



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και
Περιφερειακής Ανάπτυξης και Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών**

**Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
«Διαχείριση Έργων, Συγκοινωνιακός και Χωρικός Σχεδιασμός»**

Διπλωματική εργασία

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ
ΘΟΡΥΒΟ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**

ΤΟΥ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΘΕΟΔΩΡΟΥ

Επιβλέπων Καθηγητής : Nikola Remy

Τριμελής Επιτροπή : Nikola Remy, Ναθαναήλ Ευτυχία, Θεοφιλάτος Αθανάσιος

Βόλος, Ιανουάριος 2024

Περιεχόμενα

Καταλογος εικονων.....	iii
Περίληψη	1
abstract	2
Εισαγωγή	3
Κεφαλαιο 1: ηλεκτρικα αυτοκινητα	5
1.1. Ιστορική αναδρομή	7
1.2. Τεχνικα χαρακτηριστικα	18
1.3. Λειτουργία.....	27
1.4. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα	34
Κεφαλαιο 2: Ηχορύπανση.....	40
2.1. Εισαγωγικές έννοιες.....	40
2.2. Θόρυβος και οι Κύριες Πηγές του	42
2.3. Επιπτώσεις του Ήχου στον Άνθρωπο	46
2.4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ θορυβου.....	53
Κεφαλαιο 3: Μείωση του θορύβου.....	58
3.1. Επιπτώσεις του θορύβου.....	58
3.2. Επιπτώσεις της αύξησης της κυκλοφορίας.....	59
3.3. στρατηγικές για τη μείωση του θορύβου.....	61
Κεφαλαιο 4: Η επίδραση των ηλεκτρικών οχημάτων στον θόρυβο της κυκλοφορίας.....	69
4.1. Σύγκριση των χαρακτηριστικών θορύβου μεταξύ των οχημάτων εσωτερικής καύσης και των ηλεκτρικών οχημάτων	69
4.2. Παράγοντες που συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών θορύβου στα EV.....	71
4.3. Θετικές επιδράσεις των ηλεκτρικων οχηματων στον κυκλοφοριακό θόρυβο.....	73
4.4. Προκλήσεις και προβληματισμοί.....	76
Συμπερασματα	78

Βιβλιογραφία 80

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΠΡΩΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΤΟΥ ΆNYOS JEDLIK (GUARNIERI, 2012).	8
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ THOMAS DAVENPORT (DOPPELBAUER, 1822).....	9
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΚΕ ΑΠΟ ΤΟΝ ROBERT ANDERSON (SABONNADIÈRE, 2009).	10
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΜΑΞΑ ΤΟΥ ΝΤΕΙΒΙΝΤ ΣΑΛΟΜΟΝΣ (MARKS, 1897).....	11
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΜΑΞΑ ΤΟΥ WILLIAM MORRISON (SOURCE: HTTP://GREENOPOLIS.COM). ..	12
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΜΟΝΤΕΛΟ Τ ΤΟΥ FORD ΤΟ 1908 (ALIZON., SHOOTER & SIMPSON, 2008).	14
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΤΟΥΤΑ PRIUS ΤΟ 1997 (ΤΟΥΤΑ, 1997).....	15
ΕΙΚΟΝΑ 8: TESLA ROADSTER ΤΟ 2008 (CSABA CSERE, 2008).....	16
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ ΙΟΝΤΩΝ ΛΙΘΙΟΥ (RENAULT GROUP, 2019).....	17
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΟΧΗΜΑΤΑ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (POORNESH, NIVYA, & SIREESHA, 2020).	20
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΧΡΟΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ (SAVARI, ET AL., 2023).....	22
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΠΗΓΕΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ (PRATICO, BRIANTE & SPERANZA, 2020 & DERYABIN, 2022).....	55
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (LEE, KIM, & HA, 2012 – YANG & LI, 2012 - XUE, ET AL., 2016 - RAJAPPAN, BHASKARAN & RAVINDRAN, 2017 - LIM, ET AL., 2018).	62
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΗΧΗΤΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΟΧΗΜΑΤΑ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (ORDINARY I ΚΑΙ II) ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (ΤΑΒΑΤΑ, ΚΟΝΕΤ & ΚΑΝΟΥΜΑ 2010). ...	63
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΘΟΡΥΒΟΣ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ (WHICHCAR.COM.AU).....	64
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΑΘΟΡΥΒΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ: " ΕΠΙΠΕΔΟ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΦΟΡΤΙΟ " (JHA & SHARMA, 2013).	65
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΝ ΤΟΝ ΗΧΟ(ΤΑΟ, ET AL., 2021).	66
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΛΑΡΙΣΑΣ - ΟΔΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ.	67
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΒΟΛΟΥ - ΟΔΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ. 68	68

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή διερευνά την αλληλεπίδραση μεταξύ των ηλεκτρικών οχημάτων (EVs) και της αστικής ηχορύπανσης, εξετάζοντας πώς η αθόρυβη λειτουργία των EVs μπορεί να επηρεάσει το ακουστικό τοπίο των πόλεων. Παρακολουθώντας την ιστορική εξέλιξη των ηλεκτροκίνητων οχημάτων και αναλύοντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους, η εργασία θέτει τα θεμέλια για την κατανόηση των μοναδικών χαρακτηριστικών τους. Εμβαθύνει στις επιπτώσεις και τις πηγές της ηχορύπανσης, δίνοντας έμφαση στην ανάγκη λήψης μέτρων ελέγχου του θορύβου. Στη συνέχεια, διερευνώνται οι δυνατότητες των ηλεκτρικών οχημάτων για τον μετριασμό του κυκλοφοριακού θορύβου, υπογραμμίζοντας τόσο τα οφέλη όσο και τις προκλήσεις. Συνοπτικά, το δοκίμιο αυτό συμβάλλει στην λεπτομερή κατανόηση της εξελισσόμενης σχέσης μεταξύ των EVs και της ηχορύπανσης.

Λέξεις - Κλειδιά: Ηλεκτρικά οχήματα, ηχορύπανση, αστικό περιβάλλον, θόρυβος κυκλοφορίας

ABSTRACT

This thesis explores the interaction between electric vehicles (EVs) and urban noise pollution, examining how the quiet operation of EVs can affect the acoustic landscape of cities. By tracing the historical development of electric vehicles and analyzing their technical characteristics, the paper lays the foundation for understanding their unique features. It delves into the impacts and sources of noise pollution, emphasising the need for noise control measures. It then explores the potential of electric vehicles to mitigate traffic noise, highlighting both the benefits and challenges. In summary, this essay contributes to a nuanced understanding of the evolving relationship between EVs and noise pollution.

Keywords; Electric vehicles, noise pollution, urban environment, traffic noise

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καθώς ο κόσμος συνεχίζει να παλεύει με τις διπλές προκλήσεις της αστικοποίησης και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, η αυτοκινητοβιομηχανία έχει γίνει μάρτυρας μιας μετασχηματιστικής στροφής προς τα ηλεκτρικά οχήματα. Αυτή η αλλαγή παραδείγματος αντανακλά μια ευρύτερη παγκόσμια δέσμευση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο, η εμφάνιση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων επιφέρει μια σειρά από διαφοροποιημένες εκτιμήσεις, μία από τις οποίες είναι η περίπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, της ηχορύπανσης και του αστικού ηχοτοπίου.

Το πρώτο κεφάλαιο εξετάζει την ιστορική εξέλιξη και τις τεχνικές περιπλοκές των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Ξεκινώντας με ένα ιστορικό υπόβαθρο, το κεφάλαιο αυτό διερευνά τη γένεση και την εξέλιξη των ηλεκτρικών οχημάτων, εντοπίζοντας την προέλευσή τους στις αρχές του 19ου αιώνα. Αυτή η αφήγηση παρέχει μια πλαισιωμένη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα εξελίχθηκαν με την πάροδο του χρόνου, από τα πειραματικά πρωτότυπα στα εξελιγμένα μηχανήματα του σήμερα.

Το κεφάλαιο εμβαθύνει στα τεχνικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Η συζήτηση περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία, όπως η τεχνολογία μπαταριών, τα ηλεκτρικά συστήματα κίνησης, η υποδομή φόρτισης και τα συστήματα αναγεννητικής πέδησης. Αυτές οι τεχνικές γνώσεις προσφέρουν μια ολοκληρωμένη προοπτική για τα τεχνικά επιτεύγματα που στηρίζουν τη λειτουργία των ηλεκτρικών οχημάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, το επίκεντρο μετατοπίζεται σε ένα κρίσιμο ζήτημα που απασχολεί τα αστικά περιβάλλοντα: τη ρύπανση από θόρυβο. Το κεφάλαιο αυτό παρέχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των εισαγωγικών εννοιών που σχετίζονται με τη ρύπανση από θόρυβο, συμπεριλαμβανομένης της αξιολόγησης της έντασης του ήχου σε σχέση με τη συχνότητα. Εμβαθύνει περαιτέρω στις πηγές της ηχορύπανσης, που κυμαίνονται από τις μεταφορές έως τις βιομηχανικές δραστηριότητες και διερευνά τις δυσμενείς επιπτώσεις που μπορεί να έχει στην ανθρώπινη υγεία και ευημερία.

