η βελτίωσή της και η ενσωμάτωσή της σε περισσότερα συστήματα του οχήματος μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της αυτονομίας και στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Η σύγκριση της αποδοτικότητας των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων είναι επίσης σημαντική για την εκτίμηση των μελλοντικών εξελίξεων. Τα υβριδικά οχήματα, τα οποία συνδυάζουν κινητήρα εσωτερικής καύσης με ηλεκτροκινητήρα, προσφέρουν μεγαλύτερη ευχρηστία και μεγαλύτερη αυτονομία σε σχέση με τα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς μπορούν να λειτουργούν με καύσιμο όταν η μπαταρία είναι εξαντλημένη. Παρ' όλα αυτά, η έρευνα για τη βελτίωση της απόδοσης των υβριδικών οχημάτων και την ελαχιστοποίηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι απαραίτητη για να γίνουν πιο φιλικά προς το περιβάλλον.

Συνολικά, η μελλοντική έρευνα στον τομέα των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων πρέπει να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών μπαταριών, στην βελτίωση των υποδομών φόρτισης, στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και στη χρήση

ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση των οχημάτων. Αυτοί οι τομείς, μαζί με τις συνεχιζόμενες καινοτομίες στις τεχνολογίες ανακύκλωσης και ανάκτησης ενέργειας, θα συμβάλλουν στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης και στην επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της παγκόσμιας κοινότητας.

Η συνεχιζόμενη έρευνα στον τομέα της ηλεκτροκίνησης είναι θεμελιώδης για την προώθηση των βιώσιμων μεταφορών και την επίτευξη των στόχων για μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050, και αυτή η πρόοδος θα συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής και στην αντιμετώπιση των κλιματικών προκλήσεων.

Αν και οι τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της ηλεκτροκίνησης και της υβριδικής τεχνολογίας είναι εντυπωσιακές, υπάρχουν ακόμα πολλά ανοιχτά ζητήματα και προκλήσεις που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση. Η μελλοντική έρευνα μπορεί να επικεντρωθεί σε διάφορες τεχνολογικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους που αφορούν τη βιωσιμότητα, την αποτελεσματικότητα και τη χρησιμότητα αυτών των οχημάτων.

Η ανάπτυξη καλύτερων μπαταριών είναι ο πιο σημαντικός τομέας για τη βελτίωση των ηλεκτρικών οχημάτων. Οι μπαταρίες λιθίου-ιονίου που χρησιμοποιούνται σήμερα στα ηλεκτρικά οχήματα, παρά τις προόδους τους, εξακολουθούν να παρουσιάζουν περιορισμούς σε όρους ενεργειακής πυκνότητας, κόστος και διάρκεια ζωής. Η ανάγκη για μπαταρίες με υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και ταχύτερη φόρτιση παραμένει επιτακτική. Η συνεχιζόμενη έρευνα στη τεχνολογία solid-state μπαταριών προσφέρει ελπιδοφόρες προοπτικές, καθώς αυτές οι μπαταρίες προσφέρουν αυξημένη ασφάλεια και ενεργειακή αποδοτικότητα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μπαταρίες λιθίου-ιονίου (International Energy Agency, 2020). Οι solid-state μπαταρίες ενδέχεται να προσφέρουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, υψηλότερη απόδοση και μειωμένο κόστος παραγωγής, ενώ είναι λιγότερο επιρρεπείς σε ζημιές λόγω της εξαγωγής θερμότητας.

Μια ακόμη περιοχή που χρειάζεται περαιτέρω έρευνα είναι η ανακύκλωση μπαταριών. Καθώς η ζήτηση για ηλεκτρικά οχήματα αυξάνεται, έτσι και η ανάγκη για τη διαχείριση των παλιών μπαταριών καθίσταται επιτακτική. Οι τεχνολογίες ανακύκλωσης πρέπει να εξελιχθούν ώστε να αποδοθεί μεγαλύτερη αξία στις μπαταρίες στο τέλος της ζωής τους, μειώνοντας ταυτόχρονα το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της παραγωγής νέων μπαταριών (Kumar & Chinnam, 2017). Η ανάπτυξη και βελτίωση των διαδικασιών ανακύκλωσης μπορεί να συμβάλλει στη μείωση του κόστους των μπαταριών και στην εξασφάλιση μιας πιο βιώσιμης παραγωγής.

