



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ**



«Επιστήμες του Περιβάλλοντος και Εκπαίδευση για την Αειφορία»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Ιωάννης Ζούμπας ΑΜ: 55

Διερεύνηση Εγγραμματισμού Ενηλίκων Σχετικά με τα Ηλεκτρικά
και Εσωτερικής Καύσης Οχήματα

Επιβλέπων καθηγητής: Κωνσταντίνος Κώτσης

Ιωάννινα, Μάιος 2025

Η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα που υποβάλλονται πραγματοποιείται σύμφωνα με τα οριζόμενα στις διατάξεις του Ν.4624/19 και του Κανονισμού (ΕΕ)2016/2019. Το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων συλλέγει και επεξεργάζεται τα δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα αποκλειστικά στο πλαίσιο της υλοποίησης του σκοπού της παρούσας διαδικασίας. Για το χρονικό διάστημα που τα προσωπικά δεδομένα θα παραμείνουν στη διάθεση του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων το υποκείμενο έχει τη δυνατότητα να ασκήσει τα δικαιώματά του σύμφωνα με τους όρους του Γενικού Κανονισμού Προστασίας Δεδομένων Προσωπικού Χαρακτήρα 2016/679 (Ε.Ε.) και τα οριζόμενα στα άρθρα 34 και 35 Ν. 4624/2019. Υπεύθυνη Προσωπικών Δεδομένων του Ιδρύματος είναι η κα. Σταυρούλα Σταθαρά (email: dpo@uoi.gr).



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ**



«Επιστήμες του Περιβάλλοντος και Εκπαίδευση για την Αειφορία»

**Διερεύνηση Εγγραμματισμού Ενηλίκων Σχετικά με τα Ηλεκτρικά
και Εσωτερικής Καύσης Οχήματα**

Ιωάννης Ζούμπας ΑΜ: 55

Επιβλέπων Καθηγητής:

Κωνσταντίνος Κώτσης, Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής
Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Αικατερίνη Πλακίτση, Καθηγήτρια –
Μέλος του Συμβουλίου Διοίκησης του
Πανεπιστημίου Ιωαννίνων,
Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών,
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
2. Κωνσταντίνος Κώτσης, Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής
Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων
3. Κωνσταντίνος Γαβριλάκης,
Αναπληρωτής Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής
Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

Ιωάννινα, Μάιος 2025

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου για τη συνεχή στήριξη και την αμέριστη υπομονή που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου για την πολύτιμη καθοδήγηση και τη συμβολή του στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την αναδυόμενη τάση της ηλεκτροκίνησης και τη ραγδαία εξάπλωση των ηλεκτρικών οχημάτων (EVs), εστιάζοντας τόσο στις τεχνολογικές εξελίξεις όσο και στις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η μετάβαση από τους συμβατικούς κινητήρες εσωτερικής καύσης. Στο πλαίσιο αυτό, αναλύονται τα κύρια είδη ηλεκτρικών οχημάτων, η αρχιτεκτονική και η λειτουργία τους, καθώς και ο κρίσιμος ρόλος των συσσωρευτών (μπαταριών) στην απόδοση και την αυτονομία. Εξετάζεται επίσης η εξέλιξη της παγκόσμιας και ευρωπαϊκής αγοράς EVs, με αναφορά στο γεγονός ότι μόνο το 2022 καταγράφηκαν πάνω από 10 εκατομμύρια πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων παγκοσμίως, ενώ η Ευρωπαϊκή Ένωση στοχεύει σε μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 55% έως το 2030. Η εργασία περιλαμβάνει και πρωτογενή ποσοτική έρευνα μέσω ερωτηματολογίου, με 123 απαντήσεις. Από την ανάλυση προέκυψε ότι το 71,4% των συμμετεχόντων είναι θετικοί ή πολύ θετικοί απέναντι στην ηλεκτροκίνηση, ενώ το 63% δήλωσε ότι θα αγόραζε ηλεκτρικό όχημα αν υπήρχαν περισσότερα κίνητρα ή σταθμοί φόρτισης. Τέλος, παρατίθενται προτάσεις για την ενίσχυση της διείσδυσης των EVs στην ελληνική αγορά, με βάση τα ευρήματα και τις τρέχουσες εξελίξεις.

Λέξεις – Κλειδιά

Επιστημονικός Εγγραμματισμός, Ηλεκτροκίνηση, Ηλεκτροκίνητα Οχήματα, Μπαταρίες, Οχήματα με Κινητήρα Εσωτερικής Καύσης

A Study of Adult Scientific Literacy Concerning Electric and Internal Combustion Engine Vehicles

Ioannis Zoumpas

Abstract

This thesis explores the emerging trend of electromobility and the rapid global growth of electric vehicles (EVs), focusing on both technological advancements and the challenges of transitioning from traditional internal combustion engines. It presents the key types of EVs, their structure and operation, and highlights the critical role of accumulators (batteries) in vehicle performance and autonomy. The study also reviews global and European EV market trends, noting that over 10 million electric vehicles were sold worldwide in 2022, while the European Union aims to reduce CO₂ emissions by 55% by 2030. A primary quantitative survey was conducted with 123 participants, revealing that 71.4% hold a positive or very positive view of electromobility, and 63% would consider purchasing an EV if more incentives or charging infrastructure were available. Based on the findings and current developments, the thesis concludes with proposals to support the wider adoption of EVs in the Greek market.

Keywords

Scientific Literacy, Electromobility, Electric Vehicles, Batteries, Internal Combustion Engine Vehicles

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract.....	vi
Περιεχόμενα.....	vii
Κατάλογος Εικόνων	xi
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xv
1. Εισαγωγή – Επιστημονικός εγγραμματισμός.....	1
1.1 Ορισμός του επιστημονικού εγγραμματισμού	1
1.3 Διαστάσεις του επιστημονικού εγγραμματισμού.....	2
1.3.1 Η σχέση του επιστημονικού εγγραμματισμού με την επιστημονική εκπαίδευση	3
1.3.2 Ο επιστημονικός εγγραμματισμός ως κοινωνική πρακτική	3
1.4 Επιστημονικός εγγραμματισμός και ψευδοεπιστήμη	4
1.5 Επιστημονικός εγγραμματισμός και ψηφιακός γραμματισμός	5
1.6 Παιδαγωγικές προσεγγίσεις για την καλλιέργεια επιστημονικού εγγραμματισμού	6
1.7.1 Ερωτηματολόγια τύπου PISA	8
1.8 Ο ρόλος των μέσων μαζικής ενημέρωσης.....	9
1.9 Σύνδεση του Επιστημονικού Εγγραμματισμού με τα Ηλεκτροκίνητα Οχήματα (EV) και τα Οχήματα Εσωτερικής Καύσης (ICE)	9
1.9.1 Σημαντικότητα του επιστημονικού εγγραμματισμού στην έρευνα	11
1.10 Συμπεράσματα	12
2. Τι είναι η ηλεκτροκίνηση	13
2.1 Ιστορική αναδρομή.....	13
2.2 Αναγκαιότητα υιοθέτησης τεχνολογίας ηλεκτρικών οχημάτων	13
2.3 Κύριοι τύποι ηλεκτροκίνητων οχημάτων (EV).....	14
2.3.1 Ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (Battery Electric Vehicle, BEV).....	14
.....	16
2.3.2 Υβριδικά αυτοκίνητα (Hybrid Electric Vehicle, HEV)	18
2.3.3 Ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (Full Cell Electric Vehicles, FCEV)	21
2.4 Συσσωρευτές (μπαταρίες)	24
2.4.1 Γενικές πληροφορίες	24
2.4.2 Κατηγορίες συσσωρευτών	26
2.4.3 Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών	26

2.4.4 Μπαταρίες Ιόντων-Λιθίου (Li-on)	27
2.5 Καινοτομίες στον τομέα της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων.....	36
2.5.1 Ασύρματοι φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων	37
2.5.2 Αναδύομενοι φορτιστές	37
2.5.3 Υποδομή τηλεπικοινωνιών.....	37
2.5.4 Φόρτιση από λαμπτήρες	38
2.5.5 Δυνατότητα φόρτισης εν κινήσει με ηλεκτροφόρους δρόμους.....	38
3. Ηλεκτροκίνηση και Περιβάλλον	40
3.1 Αντίκτυπος στο Περιβάλλον.....	40
3.2 Η αξία της ανακύκλωσης	45
4. Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης παγκοσμίως	51
4.1 Στατιστικά στοιχεία ηλεκτροκίνησης παγκοσμίως (πωλήσεις, συνολικά οχήματα, μερίδια αγοράς)	51
4.1.1 Παγκόσμιος στόλος ηλεκτρικών οχημάτων.....	51
4.1.2 Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων	52
4.1.3 Ταξινομήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων και μερίδια αγοράς.....	52
4.2 Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης στην Κίνα	53
4.2.1 Σύντομη ιστορική εξέλιξη.....	53
4.2.2 Κυβερνητική στήριξη και στρατηγική	54
4.2.3 Τεχνολογία	54
4.2.4 Περιβάλλον	55
4.2.5 Σύνοψη	55
4.3 Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης στην Ευρώπη.....	55
4.3.1 Κυβερνητική στήριξη και στρατηγική	55
4.3.2 Τεχνολογία	56
4.3.3 Περιβάλλον	56
4.3.4 Χώρες-Ηγέτες	57
4.3.5 Σύνοψη	57
4.4 Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης στις ΗΠΑ	57
4.4.1 Κυβερνητική στήριξη και στρατηγική	57
4.4.3 Κοινωνικές και γεωγραφικές ανισότητες.....	58
4.4.4 Περιβάλλον	58
4.4.5 Σύνοψη	59

4.5 Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα.....	59
4.5.1 Πωλήσεις.....	59
4.5.2 Νομοθετικό Πλαίσιο: Νόμος 4710/2020	61
4.5.3 Πρόγραμμα "Κινούμαι Ηλεκτρικά" – Γ' Κύκλος (2024–2025)	61
5. Έρευνα.....	64
5.1 Ιστορικό της Μελέτης.....	64
5.2 Ερευνητικό πρόβλημα	64
5.3 Στόχοι έρευνας	65
5.4 Ερευνητικά Ερωτήματα	65
5.5 Σημασία της Μελέτης.....	65
6. Μεθοδολογία έρευνας	67
6.1 Σχεδιασμός έρευνας.....	67
6.2 Συλλογή δειγμάτων και δεδομένων	67
6.3 Ερευνητικό Όργανο	67
6.4 Τεχνικές Ανάλυσης Δεδομένων.....	67
6.5 Δεοντολογικά ζητήματα	68
6.6 Δείγμα.....	68
7. Ανάλυση δεδομένων.....	70
7.1 Γενικές γνώσεις	70
7.1.1 Πρωτογενής πηγή ενέργειας για ηλεκτρικά οχήματα.....	70
7.1.2 Πρωτεύον καύσιμο για συμβατικά οχήματα	70
7.1.3 Αντιληπτές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των EVs έναντι των οχημάτων ICE.....	71
7.1.4 Βασικά εμπόδια στην υιοθέτηση EV	72
7.2 Ενέργεια και κατανάλωση	73
7.2.1 Μετατροπή ενέργειας σε ηλεκτρικά οχήματα (EV)	73
7.2.2 Ενεργειακή απόδοση οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE).	73
7.2.3 Διάρκεια ζωής μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων.....	74
7.3 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	75
7.3.1 Εκπομπές CO ₂ EV έναντι οχημάτων ICE.....	75
7.3.2 Περιβαλλοντικά θέματα από την παραγωγή μπαταριών	75
7.3.3 Εκπομπές ηλεκτρικών οχημάτων (EV) κατά την κίνησή τους.....	76
7.3.4 Περιβαλλοντικά Οφέλη της Ηλεκτροκίνησης	77
7.3.5 Ορυκτά καύσιμα και κλιματική αλλαγή	77

7.4 Υποδομές και Οικονομία	78
7.4.1 Τεχνολογία για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.....	78
7.4.2 Επάρκεια υποδομών φόρτισης	79
7.4.3 Επιρροή της κατασκευής ηλεκτρικών οχημάτων	79
7.4.4 Κυβερνητική υποστήριξη	81
7.5 Προσωπικές απόψεις και προτιμήσεις	83
7.5.1 Ικανότητα αξιολόγησης	83
7.5.2 Προτιμήσεις βάσει περιβαλλοντολογικών ανησυχιών	84
7.5.3 Διάθεση κεφαλαίου για ένα ηλεκτρικό όχημα με σκοπό τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων	86
7.6 Παραρτήματα	86
7.6.1 Γενικές Γνώσεις	86
7.6.2 Ενέργεια και Κατανάλωση.....	92
7.6.3 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	96
7.6.4 Υποδομές και Οικονομία	104
7.6.5 Προσωπικές Απόψεις και Προτιμήσεις.....	110
8. Συζήτηση	115
8.1 Ερμηνεία ευρημάτων.....	115
8.2 Περιορισμοί της Μελέτης	115
8.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	116
Βιβλιογραφία	118
Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο.....	126

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Αμιγώς Ηλεκτροκίνητη Απεικόνιση, πηγή: (Αϊλαμάκη, 2022)	16
Εικόνα 2: Εσωτερική απεικόνιση ενός αμιγώς ηλεκτρικού αυτοκινήτου, πηγή: (Αϊλαμάκη, 2022)	17
Εικόνα 3: Εσωτερική απεικόνιση υβριδικού plug-in οχήματος, πηγή: (Αϊλαμάκη, 2022)	20
Εικόνα 4: Γενική διάταξη ενός fuelcell, πηγή: (Αϊλαμάκη, 2022).....	23
Εικόνα 5: Κατανάλωση λιθίου κατά την περίοδο 2010 - 2017, πηγή: (Choubey et al., 2017)	30
Εικόνα 6: Λειτουργία Μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος.....	31
Εικόνα 7: Ετήσια ζήτηση μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων 2016-2023, πηγή: (IEA, 2024)	36
Εικόνα 8: Παγκόσμιος στόλος ηλεκτρικών αυτοκινήτων 2013-2023, πηγή: (IEA, 2024)	51
Εικόνα 9: Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων 2012-2024, πηγή: (IEA, 2024).....	52
Εικόνα 10: Ταξινομήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων και μερίδια αγοράς 2018-2023, πηγή: (IEA, 2024)	53
Εικόνα 11: Ποσοστιαίο μερίδιο αγοράς όλων των οχημάτων στην Ελλάδα, πηγή: evstats.gr.....	60
Εικόνα 12: Ετήσιες ταξινομήσεις όλων των οχημάτων στην Ελλάδα, πηγή: evstats.gr	60
Εικόνα 13: Δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης, πηγή:electrokinisi.yme.gov.gr/public/ChargingPoints/	62
Εικόνα 14: Φύλο.....	68
Εικόνα 15: Ηλικία	69
Εικόνα 16: Μόνιμη κατοικία.....	69
Εικόνα 17: Πρωτογενής πηγή ενέργειας για ηλεκτρικά οχήματα	70
Εικόνα 18: Πρωτεύον καύσιμο για συμβατικά οχήματα.....	70
Εικόνα 19: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των EVs έναντι των οχημάτων ICE	71
Εικόνα 20: Εμπόδια στην υιοθέτηση EV	72
Εικόνα 21: Μετατροπή ενέργειας σε ηλεκτρικά οχήματα (EV)	73
Εικόνα 22: Ενεργειακή απόδοση οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE)	73
Εικόνα 23: Διάρκεια ζωής μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων	74
Εικόνα 24: Εκπομπές CO ₂ EV έναντι οχημάτων ICE.....	75
Εικόνα 25: Περιβαλλοντικά θέματα από την παραγωγή μπαταριών	76
Εικόνα 26: Εκπομπές ηλεκτρικών οχημάτων (EV) κατά την κίνησή τους.....	76
Εικόνα 27: Περιβαλλοντικά Οφέλη της Ηλεκτρισμού.....	77
Εικόνα 28: Ορυκτά καύσιμα και κλιματική αλλαγή	78
Εικόνα 29: Τεχνολογία για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων	78
Εικόνα 30: Επάρκεια υποδομών φόρτισης.....	79
Εικόνα 31: Επιρροή της κατασκευής ηλεκτρικών οχημάτων	79
Εικόνα 32: Απόψεις για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτρικών οχημάτων μεταξύ φύλων	80
Εικόνα 33: Κυβερνητική υποστήριξη	81
Εικόνα 34: Απόψεις για την κυβερνητική υποστήριξη μεταξύ φύλων	82
Εικόνα 35: Ικανότητα αξιολόγησης	83
Εικόνα 36: Προτιμήσεις βάσει περιβαλλοντολογικών ανησυχιών	84
Εικόνα 37: Σχέση μεταξύ του φύλου και της προτίμησης οχήματος βάσει περιβαλλοντικών ανησυχιών	85
Εικόνα 38: Διάθεση κεφαλαίου για ένα ηλεκτρικό όχημα με σκοπό τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων	86

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Στοιχεία μπαταρίας λιθίου, πηγή: (Mayyas et al., 2019).....	29
Πίνακας 2: Ζήτηση βασικών μετάλλων για μπαταρίες ανά τομέα χρήσης (2017–2023), πηγή: (International Energy Agency (IEA), 2023), (Sudcen Financial, 2023)	35
Πίνακας 3: Δοκιμή χ^2 μεταξύ φύλου και άποψης για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτρικών οχημάτων.....	81
Πίνακας 4: Δοκιμή χ^2 μεταξύ φύλου και άποψης για την κυβερνητική υποστήριξη.....	83
Πίνακας 5: Δοκιμή χ^2 μεταξύ του φύλου και της προτίμησης οχήματος με βάσει περιβαλλοντικών ανησυχιών.....	85
Πίνακας 6: Έλεγχος χ^2 για την κύρια πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα και το φύλο.....	86
Πίνακας 7: Έλεγχος χ^2 για την κύρια πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα και την ηλικία .	87
Πίνακας 8: Έλεγχος χ^2 για την κύρια πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα και την μόνιμη κατοικία.....	87
Πίνακας 9: Έλεγχος χ^2 για το κύριο καύσιμο στα συμβατικά οχήματα και το φύλο.....	88
Πίνακας 10: Έλεγχος χ^2 για το κύριο καύσιμο στα συμβατικά οχήματα και την ηλικία	88
Πίνακας 11: Έλεγχος χ^2 για το κύριο καύσιμο στα συμβατικά οχήματα και την μόνιμη κατοικία	89
Πίνακας 12: Έλεγχος χ^2 για το ποιο από τα δύο οχήματα έχει μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του και το φύλο.....	89
Πίνακας 13: Έλεγχος χ^2 για το ποιο από τα δύο οχήματα έχει μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του και την ηλικία	90
Πίνακας 14: Έλεγχος χ^2 για το ποιο από τα δύο οχήματα έχει μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του και την μόνιμη κατοικία	90
Πίνακας 15: Έλεγχος χ^2 για τους ανασταλτικούς παράγοντες για την ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και το φύλο	91
Πίνακας 16: Έλεγχος χ^2 για τους ανασταλτικούς παράγοντες για την ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και την ηλικία.....	91
Πίνακας 17: Έλεγχος χ^2 για τους ανασταλτικούς παράγοντες για την ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και την μόνιμη κατοικία.....	92
Πίνακας 18: Έλεγχος χ^2 για την ποσότητα της ενέργειας της μπαταρίας που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα και το φύλο.....	92
Πίνακας 19: Έλεγχος χ^2 για την ποσότητα της ενέργειας της μπαταρίας που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα και την ηλικία	93
Πίνακας 20: Έλεγχος χ^2 για την ποσότητα της ενέργειας της μπαταρίας που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα και την μόνιμη κατοικία	93
Πίνακας 21: Έλεγχος χ^2 για την απόδοση που έχουν τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης και την ηλικία.....	94
Πίνακας 22: Έλεγχος χ^2 για την απόδοση που έχουν τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης και την μόνιμη κατοικία.....	94
Πίνακας 23: Έλεγχος χ^2 για τον μέσο χρόνο ζωής μιας μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος και το φύλο.....	95
Πίνακας 24: Έλεγχος χ^2 για τον μέσο χρόνο ζωής μιας μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος και την ηλικία	95

Πίνακας 25: Έλεγχος χ^2 για τον μέσο χρόνο ζωής μιας μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος και την μόνιμη κατοικία.....	96
Πίνακας 26: Έλεγχος χ^2 για τη γνώμη σχετικά με τις εκπομπές CO ₂ των δύο τύπων οχημάτων και το φύλο.....	96
Πίνακας 27: Έλεγχος χ^2 για τη γνώμη σχετικά με τις εκπομπές CO ₂ των δύο τύπων οχημάτων και την ηλικία	97
Πίνακας 28: Έλεγχος χ^2 για τη γνώμη σχετικά με τις εκπομπές CO ₂ των δύο τύπων οχημάτων και την μόνιμη κατοικία	97
Πίνακας 29: Έλεγχος χ^2 για την άποψη ότι η κατασκευή μπαταριών για ηλεκτροκίνητα οχήματα προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα και το φύλο.....	98
Πίνακας 30: Έλεγχος χ^2 για την άποψη ότι η κατασκευή μπαταριών για ηλεκτροκίνητα οχήματα προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα και την ηλικία	98
Πίνακας 31: Έλεγχος χ^2 για την άποψη ότι η κατασκευή μπαταριών για ηλεκτροκίνητα οχήματα προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα και την μόνιμη κατοικία	99
Πίνακας 32: Έλεγχος χ^2 για τις εκπομπές που παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά την κίνησή τους και το φύλο	99
Πίνακας 33: Έλεγχος χ^2 για τις εκπομπές που παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά την κίνησή τους και την ηλικία.....	100
Πίνακας 34: Έλεγχος χ^2 για τις εκπομπές που παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά την κίνησή τους και την μόνιμη κατοικία	100
Πίνακας 35: Έλεγχος χ^2 για τις περιβαλλοντικές ωφέλειες της ηλεκτροκίνησης και το φύλο....	101
Πίνακας 36: Έλεγχος χ^2 για τις περιβαλλοντικές ωφέλειες της ηλεκτροκίνησης και την ηλικία	101
Πίνακας 37: Έλεγχος χ^2 για τις περιβαλλοντικές ωφέλειες της ηλεκτροκίνησης και την μόνιμη κατοικία.....	102
Πίνακας 38: Έλεγχος χ^2 για το βασικό πρόβλημα με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή και το φύλο.....	102
Πίνακας 39: Έλεγχος χ^2 για το βασικό πρόβλημα με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή και την ηλικία	103
Πίνακας 40: Έλεγχος χ^2 για το βασικό πρόβλημα με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή και την μόνιμη κατοικία	103
Πίνακας 41: Έλεγχος χ^2 για το ποια τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων και το φύλο	104
Πίνακας 42: Έλεγχος χ^2 για το ποια τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων και την ηλικία.....	104
Πίνακας 43: Έλεγχος χ^2 για το ποια τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων και την μόνιμη κατοικία.....	105
Πίνακας 44: Έλεγχος χ^2 για την επάρκεια της υπάρχουσας υποδομής φόρτισης και το φύλο....	105
Πίνακας 45: Έλεγχος χ^2 για την επάρκεια της υπάρχουσας υποδομής φόρτισης και την ηλικία	106
Πίνακας 46: Έλεγχος χ^2 για την επάρκεια της υπάρχουσας υποδομής φόρτισης και την μόνιμη κατοικία.....	106
Πίνακας 47: Έλεγχος χ^2 για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων και το φύλο	107
Πίνακας 48: Έλεγχος χ^2 για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων και την ηλικία	107

Πίνακας 49: Έλεγχος χ^2 για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων και την μόνιμη κατοικία	108
Πίνακας 50: Έλεγχος χ^2 για το αν η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης και το φύλο.....	108
Πίνακας 51: Έλεγχος χ^2 για το αν η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης και την ηλικία	109
Πίνακας 52: Έλεγχος χ^2 για το αν η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης και την μόνιμη κατοικία	109
Πίνακας 53: Έλεγχος χ^2 για την ικανότητα αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των δύο τύπων οχημάτων και το φύλο	110
Πίνακας 54: Έλεγχος χ^2 για την ικανότητα αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των δύο τύπων οχημάτων και την ηλικία	110
Πίνακας 55: Έλεγχος χ^2 για την ικανότητα αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των δύο τύπων οχημάτων και την μόνιμη κατοικία	111
Πίνακας 56: Έλεγχος χ^2 για το είδος οχήματος (αγορά) με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και το φύλο	111
Πίνακας 57: Έλεγχος χ^2 για το είδος οχήματος (αγορά) με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και την ηλικία.....	112
Πίνακας 58: Έλεγχος χ^2 για το είδος οχήματος (αγορά) με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και την μόνιμη κατοικία.....	112
Πίνακας 59: Έλεγχος χ^2 για την πρόθεση καταβολής περισσότερων χρημάτων για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα εάν αυτό μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και το φύλο	113
Πίνακας 60: Έλεγχος χ^2 για την πρόθεση καταβολής περισσότερων χρημάτων για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα εάν αυτό μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την ηλικία.....	113
Πίνακας 61: Έλεγχος χ^2 για την πρόθεση καταβολής περισσότερων χρημάτων για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα εάν αυτό μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την μόνιμη κατοικία	114

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

AC	Εναλλασσόμενο ρεύμα
ACC	Automotive Cells Company
ACEA	European Automobile Manufacturers Association
Al	Αργίλιο
BEV	Ηλεκτρικό Όχημα Μπαταρίας (Battery Electric Vehicle)
BYD	Build Your Dreams
C	Άνθρακας
CATL	Contemporary Ampere Technology Co., Limited
CEF	Connecting Europe Facility
Co	Κοβάλτιο
CO ₂	Διοξείδιο του Άνθρακα
Cu	Χαλκός
DC	Συνεχές Ρεύμα
EBA	European Battery Alliance
EDF	Électricité de France
EEA	European Economic Area
EERE	Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
EV	Ηλεκτροκίνητο όχημα (Electric Vehicle)
FCEV	Ηλεκτρικό Όχημα Κυψελών Καυσίμου (Full Cell Electric Vehicle)
GM	General Motors
GWh	Gigawatt hour
HEV	Υβριδικό Όχημα (Hybrid Electric Vehicle)
ICE	Όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης
IEA	International Energy Agency
IRA	Inflation Reduction Act
IRENA	International Renewable Energy Agency
km	Kilometer
kW	Kilowatt
Li	Λίθιο
Li-on	Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου
Li ₂ CO ₃	Ανθρακικό λίθιο (Lithium carbonate)
Mn	Μαγγάνιο
NAWA	The Polish National Agency for Academic Exchange
Ni	Νικέλιο

NiCd	Συσσωρευτής Νικελίου-Καδμίου
NOX	Οξείδιο του Αζώτου
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
PEM	Proton Exchange Membrane
PHEV	Plug-in Υβριδικό Όχημα (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)
PISA	Programme for International Student Assessment
R&D	Research & Development
RSC	The Royal Society of Chemistry
SO ₂	Διοξείδιο του Θείου
SSI	Socio-scientific Issues
STS	Science-Technology-Society
UCS	Union of Concerned Scientists
UNCTAD	UN Trade and Development
UNESCO	The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
USGS	United States Geological Survey
VACNT	Vertically Aligned Carbon Nanotubes
W/kg	Watts per kilogram (power to weight ratio)
ΑμεΑ	Άτομα με Αναπηρίες
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΣΕΚ	Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΙΟΒΕ	Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών
ΜΜΕ	Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης
ΜΥΦΑΗ	Μητρώο Υποδομών και Φορέων Αγοράς Ηλεκτροκίνησης
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΣΕΑΑ	Σύνδεσμος Εισαγωγέων Αντιπροσώπων Αυτοκινήτων
ΣΦΗΟ	Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας

1. Εισαγωγή – Επιστημονικός εγγραμματισμός

Στη σύγχρονη κοινωνία της πληροφορίας και της ταχύτατης επιστημονικής προόδου, η κατανόηση των βασικών επιστημονικών εννοιών και διαδικασιών καθίσταται αναγκαία όχι μόνο για τους επιστήμονες, αλλά και για τους απλούς πολίτες. Η ικανότητα να κατανοεί κανείς την επιστήμη, να κρίνει με επιστημονικά τεκμήρια και να συμμετέχει με κριτικό τρόπο σε κοινωνικά ζητήματα που εμπλέκουν την επιστήμη, αναφέρεται ως επιστημονικός εγγραμματισμός (scientific literacy) (Laugksch, 2000). Πρόκειται για έναν όρο που συνδέεται άμεσα με τη δημοκρατική συμμετοχή, την υπεύθυνη λήψη αποφάσεων και την ενίσχυση της δια βίου μάθησης (Roberts, 2007).

1.1 Ορισμός του επιστημονικού εγγραμματισμού

Ο επιστημονικός εγγραμματισμός ορίζεται ως η ικανότητα ενός ατόμου να χρησιμοποιεί επιστημονική γνώση, να αναγνωρίζει επιστημονικά ερωτήματα, να εξηγεί φαινόμενα και να αντλεί συμπεράσματα με βάση αποδείξεις (OECD, 2006). Αυτή η ικανότητα δεν περιορίζεται στην αποστήθιση επιστημονικών γεγονότων, αλλά επεκτείνεται στη χρήση της επιστήμης για την κατανόηση του κόσμου και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων.

Ο επιστημονικός εγγραμματισμός, σύμφωνα με την (UNESCO, 2011), είναι θεμέλιο για τη συμμετοχή των πολιτών σε μια παγκοσμιοποιημένη κοινωνία βασισμένη στη γνώση. Περιλαμβάνει όχι μόνο την κατανόηση της επιστήμης, αλλά και την καλλιέργεια στάσεων, όπως η περιέργεια, η αμφισβήτηση και η προθυμία να αλλάξει κανείς άποψη με βάση αποδείξεις. Επιπλέον, επισημαίνεται ότι ο επιστημονικός εγγραμματισμός διαφέρει από πολιτισμό σε πολιτισμό και απαιτεί ευαισθησία στις τοπικές κοινωνικοπολιτισμικές συνθήκες (BouJaoude, 2004). Ορισμένοι μελετητές διαχωρίζουν τον "λειτουργικό" από τον "κριτικό" επιστημονικό εγγραμματισμό, όπου ο πρώτος σχετίζεται με την καθημερινή χρήση της επιστήμης (π.χ. κατανόηση οδηγιών φαρμάκων), ενώ ο δεύτερος περιλαμβάνει την αξιολόγηση και την αμφισβήτηση επιστημονικών ισχυρισμών σε δημόσιο επίπεδο (Shamos, 1995).

Ο επιστημονικός εγγραμματισμός δεν αφορά μόνο τη γνώση επιστημονικών δεδομένων, αλλά και την ικανότητα κατανόησης, αξιολόγησης και εφαρμογής επιστημονικών πληροφοριών στη λήψη αποφάσεων σε ατομικό και κοινωνικό επίπεδο (Κώτσης, 2024a).

1.2 Ιστορική αναδρομή της έννοιας

Η έννοια του επιστημονικού εγγραμματισμού εμφανίστηκε στις αρχές του 20ού αιώνα και καθιερώθηκε ως βασικός στόχος της εκπαίδευσης από τη δεκαετία του 1960 (DeBoer, 2000). Αξιοσημείωτη είναι η μετατόπιση του ενδιαφέροντος από τη διδασκαλία περιεχομένου στην καλλιέργεια δεξιοτήτων κριτικής σκέψης και κοινωνικής συμμετοχής (Fourez, 1997).

Η αρχική εμφάνιση της έννοιας του επιστημονικού εγγραμματισμού συνέπεσε με τις μεταπολεμικές ανησυχίες για την αδυναμία των πολιτών να κατανοήσουν και να συμμετέχουν στον δημόσιο διάλογο γύρω από επιστημονικά ζητήματα (Hurd, 1958). Κατά τη δεκαετία του 1980, οι έννοιες του "επιστημονικά εγγράμματου πολίτη" άρχισαν να περιλαμβάνουν όχι μόνο τη γνώση, αλλά και τις αξίες, τις δεξιότητες και τις στάσεις απέναντι στην επιστήμη (Bybee, 1997). Η σύγχρονη τάση πλέον δίνει έμφαση στην κοινωνική συμμετοχή και την αντιμετώπιση σύνθετων κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων, υιοθετώντας μια πιο κοινωνικοπολιτισμική προσέγγιση (Aikenhead, 2006).

1.3 Διαστάσεις του επιστημονικού εγγραμματισμού

- Γνωστική διάσταση: Κατανόηση εννοιών (π.χ. οικοσύστημα, ενέργεια, DNA).
- Διαδικαστική διάσταση: Ικανότητα χρήσης επιστημονικών μεθόδων, ελέγχου μεταβλητών (Driver, 2000).
- Μεταγνωστική διάσταση: Ανάπτυξη κριτικής και αναστοχαστικής σκέψης.
- Ηθική/κοινωνική διάσταση: Αντίληψη των συνεπειών της επιστήμης (π.χ. βιοηθική).
- Πολιτική διάσταση: Η απουσία επιστημονικού εγγραμματισμού στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής μπορεί να οδηγήσει σε πρόχειρες ή αναποτελεσματικές αποφάσεις, ιδίως σε πεδία όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η κλιματική αλλαγή, όπου η κατανόηση επιστημονικών αρχών είναι απαραίτητη (Κώτσης, 2024a) (Κώτσης, 2024b).

Η ενσωμάτωση των διαφορετικών διαστάσεων σε ενιαία μαθησιακά περιβάλλοντα είναι κρίσιμη. Η επιτυχής καλλιέργεια επιστημονικού εγγραμματισμού προϋποθέτει τη διασύνδεση της γνώσης με τις κοινωνικές και ηθικές επιπτώσεις, αλλά και την ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να στοχάζονται πάνω στον τρόπο με τον οποίο κατανοούν και

χρησιμοποιούν την επιστήμη. Ένα ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πλαίσιο θα πρέπει να προωθεί τη συνεργασία αυτών των διαστάσεων, ώστε οι μαθητές να αναπτύξουν ουσιαστική και λειτουργική επιστημονική σκέψη (Laugksch, 2000) (Roberts, 2007).

1.3.1 Η σχέση του επιστημονικού εγγραμματος με την επιστημονική εκπαίδευση

Η επιστημονική εκπαίδευση πρέπει να μετατοπιστεί από την απλή μετάδοση επιστημονικών γνώσεων προς την ενδυνάμωση των μαθητών με ικανότητες όπως η επίλυση προβλημάτων, η επιχειρηματολογία και η κατανόηση της φύσης της επιστήμης (Bybee, 1997). Ο επιστημονικός εγγραμματισμός λειτουργεί, επομένως, ως τελικός στόχος της επιστημονικής εκπαίδευσης, ενώ ταυτόχρονα επηρεάζει τη δομή και το περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών.

Η ενσωμάτωση σύγχρονων παιδαγωγικών προσεγγίσεων, όπως η προσέγγιση STS, η επιχειρηματολογία και η διερευνητική μάθηση, συμβάλλει ουσιαστικά στην επίτευξη του στόχου αυτού (Sadler, 2004). Μέσα από αυτές τις προσεγγίσεις, οι μαθητές δεν αποκτούν απλώς γνώσεις, αλλά αναπτύσσουν κριτική σκέψη και γίνονται ικανοί να συμμετέχουν ενεργά σε κοινωνικά ζητήματα που σχετίζονται με την επιστήμη.

Η επίτευξη επιστημονικού εγγραμματος απαιτεί μεταρρυθμίσεις στα αναλυτικά προγράμματα, που να στηρίζονται στην επιστημολογική φύση της επιστήμης και στην ανάπτυξη εννοιών μέσω δραστηριοτήτων πραγματικής ζωής. Ειδικά οι διαθεματικές προσεγγίσεις ενθαρρύνουν τους μαθητές να κατανοούν τη συνάφεια της επιστήμης με άλλα πεδία, όπως η οικονομία, η ηθική και η πολιτική (Kolstø, 2001). Το πρόγραμμα PISA της OECD υπογραμμίζει τη σημασία της εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης σε ρεαλιστικά προβλήματα (OECD, 2019), δείχνοντας ότι οι μαθητές πρέπει να μπορούν να αξιοποιούν τις γνώσεις τους εκτός σχολικού πλαισίου.

1.3.2 Ο επιστημονικός εγγραμματος ως κοινωνική πρακτική

Η σύγχρονη προσέγγιση του επιστημονικού εγγραμματος ξεπερνά το παραδοσιακό πλαίσιο της μετάδοσης επιστημονικής γνώσης, αναδεικνύοντάς τον ως κοινωνική πρακτική. Η θεώρηση αυτή υπογραμμίζει ότι ο τρόπος με τον οποίο τα άτομα αλληλοεπιδρούν με την επιστήμη είναι κοινωνικά προσδιορισμένος και εξαρτάται από πολιτισμικά συμφραζόμενα, πολιτικές επιλογές και επικοινωνιακές πρακτικές (Fourez, 1997) (Laugksch, 2000).

Στην κατεύθυνση αυτή, ο επιστημονικός εγγραμματισμός αφορά όχι μόνο την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, αλλά και την ικανότητα συμμετοχής στον δημόσιο διάλογο για κοινωνικά ζητήματα που σχετίζονται με την επιστήμη. Η επιστήμη δεν είναι απομονωμένη από τις κοινωνικές και πολιτισμικές δομές, αλλά ενσωματώνεται σε αυτές, επηρεάζοντας και επηρεαζόμενη από τις κοινωνικές πεποιθήσεις, τις αξίες και τα συμφέροντα (Roberts, 2007) (Sadler, 2004).

Ο επιστημονικά εγγράμματος πολίτης δεν περιορίζεται στην αποδοχή επιστημονικών δεδομένων, αλλά έχει την ικανότητα να κρίνει, να αμφισβητεί, να επιχειρηματολογεί και να λαμβάνει τεκμηριωμένες αποφάσεις για ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή, η γενετική τροποποίηση οργανισμών, οι εμβολιασμοί και η πυρηνική ενέργεια (Allchin, 2013) (Καραμπελιάς & Καραμπελιά, 2020).

Η αντίληψη του επιστημονικού εγγραμματισμού ως κοινωνική πρακτική καθιστά αναγκαία την ενσωμάτωση κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων (SSI) στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μέσα από τέτοια θέματα, οι μαθητές ενθαρρύνονται να διερευνούν, να αξιολογούν πηγές, να διαμορφώνουν τεκμηριωμένες απόψεις και να συνδιαλέγονται με τους συνομηλίκους τους, αποκτώντας δεξιότητες απαραίτητες για τη συμμετοχή σε μια δημοκρατική κοινωνία (Sadler, 2004) (Bybee et al., 2009).

1.4 Επιστημονικός εγγραμματισμός και ψευδοεπιστήμη

Η ψευδοεπιστήμη αποτελεί μία από τις σοβαρότερες προκλήσεις για τον επιστημονικό εγγραμματισμό των πολιτών. Σε αντίθεση με την επιστήμη, η οποία βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, αναπαραγωγικότητα και κριτική αξιολόγηση, η ψευδοεπιστήμη χαρακτηρίζεται από δοξασίες που παρουσιάζονται ως επιστημονικά τεκμηριωμένες, χωρίς όμως να υπόκεινται σε διαψεύσιμα κριτήρια ή επιστημονικές μεθόδους (Shermer, 2002).

Ο επιστημονικός εγγραμματισμός λειτουργεί ως αντίδοτο στην ψευδοεπιστημονική σκέψη, όχι με την απλή αποστήθιση “ορθών” πληροφοριών, αλλά μέσω της καλλιέργειας ενός τρόπου σκέψης που επιτρέπει την αναγνώριση της διαφοράς ανάμεσα στην επιστημονική και τη μη επιστημονική γνώση. Αυτό περιλαμβάνει την εξοικείωση με τον τρόπο που λειτουργεί η επιστήμη π.χ., τη σημασία της τεκμηρίωσης, της επανάληψης των πειραμάτων, της στατιστικής ανάλυσης, αλλά και των περιορισμών και αβεβαιοτήτων της επιστημονικής γνώσης.

Η ψευδοεπιστήμη δεν αφορά μόνο την έλλειψη γνώσης, αλλά συχνά εμπλέκεται με συναισθηματικές, πολιτισμικές ή ιδεολογικές στάσεις. Οι άνθρωποι μπορεί να προσελκύονται από απλουστευτικές εξηγήσεις, ανακουφιστικές απαντήσεις ή θεωρίες συνωμοσίας, ειδικά σε περιόδους κρίσης ή επιστημονικής αβεβαιότητας (Lewandowsky et al., 2012). Η εκπαίδευση επομένως χρειάζεται να μην περιορίζεται στη μετάδοση επιστημονικών “γεγονότων”, αλλά να ενσωματώνει τη μελέτη ψευδοεπιστημονικών παραδειγμάτων μέσα στην τάξη ως αφορμή για συζήτηση, ανάλυση και ανάπτυξη κριτικής σκέψης.

Επιπλέον, σε έναν κόσμο όπου η ψηφιακή πληροφορία είναι άμεσα προσβάσιμη αλλά όχι πάντα έγκυρη, ο ψηφιακός εγγραμματισμός αποτελεί συμπληρωματική διάσταση του επιστημονικού εγγραμματισμού. Η ικανότητα αξιολόγησης πηγών, εντοπισμού επιστημονικής τεκμηρίωσης και ενσυνείδητης χρήσης των κοινωνικών δικτύων είναι απαραίτητα εργαλεία για την αντιμετώπιση της διάδοσης ψευδοεπιστημονικών απόψεων.

Η ανεπαρκής κατανόηση της επιστήμης καθιστά τους πολίτες ευάλωτους σε ψευδοεπιστημονικούς ισχυρισμούς, όπως θεωρίες συνωμοσίας, αντιεμβολιαστικό λόγο ή "εναλλακτικές θεραπείες" (Καραμπελιάς & Καραμπελιά, 2020). Ένα παράδειγμα αποτελεί η αντίληψη ότι το εμβόλιο κατά της COVID-19 περιείχε μικροτσίπ — ιδέα που κυκλοφόρησε ευρέως σε κοινωνικά δίκτυα χωρίς καμία επιστημονική βάση.