Το τρίτο κεφάλαιο εμβαθύνει στις επιπτώσεις της ηχορύπανσης, ιδίως στο πλαίσιο της αυξημένης κυκλοφορίας, η οποία αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα της αστικοποίησης. Η συζήτηση περιστρέφεται γύρω από τις επιπτώσεις του κλιμακούμενου κυκλοφοριακού θορύβου

στα άτομα και τις κοινότητες, ρίχνοντας φως στη δυνατότητά του να υποβαθμίσει την ποιότητα ζωής και να συμβάλει σε μια σειρά από προβλήματα υγείας.

Το τέταρτο κεφάλαιο χρησιμεύει ως κεντρικό σημείο της μελέτης, διερευνώντας την πολύπλοκη σχέση μεταξύ των ηλεκτρικών οχημάτων και του κυκλοφοριακού θορύβου. Υπογραμμίζει την αυξανόμενη σημασία του θορύβου στο αστικό τοπίο και εμβαθύνει στα ακουστικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών οχημάτων.

Συνολικά, τα κεφάλαια που παρουσιάζονται συμβάλλουν στη βαθύτερη κατανόηση της πολύπλευρης δυναμικής που παίζει ρόλο όσον αφορά τα ηλεκτρικά οχήματα, τη ρύπανση από θόρυβο και το βιώσιμο μέλλον των αστικών μεταφορών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, είναι ένας ολοένα και πιο δημοφιλής τρόπος μεταφοράς που χρησιμοποιεί ως κύρια πηγή ενέργειας την ηλεκτρική. Τα οχήματα αυτά κερδίζουν έδαφος παγκοσμίως ως βιώσιμη εναλλακτική λύση στα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (Santos, et al., 2021).

Η παγκόσμια αύξηση της δημοτικότητας των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να αποδοθεί σε δύο σημαντικούς παράγοντες. Πρώτον, ευθυγραμμίζεται με τη συνεχιζόμενη παγκόσμια ενεργειακή μετάβαση και τις αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με την εξάντληση και το υπερβολικό κόστος της εξόρυξης πετρελαίου (Aklın & Upreti, 2018). Δεύτερον, οι ευρωπαϊκές κυβερνήσεις ενθαρρύνουν ενεργά τους καταναλωτές να κάνουν τη μετάβαση σε υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα, παρόλο που το αρχικό κόστος αγοράς είναι υψηλότερο (Broadbent, G. H., Drozdowski & Metternicht, 2018).

Η ενεργειακή μετάβαση είναι μια παγκόσμια κίνηση απομάκρυνσης από τα ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας προς καθαρότερες και πιο βιώσιμες πηγές ενέργειας (York & Bell, 2019). Η μετάβαση αυτή υποκινείται από διάφορους παράγοντες, όπως περιβαλλοντικές ανησυχίες όπως η κλιματική αλλαγή και η ατμοσφαιρική ρύπανση, καθώς και η συνειδητοποίηση ότι η εξόρυξη πεπερασμένων και περιβαλλοντικά επιβλαβών ορυκτών καυσίμων γίνεται όλο και πιο δαπανηρή. Ως εκ τούτου, υπάρχει αυξανόμενη επείγουσα ανάγκη να μειωθεί η εξάρτησή μας από το πετρέλαιο, στο οποίο βασίζονται σε μεγάλο βαθμό τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (Bureika, Matijošius & Rimkus, 2020).

Η εξάντληση των πετρελαϊκών πόρων είναι ένα πειστικό ζήτημα. Καθώς η παγκόσμια ζήτηση για μεταφορές συνεχίζει να αυξάνεται, οι ανησυχίες σχετικά με την πεπερασμένη φύση των αποθεμάτων πετρελαίου έχουν ενταθεί. Επιπλέον, η εξόρυξη και η επεξεργασία του πετρελαίου γίνονται σταδιακά όλο και πιο δαπανηρές τόσο από οικονομική άποψη όσο και από άποψη περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Αυτό το κλιμακούμενο κόστος και η πιθανή σπανιότητα των πετρελαϊκών πόρων έχουν καταστήσει επιτακτική την ανάγκη διερεύνησης και υιοθέτησης εναλλακτικών τρόπων μεταφοράς που εξαρτώνται λιγότερο από το πετρέλαιο (Zhang, et al., 2019).

Στην Ευρώπη, οι κυβερνήσεις και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής έχουν υιοθετήσει ενεργή στάση για την προώθηση της υιοθέτησης υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων, παρά το

υψηλότερο αρχικό κόστος τους σε σύγκριση με τα παραδοσιακά οχήματα εσωτερικής καύσης. Η προσέγγιση αυτή οφείλεται σε διάφορους βασικούς παράγοντες (Biresselioglu, Kaplan & Yilmaz, 2018).

Πρώτον, οι περιβαλλοντικές ανησυχίες είναι πρωταρχικής σημασίας για τη χάραξη πολιτικής στην Ευρώπη. Ο τομέας των μεταφορών συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και η μετάβαση σε οχήματα χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών θεωρείται απαραίτητη για την επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων και την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής (Chen, et al., 2022).

Για να καταστήσουν τα EV και τα HEV πιο προσιτά σε ένα ευρύτερο φάσμα καταναλωτών, πολλές ευρωπαϊκές κυβερνήσεις προσφέρουν κίνητρα, επιδοτήσεις και φορολογικές ελαφρύνσεις. Αυτά τα οικονομικά κίνητρα μπορούν να μειώσουν σημαντικά το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας, καθιστώντας τα οχήματα αυτά μια ελκυστική επιλογή (Razmjoo, et al., 2022).

Εκτός από τα οικονομικά κίνητρα, έχουν θεσπιστεί ρυθμιστικά μέτρα, συμπεριλαμβανομένων αυστηρών προτύπων εκπομπών και εντολών που προωθούν την ηλεκτρική κινητικότητα. Αυτό έχει δημιουργήσει ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη της υποδομής και της υιοθέτησης των ηλεκτρικών οχημάτων (Shah, 2022).

Οι επενδύσεις σε υποδομές φόρτισης ήταν σημαντικές σε ολόκληρη την Ευρώπη, καθιστώντας πιο βολικό για τους καταναλωτές να κατέχουν και να χρησιμοποιούν ηλεκτρικά οχήματα. Οι εξελίξεις αυτές αντιμετωπίζουν το ζήτημα του άγχους για την εμβέλεια και προωθούν περαιτέρω την υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων (Broadbent, Drozdowski & Metternicht, 2018).

Τέλος, οι εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού και οι εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες έχουν συμβάλει καθοριστικά στη μετάδοση των πλεονεκτημάτων των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των μειωμένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και του χαμηλότερου κόστους λειτουργίας τους με την πάροδο του χρόνου (Roznik, et al., 2023).

Συμπερασματικά, η άνοδος των ηλεκτρικών οχημάτων σε παγκόσμια κλίμακα οφείλεται στην ενεργειακή μετάβαση, στις ανησυχίες για την εξάντληση των πετρελαϊκών πόρων και στην ενεργό υποστήριξη των ευρωπαϊκών κυβερνήσεων. Αυτοί οι παράγοντες συμβάλλουν συλλογικά

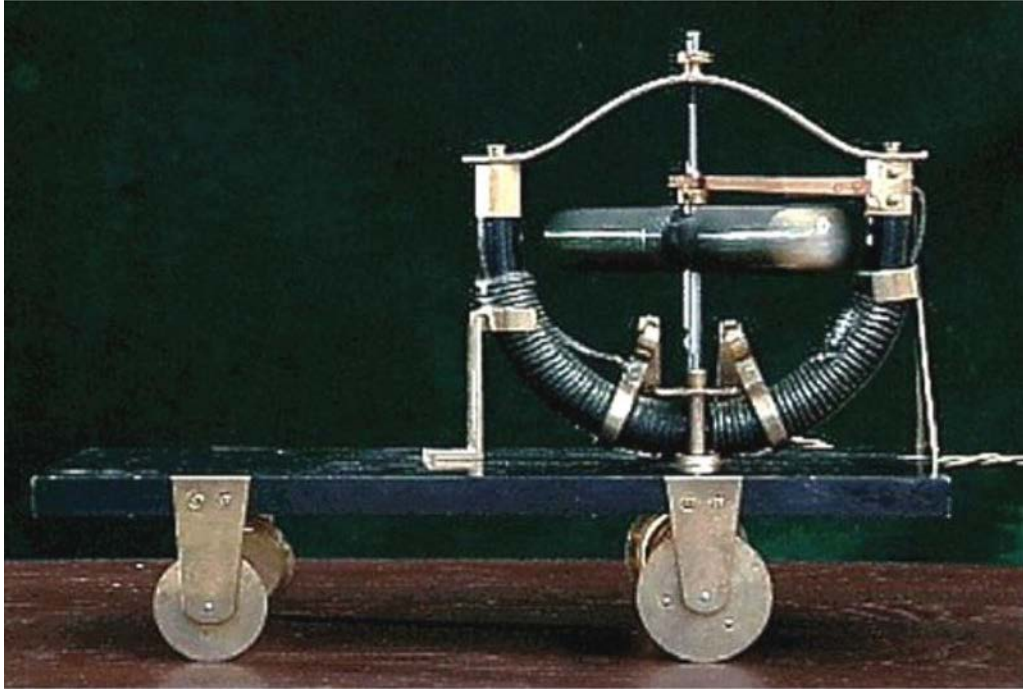
στην ανάπτυξη της αγοράς ηλεκτρικών οχημάτων και στον καθοριστικό της ρόλο στη διαμόρφωση του μέλλοντος των μεταφορών.