Η ανάπτυξη υποδομών φόρτισης είναι εξίσου σημαντική για την επιτυχία της ηλεκτροκίνησης. Παρά τις προσπάθειες που καταβάλλονται σε παγκόσμιο επίπεδο, οι υποδομές φόρτισης παραμένουν περιορισμένες σε πολλές περιοχές. Η ταχύτητα φόρτισης, η ευχρηστία και η γεωγραφική κάλυψη των σταθμών φόρτισης είναι κρίσιμοι παράγοντες για την επιτυχία των ηλεκτρικών οχημάτων. Η ανάπτυξη φορτιστών υψηλής ταχύτητας (DC fast chargers) και η επικοινωνία μεταξύ φορτιστών μέσω πλατφορμών φόρτισης μπορούν να ενισχύσουν την ευχρηστία των ηλεκτρικών οχημάτων (International Energy Agency, 2020). Η έρευνα στον τομέα της υποδομής φόρτισης μπορεί να επικεντρωθεί στην ενσωμάτωσή της στις αστικές περιοχές και τις μεγάλες εθνικές οδούς, κάνοντάς την πιο προσιτή και εύκολη για τους χρήστες.

#### Κεφάλαιο 4ο:

Μια άλλη σημαντική περιοχή έρευνας είναι η ανάκτηση ενέργειας και η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των οχημάτων. Η αναγεννητική πέδηση αποτελεί μια από τις βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα για την ανάκτηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης. Η βελτίωση της αναγεννητικής πέδησης και η ανακύκλωση ενέργειας από άλλα συστήματα του οχήματος, όπως ο κλιματισμός και η θέρμανση, μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και στην αύξηση της αυτονομίας. Η ανάπτυξη τεχνολογιών που συνδυάζουν αναγεννητική πέδηση με άλλες μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να βελτιώσει την ενεργειακή αποδοτικότητα των ηλεκτρικών οχημάτων και να συμβάλει στην αύξηση της αυτονομίας.

Μια τεχνολογική πρόταση που κερδίζει έδαφος είναι η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Η ενσωμάτωση ηλιακών πάνελ και αιολικών γεννητριών στους σταθμούς φόρτισης μπορεί να προσφέρει μια πλήρως πράσινη λύση για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Η έρευνα στον τομέα αυτό επικεντρώνεται στην αποτελεσματική αποθήκευση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, την ευκολία της φόρτισης από ανανεώσιμες πηγές και τη μείωση του κόστους φόρτισης (Kumar & Chinnam, 2017).

Η μελλοντική έρευνα στον τομέα της ηλεκτροκίνησης πρέπει να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών μπαταριών, τη βελτίωση της υποδομής φόρτισης, την αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη φόρτιση. Επιπλέον, πρέπει να ενισχυθεί η ανακύκλωση μπαταριών και η έρευνα για τις αειφόρους λύσεις που συνδυάζουν τις ηλεκτρικές μεταφορές με άλλες πράσινες τεχνολογίες.

Κριτήριο	Ηλεκτρικό Όχημα (HO)	Υβριδικό Όχημα (YO)
Τεχνολογία Μπαταρίας	Λιθίου-ιονίου, solid-state	Μπαταρίες λιθίου-ιονίου
Αναγεννητική Πέδηση	Υψηλή απόδοση	Σημαντική απόδοση
Υποδομή Φόρτισης	Εξέλιξη σε αστικά κέντρα	Περιορισμένη ανάπτυξη
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	Χρήση ηλιακής και αιολικής ενέργειας	Περιορισμένη χρήση

**Πίνακας 4.3:** Σύγκριση Τεχνολογιών και Ανάπτυξης Ηλεκτρικών Οχημάτων

Η συγκριτική μελέτη αποκαλύπτει ότι ενώ η ηλεκτροκίνηση αναδεικνύεται ως η πιο βιώσιμη λύση, οι υβριδικές τεχνολογίες συνεχίζουν να προσφέρουν μια ενδιάμεση λύση για τη μετάβαση σε καθαρές και βιώσιμες μεταφορές. Η τεχνολογική πρόοδος και η πολιτική υποστήριξη θα καθορίσουν το μέλλον της ηλεκτροκίνησης, με την ανάπτυξη των υποδομών

φόρτισης και τη μείωση του κόστους των μπαταριών να αποτελούν τις πιο κρίσιμες παραμέτρους για την επιτυχία της μετάβασης.