1.5 Επιστημονικός εγγραμματισμός και ψηφιακός γραμματισμός

Ο επιστημονικός εγγραμματισμός στην ψηφιακή εποχή συνδέεται στενά με τον λεγόμενο ψηφιακό επιστημονικό εγγραμματισμό (digital scientific literacy), ο οποίος περιλαμβάνει την ικανότητα αναζήτησης, επαλήθευσης και σύνθεσης επιστημονικών πληροφοριών από ψηφιακές πηγές (Miller, 2016). Σημαντική δεξιότητα αποτελεί η διάκριση μεταξύ έγκυρων επιστημονικών πηγών και ψευδών ή ανακριβών πληροφοριών. Η ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων είναι κρίσιμη σε ένα περιβάλλον που κατακλύζεται από πληροφορίες και παραπληροφόρηση, ιδιαίτερα στα κοινωνικά μέσα.

Η εποχή του διαδικτύου απαιτεί από τους πολίτες όχι μόνο γνώση, αλλά και την ικανότητα να αξιολογούν την ποιότητα των πληροφοριών που καταναλώνουν (Allchin, 2013). Ο επιστημονικός εγγραμματισμός διαπλέκεται στενά με τον ψηφιακό γραμματισμό, καθώς οι περισσότεροι πολίτες σήμερα εκτίθενται σε επιστημονική πληροφορία μέσω διαδικτυακών μέσων, ιστοσελίδων, κοινωνικών δικτύων και βίντεο. Σε αυτό το περιβάλλον, η ικανότητα

εντοπισμού αξιόπιστων πηγών, η αναγνώριση ψευδοεπιστημονικών ισχυρισμών και η κατανόηση του τρόπου κατασκευής της επιστημονικής αλήθειας αποκτούν κρίσιμη σημασία.

Η κριτική πλοήγηση στον ψηφιακό χώρο προϋποθέτει στρατηγικές όπως η διασταύρωση πληροφοριών από διαφορετικές πηγές, η αξιολόγηση της προέλευσης του περιεχομένου και η υιοθέτηση της μεθόδου της πλευρικής ανάγνωσης (lateral reading), κατά την οποία ο αναγνώστης δεν εστιάζει μόνο στο ίδιο το κείμενο, αλλά ερευνά και τη φήμη της πηγής και των συντακτών (Wineburg & McGrew, 2017).

Η σύνδεση του επιστημονικού με τον ψηφιακό γραμματισμό επιτρέπει στους μαθητές και τους πολίτες να αναπτύξουν έναν «επιστημονικά πληροφορημένο σκεπτικισμό» απέναντι στην υπεραφθονία δεδομένων, συνωμοσιολογίας και εσκεμμένης παραπληροφόρησης που διακινούνται στο διαδίκτυο, ιδίως μέσω των κοινωνικών δικτύων (Lewandowsky et al., 2012). Η ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων εντάσσεται στη σύγχρονη εκπαίδευση για την επιστημονική και πληροφοριακή παιδεία (science and information literacy), η οποία συνδέεται με την ευρύτερη καλλιέργεια δημοκρατικής συνείδησης.

1.6 Παιδαγωγικές προσεγγίσεις για την καλλιέργεια επιστημονικού εγγραμματισμού

Οι εκπαιδευτικοί διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην προώθηση του επιστημονικού εγγραμματισμού, όχι μόνο μέσω της μετάδοσης γνώσεων αλλά και μέσω της διαμόρφωσης στάσεων και δεξιοτήτων κριτικής σκέψης. Η διδασκαλία της επιστήμης συχνά επικεντρώνεται στη μεταφορά εννοιών και θεωριών, παραγνωρίζοντας τη διαδικασία με την οποία η επιστημονική γνώση παράγεται, επικυρώνεται και αμφισβητείται (Lederman, 2007).

Οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται υποστήριξη για να εντάξουν στις πρακτικές τους δραστηριότητες όπως η επιχειρηματολογία, η συζήτηση κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων, η κριτική ανάλυση επιστημονικών ειδήσεων και η κατανόηση της φύσης της επιστήμης (nature of science). Αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να ενισχύσουν όχι μόνο τη γνώση, αλλά και την εμπιστοσύνη των μαθητών στην επιστήμη, μέσω της εμπειρίας της επιστημονικής σκέψης ως διαδικασίας ανοιχτής και εξελισσόμενης.

Παράλληλα, οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί χρειάζεται να διαθέτουν έναν επαρκή βαθμό επιστημονικού εγγραμματισμού, τόσο για να αξιολογούν πηγές και περιεχόμενο, όσο και

για να καθοδηγούν τους μαθητές σε έναν δυναμικό διάλογο με την επιστήμη. Προγράμματα αρχικής και διαρκούς επιμόρφωσης που επικεντρώνονται στον επιστημονικό και ψηφιακό γραμματισμό αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση (Hodson, 2011).

Τέλος, οι εκπαιδευτικοί αποτελούν διαμεσολαβητές μεταξύ της επιστήμης και της κοινωνίας: μέσα από τον τρόπο που οργανώνουν τη διδασκαλία, επιλέγουν υλικό και ενθαρρύνουν την ενεργή συμμετοχή των μαθητών, διαμορφώνουν αντιλήψεις για το τι είναι επιστήμη και ποιος είναι ο ρόλος της στην καθημερινή ζωή.

Παράδειγμα εφαρμογής: Σε ένα μάθημα Φυσικής, οι μαθητές ερευνούν την αποτελεσματικότητα διαφορετικών υλικών στη θερμομόνωση. Δημιουργούν υποθέσεις, κατασκευάζουν μοντέλα, κάνουν μετρήσεις, αναλύουν δεδομένα και συζητούν τις κοινωνικές επιπτώσεις της εξοικονόμησης ενέργειας. Η δραστηριότητα αυτή συνδυάζει τον γνωστικό, τον κοινωνικό και τον ηθικό άξονα του εγγραμματοσμού (Αποστολόπουλος, 2017)

1.7 Μεθοδολογικές δυσκολίες στη μέτρηση του επιστημονικού εγγραμματοσμού

Η αξιολόγηση του επιστημονικού εγγραμματοσμού αποτελεί σύνθετο μεθοδολογικό πρόβλημα, καθώς δεν αρκεί η απλή καταγραφή γνώσεων – απαιτείται η διερεύνηση δεξιοτήτων και στάσεων που συχνά δεν είναι άμεσα μετρήσιμες. Τα διεθνή εργαλεία αξιολόγησης, όπως το πρόγραμμα PISA, προσπαθούν να προσεγγίσουν την έννοια μέσω αυθεντικών προβλημάτων της καθημερινής ζωής, όμως αντιμετωπίζουν προκλήσεις όσον αφορά την εγκυρότητα και την πολιτισμική προσαρμογή των ερωτήσεων (Roberts, 2007) (Bybee et al., 2009).

Παράδειγμα: Σε ερωτηματολόγια τύπου PISA, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε σενάρια καθημερινής ζωής, όπως:

"Μία εταιρεία ισχυρίζεται ότι το νέο της φίλτρο νερού αφαιρεί 99% των βακτηρίων. Ποια δεδομένα θα χρειαστείτε για να αξιολογήσετε τον ισχυρισμό;"

Η απάντηση προϋποθέτει επιστημονική σκέψη και κριτική αξιολόγηση. Ωστόσο, τέτοιου είδους ερωτήματα δεν μπορούν πάντοτε να αποτυπώσουν την ικανότητα εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης σε πραγματικό κοινωνικό πλαίσιο.

Μια επιπλέον δυσκολία είναι η αξιολόγηση των στάσεων απέναντι στην επιστήμη, της εμπιστοσύνης προς επιστημονικούς φορείς, ή της ικανότητας επιχειρηματολογίας. Για την προσέγγιση αυτών των πτυχών, εναλλακτικές μορφές αξιολόγησης όπως μελέτες περίπτωσης, ερευνητικά project, συμμετοχή σε διαλόγους και δραστηριότητες επιστημονικής επιχειρηματολογίας έχουν προταθεί ως πιο κατάλληλες (Osborne, 2010). Παρόλα αυτά, η συστηματική ενσωμάτωσή τους στην εκπαιδευτική πράξη παραμένει περιορισμένη.

Τέλος, υπάρχει η πρόκληση της σύγκρισης αποτελεσμάτων μεταξύ διαφορετικών χωρών και πολιτισμών, δεδομένου ότι ο επιστημονικός εγγραμματισμός συνδέεται με κοινωνικά και πολιτισμικά συμφραζόμενα. Η κατασκευή εργαλείων που θα είναι έγκυρα, αξιόπιστα και συνάμα πολιτισμικά ουδέτερα είναι ένα αίτημα που παραμένει ανοιχτό στη σχετική έρευνα.

1.7.1 Ερωτηματολογία τύπου PISA

Τα ερωτηματολόγια τύπου PISA σχεδιάζονται από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD) και χρησιμοποιούνται διεθνώς για να μετρούν τις δεξιότητες 15χρονων μαθητών, με έμφαση σε:

- Επιστημονικό εγγραμματισμό (scientific literacy)
- Μαθηματικό και αναγνωστικό εγγραμματισμό
- Τα ταελευταία χρόνια και σε ψηφιακές δεξιότητες

Για τον επιστημονικό εγγραμματισμό, τα ερωτηματολόγια PISA αξιολογούν:

- Κατανόηση επιστημονικών εννοιών
- Ικανότητα εφαρμογής επιστημονικής γνώσης σε πραγματικά προβλήματα
- Αναγνώριση επιστημονικών επιχειρημάτων
- Κριτική αξιολόγηση πηγών και δεδομένων

Σκοπός των ερωτηματολογίων αυτών είναι να αξιολογήσουν κατά πόσο οι μαθητές είναι έτοιμοι να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του σύγχρονου κόσμου ως πολίτες και όχι απλώς ως μαθητές σε ένα εξεταστικό σύστημα.

1.8 Ο ρόλος των μέσων μαζικής ενημέρωσης

Τα μέσα μαζικής ενημέρωσης αποτελούν για πολλούς πολίτες την κύρια πηγή πληροφόρησης σε θέματα επιστήμης. Ωστόσο, η επιστημονική πληροφορία στα ΜΜΕ συχνά παρουσιάζεται αποσπασματικά, υπεραπλουστευμένα ή ακόμη και παραπλανητικά (Bubela et al., 2009). Οι πιέσεις για εντυπωσιακούς τίτλους, η ταχύτητα της ενημέρωσης και η έλλειψη επιστημονικής κατάρτισης των δημοσιογράφων οδηγούν πολλές φορές σε παρανοήσεις, υπερεκτιμήσεις ευρημάτων ή παρουσίαση προκαταρκτικών δεδομένων ως τελικών συμπερασμάτων.

Ο επιστημονικός εγγραμματισμός των πολιτών δεν μπορεί να ενισχυθεί ουσιαστικά χωρίς την ενεργή συμμετοχή των ΜΜΕ σε έναν υπεύθυνο και ενημερωτικό ρόλο. Αυτό περιλαμβάνει τη συνεργασία με επιστήμονες για την ορθή παρουσίαση των ευρημάτων, την αποφυγή καταστροφολογίας ή υπεραισιοδοξίας, και την ενίσχυση της διαφάνειας ως προς τις αβεβαιότητες και τα όρια της επιστημονικής γνώσης.

Παράλληλα, οι πολίτες χρειάζεται να είναι σε θέση να προσεγγίζουν τα επιστημονικά θέματα που παρουσιάζονται στα ΜΜΕ με κριτική σκέψη: να εντοπίζουν υπερβολές, να διακρίνουν μεταξύ επιστημονικής υπόθεσης και αποδεδειγμένης θεωρίας, και να κατανοούν τη σημασία των πηγών. Σε αυτό το πλαίσιο, η επιστημονική δημοσιογραφία και η εκπαιδευτική παρέμβαση για την ανάλυση των επιστημονικών ειδήσεων μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά στην καλλιέργεια επιστημονικού εγγραμματισμού (Fischhoff, 2013).

1.9 Σύνδεση του Επιστημονικού Εγγραμματισμού με τα Ηλεκτροκίνητα Οχήματα (EV) και τα Οχήματα Εσωτερικής Καύσης (ICE)

Ο επιστημονικός εγγραμματισμός (scientific literacy) αποτελεί έναν θεμελιώδη στόχο της σύγχρονης εκπαίδευσης, καθώς σχετίζεται άμεσα με την ικανότητα των πολιτών να κατανοούν και να αξιολογούν επιστημονικά και τεχνολογικά ζητήματα που αφορούν την καθημερινή τους ζωή (Bybee, 1997). Η ανάπτυξη αυτής της δεξιότητας δεν περιορίζεται μόνο στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών, αλλά περιλαμβάνει και την ικανότητα λήψης αποφάσεων με βάση τεκμηριωμένα επιστημονικά δεδομένα (OECD, 2019).

Η αντιπαράθεση ηλεκτροκίνητων οχημάτων (EV) και οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης (ICE) αποτελεί ένα σύγχρονο, αυθεντικό παράδειγμα όπου η επιστημονική γνώση τέμνεται με κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές διαστάσεις. Ένας επιστημονικά

εγγράμματος πολίτης μπορεί να αξιολογήσει αντικειμενικά τις τεχνολογικές διαφορές, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις μακροπρόθεσμες συνέπειες κάθε επιλογής (Sjöström & Eilks, 2018).

Για παράδειγμα, η τεχνολογική μετάβαση προς τα EV συχνά περιβάλλεται από αντιφάσεις και παρανοήσεις, όπως η «καθαρότητα» της ηλεκτροκίνησης χωρίς εκπομπές, αγνοώντας την προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας ή τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης πρώτων υλών για τις μπαταρίες (IRENA, 2023). Ένας πολίτης με ανεπτυγμένο επιστημονικό εγγραμματοσμό έχει τη δυνατότητα να διακρίνει ανάμεσα σε τεκμηριωμένες πληροφορίες και παραπλανητικούς ισχυρισμούς (Roberts, 2007).

Επιπλέον, η κατανόηση των κοινωνικοπολιτικών πλαισίων που περιβάλλουν την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, όπως τα EV, είναι αναγκαία για την άσκηση κριτικής σκέψης. Ο επιστημονικός εγγραμματοσμός λειτουργεί ως μέσο καλλιέργειας κριτικής σκέψης και ενισχύει τη δημοκρατική συμμετοχή των πολιτών, καθώς επιτρέπει την αξιολόγηση επιστημονικών δεδομένων και τεχνολογικών εξελίξεων σε σύγχρονα κοινωνικά ζητήματα (Κώτσης, 2024b). Η απόφαση ενός ατόμου να υιοθετήσει ή να απορρίψει ένα EV δεν εξαρτάται μόνο από τεχνικά χαρακτηριστικά, αλλά και από τις στάσεις, τις αξίες και τις πολιτικές στρατηγικές που επηρεάζουν τη διαμόρφωση γνώμης (Breetz et al., 2018).

Κατά συνέπεια, η επιλογή του EV έναντι του ICE, δεν είναι μόνο τεχνολογική ή περιβαλλοντική, αλλά και πολιτισμική και κοινωνική. Η μελέτη των δύο τεχνολογιών στο πλαίσιο μιας διδακτικής προσέγγισης βασισμένης στον επιστημονικό εγγραμματοσμό, δίνει την ευκαιρία στους μαθητές ή σπουδαστές να αποκτήσουν ουσιαστική γνώση που σχετίζεται με την αειφορία, την ενεργειακή πολιτική και τις προσωπικές επιλογές κατανάλωσης (Φλογαΐτη, 2010) (Ματσαγγούρας, 2011). Για παράδειγμα, ένας επιστημονικά εγγράμματος πολίτης μπορεί να κατανοήσει:

- Τη λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων σε σύγκριση με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης.
- Τη διαδικασία αποθήκευσης και μεταφοράς ενέργειας (μπαταρίες λιθίου, θερμική ενέργεια από καύση).
- Την έννοια της ενεργειακής απόδοσης και των απωλειών ενέργειας.
- Τις εκπομπές ρύπων και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα (carbon footprint) κάθε τεχνολογίας.

1.9.1 Σημαντικότητα του επιστημονικού εγγραμματισμού στην έρευνα

Η ένταξη του θέματος των EV και ICE στο πλαίσιο του επιστημονικού εγγραμματισμού:

- Ενισχύει την κριτική ικανότητα απέναντι στην πληθώρα πληροφοριών που κυκλοφορούν στα ΜΜΕ και στα κοινωνικά δίκτυα.
- Επιδιώκει τη σύνδεση της γνώσης με την πράξη, προσκαλώντας τον μαθητή/πολίτη να πάρει θέση βάσει στοιχείων.
- Προωθεί την πολιτειακή συμμετοχή και την περιβαλλοντική υπευθυνότητα.
- Συμβάλλει στην καταπολέμηση της ψευδοεπιστήμης, καθώς ο πολίτης είναι σε θέση να αναγνωρίζει επιστημονικά τεκμηριωμένες πηγές (Hulme, 2009).

Η θεματική της παρούσας διπλωματικής, που εστιάζει στα ηλεκτροκίνητα οχήματα (EV) και στα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης (ICE), εντάσσεται ακριβώς σε αυτό το πλαίσιο. Η μελέτη των στάσεων και αντιλήψεων των σπουδαστών σχετικά με τις δύο αυτές τεχνολογίες δεν αφορά απλώς τη γνώση τεχνικών χαρακτηριστικών, αλλά την ερμηνεία πολύπλοκων επιστημονικών και κοινωνικών δεδομένων. Για παράδειγμα, μια δήλωση όπως «τα EV είναι πιο οικολογικά» απαιτεί την κατανόηση:

- του ισοζυγίου εκπομπών CO₂ σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του οχήματος,
- της προέλευσης της ηλεκτρικής ενέργειας (ανανεώσιμη ή ορυκτή),
- της τεχνολογίας των μπαταριών και της εξάρτησης από σπάνιες γαίες,
- και της κοινωνικής/οικονομικής προσβασιμότητας στα EV.

Ο επιστημονικά εγγράμματος πολίτης είναι σε θέση να σταθμίσει τέτοιες παραμέτρους, να αναγνωρίσει την πολυπλοκότητα της επιστημονικής πληροφορίας και να προσεγγίσει το θέμα με τεκμηριωμένο και νηφάλιο τρόπο. Αντιθέτως, η απουσία επιστημονικού εγγραμματισμού οδηγεί συχνά σε επιφανειακές, υπεραπλουστευμένες ή παραπλανητικές κρίσεις (π.χ. τα EV δεν έχουν καθόλου εκπομπές· τα ICE είναι πιο αξιόπιστα επειδή "τα ξέρουμε").

Η έρευνα αποσκοπεί να αναδείξει πώς διαμορφώνονται οι γνώσεις και οι στάσεις των πολιτών, αν αυτές ευθυγραμμίζονται με επιστημονικά τεκμήρια, και σε ποιο βαθμό υφίσταται κριτική ικανότητα κατανόησης των δεδομένων. Παράλληλα, προσφέρει ενδείξεις για το πώς η εκπαίδευση μπορεί να συμβάλει στην προώθηση ενός ουσιαστικού επιστημονικού εγγραμματισμού προς όφελος μιας βιώσιμης και ενημερωμένης κοινωνίας.

1.10 Συμπεράσματα

Ο επιστημονικός εγγραμματοσμός αναδεικνύεται ως μία από τις πιο κρίσιμες δεξιότητες του 21ου αιώνα. Η έννοια αυτή δεν περιορίζεται στην απομνημόνευση επιστημονικής γνώσης, αλλά εστιάζει στην ικανότητα κατανόησης, ερμηνείας και κριτικής αξιολόγησης επιστημονικών πληροφοριών, καθώς και στη σύνδεσή τους με κοινωνικά, ηθικά και πολιτισμικά συμφραζόμενα.

Μέσα από την ανάλυση των διαστάσεων του επιστημονικού εγγραμματοσμού και τη σχέση του με την επιστημονική εκπαίδευση, προκύπτει ότι πρόκειται για μια πολύπλευρη και λειτουργική έννοια που απαιτεί ενεργό συμμετοχή, αναστοχαστική σκέψη και συνειδητή εμπλοκή του πολίτη στον δημόσιο διάλογο. Η ένταξή του ως κοινωνική πρακτική επισημαίνει την ανάγκη μετατόπισης της εκπαιδευτικής πράξης από την απλή μετάδοση γνώσης στη διαμόρφωση ικανών, σκεπτόμενων και κοινωνικά ευαισθητοποιημένων πολιτών.

Η αντιμετώπιση της ψευδοεπιστήμης και της παραπληροφόρησης απαιτεί ένα συνδυασμό επιστημονικού και ψηφιακού εγγραμματοσμού. Οι πολίτες καλούνται όχι μόνο να αναγνωρίζουν τη διαφορά μεταξύ επιστήμης και ψευδοεπιστήμης, αλλά και να αξιολογούν πηγές, να αναγνωρίζουν προκαταλήψεις και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Η εκπαίδευση, σε αυτό το πλαίσιο, οφείλει να εξοπλίσει τους μαθητές με δεξιότητες κριτικής επιχειρηματολογίας, επιστημονικής αμφισβήτησης και κοινωνικής υπευθυνότητας.

Επιπλέον, η αξιολόγηση του επιστημονικού εγγραμματοσμού μέσω εργαλείων όπως το PISA αναδεικνύει τις προκλήσεις και τις δυνατότητες για βελτίωση των εκπαιδευτικών πρακτικών. Οι παιδαγωγικές προσεγγίσεις που εμπλέκουν τους μαθητές σε αυθεντικά προβλήματα, κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα και δραστηριότητες διερεύνησης ενισχύουν ουσιαστικά τη μάθηση.

Τέλος, σε μια εποχή επιστημονικής αβεβαιότητας, τεχνολογικών ανακατατάξεων και κοινωνικών προκλήσεων (όπως η κλιματική αλλαγή, η τεχνητή νοημοσύνη και οι επιδημίες), η ανάγκη για επιστημονικά εγγράμματους πολίτες είναι πιο επιτακτική από ποτέ. Ο επιστημονικός εγγραμματοσμός δεν είναι πολυτέλεια, αλλά προϋπόθεση για τη δημοκρατία, τη βιώσιμη ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή.

2. Τι είναι η ηλεκτροκίνηση

Στο πλαίσιο της εθνικής στρατηγικής για την πράσινη μετάβαση, ο όρος ηλεκτρικό όχημα (Η/Ο) έχει αποκτήσει επίσημη νομική υπόσταση. Σύμφωνα με τον Νόμο 4720/2020, ως ηλεκτρικό όχημα ορίζεται:

«οποιοδήποτε μηχανοκίνητο όχημα εξοπλισμένο με σύστημα μετάδοσης της κίνησης, το οποίο περιέχει μία τουλάχιστον μη περιφερειακή, εξωτερική, βοηθητική, ηλεκτρική μηχανή ως μετατροπέα ενέργειας με ηλεκτρικό επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, το οποίο μπορεί να επαναφορτίζεται εξωτερικά» (Εθνικό Τυπογραφείο, 2020).

Με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 3% των παγκόσμιων πωλήσεων αυτοκινήτων και περίπου το 1% του παγκόσμιου αποθέματός τους, και με τη διαρκή πρόοδο που συντελείται στον εξηλεκτρισμό της αγοράς και της τεχνολογίας ευρύτερα, η κυκλοφορία τους επεκτείνεται με ταχείς ρυθμούς. Πράγματι, το απόθεμα ηλεκτρικών αυτοκινήτων αυξήθηκε 40% από έτος σε έτος το 2019 (IEA, 2021).

2.1 Ιστορική αναδρομή

Ήδη από τα μέσα του 19ου αιώνα, παράλληλα με την εμφάνιση των συμβατικών οχημάτων, όπως τα βενζινοκίνητα, εμφανίζονται και τα ηλεκτροκίνητα οχήματα, τα οποία στις αρχές του 21ου αιώνα επανέρχονται με αξιώσεις στο προσκήνιο ένεκα των επιπτώσεων της πετρελαϊκής κρίσης και της κλιματικής αλλαγής. Ο όρος ηλεκτρικό όχημα μπορεί να περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα μεταφορικών μέσων. Στον γενικό του ορισμό, αναφέρεται σε κάθε όχημα που κινείται με τη βοήθεια ηλεκτρικής ενέργειας και περιλαμβάνει τόσο τα μέσα σταθερής τροχιάς (π.χ. τραίνα, μετρό), όσο και τα συνδεδεμένα ηλεκτρικά οχήματα (όπως τα τρόλεϊ) και φυσικά τα οχήματα με πλήρη ελευθερία κίνησης (αυτοκίνητα, μοτοσικλέτες κ.λπ.). Ωστόσο, στη διεθνή βιβλιογραφία και στον πολιτικό-τεχνολογικό διάλογο, όταν γίνεται αναφορά στον όρο Electric Vehicles (EVs), η εστίαση επικεντρώνεται κατά κύριο λόγο στα ιδιωτικής χρήσης αυτοκίνητα που διαθέτουν πλήρη αυτονομία κίνησης, χωρίς ανάγκη σταθερής σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο (European Commission, 2014).

2.2 Αναγκαιότητα υιοθέτησης τεχνολογίας ηλεκτρικών οχημάτων

Στο τέλος του 20ου αιώνα, προκειμένου να βρεθεί λύση στο πρόβλημα των όλο ένα και αυξανόμενων ρύπων, εξαιτίας της ραγδαίας βιομηχανικής ανάπτυξης, το επιστημονικό

δυναμικό πρότεινε εκ νέου την αντικατάσταση των ρυπογόνων οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης με ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Η σημερινή εικόνα από τον διεθνή χώρο δηλώνει ότι, όλο και περισσότεροι αποδέχονται την άποψη πως η αντικατάσταση του κινητήρα εσωτερικής καύσης από οχήματα που αξιοποιούν κατά κύριο λόγο την ηλεκτροκίνηση, είναι επιβεβλημένη.

Ο ηλεκτροκινητήρας είναι μηχανή υψηλού βαθμού απόδοσης (που αγγίζει το 90%) και εμφανίζει τα εξής προτερήματα:

- ο Μηδενικούς ρύπους
- ο Είναι αθόρυβος
- ο Έχει χαμηλό κόστος κατασκευής
- ο Έχει πιο εύκολη συντήρηση
- ο Δεν διαχέει μεγάλες ποσότητες θερμότητας στο περιβάλλον

2.3 Κύριοι τύποι ηλεκτροκίνητων οχημάτων (EV)

Οι κύριοι τύποι ηλεκτροκίνητων οχημάτων (EV) είναι:

1. Τα ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (BEV)
2. Τα υβριδικά οχήματα (HEV) και
3. Τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (FCEV)

2.3.1 Ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (Battery Electric Vehicle, BEV)

Τα ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας (BEV) χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια, που είναι αποθηκευμένη σε μια μπαταρία για να τροφοδοτήσουν τον ηλεκτρικό κινητήρα και να περιστρέψουν τους τροχούς. Όταν εξαντληθούν, οι μπαταρίες επαναφορτίζονται χρησιμοποιώντας ηλεκτρικό δίκτυο, είτε από πρίζα τοίχου είτε από ειδική μονάδα φόρτισης. Δεδομένου ότι δεν λειτουργούν με βενζίνη ή ντίζελ και τροφοδοτούνται εξ ολοκλήρου από ηλεκτρικό ρεύμα, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θεωρούνται οχήματα «παν ηλεκτρικά». Έχουν, δηλαδή, το πρόσθετο πλεονέκτημα της επαναφόρτισης στο σπίτι. Έτσι, μια πρίζα 240 Volt, μπορεί να φορτίσει ένα όχημα καθόλη τη διάρκεια της νύχτας. Ενώ, τα πλήρως φορτισμένα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν εύρος οδήγησης μεταξύ 70 και 100 μιλίων, εντός των περισσότερων καθημερινών απαιτήσεων, αν και ορισμένα εξ αυτών μπορούν να φτάσουν τα 265 μίλια με μία μόνο φόρτιση (UCS , 2018)

Κατά την οδήγηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων δεν σημειώνεται ατμοσφαιρική ρύπανση. Ωστόσο, η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούν μπορεί να παράγει αέρια θερμοκηπίου και άλλη ρύπανση στην πηγή της παραγωγής ή κατά την εξόρυξη ορυκτών καυσίμων. Με την ποσότητα της παραγόμενης ρύπανσης να παρουσιάζει άμεση εξάρτηση με τον τρόπο που παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια. Όσα, λοιπόν, χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως για παράδειγμα τον αέρα, για την τροφοδοσία τους καταγράφουν ουσιαστικά μηδαμινές εκπομπές. Η αποφυγή χρήσης βενζίνης ή πετρελαίου σημαίνει επίσης ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν σημαντικά λιγότερα έξοδα κίνησης από τα συμβατικά οχήματα. Οι ακριβείς συγκρίσεις εξαρτώνται από το μοντέλο του οχήματος και τις τιμές των καυσίμων. Όπως και άλλα ηλεκτρικά και υβριδικά-ηλεκτρικά οχήματα, τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας ελαχιστοποιούν τη σπατάλη ενέργειας απενεργοποιώντας τη λειτουργία του αυτοκινήτου όταν σταματήσει («ρελαντί») και φορτίζοντας την μπαταρία κατά το φρενάρισμα («αναγεννητική πέδηση»). Οι ηλεκτρικοί κινητήρες, δε, χαρακτηρίζονται *per se* ως ενεργειακά αποδοτικότεροι από τους κινητήρες βενζίνης ή ντίζελ (UCS , 2018).

Τα καθαρά ηλεκτρικά οχήματα διαθέτουν μία μπαταρία που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί τον κινητήρα. Η μπαταρία φορτίζει όταν το όχημα είναι συνδεδεμένο σε πηγή ισχύος (όπως πηγή ενέργειας ή φορτιστή). Τα οχήματα αυτά δεν εκπέμπουν προϊόντα καύσης, επομένως δεν υπάρχει εξάτμιση.

Ο συγκεκριμένος τύπος αυτοκινήτου χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη σε επαναφορτιζόμενες συστοιχίες συσσωρευτών, ώστε να κινηθεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μηδενική εκπομπή ρύπων CO₂ αλλά και την απουσία θορύβου από τον κινητήρα για αυτό και έχει επιβληθεί στους κατασκευαστές να εξοπλίζουν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα με ηχητικά συνθετικά μέσα για να προειδοποιούν τους πεζούς για την άφιξή τους.

Οι μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την περίπτωση είναι μόλυβδου-οξέος, συνήθως λόγω του χαμηλού κόστους. Ωστόσο, τις εν λόγω μπαταρίες ανταγωνίζονται μπαταρίες με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, όπως οι μπαταρίες τύπου υβριδίου μετάλλων νικελίου, ιόντος λιθίου και λιθίου-ιόντων πολυμερών.

Η φόρτιση των συγκεκριμένων μπαταριών πραγματοποιείται με εξαιρετική ευκολία οπουδήποτε υπάρχει πρίζα ή σταθμός φόρτισης, όπως επίσης και με το λεγόμενο

«αναγεννητικό φρενάρισμα». Σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιείται μέρος της θερμότητας που παράγεται κατά το φρενάρισμα του οχήματος για την επαναφόρτιση της μπαταρίας. Οι χρόνοι φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων ποικίλλουν σημαντικά, ανάλογα με τον τύπο φόρτισης, την ισχύ και την χωρητικότητα της μπαταρίας.

Πλεονεκτήματα

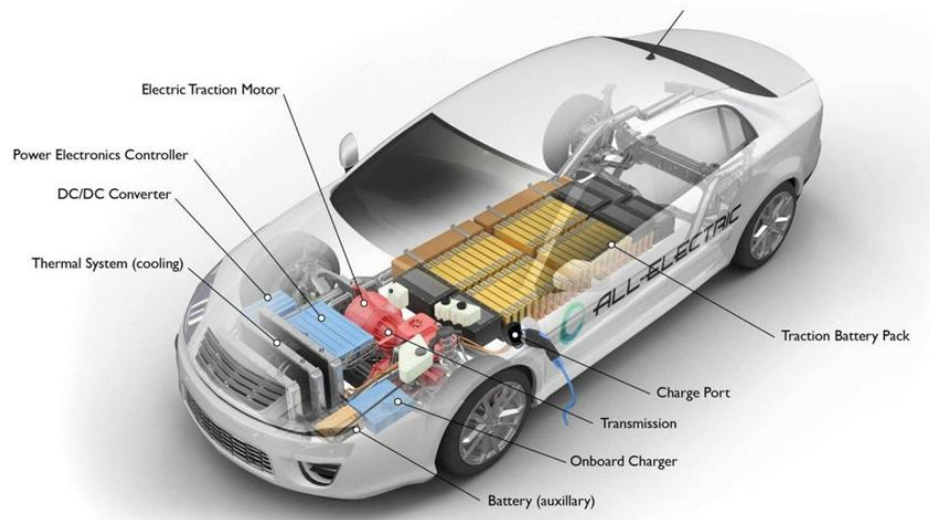
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Μηδενική εκπομπή ρύπων
- Ανακύκλωση ενέργειας μέσω του αναγεννησιακού φρεναρίσματος
- Υψηλότερη απόδοση κινητήρα σε σύγκριση με κινητήρες εσωτερικής καύσης

Μειονεκτήματα

- Μικρή αυτονομία
- Έλλειψη σημείων φόρτισης
- Πολύωρη φόρτιση
- Υψηλό κόστος μπαταριών
- Μη ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες και διάβρωση



Εικόνα 1: Αμιγώς Ηλεκτροκίνητη Απεικόνιση, πηγή: (Αϊλαμάκη, 2022)



Εικόνα 2: Εσωτερική απεικόνιση ενός αμιγώς ηλεκτρικού αυτοκινήτου, πηγή: (Αίλαμάκη, 2022)

Ανάλυση του εσωτερικού

- Συστοιχία συσσωρευτών (Traction Battery Pack): Πρόκειται για το βασικό σύστημα αποθήκευσης ενέργειας του ηλεκτρικού οχήματος. Αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια, η οποία χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του κινητήρα.
- Ηλεκτρικός κινητήρας (Electric Traction Motor): Ο κινητήρας που θέτει σε κίνηση το όχημα, αξιοποιώντας την ενέργεια που παρέχει ο συσσωρευτής. Πολλοί ηλεκτρικοί κινητήρες υποστηρίζουν αναγεννητική πέδηση, δηλαδή την ικανότητα να ανακτούν ενέργεια κατά την επιβράδυνση ή το φρενάρισμα, επιστρέφοντάς την στον συσσωρευτή.
- Ελεγκτής ισχύος (Power Electronics Controller): Η ηλεκτρονική μονάδα που διαχειρίζεται τη ροή ενέργειας μεταξύ της μπαταρίας και του ηλεκτρικού κινητήρα, ρυθμίζοντας την ταχύτητα και τη ροπή του κινητήρα ανάλογα με τις ανάγκες λειτουργίας.
- Μετατροπέας DC/DC: Συσκευή που μετατρέπει την υψηλής τάσης συνεχές ρεύμα (DC) από τον συσσωρευτή σε χαμηλότερης τάσης DC, το οποίο χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των βοηθητικών συστημάτων του οχήματος και της βοηθητικής μπαταρίας.
- Σύστημα θερμικής διαχείρισης (Thermal System – Cooling): Το σύστημα αυτό διατηρεί κρίσιμα εξαρτήματα, όπως ο κινητήρας, ο φορτιστής και ο ελεγκτής ισχύος,

- εντός του ενδεδειγμένου θερμοκρασιακού εύρους, διασφαλίζοντας την ομαλή και αποδοτική λειτουργία τους.
- Θύρα φόρτισης (Charge Port): Το σημείο στο όχημα όπου συνδέεται ο εξωτερικός φορτιστής, επιτρέποντας την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στον συσσωρευτή.
 - Σύστημα μετάδοσης (Transmission): Το μηχανικό σύστημα που μεταφέρει την ισχύ από τον ηλεκτρικό κινητήρα στους τροχούς του οχήματος, επιτρέποντάς του να κινείται.
 - Ενσωματωμένος φορτιστής (On-board Charger): Η μονάδα που λαμβάνει το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) από την εξωτερική πηγή και το μετατρέπει σε συνεχές ρεύμα (DC), κατάλληλο για τη φόρτιση της μπαταρίας. Επίσης, παρακολουθεί σημαντικές παραμέτρους της φόρτισης, όπως η ένταση και η τάση του ρεύματος, η θερμοκρασία και η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας.
 - Βοηθητική μπαταρία (Auxiliary Battery): Τροφοδοτεί τα βοηθητικά ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα του οχήματος, όπως τα φώτα, το σύστημα πολυμέσων και οι εσωτερικές λειτουργίες άνεσης και ασφάλειας. (Αϊλαμάκη, 2022)

2.3.2 Υβριδικά αυτοκίνητα (Hybrid Electric Vehicle, HEV)

Η δεύτερη κατηγορία ηλεκτρικών αυτοκινήτων συνίσταται στα λεγόμενα υβριδικά, που καταφέρνουν και συνδυάζουν τα καλύτερα στοιχεία «δύο κόσμων», αφού έχουν τη δυνατότητα να εναλλάσσουν δύο κινητήρια συστήματα ή να επιτρέπουν ακόμη και την παράλληλη λειτουργία τους. Με τον τρόπο αυτόν, μπορούν να υιοθετούν κάθε φορά τον βέλτιστο και αποδοτικότερο τρόπο κίνησης και λειτουργίας του αυτοκινήτου.

Ειδικότερα, τα υβριδικά αυτοκίνητα θεωρούνται ιδανικά για την οδήγηση στην πόλη, επειδή κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης και με ταχύτητα έως 25 χλμ./ώρα κινούνται με την χρήση του ηλεκτροκινητήρα, αντλώντας ενέργεια από την μπαταρία. Στην περίπτωση, όμως, που πραγματοποιείται επιτάχυνση με το πεντάλ του γκαζιού στο τέρμα, τότε λειτουργούν παράλληλα ο κινητήρας και ο ηλεκτροκινητήρας, μεταφέροντας τη μέγιστη ισχύ στους τροχούς. Αυτό συμβαίνει χάρις στο σύστημα μετάδοσης, το οποίο συνδυάζει και προσφέρει τη ροπή κάθε κινητήριας μονάδας την ίδια χρονική στιγμή (KIA, 2021)

Όταν ένα υβριδικό αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα, τίθεται σε λειτουργία ο κινητήρας εσωτερικής καύσης, γιατί είναι ο αποδοτικότερος τρόπος. Ο κινητήρας, δηλαδή, μπορεί να τροφοδοτεί με ενέργεια τη γεννήτρια, γεγονός το οποίο επιτρέπει στη μπαταρία

να φορτίζεται για μελλοντική χρήση. Κάθε φορά που χρησιμοποιείται το φρένο ή αδρανοποιείται το γκάζι, στα υβριδικά αυτοκίνητα ενεργοποιείται το λεγόμενο «έξυπνο σύστημα αναγεννητικής πέδησης». Το εν λόγω σύστημα πήρε το όνομά του από τις ακόλουθες ενέργειες των υβριδικών οχημάτων. Αφενός, επειδή δεν παρέχεται ενέργεια στους τροχούς και αφετέρου, επειδή χρησιμοποιείται η δύναμη των τροχών ενώ γυρίζουν, για την ανάκτηση ενέργειας κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης του οχήματος. Αυτή η διαδικασία παράγει ηλεκτρισμό, που με τη σειρά του φορτίζει την μπαταρία για μετέπειτα χρήση. Τέλος, στην περίπτωση που πιέζεται το πεντάλ της πέδησης με σκοπό την πλήρη ακινητοποίηση του αυτοκινήτου, τόσο ο κινητήρας εσωτερικής καύσης, όσο και ο ηλεκτροκινητήρας απενεργοποιούνται πλήρως. Με την ισχύ της μπαταρίας να είναι υπεύθυνη για την ομαλή λειτουργία όλων των υπόλοιπων ηλεκτρικών συστημάτων τα οποία ίσως είναι απαραίτητα (π.χ. ραδιόφωνο, φώτα κ.τ.λ.).

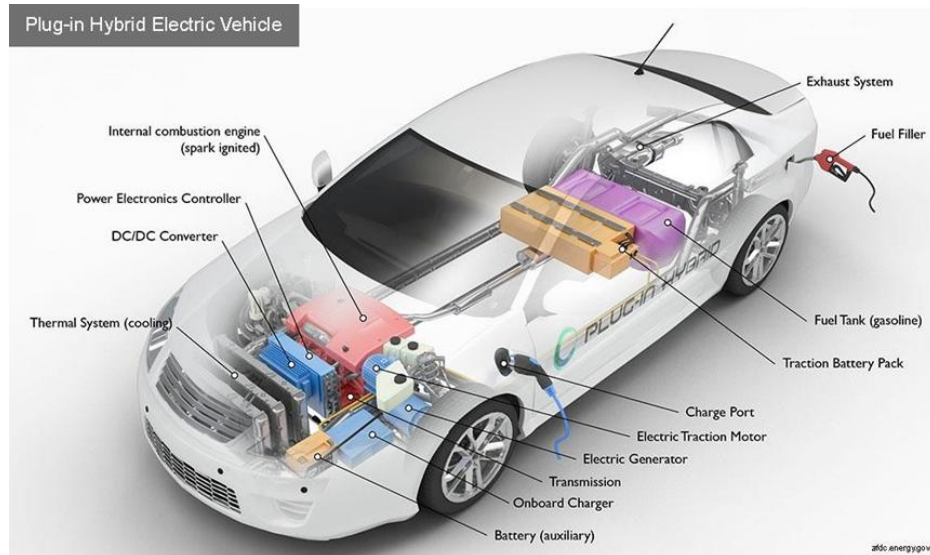
Τα υβριδικά αυτοκίνητα με τη σειρά τους χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα αμιγώς υβριδικά και τα plug-in υβριδικά. Παρόλο που έχουν αρκετές ομοιότητες μεταξύ τους, έχουν μία βασική διαφορά. Ένα αμιγώς υβριδικό αυτοκίνητο δεν φέρει την υποδοχή για να φορτίσει με βύσμα την μπαταρία του. Χρησιμοποιεί τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, που διαθέτει, για να αναπαραγάγει την ενέργεια. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και με τη βοήθεια του έξυπνου συστήματος ανάκτησης ενέργειας. Αντιθέτως, ένα plug-in υβριδικό αυτοκίνητο λειτουργεί ακριβώς όπως ένα αμιγώς υβριδικό, με τη διαφορά ότι έχει μεγαλύτερη μπαταρία κι επιπλέον προσφέρει τη δυνατότητα φόρτισης από εξωτερική πηγή, αυξάνοντας τη συνολική αυτονομία του με αποκλειστική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας περίπου στα 50 χιλιόμετρα. Ενώ, γίνεται αντιληπτό, ότι εφόσον τα υβριδικά αυτοκίνητα δεν χρησιμοποιούν εξ' ολοκλήρου τον κινητήρα εσωτερικής καύσης, υπερέχουν όσον αφορά στην εκπομπή των ρύπων έναντι των συμβατικών. Όταν, για παράδειγμα, ακινητοποιηθούν, ο κινητήρας σβήνει αυτομάτως και για την επανεκκίνησή τους χρησιμοποιείται ο ηλεκτροκινητήρας.