1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ιστορία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να εντοπιστεί στις αρχές του 19ου αιώνα, μια εποχή αξιοσημείωτης καινοτομίας και πειραματισμού με διάφορες μορφές μεταφοράς. Η ιδέα των ηλεκτρικών οχημάτων προέκυψε καθώς οι εφευρέτες αναζήτησαν εναλλακτικές λύσεις για τις παραδοσιακές άμαξες με άλογα, με γνώμονα το όραμα καθαρότερων, αποδοτικότερων και πιο αθόρυβων μεταφορών (Zhang, et al., 2022). Ας εμβαθύνουμε στα βασικά ορόσημα που διαμόρφωσαν το ιστορικό υπόβαθρο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων:

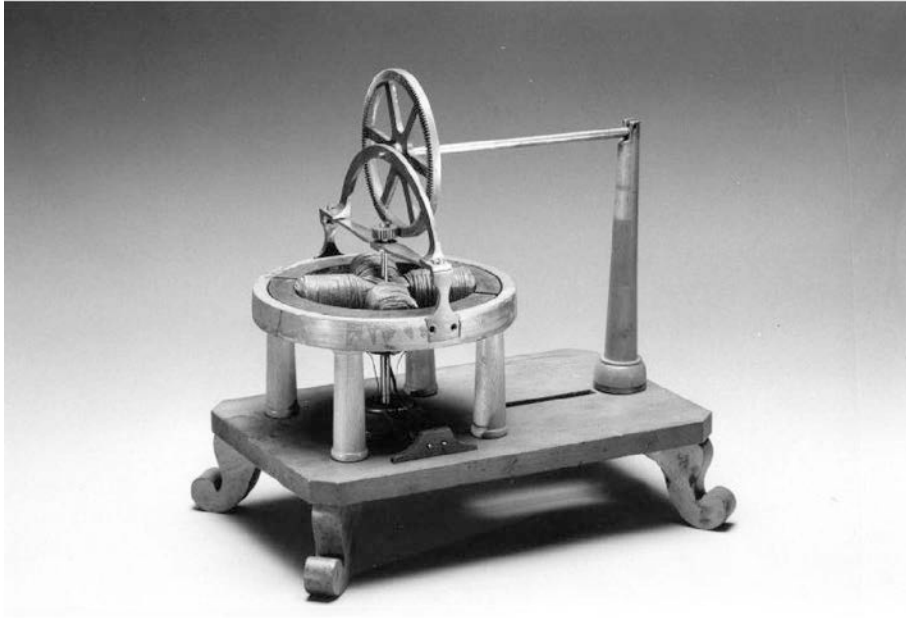
Πρώιμες ηλεκτρικές άμαξες

Το ταξίδι των ηλεκτρικών οχημάτων ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1820, όταν ο Ούγγρος εφευρέτης Άνγος Jedlik κατασκεύασε έναν ηλεκτροκινητήρα μικρής κλίμακας και τον χρησιμοποίησε για να τροφοδοτήσει ένα απλό μοντέλο αυτοκινήτου. Αν και η εφεύρεσή του δεν οδήγησε σε πρακτικά ηλεκτρικά οχήματα, έθεσε τις βάσεις για περαιτέρω εξερευνήσεις (Suh & Cho, 2017).



Εικόνα 1: Πρώτο αντικείμενο αυτοκινήτου του Άnyος Jedlik (Guarnieri, 2012).

Το 1835, ένας άλλος Ούγγρος εφευρέτης, ο Thomas Davenport, κατασκεύασε έναν πρακτικό ηλεκτρικό κινητήρα συνεχούς ρεύματος και τον προσαρμόσε σε μια ηλεκτρική άμαξα μικρής κλίμακας. Το έργο του Ντάβενπορτ σηματοδότησε μία από τις πρώτες περιπτώσεις ηλεκτρικού οχήματος, αν και πρωτότυπο, το οποίο χρησιμοποιούσε ηλεκτροκινητήρα με μπαταρία για την πρόωση (Guarnieri, 2018).



Εικόνα 2: Ηλεκτρικός κινητήρας συνεχούς ρεύματος του Thomas Davenport (Doppelbauer, 1822).

Η ηλεκτρική άμαξα του Robert Anderson

Στη Σκωτία, ο Ρόμπερτ Άντερσον, πρωτοπόρος εφευρέτης και μηχανικός, ανέπτυξε μια πρόιμη ηλεκτρική άμαξα τη δεκαετία του 1830. Χρησιμοποίησε μη επαναφορτιζόμενες κυψέλες για την τροφοδοσία του ηλεκτρικού οχήματός του, καθιστώντας το την πρώτη τεκμηριωμένη ηλεκτρική άμαξα που διέθετε αυτόνομη πηγή ενέργειας. Παρά τις εξελίξεις αυτές, οι περιορισμοί των μη επαναφορτιζόμενων μπαταριών εμπόδισαν την ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων (Fayziyev, et al., 2022).



Εικόνα 3: Το πρώτο ηλεκτρικό αυτοκίνητο που κατασκευάστηκε από τον Robert Anderson (Sabonnadière, 2005).

Τα τέλη του 19ου αιώνα

Στα τέλη του 19ου αιώνα σημειώθηκε σημαντική πρόοδος στην τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων. Καινοτόμοι όπως ο σερ Ντέιβιντ Σάλομονς στην Αγγλία και ο Γουίλιαμ Μόρισον στις Ηνωμένες Πολιτείες πειραματίστηκαν με ηλεκτρικές άμαξες, βελτιώνοντας τα σχέδια των μπαταριών και τα συστήματα κίνησης (Barker, 2016 - Werrett, 2019).



Εικόνα 4: Ηλεκτρική άμαξα του Ντέιβιντ Σάλομονς (Marks, 1897).



Εικόνα 5: Ηλεκτρική άμαξα του William Morrison (source: <http://greenopolis.com>).

Το 1884, ο Τόμας Πάρκερ, Βρετανός εφευρέτης και βιομήχανος, κατασκεύασε το πρώτο πρακτικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο παραγωγής. Η εφεύρεσή του χρησιμοποίησε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες μολύβδου-οξέος υψηλής χωρητικότητας, καθιστώντας το όχημα πιο πρακτικό. Το ηλεκτρικό αυτοκίνητο του Πάρκερ βρήκε εφαρμογές σε διάφορες βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένων των οχημάτων διανομής και των ταξί, όπου η αθόρυβη και καθαρή λειτουργία του ήταν ιδιαίτερα πλεονεκτική (Faraz, et al., 2021).

Η άνοδος των ηλεκτρικών ταξί και η πρόωμη έκρηξη των ηλεκτρικών οχημάτων

Στα τέλη του 19ου και στις αρχές του 20ού αιώνα, τα ηλεκτρικά οχήματα κέρδισαν έδαφος σε ορισμένα αστικά κέντρα, ιδίως ως ταξί. Πόλεις όπως η Νέα Υόρκη, το Άμστερνταμ και το Λονδίνο, είδαν μια έξαρση στα ηλεκτρικά ταξί, χάρη στην αθόρυβη λειτουργία των οχημάτων και την απουσία εκπομπών καυσαερίων (Hall & Lutsey, 2020).

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1900, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είχαν φτάσει στο απόγειο της δημοτικότητάς τους. Αντιπροσώπευαν περίπου το ένα τρίτο των οχημάτων στους αμερικανικούς δρόμους. Τα πρώιμα μοντέλα ηλεκτρικών οχημάτων προσέφεραν μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στα ατμοκίνητα και βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, ιδίως για αστικές μετακινήσεις μικρών αποστάσεων (Karustin & Grushevenko, 2020).