### Κεφάλαιο 5ο: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (IEEE Style)

- [1] BloombergNEF, \*Electric Vehicle Outlook 2023\*. [Online]. Available: <https://about.bnef.com>
- [2] C. C. Chan, "The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles," \*Proc. IEEE\*, vol. 95, no. 4, pp. 704–718, 2007.
- [3] European Alternative Fuels Observatory, "EAFO Charging Infrastructure Data," 2023. [Online]. Available: <https://www.eafo.eu>
- [4] European Commission, \*Sustainable and Smart Mobility Strategy\*, 2021. [Online]. Available: <https://transport.ec.europa.eu>
- [5] European Commission, \*Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR)\*, 2023. [Online]. Available: <https://transport.ec.europa.eu>
- [6] European Commission, \*Fit for 55: Clean mobility targets\*, 2023. [Online]. Available: <https://climate.ec.europa.eu>
- [7] European Environment Agency, \*Electric vehicles and the energy transition\*, 2022. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu>
- [8] European Environment Agency, \*Electric vehicles: Supporting the shift to zero-emission mobility\*, 2022. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu>
- [9] European Environment Agency, \*Energy consumption and efficiency in transport\*, 2022. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu>
- [10] International Energy Agency, \*Battery Recycling and Critical Materials Outlook\*, 2023.
- [11] International Energy Agency, \*EV Policy and Country Analysis – Norway\*, 2023.
- [12] International Energy Agency, \*Global EV Outlook 2023\*, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- [13] International Energy Agency, \*Innovation priorities for electric mobility\*, 2023.
- [14] Tesla, Inc., \*Annual Impact Report\*, 2023. [Online]. Available: <https://www.tesla.com>
- [15] Toyota Motor Corporation, \*Hybrid Synergy Drive Technology\*, 2022. [Online]. Available: <https://global.toyota/en/tech/environment/hybrid/>
- [16] Toyota Motor Corporation, \*Prius Timeline\*, 2022. [Online]. Available: <https://global.toyota/en/prius/>
- [17] Toyota, "Plug-in Hybrid Technology Explained," 2023. [Online]. Available: <https://www.toyota.com/hybrid/>
- [18] U.S. Department of Energy, "All-Electric Vehicles," 2022. [Online]. Available: [https://afdc.energy.gov/vehicles/electric\\_basics\\_ev.html](https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_basics_ev.html)

- [19] U.S. Department of Energy, "Comparing Electric and Hybrid Vehicles," 2022. [Online]. Available: <https://www.energy.gov>
- [20] U.S. Department of Energy, "History of Electric Vehicles," 2022. [Online]. Available: <https://afdc.energy.gov/files/u/publication/ev-history-2022.pdf>
- [21] U.S. Department of Energy, "Components of Hybrid and Electric Vehicles," 2023. [Online]. Available: <https://afdc.energy.gov>
- [22] U.S. Department of Energy, "Cost Comparison: Electric vs. Hybrid Vehicles," 2023. [Online]. Available: <https://www.energy.gov>
- [23] U.S. Department of Energy, "Electric vs. Hybrid Vehicles: Comparison of Performance," 2023. [Online]. Available: <https://www.energy.gov>
- [24] U.S. Department of Energy, "Hybrid Electric Vehicles," 2023. [Online]. Available: <https://afdc.energy.gov/vehicles/hybrid.html>
- [25] U.S. Environmental Protection Agency, "Greenhouse Gas Emissions from Transportation," 2023. [Online]. Available: <https://www.epa.gov>
- [26] ΚΑΠΕ, \*Ηλεκτροκίνηση και περιβάλλον\*, 2021.
- [27] ΚΑΠΕ, \*Τεχνολογίες ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα\*, 2021.
- [28] Μ. Μπλιούμης, \*Οικονομία του Περιβάλλοντος\*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη, 2019.
- [29] S. Kumar and R. B. Chinnam, "A comparative study of electric and hybrid vehicles: Performance, economics, and emissions," \*Energy Reports\*, vol. 3, pp. 50-59, 2017.
- [30] International Energy Agency, \*Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive?\*, 2020.
- [31] T. Markel et al., "Cost and performance comparison of electric and hybrid vehicles: An analysis of economic feasibility," \*Transp. Res. Part D: Transp. Environ.\*, vol. 52, pp. 36-43, 2017.