Πλεονεκτήματα

- Εξοικονόμηση καυσίμων
- Χαμηλό κόστος κατασκευής
- Ανακύκλωση ενέργειας μέσω του αναγεννησιακού φρεναρίσματος

Μειονεκτήματα

- Κινητήρας εσωτερικής καύσης
- Εκπομπές ρύπων



Εικόνα 3: Εσωτερική απεικόνιση υβριδικού plug-in οχήματος, πηγή: (Αϊλαμάκη, 2022)

Ανάλυση του εσωτερικού

- Συστοιχία συσσωρευτών (Traction Battery Pack): Το βασικό σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας του οχήματος. Η αποθηκευμένη ενέργεια χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του ηλεκτρικού κινητήρα και άλλων επιμέρους συστημάτων.
- Ηλεκτρικός κινητήρας (Electric Traction Motor): Ο μηχανισμός που παρέχει κίνηση στους τροχούς, αξιοποιώντας την ενέργεια που αντλεί από τον συσσωρευτή. Πολλά συστήματα διαθέτουν και λειτουργία αναγεννητικής πέδησης, με την οποία ο κινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια κατά την επιβράδυνση, επαναφορτίζοντας τον συσσωρευτή.
- Μηχανή εσωτερικής καύσης με μπουζί (Spark-Ignited Internal Combustion Engine): Τύπος θερμικού κινητήρα που λειτουργεί με καύσιμο (συνήθως βενζίνη). Το καύσιμο εισέρχεται στον θάλαμο καύσης, αναμειγνύεται με αέρα και αναφλέγεται μέσω σπινθήρα που παράγεται από το μπουζί, παράγοντας μηχανική ισχύ.
- Ηλεκτρική γεννήτρια (Electric Generator): Συσκευή που μετατρέπει κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική κατά την επιβράδυνση ή το φρενάρισμα του οχήματος. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται στον συσσωρευτή. Σε ορισμένα οχήματα, ο ίδιος ο ηλεκτρικός κινητήρας μπορεί να λειτουργεί ως γεννήτρια.

- **Ελεγκτής ισχύος (Power Electronics Controller):** Ηλεκτρονική μονάδα που διαχειρίζεται την παροχή ισχύος από και προς τη συστοιχία συσσωρευτών, ρυθμίζοντας παραμέτρους όπως η ταχύτητα και η ροπή του κινητήρα.
 - **Μετατροπέας DC/DC (DC/DC Converter):** Η συσκευή που μετατρέπει τη συνεχή τάση υψηλής ισχύος της κύριας μπαταρίας σε χαμηλότερη τάση, κατάλληλη για την τροφοδοσία βοηθητικών κυκλωμάτων και της βοηθητικής μπαταρίας.
 - **Σύστημα θερμικής διαχείρισης (Thermal System – Cooling):** Το σύστημα ψύξης που εξασφαλίζει τη διατήρηση των βασικών εξαρτημάτων (όπως ο κινητήρας, ο φορτιστής και ο ελεγκτής ισχύος) εντός του βέλτιστου εύρους θερμοκρασίας λειτουργίας.
 - **Θύρα φόρτισης (Charge Port):** Το εξάρτημα μέσω του οποίου το όχημα συνδέεται σε εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να φορτιστεί η συστοιχία συσσωρευτών.
 - **Σύστημα μετάδοσης κίνησης (Transmission):** Το μηχανικό σύστημα που μεταφέρει την ισχύ από τον ηλεκτρικό ή τον θερμικό κινητήρα στους τροχούς του οχήματος.
 - **Ενσωματωμένος φορτιστής (On-board Charger):** Ο μετατροπέας που λαμβάνει εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) από εξωτερική πηγή και το μετατρέπει σε συνεχές ρεύμα (DC) για την επαναφόρτιση του συσσωρευτή. Ελέγχει επίσης κρίσιμες παραμέτρους, όπως την ένταση, την τάση, τη θερμοκρασία και το επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας.
 - **Βοηθητική μπαταρία (Auxiliary Battery):** Παρέχει ενέργεια στα βοηθητικά ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα του οχήματος, όπως τα φώτα, τα συστήματα ελέγχου ή η ψυχαγωγία.
 - **Δεξαμενή καυσίμου (Fuel Tank):** Η δεξαμενή στην οποία αποθηκεύεται το καύσιμο (συνήθως βενζίνη), απαραίτητο για τη λειτουργία της μηχανής εσωτερικής καύσης.
 - **Σύστημα εξάτμισης (Exhaust System):** Το σύστημα που αποβάλλει τα αέρια κατάλοιπα της καύσης από τη μηχανή εσωτερικής καύσης στο περιβάλλον.
- (Αϊλαμάκη, 2022)

2.3.3 Ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (Full Cell Electric Vehicles, FCEV)

Η τελευταία κατηγορία περιλαμβάνει τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (FCEV), τα οποία είναι σχεδιασμένα βάσει των αμιγώς ηλεκτρικών αυτοκινήτων, με την καινοτομία

της πρόσθετης συσκευής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, της καλούμενης και κυψέλης καυσίμου. Η τεχνολογία αυτή συνίσταται στη μεταφορά υδρογόνου σε δεξαμενές υψηλής πίεσης για την παραγωγή ισχύος. Ακολούθως, η παραγόμενη από τις κυψέλες καυσίμου ενέργεια οδηγείται στον ηλεκτρικό κινητήρα, προκειμένου να κινηθούν οι τροχοί, όμως, έπειτα από μερικά χιλιόμετρα θα πρέπει να γίνει ανεφοδιασμός υδρογόνου (Camacho & Mihet-Popa, 2014) (Miller et al., 1997)

Γενικότερα, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα κυψελών καυσίμου παράγουν μόνο υδρατμούς (H_2O), στοιχείο αβλαβές και φιλικό προς το περιβάλλον, διαθέτοντας το πλεονέκτημα της υψηλής απόδοσης, της χαμηλής ρύπανσης και της γρήγορης φόρτισης. Επιπλέον, η συγκεκριμένη κατηγορία οχημάτων καινοτομεί στο ότι μπορούν να φορτιστούν από μόνα τους και στο ότι δεν εκπέμπουν άνθρακα, μειώνοντας το σχετικό αποτύπωμα περισσότερο από οποιονδήποτε άλλο τύπο ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Ενώ, το σύστημα ηλεκτρικής ισχύος μπορεί να παρέχει επιπλέον ισχύ στον κινητήρα, όταν κερδίζει αυξημένη ιπποδύναμη και ροπή, συμπληρώνοντας τις ελλείψεις του τελευταίου σε χαμηλές ταχύτητες και επιλύοντας το πρόβλημα της χαμηλής περιστροφικής δύναμης, που σημειώνεται στα συμβατικά βενζινοκίνητα οχήματα.

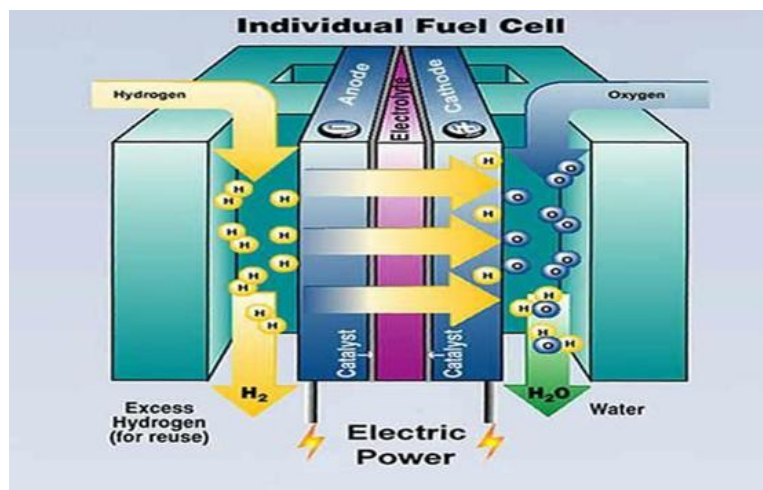
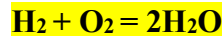
Ωστόσο, αυτοί οι τύποι οχημάτων έχουν μειονεκτήματα τα οποία δεν μπορούν να αγνοηθούν. Για παράδειγμα, η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι μικρή με αποτέλεσμα να μην προσφέρεται για καθαρή ηλεκτρική οδήγηση. Η δε εγκατάσταση του ηλεκτρικού κινητήρα οδηγεί σε αύξηση του βάρους του οχήματος και θυσιάζει μέρος του εσωτερικού χώρου για την υποδοχή του ηλεκτροκινητήρα. Επιπρόσθετα, λόγω της ύπαρξης του συστήματος καυσίμου, προκαλείται αέρια ρύπανση κατά την οδήγηση του οχήματος. Ενώ, τονίζεται, ότι και η διαδικασία παραγωγής καθαρού υδρογόνου μπορεί επίσης να καταναλώσει πολλή ενέργεια και να προκαλέσει περιβαλλοντική ρύπανση, γεγονός που καθιστά τις τιμές των κυψελών καυσίμου αρκετά υψηλές. Τέλος, από άποψη ασφαλείας, σημειώνεται ο βαθμός επικινδυνότητας του υδρογόνου, καθώς το ίδιο ως στοιχείο είναι εκρηκτικό και μπορεί να αποτελέσει αναντίρρητη πηγή κινδύνου για τη δημόσια ασφάλεια (Un-Noor et al., 2017).

Τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών καυσίμου (Fuel Cells) βασίζουν τη λειτουργία τους σε αυτή της υβριδικής τεχνολογίας με τη διαφορά ότι στη συγκεκριμένη μορφή δεν εμπλέκεται ο θερμικός κινητήρας. Η διάταξη των οχημάτων αυτών περιλαμβάνει μία ενεργειακή

συστοιχία και μία μονάδα αποθήκευσης ενέργειας που συνήθως είναι μία συστοιχία συσσωρευτών.

Οι κυψέλες καυσίμου χρησιμοποιούν ως καύσιμο το υδρογόνο και το οξυγόνο που βρίσκουν είτε από τον αέρα είτε από την διάσπαση του νερού, αντιδρούν μεταξύ τους και σχηματίζουν μόρια νερού. Η διαδικασία αυτή είναι επί της ουσίας μια ηλεκτροχημική μετατροπή ενέργειας, μετατρέπεται δηλαδή η χημική ενέργεια σε ηλεκτρική διαμέσου μιας χημικής αντίδρασης κατά την οποία παράγεται ηλεκτρισμός και θερμότητα, ενώ χάρη στην ύπαρξη ενός ειδικού καταλύτη, που ονομάζεται «πρωτονική μεμβράνη» (PEM), σχηματίζεται διαφορά δυναμικού και τροφοδοτείται ο ηλεκτροκινητήρας. Ο ηλεκτρισμός αποδίδεται με τη μορφή συνεχούς ρεύματος. Το υδρογόνο αποθηκεύεται σε αυτές σε υγρή μορφή σε συνθήκες υψηλής πίεσης. Δεδομένου ότι οι κυψέλες καυσίμου παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από ισόθερμη χημική αντίδραση, οι εκπομπές καυσαερίου είναι μηδενικές, οπότε αυτού του τύπου τα οχήματα είναι φιλικά προς το περιβάλλον.

Η χημική εξίσωση πάνω στην οποία βασίζεται η μετατροπή του υδρογόνου σε νερό είναι η εξής:



Εικόνα 4: Γενική διάταξη ενός fuelcell, πηγή: (Αϊλαμάκη, 2022)

Στα προϊόντα της αντίδρασης, εκτός από το νερό, περιλαμβάνεται και η έκλυση ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως οι μπαταρίες, έτσι και οι ενεργειακές κυψέλες αποτελούνται από δύο ηλεκτρόδια -την άνοδο και την κάθοδο- και από τον ηλεκτρολύτη. Στην άνοδο το αέριο υδρογόνο ιονίζεται απελευθερώνοντας ηλεκτρόνια και δημιουργώντας κατιόντα υδρογόνου (πρωτόνια), ενώ στην κάθοδο το οξυγόνο, το οποίο διοχετεύεται μέσω του αέρα, αντιδρά

με τα δύο προϊόντα του ιονισμού στην άνοδο δημιουργώντας νερό. Ο ρόλος του ηλεκτρολύτη είναι να εμποδίζει τα ηλεκτρόνια, που αποδεδμεύονται από την άνοδο, να κατευθυνθούν αμέσως στην κάθοδο, επιτρέποντας τη διέλευση μόνο στα πρωτόνια. Τα ηλεκτρόνια οδηγούνται μέσω του ηλεκτρικού κυκλώματος στο προς τροφοδότηση φορτίο (στην περίπτωση μας στον κινητήρα) και επιστρέφουν στην κάθοδο, όπου συντελούν στην παραγωγή νερού.

Πλεονεκτήματα

- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (υδρογόνο)
- Απλούστερη διάταξη συγκριτικά με τις μπαταρίες
- Ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες και διάβρωση
- Μηδενικές εκπομπές αερίων (μόνο υδρατμών)
- Αθόρυβο

Μειονεκτήματα

- Ευφλεκτότητα υδρογόνου
- Υψηλό κόστος στη διαδικασία εξαγωγής και αποθήκευσης σε δεξαμενές
- Μεγάλος όγκος και βάρος
- Μεγάλος χρόνος εκκίνησης
- Αργή δυναμική απόκριση
- Χαμηλή πυκνότητα ισχύος

2.4 Συσσωρευτές (μπαταρίες)

2.4.1 Γενικές πληροφορίες

Οι συσσωρευτές (μπαταρίες), είναι οι ηλεκτροχημικές εκείνες διατάξεις που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική κατά την εκφόρτισή τους και το αντίστροφο κατά τη φόρτισή τους. Οι συσσωρευτές μπορεί να φορτίζονται από διάφορες διατάξεις και με διάφορους τρόπους. Αποτελούνται από ηλεκτρικά στοιχεία κατάλληλα συνδεδεμένα μεταξύ τους, τα οποία είναι γνωστά ως cells. Το κάθε cell αποτελείται από ένα θετικό και ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο, καθώς και από τον ηλεκτρολύτη, ο οποίος τοποθετείται ανάμεσά τους. Η φύση του ηλεκτρολύτη ποικίλει (στερεά, υγρή, αέρια). Ουσιαστικά, η μπαταρία αποθηκεύει χημική ενέργεια την οποία προσφέρει με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος πραγματοποιείται από τη

χημική αντίδραση που συμβαίνει μεταξύ των ηλεκτροδίων και του ηλεκτρολύτη. Οι συντελεστές της χημικής αντίδρασης διαφέρουν σε κάθε τύπο μπαταρίας. Η αντιστρεπτή διαδικασία της μετατροπής χημικής σε ηλεκτρική ενέργεια συναντάται σχεδόν σε όλους τους τύπους μπαταριών.

Από τα πρώτα χρόνια της εμφάνισής των ηλεκτρικών οχημάτων έχουν δοκιμαστεί διάφοροι τύποι συσσωρευτών. Τα μειονεκτήματά τους, που υφίστανται μέχρι και σήμερα, είναι ο χαμηλός λόγος ενέργειας προς βάρος και ο μεγάλος χρόνος φόρτισής τους. Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια έχουν σημειωθεί σημαντικές βελτιώσεις με την εμφάνιση νέων τύπων συσσωρευτών.

Ειδικά για το ηλεκτροκίνητο όχημα, η επιλογή του συσσωρευτή είναι ένα πολύ βασικό θέμα. Ο ιδανικός συσσωρευτής ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος πρέπει να παρουσιάζει όσο το δυνατόν υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας και ισχύος. Τα δύο αυτά μεγέθη είναι συνήθως αντιστρόφως ανάλογα, οπότε επιλέγεται συνήθως κάποιος ικανοποιητικός συμβιβασμός. Αναφορικά με τα υλικά κατασκευής των συσσωρευτών, αναζητούμε αυτά που υπάρχουν σε αφθονία, είναι φθηνά, έχουν μελετηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό και επιπλέον να είναι ανακυκλώσιμα ή έστω η εναπόθεσή τους στο περιβάλλον να μη δημιουργεί πρόβλημα.

Η συντήρηση και ο χρόνος επαναφόρτισής τους πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μικροί, ενώ η διάρκεια ζωής μεγάλη με την ελπίδα να είναι ίση με τη διάρκεια ζωής του οχήματος. Δυστυχώς όμως, οι χημικές αντιδράσεις που παράγουν ρεύμα φθείρουν παράλληλα το υλικό της μπαταρίας. Επιπλέον, μας ενδιαφέρει η μπαταρία να μην υφίσταται υψηλό βαθμό αυτοεκφόρτισης, δεδομένου πως ένα όχημα μπορεί να παραμείνει σταθμευμένο για μεγάλο χρονικό διάστημα και υπάρχει η απαίτηση να είναι σε θέση να εκκινήσει ανά πάσα χρονική στιγμή.

Ακόμα, βασικά κριτήρια είναι το χαμηλό κόστος, το μικρό βάρος και να μην εμφανίζουν το φαινόμενο μνήμης. Το φαινόμενο μνήμης ήταν ένα από τα προβλήματα των συσσωρευτών Νικελίου-Καδμίου (NiCd). Κατά το φαινόμενο αυτό, η διαθέσιμη ποσότητα ενέργειας μειώνεται σε κάθε φόρτιση, όταν η μπαταρία δεν είναι εντελώς άδεια. (Αϊλαμάκη, 2022)

2.4.2 Κατηγορίες συσσωρευτών

Μπορούμε να χωρίσουμε τους συσσωρευτές σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Υδατοειδείς (aqueous systems): εδώ ανήκουν οι μπαταρίες μόλυβδου/οξέος, νικελίου σε διάφορους συνδυασμούς και οι μπαταρίες ροής με κυρίαρχες αυτές του ψευδαργύρου/βρωμίου.
- Περιρρέουσας θερμοκρασίας Λιθίου (ambient-temperature lithium systems): σημαντικό προσόν τους είναι το μικρό τους βάρος και η υψηλή τάση κελιού που δύνανται να αναπτύξουν. Την ίδια στιγμή όμως, πρόκειται για μπαταρίες μεγάλου κόστους και ταχείας φθοράς του θετικού ηλεκτροδίου.
- Υψηλής θερμοκρασίας (high temperature systems): εδώ συγκαταλέγονται μπαταρίες λιθίου/θεικού άλατος, νατρίου/ χλωριδίου μετάλλου και νατρίου/θείου. Πρόκειται για μπαταρίες υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας, μόνο που η υψηλή θερμοκρασία για τη λειτουργία τους σε συνδυασμό με τα απαιτούμενα διαβρωτικά τους διαλύματα δημιουργούν τεχνικές δυσκολίες και εγείρουν θέματα ασφάλειας.

2.4.3 Πληροφορίες και τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτών

Οι συσσωρευτές που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη κλίμακα είναι οι συσσωρευτές μόλυβδου/οξέος, καθώς αποτελούν δοκιμασμένη τεχνολογία ήδη από το 1859. Έχουν μικρό κόστος και είναι εύκολα ανακυκλώσιμοι. Ωστόσο, έχουν μεγάλο βάρος και καταστρέφονται μερικώς σε περίπτωση πλήρους εκκένωσης. Επίσης, έχουν τη χαμηλότερη πυκνότητα ενέργειας, μόλις 40 W/kg.

Τη μεγαλύτερη χωρητικότητα ενέργειας έχουν οι μπαταρίες Νατρίου/θείου (~100 W/kg), ωστόσο έχουν το μειονέκτημα της ανάπτυξης υψηλής θερμοκρασίας κατά τη λειτουργία τους (300-350°C) και για αυτό απαιτείται κατάλληλη θερμομόνωση.

Οι συσσωρευτές Νικελίου/Καδμίου έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης σε μεγάλο βαθμό. Έχουν αρκετά μεγαλύτερη πυκνότητα ενέργειας από τους μόλυβδου/οξέος, ενώ σημαντικό πλεονέκτημα είναι η γρήγορη φόρτισή τους. Συγκεκριμένα, σε χρόνο 20 λεπτών φόρτισης, οι συσσωρευτές φτάνουν από το 20% στο 80% της πληρότητάς τους. Μειονέκτημά τους είναι η μη ικανοποιητική ανακύκλωσή τους και το γεγονός ότι εμφανίζουν το φαινόμενο της μνήμης φόρτισης.

Τα τελευταία χρόνια οι συσσωρευτές Νικελίου/υβριδίου μετάλλου και οι συσσωρευτές λιθίου/πολυμερών και λιθίου/iónτων τείνουν να κυριαρχήσουν στις εφαρμογές ηλεκτροκίνησης.

Οι μπαταρίες Νικελίου/υβριδίου μετάλλου διαθέτουν υψηλή πυκνότητα ενέργειας (80 W/kg), πολύ μεγάλη πυκνότητα ισχύος και κύκλο ζωής. Είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον από τις Νικελίου/καδμίου αλλά έχουν υψηλότερο κόστος. Έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και αυτονομία από τις μόλυβδου/οξέος. Στα θετικά τους συμπεριλαμβάνεται το γεγονός ότι δεν απαιτούν συντήρηση, ενώ μπορούν να φορτιστούν πολύ γρήγορα (15 λεπτά). Το μειονέκτημά τους είναι πως αν δεν φορτιστούν σωστά μπορεί να απελευθερώσουν υδρογόνο.

Οι μπαταρίες λιθίου έχουν θεωρηθεί ως η καλύτερη λύση για τα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς:

- Διαθέτουν μεγάλη πυκνότητα ενέργειας
- Παρέχουν σχετικά μεγάλη ισχύ
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής
- Δεν εμφανίζουν το φαινόμενο μνήμης
- Τα τελευταία μοντέλα επαναφορτίζονται πολύ εύκολα

Ωστόσο, οι συσσωρευτές λιθίου παρουσιάζουν δύο βασικά μειονεκτήματα:

- Το μεγάλο τους κόστος συγκριτικά με αυτό των συσσωρευτών νικελίου/μετάλλου υβριδίου
- Την ιδιότητα αυτανάφλεξής τους, όταν η θερμοκρασία του συσσωρευτή ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή.

2.4.4 Μπαταρίες Ιόντων-Λιθίου (Li-on)

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-on) αποτελούν την τρέχουσα τάση, διευρύνοντας το μερίδιο αγοράς τους, ως απάντηση στην αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρικά οχήματα, για ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης και για αποθήκευση ενέργειας. Η αυξημένη ζήτηση για Li-on, όμως, αναδεικνύει πιθανά προβλήματα στην αλυσίδα εφοδιασμού των πρώτων υλών, που απαιτούνται για την κατασκευή τους. Πράγματι, ορισμένα κρίσιμα μέταλλα, που χρησιμοποιούνται στις Li-on, όπως, για παράδειγμα, το λίθιο, το κοβάλτιο και ο γραφίτης είναι λιγοστά, δεν εξορύσσονται επί του παρόντος σε μεγάλες ποσότητες ή εξορύσσονται σε λίγες μόνο χώρες, των οποίων οι εμπορικές πολιτικές θα μπορούσαν να περιορίσουν τη διαθεσιμότητα και να επηρεάσουν τις τιμές (Nazri & Pistoia, 2003). Άλλωστε, οι

περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις, που απορρέουν από τη διαδικασία εξόρυξης αυτών των υλικών αποτελούν σημείο τριβής, καθώς η παραγωγή αυξάνεται για να καλύψει την υψηλή ζήτηση. Μια ενδεδειγμένη λύση θα ήταν τα συστήματα κλειστού βρόχου με ανακύκλωση στο τέλος του κύκλου ζωής τους, καθώς μπορούν να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αποτελώντας, παράλληλα, πηγή υλικών υψηλής αξίας, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή νέων μπαταριών.

Παρόλα αυτά, οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί, που ρυθμίζουν τα ζητήματα των μπαταριών στο τέλος του κύκλου ζωής τους δεν έχουν αναπτυχθεί ή εφαρμοστεί πλήρως, με αποτέλεσμα η πλειονότητά τους να καταλήγει απαρέγκλιτα στους χώρους υγειονομικής ταφής, με ένα πολύ μικρό ποσοστό χρησιμοποιημένων μπαταριών να αποστέλλεται στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013). Ωστόσο, είναι δεδομένο, πως με προληπτικούς κανονισμούς, αυξανόμενη προσφορά αναλωμένων μπαταριών και καινοτομίες στις τεχνολογίες ανακύκλωσης, οι μπαταρίες στο τέλος του κύκλου ζωής τους θα μπορούσαν να παρέχουν ένα σημαντικό μέρος των υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή νέων Li-on.

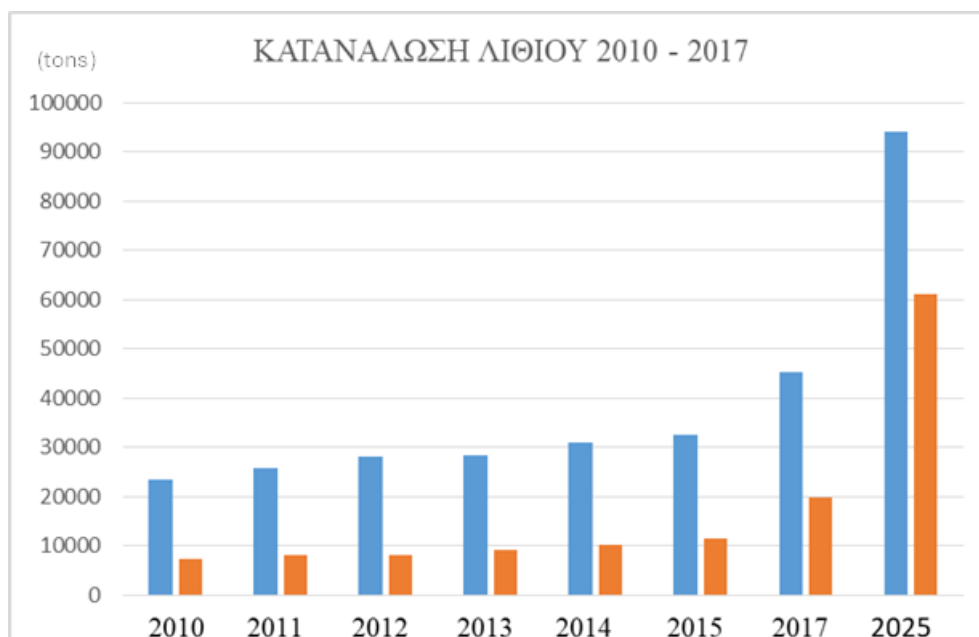
Όπως προαναφέρθηκε, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου προκρίνονται ως επιλογή για τα ηλεκτρικά οχήματα λόγω της υψηλής πυκνότητας ενέργειας και ισχύος, του χαμηλού βάρους και της μεγάλης διάρκειας ζωής τους. Το πρωταρχικό συστατικό μιας επαναφορτιζόμενης Li-on για κινητές συσκευές και ηλεκτρικά οχήματα είναι το λίθιο, το οποίο χρησιμοποιείται στην κάθοδο και σε ορισμένα υλικά ηλεκτρολύτη (Zhang et al., 2017). Το λίθιο έχει το χαμηλότερο δυναμικό μείωσης οποιουδήποτε στοιχείου, δίνοντάς του το υψηλότερο δυνατό κυτταρικό δυναμικό. Είναι επίσης το τρίτο ελαφρύτερο στοιχείο και έχει μία από τις μικρότερες ιονικές ακτίνες οποιουδήποτε μεμονωμένου φορτισμένου ιόντος. Αυτές οι ιδιότητες διασφαλίζουν, ότι το λίθιο θα συνεχίσει να παίζει κρίσιμο ρόλο στις μπαταρίες. Ενώ, το ανθρακικό λίθιο, το οποίο συνήθως είναι 99,5% Li_2CO_3 , αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του λιθίου, που πωλείται για ηλεκτρικά οχήματα (Mayyas et al., 2019). Ο πίνακας που ακολουθεί (πίνακας 1) συγκεντρώνει τα βασικά συστατικά στοιχεία των Li-on, καθώς και τον ρόλο τους για τη λειτουργία των μπαταριών.

Πίνακας 1: Στοιχεία μπαταρίας λιθίου, πηγή: (Mayyas et al., 2019)

ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΡΟΛΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
Co (Κοβάλτιο)	Κάθοδος	Ενισχύει τη δομική σταθερότητα. Προσπάθειες για μείωση του κοβαλτίου.
Ni (Νικέλιο)	Κάθοδος	Αυξάνει την ενεργειακή χωρητικότητα και τη διάρκεια ζωής.
Mn (Μαγγάνιο)	Κάθοδος	Παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια (υψηλότερη θερμική θερμοκρασία διαφυγής) αλλά μειώνει τη διάρκεια ζωής.
Li (Λίθιο)	Κάθοδος & ηλεκτρολύτης	Έχει το χαμηλότερο δυναμικό μείωσης οποιουδήποτε στοιχείου και είναι το τρίτο ελαφρύτερο καθιστώντας το σχεδόν ιδανικό για εφαρμογές μπαταρίας. Δεν προβλέπεται μελλοντικά να αντικατασταθεί στις μπαταρίες.
Cu (Χαλκός)	Τρέχων συλλέκτης	Το φύλλο χαλκού χρησιμοποιείται ως ο τρέχων συλλέκτης των ανόδων.
C (Ανθρακας)	Άνοδος	Άφθονο με χαμηλό κόστος & υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
Al (Αργίλιο)	Κάθοδος & τρέχων συλλέκτης	Χαμηλό σε κόστος. Βελτιώνει την ειδική ενέργεια όταν ενσωματώνεται σε ενεργό υλικό καθόδου.

Όπως είναι λογικό, η σταδιακή αύξηση της παραγωγής των ηλεκτρικών οχημάτων αυξάνει αναλόγως και τη ζήτηση για τις μπαταρίες ιόντων λιθίου, δηλαδή, τα ηλεκτρικά τους τροφοδοτικά, με ό,τι αυτό συνεπάγεται και για την παγκόσμια κατανάλωση λιθίου, ως απαραίτητου δομικού συστατικού των μπαταριών. Στο παρακάτω γράφημα (εικ.5) αποτυπώνεται η ζήτηση του λιθίου για κατανάλωση και χρήση στις μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων. Ειδικότερα, συνάγεται, ότι η ποσότητα της συνολικής κατανάλωσης λιθίου και

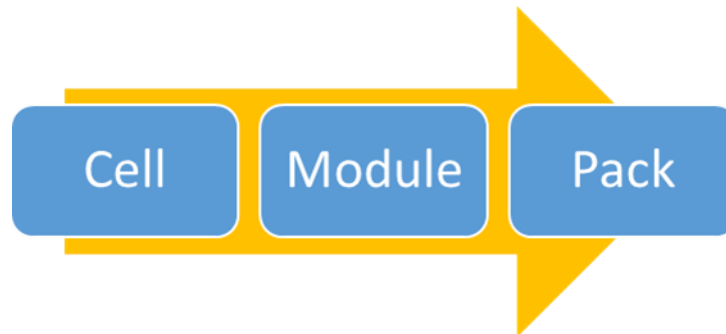
η χρήση της σε μπαταρίες παρουσιάζουν αμφότερες μια αυξητική τάση, που μεγεθύνεται με σταθερό ρυθμό. Έτσι, από το έτος 2010 μέχρι το έτος 2013, η χρήση του λιθίου παρέμενε κάτω από τους 10.000 τόνους στις μπαταρίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Ωστόσο, το 2014 ξεκίνησε η σημαντική άνοδος, ώπου το έτος 2017 η χρήση του λιθίου στις μπαταρίες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων άγγιξε τους 20.000 τόνους. Αξιοσημείωτη είναι και η πρόβλεψη, που γίνεται για την επόμενη πενταετία, όπου στην κυριολεξία αναμένει μια εκτίναξη στη χρήση του λιθίου το 2025, τόσο σε γενικότερο επίπεδο όσο και στις μπαταρίες των ηλεκτρικών αυτοκινήτων συγκεκριμένα (Choubey et al., 2017).



Εικόνα 5: Κατανάλωση λιθίου κατά την περίοδο 2010 - 2017, πηγή: (Choubey et al., 2017)

Για τη λειτουργία ενός ηλεκτρικού οχήματος, απαιτείται τεράστια ποσότητα ισχύος, χιλιάδες φορές ισχυρότερη από αυτήν ενός κινητού τηλεφώνου. Ως εκ τούτου, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προϋποθέτουν δεκάδες κελιά (cells) μπαταρίας έως και χιλιάδες. Η σύνθεση μιας μπαταρίας EV μπορεί να διαφέρει ελαφρώς ανάλογα με τους τύπους των ηλεκτρικών οχημάτων, αλλά σε γενικές γραμμές, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικ. 6), οι μπαταρίες EV αποτελούνται από κυψέλες (cells), μονάδες (modules) και μια συσκευασία (pack). Ακολουθώντας, για την ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση των αμέτρητων κυψελών μπαταρίας, που είναι τοποθετημένες σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο, τα στοιχεία εγκαθίστανται σε μορφές μονάδων και πακέτων. Με άλλα λόγια, ένα σύμπλεγμα κελιών

αποτελεί μια ενότητα και ένα σύμπλεγμα ενοτήτων αποτελεί ένα πακέτο. Τελικά, σε ένα ηλεκτρικό όχημα, εγκαθίσταται μία μορφή μπαταρίας: ένα πακέτο (Samsung SDI , 2016).



Εικόνα 6: Λειτουργία Μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν καταστεί αναπόσπαστο τμήμα της ζωής εκατομμυρίων ανθρώπων κάθε μέρα, αφού τροφοδοτούν από φορητούς υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα μέχρι ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Ενώ, όπως προαναφέρθηκε, η εν λόγω τεχνολογία αυξάνεται σε δημοτικότητα, κυρίως χάρη στο μικρό βάρος, την υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, τη δυνατότητα επαναφόρτισης και τη μακρά διάρκεια ζωής (Bini et al., 2015).

Όσον αφορά στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, η τεχνολογία των μπαταριών συνίσταται ως εξής: τα κύρια μέρη της μπαταρίας είναι η άνοδος, η κάθοδος, ο διαχωριστής, ο ηλεκτρολύτης και δύο τρέχοντες συλλέκτες (ένας θετικός και ένας αρνητικός). Η άνοδος και η κάθοδος αποθηκεύουν το λίθιο, ενώ ο ηλεκτρολύτης είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά θετικών φορτισμένων ιόντων λιθίου από την άνοδο στην κάθοδο και αντίστροφα, μέσω του διαχωριστή (Xiong et al., 2018). Η κίνηση των ιόντων λιθίου δημιουργεί ελεύθερα ηλεκτρόνια στην άνοδο, που με τη σειρά της δημιουργεί ένα φορτίο στον συλλέκτη θετικού ρεύματος. Ακολούθως, το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει από τον τρέχοντα συλλέκτη, μέσω μιας συσκευής, που τροφοδοτείται στον αρνητικό συλλέκτη ρεύματος και ο διαχωριστής εμποδίζει τη ροή ηλεκτρονίων μέσα στην μπαταρία. Καθώς η μπαταρία αποφορτίζει και παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα, η άνοδος απελευθερώνει ιόντα λιθίου στην κάθοδο, δημιουργώντας μια ροή ηλεκτρονίων από τη μία πλευρά στην άλλη. Αντίστοιχα, όταν η συσκευή είναι συνδεδεμένη, συμβαίνει το αντίθετο. Δηλαδή, πραγματοποιείται απελευθέρωση των ιόντων λιθίου και πρόσληψή τους από την άνοδο (Yoshino, 2014). Οι δύο πιο κοινές έννοιες που σχετίζονται με τις μπαταρίες είναι η πυκνότητα ενέργειας και η πυκνότητα ισχύος. Η πρώτη μετράται σε Watt-hour ανά χιλιόγραμμα (Wh / Kg) και αποτελεί το ενεργειακό μέγεθος που δύναται να αποθηκεύσει μια μπαταρία σε σχέση με τη

μάζα της. Ενώ, η πυκνότητα ισχύος μετράται σε Watt ανά χιλιόγραμμα (W / Kg) και είναι το ποσό ισχύος που μπορεί να παραχθεί από την μπαταρία σε σχέση με τη μάζα της (EERE , 2017).

Για να γίνει αντιληπτό το μέγεθος της κατανάλωσης ετήσιας ενέργειας που χρειάζεται ένα ηλεκτρικό όχημα για να φορτιστεί, αρκεί να συγκριθεί το μέγεθος αυτό με το μέγεθος της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης ενός μέσου σπιτιού. Το ηλεκτρικό όχημα καταναλώνει 2000KWh/έτος και το σπίτι 3100KWh/έτος (EDF, 2020). Επιπλέον, σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για λογαριασμό του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου το 2016 σχετικά με τη φόρτιση και τις επιπτώσεις, που αυτή μπορεί να επιφέρει στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, σε περίπτωση που μέχρι το 2050 τα ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα αποτελούν μερίδιο της τάξεως του 80% της συνολικής αγοράς των αυτοκινήτων, η ΕΕ θα σημειώσει αυξημένη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια κατά 10 ποσοστιαίες μονάδες. Το μεγαλύτερο ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας, βέβαια, θα εξακολουθούσε να αφορά στον βιομηχανικό κλάδο και στα ιδιωτικά νοικοκυριά. Παρόλα αυτά, ταυτόχρονα με την υποδομή φόρτισης, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη μέριμνα στην εξέλιξη του ηλεκτρικού δικτύου, καθώς όλο και περισσότερα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα εντάσσονται στην κυκλοφορία διευρύνοντας τις ανάγκες. Με την αλλαγή του ενεργειακού μείγματος και την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας να συνιστούν τη μεγαλύτερη πρόκληση για την Ευρωπαϊκή Ένωση (EEA, 2018a).

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-ion) είναι το ισχύον πρότυπο για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, αλλά χαρακτηρίζονται από σύντομους κύκλους ζωής και παρουσιάζουν ιστορικό υπερθέρμανσης. Πρόσφατες έρευνες κατέδειξαν, ότι η επιστημονική κοινότητα προσανατολίζεται στη χρήση διαφορετικών μπαταριών με βασικό στοιχείο το λίθιο για τη διασφάλιση καλύτερης αντοχής στη φωτιά, ταχύτερης φόρτισης και μεγαλύτερης διάρκειας ζωής (ABI Research , 2019). Για να βελτιωθεί η ενεργειακή πυκνότητα, απαραίτητη είναι η προσθήκη πυριτίου στην μπαταρία ιόντων λιθίου. Η τρέχουσα προσέγγιση της προσθήκης πυριτίου σε μικρά στοιχειώδη ποσοστά (<10%) θα επιτρέψει την αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας. Η ενεργειακή πυκνότητα εκφράζει την ποσότητα της ενέργειας που είναι ικανή να αποθηκευτεί ανά μονάδα βάρους ή μάζας της μπαταρίας (Μαρινόπουλος, 2011) στα 300 Wh / kg τα επόμενα 3-5 χρόνια. Έτσι, αναμένεται να αυξάνεται συνεχώς το πυρίτιο στις μπαταρίες, ώστε δυνητικά να επιτευχθεί ενεργειακή πυκνότητα έως και 400 Wh / kg μέχρι

το 2025. Τα περισσότερα οχήματα που χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία ενδέχεται να έχουν ισχύ φόρτισης συν 300 kW.

Ωστόσο, ανακαλύφθηκε μια πρωτοποριακή νανοτεχνολογία που έχει σχεδιαστεί για να φέρει «επαναστατικές βελτιώσεις» στην ισχύ της μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος, στην ενέργεια, στη διάρκεια ζωής και στον χρόνο φόρτισης. Επί του παρόντος, ένας από τους σημαντικότερους περιορισμούς της ισχύος της μπαταρίας, της ενέργειας και του κύκλου ζωής είναι ο σχεδιασμός και το υλικό που χρησιμοποιείται για το ηλεκτρόδιο (Ellingsen & Hung, 2016). Με βάση τα σημερινά δεδομένα, τα υπάρχοντα ηλεκτρόδια έχουν χαμηλή ηλεκτρική, θερμική και ιοντική αγωγιμότητα, μαζί με κακή μηχανική συμπεριφορά κατά την εκφόρτιση και επαναφόρτιση, και μπορεί επίσης να προκληθεί υποβάθμιση που οδηγεί σε θέματα ασφάλειας και κύκλου ζωής.

Ειδικότερα, ο κατακόρυφος νανοσωλήνας άνθρακα της εταιρείας NAWA (VACNT) που κατέχει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, ο οποίος αποτελεί επίσης τη βάση των υπερ- πυκνωτών επόμενης γενιάς (Ultra-Fast Carbon Electrode), συνδυάζει την υψηλότερη ιοντική αγωγιμότητα – χάρη σε μια πλήρως προσβάσιμη νανοδομή 3D – με την υψηλότερη ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα, που παρέχεται από τη διάταξη 100 δισεκατομμυρίων νανοσωλήνων ανά τετραγωνικό εκατοστό, όλων κατακόρυφα ευθυγραμμισμένων (Birch, 2021). Αυτή η νέα γεωμετρία τρισδιάστατου ηλεκτροδίου μπορεί να λύσει την πλειονότητα των περιορισμών απόδοσης που αντιμετωπίζουν οι παγκόσμιοι κατασκευαστές μπαταριών, αυξάνοντας την ισχύ της μπαταρίας, την αποθήκευση ενέργειας, τον κύκλο ζωής και μειώνοντας τον χρόνο φόρτισης σε λεπτά αντί για ώρες. Επιπλέον, με τα ηλεκτρόδια να αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 25% του συνολικού κόστους της μπαταρίας και τη σημερινή παγκόσμια αγορά μπαταριών ιόντων λιθίου άνω των 35 δις δολαρίων, η εταιρεία NAWA εκτιμά, ότι ο νέος σχεδιασμός της μπορεί να προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους.