Ο αντίκτυπος των οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης

Ωστόσο, η πρώιμη επιτυχία των ηλεκτρικών οχημάτων αντιμετώπισε προκλήσεις με την άνοδο των οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα προσέφεραν μεγαλύτερη αυτονομία και ταχύτερους χρόνους ανεφοδιασμού σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά οχήματα, τα οποία στηρίζονταν στην πιο αργή επαναφόρτιση της μπαταρίας. Επιπλέον, οι εξελίξεις στην εξόρυξη και δύλιση πετρελαίου οδήγησαν σε πιο προσιτή και φθηνότερη βενζίνη, συμβάλλοντας περαιτέρω στην κυριαρχία των οχημάτων εσωτερικής καύσης (Wu, et al., 2019).

Η μαζική παραγωγή της Ford και η παρακμή των ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Η εισαγωγή της γραμμής συναρμολόγησης του Henry Ford στις αρχές του 20ού αιώνα έφερε επανάσταση στην παραγωγή αυτοκινήτων. Το μοντέλο T του Ford, που παρουσιάστηκε το 1908, έγινε γρήγορα προσιτό στις μάζες, ενισχύοντας τη δημοτικότητα των βενζινοκίνητων οχημάτων (Eli, Hausman & Rhode, 2023).

Καθώς αυξανόταν η μαζική παραγωγή οχημάτων εσωτερικής καύσης, οι τιμές τους έπεφταν, καθιστώντας τα πιο ελκυστικά για τους καταναλωτές. Ταυτόχρονα, τα ηλεκτρικά οχήματα πάλευαν με τους περιορισμούς στην τεχνολογία των μπαταριών, με αποτέλεσμα υψηλότερο κόστος και περιορισμένη αυτονομία, γεγονός που μείωσε το δυναμικό τους στην αγορά (Macioszek, 2020).



Εικόνα 6: Μοντέλο T του Ford το 1908 (Alizon., Shooter & Simpson, 2008).

Προσπάθειες αναβίωσης και υβριδικές καινοτομίες

Καθ' όλη τη διάρκεια του 20ού αιώνα έγιναν διάφορες προσπάθειες αναβίωσης των ηλεκτρικών οχημάτων. Κατά τις δεκαετίες του 1960 και του 1970, οι ανησυχίες για την ατμοσφαιρική ρύπανση και η πετρελαϊκή κρίση προκάλεσαν το ενδιαφέρον για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ως πιθανή λύση. Τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιήθηκαν σε εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως σε στόλους ταχυδρομικών διανομών και σε ορισμένες αστικές μετακινήσεις (Martínez, et al., 2021).

Στα τέλη του 20ού αιώνα, εμφανίστηκε η έννοια των υβριδικών οχημάτων, που συνδύαζαν κινητήρες εσωτερικής καύσης με ηλεκτροκινητήρες. Αυτά τα υβριδικά οχήματα, όπως το Toyota Prius που παρουσιάστηκε το 1997, προσέφεραν βελτιωμένη απόδοση καυσίμου και μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σύγκριση με τα παραδοσιακά οχήματα εσωτερικής καύσης, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ των ηλεκτρικών και των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων (Bejgam, et al., 2021).



Εικόνα 7: Toyota Prius το 1997 (Toyota, 1997).

Η σύγχρονη επανάσταση των ηλεκτρικών οχημάτων

Το πραγματικό σημείο καμπής για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ήρθε στις αρχές του 21ου αιώνα. Καθώς οι ανησυχίες για την κλιματική αλλαγή και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυξάνονταν, δόθηκε εκ νέου έμφαση στις βιώσιμες μεταφορές. Η Tesla Motors, που ιδρύθηκε από τον Elon Musk και άλλους το 2003, αναδείχθηκε σε σημαντικό παίκτη στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων (Thomas & Maine, 2019).

Το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής της Tesla, το Tesla Roadster, βγήκε στους δρόμους το 2008. Παρουσίασε τις δυνατότητες των ηλεκτρικών οχημάτων, προσφέροντας εντυπωσιακές επιδόσεις και μεγαλύτερη αυτονομία σε σύγκριση με τα προηγούμενα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (Maamoun, 2021). Το Roadster ακολούθησε το Model S το 2012, ένα πολυτελές ηλεκτρικό σεντάν που απέσπασε ευρεία αναγνώριση για την εμβέλεια και τις επιδόσεις του (Niedermeyer, 2019).

Η επιτυχία της Tesla και η προσέγγισή της στον σχεδιασμό και την υποδομή των ηλεκτρικών οχημάτων ενέπνευσε άλλες αυτοκινητοβιομηχανίες να επενδύσουν σημαντικά στην τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων. Οι μεγάλοι κατασκευαστές αυτοκινήτων άρχισαν να αναπτύσσουν τα δικά τους μοντέλα ηλεκτρικών οχημάτων, με αποτέλεσμα την εισροή ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην αγορά (Van de Kaa, et al., 2017).



Εικόνα 8: Tesla Roadster το 2008 (Csaba Csere, 2008).

Κυβερνητικά κίνητρα και υποστήριξη πολιτικής

Τα τελευταία χρόνια, αρκετές κυβερνήσεις παγκοσμίως έχουν θεσπίσει μέτρα πολιτικής για την προώθηση της υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων. Έχουν εισαχθεί επιδοτήσεις, φοροαπαλλαγές και εκπτώσεις για να μειωθεί το αρχικό κόστος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων για τους καταναλωτές. Επιπλέον, οι κανονισμοί που αποσκοπούν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στην προώθηση των καθαρών μεταφορών έχουν ενθαρρύνει περαιτέρω τη μετάβαση στα ηλεκτρικά οχήματα (Rietmann & Lieven, 2019).

Εξελίξεις στην τεχνολογία μπαταριών και στις υποδομές φόρτισης

Τον 21ο αιώνα σημειώθηκαν σημαντικές εξελίξεις στην τεχνολογία των μπαταριών, αυξάνοντας την ενεργειακή πυκνότητα και την αυτονομία οδήγησης των ηλεκτρικών οχημάτων. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου, οι οποίες είναι πιο αποδοτικές και ικανές για υψηλούς ρυθμούς φόρτισης, έχουν γίνει η τυπική πηγή ενέργειας για τα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα (Gandoman, et al., 2021).



Εικόνα 9: Μπαταρίες ιόντων λιθίου (Renault group, 2019).

Η υποδομή φόρτισης έχει επίσης βελτιωθεί σημαντικά, με τη δημιουργία δημόσιων δικτύων φόρτισης και σταθμών ταχείας φόρτισης. Οι τεχνολογίες ταχείας φόρτισης έχουν μειώσει τους χρόνους φόρτισης και έχουν αμβλύνει το άγχος για την αυτονομία, καθιστώντας τα ηλεκτρικά οχήματα πιο βολικά για ταξίδια μεγάλων αποστάσεων (Wu, et al., 2022).

Το μέλλον των ηλεκτρικών αυτοκινήτων φαίνεται πολλά υποσχόμενο. Καθώς η τεχνολογία των μπαταριών συνεχίζει να εξελίσσεται και το κόστος μειώνεται, τα ηλεκτρικά οχήματα γίνονται πιο προσιτά σε ένα ευρύτερο φάσμα καταναλωτών. Ο εξηλεκτρισμός άλλων

τομέων μεταφορών, όπως τα λεωφορεία και τα εμπορικά φορτηγά, κερδίζει επίσης έδαφος (Ahmad, et al., 2018).

Επιπλέον, η αυξανόμενη υιοθέτηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενισχύει τα περιβαλλοντικά οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων, μειώνοντας περαιτέρω το αποτύπωμα άνθρακα (Vidhi & Shrivastava, 2018).

Συμπερασματικά, το ιστορικό υπόβαθρο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι ένα ταξίδι καινοτομίας, προκλήσεων και αναβίωσης. Από τα πρώτα πειράματα με ηλεκτρικές άμαξες έως τη σύγχρονη επανάσταση των ηλεκτρικών οχημάτων, η ιστορία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων αναδεικνύει την επίμονη επιδίωξη για καθαρότερες και πιο βιώσιμες λύσεις μεταφορών. Με τη συνεχή δέσμευση των κυβερνήσεων, των αυτοκινητοβιομηχανιών και των καταναλωτών για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, τα ηλεκτρικά οχήματα είναι έτοιμα να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του μέλλοντος της κινητικότητας.

1.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν κερδίσει σημαντική δημοτικότητα τα τελευταία χρόνια ως μια καθαρότερη και πιο βιώσιμη εναλλακτική λύση σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τα οχήματα αυτά χρησιμοποιούν ηλεκτροκινητήρες που τροφοδοτούνται από ηλεκτρική ενέργεια αποθηκευμένη σε μπαταρίες, εξαλείφοντας την ανάγκη για ορυκτά καύσιμα και παράγοντας μηδενικές εκπομπές καυσαερίων. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών αυτοκινήτων περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα πτυχών, από τα συστήματα κίνησης και τις μπαταρίες τους έως τις υποδομές φόρτισης και τα συστήματα αναγεννητικής πέδησης (De Souza, et al., 2018). Θα εμβαθύνουμε στις λεπτομέρειες της τεχνολογίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ρίχνοντας φως στα βασικά εξαρτήματα, τις λειτουργίες και τα πλεονεκτήματά τους.