**Κατάλογος Σχημάτων-Εικόνων**

1. **Εικόνα 1.1.:** Αναπαράσταση πρώτου ηλεκτρικού οχήματος
2. **Εικόνα 1.2.:** 1917 Ford Model T Touring
3. **Εικόνα 1.3.:** Toyota Prius 1997
4. **Εικόνα 1.4.:** Tesla Model 3
5. **Εικόνα 1.5:** Ηλεκτροκινητήρα Quark
6. **Εικόνα 1.6:** Απεικόνιση του συστήματος πρόωσης ενός ηλεκτρικού οχήματος
7. **Εικόνα 1.7:** Βασικοί τρόποι σύνδεσης μπαταριών
8. **Εικόνα 1.8:** Σύστημα μονάδων στοιχείων μπαταριών
9. **Εικόνα 1.10:** Δομική απεικόνιση ηλεκτρικού αυτοκινήτου (Πηγή: NREL U.S. DOE, Alternative Fuels Data Center)
10. **Σχήμα 1.13. :** Δομική απεικόνιση υβριδικού αυτοκινήτου (Πηγή: U.S. Department of Energy, AFDC)
11. **Εικόνα 1.16:** εσωτερικό ενός φορτιστή ηλεκτρικού οχήματος
12. **Διάγραμμα 1.17:** Ενεργειακή απόδοση και κατανάλωση για τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα
13. **Διάγραμμα 2.2:** Κόστους απόκτησης και συντήρησης ηλεκτρικών και υβριδικών αυτοκινήτων.
14. **Φωτογραφία 2.4 :** Πηγή Top Gear Greece. (2024, Απρίλιος 16). *WLTP*
15. **Διάγραμμα 2.7:** Σύγκριση πλεονεκτημάτων Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων
16. **Φωτογραφία 2.8.** Tesla Model S
17. **Φωτογραφία 2.9:** Toyota Prius
18. **Εικόνα 3.3:** Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων
19. **Εικόνα 3.4:** Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων
20. **Εικόνα 3.5:** Σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

## Κατάλογος Πινάκων

1. **Πίνακας 1.9:** Τεχνική Ανάλυση Ηλεκτρικού Οχήματος
2. **Πίνακας 1.11:** Σύγκριση Βασικών Τεχνολογιών Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων
3. **Πίνακας 1.12:** Τεχνική Ανάλυση Υβριδικού Οχήματος
4. **Πίνακας 1.14:** Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά και Δομή Συστημάτων
5. **Πίνακας 1.15:** Σύγκρισης Κατανάλωσης Ενέργειας και Ενεργειακής Απόδοσης
6. **Πίνακας 1.18:** Σύγκρισης Ενεργειακής Απόδοσης και Κατανάλωσης Ενέργειας
7. **Πίνακας 2.1:** Συγκριτική Ανάλυση Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων
8. **Πίνακας 2.3:** Σύγκρισης Κόστους Απόκτησης και Συντήρησης
9. **Πίνακας 2.5:** Σύγκρισης Εκπομπών CO<sub>2</sub> και Κατανάλωσης Ενέργειας
10. **Πίνακας 2.6:** Σύγκρισης Τεχνολογικών Πλεονεκτημάτων και Αδυναμιών
11. **Πίνακας 2.10.:** Σύγκρισης Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων
12. **Πίνακας 3.1:** Σύγκρισης Νομικών και Οικονομικών Παραμέτρων
13. **Πίνακας 3.2:** Σύγκρισης Υποδομών Φόρτισης και Ετοιμότητας Αγοράς
14. **Πίνακας 3.6:** Σύγκρισης Τάσεων και Προβλέψεων Ηλεκτροκίνησης και Υβριδικών Οχημάτων
15. **Πίνακας 3.7:** Σύγκριση Πολιτικών Υποδομών Φόρτισης και Ανάπτυξης
16. **Πίνακας 4.1:** Σύγκριση Συγκριτικών Μελετών Ηλεκτρικών και Υβριδικών Οχημάτων
17. **Πίνακας 4.2:** Πολιτικές και Στρατηγικές Ανάπτυξης
18. **Πίνακας 4.3:** Σύγκρισης Τεχνολογιών και Ανάπτυξης Ηλεκτρικών Οχημάτων