Παράλληλα, η τεχνολογία ξηρού ηλεκτροδίου της NAWA προσφέρει επίσης σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, καθώς είναι εύκολα ανακυκλώσιμα και οικολογικά αναλώσιμα στο τέλος του μεγάλου κύκλου ζωής της. Ως αποτέλεσμα, η NAWA εκτιμά ότι με τη χρήση ενός Ultra-Fast Carbon Electrode σε μπαταρία λιθίου, το αποτύπωμα CO₂ θα μπορούσε να μειωθεί έως και 60 τοις εκατό, απλώς και μόνο επειδή απαιτείται λιγότερο ενεργό υλικό. Ενώ, αναμένεται, ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία θα εισαχθεί στην παραγωγή το 2023 (NAWA Technologies , 2019).

Αντιστοίχως, η εταιρεία QuantumScape εξετάζει δικές της καινοτομίες στη σύσταση των μπαταριών Li-ion. Μια παραδοσιακή μπαταρία έχει ένα θετικό ηλεκτρόδιο, που ονομάζεται κάθοδος, και ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο, που ονομάζεται άνοδος. Σε μια μπαταρία ιόντων λιθίου, η κάθοδος είναι οξείδιο λιθίου-μετάλλου και η άνοδος είναι γραφίτης. Ένας λεπτός, πορώδης διαχωριστής κρατά τα δύο ηλεκτρόδια μακριά για να αποτρέψει το ηλεκτρικό βραχυκύκλωμα και ο υγρός ηλεκτρολύτης κινεί τα ιόντα λιθίου. Η μπαταρία της εταιρείας QuantumScape μπορεί να χρησιμοποιήσει την πρότυπη κάθοδο μικτού μετάλλου, αλλά η εταιρεία έχει αναπτύξει ένα μοναδικό συμπαγές κεραμικό διαχωριστικό (QuantumScape, 2021). Η μπαταρία κατασκευάζεται χωρίς την άνοδο και χωρίς τον ηλεκτρολύτη, κάτι που η εταιρεία ισχυρίζεται ότι το καθιστά πιο συμπαγές, πιο ενεργειακά αποδοτικό και πιο ασφαλές στη λειτουργία. Όταν η μπαταρία της QuantumScape φορτίζεται και αποφορτίζεται, το μέταλλο λιθίου κινείται μέσω του διαχωριστή και δημιουργεί ένα λεπτό στρώμα ανόδου λιθίου- μετάλλου. Το μυστικό βρίσκεται στη χημική σύνθεση και τη διαδικασία κατασκευής του διαχωριστή, όμως η εταιρεία προς το παρόν το περιγράφει ως εμπορικό της μυστικό (Fehrenbacher, 2020).

Όσον αφορά στην εφαρμογή της καινοτομίας της μπαταρίας στα ηλεκτρικά οχήματα, η QuantumScape αναφέρει ότι ένα αυτοκίνητο που χρησιμοποιεί την εν λόγω τεχνολογία θα μπορούσε να φορτίσει έως και 80 τοις εκατό της χωρητικότητας σε μόλις 15 λεπτά σε σύγκριση με τους σημερινούς χρόνους φόρτισης, μετατρέποντας τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα σε πολύ πιο ανταγωνιστικά από τα συμβατικά. Σαφώς κρίνεται αναγκαία η κατασκευή ενός εργοστασίου για την παραγωγή των μπαταριών σε εμπορική κλίμακα και έπειτα η πραγματοποίηση πιλοτικών δοκιμών με αυτοκινητοβιομηχανίες. Άλλωστε, η πρόσφατη σύμπραξή της με τη Volkswagen, όπου δημιούργησαν μια κοινή επιχείρηση για την παραγωγή του πρώτου εργοστασίου μπαταριών αποτελεί εχέγγυο για τη διάθεση των μπαταριών στην αγορά το 2024 (Fehrenbacher, 2020).

Συμπληρωματικά, επιστήμονες στο Πανεπιστήμιο Penn State της Πενσυλβάνια έχουν αναπτύξει μια μπαταρία ιόντων λιθίου, που ισχυρίζονται ότι θα μπορεί να φορτίσει σε μόλις 10 λεπτά. Οι υπάρχουσες μπαταρίες ιόντων λιθίου υποβαθμίζονται γρήγορα όταν φορτίζονται σε θερμοκρασίες κάτω από 10°C, με αποτέλεσμα να προκαλείται μείωση της χωρητικότητας των κυψελών, καθώς και μη ασφαλείς συνθήκες μπαταρίας. Η θέρμανση σε υψηλότερες θερμοκρασίες για μεγάλα χρονικά διαστήματα προκαλεί εκτεταμένες ζημιές. Η τεχνολογία της Penn State λειτουργεί επί τη βάση μιας μπαταρίας «αυτοθερμάνσεως»,

που μπορεί να θερμανθεί γρήγορα και στη συνέχεια να ψυχθεί για να επιτρέψει τις βέλτιστες συνθήκες φόρτισης (Robinson, 2020).

Πίνακας 2: Ζήτηση βασικών μετάλλων για μπαταρίες ανά τομέα χρήσης (2017–2023), πηγή: (International Energy Agency (IEA), 2023), (Sucden Financial, 2023)

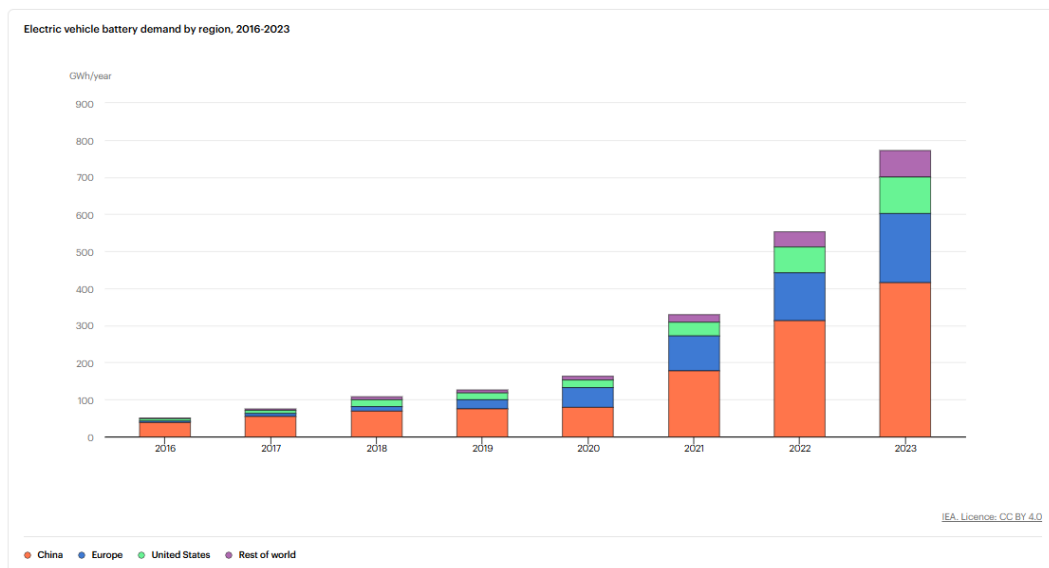
Μέταλλο	Συνολική αύξηση ζήτησης (2017–2022)	Μερίδιο ζήτησης από καθαρές τεχνολογίες (2022)	Κύριοι τομείς χρήσης (2022)
Λίθιο	+250%	56%	Ηλεκτρικά οχήματα, αποθήκευση ενέργειας,
Κοβάλτιο	+70%	40%	Μπαταρίες EVs,
Νικέλιο	+40%	16%	Μπαταρίες EVs,
Γραφίτης	+15%	27%	Άνοδοι μπαταριών,

Λίθιο: Η ζήτηση αυξήθηκε κατά 250% μεταξύ 2017 και 2022, με το 56% της συνολικής ζήτησης να προέρχεται από καθαρές τεχνολογίες, όπως ηλεκτρικά οχήματα και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

Κοβάλτιο: Παρά τις προσπάθειες μείωσης της χρήσης του λόγω περιβαλλοντικών και ηθικών ανησυχιών, η ζήτηση αυξήθηκε κατά 70%, με το 40% να αφορά μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων.

Νικέλιο: Η ζήτηση αυξήθηκε κατά 40%, με το 16% να προορίζεται για μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων.

Γραφίτης: Η ζήτηση αυξήθηκε κατά 15%, με το 27% να σχετίζεται με καθαρές τεχνολογίες, ιδιαίτερα ως υλικό για ανόδους μπαταριών.



Εικόνα 7: Ετήσια ζήτηση μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων 2016-2023, πηγή: (IEA, 2024)

- Κίνα: Διατηρεί την πρώτη θέση στην παγκόσμια ζήτηση μπαταριών EV, με σημαντική αύξηση μεταξύ 2016 και 2023. Το 2023, η ζήτηση έφτασε τις 417 GWh.
- Ευρώπη: Παρουσίασε ραγδαία ανάπτυξη, με τη ζήτηση να αυξάνεται από 5 GWh το 2016 σε 185 GWh το 2023.
- Ηνωμένες Πολιτείες: Η ζήτηση αυξήθηκε από 6 GWh το 2016 σε 99 GWh το 2023.
- Υπόλοιπος Κόσμος: Αν και με μικρότερο μερίδιο, η ζήτηση αυξήθηκε από 2 GWh το 2016 σε 71 GWh το 2023, ακολουθώντας την παγκόσμια τάση προς την ηλεκτροκίνηση.

Η συνολική παγκόσμια ζήτηση για μπαταρίες EV αυξήθηκε από 51 GWh το 2016 σε 772 GWh το 2023, υποδεικνύοντας μια εντυπωσιακή ανάπτυξη στον τομέα.

Η αύξηση της ζήτησης οφείλεται κυρίως στην αυξανόμενη υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων, με την Κίνα να ηγείται της αγοράς, ενώ η Ευρώπη και οι ΗΠΑ ακολουθούν με σημαντική ανάπτυξη.

Η ανάπτυξη αυτή έχει οδηγήσει σε αυξημένη ανάγκη για κρίσιμα μέταλλα, όπως το λίθιο, το κοβάλτιο και το νικέλιο, επηρεάζοντας τις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού και τις τιμές των πρώτων υλών (IEA, 2023)

2.5 Καινοτομίες στον τομέα της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων

Σημαντικές καινοτομίες καταγράφονται και στον τομέα της φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Προς το παρόν, οι φορτιστές είναι κυρίως εγκατεστημένοι σε σπίτια με χώρο

στάθμευσης εκτός δρόμου, ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης, σε δημόσιους δρόμους και σε εταιρείες πώλησης καυσίμων. Ωστόσο, υπάρχει μέρος του πληθυσμού που ίσως να μην έχει πρόσβαση σε αυτούς τους χώρους ή νοικοκυριά με δύο αυτοκίνητα και χώρο για έναν φορτιστή.

2.5.1 Ασύρματοι φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων

Τη λύση στο πρόβλημα έρχονται να δώσουν οι ασύρματοι φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων. Η ασύρματη φόρτιση για αυτοκίνητα λειτουργεί παρόμοια με τους ασύρματους φορτιστές τηλεφώνων, χρησιμοποιώντας τεχνολογία επαγωγικής φόρτισης (Νέγκας, 2017). Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται μέσω ενός διακένου αέρα από ένα μαγνητικό πηνίο στο φορτιστή – κρυμμένο κάτω από την επιφάνεια του δρόμου – σε ένα δεύτερο μαγνητικό πηνίο τοποθετημένο στην κάτω πλευρά ενός αυτοκινήτου. Το αυτοκίνητο θα πρέπει μόνο να σταθμεύσει σε μια θέση όπου τα πηνία είναι ευθυγραμμισμένα για να ξεκινήσει η φόρτιση. Σε αντίθεση με τα τηλέφωνα αντί να μπορεί να τοποθετηθεί μερικά χιλιοστά από τον σταθμό φόρτισης, ένα αυτοκίνητο μπορεί να τοποθετηθεί αρκετές ίντσες μακριά και να φορτίζει ακόμα.

2.5.2 Αναδύόμενοι φορτιστές

Μια ακόμη καινοτομία που θα μπορούσε να μειώσει τη συμφόρηση των δρόμων είναι οι αναδύόμενοι φορτιστές, οι οποίοι αναδύονται από το πεζοδρόμιο όταν ενεργοποιούνται εξ' αποστάσεως χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή έξυπνων κινητών. Η εταιρεία φόρτισης Urban Electric Networks, έχει αναπτύξει τις συσκευές UEone on-street, οι οποίες αποσύρονται στο έδαφος όταν δεν χρησιμοποιούνται (Urban Electric, 2021). Πράγματι, τον Νοέμβριο του 2019 εγκαταστάθηκαν στην Οξφόρδη έξι αναδύόμενοι φορτιστές, που προσφέρουν γρήγορη φόρτιση έως και επτά κιλοβάτ (kW), στο πλαίσιο μιας δοκιμής και η εταιρεία σχεδιάζει να ξεκινήσει την εμπορική παραγωγή τους το 2021. Προβλέπεται οι εγκαταστάσεις να είναι σε ομάδες και όχι μεμονωμένα σημεία φόρτισης ώστε να περιοριστεί το ποσό των οδοστρωμάτων που πρέπει να σκάβονται για να ταιριάζουν.

2.5.3 Υποδομή τηλεπικοινωνιών

Ως καινοτομία καταγράφεται και η υποδομή τηλεπικοινωνιών, που παρέχει σύνδεση μεταξύ ενός τοπικού δημόσιου τηλεφωνικού κέντρου και μεμονωμένων ιδιοτήτων που επιτρέπουν τις τηλεφωνικές κλήσεις και τις ευρυζωνικές υπηρεσίες, η οποία μπορεί να προσαρμοστεί

σε σημεία φόρτισης στον δρόμο. Το 2018, η Deutsche Telekom ανακοίνωσε σχέδια για τη μετατροπή 12.000 γραφείων σε σταθμούς φόρτισης. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι κάθε συσκευή μπορεί να τροφοδοτήσει δύο οχήματα με αρκετή ισχύ σε μία ώρα για εύρος μεταξύ 50km και 75km (Deutsche Telekom, 2021). Ακολούθως, το 2019 η εταιρεία Virgin Media και η μητρική της εταιρεία Liberty Global ανακοίνωσαν, ότι θα χρησιμοποιήσουν το δίκτυο υπόγειων αγωγών καλωδίων 170.000 χιλιομέτρων και 40.000 γραφεία για την εγκατάσταση 1.200 φορτιστών (Robinson, 2020).

2.5.4 Φόρτιση από λαμπτήρες

Στο ίδιο μήκος κύματος, μνημονεύεται και η φόρτιση από λαμπτήρες. Μόνο στην Ευρώπη υπάρχουν περίπου 90 εκατομμύρια λαμπτήρες, όμως οι περισσότεροι δεν χρησιμοποιούνται. Η ΕΕ ελπίζει να μετατρέψει 10 εκατομμύρια από αυτούς σε έξυπνες θέσεις λαμπτήρων, εξοπλισμένες με κόμβους σύνδεσης Wi-Fi, δυνατότητα έξυπνου φωτισμού, αισθητήρες ποιότητας αέρα, παρακολούθηση στάθμης νερού – και φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων. Μία από τις εταιρείες που ήδη εργάζονται στον εξοπλισμό οδικών υποδομών με φορτιστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι η Char.gy, η οποία έχει λάβει χρηματοδότηση από την κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου για την εγκατάσταση των σημείων στο Λονδίνο. Η εταιρεία αναφέρει ότι ένας τυπικός λαμπτήρας συνδέεται με τροφοδοσία 25 amp και εφόσον χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες LED, θα εξασφαλιστούν 24 amps τροφοδοσίας, που θα μπορεί να παρέχει 20 μίλια οδήγησης για κάθε ώρα φόρτισης. Ενώ, και η Siemens ηγήθηκε ενός προγράμματος για την ανάπτυξη «ηλεκτρικής λεωφόρου», στην οποία 24 λαμπτήρες σε μήκος μισού μιλίου έχουν μετατραπεί σε μονάδες φόρτισης (Robinson, 2020).

2.5.5 Δυνατότητα φόρτισης εν κινήσει με ηλεκτροφόρους δρόμους

Σε γενικές γραμμές οι περισσότερες καινοτομίες φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων προϋποθέτουν τη στάθμευση των αυτοκινήτων. Στη Σουηδία, όμως, γίνονται έρευνες για τη δυνατότητα φόρτισης εν κινήσει με ηλεκτροφόρους δρόμους. Ειδικότερα, η ομάδα eRoadArlanda, με κρατικές επιχορηγήσεις, εγκατέστησε ηλεκτρικές ράγες ενσωματωμένες στην ασφαλτο ενός οδικού δικτύου 1,25 μιλίων κοντά στη Στοκχόλμη. Η λειτουργία του βασίζεται σε έναν κινητό βραχίονα, προσαρτημένο σε ένα όχημα, για την ανίχνευση της θέσης της ηλεκτρικής ράγας στο οδόστρωμα και την αυτόματη φόρτιση, ενόσω το αυτοκίνητο κινείται πάνω από αυτό. Λειτουργεί, δηλαδή, με παρόμοιο τρόπο με τα τραμ,

που τροφοδοτούνται από εναέρια γραμμή, με τη διαφορά ότι το αυτοκίνητο τροφοδοτείται μέσω αγωγίμων τροφοδοσιών κάτω από τον δρόμο και η φόρτιση σταματά όταν το όχημα προσπερνά ή σταματά (eRoad Arlanda , 2021).

Η μπαταρία έχει γίνει μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας καθώς μια μεγάλη ποικιλία ηλεκτρικών συσκευών βασίζεται σε φορητή ενέργεια (Bini et al., 2015). Με την αύξηση της δημοτικότητας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, λόγω της προώθησής τους ως πράσινων οχημάτων, η μπαταρία ως πηγή ενέργειας έχει καταστεί σημείο αναφοράς και επίκεντρο για την επιστημονική έρευνα. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-Ion) είναι σήμερα ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος τύπος και όπως προαναφέρθηκε αναμένεται να καταλάβουν έως και το 90% της αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων μέχρι το 2025.

3. Ηλεκτροκίνηση και Περιβάλλον

3.1 Αντίκτυπος στο Περιβάλλον

Παραδόξως, το «πράσινο ηλεκτρικό αυτοκίνητο» παράγει πολλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, λόγω της προμήθειας πρώτων υλών, της κατασκευής, της χρήσης και της διαδικασίας ανακύκλωσης. Η κατασκευή μιας μπαταρίας απαιτεί πολλή ενέργεια, από την εξόρυξη πρώτων υλών έως την ενέργεια που καταναλώνεται στη γραμμή παραγωγής. Μολονότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παρουσιάζονται ως εξαιρετικά καθαρά από πλευράς ενέργειας, δεν θα πρέπει να παραγνωρίζονται οι περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις στις χώρες εξόρυξης πρώτων υλών και ιδιαίτερα τα εξής (Osmanbasic, 2021):

- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στη Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό, όπως η σκόνη, οι αναθυμιάσεις και τα λύματα που προκαλούνται από την εξόρυξη κοβαλτίου.
- Τα προβλήματα στη Λατινική Αμερική, όπως η έλλειψη νερού και οι τοξικές διαρροές από την εξόρυξη λιθίου.
- Η μόλυνση των ποταμών, που προκαλείται από την εξόρυξη νικελίου στη Ρωσία.
- Η ατμοσφαιρική ρύπανση στη βορειοανατολική Κίνα.

Σε γενικές γραμμές, οι εκπομπές οχημάτων συνίστανται σε δύο βασικές κατηγορίες, στις άμεσες και σε αυτές που προέρχονται από τον κύκλο ζωής τους. Οι πρώτες διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα απευθείας μέσα από τους σωλήνες εξαγωγής, μέσω εξατμίσεων εκ του συστήματος καυσίμων ή κατά τη διαδικασία τροφοδοσίας και εμπεριέχουν επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία σωματίδια και ρύπους που σχηματίζουν νέφος (οξείδιο του αζώτου NOX) και αέρια θερμοκηπίου, με κυριότερο το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Εφόσον, λοιπόν, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα επιτυγχάνουν μηδενική παραγωγή άμεσων εκπομπών, θεωρούνται φιλικότερα προς το περιβάλλον, προασπίζοντας την κλιματική ουδετερότητα και συμβάλλοντας στη μείωση της αιθαλομίχλης, βελτιώνοντας ουσιαστικά την ποιότητα του αέρα, κυρίως στις αστικές περιοχές. Αντίστοιχα, τα plug-in υβριδικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα, που πέραν του ηλεκτρικού τους κινητήρα διαθέτουν και έναν βενζινοκινητήρα δημιουργούν τόσο εκπομπές εξάτμισης, όσο και εξαγωγής κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους με βενζίνη. Παρόλα αυτά, ακόμη και τότε ευνοούν την παραγωγή μειωμένων εκπομπών σωλήνων εξαγωγής και γι' αυτόν τον λόγο καθίστανται αποτελεσματικότερα των συμβατικών αυτοκινήτων.

Από την άλλη, ο κύκλος ζωής συνδέεται με τις εκπομπές που απορρέουν από τη διαδικασία παραγωγής, επεξεργασίας, διανομής, χρήσης και ανακύκλωσης / διάθεσης καυσίμων και οχημάτων. Για παράδειγμα, για ένα συμβατικό βενζινοκίνητο όχημα, οι εκπομπές παράγονται όταν το πετρέλαιο εξάγεται από το έδαφος, εξευγενίζεται σε βενζίνη, διανέμεται σε σταθμούς και καίγεται σε οχήματα. Ενώ, ομοίως με τις άμεσες, έτσι και οι προερχόμενες από τον κύκλο ζωής εκπομπές σχετίζονται με συγκεκριμένες κατηγορίες από νοσογόνους ρύπους και αέρια του θερμοκηπίου. Σημειώνεται, ότι όλα τα είδη των οχημάτων καταγράφουν σημαντικές ποσότητες εκπομπών κύκλου ζωής αν και η διαδικασία υπολογισμού παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες. Όμως, επειδή παρατηρείται μικρότερος αριθμός εκπομπών κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας απ' ότι κατά την καύση πετρελαίου ή βενζίνης, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα εκπέμπουν λιγότερο και κατά τον κύκλο ζωής τους (EERE, 2020).

Ενδεικτική είναι η σχετική έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος, που εξετάζει τα τρέχοντα στοιχεία σχετικά με τις επιπτώσεις των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην αλλαγή του κλίματος, την ποιότητα του αέρα, τον θόρυβο και τα οικοσυστήματα, σε σύγκριση με τα συμβατικά αυτοκίνητα (EEA, 2016). Διαφαίνεται, λοιπόν, ότι μέσα στον κύκλο ζωής του, ένα τυπικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο στην Ευρώπη παράγει λιγότερα αέρια θερμοκηπίου και ατμοσφαιρικούς ρύπους σε σύγκριση με το αντίστοιχο αυτοκίνητο βενζίνης ή ντίζελ. Οι εκπομπές είναι συνήθως υψηλότερες στη φάση παραγωγής ηλεκτρικών αυτοκινήτων, αλλά αντισταθμίζονται περισσότερο από τις χαμηλότερες εκπομπές κατά τη χρήση με την πάροδο του χρόνου.

Επιπλέον, καταδεικνύεται, ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής τους και επί τη βάση του τρέχοντος ενεργειακού μείγματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, παράγουν περίπου τα δύο τρίτα από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου των αυτοκινήτων με κινητήρα βενζίνης ή ντίζελ. Ενώ, κατά τη διάρκεια της κίνησής τους εκπέμπουν μηδενικές ποσότητες άνθρακα, με τις τελευταίες να προκαλούνται κυρίως μέσα από τη διαδικασία παραγωγής της χρησιμοποιούμενης ενέργειας, όπως επί παραδείγματι της καύσης του λιγνίτη, δεδομένου ότι για την παραγωγή τους απαιτείται σημαντική κατανάλωση ενέργειας. Άλλωστε, το ποσό ενέργειας που δαπανάται για την κατασκευή ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο της κατασκευής ενός συμβατικού, γεγονός που οφείλεται στην κατασκευή των μπαταριών ιόντων λιθίου, ως αναπόσπαστα τμήματα των ηλεκτρικών οχημάτων. Εντούτοις, ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο

σε χρονικό διάστημα ενός έτους είναι ικανό να εξοικονομήσει από την ατμόσφαιρα 1,5 εκατομμύρια gr διοξειδίου του άνθρακα (Παρασίδης, 2020).

Αξίζει να σημειωθεί, ότι το αποτέλεσμα της σύγκρισης των δύο τύπων αυτοκινήτων, είναι λιγότερο ευνοϊκό για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα όσον αφορά στις επιπτώσεις της παραγωγής τους στα οικοσυστήματα και στην τοξικότητα των σχετικών υλικών. Επιπτώσεις που κυρίως σχετίζονται με τη διαδικασία εξόρυξης και επεξεργασίας των απαραίτητων πρώτων υλών, όπως ο χαλκός ή το νικέλιο για παράδειγμα. Αναμφίβολα, όμως, οι επιπτώσεις αυτές θα μπορούσαν να ελαχιστοποιηθούν μέσω μιας προσέγγισης κυκλικής οικονομίας, ώστε να εμπεδώνεται εν τοις πράγμασι τόσο η επαναχρησιμοποίηση όσο και η ανακύκλωση είτε των οχημάτων, είτε των τμημάτων και εξαρτημάτων τους, και ιδιαίτερα οι μπαταρίες αυτών (EEA, 2020)

Προς επίρρωση των προαναφερθέντων, μία ακόμη μελέτη, που πραγματοποιήθηκε από το πανεπιστήμιο Northwestern του Ιλινόις το 2019, ποσοτικοποίησε τις διαφορές στην ατμοσφαιρική ρύπανση που παράγεται από ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία έναντι κινητήρων εσωτερικής καύσης. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι ακόμη και όταν η ηλεκτρική ενέργεια τους παράγεται από πηγές καύσης, τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν θετικό αντίκτυπο στην ποιότητα του αέρα και την κλιματική αλλαγή.

Πιο συγκεκριμένα, για την ποσοτικοποίηση των διαφορών μεταξύ των δύο τύπων οχημάτων χρησιμοποιήθηκε ένας αλγόριθμος αναδιατύπωσης εκπομπών και προσομοιώσεις μοντέλων ποιότητας αέρα. Μέσα από αυτές τις μεθόδους εξετάστηκαν δύο κατηγορίες ρύπων που σχετίζονται με αυτοκίνητα και εκπομπές ενέργειας: το όζον και τα σωματίδια. Και οι δύο αυτοί ατμοσφαιρικοί ρύποι αποτελούν κύρια συστατικά της αιθαλομίχλης και είναι ικανοί να προκαλέσουν ποικίλα προβλήματα υγείας, όπως άσθμα, εμφύσημα και χρόνια βρογχίτιδα. Ενώ, εξαιτίας της πολυπλοκότητας των αλλαγών στη χημεία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ελήφθησαν υπ' όψη μεταβλητές, όπως τα δυνητικά ποσοστά υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων, η παραγωγή ηλεκτρικής τροφοδοσίας οχήματος, συμπεριλαμβανομένων πηγών μόνο καύσης και βελτιωμένων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά και του τρέχοντος κυρίαρχου μείγματος, γεωγραφικές τοποθεσίες, εποχές και ώρες της ημέρας.

Έτσι, διαπιστώθηκαν μειωμένα επίπεδα όζοντος σε προσομοιώσεις θερμότερων καιρικών μηνών. Με τα ανάλογα χειμερινά επίπεδα να αυξάνονται ελαφρώς, αλλά και πάλι να

διατηρούνται αισθητά χαμηλότερα σε σύγκριση με το καλοκαίρι. Όλα τα σενάρια, πάντως, καταλήγουν στο συμπέρασμα, ότι όσο περισσότερα αυτοκίνητα μεταβαίνουν σε ηλεκτρική ενέργεια, τόσο καλύτερα για τα επίπεδα του όζοντος (Schnell et al., 2019).

Αντιστοίχως, η σωματιδιακή ύλη, η οποία ονομάζεται επίσης «ομίχλη», μειώθηκε κατά πολύ τον χειμώνα. Παρόλα αυτά, παρουσίασε μεγαλύτερη διακύμανση όταν εξετάστηκαν παράγοντες, όπως η τοποθεσία ή ο τρόπος με τον οποίο παράγεται η ισχύς. Αυτό σημαίνει, ότι οι περιοχές με περισσότερη ισχύ από άνθρακα στο ενεργειακό τους μείγμα, εμφανίζουν αύξηση της ομίχλης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Απεναντίας, οι περιοχές με καθαρότερες πηγές ενέργειας σημειώνουν δραστική μείωση στην προκαλούμενη από τον άνθρωπο ομίχλη. Επομένως, οι αυξημένες απαιτήσεις ισχύος φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στο τρέχον ενεργειακό μείγμα θα μπορούσαν να προκαλέσουν ελαφρές αυξήσεις των σωματιδίων το καλοκαίρι, λόγω της εξάρτησης από την παραγωγή ενέργειας με καύση άνθρακα. Ωστόσο, εάν μεταβληθεί ο τρόπος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας και πλέον προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η ρύπανση των σωματιδίων αναμένεται να μειωθεί σημαντικά.

Περίπου το 38% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από την καύση άνθρακα. Αυτή η διαδικασία απελευθερώνει διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου στην ατμόσφαιρα, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν όξινη βροχή. Οι εκπομπές από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα περιλαμβάνουν επίσης ιπτάμενη τέφρα, αρσενικό, υδράργυρο, ακόμη και ραδιενεργό θόριο με ουράνιο. Όσο η ηλεκτρική ενέργεια για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προέρχεται από εργοστάσια παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα αυξάνουν μόνο τη δηλητηρίαση της φύσης.

Οι πυρηνικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής χρησιμοποιούν πυρηνικό καύσιμο που μπορεί να δηλητηριάσει το περιβάλλον και να σκοτώσει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς δεκάδες χιλιάδες χρόνια μετά. Σύμφωνα με μια μεγάλη μελέτη της Greenpeace, οι υπάρχουσες μέθοδοι διάθεσης τέτοιων απορριμμάτων εγγυώνται αξιόπιστη απομόνωση και όλες οι αναλυόμενες χωματερές έχουν διαρροές (Reuters, 2019).

Η εξαγωγή καδμίου, τελλουρίου, γαλλίου, γερμανίου, ινδίου, σεληνίου και, φυσικά, πυριτίου, που κανένα ηλιακό πάνελ δεν μπορεί χωρίς, προκαλεί τοξική ρύπανση του εδάφους, του αέρα και του νερού στις πιο ευάλωτες φυσικές ζώνες: σημαντικό μέρος αυτών

των υλικών παρατηρείται σε περιοχές της Ασίας, της Αφρικής και της Νότιας Αμερικής, χώρες με ένα εύθραυστο οικοσύστημα (Roche et al., 2020).

Ακόμα κι αν δεν ληφθεί υπόψη η μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, προκύπτουν πολλά ερωτήματα σχετικά με τις μπαταρίες (μπαταρίες νικελίου-καδμίου και ιόντων-λιθίου). Η εξόρυξη καδμίου και λιθίου δεν μολύνει μόνο τα υπόγεια ύδατα, αλλά οδηγεί και σε ερημοποίηση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Atacama στη Χιλή. Η περιοχή αυτής της ερήμου μεγαλώνει, και οι οάσεις εξαφανίζονται λόγω της εξόρυξης λιθίου. Κατά την εξαγωγή αυτής της ουσίας, οι εταιρείες αντλούν γιγάλιτρα νερού, που στεγνώνει το έδαφος και στερεί τροφή από τα ντόπια ζώα. Παρόμοιο σενάριο εξελίσσεται σε Βολιβία, Θιβέτ, Αυστραλία και άλλες περιοχές παραγωγής λιθίου. Άτομα που εμπλέκονται άμεσα σε αυτό το εμπόριο είναι ευαίσθητα στην ανάπτυξη πνευμονικού οιδήματος και πλευρίτιδας λόγω εισπνοής σκόνης λιθίου και αλκαλικών ενώσεων λιθίου.

Η ηλεκτροκίνηση τόνωσε την ανάπτυξη της παραγωγής λιθίου: σε δέκα χρόνια, από το 2008 έως το 2018, η παγκόσμια παραγωγή του λιθίου οκταπλασιάστηκε (Agusdinata et al., 2018).

Η συμφωνία του Παρισιού, που υπογράφηκε από πολλές χώρες, εξισώνει μια μεγάλη ποικιλία περιβαλλοντικής ρύπανσης με μετρήσιμα CO₂, που θεωρείται βασικός ένοχος του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αν και το ίδιο το CO₂ δεν είναι τοξικό και δεν δηλητηριάζει την άγρια ζωή (σε αντίθεση με το κάδμιο, τον υδράργυρο, την αιθάλη και άλλες συνέπειες της λειτουργίας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής), επιστημονικές εργασίες μελετούν το διοξείδιο του άνθρακα ως πηγή του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Αλλά ακόμη και με αυτήν την προσέγγιση, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποδεικνύονται πιο βρώμικα από τα αυτοκίνητα με κινητήρες εσωτερικής καύσης. Αυτό είναι το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγουν οι συγγραφείς μιας μελέτης που δημοσιεύτηκε από το γερμανικό επιστημονικό περιοδικό Ifo Schnelldienst στο Πανεπιστήμιο του Μονάχου. Στην εργασία τους, οι επιστήμονες συνέκριναν το αποτύπωμα άνθρακα μιας βενζινοκίνητης Mercedes-Benz και ενός ηλεκτρικού Tesla (Buchal et al., 2019). Λόγω των μεγάλων εκπομπών CO₂ από την παραγωγή μπαταριών και την εξαγωγή λιθίου, μαγγανίου και κοβαλτίου, το αποτύπωμα άνθρακα του Tesla ήταν 156-181 γραμμάρια ανά χιλιόμετρο. Το αποτύπωμα άνθρακα της Mercedes-Benz ήταν 112 γραμμάρια ανά διανυόμενο χιλιόμετρο.

Τα ευρήματα των ερευνητών υποστηρίχθηκαν από ασκούμενους της Polestar, μιας θυγατρικής εταιρείας της Volvo. Οι Σουηδοί κατασκευαστές συνέκριναν το αποτύπωμα

άνθρακα του ηλεκτρικού Polestar 2 και του βενζινοκίνητου Volvo XC40. Αποδείχθηκε ότι η παραγωγή ενός crossover με κινητήρα εσωτερικής καύσης προκαλεί την εκπομπή 14 τόνων CO₂ και η παραγωγή του ηλεκτρικού αυτοκινήτου Polestar 2, λαμβάνοντας υπόψη την μπαταρία, κοστίζει στην ατμόσφαιρα 24 τόνους CO₂. Είναι δυνατό να εξισωθούν οι επιδόσεις αυτών των αυτοκινήτων μόνο μετά από 50.000 χιλιόμετρα, αλλά ακόμα και τότε τα μοντέλα θα είναι ίσα ως προς τις εκπομπές CO₂. Ενώσεις βαναδίου, ανυδρίτες, αρσενικό και άλλες ουσίες των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής που είναι απαραίτητες για την τακτική φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος δεν λαμβάνονται υπόψη εδώ (Pogorelsky, 2020) (Sarkhanyants, 2021).

3.2 Η αξία της ανακύκλωσης

Ως εκ τούτου προκύπτει το εύλογο ερώτημα: τι θα γίνει με τους αυξανόμενους τόνους των μπαταριών αφότου αυτές έχουν εξυπηρετήσει τον σκοπό τους; Σύμφωνα με τις τρέχουσες εκτιμήσεις 11 εκατομμύρια τόνοι χρησιμοποιημένων μπαταριών Li-on θα κυκλοφορήσουν στην αγορά έως το 2025. Έτσι, για την προστασία του περιβάλλοντος από περαιτέρω ρύπανση και τη μείωση της απόθεσης επικίνδυνων τοξικών αποβλήτων, οι πόροι της μπαταρίας πρέπει να χρησιμοποιούνται με τον καλύτερο και βιωσιμότερο τρόπο (Gaines & Dunn, 2014).

Συνεπώς, ως βέλτιστη λύση προκρίνεται η διαδικασία της ανακύκλωσης. Η ανακύκλωση, βέβαια συνίσταται σε μία εξαιρετικά σύνθετη και ακριβή λύση, ωστόσο μπορεί να επιφέρει άμεσα και επιτεύξιμα αποτελέσματα σε σχέση με τους τεθέντες στόχους για την κυκλική οικονομία και τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (Scrosati et al., 2015). Είναι γεγονός, ότι η μπαταρία αποτελείται από διαφορετικά είδη: τον ηλεκτρολύτη, το διαχωριστικό, τα φύλλα και το περίβλημα, τα οποία είναι όλα κατασκευασμένα από ποικίλα υλικά. Επομένως, πρέπει πρώτα να αποσυναρμολογηθούν και έπειτα να ανακυκλωθούν, γεγονός που καθιστά αυτή τη διαδικασία αρκετά περίπλοκη, αφού στην πλειονότητά τους, τα υλικά αυτά είναι ιδιαιτέρως τοξικά, πλην όμως εξαιρετικά πολύτιμα.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την ανακύκλωση είναι συγκεκριμένα και συνίστανται ως ακολούθως (Boyden et al., 2016). Αρχικά, ο κύκλος ζωής των μπαταριών μπορεί να παραταθεί σημαντικά, αξιοποιώντας περαιτέρω τις πολύτιμες πρώτες ύλες και διασφαλίζοντας την αποτροπή απόθεσης στοιχείων που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία στον υδροφόρο ορίζοντα. Έτσι, όταν τα βασικά στοιχεία της μπαταρίας ανακυκλώνονται,

καταλήγουν στην παραγωγή νέων μπαταριών ή ακόμη και άλλων προϊόντων. Ταυτόχρονα, προωθείται και η επαναχρησιμοποίησή τους, μια και οι μπαταρίες ηλεκτρικών αυτοκινήτων που βρίσκονται σε «κακή κατάσταση» θα μπορούσαν να βρουν διαφορετικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα σε νοικοκυριά ή σε εφεδρικά αντίγραφα ενέργειας. Όταν η χωρητικότητα μιας μπαταρίας αυτοκινήτου πέσει κάτω από το 70-80 τοις εκατό, δεν είναι πλέον κατάλληλη για ένα αυτοκίνητο, ωστόσο, εξακολουθεί να είναι για πολλές άλλες εφαρμογές. Εφόσον επαναπροσδιοριστεί η χρήση τους, μπορούν να αποτελέσουν ενδεδειγμένη επιλογή, καθώς στην περίπτωση αυτή ο κύκλος ζωής τους μπορεί να επεκταθεί από τα 10 περίπου χρόνια, που εκτιμάται αυτή τη στιγμή, στα 20.

Επιπλέον, αν οι ανακτηθείσες πρώτες ύλες χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή νέων μπαταριών, εκτιμάται ότι το συγκεντρωτικό κόστος κατασκευής θα μειωθεί αισθητά. Επί του παρόντος, αυτά τα υλικά αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το μισό κόστος της μπαταρίας. Χαρακτηριστικά, οι τιμές των δύο πιο ακριβών συστατικών, δηλαδή του κοβαλτίου και του νικελίου, ανέρχονταν το 2019 σε περίπου 27.500\$ ανά μετρικό τόνο και 12.600\$ ανά μετρικό τόνο αντίστοιχα (Jacoby, 2019). Εάν αυτά τα μέταλλα μπορούν να ανακτηθούν από χρησιμοποιημένες μπαταρίες σε ευρεία κλίμακα και με πιο οικονομικούς όρους από την εξόρυξη του φυσικού μεταλλεύματος, η τιμή των μπαταριών και των ηλεκτρικών οχημάτων θα μειωθεί ακόλουθα.

Έπειτα, τίθεται το ζήτημα της εξοικονόμησης ενέργειας και του περιορισμού της σπατάλης πολύτιμων πρώτων υλών, με την ανακύκλωση να συνεισφέρει με απόλυτους όρους και στα δύο (Gaines & Dunn, 2014). Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχοντας θέσει ένα ξεκάθαρο πλαίσιο για τα ανώτατα επιτρεπτά όρια των βαρέων μετάλλων στην ατμόσφαιρα, τον υδροφόρο ορίζοντα και το έδαφος νομοθετεί πλέον για τη λειτουργία συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης σε όλα τα κράτη μέλη. Έτσι, μέσω ποικίλων βιομηχανικών μεθόδων πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των δομικών στοιχείων της μπαταρίας, ώστε να κατασκευαστούν νέα προϊόντα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, υπολογίζεται, ότι εξοικονομείται ένα σεβαστό μέγεθος ενέργειας σε ηλεκτρικό και αέριο, αφού κατά τη διαδικασία εξόρυξης, αλλά και επεξεργασίας των νέων πρώτων υλών απαιτείται υψηλή ενεργειακή κατανάλωση.

Αντίστοιχα, η συνεισφορά για τη συνολική μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος και την προστασία του περιβάλλοντος είναι καταλυτική. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται με αλματώδεις ρυθμούς, τα επιτεύγματά της είναι απόλυτα συνυφασμένα με τις αυξημένες πρώτες ύλες, οπότε και η βιοσυσσώρευση βαίνει κλιμακούμενη (Boyden et al., 2016). Ως

εκ τούτου, η ανακύκλωση των μπαταριών συρρικνώνει και την απόθεση επικίνδυνων λυμάτων και ειδικότερα των διαβρωτικών οξέων τους σε χώρους υγειονομικής ταφής και χωματερές, διασφαλίζοντας την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας με αποτελεσματικό τρόπο.