Τεχνολογία ηλεκτρικού συστήματος κίνησης και κινητήρα

Η καρδιά ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου βρίσκεται στο σύστημα μετάδοσης κίνησης, το οποίο περιλαμβάνει έναν ηλεκτροκινητήρα, ηλεκτρονικά ισχύος και ένα κιβώτιο ταχυτήτων (εάν υπάρχει). Οι ηλεκτρικοί κινητήρες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε γενικές γραμμές σε τρεις

τύπους: Κινητήρες συνεχούς ρεύματος, επαγωγικοί κινητήρες και σύγχρονοι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη (permanent magnet synchronous motors, PMSM). Οι PMSM χρησιμοποιούνται συνήθως λόγω της υψηλής απόδοσης και της πυκνότητας ισχύος τους. Αυτοί οι κινητήρες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια, προωθώντας το όχημα προς τα εμπρός με στιγμιαία ροπή και ομαλή επιτάχυνση. Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα ισχύος, όπως οι μετατροπείς, διαχειρίζονται τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ της συστοιχίας μπαταριών και του κινητήρα, εξασφαλίζοντας την αποτελεσματική παροχή και τον έλεγχο της ισχύος (Loganayaki & Kumar, 2019).

Τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες αντί για κινητήρες εσωτερικής καύσης για να προωθήσουν το όχημα προς τα εμπρός. Οι ηλεκτροκινητήρες προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως η άμεση παροχή ροπής και η υψηλή απόδοση (Bejgam, et al., 2021).

i) Άμεση ροπή: Οι ηλεκτροκινητήρες παρέχουν μέγιστη ροπή από τη στιγμή της εκκίνησής τους, με αποτέλεσμα την ταχεία επιτάχυνση και την άμεση απόκριση στην οδήγηση. Αυτό το χαρακτηριστικό κάνει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να αισθάνονται γρήγορα και ισχυρά, ακόμη και σε χαμηλές ταχύτητες (Yuan, et al., 2022).

ii) Αποδοτικότητα: Οι ηλεκτροκινητήρες είναι εγγενώς πιο αποδοτικοί από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Μετατρέπουν μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας από την μπαταρία σε μηχανική ενέργεια για την κίνηση των τροχών, σπαταλώντας λιγότερη ενέργεια ως θερμότητα (Suh & Cho, 2017).

iii) Αναγεννητική πέδηση: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέτουν συχνά συστήματα αναγεννητικής πέδησης. Όταν ο οδηγός φρενάρει, ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια ξανά σε ηλεκτρική και αποθηκεύοντάς την στην μπαταρία. Αυτή η αναγεννητική πέδηση όχι μόνο επεκτείνει την αυτονομία οδήγησης αλλά μειώνει επίσης τη φθορά των παραδοσιακών εξαρτημάτων πέδησης (Sun, et al., 2021).

Χαρακτηριστικά	Ηλεκτρικά οχήματα	Οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης
Διαστάσεις	Γενικά συμπαγή και ευρύχωρα λόγω των αποδοτικών ηλεκτρικών συστημάτων κίνησης	Ποικίλα μεγέθη και τύποι αμαξώματος ανάλογα με το μοντέλο
Βάρος	Συνήθως βαρύτερο λόγω των μπαταριών	Ελαφρύτερο, με κατανομή βάρους που ποικίλλει ανάλογα με το μοντέλο
Ισχύς	Άμεση ροπή και ομαλή απόδοση ισχύος	Η απόδοση ισχύος ποικίλλει ευρέως ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του κινητήρα
Επιτάχυνση	Ταχεία επιτάχυνση λόγω στιγμιαίας ροπής	Η επιτάχυνση ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο και το μοντέλο του κινητήρα.
Κατανάλωση καυσίμου (αποδοτικότητα)	Πολύ αποδοτική- μετριέται σε kWh ανά 100 mph	Λιγότερο αποδοτική- μετριέται σε mph ανά γαλόνι (mpg) ή λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα (L/100km)

Εικόνα 10: Σύγκριση ηλεκτρικών οχημάτων με οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (Poornesh, Nivya, & Sireesha, 2026).

Τεχνολογία μπαταριών

Ένα από τα πιο κρίσιμα εξαρτήματα ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι η μπαταρία του. Οι μπαταρίες αποθηκεύουν και παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια για την τροφοδοσία του ηλεκτροκινητήρα. Η πρόοδος της τεχνολογίας των μπαταριών υπήρξε καθοριστική για τη βελτίωση των επιδόσεων και της εμβέλειας των ηλεκτρικών οχημάτων (Hong & Kim, 2018).

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-ion), οι οποίες αποτελούν τις κύριες μονάδες αποθήκευσης ενέργειας. Αυτές οι μπαταρίες αποτελούνται από πολλαπλά στοιχεία που συνδέονται σε σειριακές και παράλληλες διαμορφώσεις για την

επίτευξη της επιθυμητής τάσης και χωρητικότητας (Hasan, et al., 2021). Κάθε κυψέλη περιέχει κάθοδο, άνοδο, διαχωριστή και ηλεκτρολύτη. Τα υλικά της καθόδου και της ανόδου, που συχνά αποτελούνται από ενώσεις λιθίου, καθορίζουν την ενεργειακή πυκνότητα και την απόδοση της μπαταρίας. Τα συστήματα διαχείρισης μπαταριών παρακολουθούν και εξισορροπούν τις τάσεις των κυττάρων, τη θερμοκρασία και την κατάσταση φόρτισης για τη βελτιστοποίηση της ασφάλειας, της απόδοσης και της μακροζωίας. Οι εξελίξεις στη χημεία της μπαταρίας και στις τεχνικές κατασκευής συνεχίζουν να οδηγούν σε βελτιώσεις της ενεργειακής πυκνότητας, της ταχύτητας φόρτισης και της συνολικής διάρκειας ζωής (Miao, et al., 2019).

Υποδομή φόρτισης

Μία από τις κρίσιμες πτυχές της υιοθέτησης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι η διαθεσιμότητα και η προσβασιμότητα των σταθμών φόρτισης. Οι υποδομές φόρτισης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρία βασικά επίπεδα (Khan, Ahmad & Alam, 2019):

✚ Φόρτιση επιπέδου 1: Αυτό περιλαμβάνει τη σύνδεση του οχήματος σε μια τυπική οικιακή πρίζα χρησιμοποιώντας έναν φορτιστή επιπέδου. Παρέχει αργό ρυθμό φόρτισης και χρησιμοποιείται συνήθως για φόρτιση κατά τη διάρκεια της νύχτας.

✚ Φόρτιση επιπέδου 2: Οι φορτιστές επιπέδου 2 προσφέρουν ταχύτερους ρυθμούς φόρτισης χρησιμοποιώντας πηγές ενέργειας υψηλότερης τάσης, όπως ειδικές μονάδες φόρτισης ή δημόσιους σταθμούς φόρτισης. Βρίσκονται συνήθως σε κατοικίες, χώρους εργασίας και εμπορικές εγκαταστάσεις.

✚ Φόρτιση επιπέδου 3 (DC Fast Charging): Οι ταχυφορτιστές DC παρέχουν συνεχές ρεύμα υψηλής τάσης (DC) στην μπαταρία του οχήματος, επιτρέποντας την ταχεία φόρτιση σε λίγα λεπτά. Αυτοί οι φορτιστές βρίσκονται συνήθως κατά μήκος αυτοκινητοδρόμων και σε δημόσιους σταθμούς φόρτισης, διευκολύνοντας τα ταξίδια μεγάλων αποστάσεων.

Επίπεδο φόρτισης	Περιγραφή	Τυπικές τοποθεσίες	Χρόνος φόρτισης
Φόρτιση επιπέδου 1	Συνδέοντας το όχημα σε μια τυπική οικιακή πρίζα	Σπίτι	Αργή (περίπου 4-8 ώρες)
Φόρτιση επιπέδου 2	Ταχύτεροι ρυθμοί φόρτισης με χρήση πηγών ρεύματος υψηλότερης τάσης	Κατοικίες, χώροι εργασίας, εμπορικές εγκαταστάσεις, δημόσιοι σταθμοί φόρτισης	Μέτρια (περίπου 2-6 ώρες)
Φόρτιση επιπέδου 3	Συνεχές ρεύμα υψηλής τάσης (DC) για ταχεία φόρτιση	Αυτοκινητόδρομοι, δημόσιοι σταθμοί φόρτισης	Γρήγορη (Περίπου 20-30 λεπτά)

Εικόνα 11: Χρόνος φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (Savari, et al., 2023)

Σύστημα αναγεννητικής πέδησης

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν συστήματα αναγεννητικής πέδησης για την ανάκτηση και την αποθήκευση ενέργειας που συνήθως χάνεται ως θερμότητα κατά την πέδηση στα συμβατικά οχήματα. Όταν ο οδηγός φρενάρει, ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια ξανά σε ηλεκτρική. Η ενέργεια αυτή αποστέλλεται στη συνέχεια πίσω στην μπαταρία, επεκτείνοντας αποτελεσματικά την αυτονομία του οχήματος και βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση (Hamada & Orhan, 2022).

Τεχνολογία Vehicle-to-Grid (V2G)

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμεύσουν ως κινητές μονάδες αποθήκευσης ενέργειας που μπορούν να ενσωματωθούν στην υποδομή του δικτύου. Η τεχνολογία Vehicle-to-grid (V2G) επιτρέπει στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα να εκφορτίζουν ηλεκτρική ενέργεια πίσω στο δίκτυο κατά τη διάρκεια περιόδων αιχμής της ζήτησης ή όταν η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές είναι χαμηλή. Αυτή η αμφίδρομη ροή ενέργειας όχι μόνο ωφελεί τη σταθερότητα του δικτύου, αλλά προσφέρει επίσης οικονομικά κίνητρα στους ιδιοκτήτες EV (Sami, et al., 2019).

Τα οχήματα που είναι εξοπλισμένα με την τεχνολογία V2G μπορούν όχι μόνο να αντλούν ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο για να φορτίζουν τις μπαταρίες τους, αλλά μπορούν επίσης να

επιστρέφουν την πλεονάζουσα ενέργεια πίσω στο δίκτυο όταν χρειάζεται. Αυτό το χαρακτηριστικό έχει τη δυνατότητα να παρέχει σταθεροποίηση του δικτύου και εξισορρόπηση του φορτίου, καθιστώντας τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ένα πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο στο μελλοντικό έξυπνο δίκτυο (Li, et al., 2019).

Συστήματα θερμικής διαχείρισης

Η διατήρηση των βέλτιστων θερμοκρασιών λειτουργίας είναι ζωτικής σημασίας τόσο για την απόδοση όσο και για τη μακροζωία της μπαταρίας. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με εξελιγμένα συστήματα θερμικής διαχείρισης που ρυθμίζουν τη θερμοκρασία της μπαταρίας, των ηλεκτρονικών ισχύος και του ηλεκτροκινητήρα. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν μηχανισμούς ψύξης με υγρό ή αέρα για να διασφαλίζουν ότι τα εξαρτήματα παραμένουν εντός ασφαλών θερμοκρασιακών ορίων (Titov & Lustbader, 2017).

Εξοπλισμός φόρτισης επί του οχήματος

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με ενσωματωμένο εξοπλισμό φόρτισης, συμπεριλαμβανομένων θυρών φόρτισης και μονάδων ελέγχου. Η θύρα φόρτισης επιτρέπει τη σύνδεση του οχήματος με εξωτερικές πηγές φόρτισης, ενώ η μονάδα ελέγχου διαχειρίζεται τη διαδικασία φόρτισης, επικοινωνεί με το σταθμό φόρτισης και βεβαιώνει την ασφάλεια κατά τη διάρκεια της φόρτισης (Mehrzjerdi & Hemmati, 2020).

Ενεργειακή απόδοση και εμβέλεια

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα φημίζονται για την υψηλή ενεργειακή τους απόδοση σε σύγκριση με τα παραδοσιακά οχήματα εσωτερικής καύσης. Μετατρέπουν μεγαλύτερο ποσοστό της αποθηκευμένης ενέργειας σε πραγματική κίνηση του οχήματος. Η εμβέλεια ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου αναφέρεται στην απόσταση που μπορεί να διανύσει με μία μόνο φόρτιση. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την εμβέλεια περιλαμβάνουν τη χωρητικότητα της μπαταρίας, τις συνθήκες οδήγησης, το έδαφος, την ταχύτητα και τη χρήση του κλιματισμού (Liu, et al., 2020).

Αρχιτεκτονική και σχεδιασμός του οχήματος

Ο σχεδιασμός των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να ποικίλλει, από ειδικά κατασκευασμένες ηλεκτρικές πλατφόρμες έως τροποποιημένες εκδόσεις υφιστάμενων μοντέλων

οχημάτων. Ορισμένα ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέτουν παρόμοιο σχεδιασμό με το πατίνι, όπου η συστοιχία μπαταριών βρίσκεται στο δάπεδο μεταξύ των αξόνων, συμβάλλοντας σε χαμηλό κέντρο βάρους και βελτιωμένο χειρισμό (Dorynek, et al., 2022).

Χαρακτηριστικά αυτονομίας και συνδεσιμότητας

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα συχνά ενσωματώνουν προηγμένα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού και χαρακτηριστικά συνδεσιμότητας. Αυτά περιλαμβάνουν προσαρμοζόμενο cruise control, υποβοήθηση διατήρησης λωρίδας κυκλοφορίας, αυτοματοποιημένο παρκάρισμα και ενημερώσεις λογισμικού over-the-air, ενισχύοντας τόσο την ασφάλεια όσο και την ευκολία (Kukkala, et al., 2018).

Η άνοδος των ηλεκτρικών οχημάτων συνέπεσε επίσης με σημαντικές εξελίξεις στις τεχνολογίες αυτόνομης οδήγησης και συνδεσιμότητας των οχημάτων.

i) Αυτόνομη οδήγηση: Ορισμένοι κατασκευαστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων ενσωματώνουν δυνατότητες αυτόνομης οδήγησης στα οχήματά τους. Οι δυνατότητες αυτές περιλαμβάνουν προσαρμοζόμενο cruise control, υποβοήθηση διατήρησης λωρίδας κυκλοφορίας και αυτόνομη στάθμευση, οι οποίες ενισχύουν την ασφάλεια και την ευκολία του οδηγού (Mounce & Nelson, 2019).

ii) Συνδεσιμότητα: Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέτουν συχνά προηγμένα συστήματα infotainment με συνδεσιμότητα με smartphones και άλλες συσκευές. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν στους οδηγούς να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες πλοήγησης, ψυχαγωγίας και φόρτισης σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας τη συνολική εμπειρία του χρήστη (Svangren, Skov & Kjeldskov, 2017).

Εμβέλεια και επιδόσεις του οχήματος

Η αυτονομία ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου αναφέρεται στην απόσταση που μπορεί να διανύσει με μία μόνο φόρτιση (Daina, Sivakumar & Polak, 2017). Η εμβέλεια είναι ένα κρίσιμο στοιχείο για τους δυνητικούς αγοραστές ηλεκτρικών οχημάτων.

i) Εμβέλεια οδήγησης: Οι βελτιώσεις στην τεχνολογία των μπαταριών έχουν οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της αυτονομίας οδήγησης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Πολλά σύγχρονα ηλεκτρικά οχήματα προσφέρουν αυτονομία άνω των 200 μιλίων (320 km.) με μία μόνο φόρτιση,

ενώ ορισμένα μοντέλα υψηλών προδιαγραφών μπορούν να ξεπεράσουν ακόμη και τα 300 mph (480 km.) (Un-Noor, et al., 2017).

ii) Επιδόσεις: Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι γνωστά για τις εξαιρετικές τους δυνατότητες απόδοσης. Η άμεση ροπή του ηλεκτροκινητήρα επιτρέπει τη γρήγορη επιτάχυνση, με αποτέλεσμα τις ευχάριστες εμπειρίες οδήγησης (Yoshimoto & Hanyu, 2021).

Περιβαλλοντικά οφέλη

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προσφέρουν πολυάριθμα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένων των μειωμένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, της βελτιωμένης ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές και της μειωμένης εξάρτησης από τους πεπερασμένους πόρους ορυκτών καυσίμων. Επιπλέον, τα ηλεκτρικά οχήματα λειτουργούν αθόρυβα, μειώνοντας την ηχορύπανση στο αστικό περιβάλλον και συμβάλλοντας σε ένα πιο ήσυχο και ειρηνικό αστικό περιβάλλον. Η υιοθέτησή τους παίζει κρίσιμο ρόλο στον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και στη μετάβαση προς έναν πιο βιώσιμο τομέα μεταφορών (Campello-Vicente, et al., 2017).

Απόρριψη και ανακύκλωση μπαταριών

Όταν οι μπαταρίες ηλεκτρικών οχημάτων φτάνουν στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους στα οχήματα, μπορεί να εξακολουθούν να έχουν σημαντική ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας. Αυτές οι χρησιμοποιημένες μπαταρίες συνήθως ανακυκλώνονται και επαναχρησιμοποιούνται αντί απλά να απορρίπτονται (Madlener & Kirmas, 2017). Ακολουθεί το τι συμβαίνει με τις μπαταρίες EV μετά τη χρήση τους:

✚ Πολλά συστατικά των μπαταριών ηλεκτρικών οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των κυψελών ιόντων λιθίου, μπορούν να ανακυκλωθούν. Η διαδικασία ανακύκλωσης περιλαμβάνει την εξαγωγή πολύτιμων υλικών όπως το λίθιο, το κοβάλτιο και το νικέλιο, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή νέων μπαταριών. Η ανακύκλωση συμβάλλει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ηλεκτρικών οχημάτων και προωθεί την αποδοτικότητα των πόρων (Costa, et al., 2021).