Τέλος, η ανακύκλωση παρουσιάζει και σημαντικό κοινωνικό όφελος, μειώνοντας αισθητά τον συνολικό όγκο των απορριμμάτων. Πράγματι, η φέρουσα ικανότητα των χώρων υγειονομικής ταφής ιδιαίτερα των μεγάλων αστικών κέντρων παρουσιάζεται κορεσμένη και πολλές φορές κατά παράβαση της σχετικής νομοθεσίας παρατείνεται η διάρκεια λειτουργίας τους. Η ανακύκλωση των μπαταριών και των υλικών τους, λοιπόν, συμβάλει στην αποφόρτιση των χωματερών και στη διατήρηση της αστικής καθαριότητας. Παράλληλα, συμβάλει και στη μείωση του ποσοστού των ατυχημάτων που συμβαίνουν εντός των χώρων ταφής, αφού οι διαβρωμένες μπαταρίες είναι εξαιρετικά εύφλεκτες και μπορούν να μετατραπούν σε εκρηκτική ύλη αν εκτεθούν στις θερινές καιρικές συνθήκες ήλιου και υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Βάσει των αποτελεσμάτων μελέτης που πραγματοποίησε ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, μέχρι το 2030 προβλέπεται κατακόρυφη αύξηση των ηλεκτρικών οχημάτων παγκοσμίως, από 3 περίπου εκατομμύρια σε 23 (IEA, 2020). Από την άλλη πλευρά, οι μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων για να παραχθούν, καταναλώνουν αρκετά μεγάλες ποσότητες πλαστικών, μετάλλων και ορυκτών. Επομένως, με δεδομένη την αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων προσδοκάται αύξηση κατά 800% στη ζήτηση νικελίου και μαγγανίου, και κατά 150% στη ζήτηση κοβαλτίου για την παραγωγή νέων επαναφορτιζόμενων μπαταριών (Gourley et al., 2020). Ενώ, αντίστοιχα εκτιμάται αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου κατά 500%, λόγω της εξόρυξης των απαιτούμενων ορυκτών πρώτων υλών. Οπότε γίνεται αντιληπτός ο βαθμός σημασίας της χρήσης ανακυκλωμένων υλικών, αφού αυτά μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ της παραγωγής έως και 90%.

Μεταξύ άλλων οργανισμών, η Βρετανική Βασιλική Εταιρεία Χημείας (RSC) και το Κέντρο Γεωλογικών Ερευνών των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (USGS) παρακολουθούν τα παγκόσμια αποθέματα και την παραγωγή μεταλλευμάτων, βοηθώντας τους κατασκευαστές, τους αναλυτές και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να κατανοήσουν τον εφοδιασμό και τους κινδύνους που σχετίζονται με την παραγωγή πρώτων υλών (Mayyas et al., 2019). Η εξόρυξη πρώτων υλών για Li-on εστιάζεται σε περιορισμένα γεωγραφικά όρια, αφού μόλις 32 χώρες εκπροσωπούν το σύνολο της παγκόσμιας παραγωγής λιθίου. Παραπάνω όμως από

το 50% της ετήσιας παραγωγής εξάγεται στη Χιλή, με το 50% των αποθεμάτων κοβαλτίου να τοποθετείται στη Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό και το 80% του γραφίτη στην Κίνα, τη Βραζιλία και την Τουρκία, ενώ 75% των αποθεμάτων μαγγανίου μοιράζεται μεταξύ Αυστραλίας, Βραζιλίας, Νοτίου Αφρικής και Ουκρανίας (UNCTAD, 2020).

Κατά συνέπεια, η περιορισμένη διαθεσιμότητα και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης σημαίνουν, ότι η ανακύκλωση αυτών των σπάνιων στοιχείων είναι το κλειδί για τον δραστικό περιορισμό των περιβαλλοντικών συνεπειών που απορρέουν από τη χρήση μπαταριών, καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής. Η ανακύκλωση των μπαταριών περιλαμβάνει μία σειρά διαδικασιών, όπως την επεξεργασία των συσσωρευτών, τον διαχωρισμό των υλικών, καθώς και κατάλληλες μεθόδους, μέσω των οποίων πραγματοποιείται ανάκτηση των υλικών. Σκοπός, δε, της ανάκτησης των υλικών αυτών είναι να επαναχρησιμοποιηθούν μελλοντικά, είτε για να παραχθούν νέες μπαταρίες, είτε για να παραχθούν διάφορα είδη βιομηχανικών προϊόντων. Αναφορικά με την επεξεργασία των μπαταριών Li-ion, το μεγαλύτερο ποσοστό ανάκτησης επιτυγχάνεται μέσω εκχύλισης με οργανικά οξέα. Ειδικότερα, με τη χρήση τρυγικού οξέος η ανάκτηση μαγγανίου αγγίζει ποσοστό της τάξεως του 99,31%, η ανάκτηση λιθίου 98,64%, το νικέλιο ανέρχεται στο 99,31%, ενώ η ανάκτηση του κοβάλτιου αγγίζει το 98,64% (Mayyas et al., 2019).

Ωστόσο, επειδή οι μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι εξαιρετικά περίπλοκα προϊόντα, ειδικής μεταχείρισης, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι ανακύκλωσής τους (Huang et al., 2018). Σε γενικές γραμμές, πάντως, καταγράφονται τρεις βασικοί τύποι διεργασιών: η πυρομεταλλουργία (τήξη), η υδρομεταλλουργία (έκπλυση) και η άμεση ανακύκλωση (φυσικές διεργασίες). Τα τμήματα των διεργασιών μπορούν να συνδυαστούν με διαφορετικούς τρόπους και επηρεάζονται από παράγοντες, όπως η ποσότητα και τα χαρακτηριστικά του διαθέσιμου υλικού ή η ποσότητα και η αξία των υλικών που μπορούν να ανακτηθούν.

Όσον αφορά στην πυρομεταλλουργία, χρησιμοποιείται υψηλή θερμοκρασία για τη διευκόλυνση των αντιδράσεων μείωσης και της οξείδωσης, στις οποίες μέταλλα, όπως το κοβάλτιο ή το νικέλιο, ανακτώνται σε ένα μεικτό μεταλλικό κράμα (Mishra, 2001). Τα μέταλλα αυτά στη συνέχεια μπορούν να διαχωριστούν με υδρομεταλλουργία και να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή νέου υλικού καθόδου. Άλλα υλικά, όπως το αλουμίνιο – το υλικό ανόδου και ηλεκτρολύτη – οξειδώνονται σε χυτήριο. Τα οξείδια αργιλίου και λιθίου καταλήγουν στη σκωρία και γενικά δεν ανακτώνται. Αντιστοίχως, στην

υδρομεταλλουργία χρησιμοποιούνται οξέα για να διαλυθούν τα ιόντα από ένα στερεό και στη συνέχεια μπορούν να ανακτηθούν με καθίζηση ή εκχύλιση με διαλύτη, αντιδρώντας με άλλα ανακτημένα υλικά για την παραγωγή νέου υλικού καθόδου (Free & Moats, 2014). Ενώ, σημειώνεται, ότι έχουν προταθεί και άλλες τεχνικές όπως ο διαχωρισμός με μεμβράνη. Τέλος, η άμεση ανακύκλωση διαχωρίζει τα διαφορετικά συστατικά της μαύρης μάζας (μαύρη σκόνη που προκύπτει από τεμαχισμό των κυττάρων) με φυσικές διεργασίες, όπως ο διαχωρισμός με βαρύτητα, από τις οποίες ανακτώνται διαχωρισμένα υλικά, χωρίς να προκαλούνται χημικές αλλαγές. Επίσης, ευνοείται η ανάκτηση του υλικού καθόδου που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί με ελάχιστη επεξεργασία (Lien, 2018).

Το υλικό καθόδου είναι το υλικό που κοστίζει περισσότερο στην μπαταρία, επομένως υπάρχει ισχυρό οικονομικό κίνητρο για την ανάκτησή του. Με άλλα λόγια, η ανάκτηση του υλικού καθόδου, παρέχει περισσότερα έσοδα από την ανάκτηση των υπόλοιπων συστατικών (Dunn et al., 2015). Για παράδειγμα, η ανάκτηση του κοβάλτιου με τήξη ή έκπλυση ανακτά περίπου τα επτά δέκατα της τιμής του υλικού καθόδου. Το ανακτηθέν υλικό καθόδου πρέπει να είναι εγγυημένης ποιότητας και δεν πρέπει να είναι υποβαθμισμένο. Ενώ, από ενεργειακής άποψης και εκπομπών, η ανάκτηση του υλικού καθόδου έρχεται δεύτερη μόνο για την ανάκτηση του αλουμινίου, του μεγαλύτερου συντελεστή στην παραγωγή κυτταρικού υλικού και αερίων του θερμοκηπίου. Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μπαταριών προέρχονται σε μεγάλο βαθμό από μεταλλεύματα σουλφιδίου, η επεξεργασία των οποίων σχετίζεται με αυξημένες εκπομπές διοξειδίου του θείου (SO_2), ενός σημαντικού ρύπου που συμβάλλει στην όξινη βροχή και σε προβλήματα ποιότητας αέρα (Dunn et al., 2015).

Σημειώνεται, ότι τόσο η άμεση ανακύκλωση όσο και οι υδρομεταλλουργικές διαδικασίες ξεκινούν με την αποσυναρμολόγηση ή τον τεμαχισμό των κυττάρων. Με αυτόν τον τρόπο, επιτρέπεται η άμεση ανάκτηση των φύλλων χαλκού και αλουμινίου (ως μέταλλα), αν και θα πρέπει να διαχωρίζονται μεταξύ τους. Αντίθετα, η πυρομεταλλουργία τροφοδοτεί έναν κλίβανο με ολόκληρα κύτταρα και προσδίδει τον χαλκό σε ένα προϊόν μικτού κράματος – όπου ανακτάται με υδρομεταλλουργία – ενώ το αλουμίνιο και το λίθιο στη σκωρία (Mishra, 2001). Τα δύο τελευταία μέταλλα, θα μπορούσαν να ανακτηθούν με έκπλυση, όμως οι απαιτήσεις κόστους και ενέργειας αποκλείουν αυτό το βήμα. Η χρήση ενός φούρνου ηλεκτρικού τόξου στέλνει το μεγαλύτερο μέρος του λιθίου στη σκόνη του κλιβάνου, από την οποία μπορεί εύκολα να ανακτηθεί (Gaines, 2014).

Έτσι η κύρια διαφορά μεταξύ της άμεσης ανακύκλωσης και των υδρομεταλλουργικών διεργασιών συνίσταται στο ότι η άμεση ανακύκλωση διατηρεί τη μορφολογία του υλικού καθόδου, ενώ στη δεύτερη διεργασία χρησιμοποιείται ισχυρό οξύ για να προκληθεί διάλυση του υλικού καθόδου στα συστατικά του ιόντα, που οδηγούνται σε υδατικό (Gaines, 2014). Έπειτα από την έκπλυση με οξύ, τα διαλυμένα συστατικά μπορούν να διαχωριστούν μεταξύ τους και να επαναχρησιμοποιηθούν για την κατασκευή νέου υλικού καθόδου. Συνεπώς, το θετικό αποτέλεσμα της υδρομεταλλουργίας είναι ότι τα προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μιας ποικιλίας νέων προϊόντων.

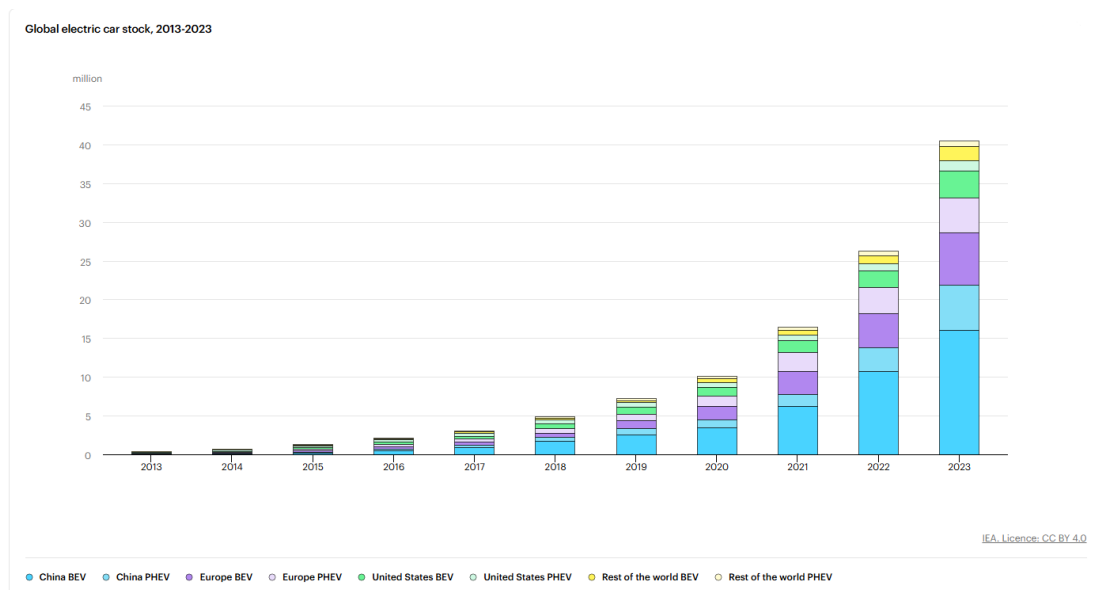
Για την ανάκτηση του υλικού ανόδου, ακόμη και του ηλεκτρολύτη, χρησιμοποιούνται διαδικασίες χαμηλής θερμοκρασίας. Και τα δύο καίγονται σε ένα χυτήριο, όπως και οι διαχωριστές. Προς το παρόν, δεν έχει προταθεί καμία διεργασία για την ανάκτηση των διαχωριστών, επειδή η αξία τους έγκειται στη μορφή τους (λεπτή πορώδης μεμβράνη), η οποία θα χαθεί κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε επεξεργασίας. Οι πολυμερείς πρώτες ύλες τους, βέβαια, θα μπορούσαν να ανακτηθούν, αλλά η αξία τους είναι χαμηλή. Γενικά, πάντως, η ανάκτηση του υλικού ανόδου μέσω απλών φυσικών διεργασιών χρησιμοποιείται ως μέρος της άμεσης ανακύκλωσης και ο διαχωρισμός της μαύρης μάζας σε κλάσματα ανόδου και καθόδου πραγματοποιείται με τη μέθοδο της επίπλευσης αφρού και του διαχωρισμού βαρύτητας με τη χρήση πυκνών υγρών (Dunn et al., 2015). Έτσι, τα υλικά ανόδου και καθόδου στην άμεση ανακύκλωση διαχωρίζονται μεταξύ τους με φυσικές διεργασίες, οι οποίες δε διαταράσσουν τη μορφολογία των σωματιδίων.

4. Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης παγκοσμίως

4.1 Στατιστικά στοιχεία ηλεκτροκίνησης παγκοσμίως (πωλήσεις, συνολικά οχήματα, μερίδια αγοράς)

4.1.1 Παγκόσμιος στόλος ηλεκτρικών οχημάτων

Η παγκόσμια αγορά ηλεκτρικών οχημάτων παρουσίασε σημαντική ανάπτυξη το 2023, με τις νέες πωλήσεις να προσεγγίζουν τα 14 εκατομμύρια και τα συνολικά οχήματα να ανέρχονται στα 40 εκατομμύρια. Σε σύγκριση με το 2022, οι πωλήσεις αυξήθηκαν κατά 35%, δηλαδή κατά 3,5 εκατομμύρια οχήματα, ενώ σε σχέση με το 2018 είναι πλέον πάνω από έξι φορές υψηλότερες. Τα ηλεκτρικά οχήματα αποτέλεσαν το 18% των συνολικών πωλήσεων καινούργιων οχημάτων, έναντι 14% το 2022 και μόλις 2% το 2018. Το 70% των ηλεκτρικών οχημάτων αποτελούνταν από αμιγώς ηλεκτρικά μοντέλα (BEVs), γεγονός που καταδεικνύει τη συνεχιζόμενη ώθηση προς την πλήρη ηλεκτροκίνηση. (IEA, 2023)



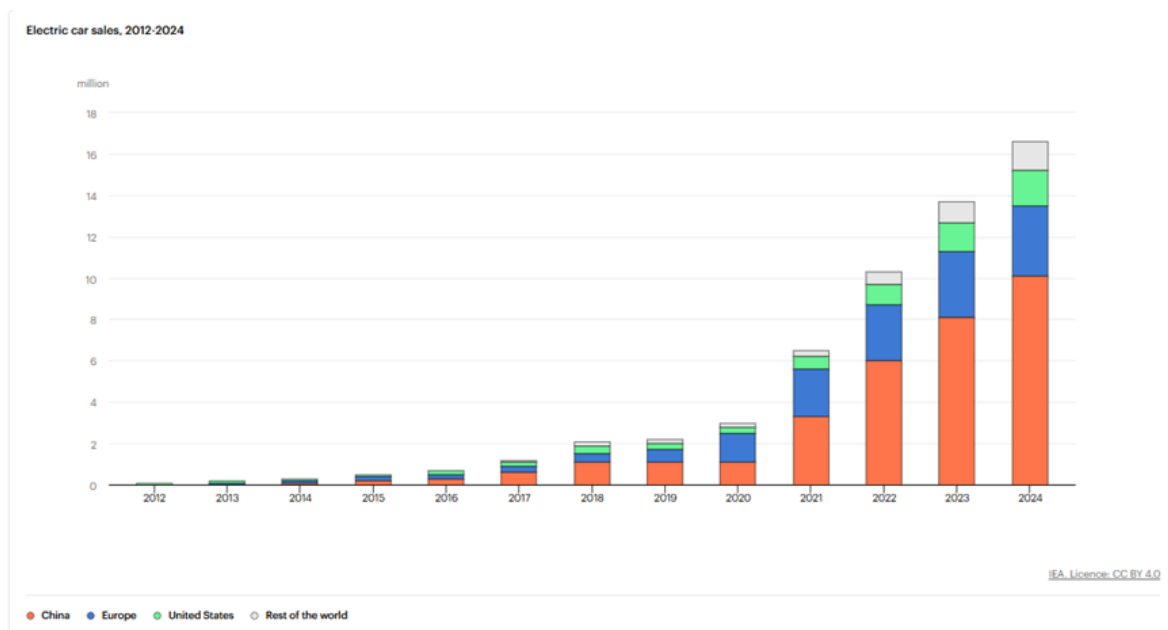
Εικόνα 8: Παγκόσμιος στόλος ηλεκτρικών αυτοκινήτων 2013-2023, πηγή: (IEA, 2024)

Παρότι η ανάπτυξη είναι εντυπωσιακή, εξακολουθεί να επικεντρώνεται γεωγραφικά σε τρεις κυρίαρχες αγορές: την Κίνα, την Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες, οι οποίες συγκέντρωσαν σχεδόν το 95% των παγκόσμιων πωλήσεων. Στην Κίνα, το 2023, περισσότερα από ένα στα τρία νέα αυτοκίνητα ήταν ηλεκτρικά, στην Ευρώπη το ποσοστό ξεπέρασε το 20%, ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες έφτασε το 10%. Η γεωγραφική αυτή συγκέντρωση αντικατοπτρίζεται και στην κατανομή του παγκόσμιου στόλου, ωστόσο οι

τρεις αυτές αγορές αντιπροσωπεύουν και τα δύο τρίτα των συνολικών πωλήσεων και αποθεμάτων αυτοκινήτων διεθνώς, κάτι που σημαίνει πως οι εξελίξεις σε αυτές διαμορφώνουν τις γενικότερες παγκόσμιες τάσεις. Πιο αναλυτικά, όπως φαίνεται στην εικόνα 8, η Κίνα κατέγραψε 8,1 εκατομμύρια νέες ταξινομήσεις ηλεκτρικών οχημάτων (αύξηση 35% σε σχέση με το 2022), οι ΗΠΑ 1,4 εκατομμύρια (πάνω από 40% αύξηση), και η Ευρώπη σχεδόν 3,2 εκατομμύρια (αύξηση περίπου 20%) (IEA, 2023).

4.1.2 Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων

Οι παγκόσμιες πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων αυξάνονται σταθερά από το 2012, με ραγδαία επιτάχυνση τα τελευταία έτη (εικ. 9). Από περίπου 130.000 πωλήσεις το 2012, ο αριθμός εκτιμάται ότι θα ξεπεράσει τα 17 εκατομμύρια το 2024, σύμφωνα με τις τελευταίες προβλέψεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας. Η ανοδική αυτή πορεία αντικατοπτρίζει τη βελτίωση της τεχνολογίας των μπαταριών, τη μείωση του κόστους, την ενίσχυση των υποδομών φόρτισης και τις πολιτικές ενίσχυσης της ηλεκτροκίνησης σε μεγάλες αγορές όπως η Κίνα, η Ευρώπη και οι Ηνωμένες Πολιτείες (IEA, 2024).

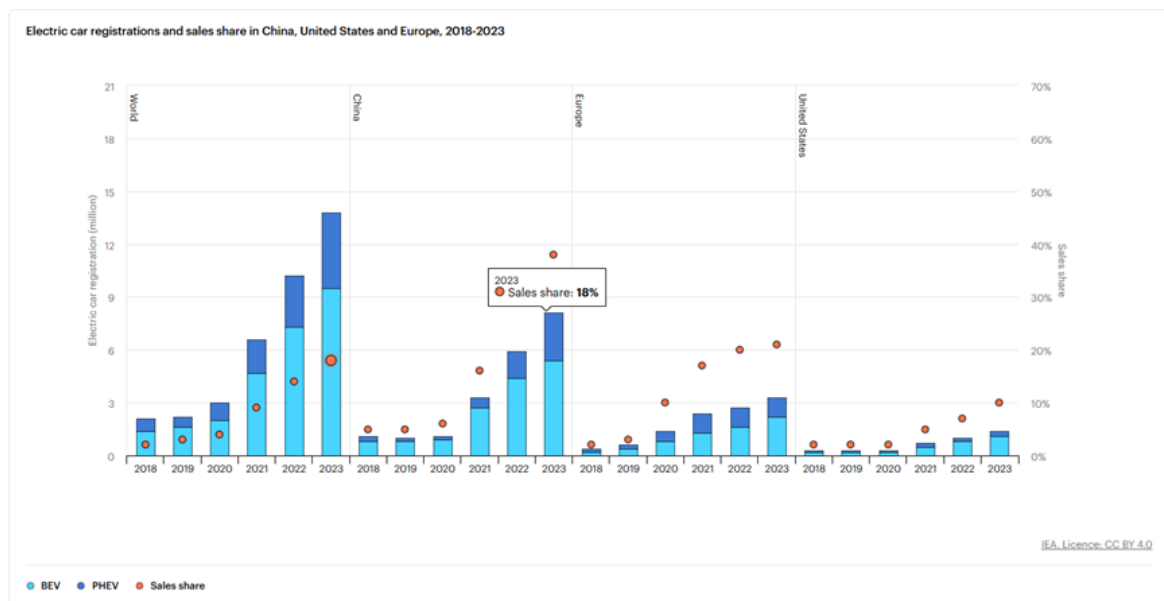


Εικόνα 9: Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων 2012-2024, πηγή: (IEA, 2024)

4.1.3 Ταξινομήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων και μερίδια αγοράς

Κατά την περίοδο 2018–2023, η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Ευρώπη παρουσίασαν σταθερά ανοδική πορεία στις ταξινομήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων και στο μερίδιο αγοράς τους σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα. Η Κίνα ηγήθηκε της παγκόσμιας

μετάβασης, με το ποσοστό συμμετοχής των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στις νέες πωλήσεις να υπερβαίνει το 30% το 2023, ενώ στην Ευρώπη ξεπέρασε το 20% και στις Ηνωμένες Πολιτείες έφτασε περίπου το 10%. Οι αριθμοί αυτοί υποδεικνύουν ότι, παρόλο που υπάρχουν διαφορές στον βαθμό υιοθέτησης, και οι τρεις περιοχές έχουν καταγράψει εντυπωσιακή πρόοδο στην ενσωμάτωση της ηλεκτροκίνησης στις τοπικές τους αγορές (IEA, 2023).



Εικόνα 10: Ταξινομήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων και μερίδια αγοράς 2018-2023, πηγή: (IEA, 2024)

4.2 Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης στην Κίνα

Η Κίνα έχει εξελιχθεί στον παγκόσμιο ηγέτη της ηλεκτροκίνησης, τόσο στην παραγωγή όσο και στη ζήτηση. Το 2023, σχεδόν το 60% των νέων εγγραφών ηλεκτρικών οχημάτων (EVs) παγκοσμίως προήλθε από την Κίνα, αριθμός που αντιστοιχεί σε πάνω από 8 εκατομμύρια οχήματα (IEA, 2024). Παράλληλα, η συνολική ζήτηση για μπαταρίες EV έφτασε τις 417 GWh, καθιστώντας την Κίνα τον μεγαλύτερο καταναλωτή και παραγωγό παγκοσμίως.

4.2.1 Σύντομη ιστορική εξέλιξη

Η ανάπτυξη της κινεζικής αυτοκινητοβιομηχανίας ξεκίνησε δυναμικά από τη δεκαετία του 1990, όταν η κυβέρνηση χαρακτήρισε τον κλάδο «πυλώνα της οικονομικής ανάπτυξης» και επέτρεψε για πρώτη φορά την ιδιωτική κατοχή αυτοκινήτου. Η στρατηγική βασίστηκε σε

κοινοπραξίες μεταξύ κρατικών κινεζικών επιχειρήσεων και ξένων αυτοκινητοβιομηχανιών, ώστε να επιταχυνθεί η μεταφορά τεχνογνωσίας (Altenburg et al., 2012).

Με την πάροδο του χρόνου, αναδύθηκαν ισχυρές εγχώριες εταιρείες όπως η BYD, η NIO και η Geely, οι οποίες άρχισαν να επενδύουν στην απλοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας και στη μείωση του κόστους.

4.2.2 Κυβερνητική στήριξη και στρατηγική

Η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση αποτέλεσε στρατηγική επιλογή της κυβέρνησης, η οποία αναγνώρισε εγκαίρως την ευκαιρία για τεχνολογικό άλμα. Από το 2001, μέσω του 10ου Πενταετούς Σχεδίου, έως και σήμερα, η κυβέρνηση έχει υποστηρίζει συστηματικά την R&D στα ηλεκτρικά οχήματα, καθιερώνοντας τη σχετική βιομηχανία ως "στρατηγική αναδυόμενη τεχνολογία" (Wu, 2010).

Το προσχέδιο για την ανάπτυξη του κλάδου (2011–2020), που συντάχθηκε από το Υπουργείο Βιομηχανίας και Τεχνολογίας Πληροφορικής, προέβλεπε παραγωγή 5 εκατ. ηλεκτρικών οχημάτων έως το 2020, με εστίαση στην ανάπτυξη εγχώριων τεχνολογιών (μπαταρίες, κινητήρες, ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου).

Πρακτικά, η πολιτική υποστήριξη περιλάμβανε:

- επιδοτήσεις αγοράς EV,
- φοροαπαλλαγές και απαλλαγή από τέλη κυκλοφορίας,
- κρατικές προμήθειες στόλων EV,
- επενδύσεις σε υποδομές φόρτισης (πάνω από 2,7 εκατομμύρια φορτιστές έως το 2023).

4.2.3 Τεχνολογία

Η Κίνα διατηρεί την ηγετική θέση στην αλυσίδα αξίας των ηλεκτρικών οχημάτων, ιδιαίτερα στον τομέα των μπαταριών ιόντων λιθίου, όπου εταιρείες όπως η CATL και η BYD κυριαρχούν. Το πλεονέκτημα ενισχύεται από την πρόσβαση της χώρας σε κρίσιμα μέταλλα όπως το λίθιο, το κοβάλτιο και το νικέλιο (IEA, 2023). Αυτό έχει συμβάλει στη μείωση του παγκόσμιου κόστους μπαταριών, επιταχύνοντας την παγκόσμια διείσδυση των EVs.

4.2.4 Περιβάλλον

Η ηλεκτροκίνηση προωθείται και ως μέσο περιορισμού της εξάρτησης από το πετρέλαιο και της αστικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ωστόσο, η επίδραση στη μείωση των εκπομπών άνθρακα παραμένει περιορισμένη, δεδομένου ότι το 60% της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα εξακολουθεί να προέρχεται από άνθρακα (Wang & Kimble, 2011).

4.2.5 Σύνοψη

Η Κίνα αποτελεί πρότυπο κρατικής στρατηγικής και βιομηχανικής ανάπτυξης στον τομέα της ηλεκτροκίνησης. Μέσω μιας συνδυασμένης προσέγγισης που περιλαμβάνει κεντρικό σχεδιασμό, τεχνολογική καινοτομία, και ισχυρή πολιτική βούληση, έχει εδραιώσει τη θέση της στην παγκόσμια αγορά. Παρότι απομένουν κάποια εμπόδια κυρίως περιβαλλοντικά και τεχνολογικά, η συμβολή της Κίνας στην παγκόσμια μετάβαση προς την καθαρή κινητικότητα είναι αναμφισβήτητη.

4.3 Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης στην Ευρώπη

Η Ευρώπη αποτελεί έναν από τους βασικούς πρωταγωνιστές στην παγκόσμια μετάβαση προς την ηλεκτροκίνηση. Το 2023, περίπου το 25% των παγκόσμιων πωλήσεων νέων ηλεκτρικών οχημάτων καταγράφηκε στην Ευρώπη, με σχεδόν 3,2 εκατομμύρια νέες εγγραφές. Παράλληλα, περισσότερο από το 20% των συνολικών νέων ταξινομήσεων επιβατικών αυτοκινήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση αφορούσαν ηλεκτρικά οχήματα, καταδεικνύοντας τη σταθερή πορεία μετάβασης της περιοχής στην καθαρή κινητικότητα (IEA, 2024).

4.3.1 Κυβερνητική στήριξη και στρατηγική

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει φιλόδοξες πολιτικές για την ηλεκτροκίνηση στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και του στόχου για κλιματική ουδετερότητα έως το 2050. Το πακέτο "Fit for 55", που εγκρίθηκε το 2021, περιλαμβάνει πρόταση για τον τερματισμό των πωλήσεων αυτοκινήτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης έως το 2035, προωθώντας τα EV ως τον βασικό τεχνολογικό άξονα της μετάβασης (European Commission, 2021).

Τα κράτη μέλη προσφέρουν οικονομικά κίνητρα, όπως:

- επιδοτήσεις αγοράς EV,
- απαλλαγές από τέλη κυκλοφορίας ή φόρους πολυτελείας,
- προνόμια στάθμευσης και κυκλοφορίας σε πόλεις με περιορισμούς.

Παράλληλα, η ΕΕ επενδύει σε υποδομές φόρτισης, μέσω προγραμμάτων όπως το CEF (Connecting Europe Facility), και επιδιώκει να διασφαλίσει ότι μέχρι το 2030 θα υπάρχουν τουλάχιστον 3 εκατομμύρια δημόσιοι φορτιστές στους ευρωπαϊκούς δρόμους (ACEA, 2023).

4.3.2 Τεχνολογία

Η Ευρώπη διαθέτει έναν ισχυρό βιομηχανικό πυλώνα στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, με εταιρείες όπως η Volkswagen, BMW, Renault και Mercedes-Benz να ηγούνται στην υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης. Οι εταιρείες επενδύουν μαζικά σε νέες πλατφόρμες EV και στην κατασκευή giga-factories για την παραγωγή μπαταριών, συχνά μέσω κοινοπραξιών με εταιρείες όπως η Northvolt, CATL και ACC.

Η Ευρωπαϊκή Συμμαχία Μπαταριών (EBA) έχει στόχο να εξασφαλίσει την αυτάρκεια της ΕΕ στην παραγωγή μπαταριών έως το 2030, ενισχύοντας τη στρατηγική αυτονομία της περιοχής σε κρίσιμα υλικά και τεχνολογίες.

4.3.3 Περιβάλλον

Η ηλεκτροκίνηση θεωρείται βασικό εργαλείο για τη μείωση των εκπομπών ρύπων στις μεταφορές, που ευθύνονται για περίπου το 25% των εκπομπών CO₂ στην Ευρώπη. Η μετάβαση αυτή όμως απαιτεί πρόσβαση σε κρίσιμα μέταλλα όπως λίθιο, κοβάλτιο και νικέλιο – υλικά που σε μεγάλο βαθμό εξαρτώνται από εισαγωγές, με την Κίνα να κυριαρχεί στην επεξεργασία αυτών των πρώτων υλών (IEA, 2023).

Προκλήσεις αποτελούν επίσης:

- η άνιση κατανομή της πρόσβασης σε φορτιστές (με διαφορές Βορρά-Νότου και Ανατολής-Δύσης),
- η υψηλότερη τιμή των EV συγκριτικά με συμβατικά οχήματα,
- και οι πιέσεις στο δίκτυο ενέργειας, ιδίως σε ώρες αιχμής.

4.3.4 Χώρες-Ηγέτες

Η Νορβηγία είναι πρωτοπόρος, με πάνω από το 80% των νέων αυτοκινήτων να είναι πλήρως ηλεκτρικά, αν και δεν ανήκει στην ΕΕ. Η Γερμανία, η Γαλλία, οι Κάτω Χώρες και η Σουηδία καταγράφουν επίσης ισχυρές επιδόσεις, με μεγάλη βιομηχανική δραστηριότητα και πολιτική στήριξη. Αντίθετα, χώρες της Ανατολικής και Νότιας Ευρώπης εμφανίζουν χαμηλότερους ρυθμούς διείσδυσης, λόγω μικρότερης αγοραστικής δύναμης και περιορισμένων υποδομών.

4.3.5 Σύνοψη

Η Ευρώπη έχει επιδείξει στρατηγική συνέπεια στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης, ενσωματώνοντας την στις κλιματικές και βιομηχανικές της πολιτικές. Η πρόκληση έγκειται πλέον στην ενίσχυση της βιομηχανικής ανταγωνιστικότητας έναντι Κίνας και ΗΠΑ, στην εξασφάλιση ενεργειακής επάρκειας και στην κοινωνικά δίκαιη μετάβαση, ώστε η ηλεκτροκίνηση να καταστεί πραγματικά βιώσιμη για όλους τους Ευρωπαίους πολίτες.

4.4 Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης στις ΗΠΑ

Οι Ηνωμένες Πολιτείες αποτελούν μία από τις τρεις μεγαλύτερες αγορές ηλεκτρικών οχημάτων (EV) παγκοσμίως. Το 2023, οι πωλήσεις ηλεκτρικών αυτοκινήτων έφτασαν τα 1,4 εκατομμύρια, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 10% των συνολικών νέων ταξινομήσεων, σημειώνοντας αύξηση άνω του 40% σε σχέση με το 2022 (IEA, 2024).

4.4.1 Κυβερνητική στήριξη και στρατηγική

Η στροφή προς την ηλεκτροκίνηση στις ΗΠΑ έχει ενισχυθεί τα τελευταία χρόνια με μεγάλες πολιτικές πρωτοβουλίες, κυρίως υπό τη διοίκηση Biden, στο πλαίσιο της Πράσινης Ατζέντας. Ο Νόμος για τη Μείωση του Πληθωρισμού (Inflation Reduction Act – IRA) του 2022 περιλαμβάνει:

- φορολογικές εκπτώσεις έως \$7.500 για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων που πληρούν κριτήρια καταγωγής και παραγωγής,
- επενδύσεις ύψους δισεκατομμυρίων δολαρίων για την ενίσχυση της εγχώριας παραγωγής μπαταριών και πρώτων υλών,
- στήριξη για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης, με στόχο 500.000 δημόσιους φορτιστές έως το 2030 (White House, 2022).

Παράλληλα, πολιτείες όπως η Καλιφόρνια, η Νέα Υόρκη, το Κολοράντο και η Μασαχουσέτη υιοθετούν ακόμη αυστηρότερα πρότυπα, με στόχο τη σταδιακή κατάργηση των πωλήσεων συμβατικών οχημάτων έως το 2035.

4.4.2 Τεχνολογία

Οι ΗΠΑ φιλοξενούν ηγέτιδες εταιρείες στον χώρο της ηλεκτροκίνησης, με κυρίαρχο παράδειγμα την Tesla, η οποία ηγείται της αγοράς EV στην Αμερική, αλλά και διεθνώς. Άλλες σημαντικές εταιρείες περιλαμβάνουν τη Ford, τη General Motors (GM) και τη Rivian, οι οποίες έχουν ανακοινώσει δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια σε επενδύσεις για την ηλεκτροκίνηση.

Η πολιτική του IRA δίνει έμφαση στην αναβίωση της βιομηχανικής παραγωγής εντός των ΗΠΑ, ενθαρρύνοντας την εγχώρια επεξεργασία κρίσιμων μετάλλων όπως το λίθιο και την κατασκευή μπαταριών. Αυτό αντανakλά την επιδίωξη των ΗΠΑ για τεχνολογική και στρατηγική ανεξαρτησία από την Κίνα.

4.4.3 Κοινωνικές και γεωγραφικές ανισότητες

Παρότι οι ΗΠΑ διαθέτουν ισχυρή τεχνολογία και χρηματοδοτική στήριξη, η υιοθέτηση των EV παρουσιάζει ανισοκατανομή:

- Η Καλιφόρνια ξεχωρίζει, καθώς το 2023 πάνω από 1 στα 4 νέα αυτοκίνητα ήταν ηλεκτρικά.
- Αντίθετα, σε πολλές νότιες ή αγροτικές πολιτείες, τα ποσοστά είναι μονοψήφια, κυρίως λόγω της έλλειψης υποδομών φόρτισης, περιορισμένων κινήτρων, αλλά και πολιτισμικών παραγόντων.

Επιπλέον, τα υψηλά κόστη αγοράς εξακολουθούν να αποτελούν φραγμό για μεγάλο μέρος του πληθυσμού, παρά τις επιδοτήσεις.

4.4.4 Περιβάλλον

Τα EV θεωρούνται βασικό εργαλείο για τη μείωση των εκπομπών CO₂. Ωστόσο, η ενεργειακή μετάβαση συνοδεύεται από προκλήσεις, καθώς μεγάλο ποσοστό του ηλεκτρικού ρεύματος εξακολουθεί να παράγεται από φυσικό αέριο και άνθρακα.

Στοχεύοντας στην ολοκληρωμένη μετάβαση, οι πολιτικές συνοδεύονται από επενδύσεις σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), αναβάθμιση του δικτύου και αποθήκευση ενέργειας.

4.4.5 Σύνοψη

Οι ΗΠΑ έχουν εισέλθει δυναμικά στον αγώνα για την παγκόσμια ηγεσία στην ηλεκτροκίνηση, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα της τεχνολογικής καινοτομίας και της βιομηχανικής ισχύος. Οι πολιτικές των τελευταίων ετών καταδεικνύουν σαφή πρόθεση επαναβιομηχάνισης και ενεργειακής αυτονομίας. Παρά τις σημαντικές προόδους, η χώρα πρέπει να αντιμετωπίσει τις ανισότητες πρόσβασης, τις περιβαλλοντικές προκλήσεις του ενεργειακού μίγματος και τη γεωπολιτική εξάρτηση από κρίσιμα μέταλλα, για να επιτύχει μια βιώσιμη και ισόρροπη μετάβαση.

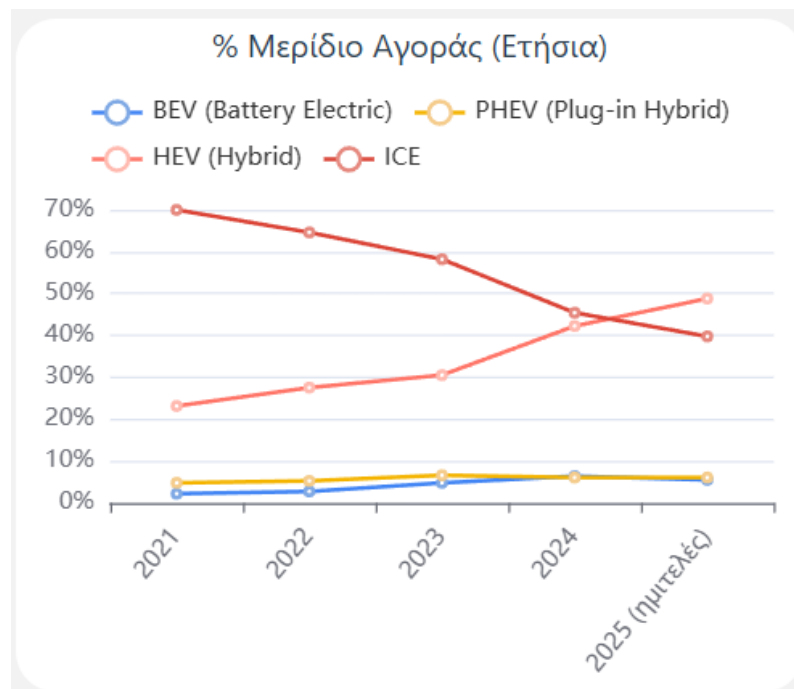
4.5 Η κατάσταση της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα

Η Ελλάδα βρίσκεται ακόμη στα πρώτα στάδια της μετάβασης προς την ηλεκτροκίνηση, παρουσιάζοντας ωστόσο σαφείς τάσεις ανάπτυξης, ιδιαίτερα μετά το 2020, όταν τέθηκαν σε εφαρμογή συγκεκριμένα χρηματοδοτικά και θεσμικά εργαλεία για την προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων.

4.5.1 Πωλήσεις

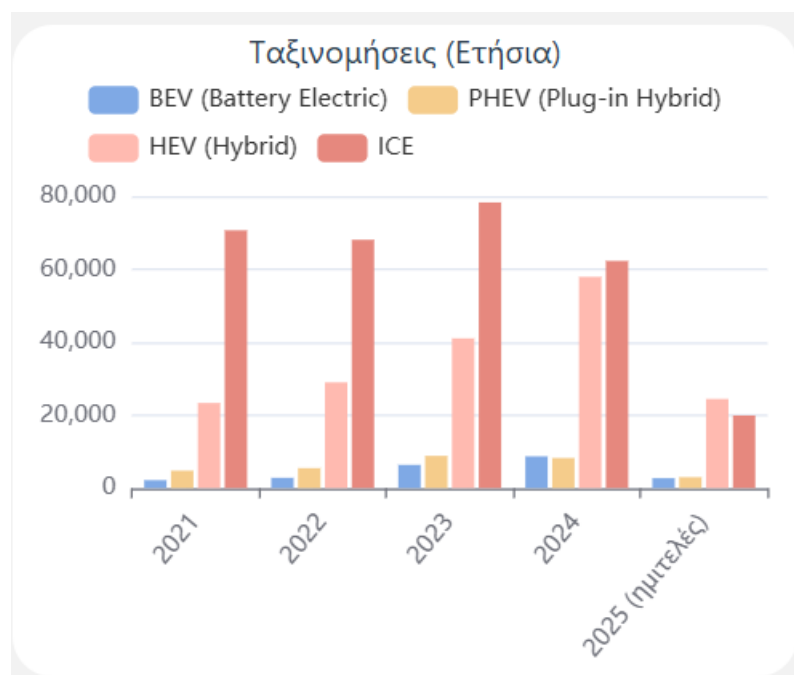
Το 2023, οι ταξινομήσεις ηλεκτρικών επιβατικών οχημάτων στην Ελλάδα ανήλθαν σε περίπου 4.600 οχήματα, αντιστοιχώντας σε μερίδιο αγοράς περίπου 4,3% επί των συνολικών νέων πωλήσεων (ΣΕΑΑ, 2024). Παρά τη βελτίωση σε σχέση με τα προηγούμενα έτη (1,3% το 2020), η χώρα εξακολουθεί να υστερεί σε σχέση με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο (άνω του 20%).