✚ Ακόμα και μετά την πρωταρχική τους χρήση στα οχήματα, οι μπαταρίες των EV μπορεί να έχουν επαρκή χωρητικότητα για λιγότερο απαιτητικές εφαρμογές, όπως η αποθήκευση ενέργειας σε σταθερές εγκαταστάσεις. Αυτές οι εφαρμογές "δεύτερης διάρκειας

ζωής" μπορούν να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας προτού καταστεί αναγκαία η ανακύκλωση (Rallo, et al., 2020).

✚ Εάν μια μπαταρία δεν είναι πλέον κατάλληλη για ανακύκλωση ή για χρήση δεύτερης ζωής, μπορεί να διατεθεί σύμφωνα με τους κατάλληλους περιβαλλοντικούς κανονισμούς και οδηγίες για την ελαχιστοποίηση τυχόν αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον (Mrozik et al., 2021).

Αντικατάσταση της μπαταρίας με βάση την κατάσταση φόρτισης

Η αντικατάσταση της μπαταρίας στα ηλεκτρικά οχήματα δεν καθορίζεται αποκλειστικά από την πτώση της κατάστασης φόρτισης (SOC) κάτω από ένα συγκεκριμένο ποσοστό, όπως το 70%. Αντ' αυτού, βασίζεται κυρίως σε παράγοντες όπως η απώλεια χωρητικότητας της μπαταρίας με την πάροδο του χρόνου, η ικανότητά της να διατηρεί τη φόρτιση και η επίδρασή της στην εμβέλεια του οχήματος (Adaikkappan & Sathiyamoorthy, 2022).

Οι αποφάσεις για την υγεία της μπαταρίας και την αντικατάστασή της εξαρτώνται από τους επιμέρους κατασκευαστές οχημάτων και τις εγγυήσεις τους (Montes, et al., 2022). Πολλοί κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων προσφέρουν εγγυήσεις που καλύπτουν την υποβάθμιση της χωρητικότητας της μπαταρίας κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο (π.χ. 70% της αρχικής χωρητικότητας) εντός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου. Εάν η χωρητικότητα της μπαταρίας πέσει κάτω από αυτό το όριο κατά τη διάρκεια της περιόδου εγγύησης, μπορεί να είναι επιλέξιμη για αντικατάσταση στο πλαίσιο της εγγύησης (Wang, Liu & Zhao, 2021).

Εκτός της κάλυψης της εγγύησης, οι αποφάσεις αντικατάστασης λαμβάνονται συνήθως με βάση το κόστος μιας νέας μπαταρίας σε σύγκριση με τα αντιληπτά οφέλη από την αποκατάσταση της εμβέλειας και της απόδοσης του οχήματος (Dai, et al., 2023).

Πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των EV

Η πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή και το τοπικό ενεργειακό μείγμα. Στη Γαλλία, ένα σημαντικό μέρος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από την πυρηνική ενέργεια, οπότε ένα σημαντικό μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση των EV είναι πιθανό να είναι πυρηνικής παραγωγής (Gralla, et al., 2017). Στην Ελλάδα, το ενεργειακό μείγμα μπορεί να

περιλαμβάνει συνδυασμό πηγών, συμπεριλαμβανομένων ορυκτών καυσίμων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ενδεχομένως ηλιακής ενέργειας (Oreyemi, 2021).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η πηγή ενέργειας για τη φόρτιση των EV μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως η ώρα της ημέρας (ημέρα έναντι νύχτας), η τοποθεσία (αστική έναντι αγροτικής περιοχής) και η διαθεσιμότητα υποδομών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Li, et al., 2022). Η χρήση ηλιακών συλλεκτών για οικιακή φόρτιση ή σταθμών φόρτισης που τροφοδοτούνται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί επίσης να συμβάλει σε πιο πράσινες επιλογές φόρτισης, μειώνοντας την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Η συγκεκριμένη πηγή ενέργειας για τη φόρτιση των EV μπορεί να ποικίλλει και εξαρτάται από τις περιφερειακές και ατομικές επιλογές (Kabir, et al., 2020).

Συμπερασματικά, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αντιπροσωπεύουν μια αλλαγή παραδείγματος στην αυτοκινητοβιομηχανία, αγκαλιάζοντας καινοτόμες τεχνολογίες που δίνουν προτεραιότητα στη βιωσιμότητα, την αποδοτικότητα και τις επιδόσεις. Από τα ηλεκτρικά συστήματα μετάδοσης κίνησης και τα προηγμένα συστήματα μπαταριών μέχρι τις υποδομές φόρτισης και την αναγεννητική πέδηση, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα επιδεικνύουν μια ολιστική προσέγγιση στις μεταφορές που αντιμετωπίζει τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, ενώ παράλληλα προσφέρουν μια ελκυστική και τεχνολογικά εξελιγμένη οδηγική εμπειρία. Καθώς η συνεχιζόμενη έρευνα και ανάπτυξη συνεχίζουν να διευρύνουν τα όρια της τεχνολογίας των ηλεκτρικών οχημάτων, μπορούμε να αναμένουμε ακόμη μεγαλύτερες εξελίξεις τα επόμενα χρόνια, εδραιώνοντας περαιτέρω τον ρόλο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στη διαμόρφωση του μέλλοντος της κινητικότητας.

1.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η λειτουργία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων αντιπροσωπεύει μια αξιοσημείωτη σύγκλιση τεχνολογικής καινοτομίας και μηχανικής ικανότητας. Αυτά τα οχήματα έχουν εγκαινιάσει μια νέα εποχή μεταφορών που δίνει προτεραιότητα στην αποδοτικότητα, τη βιωσιμότητα και τη συναρπαστική οδηγική εμπειρία. Από τη στιγμή της έναρξης λειτουργίας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου μέχρι τις περιπλοκές του συστήματος κίνησης, της αναγεννητικής πέδησης, της θερμικής διαχείρισης και των προηγμένων συστημάτων επί του οχήματος, κάθε πτυχή της

λειτουργίας του συμβάλλει σε ένα απρόσκοπτο και μετασχηματιστικό ταξίδι (Feng & Magee, 2020).

Εκκίνηση και ενεργοποίηση του οχήματος

Στον τομέα των ηλεκτρικών οχημάτων, η αρχική αλληλεπίδραση αντιπροσωπεύει μια αρμονική συγχώνευση της σύγχρονης τεχνολογίας και της ευκολίας του χρήστη. Οι παραδοσιακές πρακτικές που περιλαμβάνουν την εισαγωγή ενός φυσικού κλειδιού σε έναν μηχανισμό ανάφλεξης έχουν δώσει τη θέση τους σε πιο εξελιγμένες μεθόδους. Στο πλαίσιο των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, η είσοδος χωρίς κλειδί ή η απλοποιημένη πράξη του πατήματος ενός κουμπιού χρησιμεύει συχνά για το ξεκλείδωμα του οχήματος. Αυτό το αρχικό βήμα θέτει απλώς τις βάσεις για την εμπλοκή με ένα περιβάλλον πλούσιο σε τεχνολογία (Benadjila, et al., 2017).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα ηλεκτροκίνητα οχήματα διαφέρουν από τα αντίστοιχα συμβατικά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης παρακάμπτοντας τις μηχανικές περιπλοκές που σχετίζονται με την ανάφλεξη του κινητήρα. Αυτή η απόκλιση είναι ιδιαίτερα εμφανής στον στιγμιαίο χαρακτήρα της μετάβασης από την απενεργοποίηση στην ενεργοποίηση. Το ηλεκτρικό σύστημα μετάδοσης κίνησης ξεκινάει αμέσως, έτοιμο να παράσχει άμεση ροπή και ισχύ, εξαλείφοντας την ανάγκη για ένα συνηθισμένο διάστημα προθέρμανσης (Dong, et al., 2020).

Ηλεκτρικό σύστημα κίνησης και απρόσκοπτη λειτουργία

Καθώς το ηλεκτρικό σύστημα μετάδοσης κίνησης ζωντανεύει, η καρδιά της λειτουργίας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου μπαίνει στο επίκεντρο. Το βασικό στοιχείο σε αυτή τη διαδικασία είναι ο ηλεκτροκινητήρας. Όταν ο οδηγός πατάει το πεντάλ του γκαζιού, ένα σήμα αποστέλλεται από τον αισθητήρα θέσης του πεντάλ στα ηλεκτρονικά συστήματα ισχύος (Zheng, et al., 2019). Αυτό, με τη σειρά του, ελέγχει την ποσότητα του ρεύματος που κατευθύνεται στα τυλίγματα του κινητήρα, ξεκινώντας τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος από τη μπαταρία σε εναλλασσόμενο ρεύμα για τον κινητήρα. Η απόκριση του κινητήρα είναι άμεση, μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια σε ροπή, προωθώντας το όχημα προς τα εμπρός με ομαλή και απολαυστική επιτάχυνση (Zhang, 2018).