Η εικ. 11 που ακολουθεί παρουσιάζει το ποσοστιαίο μερίδιο αγοράς σε ετήσια βάση των οχημάτων στην Ελλάδα την περίοδο 2021-2025 (ημιτελές). Παρατηρούμε μία σταδιακή μείωση του ποσοστού των οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) και μία εντυπωσιακή άνοδο του ποσοστού των υβριδικών οχημάτων (HEV). Αντιθέτως, τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα (EV) και τα plug-in υβριδικά (PHEV) διατηρούν μικρό μερίδιο αγοράς κάτω του 10%.



Εικόνα 11: Ποσοστιαίο μερίδιο αγοράς όλων των οχημάτων στην Ελλάδα, πηγή: *enstats.gr*

Και στην εικ. 12 που ακολουθεί, βλέπουμε τις ετήσιες ταξινομήσεις όλων των τύπων οχημάτων στην Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε πως το έτος 2024, τα συμβατικά οχήματα ICE κατέχουν την πρώτη θέση, αλλά με πολύ μικρή διαφορά από τα υβριδικά οχήματα HEV, τα οποία έχουν διαρκή άνοδο και αυτό αποτυπώνεται στις αρχές του 2025 που κατέχουν την πρώτη θέση προς το παρόν.



Εικόνα 12: Ετήσιες ταξινομήσεις όλων των οχημάτων στην Ελλάδα, πηγή: *enstats.gr*

4.5.2 Νομοθετικό Πλαίσιο: Νόμος 4710/2020

Ο Νόμος 4710/2020 αποτελεί το θεμέλιο της εθνικής στρατηγικής για την ηλεκτροκίνηση, θεσπίζοντας:

- ❖ Φορολογικά κίνητρα: Απαλλαγή από τέλη ταξινόμησης και κυκλοφορίας για ηλεκτρικά οχήματα, καθώς και μειώσεις στον ΦΠΑ για την αγορά τους.
- ❖ Δωρεάν στάθμευση: Παροχή δωρεάν στάθμευσης σε δημοτικούς χώρους για ηλεκτρικά οχήματα.
- ❖ Περιορισμοί σε ρυπογόνα οχήματα: Επιβολή περιβαλλοντικού τέλους και απαγόρευση εισαγωγής παλαιών, ρυπογόνων μεταχειρισμένων οχημάτων.
- ❖ Υποχρεώσεις για δήμους: Κατάρτιση Σχεδίων Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΣΦΗΟ) για την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης.

4.5.3 Πρόγραμμα "Κινούμαι Ηλεκτρικά" – Γ' Κύκλος (2024–2025)

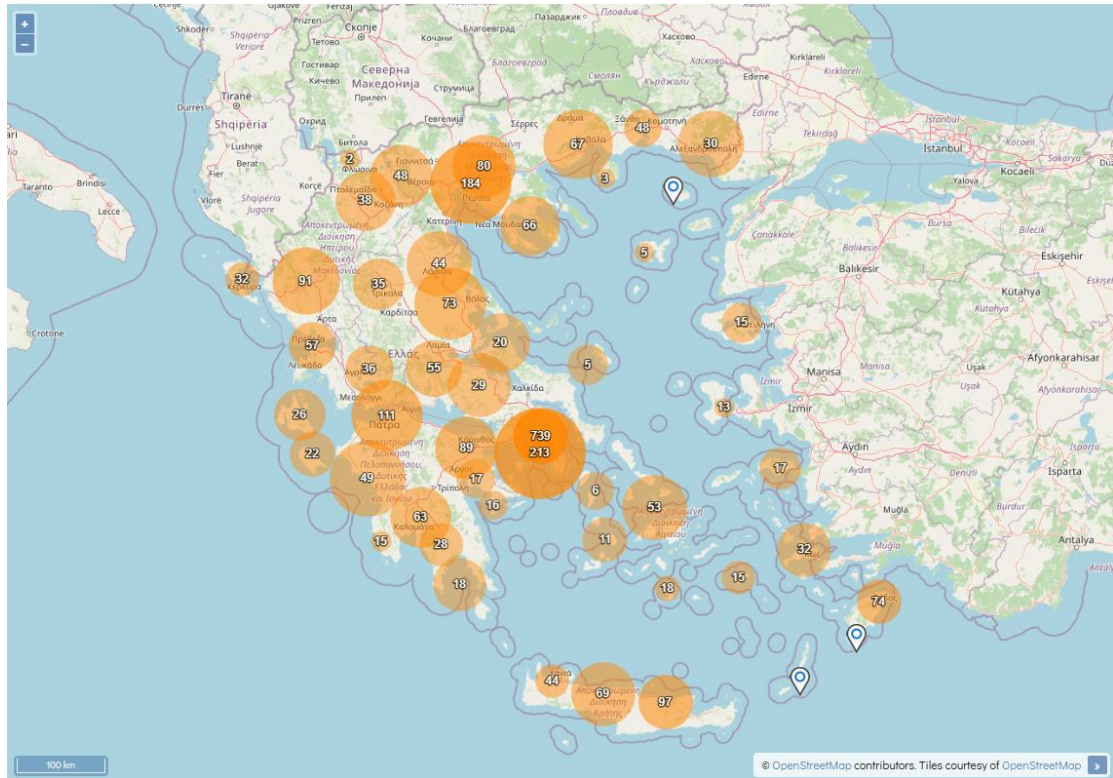
Το πρόγραμμα "Κινούμαι Ηλεκτρικά" παρέχει επιδοτήσεις για την αγορά ή χρονομίσθωση ηλεκτρικών οχημάτων (ΥΠΕΝ, 2022):

- ❖ Φυσικά πρόσωπα: Επιδότηση 30% της τιμής προ ΦΠΑ, με ανώτατο ποσό τις 9.000€. Επιπλέον επιδοτήσεις για απόσυρση παλαιού οχήματος (2.000€), αγορά έξυπνου φορτιστή (500€), ΑμεΑ, πολύτεκνους και νέους έως 29 ετών (1.000€).
- ❖ Νομικά πρόσωπα: Επιδότηση 30% (έως 6.000€) για την αγορά 1–20 οχημάτων και 20% (έως 4.000€) για περισσότερα. Επιπλέον 4.000€ για επιχειρήσεις με έδρα σε νησιά.
- ❖ Άλλες κατηγορίες: Επιδότηση 40% για επαγγελματικά ηλεκτρικά τρίκυκλα και μικροαυτοκίνητα (έως 3.000€), καθώς και για ηλεκτρικά ποδήλατα (έως 800€).

4.5.4 Υποδομές φόρτισης

Η ανάπτυξη δικτύου φόρτισης παραμένει σημαντικό εμπόδιο. Μέχρι το τέλος του 2023 υπήρχαν περίπου 2.000 δημόσια σημεία φόρτισης, εκ των οποίων μόνο ένα μικρό ποσοστό ήταν ταχυφορτιστές. Οι φορτιστές είναι άνισα κατανομημένοι, με συγκέντρωση κυρίως στην Αττική και τα αστικά κέντρα, ενώ η ηπειρωτική και νησιωτική Ελλάδα εξακολουθεί να υπολείπεται.

Ωστόσο, με βάση τον Εθνικό Οδικό Χάρτη για την Ηλεκτροκίνηση, προβλέπεται η υποχρεωτική εγκατάσταση φορτιστών σε νέα κτήρια, δημοτικούς χώρους και σταθμούς ανεφοδιασμού



Εικόνα 13: Δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης,
πηγή: electrokinisi.yme.gov.gr/public/ChargingPoints/

Στην παραπάνω εικόνα, μπορούμε να δούμε όλα τα δημόσια σημεία φόρτισης τα οποία είναι συνδεδεμένα με το Μητρώο Υποδομών και Φορέων Αγοράς Ηλεκτροκίνησης (Μ.Υ.Φ.Α.Η.). Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν 7452 σημεία φόρτισης σε 3117 τοποθεσίες.

4.5.5 Εμπόδια και προκλήσεις

Παρά τη θεσμική στήριξη, η ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα αντιμετωπίζει σοβαρές προκλήσεις, όπως:

- Υψηλό κόστος αγοράς EV, που λειτουργεί αποτρεπτικά για πολλά νοικοκυριά.
- Ελλιπές και άνισα ανεπτυγμένο δίκτυο φόρτισης, ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες περιοχές.
- Χαμηλή εξοικείωση του κοινού με τα οφέλη και τη χρήση των EV.

- Περιορισμένη παραγωγική βάση για μπαταρίες ή εξαρτήματα EV, άρα και εξάρτηση από εισαγωγές.

4.5.6 Προοπτικές και ευκαιρίες

Η ελληνική κυβέρνηση έχει θέσει στόχο 30% των νέων πωλήσεων το 2030 να είναι μηδενικών εκπομπών, στο πλαίσιο του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ). Τα επόμενα χρόνια, η Ελλάδα μπορεί να επιταχύνει τη μετάβαση εάν:

- συνεχιστεί η επιδότηση με πιο στοχευμένο τρόπο,
- ενισχυθεί το δίκτυο ταχυφορτιστών,
- αναπτυχθεί αγορά μεταχειρισμένων EV, ώστε να αυξηθεί η προσβασιμότητα.

4.5.7 Σύνοψη

Η πορεία της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα βρίσκεται σε αναπτυσσόμενη φάση, με σαφή πρόοδο αλλά και προκλήσεις. Η κρατική πολιτική έχει παίξει κομβικό ρόλο μέσω πρωτοβουλιών όπως το πρόγραμμα «Κινούμαι Ηλεκτρικά», την απαλλαγή από φόρους και τέλη ταξινόμησης, καθώς και τις επιδοτήσεις για την απόκτηση ηλεκτρικών οχημάτων και φορτιστών (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2023). Παρά τις θετικές προβλέψεις του ΕΣΕΚ που στοχεύουν σε συμμετοχή 30% των ηλεκτρικών οχημάτων στις νέες ταξινομήσεις έως το 2030, η υλοποίηση των στόχων απαιτεί ταχεία ανάπτυξη των υποδομών φόρτισης, δίκαιη γεωγραφική κάλυψη και ενίσχυση της εγχώριας παραγωγικής βάσης (IOBE, 2021). Επιπλέον, η ηλεκτροκίνηση δύναται να συμβάλει στην απανθρακοποίηση του μεταφορικού τομέα, υπό την προϋπόθεση ενίσχυσης της σύνδεσης με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), 2022). Αν και η αγορά παραμένει σχετικά μικρή σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη, το θεσμικό πλαίσιο και η οικονομική ενίσχυση από εθνικούς και ευρωπαϊκούς πόρους δημιουργούν πλέον τις κατάλληλες συνθήκες για τη μετάβαση της Ελλάδας σε ένα πιο βιώσιμο μοντέλο μεταφορών.

5. Έρευνα

5.1 Ιστορικό της Μελέτης

Η αυξανόμενη στροφή προς τα ηλεκτρικά οχήματα (EVs) είναι μια παγκόσμια τάση που καθοδηγείται από περιβαλλοντικές ανησυχίες, τεχνολογικές εξελίξεις και κυβερνητικές πολιτικές που προάγουν τη βιωσιμότητα. Τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) είναι ο κυρίαρχος τρόπος μεταφοράς για δεκαετίες. Ωστόσο, η αυξανόμενη συνειδητοποίηση της κλιματικής αλλαγής, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα έχει οδηγήσει σε μεγαλύτερο ενδιαφέρον για εναλλακτικές μεθόδους μεταφοράς, ιδιαίτερα EV και υβριδικά οχήματα.

Παρά τα οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων, η υιοθέτησή τους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η αντίληψη του κοινού, η ετοιμότητα των υποδομών, οι οικονομικές επιπτώσεις και οι προσωπικές προτιμήσεις. Η κατανόηση αυτών των παραγόντων είναι ζωτικής σημασίας για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τις επιχειρήσεις και τις περιβαλλοντικές οργανώσεις που στοχεύουν στη διευκόλυνση της μετάβασης στη βιώσιμη κινητικότητα.

Αυτή η μελέτη εξετάζει τις προοπτικές διαφορετικών δημογραφικών ομάδων σχετικά με την υιοθέτηση EV, την επάρκεια της υποδομής φόρτισης και τον οικονομικό αντίκτυπο των ηλεκτρικών οχημάτων στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων. Επιπλέον, η έρευνα διερευνά πώς οι προσωπικές απόψεις, οι περιβαλλοντικές ανησυχίες και οι οικονομικές εκτιμήσεις επηρεάζουν τις προτιμήσεις των οχημάτων.

5.2 Ερευνητικό πρόβλημα

Παρόλο που τα ηλεκτρικά οχήματα κερδίζουν έδαφος παγκοσμίως, αρκετά εμπόδια εξακολουθούν να εμποδίζουν την ευρεία υιοθέτησή τους. Τα βασικά ζητήματα περιλαμβάνουν:

- Ανεπαρκής υποδομή φόρτισης
- Υψηλό αρχικό κόστος των EV σε σύγκριση με τα οχήματα ICE
- Η δημόσια αβεβαιότητα σχετικά με τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη
- Πιθανές απώλειες θέσεων εργασίας στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων

Η κατανόηση των αντιλήψεων του κοινού για αυτές τις προκλήσεις μπορεί να προσφέρει πληροφορίες σχετικά με τη σκοπιμότητα υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων μεγάλης κλίμακας και να ενημερώσει τις πολιτικές για την επιτάχυνση της μετάβασης.

5.3 Στόχοι έρευνας

Η παρούσα μελέτη στοχεύει:

- Στην αξιολόγηση της ευαισθητοποίησης του κοινού και τη γνώση της τεχνολογίας EV.
- Στη διερεύνηση εάν η υπάρχουσα υποδομή φόρτισης θεωρείται επαρκής για μαζική υιοθέτηση EV.
- Στην εξέταση των οικονομικών επιπτώσεων της παραγωγής EV στις παραδοσιακές βιομηχανίες που βασίζονται στα καύσιμα.
- Στην εξερεύνηση των προσωπικών προτιμήσεων σχετικά με την υιοθέτηση EV.
- Στην ανάλυση της σχέσης μεταξύ δημογραφικών στοιχείων (ηλικία, φύλο, τόπος κατοικίας) και στάσεων απέναντι στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

5.4 Ερευνητικά Ερωτήματα

Με βάση τους στόχους της μελέτης διατυπώνονται τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιοι είναι οι βασικοί τεχνολογικοί τύποι και οι προκλήσεις της υποδομής φόρτισης που σχετίζονται με τη μαζική υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων;
- Ποια είναι η αντίληψη των πολιτών για τον οικονομικό και εργασιακό αντίκτυπο της μετάβασης σε ηλεκτρικά οχήματα, ιδίως σε σχέση με τις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων;
- Σε ποιο βαθμό οι πολίτες υποστηρίζουν κυβερνητικά μέτρα και κίνητρα για την προώθηση των ηλεκτρικών οχημάτων;
- Πώς αξιολογούν οι καταναλωτές τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και τα προσωπικά τους κίνητρα κατά την επιλογή μεταξύ ηλεκτρικών, υβριδικών και συμβατικών οχημάτων;

5.5 Σημασία της Μελέτης

Η παρούσα μελέτη συμβάλλει στη συνεχιζόμενη συζήτηση για την υιοθέτηση των EV παρέχοντας εμπειρικά δεδομένα σχετικά με τις αντιλήψεις του κοινού και τα πιθανά εμπόδια. Τα ευρήματα μπορεί να είναι πολύτιμα για τους παρακάτω:

- Υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής: Σχεδιάζουν πολιτικές που ενισχύουν την υποδομή και τα κίνητρα των EV.
- Αυτοκινητοβιομηχανία: Να κατανοήσουν τις προτιμήσεις των καταναλωτών και τις τάσεις της αγοράς.
- Περιβαλλοντικοί Οργανισμοί: Προώθηση λύσεων βιώσιμης κινητικότητας με βάση τις ανησυχίες του κοινού.

Επιπλέον, τα ευρήματα της μελέτης μπορούν να υποστηρίξουν μελλοντική έρευνα σχετικά με τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της υιοθέτησης EV.

6. Μεθοδολογία έρευνας

6.1 Σχεδιασμός έρευνας

Η παρούσα έρευνα χρησιμοποιεί έναν ποσοτικό ερευνητικό σχεδιασμό για να εξετάσει τον επιστημονικό εγγραμματοτισμό σχετικά με τα ηλεκτρικά οχήματα (EVs) και τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICEs). Χρησιμοποιήθηκε μια δομημένη έρευνα για τη συλλογή δεδομένων από τους συμμετέχοντες, επιτρέποντας τη στατιστική ανάλυση των γνώσεων, των αντιλήψεων και των προτιμήσεών τους.

6.2 Συλλογή δειγμάτων και δεδομένων

Η μελέτη χρησιμοποίησε μια μέθοδο τυχαίας δειγματοληψίας για να εξασφαλίσει ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα συμμετεχόντων. Συνολικά 123 άτομα συμμετείχαν στην έρευνα, παρέχοντας διαφορετικές απόψεις για τα EV και τα ICE.

6.3 Ερευνητικό Όργανο

Τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν μέσω διαδικτυακής έρευνας που διανεμήθηκε στους συμμετέχοντες. Η έρευνα περιλάμβανε μια σειρά ερωτήσεων κλειστού τύπου που αφορούσαν:

- Γενικές γνώσεις EV και ICE
- Αντιλήψεις για τις υποδομές χρέωσης και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Προθυμία για υιοθέτηση ηλεκτρικής κινητικότητας
- Δημογραφικά χαρακτηριστικά (ηλικία, φύλο και τόπος διαμονής)

Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε για να μετρήσει τον επιστημονικό εγγραμματοτισμό των συμμετεχόντων σχετικά με τις τεχνολογίες οχημάτων και τη στάση τους απέναντι στις βιώσιμες μεταφορές.

6.4 Τεχνικές Ανάλυσης Δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αναλύθηκαν με χρήση λογισμικού SPSS. Η ανάλυση περιελάμβανε:

- Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία (π.χ. συχνότητες, ποσοστά) για τη σύνοψη των απαντήσεων των συμμετεχόντων.

- Διασταυρώσεις για την εξέταση των σχέσεων μεταξύ μεταβλητών όπως οι δημογραφικοί παράγοντες και ο επιστημονικός γραμματισμός.
- Τεστ χ^2 για την αξιολόγηση της στατιστικής σημασίας στις συσχετίσεις μεταξύ κατηγορικών μεταβλητών.

Αυτές οι αναλυτικές μέθοδοι παρείχαν πληροφορίες για τα επίπεδα επιστημονικής παιδείας των συμμετεχόντων και τις απόψεις τους σχετικά με την υιοθέτηση EV.

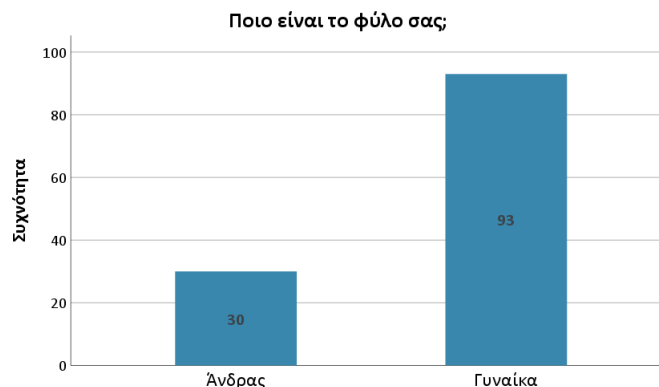
6.5 Δεοντολογικά ζητήματα

Οι δεοντολογικές οδηγίες τηρήθηκαν αυστηρά για να διασφαλιστεί η ακεραιότητα της έρευνας και η προστασία των δικαιωμάτων των συμμετεχόντων. Οι ηθικές σκέψεις περιελάμβαναν:

- Συναίνεση μετά από ενημέρωση: Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για το σκοπό της μελέτης, την εθελοντική συμμετοχή τους και το δικαίωμά τους να αποσυρθούν ανά πάσα στιγμή.
- Ανωνυμία και εμπιστευτικότητα: Δεν συλλέχθηκαν στοιχεία προσωπικής ταυτοποίησης και οι απαντήσεις διατηρήθηκαν αυστηρά εμπιστευτικές.
- Ασφάλεια δεδομένων: Οι απαντήσεις της έρευνας αποθηκεύτηκαν με ασφάλεια και χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά για ακαδημαϊκούς ερευνητικούς σκοπούς.

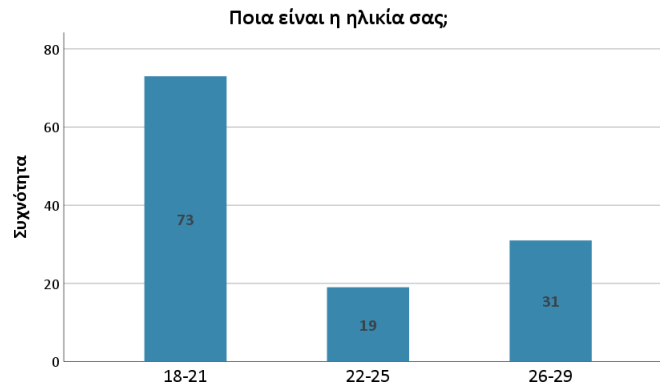
6.6 Δείγμα

Τα δημογραφικά στοιχεία του δείγματος περιλαμβάνουν έναν κυρίως γυναικείο πληθυσμό, με το 75,6% να προσδιορίζεται ως γυναίκες και το 24,4% ως άνδρες.



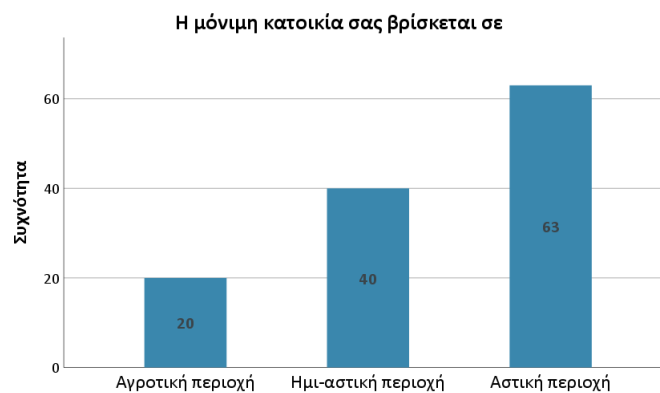
Εικόνα 14: Φύλο

Όσον αφορά την ηλικία, η πλειονότητα των ερωτηθέντων ήταν μεταξύ 18-21 ετών (59,3%), ακολουθούμενη από 25,2% στην ηλικιακή ομάδα 26-29 και 15,4% ηλικίας 22-25 ετών.



Εικόνα 15: Ηλικία

Όσον αφορά την κατοικία, οι περισσότεροι συμμετέχοντες ζούσαν σε αστικές περιοχές (51,2%), ακολουθούμενες από ημιαστικές περιοχές (32,5%) και αγροτικές περιοχές (16,3%).



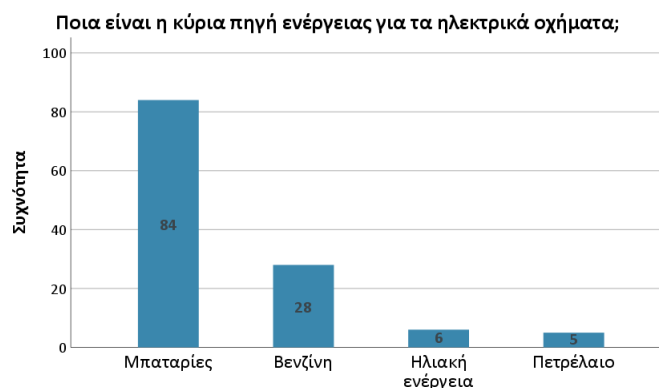
Εικόνα 16: Μόνιμη κατοικία

7. Ανάλυση δεδομένων

7.1 Γενικές γνώσεις

7.1.1 Πρωτογενής πηγή ενέργειας για ηλεκτρικά οχήματα

Όταν ρωτήθηκαν για την κύρια πηγή ενέργειας για τα EV, η πλειοψηφία των συμμετεχόντων αναγνώρισε σωστά μπαταρίες (68,3%). Ωστόσο, μια αξιοσημείωτη μερίδα των ερωτηθέντων επέλεξε λανθασμένα βενζίνη (22,8%), υποδηλώνοντας μια εσφαλμένη αντίληψη σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των ηλεκτρικών οχημάτων.

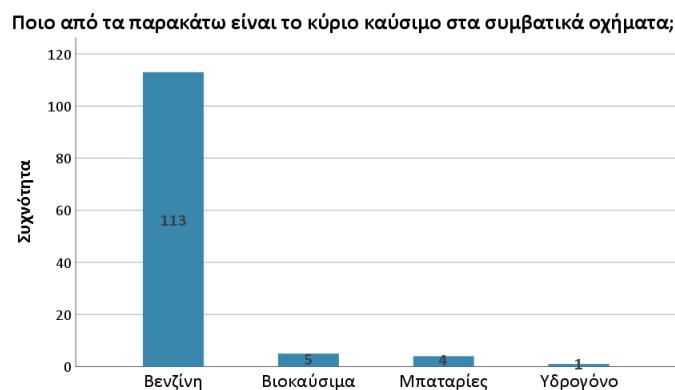


Εικόνα 17: Πρωτογενής πηγή ενέργειας για ηλεκτρικά οχήματα

Επιπλέον, ένα μικρό ποσοστό των ερωτηθέντων πίστευε ότι η ηλιακή ενέργεια (4,9%) ή πετρέλαιο (4,1%) ήταν η κύρια πηγή ενέργειας, υποδεικνύοντας κενά στη γνώση σχετικά με την αποθήκευση και τη φόρτιση της ενέργειας EV.

7.1.2 Πρωτεύον καύσιμο για συμβατικά οχήματα

Όσον αφορά το κύριο καύσιμο για οχήματα ICE, οι περισσότεροι συμμετέχοντες προσδιόρισαν σωστά βενζίνη (91,9%).



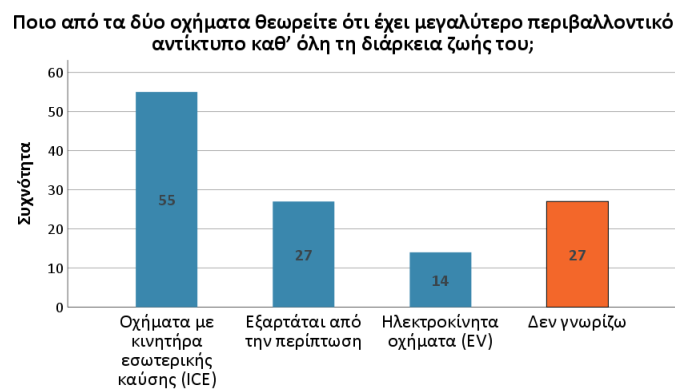
Εικόνα 18: Πρωτεύον καύσιμο για συμβατικά οχήματα

Ωστόσο, ένας μικρός αριθμός ερωτηθέντων επέλεξε βιοκαύσιμα (4,1%), μπαταρίες (3,3%) ή υδρογόνο (0,8%), γεγονός που υποδηλώνει κάποια σύγχυση σχετικά με τα εναλλακτικά καύσιμα και τις αναδυόμενες τεχνολογίες οχημάτων. Ενώ τα βιοκαύσιμα και το υδρογόνο είναι πιθανές πηγές καυσίμου, δεν είναι οι κυρίαρχες για τα συμβατικά οχήματα.

7.1.3 Αντιληπτές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των EVs έναντι των οχημάτων ICE

Οι αντιλήψεις του κοινού για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ηλεκτρικών οχημάτων (EV) σε σύγκριση με τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) ποικίλλουν σημαντικά. Ενώ τα EVs συχνά προωθούνται ως μια πιο πράσινη εναλλακτική, δεν συμμερίζονται όλοι οι ερωτηθέντες αυτήν την πεποίθηση.

Στην έρευνα, ένα σημαντικό μέρος των συμμετεχόντων (44,7%) αναγνώρισε ότι τα οχήματα ICE έχουν μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο κατά τη διάρκεια της ζωής τους, ευθυγραμμίζοντας με τη γενική κατανόηση των εκπομπών από την καύση καυσίμου. Ωστόσο, το 11,4% πίστευε ότι τα EV έχουν μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, υποδηλώνοντας ανησυχίες σχετικά με την παραγωγή μπαταριών, την προμήθεια ενέργειας ή την απόρριψη στο τέλος του κύκλου ζωής τους.



Εικόνα 19: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των EVs έναντι των οχημάτων ICE

Είναι ενδιαφέρον ότι το 22% των ερωτηθέντων δήλωσαν ότι δεν ήταν σίγουροι για το ποιος τύπος οχήματος έχει μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση, υποδεικνύοντας κενά στη γνώση ή αβεβαιότητα λόγω αντικρουόμενων πληροφοριών. Ένα άλλο 22% εξέφρασε την άποψη ότι ο αντίκτυπος «εξαρτάται από την περίπτωση», αντικατοπτρίζοντας την επίγνωση των παραγόντων που εμπλέκονται, όπως το ενεργειακό μείγμα που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των EV ή τη βιωσιμότητα των υλικών μπαταριών.

7.1.4 Βασικά εμπόδια στην υιοθέτηση EV

Παρά το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά οχήματα, αρκετές προκλήσεις εξακολουθούν να εμποδίζουν την ευρεία υιοθέτηση. Όταν ρωτήθηκαν για τα πιο σημαντικά εμπόδια, η πλειοψηφία των ερωτηθέντων (66,7%) επεσήμανε έναν συνδυασμό παραγόντων, όπως κόστος παραγωγής μπαταριών, δυσκολίες στην ανακύκλωση μπαταριών και περιορισμένη υποδομή φόρτισης. Μεταξύ αυτών των ανησυχιών, αναφέρθηκε συχνά το υψηλό κόστος παραγωγής μπαταριών (14,6%), αντανακλώντας ανησυχίες σχετικά με την οικονομική προσιτότητα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα παραδοσιακά οχήματα.



Εικόνα 20: Εμπόδια στην υιοθέτηση EV

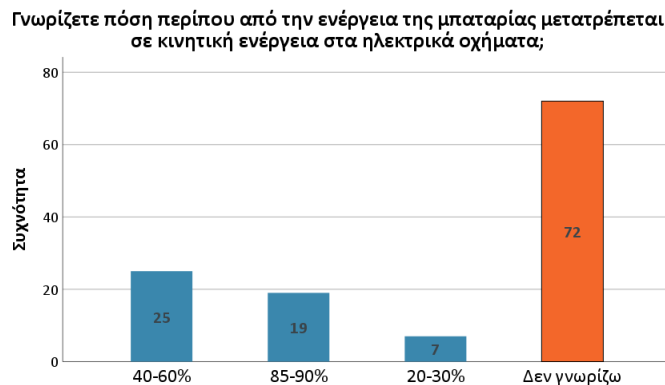
Η περιορισμένη υποδομή φόρτισης ήταν μια άλλη σημαντική ανησυχία, με το 13,8% των ερωτηθέντων να την επισήμαναν ως βασικό εμπόδιο. Αυτό ευθυγραμμίζεται με τις ευρύτερες συζητήσεις του κλάδου σχετικά με το άγχος της εμβέλειας και την ανάγκη για πιο προσιτά και αποτελεσματικά δίκτυα φόρτισης. Επιπλέον, το 4,9% των συμμετεχόντων αναγνώρισε την πολυπλοκότητα της ανακύκλωσης μπαταριών ως σημαντικό ζήτημα, δίνοντας έμφαση στις περιβαλλοντικές ανησυχίες πέρα από τις εκπομπές μόνο των οχημάτων.

Δεδομένου ότι οι έλεγχοι χ^2 δεν απέδωσαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα ακόμη και μετά την αναδιάρθρωση των κατηγοριών, υποδηλώνει ότι οι δημογραφικοί παράγοντες (ηλικία, φύλο, τύπος κατοικίας, κλπ.) ενδέχεται να μην επηρεάζουν έντονα τις αντιλήψεις για τα EV και τα σχετικά θέματα.

7.2 Ενέργεια και κατανάλωση

7.2.1 Μετατροπή ενέργειας σε ηλεκτρικά οχήματα (EV)

Όταν ρωτήθηκαν για το ποσοστό της ενέργειας από την μπαταρία που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα, μια σημαντική μερίδα των ερωτηθέντων (58,5%) δήλωσε ότι δεν γνώριζε αυτό το ποσοστό μετατροπής.

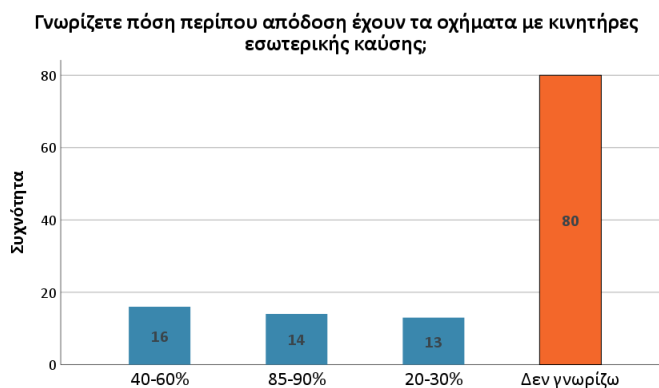


Εικόνα 21: Μετατροπή ενέργειας σε ηλεκτρικά οχήματα (EV)

Για όσους γνώριζαν, οι απαντήσεις κατανεμήθηκαν πιο ομοιόμορφα στις διάφορες επιλογές, με το 20-30% των ερωτηθέντων να εκτιμά αυτό το εύρος (5,7%), και να αναφέρουν επίσης εκτιμήσεις 40-60% (20,3%) και 85-90% (15,4%). Αυτό υποδηλώνει διαφορετικό βαθμό ευαισθητοποίησης μεταξύ των συμμετεχόντων σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των ηλεκτρικών οχημάτων, με ένα σημαντικό κενό στη γνώση.

7.2.2 Ενεργειακή απόδοση οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE).

Όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης, μεγάλος αριθμός ερωτηθέντων (65%) επίσης δεν γνώριζε πόση ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανικό έργο.

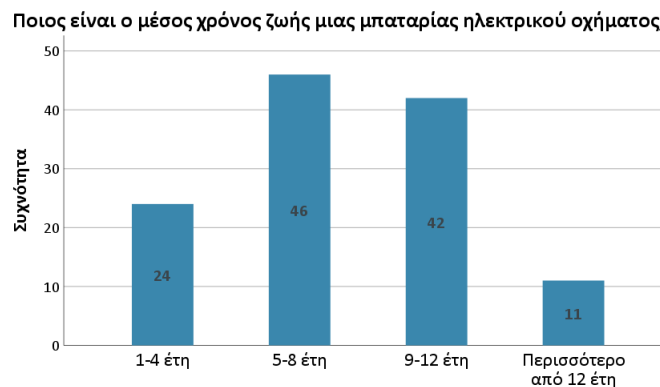


Εικόνα 22: Ενεργειακή απόδοση οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE)

Μεταξύ εκείνων που παρείχαν μια εκτίμηση, το 10,6% πρότεινε απόδοση 20-30%, το 13% πίστευε ότι η απόδοση ήταν μεταξύ 40-60% και το 11,4% υπολόγισε ότι ήταν 85-90%. Αυτό υπογραμμίζει μια κοινή έλλειψη ενημέρωσης σχετικά με την απόδοση των οχημάτων ICE, με μόνο μια μειοψηφία να προσφέρει μια εκτίμηση στο εύρος της πραγματικής απόδοσης τέτοιων οχημάτων.

7.2.3 Διάρκεια ζωής μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων

Όταν ρωτήθηκαν για τη μέση διάρκεια ζωής της μπαταρίας ενός ηλεκτρικού οχήματος, οι απαντήσεις κατανεμήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες, με το 37,4% των ερωτηθέντων να δηλώνουν ότι πιστεύουν ότι οι μπαταρίες EV διαρκούν μεταξύ 5-8 ετών. Ένα άλλο 34,1% υπολόγισε μια διάρκεια ζωής 9-12 χρόνια και το 19,5% πίστευε ότι ήταν μεταξύ 1-4 ετών.



Εικόνα 23: Διάρκεια ζωής μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων

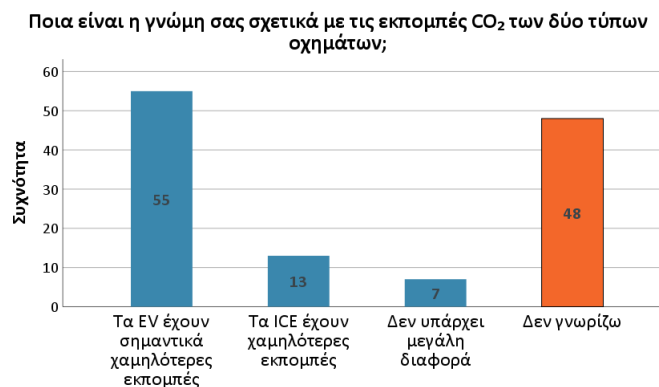
Μια μικρότερη ομάδα (8,9%) θεώρησε ότι οι μπαταρίες EV διαρκούν περισσότερο από 12 χρόνια. Η διακύμανση στις απαντήσεις θα μπορούσε να αντανακλά την περιορισμένη εμπειρία ή γνώση των συμμετεχόντων σχετικά με τα EV, αλλά είναι σαφές ότι η πλειοψηφία συσχετίζει τις μπαταρίες EV με διάρκεια ζωής μεταξύ 5 και 12 ετών, κάτι που ευθυγραμμίζεται με τις τυπικές εκτιμήσεις του κλάδου.

Τα αποτελέσματα των ελέγχων χ^2 δεν δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ηλικιακών ομάδων, του φύλου ή των τόπων κατοικίας όσον αφορά τις απόψεις τους σχετικά με την ενέργεια και την κατανάλωση. Αυτό θα μπορούσε να υποδηλώνει ότι, σε διάφορες δημογραφικές ομάδες, υπάρχει γενική συναίνεση ή κοινή αντίληψη.

7.3 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

7.3.1 Εκπομπές CO₂ EV έναντι οχημάτων ICE

Μια μεγάλη μερίδα των ερωτηθέντων, το 44,7%, πιστεύει ότι τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) έχουν σημαντικά χαμηλότερες εκπομπές CO₂ σε σύγκριση με τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE). Ωστόσο, το 39% των ερωτηθέντων δήλωσε ότι δεν γνώριζε αρκετά για να σχηματίσει γνώμη.



Εικόνα 24: Εκπομπές CO₂ EV έναντι οχημάτων ICE

Είναι ενδιαφέρον ότι το 10,6% των συμμετεχόντων θεώρησε ότι τα οχήματα ICE έχουν χαμηλότερες εκπομπές, ενώ μόνο το 5,7% θεώρησε ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο τύπων οχημάτων όσον αφορά τις εκπομπές CO₂. Αυτό υποδηλώνει μια γενική επίγνωση ότι τα EV θεωρούνται πιο φιλικά προς το περιβάλλον, αλλά εξακολουθεί να υπάρχει κάποια αβεβαιότητα μεταξύ του πληθυσμού, ιδίως όσον αφορά τη σύγκριση των πραγματικών εκπομπών.

7.3.2 Περιβαλλοντικά θέματα από την παραγωγή μπαταριών

Όταν ρωτήθηκαν για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής μπαταριών για ηλεκτρικά οχήματα, η πλειοψηφία των ερωτηθέντων, 42,3%, εξέφρασε ότι πιστεύει ότι η παραγωγή μπαταριών προκαλεί μέτρια περιβαλλοντική ζημιά.

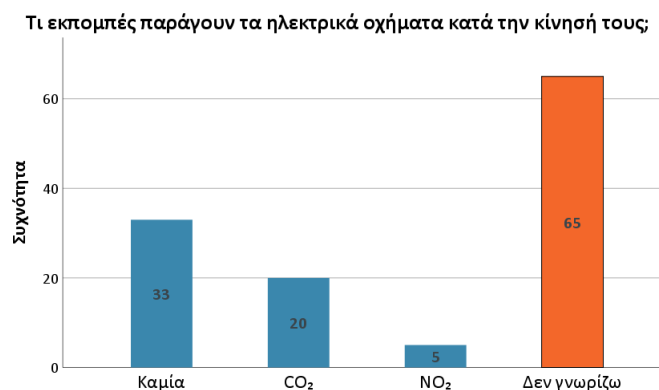


Εικόνα 25: Περιβαλλοντικά θέματα από την παραγωγή μπαταριών

Ένα επιπλέον 23,6% δήλωσε ότι η παραγωγή μπαταριών προκαλεί σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα. Από την άλλη πλευρά, μόνο το 2,4% των ερωτηθέντων πίστευε ότι δεν προκάλεσε καθόλου περιβαλλοντική βλάβη, ενώ το 25,2% θεώρησε ότι προκαλεί μικρή βλάβη. Αυτό δείχνει ότι ενώ πολλοί άνθρωποι αναγνωρίζουν το περιβαλλοντικό κόστος που σχετίζεται με την παραγωγή μπαταριών, η κλίμακα αυτού του προβλήματος θεωρείται πιο μέτρια παρά ως σοβαρό ζήτημα.

7.3.3 Εκπομπές ηλεκτρικών οχημάτων (EV) κατά την κίνησή τους

Όσον αφορά τις εκπομπές που παράγονται από τα ηλεκτρικά οχήματα κατά τη λειτουργία, μια σημαντική μερίδα των ερωτηθέντων, το 52,8%, δήλωσε ότι δεν γνώριζε. Μεταξύ εκείνων που είχαν άποψη, το 26,8% αναγνώρισε σωστά ότι τα EV δεν παράγουν εκπομπές κατά την κίνηση και το 16,3% πίστευε ότι παράγουν εκπομπές CO₂.



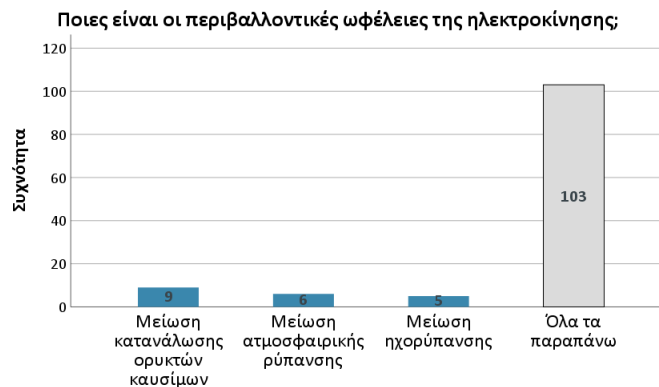
Εικόνα 26: Εκπομπές ηλεκτρικών οχημάτων (EV) κατά την κίνησή τους

Ένα μικρότερο ποσοστό, 4,1%, πρότεινε ότι τα EV παράγουν οξείδια του αζώτου (NO₂) κατά την οδήγηση. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι ενώ η πλειονότητα των ερωτηθέντων ήταν αβέβαιη για τις συγκεκριμένες εκπομπές, υπάρχει μια γενική αντίληψη ότι τα EV είναι

καθαρότερα από τα οχήματα ICE, αν και υπάρχει σύγχυση σχετικά με τον τύπο των σχετικών εκπομπών.

7.3.4 Περιβαλλοντικά Οφέλη της Ηλεκτροκίνησης

Ένα συντριπτικό 83,7% των ερωτηθέντων πιστεύει ότι τα περιβαλλοντικά οφέλη της ηλεκτροκίνησης περιλαμβάνουν τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, της ηχορύπανσης και της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων.

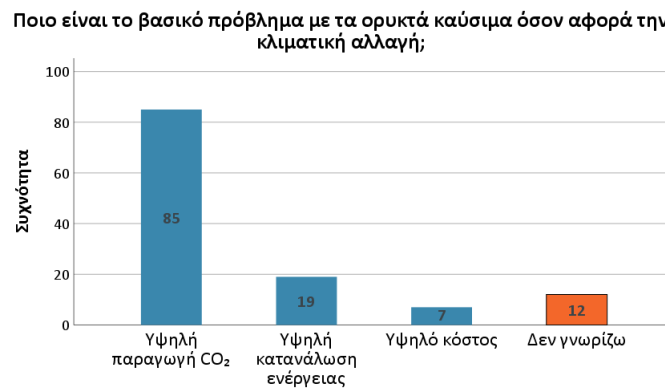


Εικόνα 27: Περιβαλλοντικά Οφέλη της Ηλεκτροκίνησης

Οι υπόλοιποι ερωτηθέντες ήταν λιγότερο διατεθειμένοι να δουν αυτά τα οφέλη, με το 7,3% να σημειώνει μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, το 4,9% να επισημαίνει τη μειωμένη ατμοσφαιρική ρύπανση και το 4,1% να επισημαίνει χαμηλότερη ηχορύπανση. Αυτά τα δεδομένα δείχνουν μια σαφή αναγνώριση των πολλαπλών περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων των ηλεκτρικών οχημάτων, ιδίως όσον αφορά τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα.

7.3.5 Ορυκτά καύσιμα και κλιματική αλλαγή

Τέλος, όταν οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν για το κύριο περιβαλλοντικό ζήτημα που σχετίζεται με τα ορυκτά καύσιμα στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, το 69,1% ανέφερε την υψηλή παραγωγή CO₂ ως βασικό πρόβλημα. Άλλες ανησυχίες περιλάμβαναν το 15,4% που παραδέχτηκε την υψηλή κατανάλωση ενέργειας και το 5,7% ανέφερε το υψηλό κόστος.



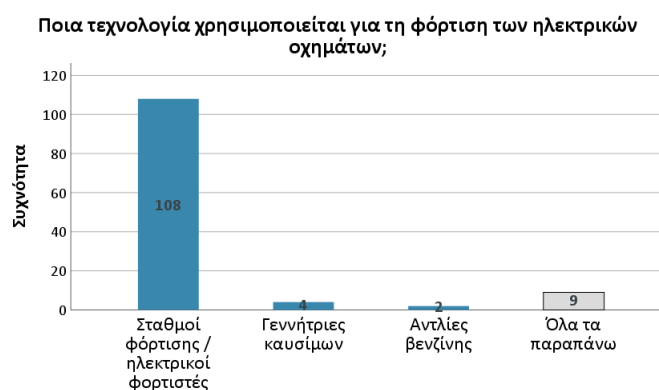
Εικόνα 28: Ορυκτά καύσιμα και κλιματική αλλαγή

Μόνο το 9,8% των ερωτηθέντων δεν γνώριζε ποιο ήταν το κύριο πρόβλημα με τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό δείχνει μια σαφή κατανόηση μεταξύ του κοινού ότι οι εκπομπές CO₂ από τα ορυκτά καύσιμα αποτελούν σημαντική κινητήρια δύναμη της κλιματικής αλλαγής.

7.4 Υποδομές και Οικονομία

7.4.1 Τεχνολογία για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων

Οι περισσότεροι ερωτηθέντες (87,8%) αναγνώρισαν σωστά ότι τα EV φορτίζονται χρησιμοποιώντας σταθμούς φόρτισης ή ηλεκτρικούς φορτιστές, ενώ ένα μικρό ποσοστό (7,3%) πίστεψε λανθασμένα ότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλές τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων γεννητριών καυσίμου και αντλιών αερίου.

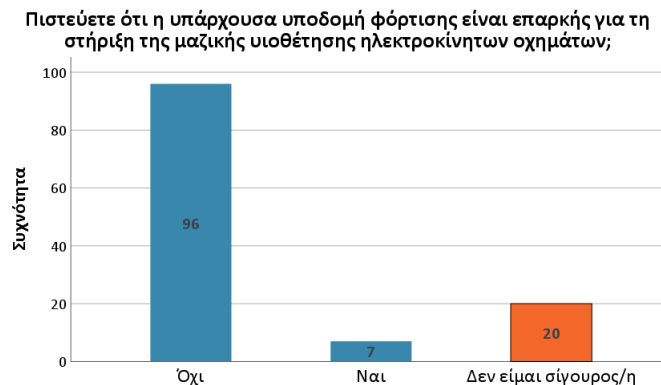


Εικόνα 29: Τεχνολογία για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων

Αυτό υποδηλώνει μια γενικά καλή κατανόηση των μεθόδων φόρτισης EV, αλλά υποδηλώνει ότι εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένες εσφαλμένες αντιλήψεις.

7.4.2 Επάρκεια υποδομών φόρτισης

Όταν ρωτήθηκε για την επάρκεια της τρέχουσας υποδομής φόρτισης, μια σημαντική πλειοψηφία (78%) εξέφρασε ότι δεν επαρκεί για να υποστηρίξει τη μαζική υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων. Μόνο το 5,7% πίστευε ότι η υποδομή είναι επαρκής, ενώ το 16,3% ήταν αβέβαιο.



Εικόνα 30: Επάρκεια υποδομών φόρτισης

Αυτό υποδηλώνει μια διαδεδομένη ανησυχία σχετικά με τη διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα των σταθμών φόρτισης, οι οποίοι θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως εμπόδιο στην ευρεία χρήση των EV.

7.4.3 Επιρροή της κατασκευής ηλεκτρικών οχημάτων

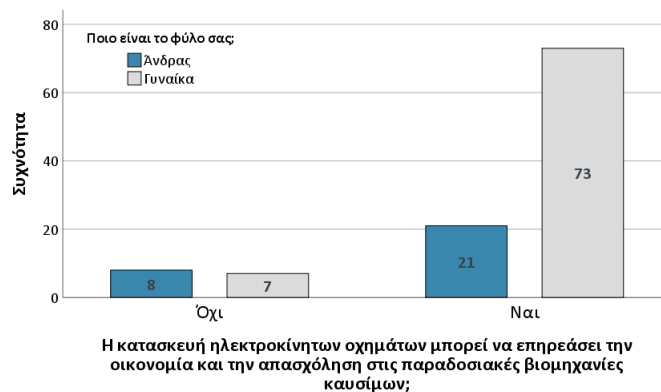
Διερευνήθηκε επίσης ο οικονομικός αντίκτυπος της παραγωγής EV στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων. Η πλειοψηφία (76,4%) συμφώνησε ότι η στροφή προς τα ηλεκτρικά οχήματα θα επηρέαζε την απασχόληση και την οικονομία στις βιομηχανίες ορυκτών καυσίμων. Εν τω μεταξύ, 12,2% πίστευε ότι η κατασκευή EV δεν θα είχε οικονομικές συνέπειες και το 11,4% ήταν αβέβαιο.



Εικόνα 31: Επιρροή της κατασκευής ηλεκτρικών οχημάτων

Αυτό καταδεικνύει την επίγνωση των ευρύτερων οικονομικών επιπτώσεων της μετάβασης από οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE) στα EV.

Όταν ρωτήθηκαν εάν η στροφή προς την παραγωγή ηλεκτρικών οχημάτων θα επηρέαζε την οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων, οι γυναίκες ήταν σημαντικά πιο πιθανό να συμφωνήσουν (91,3% των γυναικών που ερωτήθηκαν) σε σύγκριση με τους άνδρες (72,4% των ανδρών ερωτηθέντων). Αντίθετα, οι άνδρες ήταν πιο πιθανό να πιστεύουν ότι δεν θα υπήρχε αντίκτυπος (27,6% έναντι 8,8% για τις γυναίκες).



Εικόνα 32: Απόψεις για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτρικών οχημάτων μεταξύ φύλων

Η δοκιμή χ^2 επιβεβαίωσε μια στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ του φύλου και των απαντήσεων σε αυτήν την ερώτηση ($\chi^2 = 6.363$, $p = 0.012$), υποδεικνύοντας ότι οι γυναίκες είναι πιο διατεθειμένες να αναγνωρίσουν τις οικονομικές συνέπειες της επέκτασης των ηλεκτρικών οχημάτων στις βιομηχανίες ορυκτών καυσίμων.

Πίνακας 3: Δοκιμή χ^2 μεταξύ φύλου και άποψης για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτρικών οχημάτων

Chi-Square Tests

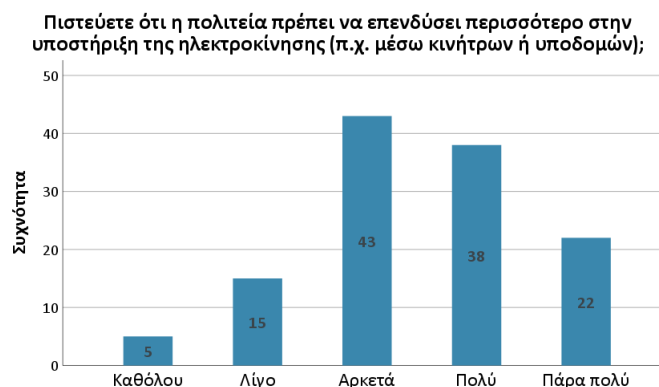
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	6,363 ^a	1	,012
Continuity Correction ^b	4,875	1	,027
Likelihood Ratio	5,696	1	,017
Linear-by-Linear Association	6,305	1	,012
N of Valid Cases	109		

a. 1 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,99.

b. Computed only for a 2x2 table

7.4.4 Κυβερνητική υποστήριξη

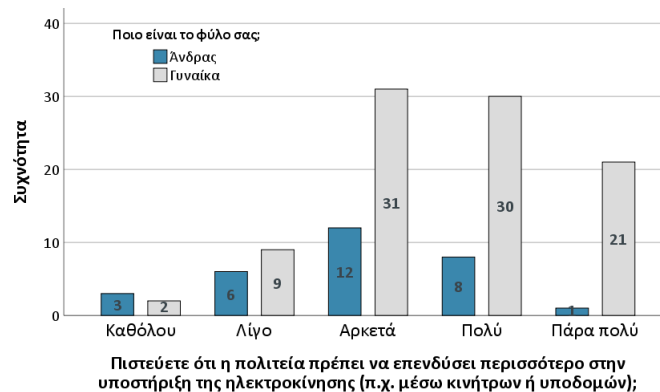
Όσον αφορά την κυβερνητική υποστήριξη για την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων, το δημόσιο αίσθημα έκλινε σε μεγάλο βαθμό προς την αύξηση των επενδύσεων. Ενώ μια μικρή μερίδα (4,1%) πίστευε ότι η κυβέρνηση δεν θα έπρεπε να υποστηρίζει καθόλου την υιοθέτηση EV, οι περισσότεροι ερωτηθέντες υποστήριξαν κάποιο επίπεδο κυβερνητικής παρέμβασης, με 35% να υποστηρίζει σημαντική υποστήριξη, 30,9% για εκτεταμένες επενδύσεις και 17,9% για μέγιστη υποστήριξη.



Εικόνα 33: Κυβερνητική υποστήριξη

Φαίνεται μια γενική προσδοκία για κίνητρα με γνώμονα την πολιτική και ανάπτυξη υποδομών για τη διευκόλυνση της μετάβασης στην ηλεκτρική κινητικότητα.

Παρατηρήθηκαν επίσης διαφορές μεταξύ των φύλων όσον αφορά τις απόψεις σχετικά με τις κρατικές επενδύσεις στη στήριξη ηλεκτρικών οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των κινήτρων και των υποδομών.



Εικόνα 34: Απόψεις για την κυβερνητική υποστήριξη μεταξύ φύλων

Οι γυναίκες έδειξαν ισχυρότερη υποστήριξη για σημαντική κρατική παρέμβαση. Ένα μεγαλύτερο ποσοστό γυναικών (55,9%) δήλωσε ότι η κυβέρνηση πρέπει να επενδύσει είτε «πολύ» ή «εξαιρετικά», σε σύγκριση με το 36,7% των ανδρών. Αντίθετα, οι άνδρες ήταν πιο πιθανό να εκφράσουν χαμηλή ή καθόλου υποστήριξη για κρατική παρέμβαση.

Η δοκιμή χ^2 έδειξε και πάλι μια στατιστικά σημαντική σχέση ($\chi^2 = 10,636$, $p = 0,031$), επιβεβαιώνοντας ότι το φύλο επηρεάζει τη στάση απέναντι στις δημόσιες επενδύσεις σε πολιτικές που σχετίζονται με τα ηλεκτροκίνητα οχήματα.

Πίνακας 4: Δοκιμή χ^2 μεταξύ φύλου και άποψης για την κυβερνητική υποστήριξη

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	10,636 ^a	4	,031
Likelihood Ratio	11,574	4	,021
Linear-by-Linear Association	10,106	1	,001
N of Valid Cases	123		

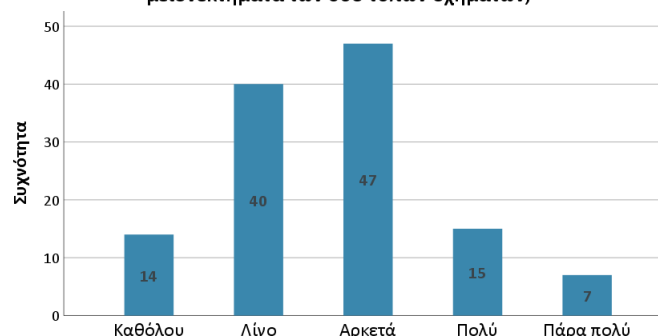
a. 3 cells (30,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,22.

7.5 Προσωπικές απόψεις και προτιμήσεις

7.5.1 Ικανότητα αξιολόγησης

Οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν για την ικανότητά τους να αξιολογούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων (EVs) και των οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE).

Πιστεύετε ότι θα μπορούσατε να αξιολογήσετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δύο τύπων οχημάτων;



Εικόνα 35: Ικανότητα αξιολόγησης

Ενώ το 38,2% θεώρησε ότι μπορούσε να αξιολογήσει αυτούς τους παράγοντες «αρκετά καλά» και το 12,2% «πολύ καλά», ένα σημαντικό ποσοστό (43,9%) εξέφρασε περιορισμένη ικανότητα, με το 32,5% να επιλέγει «λίγο» και το 11,4% να δηλώνει «καθόλου». Αυτό υποδηλώνει ότι ενώ ορισμένα άτομα γνωρίζουν τα EV και τα οχήματα ICE, πολλά

εξακολουθούν να στερούνται επαρκών πληροφοριών για να κάνουν μια σίγουρη αξιολόγηση.

7.5.2 Προτιμήσεις βάσει περιβαλλοντολογικών ανησυχιών

Όταν ρωτήθηκαν για την προτίμησή τους για το όχημα βάσει περιβαλλοντικών ανησυχιών, ένα πλήθος (38,2%) προτίμησε τα υβριδικά οχήματα, υποδηλώνοντας την επιθυμία για ισορροπία μεταξύ βιωσιμότητας και πρακτικότητας.



Εικόνα 36: Προτιμήσεις βάσει περιβαλλοντολογικών ανησυχιών

Μόνο το 16,3% εξέφρασε σαφή προτίμηση στα ηλεκτρικά οχήματα, ενώ το 8,9% προτιμούσε τα οχήματα ICE. Επιπλέον, το 23,6% ήταν ανοιχτό και στις τρεις επιλογές και το 13% ήταν αβέβαιο. Αυτό υπογραμμίζει ένα πιθανό κενό στην ευαισθητοποίηση ή την εμπιστοσύνη στην τεχνολογία EV ως την κυρίαρχη φιλική προς το περιβάλλον επιλογή.

Η δοκιμή χ^2 εξέτασε τη σχέση μεταξύ του φύλου και της προτίμησης του οχήματος με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες. Η τιμή χ^2 είναι 8,753, με p-value 0,033, υποδεικνύοντας μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($\alpha=5\%$). Αυτό υποδηλώνει ότι το φύλο επηρεάζει την επιλογή του τύπου οχήματος όταν λαμβάνονται υπόψη περιβαλλοντικοί παράγοντες.

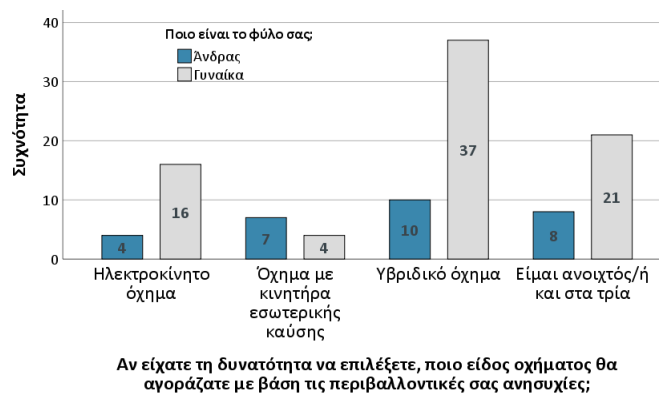
Πίνακας 5: Δοκιμή χ^2 μεταξύ του φύλου και της προτίμησης οχήματος με βάσει περιβαλλοντικών ανησυχιών

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	8,753 ^a	3	,033
Likelihood Ratio	7,783	3	,051
Linear-by-Linear Association	,047	1	,829
N of Valid Cases	107		

a. 1 cells (12,5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,98.

Οι γυναίκες είναι πιο πιθανό από το αναμενόμενο να επιλέξουν ηλεκτρικά οχήματα, με 16 πραγματικές αποκρίσεις έναντι 14,6 αναμενόμενων, ενώ οι άνδρες είναι πιο πιθανό από το αναμενόμενο να επιλέξουν οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, με 7 πραγματικές αποκρίσεις έναντι 3 αναμενόμενων. Τα υβριδικά οχήματα και το άνοιγμα και στις τρεις επιλογές δεν παρουσίασαν σημαντικές αποκλίσεις από τις αναμενόμενες τιμές.

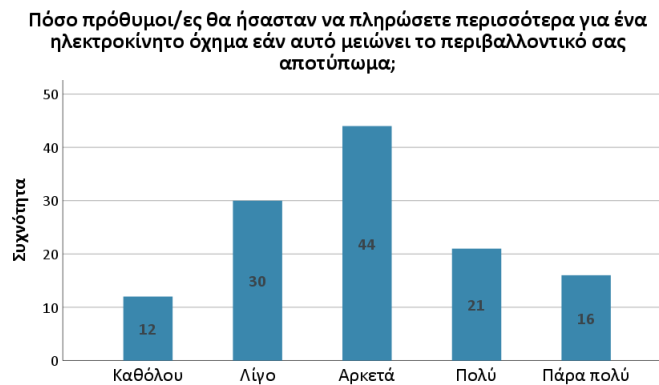


Εικόνα 37: Σχέση μεταξύ του φύλου και της προτίμησης οχήματος βάσει περιβαλλοντικών ανησυχιών

Ο λόγος πιθανότητας, με p-value 0,051, είναι ελαφρώς πάνω από το κατώφλι, υποδηλώνοντας ότι ενώ υπάρχει μια συσχέτιση, η ισχύς της μπορεί να μην είναι πολύ έντονη. Επιπλέον, η γραμμική συσχέτιση, με p-value 0,829, δεν υποδηλώνει σαφή τάση μεταξύ του φύλου και της προτίμησης του οχήματος σε συνεχή κλίμακα.

7.5.3 Διάθεση κεφαλαίου για ένα ηλεκτρικό όχημα με σκοπό τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Η προθυμία των ερωτηθέντων να πληρώσουν περισσότερα για ένα ηλεκτρικό όχημα για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποκάλυψε δισταγμένες απόψεις. Η πλειοψηφία (35,8%) ήταν «αρκετά πρόθυμοι» και το 17,1% ήταν «πολύ πρόθυμοι», δείχνοντας σημαντικό άνοιγμα στις επενδύσεις σε βιώσιμες μεταφορές.



Εικόνα 38: Διάθεση κεφαλαίου για ένα ηλεκτρικό όχημα με σκοπό τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Ωστόσο, το 24,4% ήταν «λίγο πρόθυμο» και το 9,8% «δεν ήταν καθόλου πρόθυμο», υποδηλώνοντας ότι οι οικονομικές ανησυχίες ή ο σκεπτικισμός σχετικά με τα οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να εξακολουθούν να αποτελούν εμπόδια στην υιοθέτηση.

7.6 Παραρτήματα

7.6.1 Γενικές Γνώσεις

Πίνακας 6: Έλεγχος χ^2 για την κύρια πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα και το φύλο

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,781 ^a	3	,286
Likelihood Ratio	3,218	3	,359
Linear-by-Linear Association	,127	1	,722
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,22.

Ο έλεγχος χ^2 μεταξύ φύλου και κύριας πηγής ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα δεν έδειξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($p = 0,286 > 0,05$). Συνεπώς, δεν παρατηρείται διαφοροποίηση των αντιλήψεων μεταξύ ανδρών και γυναικών ως προς το ποια είναι η κύρια πηγή ενέργειας στα EVs. Το αποτέλεσμα ενισχύεται από τη χαμηλή τιμή του Pearson Chi-Square (3,781) και τον μικρό αριθμό αναμενόμενων τιμών κάτω του 5 σε αρκετά κελιά (50%), γεγονός που υποδεικνύει πιθανή μείωση της αξιοπιστίας του ελέγχου.

Πίνακας 7: Έλεγχος χ^2 για την κύρια πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα και την ηλικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	6,939 ^a	6	,327
Likelihood Ratio	8,215	6	,223
Linear-by-Linear Association	,423	1	,515
N of Valid Cases	123		

a. 7 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,77.

Η τιμή του χ^2 είναι 6,939 με 6 βαθμούς ελευθερίας και η σημαντικότητα (p-value) είναι 0,327. Δεδομένου ότι η τιμή p είναι μεγαλύτερη από το συνηθισμένο επίπεδο α (0,05), δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της κύριας πηγής ενέργειας και της ηλικίας.

Πίνακας 8: Έλεγχος χ^2 για την κύρια πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	12,865 ^a	6	,045
Likelihood Ratio	13,147	6	,041
Linear-by-Linear Association	2,625	1	,105
N of Valid Cases	123		

a. 7 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,81.

Η τιμή του χ^2 είναι 12,865 με 6 βαθμούς ελευθερίας και η σημαντικότητα (p-value) είναι 0,045. Δεδομένου ότι η τιμή p είναι μικρότερη από 0,05, μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση και να συμπεράνουμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της κύριας πηγής ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα και της μόνιμης κατοικίας.

Πίνακας 9: Έλεγχος χ^2 για το κύριο καύσιμο στα συμβατικά οχήματα και το φύλο

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,367 ^a	3	,338
Likelihood Ratio	4,581	3	,205
Linear-by-Linear Association	,297	1	,586
N of Valid Cases	123		

a. 6 cells (75,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,24.

Η τιμή του χ^2 είναι 3,367 με 3 βαθμούς ελευθερίας και η σημαντικότητα (p-value) είναι 0,338. Δεδομένου ότι η τιμή p είναι μεγαλύτερη από 0,05, δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του κύριου καυσίμου στα συμβατικά οχήματα και του φύλου.

Πίνακας 10: Έλεγχος χ^2 για το κύριο καύσιμο στα συμβατικά οχήματα και την ηλικία

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,971 ^a	6	,548
Likelihood Ratio	5,944	6	,429
Linear-by-Linear Association	,550	1	,458
N of Valid Cases	123		

a. 9 cells (75,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,15.

Η τιμή του χ^2 είναι 4,971 με 6 βαθμούς ελευθερίας και η σημαντικότητα (p-value) είναι 0,548. Δεδομένου ότι η τιμή p είναι μεγαλύτερη από 0,05, δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του κύριου καυσίμου στα συμβατικά οχήματα και της ηλικίας.

Πίνακας 11: Έλεγχος χ^2 για το κύριο καύσιμο στα συμβατικά οχήματα και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,306 ^a	6	,635
Likelihood Ratio	6,023	6	,421
Linear-by-Linear Association	1,990	1	,158
N of Valid Cases	123		

a. 9 cells (75,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,16.

Η τιμή του χ^2 είναι 4,306 με 6 βαθμούς ελευθερίας και η σημαντικότητα (p-value) είναι 0,635. Δεδομένου ότι η τιμή p είναι μεγαλύτερη από 0,05, δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του κύριου καυσίμου στα συμβατικά οχήματα και της μόνιμης κατοικίας.

Πίνακας 12: Έλεγχος χ^2 για το ποιο από τα δύο οχήματα έχει μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του και το φύλο

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	8,087 ^a	3	,044
Likelihood Ratio	8,065	3	,045
Linear-by-Linear Association	2,544	1	,111
N of Valid Cases	123		

a. 1 cells (12,5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,41.

Η τιμή του χ^2 είναι 8,087 με 3 βαθμούς ελευθερίας και η σημαντικότητα (p-value) είναι 0,044. Δεδομένου ότι η τιμή p είναι μικρότερη από 0,05, μπορούμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση και να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της αντίληψης για το ποιο από τα δύο οχήματα έχει μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους.

Πίνακας 13: Έλεγχος χ^2 για το ποιο από τα δύο οχήματα έχει μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του και την ηλικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,735 ^a	6	,578
Likelihood Ratio	4,487	6	,611
Linear-by-Linear Association	1,217	1	,270
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,16.

Τιμή $\chi^2 = 4,735$ με 6 βαθμούς ελευθερίας και p-value = 0,578. Δεδομένου ότι η τιμή p είναι μεγαλύτερη από 0,05, δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση. Άρα, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ ηλικίας και αντίληψης για τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο.

Πίνακας 14: Έλεγχος χ^2 για το ποιο από τα δύο οχήματα έχει μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	11,604 ^a	6	,071
Likelihood Ratio	13,777	6	,032
Linear-by-Linear Association	2,128	1	,145
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,28.

Η τιμή p είναι λίγο πάνω από το 0,05, οπότε δεν απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, αλλά υπάρχει οριακή ένδειξη συσχέτισης. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η μόνιμη κατοικία ενδέχεται να σχετίζεται με την αντίληψη των πολιτών αναφορικά με τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των οχημάτων, χωρίς όμως η σχέση αυτή να είναι απολύτως βέβαιη. Η ένδειξη συσχέτισης κρίνεται οριακή, και η ερμηνεία των ευρημάτων απαιτεί επιφύλαξη.

Πίνακας 15: Έλεγχος χ^2 για τους ανασταλτικούς παράγοντες για την ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και το φύλο

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,253 ^a	3	,522
Likelihood Ratio	1,946	3	,584
Linear-by-Linear Association	,113	1	,737
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,46.

Ο έλεγχος χ^2 δεν ανέδειξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και των ανασταλτικών παραγόντων για την ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων. Όλοι οι δείκτες έδωσαν μη σημαντικές τιμές p ($p > 0,05$). Επιπλέον, η παρουσία αρκετών κελιών με αναμενόμενες συχνότητες μικρότερες του 5 (50%) υποδεικνύει ότι τα αποτελέσματα πρέπει να ερμηνευθούν με επιφύλαξη.

Πίνακας 16: Έλεγχος χ^2 για τους ανασταλτικούς παράγοντες για την ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και την ηλικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	5,795 ^a	6	,447
Likelihood Ratio	5,867	6	,438
Linear-by-Linear Association	,025	1	,873
N of Valid Cases	123		

a. 7 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,93.

Ο έλεγχος χ^2 δεν κατέδειξε στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της ηλικίας και των ανασταλτικών παραγόντων που επηρεάζουν την ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων ($p = 0,447$). Επιπλέον, η αξιοπιστία του ελέγχου είναι περιορισμένη, καθώς περισσότερα από τα μισά κελιά (58,3%) είχαν αναμενόμενες τιμές μικρότερες του 5.

Πίνακας 17: Έλεγχος χ^2 για τους ανασταλτικούς παράγοντες για την ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,613 ^a	6	,594
Likelihood Ratio	4,404	6	,622
Linear-by-Linear Association	,437	1	,508
N of Valid Cases	123		

a. 5 cells (41,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,98.

Ο στατιστικός έλεγχος δεν έδειξε καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μόνιμης κατοικίας και των ανασταλτικών παραγόντων για την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων ($p = 0,594$). Όλοι οι δείκτες επιβεβαιώνουν την απουσία σχέσης.

7.6.2 Ενέργεια και Κατανάλωση

Πίνακας 18: Έλεγχος χ^2 για την ποσότητα της ενέργειας της μπαταρίας που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα και το φύλο

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	,112 ^a	2	,945
Likelihood Ratio	,111	2	,946
Linear-by-Linear Association	,040	1	,841
N of Valid Cases	51		

a. 2 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,61.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της αντίληψης για την αποδοτικότητα μετατροπής της ενέργειας της μπαταρίας σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα. Όλοι οι δείκτες ήταν μη σημαντικοί ($p >> 0,05$).

Πίνακας 19: Έλεγχος χ^2 για την ποσότητα της ενέργειας της μπαταρίας που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα και την ηλικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	6,827 ^a	4	,145
Likelihood Ratio	7,446	4	,114
Linear-by-Linear Association	,384	1	,535
N of Valid Cases	51		

a. 6 cells (66,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,10.

Ο έλεγχος δεν ανέδειξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της αντίληψης για το ποσοστό της ενέργειας της μπαταρίας που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα ($p = 0,145$).

Πίνακας 20: Έλεγχος χ^2 για την ποσότητα της ενέργειας της μπαταρίας που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,610 ^a	4	,330
Likelihood Ratio	5,724	4	,221
Linear-by-Linear Association	,346	1	,557
N of Valid Cases	51		

a. 5 cells (55,6%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,41.

Ο έλεγχος χ^2 δεν ανέδειξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μόνιμης κατοικίας και της αντίληψης για την ενεργειακή αποδοτικότητα της μπαταρίας στα ηλεκτρικά οχήματα ($p = 0,330$).

Πίνακας 21: Έλεγχος χ^2 για την απόδοση που έχουν τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης και την ηλικία

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	,229 ^a	2	,892
Likelihood Ratio	,230	2	,891
Linear-by-Linear Association	,026	1	,872
N of Valid Cases	43		

a. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5,44.

Δεν διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της αντίληψης για την απόδοση των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης ($p = 0,892$). Επιπλέον, η κατανομή των δεδομένων είναι επαρκής, καθώς όλα τα αναμενόμενα μεγέθη είναι πάνω από 5. Τα ευρήματα δείχνουν ομοιογένεια απόψεων μεταξύ ηλικιακών ομάδων όσον αφορά την απόδοση αυτών των οχημάτων.

Πίνακας 22: Έλεγχος χ^2 για την απόδοση που έχουν τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης και την μόνιμη κατοικία

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	7,401 ^a	4	,116
Likelihood Ratio	7,360	4	,118
Linear-by-Linear Association	2,003	1	,157
N of Valid Cases	43		

a. 6 cells (66,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,72.

Δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μόνιμης κατοικίας και της αντίληψης για την απόδοση των οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης ($p = 0,116$).

Πίνακας 23: Έλεγχος χ^2 για τον μέσο χρόνο ζωής μιας μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος και το φύλο

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,851 ^a	3	,278
Likelihood Ratio	4,014	3	,260
Linear-by-Linear Association	3,769	1	,052
N of Valid Cases	123		

a. 1 cells (12,5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,68.

Δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της αντίληψης για τον μέσο χρόνο ζωής της μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος (Pearson Chi-Square: $p = 0,278 > 0,05$). Αυτό δείχνει ότι οι απόψεις ανδρών και γυναικών δεν διαφέρουν σημαντικά ως προς την εκτίμηση της διάρκειας ζωής μιας μπαταρίας. Επιπλέον, το σύνολο των αναμενόμενων τιμών βρίσκεται εντός αποδεκτών ορίων, γεγονός που καθιστά τον έλεγχο αξιόπιστο.

Πίνακας 24: Έλεγχος χ^2 για τον μέσο χρόνο ζωής μιας μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος και την ηλικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,239 ^a	6	,644
Likelihood Ratio	4,095	6	,664
Linear-by-Linear Association	1,052	1	,305
N of Valid Cases	123		

a. 3 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,70.

Δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της αντίληψης για τον μέσο χρόνο ζωής της μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος (Pearson Chi-Square: $p = 0,644 > 0,05$). Οι διαφορετικές ηλικιακές ομάδες εμφανίζονται να έχουν παρόμοιες εκτιμήσεις σχετικά με τη διάρκεια ζωής των μπαταριών. Το ποσοστό κελιών με αναμενόμενες τιμές κάτω του 5 είναι αποδεκτό, γεγονός που διατηρεί την αξιοπιστία του ελέγχου.

Πίνακας 25: Έλεγχος χ^2 για τον μέσο χρόνο ζωής μιας μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	6,108 ^a	6	,411
Likelihood Ratio	6,377	6	,382
Linear-by-Linear Association	1,180	1	,277
N of Valid Cases	123		

a. 3 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,79.

Δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μόνιμης κατοικίας και της αντίληψης για τον μέσο χρόνο ζωής της μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος (Pearson Chi-Square: $p = 0,411 > 0,05$). Οι απαντήσεις φαίνεται να είναι παρόμοιες ανεξαρτήτως τύπου κατοικίας. Οι αναμενόμενες τιμές βρίσκονται εντός αποδεκτών ορίων, διασφαλίζοντας την εγκυρότητα του ελέγχου.

7.6.3 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Πίνακας 26: Έλεγχος χ^2 για τη γνώμη σχετικά με τις εκπομπές CO₂ των δύο τύπων οχημάτων και το φύλο

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	7,029 ^a	3	,071
Likelihood Ratio	7,282	3	,063
Linear-by-Linear Association	6,451	1	,011
N of Valid Cases	123		

a. 2 cells (25,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,71.

Δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της γνώμης για τις εκπομπές CO₂ των ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων (Pearson Chi-Square: $p = 0,071 > 0,05$), αν και η τιμή πλησιάζει το όριο της στατιστικής σημαντικότητας. Παρατηρείται μια οριακή τάση διαφοροποίησης, χωρίς όμως να μπορεί να θεωρηθεί σημαντική. Οι αναμενόμενες τιμές είναι σε αποδεκτό επίπεδο, καθιστώντας τον έλεγχο αξιόπιστο.

Πίνακας 27: Έλεγχος χ^2 για τη γνώμη σχετικά με τις εκπομπές CO₂ των δύο τύπων οχημάτων και την ηλικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	10,232 ^a	6	,115
Likelihood Ratio	11,252	6	,081
Linear-by-Linear Association	1,648	1	,199
N of Valid Cases	123		

a. 5 cells (41,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,08.

Δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της γνώμης για τις εκπομπές CO₂ των ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων (Pearson Chi-Square: $p = 0,115 > 0,05$). Οι διαφορές μεταξύ ηλικιακών ομάδων δεν είναι αρκετά έντονες ώστε να χαρακτηριστούν στατιστικά σημαντικές. Το ποσοστό κελιών με αναμενόμενες τιμές κάτω του 5 είναι σχετικά αυξημένο, αλλά παραμένει εντός αποδεκτού πλαισίου.

Πίνακας 28: Έλεγχος χ^2 για τη γνώμη σχετικά με τις εκπομπές CO₂ των δύο τύπων οχημάτων και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	7,589 ^a	6	,270
Likelihood Ratio	7,531	6	,275
Linear-by-Linear Association	,600	1	,439
N of Valid Cases	123		

a. 5 cells (41,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,14.

Δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μόνιμης κατοικίας και της γνώμης για τις εκπομπές CO₂ των ηλεκτρικών και συμβατικών οχημάτων (Pearson Chi-Square: $p = 0,270 > 0,05$). Οι απαντήσεις δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάλογα με τον τόπο κατοικίας. Το ποσοστό κελιών με χαμηλές αναμενόμενες τιμές είναι αποδεκτό, διατηρώντας την αξιοπιστία του ελέγχου.

Πίνακας 29: Έλεγχος χ^2 για την άποψη ότι η κατασκευή μπαταριών για ηλεκτροκίνητα οχήματα προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα και το φύλο

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	7,301 ^a	4	,121
Likelihood Ratio	7,774	4	,100
Linear-by-Linear Association	,852	1	,356
N of Valid Cases	123		

a. 3 cells (30,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,73.

Με βάση τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της άποψης για τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από την κατασκευή μπαταριών για ηλεκτροκίνητα οχήματα. Επίσης, η ύπαρξη μικρού αριθμού παρατηρήσεων σε κάποια κελιά μπορεί να επηρεάσει την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 30: Έλεγχος χ^2 για την άποψη ότι η κατασκευή μπαταριών για ηλεκτροκίνητα οχήματα προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα και την ηλικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	16,134 ^a	8	,041
Likelihood Ratio	16,074	8	,041
Linear-by-Linear Association	5,120	1	,024
N of Valid Cases	123		

a. 8 cells (53,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,46.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , παρατηρούμε ότι η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,041, η οποία είναι μικρότερη από 0,05, κάτι που υποδεικνύει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της άποψης για τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από την κατασκευή μπαταριών και της ηλικίας. Ωστόσο, πρέπει να σημειώσουμε ότι το 53,3% των κελιών έχει αναμενόμενο πλήθος μικρότερο από 5, πράγμα που μπορεί να επηρεάσει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 31: Έλεγχος χ^2 για την άποψη ότι η κατασκευή μπαταριών για ηλεκτροκίνητα οχήματα προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	5,778 ^a	8	,672
Likelihood Ratio	5,935	8	,654
Linear-by-Linear Association	,667	1	,414
N of Valid Cases	123		

a. 7 cells (46,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,49.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,672, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της άποψης για τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από την κατασκευή μπαταριών και του τύπου της μόνιμης κατοικίας (π.χ. αστική ή αγροτική περιοχή).

Πίνακας 32: Έλεγχος χ^2 για τις εκπομπές που παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά την κίνησή τους και το φύλο

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	6,863 ^a	3	,076
Likelihood Ratio	6,558	3	,087
Linear-by-Linear Association	1,735	1	,188
N of Valid Cases	123		

a. 3 cells (37,5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,22.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,076, που είναι λίγο πάνω από το όριο του 0,05, και αυτό μπορεί να υποδηλώνει μια οριακή ή πιθανή συσχέτιση. Αν και η τιμή p δεν είναι αρκετά μικρή για να θεωρηθεί στατιστικά σημαντική η μικρή απόκλιση από το 0,05 μπορεί να σημαίνει ότι υπάρχει κάποια συσχέτιση, αλλά αυτή δεν είναι αρκετά ισχυρή ή σαφής για να την κατατάξουμε ως στατιστικά σημαντική.

Πίνακας 33: Έλεγχος χ^2 για τις εκπομπές που παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά την κίνησή τους και την ηλικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,444 ^a	6	,617
Likelihood Ratio	5,774	6	,449
Linear-by-Linear Association	,905	1	,341
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,77.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,617, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και των εκπομπών που παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά την κίνησή τους.

Πίνακας 34: Έλεγχος χ^2 για τις εκπομπές που παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά την κίνησή τους και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,680 ^a	6	,720
Likelihood Ratio	4,574	6	,600
Linear-by-Linear Association	1,281	1	,258
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,81.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,720, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του τύπου της μόνιμης κατοικίας και των εκπομπών που παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά την κίνησή τους. Επιπλέον, το 33,3% των κελιών έχει αναμενόμενο πλήθος μικρότερο από 5, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 35: Έλεγχος χ^2 για τις περιβαλλοντικές ωφέλειες της ηλεκτροκίνησης και το φύλο

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,721 ^a	3	,293
Likelihood Ratio	3,156	3	,368
Linear-by-Linear Association	,292	1	,589
N of Valid Cases	123		

a. 5 cells (62,5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,22.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,293, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και των περιβαλλοντικών ωφελειών της ηλεκτροκίνησης. Επιπλέον, το 62,5% των κελιών έχει αναμενόμενο πλήθος μικρότερο από 5, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 36: Έλεγχος χ^2 για τις περιβαλλοντικές ωφέλειες της ηλεκτροκίνησης και την ηλικία

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,492 ^a	6	,869
Likelihood Ratio	2,305	6	,890
Linear-by-Linear Association	,407	1	,524
N of Valid Cases	123		

a. 8 cells (66,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,77.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,869, η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και των περιβαλλοντικών ωφελειών της ηλεκτροκίνησης.

Πίνακας 37: Έλεγχος χ^2 για τις περιβαλλοντικές ωφέλειες της ηλεκτροκίνησης και την μόνιμη κατοικία

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,920 ^a	6	,819
Likelihood Ratio	3,864	6	,695
Linear-by-Linear Association	,641	1	,423
N of Valid Cases	123		

a. 9 cells (75,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,81.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,819, η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του τύπου της μόνιμης κατοικίας και των περιβαλλοντικών ωφελειών της ηλεκτροκίνησης.

Πίνακας 38: Έλεγχος χ^2 για το βασικό πρόβλημα με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή και το φύλο

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,188 ^a	3	,364
Likelihood Ratio	3,650	3	,302
Linear-by-Linear Association	,075	1	,784
N of Valid Cases	123		

a. 3 cells (37,5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,71.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,364, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και του βασικού προβλήματος με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή.

Πίνακας 39: Έλεγχος χ^2 για το βασικό πρόβλημα με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή και την ηλικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,505 ^a	6	,868
Likelihood Ratio	3,403	6	,757
Linear-by-Linear Association	,116	1	,734
N of Valid Cases	123		

a. 7 cells (58,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,08.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,868, η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και του βασικού προβλήματος με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή.

Πίνακας 40: Έλεγχος χ^2 για το βασικό πρόβλημα με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	5,734 ^a	6	,454
Likelihood Ratio	5,733	6	,454
Linear-by-Linear Association	,089	1	,765
N of Valid Cases	123		

a. 6 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,14.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,454, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του τύπου της μόνιμης κατοικίας και του βασικού προβλήματος με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή.

7.6.4 Υποδομές και Οικονομία

Πίνακας 41: Έλεγχος χ^2 για το ποια τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων και το φύλο

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,247 ^a	3	,523
Likelihood Ratio	1,941	3	,585
Linear-by-Linear Association	,002	1	,964
N of Valid Cases	123		

a. 5 cells (62,5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,49.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου X^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,523, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Πίνακας 42: Έλεγχος χ^2 για το ποια τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων και την ηλικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,607 ^a	6	,856
Likelihood Ratio	3,736	6	,712
Linear-by-Linear Association	,165	1	,684
N of Valid Cases	123		

a. 8 cells (66,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,31.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου x^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,856, η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Πίνακας 43: Έλεγχος χ^2 για το ποια τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,263 ^a	6	,775
Likelihood Ratio	4,647	6	,590
Linear-by-Linear Association	,047	1	,828
N of Valid Cases	123		

a. 9 cells (75,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,33.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,775, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του τύπου της μόνιμης κατοικίας και της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Πίνακας 44: Έλεγχος χ^2 για την επάρκεια της υπάρχουσας υποδομής φόρτισης και το φύλο

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,682 ^a	2	,159
Likelihood Ratio	3,987	2	,136
Linear-by-Linear Association	1,552	1	,213
N of Valid Cases	123		

a. 2 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,71.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,159, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της επάρκειας της υπάρχουσας υποδομής φόρτισης.

Πίνακας 45: Έλεγχος χ^2 για την επάρκεια της υπάρχουσας υποδομής φόρτισης και την ηλικία

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,200 ^a	4	,525
Likelihood Ratio	4,245	4	,374
Linear-by-Linear Association	,483	1	,487
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (44,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,08.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,525, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της επάρκειας της υπάρχουσας υποδομής φόρτισης.

Πίνακας 46: Έλεγχος χ^2 για την επάρκεια της υπάρχουσας υποδομής φόρτισης και την μόνιμη κατοικία

<i>Chi-Square Tests</i>			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,817 ^a	4	,769
Likelihood Ratio	1,931	4	,748
Linear-by-Linear Association	,005	1	,945
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (44,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,14.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,769, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του τύπου της μόνιμης κατοικίας και της επάρκειας της υπάρχουσας υποδομής φόρτισης.

Πίνακας 47: Έλεγχος χ^2 για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων και το φύλο

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,286 ^a	2	,010
Likelihood Ratio	8,867	2	,012
Linear-by-Linear Association	8,468	1	,004
N of Valid Cases	123		

a. 2 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3,41.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου X^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,010, η οποία είναι μικρότερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της επιρροής της κατασκευής ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων. Η στατιστικά σημαντική συσχέτιση υποδηλώνει ότι το φύλο έχει επιρροή στην άποψη για την επίδραση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων.

Πίνακας 48: Έλεγχος χ^2 για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων και την ηλικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,527 ^a	4	,822
Likelihood Ratio	1,700	4	,791
Linear-by-Linear Association	,332	1	,565
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (44,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,16.

Ο έλεγχος χ^2 για τη σχέση μεταξύ της ηλικίας των συμμετεχόντων και της αντίληψής τους σχετικά με την επίδραση της κατασκευής ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων δεν έδειξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($p = 0,822$). Αυτό υποδηλώνει ότι η ηλικία δεν επηρεάζει σημαντικά τις απόψεις των ατόμων για το συγκεκριμένο ζήτημα.

Πίνακας 49: Έλεγχος χ^2 για την επιρροή της κατασκευής ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,524 ^a	4	,822
Likelihood Ratio	1,675	4	,795
Linear-by-Linear Association	,113	1	,737
N of Valid Cases	123		

a. 4 cells (44,4%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,28.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,822, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του τύπου της μόνιμης κατοικίας και της επιρροής της κατασκευής ηλεκτροκίνητων οχημάτων στην οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων.

Πίνακας 50: Έλεγχος χ^2 για το αν η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης και το φύλο

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	10,636 ^a	4	,031
Likelihood Ratio	11,574	4	,021
Linear-by-Linear Association	10,106	1	,001
N of Valid Cases	123		

a. 3 cells (30,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,22.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,031, η οποία είναι μικρότερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της άποψης σχετικά με το αν η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης. Η ανάλυση αυτή μας δείχνει ότι το φύλο επηρεάζει την άποψη για την υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης από την πολιτεία.

Πίνακας 51: Έλεγχος χ^2 για το αν η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης και την ηλικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	14,155 ^a	8	,078
Likelihood Ratio	15,116	8	,057
Linear-by-Linear Association	,061	1	,804
N of Valid Cases	123		

a. 6 cells (40,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,77.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,078, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05 αλλά κοντά στο όριο. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει σαφής στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της άποψης για το αν η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης. Ωστόσο, η τιμή p είναι κοντά στο 0,05, γεγονός που υποδεικνύει ότι μπορεί να υπάρχει κάποια αδύναμη τάση συσχέτισης, αλλά δεν είναι αρκετά ισχυρή για να θεωρηθεί στατιστικά σημαντική με το δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης.

Πίνακας 52: Έλεγχος χ^2 για το αν η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	6,063 ^a	8	,640
Likelihood Ratio	6,386	8	,604
Linear-by-Linear Association	,221	1	,638
N of Valid Cases	123		

a. 6 cells (40,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,81.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,640, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του τύπου της μόνιμης κατοικίας και της άποψης για το αν η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης.

7.6.5 Προσωπικές Απόψεις και Προτιμήσεις

Πίνακας 53: Έλεγχος χ^2 για την ικανότητα αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των δύο τύπων οχημάτων και το φύλο

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	5,799 ^a	4	,215
Likelihood Ratio	5,260	4	,262
Linear-by-Linear Association	1,801	1	,180
N of Valid Cases	123		

a. 3 cells (30,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,71.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,215, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του φύλου και της ικανότητας αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των δύο τύπων οχημάτων.

Πίνακας 54: Έλεγχος χ^2 για την ικανότητα αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των δύο τύπων οχημάτων και την ηλικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	10,422 ^a	8	,237
Likelihood Ratio	10,022	8	,263
Linear-by-Linear Association	,118	1	,731
N of Valid Cases	123		

a. 7 cells (46,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,08.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,237, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας και της ικανότητας αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των δύο τύπων οχημάτων.

Πίνακας 55: Έλεγχος χ^2 για την ικανότητα αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των δύο τύπων οχημάτων και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,219 ^a	8	,837
Likelihood Ratio	4,436	8	,816
Linear-by-Linear Association	,408	1	,523
N of Valid Cases	123		

a. 7 cells (46,7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,14.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,837, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του τύπου της μόνιμης κατοικίας και της ικανότητας αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των δύο τύπων οχημάτων.

Πίνακας 56: Έλεγχος χ^2 για το είδος οχήματος (αγορά) με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και το φύλο

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	12,659 ^a	4	,013
Likelihood Ratio	11,928	4	,018
Linear-by-Linear Association	1,200	1	,273
N of Valid Cases	123		

a. 3 cells (30,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,68.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,013, η οποία είναι μικρότερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του είδους οχήματος (αγορά) με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και του φύλου. Αυτή η στατιστικά σημαντική συσχέτιση υποδεικνύει ότι το φύλο επηρεάζει την απόφαση σχετικά με το είδος οχήματος που επιλέγει με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες.

Πίνακας 57: Έλεγχος χ^2 για το είδος οχήματος (αγορά) με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και την ηλικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,257 ^a	8	,321
Likelihood Ratio	10,887	8	,208
Linear-by-Linear Association	,888	1	,346
N of Valid Cases	123		

a. 6 cells (40,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,70.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,321, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του είδους οχήματος (αγορά) με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και της ηλικίας.

Πίνακας 58: Έλεγχος χ^2 για το είδος οχήματος (αγορά) με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,598 ^a	8	,294
Likelihood Ratio	8,984	8	,344
Linear-by-Linear Association	6,043	1	,014
N of Valid Cases	123		

a. 5 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,79.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,294, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του είδους οχήματος (αγορά) με βάση τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και του τύπου της μόνιμης κατοικίας.

Ωστόσο, η τιμή p για τη γραμμική συσχέτιση (Linear-by-Linear Association) είναι 0,014, η οποία είναι μικρότερη από 0,05, υποδεικνύοντας στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τη συγκεκριμένη γραμμική σύνδεση. Αυτό μπορεί να δείχνει μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών σε κάποια συγκεκριμένα επίπεδα της κλίμακας τους.

Πίνακας 59: Έλεγχος χ^2 για την πρόθεση καταβολής περισσότερων χρημάτων για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα εάν αυτό μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και το φύλο

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	5,552 ^a	4	,235
Likelihood Ratio	5,012	4	,286
Linear-by-Linear Association	2,530	1	,112
N of Valid Cases	123		

a. 2 cells (20,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2,93.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,235, η οποία είναι μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της πρόθεσης καταβολής περισσότερων χρημάτων για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα και του φύλου, εάν αυτό μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Πίνακας 60: Έλεγχος χ^2 για την πρόθεση καταβολής περισσότερων χρημάτων για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα εάν αυτό μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την ηλικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,178 ^a	8	,923
Likelihood Ratio	3,204	8	,921
Linear-by-Linear Association	,023	1	,880
N of Valid Cases	123		

a. 6 cells (40,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,85.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,923, η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της πρόθεσης καταβολής περισσότερων χρημάτων για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα, εάν αυτό μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, και της ηλικίας.

Πίνακας 61: Έλεγχος χ^2 για την πρόθεση καταβολής περισσότερων χρημάτων για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα εάν αυτό μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και την μόνιμη κατοικία

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,566 ^a	8	,959
Likelihood Ratio	2,727	8	,950
Linear-by-Linear Association	,487	1	,485
N of Valid Cases	123		

a. 5 cells (33,3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,95.

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου χ^2 , η τιμή p για το Pearson Chi-Square είναι 0,959, η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από 0,05. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της πρόθεσης καταβολής περισσότερων χρημάτων για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα, εάν αυτό μειώνει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, και της μόνιμης κατοικίας.

8. Συζήτηση

8.1 Ερμηνεία ευρημάτων

Τα ευρήματα αυτής της μελέτης παρέχουν πολύτιμες γνώσεις για τις αντιλήψεις, τη γνώση και τη στάση του κοινού απέναντι στα ηλεκτρικά οχήματα (EVs) σε σύγκριση με τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE). Σημαντική μερίδα των ερωτηθέντων δεν είχε γνώση σχετικά με βασικές τεχνικές πτυχές, όπως η απόδοση μετατροπής ενέργειας και οι εκπομπές. Αυτό το κενό γνώσης μπορεί να συμβάλει σε εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με τα σχετικά πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων.

Αν και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες ήταν κινητήριοι παράγοντες για πολλούς ερωτηθέντες, ένας σημαντικός αριθμός εξέφρασε ακόμα αβεβαιότητα σχετικά με τις εκπομπές CO₂ των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα οχήματα ICE. Παρά τη ευρεία αναγνώριση των περιβαλλοντικών οφελών των ηλεκτρικών οχημάτων, οι ανησυχίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής μπαταριών εξακολούθησαν, με την πλειοψηφία να πιστεύει ότι προκαλεί σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Η υποδομή προέκυψε ως σημαντικό εμπόδιο στην υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων, με το 78% των ερωτηθέντων να δηλώνει ότι η τρέχουσα υποδομή φόρτισης είναι ανεπαρκής. Επιπλέον, ενώ υπήρξε ουσιαστική υποστήριξη για κρατικές επενδύσεις σε κίνητρα και υποδομές ηλεκτρικών οχημάτων, παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των φύλων. Οι γυναίκες ήταν πιο πιθανό να υποστηρίξουν τις κρατικές επενδύσεις και να προτιμήσουν τα EV έναντι των οχημάτων ICE όταν εξετάζουν περιβαλλοντικές ανησυχίες, ενώ οι άνδρες ήταν πιο πιθανό να επιλέξουν ICE ή υβριδικά οχήματα.

Οι οικονομικές ανησυχίες έπαιξαν επίσης ρόλο, καθώς μόνο ένα μέτριο ποσοστό των ερωτηθέντων εξέφρασε έντονη προθυμία να πληρώσει περισσότερα για ένα ηλεκτρικό όχημα παρά τα περιβαλλοντικά του οφέλη. Αυτό υποδηλώνει ότι ενώ υπάρχει περιβαλλοντική συνείδηση, οι οικονομικοί παράγοντες παραμένουν κρίσιμος παράγοντας στη λήψη αποφάσεων.

8.2 Περιορισμοί της Μελέτης

Πρέπει να αναγνωριστούν αρκετοί περιορισμοί. Πρώτον, η μελέτη βασίστηκε σε αυτοαναφερόμενα δεδομένα, τα οποία υπόκεινται σε προκαταλήψεις όπως η κοινωνική επιθυμία και η αυτοεπιλογή. Οι συμμετέχοντες που έχουν μεγαλύτερη περιβαλλοντική

συνείδηση μπορεί να ήταν περισσότερο διατεθειμένοι να συμμετάσχουν, δυνητικά παραμορφώνοντας τα αποτελέσματα.

Δεύτερον, το μέγεθος του δείγματος, αν και επαρκές για τις γενικές τάσεις, μπορεί να μην αντιπροσωπεύει πλήρως τον ευρύτερο πληθυσμό. Οι δημογραφικές διαφορές, ιδιαίτερα όσον αφορά την ηλικία, την εκπαίδευση και τα επίπεδα εισοδήματος, δεν εξετάστηκαν σε βάθος, γεγονός που θα μπορούσε να επηρεάσει τη στάση απέναντι στην υιοθέτηση των EV.

Επιπλέον, τα τεστ chi-square απέτυχαν σε μεγάλο βαθμό να εντοπίσουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δημογραφικών ομάδων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον τρόπο δομής των κατηγοριών απαντήσεων ή στο σχετικά μικρό μέγεθος δείγματος για ορισμένες υποομάδες. Οι μελλοντικές μελέτες μπορεί να χρειαστεί να βελτιώσουν τα εργαλεία μέτρησης ή να χρησιμοποιήσουν μεγαλύτερα δείγματα για να καταγράψουν περισσότερες αποχρώσεις.

8.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να επικεντρωθεί στην αντιμετώπιση των παραπάνω περιορισμών και στη διεύρυνση του πεδίου της έρευνας. Μια πιο εκτεταμένη μελέτη με μεγαλύτερο και πιο ποικίλο δείγμα θα μπορούσε να προσφέρει βαθύτερες γνώσεις σχετικά με τις δημογραφικές διαφορές στις αντιλήψεις για τα EV και τους φραγμούς υιοθέτησης.

Διαχρονικές μελέτες που παρακολουθούν τις αλλαγές στη στάση του κοινού με την πάροδο του χρόνου θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην αξιολόγηση του κατά πόσον η αυξανόμενη ανάπτυξη υποδομών και τα κίνητρα πολιτικής επηρεάζουν τη συμπεριφορά των καταναλωτών. Επιπλέον, οι πειραματικές μελέτες που δοκιμάζουν τον τρόπο με τον οποίο διαφορετικές ενημερωτικές παρεμβάσεις (π.χ. εκπαιδευτικές εκστρατείες σχετικά με τα οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων) επηρεάζουν τις προτιμήσεις των καταναλωτών θα ήταν πολύτιμες.

Η οικονομική έρευνα σχετικά με τις στρατηγικές τιμολόγησης, όπως τα κίνητρα, οι επιδοτήσεις και το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας, θα μπορούσε επίσης να βοηθήσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να σχεδιάσουν πιο αποτελεσματικές παρεμβάσεις. Τέλος, η ποιοτική έρευνα, όπως οι ομάδες εστίασης ή οι εις βάθος συνεντεύξεις, μπορεί να παρέχουν πλουσιότερες γνώσεις σχετικά με τους δισταγμούς και τα κίνητρα των καταναλωτών σχετικά με την υιοθέτηση των EV.

Βιβλιογραφία

- ABI Research . (2019). Retrieved from Next Gen Batteries Will Power Up the Electric Vehicle Installed Base to 100 Million by 2028: <https://www.abiresearch.com/press/next-gen-batteries-will-power-electric-vehicle-installed-base-100-million-2028/>
- ACEA. (2023). Retrieved from Vehicles in use, Europe 2023. European Automobile Manufacturers' Association: <https://www.acea.auto>
- Agusdinata, D., Liu, W., Eakin, H., & Romero, H. (2018, November 27). Socio-environmental impacts of lithium mineral extraction: towards a research agenda. *Environmental Research Letters*, 13(12), p. 3001. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aae9b1>
- Aikenhead, G. (2006). Science Education for Everyday Life: Evidence-Based Practice. Teachers College Press.
- Allchin, D. (2013). Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources. SHiPS Education Press.
- Altenburg, T., Bhasin, S., & Fischer, D. (2012). Sustainability-oriented innovation in the automobile industry: Advancing the electric vehicle agenda in China. *Innovation and Development*, 2(1), pp. 67-85.
- Bini , M., Capsoni, D., Ferrari, S., Quartarone, E., & Mustarelli, P. (2015). Rechargeable Lithium Batteries: Key Scientific and Technological Challenges. *Rechargeable Lithium Batteries*, 1(1), pp. 1-17.
- Birch, S. (2021). Retrieved from NAWA aims for 5-minute EV charge: <https://www.sae.org/news/2021/03/nawa-aims-for-5-minute-ev-charge>
- BouJaoude, S. &.-E.-K. (2004). The influence of science teachers' beliefs, argumentation skills, and science teaching orientations on the development of students' scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 26(3), pp. 387–408.
- Boyden, A., Soo, V., & Doolan, M. (2016). The Environmental Impacts of Recycling Portable Lithium-Ion Batteries. *Procedia CIRP*, 48(32), pp. 188-193.
- Breetz, H., McCormack , G., & Breetz , B. (2018). The politics of technology adoption: The case of electric vehicles. *Energy Policy*, 120, pp. 1–11.
- Bubela, T., & et al. (2009). Science communication reconsidered. *Nature Biotechnology*, 27(6), pp. 514–518.
- Buchal, C., Karl, H.-D., & Sinn, H.-W. (2019, April 25). Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO2-Bilanz? *Forschungsergebnisse*. Retrieved from <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2019-08-sinn-karl-buchal-motoren-2019-04-25.pdf>
- Bybee, R. W. (1997). Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices. *Heinemann*.
- Bybee, R., McCrae, B., & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An Assessment of Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), pp. 865–883.

- Camacho, O., & Mihet-Popa, L. (2014). Fast Charging and Smart Charging Tests for Electric Vehicles Batteries Using Renewable Energy. *Oil & Gas Science and Technology*, 71(1), pp. 1 – 13.
- Choubey, P., Chung, S., Kim, M., Lee, J., & Strivastava, R. (2017). Advance Review on the Exploitation of the Prominent Energy-storage Element Lithium. Part II: From Sea Water and Spent Lithium-Ion Batteries (LIBs). *Minerals Engineering*, 110 (2), pp. 104-121.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), pp. 582–601.
- Deutsche Telekom. (2021). Retrieved from Smart Cities & Regions: <https://public.telekom.de/unsere-loesungen/smart-city>
- Driver R., N. P. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), pp. 287–312.
- Dunn, J., James, C., Gaines, L., Gallagher, K., Dai, Q., & Kelly, J. (2015). *Material and Energy Flows in the Production of Cathode and Anode Materials for Lithium-Ion Batteries*. Illinois: Argonne National Laboratory.
- EDF. (2020). Retrieved from All about Electric Car Batteries: <https://www.edfenergy.com/electric-cars/batteries>
- EEA. (2016). Retrieved from Electric vehicles and the energy sector - impacts on Europe's future: <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-and-the-energy/electric-vehicles-and-energy>
- EEA. (2018a). Retrieved from Electric Vehicles: A Smart Choice for the Environment: <https://www.eea.europa.eu/articles/electric-vehicles-a-smart>
- EEA. (2020). Retrieved from EEA Report Confirms: Electric Cars Are Better for Climate and Air: <https://www.eea.europa.eu/highlights/eea-report-confirms-electric-cars>
- EERE . (2017). Retrieved from How Does a Lithium-ion Battery Work: <https://www.energy.gov/eere/articles/how-does-lithium-ion-battery-work>
- EERE. (2020). Retrieved from Reducing Pollution with Electric Work?: <https://www.energy.gov/eere/electricvehicles/reducing-pollutionelectricvehicles>
- Ellingsen, L., & Hung, C. (2016). Nanotechnology for environmentally sustainable electromobility. *Nature Nanotechnology*, 11 (12), pp. 1039-1051.
- eRoad Arlanda . (2021). Retrieved from Electrified Roads: A Sustainable Transport Solution for the Future: <https://eroadarlanda.com/>
- European Commission. (2014). *Clean Power for Transport: A European alternative fuels strategy (COM(2013) 17 final)*. Brussels: European Commission. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0017>

- European Commission. (2021). Retrieved from Fit for 55: Delivering the EU's 2030 Climate Target on the Way to Climate Neutrality: <https://ec.europa.eu/clima>
- Fehrenbacher, K. (2020). Retrieved from A New EV Battery Shows Big Promise: <https://www.greenbiz.com/article/new-ev-battery-shows-big-promise>
- Fischhoff, B. (2013). The sciences of science communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(3), pp. 14033–14039.
- Fourez, G. (1997). Scientific and Technological Literacy as a Social Practice. *Social Studies of Science*, 27(6), pp. 903–936.
- Free, M., & Moats, M. (2014). Hydrometallurgical Processing. *Treatise on Process Metallurgy*, 3(7), pp. 949-982.
- Gaines, L. (2014). The Future of Automotive Lithium-ion Battery Recycling: Charting a Sustainable Course. *Sustainable Materials and Technologies*, 1 (2), pp. 2-7.
- Gaines, L., & Dunn, J. (2014). Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications. *Lithium-Ion Battery Environmental Impacts*, 1 (21), pp. 483-508.
- Gourley, W., Or, T., & Chen, Z. (2020). Breaking Free from Cobalt Reliance in Lithium-Ion Batteries. *iScience*, 23(9), pp. 1-16.
- Hodson, D. (2011). *Looking to the future: Building a curriculum for social activism*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Huang, B., Pan, Z., & Su, X. (2018). Recycling of Lithium-Ion Batteries: Recent Advantages and Perspectives. *Journal of Power Sources*, 399 (7), pp. 274-286.
- Hulme, M. (2009). *Why we disagree about climate change: Understanding controversy, inaction and opportunity*. Cambridge: University Press.
- Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 16(1), pp. 13–16.
- IEA. (2020). Retrieved from Global EV Outlook 2020: Entering the decade of electric drive?: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- IEA. (2021). *Electric Vehicles*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>
- IEA. (2023). Retrieved from Global EV outlook 2023: Catching up with climate ambitions: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- IEA. (2024). (L. C. 4.0, Ed.) Retrieved from Electric vehicle battery demand by region, 2016-2023, IEA, Paris : <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-vehicle-battery-demand-by-region-2016-2023>
- IEA. (2024). (L. C. 4.0, Ed.) Retrieved from Global electric car stock, 2013-2023, IEA, Paris: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-car-stock-2013-2023>
- IEA. (2024). (L. C. 4.0, Ed.) Retrieved from Electric car sales, 2012-2024, IEA, Paris: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-car-sales-2012-2024>

- IEA. (2024). Retrieved from Global EV outlook 2024 : <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>
- IEA. (2024). (L. C. 4.0, Editor) Retrieved from Electric car registrations and sales share in China, United States and Europe, 2018-2023, IEA, Paris: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-car-registrations-and-sales-share-in-china-united-states-and-europe-2018-2023>
- IEA. (2024). Preliminary findings. International Energy Agency. *Global EV Outlook 2024* .
- International Energy Agency (IEA). (2023). (I. Report, Producer) Retrieved from Critical Minerals Market Review 2023: <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-market-review-2023/key-market-trends>
- IRENA. (2023). Electric vehicles: Technology brief. *International Renewable Energy Agency*. Retrieved from <https://www.irena.org>
- Jacoby, M. (2019). Retrieved from It's time to get serious about recycling lithium-ion batteries: <https://cen.acs.org/materials/energy-storage/time-serious-recycling-lithium/97/i28>
- Kolstø, S. D. (2001). 'To trust or not to trust,...'—pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), pp. 877–901.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), , pp. 71–94.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In Abell & Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*.
- Lewandowsky, S., Ecker, U., & Cook, J. (2012). Misinformation and Its Correction: Continued Influence and Successful Debiasing. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(3), pp. 106–131.
- Lewandowsky, S., Ecker, U., Seifert, C., Schwarz, N., & Cook, J. (2012). Misinformation and its correction: Continued influence and successful debiasing. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(3), pp. 106–131.
- Lien, L. (2018). Recycling Lithium Batteries Using Membrane Technologies. *ECS – The Electrochemical Society Meeting Abstracts*, MA2018-01 (4), p. 611.
- Mayyas, A., Darlene, S., & Mann, M. (2019). The Case for Recycling: Overview and Challenges in the Material Supply Chain for Automotive Li-Ion Batteries. *National Renewable Energy Laboratory*, 19 (3), pp. 1-26.
- Miller , J., Webster , C., Tummillio, A., & De Luca , W. (1997). *Testing and Evaluation of Batteries for a Fuel Cell Powered Hybrid Bus*. In Institute of Electrical and Electronics Engineers. New Jersey: Piscataway.
- Miller, J. D. (2016). Civic scientific literacy in the United States in 2016. *Center for Political Studies, University of Michigan*.

- Mishra, B. (2001). Cobalt and Nickel Production. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, 2(1), pp. 1288-1294.
- NAWA Technologies . (2019). Retrieved from The Ultra-Fast Carbon Electrode:
<http://www.nawatechnologies.com/wp-content/uploads/2019/10/NAWA-2019-brochure-Final-092019.pdf>
- Nazri, G., & Pistoia, G. (2003). *Lithium Batteries: Science and Technology*. Boston: Springer.
- OECD. (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing.
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328(5977), pp. 463–466.
- Osmanbasic, E. (2021). Retrieved from The Importance of Li-Ion Batteries Recycling:
<https://www.engineering.com/the-importance-of-li-ion-batteries-recycling/>
- Pogorelsky, A. (2020, November 8). Retrieved from No, the world will not switch to electric vehicles: 5 main obstacles: <https://mag.auto.ru/article/whynotonlyelectro/>
- QuantumScape. (2021). Retrieved from Solid-State Battery Landscape: Solid-State Battery Landscape
- Reuters, T. (2019). Retrieved from Will electric vehicles really create a cleaner planet?:
<https://www.thomsonreuters.com/en/reports/electric-vehicles.html>
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy, In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, pp. 729–780.
- Robinson, D. (2020). Retrieved from Six Electric Vehicle Charging Innovations That Could Be Crucial to Green Transport Revolution:
<https://www.nsenergybusiness.com/features/electric-vehicle-charging-innovations/>
- Roche, P., Thuiller, B., Laponche, B., Goldstick, M., Swahn, J., Ban, H., & Alvarez, R. (2020). Retrieved from The global crisis of nuclear waste: http://p3-raw.greenpeace.org/belgium/Global/belgium/report/2019/REPORT_NUCLEAR_WASTE_CRISIS_ENG_BD.pdf
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), pp. 513–536.
- Samsung SDI . (2016). Retrieved from The Composition of EV Batteries: Cells? Modules? Packs? Let's Understand Properly!:
<https://www.samsungsdi.com/column/all/detail/54344.html>
- Sarkhanyants, K. (2021, March 28). Retrieved from Why the transition to electric vehicles is not always good: [28https://auto.mail.ru/article/80894-pochemu-perehod_na_elektromobili_eto_ne_vsegda_horosho/?from=obves](https://auto.mail.ru/article/80894-pochemu-perehod_na_elektromobili_eto_ne_vsegda_horosho/?from=obves)

- Schnell, J., Naik, V., Horowitz, L., Paulot, F., Ginoux, P., Zhao, M., & Horton, D. (2019). Air Quality Impacts from the Electrification of Light-duty Passenger Vehicles. *Atmospheric Environment*, 208 (9), pp. 95-102.
- Scrosati, B., Garche, J., & Sun, Y. (2015). Advances in Battery Technologies for Electric Vehicles. *Recycling Lithium Batteries*, 1 (20), pp. 503-516.
- Shamos, M. (1995). The Myth of Scientific Literacy. *Rutgers University Press*.
- Shermer, M. (2002). Why People Believe Weird Things: Pseudoscience, Superstition, and Other Confusions of Our Time. *Holt*.
- Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. *Science & Education*, 27(7-8), pp. 805–827.
- Sucden Financial. (2023). (S. Report, Editor) Retrieved from Electric Vehicle and Battery Material Report - December 2023: <https://www.sucdenfinancial.com/en/market-insights/ev-battery-materials-outlook/electric-vehicle-and-battery-material-report-december-2023>
- UCS . (2018). Retrieved from “How Do Battery Electric Cars Work?”: <https://www.ucsusa.org/resources/how-do-battery-electric-cars-work>
- UNCTAD. (2020). Retrieved from Demand for raw materials for electric car batteries set to rise further: <https://unctad.org/news/demand-raw-materials-electric-car-batteries-set-rise-further>
- UNESCO. (2011). *Education for Sustainable Development*. Paris: UNESCO.
- Un-Noor, F., Sanjeevikumar, P., Mihet-Popa, L., Mollah, M., & Hossain, E. (2017). A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development. *Energies*, 10(8), pp. 1-84.
- Urban Electric. (2021). Retrieved from Convenient on-street electric vehicle charging: <https://www.urbanelectric.london/>
- Wang, Y., & Kimble, C. (2011). International Journal of Automotive Technology and Management. *Leapfrogging to electric vehicles: China's new automobile strategy*.
- White House. (2022). Retrieved from Inflation Reduction Act Guidebook: <https://www.whitehouse.gov>
- Wineburg, S., & McGrew, S. (2017). Lateral reading: Reading less and learning more when evaluating digital information. *Stanford History Education Group*.
- Wu, Y. (2010). Policy support for electric vehicles in China. *Energy Policy*.
- Xiong, H., Dufek, E., & Gering, K. (2018). Batteries. *Comprehensive Energy Systems*, 2(2), pp. 629-662.
- Yoshino, A. (2014). Development of the Lithium-Ion Battery and Recent Technological Trends. *Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications*, 1(1), pp. 1-20.

- Zhang, C., Cheng, G., Ju, Q., Zhang, W., Jiang, J., & Zhang, L. (2017). Study on Battery Pack Consistency Evolutions during Electric Vehicle Operation with Statistical Method. *Energy Procedia*, 105 (2017), pp. 3551 – 3556.
- Αϊλαμάκη, Κ. (2022). Retrieved from Ηλεκτροκίνηση οχημάτων στην Ελλάδα σε σχέση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες:
<https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/54298/%CE%91%CF%8A%CE%BB%CE%B1%CE%BC%CE%AC%CE%BA%CE%B7%20%CE%9A%CF%89%CE%BD%CF%83%CF%84%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%BD%CE%B1%20021209638.pdf?sequence=1>
- Αποστολόπουλος, Π. (2017). *Επιστημονικός Εγγραμματοσμός: Θεωρητική Προσέγγιση και Εκπαιδευτικές Διαστάσεις*. ΕΚΦΕ Χαλανδρίου.
- Εθνικό Τυπογραφείο. (2020). Νόμος 4720/2020 - Πλαίσιο για την προώθηση της ηλεκτροκίνησης. *ΦΕΚ Α' 184/15.09.2020*. Retrieved from <https://www.et.gr/>
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή . (2013). Retrieved from Έγγραφο Εργασίας των Υπηρεσιών της Επιτροπής: Περίληψη της Εκτίμησης Επιπτώσεων: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013SC0532&from=EL>
- IEA. (2023). Retrieved from Global EV outlook 2023: Trends in batteries:
<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/trends-in-batteries>
- IOBE. (2021). <https://iobe.gr/>. (Ι. Ο. Ερευνών, Editor) Retrieved from Ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα: Προοπτικές και προκλήσεις.
- Καραμπελιάς & Καραμπελιά, Θ. &. (2020). Η πανδημία, η επιστήμη και η ψευδοεπιστήμη. *Πρακτικά Συνεδρίου Εκπαίδευσης για την Υγεία*.
- KIA. (2021). Retrieved from «Τι είναι ένα υβριδικό αυτοκίνητο και πώς λειτουργεί;»:
<https://www.kia.com/gr/goelectric/pos-leitourgoun-ta-hybrid-aytokinita/#/>
- Κώτσος, Κ. Θ. (2024a). The Impact of Scientific Literacy on Politicians' Approach to the Issue of Climate Change. *EIKI Journal of Effective Teaching Methods*, 2(3).
- Κώτσος, Κ. Θ. (2024b). The Scientific Literacy Enables Policymakers to Legislate on Artificial Intelligence. *European Journal of Political Science Studies*, 7(1).
- Μαρινόπουλος, Α. (2011). (Ε. Μ. Πολυτεχνείο, Ed.) Retrieved from Η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας - μέθοδοι αποθήκευσης και εφαρμογές (Πτυχιακή εργασία):
<https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/3757>
- Ματσαγγούρας, Η. (2011). *Θεωρία και πράξη της διδακτικής των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρη.
- Νέγκας, Δ. (2017). Retrieved from Τρόποι φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων:
<https://heliev.gr/wp-content/uploads/2017/11/%CE%97%CE%BC%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B1-%CE%A4%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B9-%CF%86%CE%BF%CF%81%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%B7%CF%82->

%CF%84%CF%89%CE%BD-

%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%89
%CE%BD-%

Παρασίδης, Κ. (2020). Retrieved from Οι εκπομπές άνθρακα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι περίπου 17-30% χαμηλότερες από τη χρήση ενός αυτοκινήτου με κινητήρα εσωτερικής καύσης: <https://www.forin.gr/articles/article/36298/oi-ekpompes-anthraka-enos-hlektrikou-autokinhtou-einai-peripou-17-30-xamhlotes-apo-th-xrhsh-enos-autokinhtou-me-kinhthra-eswterikhs-kaushs>

Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). (2022). <https://www.rae.gr/>. Retrieved from Έκθεση για τις ενεργειακές υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα.

ΣΕΑΑ. (2024). <https://www.seaa.gr>. (Σ. Ε. Αυτοκινήτων, Editor) Retrieved from Στοιχεία Ταξινομήσεων Επιβατικών Οχημάτων 2023.

ΥΠΕΝ. (2022). <https://kinoumeilektrika2.gov.gr>. (Υ. Π. Ενέργειας, Editor) Retrieved from Οδηγός για το Πρόγραμμα “Κινούνται Ηλεκτρικά II”.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. (2023). <https://esek.gov.gr/>. Retrieved from Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ).

Φλογαΐτη, Ε. (2010). *Εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο

Για τη συλλογή ποσοτικών δεδομένων σχετικά με το υπό μελέτη θέμα, σχεδιάστηκε και διανεμήθηκε ερωτηματολόγιο μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας Google Forms. Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει συνολικά 22 ερωτήσεις και αποσκοπεί στη διερεύνηση των στάσεων, των απόψεων και των αντιλήψεων των συμμετεχόντων. Παρακάτω, ακολουθούν όλα τα μέρη και οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

Ηλεκτρονική διεύθυνση ερωτηματολογίου: <https://forms.gle/4THTx8azUxsndmmK7>

Μέρος 1: Δημογραφικά χαρακτηριστικά

1. Ποιο είναι το φύλο σας;

- ☐ Γυναίκα
- ☐ Άνδρας
- ☐ Άλλο
- ☐ Προτιμώ να μην απαντήσω

2. Ποια είναι η ηλικία σας;

- ☐ 18-21
- ☐ 22-25
- ☐ 26-29

3. Η μόνιμη κατοικία σας βρίσκεται σε

- ☐ Αστική περιοχή
- ☐ Ημι-αστική περιοχή
- ☐ Αγροτική περιοχή

Μέρος 2: Γενικές Γνώσεις

4. Ποια είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα;

- Ηλιακή ενέργεια
- Πετρέλαιο
- Βενζίνη
- Μπαταρίες

5. Ποιο από τα παρακάτω είναι το κύριο καύσιμο στα συμβατικά οχήματα;

- Υδρογόνο
- Βενζίνη
- Βιοκαύσιμα
- Μπαταρίες

6. Ποιο από τα δύο οχήματα θεωρείτε ότι έχει μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του (κατασκευή, λειτουργία και ανακύκλωση);

- Ηλεκτροκίνητα οχήματα (EV)
- Οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE)
- Εξαρτάται από την περίπτωση
- Δεν γνωρίζω

7. Ποιο από τα παρακάτω αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την ευρεία χρήση ηλεκτρικών οχημάτων;

- Κόστος κατασκευής μπαταριών
- Δυσκολία στην ανακύκλωση μπαταριών
- Περιορισμένη υποδομή φόρτισης
- Όλα τα παραπάνω

Μέρος 3: Ενέργεια και Κατανάλωση

8. Γνωρίζετε πόση περίπου από την ενέργεια της μπαταρίας μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στα ηλεκτρικά οχήματα;

- ☐ 20-30%
- ☐ 40-60%
- ☐ 85-90%
- ☐ Δεν γνωρίζω

9. Γνωρίζετε πόση περίπου απόδοση έχουν τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης;

- ☐ 20-30%
- ☐ 40-60%
- ☐ 85-90%
- ☐ Δεν γνωρίζω

10. Ποιος είναι ο μέσος χρόνος ζωής μιας μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος;

- ☐ 1-4 έτη
- ☐ 5-8 έτη
- ☐ 9-12 έτη
- ☐ Περισσότερο από 12 έτη

Μέρος 4: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

11. Ποια είναι η γνώμη σας σχετικά με τις εκπομπές CO₂ των ηλεκτροκίνητων οχημάτων κατά τη χρήση τους σε σχέση με τα οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης;

- ☐ Τα EV έχουν σημαντικά χαμηλότερες εκπομπές
- ☐ Τα ICE έχουν χαμηλότερες εκπομπές
- ☐ Δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά
- ☐ Δεν γνωρίζω

12. Πόσο πιστεύετε ότι η κατασκευή μπαταριών για ηλεκτροκίνητα οχήματα προκαλεί περιβαλλοντικά προβλήματα;

(1=Καθόλου, 2=Λίγο, 3=Αρκετά, 4=Πολύ, 5=Πάρα πολύ)

13. Τι εκπομπές παράγουν τα ηλεκτρικά οχήματα κατά την κίνησή τους;

- ☐ CO₂
- ☐ NO₂
- ☐ Καμία
- ☐ Δεν γνωρίζω

14. Ποιες είναι οι περιβαλλοντικές ωφέλειες της ηλεκτροκίνησης;

- ☐ Μείωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- ☐ Μείωση ηχορύπανσης
- ☐ Μείωση κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων
- ☐ Όλα τα παραπάνω

15. Ποιο είναι το βασικό πρόβλημα με τα ορυκτά καύσιμα όσον αφορά την κλιματική αλλαγή;

- ☐ Υψηλή παραγωγή CO₂
- ☐ Υψηλή κατανάλωση ενέργειας
- ☐ Υψηλό κόστος
- ☐ Δεν γνωρίζω

Μέρος 5: Υποδομές και Οικονομία

16. Ποια τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων;

- ☐ Αντλίες βενζίνης
- ☐ Σταθμοί φόρτισης / ηλεκτρικοί φορτιστές
- ☐ Γεννήτριες καυσίμων
- ☐ Όλα τα παραπάνω

17. Πιστεύετε ότι η υπάρχουσα υποδομή φόρτισης είναι επαρκής για τη στήριξη της μαζικής υιοθέτησης ηλεκτροκίνητων οχημάτων;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι
- ☐ Δεν είμαι σίγουρος/η

18. Η κατασκευή ηλεκτροκίνητων οχημάτων μπορεί να επηρεάσει την οικονομία και την απασχόληση στις παραδοσιακές βιομηχανίες καυσίμων;

- ☐ Ναι
- ☐ Όχι
- ☐ Δε γνωρίζω

19. Πιστεύετε ότι η πολιτεία πρέπει να επενδύσει περισσότερο στην υποστήριξη της ηλεκτροκίνησης (π.χ. μέσω κινήτρων ή υποδομών);

(1=Καθόλου, 2=Λίγο, 3=Αρκετά, 4=Πολύ, 5=Πάρα πολύ)

Μέρος 6: Προσωπικές Απόψεις και Προτιμήσεις

20. Πιστεύετε ότι θα μπορούσατε να αξιολογήσετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων έναντι των οχημάτων εσωτερικής καύσης;

(1=Καθόλου, 2=Λίγο, 3=Αρκετά, 4=Πολύ, 5=Πάρα πολύ)

21. Αν είχατε τη δυνατότητα να επιλέξετε, ποιο είδος οχήματος θα αγοράζατε με βάση τις περιβαλλοντικές σας ανησυχίες;

- Ηλεκτροκίνητο όχημα
- Όχημα με κινητήρα εσωτερικής καύσης
- Υβριδικό όχημα
- Είμαι ανοιχτός/ή και στα τρία
- Δεν γνωρίζω

22. Πόσο πρόθυμοι/ες θα ήσασταν να πληρώσετε περισσότερα για ένα ηλεκτροκίνητο όχημα εάν αυτό μειώνει σημαντικά το περιβαλλοντικό σας αποτύπωμα;

(1=Καθόλου, 2=Λίγο, 3=Αρκετά, 4=Πολύ, 5=Πάρα πολύ)