Αυτή η δυναμική διαδικασία μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική κίνηση είναι το επίκεντρο της γοητείας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Η απουσία αλλαγών ταχυτήτων,

που είναι συνυφασμένες με το μονοτάχυτο κιβώτιο ταχυτήτων ή την απευθείας μετάδοση κίνησης που συνηθίζεται στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, συμβάλλει στην απρόσκοπτη και ρευστή επιτάχυνση που έχει γίνει σήμα κατατεθέν της εμπειρίας της ηλεκτρικής οδήγησης. Αυτή η απλότητα παίζει επίσης ρόλο στις μειωμένες απαιτήσεις συντήρησης, καθώς η έλλειψη πολύπλοκων συστημάτων ταχυτήτων ελαχιστοποιεί τη φθορά των εξαρτημάτων (Tamada, Bhattacharjee & Dan, 2020).

Τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) αποτελούν πράγματι μια βιώσιμη επιλογή για τις μεταφορές σε περιοχές με έντονα ψυχρά κλίματα, όπως ο Καναδάς. Ωστόσο, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφοροι σημαντικοί παράγοντες κατά τη λειτουργία των EVs σε ψυχρές συνθήκες (Ferguson, et al., 2018).

Μια πρωταρχική ανησυχία σε εξαιρετικά ψυχρό καιρό είναι ο αντίκτυπος στην απόδοση της μπαταρίας του οχήματος. Η απόδοση και η εμβέλεια της μπαταρίας ενός EV μπορεί να μειωθούν προσωρινά σε θερμοκρασίες υπό το μηδέν (Vu & Shin, 2023). Η μείωση αυτή συμβαίνει επειδή οι χημικές διεργασίες εντός της μπαταρίας επιβραδύνονται, οδηγώντας σε μείωση της χωρητικότητας και της εμβέλειας της μπαταρίας. Για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης, πολλά σύγχρονα EV είναι εξοπλισμένα με συστήματα θερμικής διαχείρισης. Τα συστήματα αυτά βοηθούν στη διατήρηση της μπαταρίας στη βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας της, μετριάζοντας έτσι τις δυσμενείς επιπτώσεις του ακραίου ψύχους στην απόδοση της μπαταρίας (Sudhakaran, et al., 2023).

Η προετοιμασία της μπαταρίας είναι ένα άλλο χρήσιμο χαρακτηριστικό που διαθέτουν πολλά ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Επιτρέπει στην καμπίνα και στην μπαταρία να ζεσταθεί ενώ το όχημα είναι ακόμη συνδεδεμένο σε φορτιστή. Αυτή η διαδικασία προκλιματισμού μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση της μπαταρίας κατά τη διάρκεια της οδήγησής σας σε κρύο καιρό (Hu, et al., 2020).

Τα χειμερινά ελαστικά είναι απαραίτητα σε περιοχές με ακραίο κρύο, συμπεριλαμβανομένου του Καναδά. Παρέχουν ανώτερη πρόσφυση και χειρισμό σε παγωμένους και χιονισμένους δρόμους, ενισχύοντας τη συνολική ασφάλεια. Τα κατάλληλα χειμερινά ελαστικά πρέπει να αποτελούν προτεραιότητα για όλα τα οχήματα, συμπεριλαμβανομένων των EV (Kajiwara, 2018).

Η πρόσβαση σε μια αξιόπιστη υποδομή φόρτισης είναι ζωτικής σημασίας κατά τη χρήση ενός EV σε κρύο καιρό. Οι χαμηλές θερμοκρασίες μπορούν να μειώσουν την αποτελεσματικότητα της φόρτισης, οπότε η ύπαρξη μιας λύσης φόρτισης στο σπίτι ή η εύκολη πρόσβαση σε αξιόπιστους δημόσιους σταθμούς φόρτισης είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση των λειτουργικών δυνατοτήτων του EV σας (Collin, et al., 2019).

Είναι επίσης σημαντικό να προγραμματίσετε τη μειωμένη εμβέλεια κατά τη διάρκεια ταξιδιών με κρύο καιρό. Η χαμηλότερη απόδοση της μπαταρίας σημαίνει ότι το EV σας ενδέχεται να μην διανύει τόσο μεγάλη απόσταση με μία μόνο φόρτιση σε σύγκριση με τις ηπιότερες συνθήκες. Επομένως, η προετοιμασία για τη χρήση των διαθέσιμων υποδομών φόρτισης κατά μήκος της διαδρομής σας είναι σημαντική για να διασφαλίσετε ότι θα μπορέσετε να ολοκληρώσετε το ταξίδι σας χωρίς προβλήματα (Vidyanandan, 2018).

Πολλά ηλεκτρικά οχήματα είναι εξοπλισμένα με αποδοτικά συστήματα θέρμανσης, τα οποία μπορεί να είναι πλεονεκτικά σε ψυχρά κλίματα. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η χρήση αυτών των συστημάτων θέρμανσης μπορεί να επηρεάσει τη φόρτιση της μπαταρίας. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να βρείτε μια ισορροπία μεταξύ της διατήρησης της άνεσης στην καμπίνα και της αποτελεσματικής διαχείρισης της εμβέλειας του ηλεκτροκίνητου οχήματός σας (Seo, et al., 2018).

Ωστόσο, σε θερμότερα κλίματα όπως η Αυστραλία, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αντιμετωπίζουν μοναδικές προκλήσεις και πλεονεκτήματα. Ένα από τα πρωταρχικά ζητήματα είναι η ψύξη της μπαταρίας. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στις μπαταρίες των EV, οδηγώντας ενδεχομένως σε υποβάθμιση, εάν δεν γίνει σωστή διαχείριση. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, πολλά σύγχρονα EV είναι εξοπλισμένα με προηγμένα συστήματα θερμικής διαχείρισης. Τα συστήματα αυτά συμβάλλουν στη διατήρηση της μπαταρίας σε ένα βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας, εξασφαλίζοντας καλύτερη απόδοση και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

Δεδομένης της αφθονίας του ηλιακού φωτός σε θερμές περιοχές όπως η Αυστραλία, ορισμένοι ιδιοκτήτες EV διερευνούν την επιλογή της ηλιακής φόρτισης. Αυτό περιλαμβάνει την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών σε οχήματα ή σπίτια για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη φόρτιση. Αν και δεν επαρκούν για την πλήρη επαναφόρτιση των EV, οι ηλιακοί

συλλέκτες μπορούν να συμπληρώσουν τη διαδικασία φόρτισης, μειώνοντας την εξάρτηση από το δίκτυο και προωθώντας φιλικές προς το περιβάλλον ενεργειακές πρακτικές.

Ο κλιματισμός καθίσταται σημαντικός παράγοντας σε θερμά κλίματα. Η ψύξη της καμπίνας καταναλώνει ενέργεια από την μπαταρία, επηρεάζοντας ενδεχομένως την εμβέλεια. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, πολλά EV προσφέρουν χαρακτηριστικά όπως ο προγραμματιζόμενος κλιματισμός. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν στους οδηγούς να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τη θερμοκρασία της καμπίνας, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις επιπτώσεις στην εμβέλεια, καθιστώντας τα EV πιο άνετα στην οδήγηση με ζεστό καιρό.

Οι υποδομές φόρτισης συχνά ευδοκιμούν σε περιοχές με θερμό κλίμα, όπου ενθαρρύνεται η υιοθέτηση των EV. Χώρες όπως η Αυστραλία επωφελούνται από τα καλά ανεπτυγμένα δίκτυα φόρτισης, καθιστώντας βολικό για τους ιδιοκτήτες EV να έχουν πρόσβαση σε εγκαταστάσεις φόρτισης και να επεκτείνουν την αυτονομία τους. Η υποδομή αυτή υποστηρίζει επίσης τα ταξίδια μεγάλων αποστάσεων, προωθώντας περαιτέρω την υιοθέτηση των EV.

Σε θερμά κλίματα, τα EVs συνήθως συνεχίζουν να χρησιμοποιούν συστήματα αναγεννητικής πέδησης, τα οποία συλλαμβάνουν ενέργεια κατά την πέδηση και τη μετατρέπουν ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, οι κατασκευαστές μπορούν να τελειοποιήσουν τη συμπεριφορά της αναγεννητικής πέδησης για να βελτιστοποιήσουν την απόδοση και την αποδοτικότητα σε θερμές καιρικές συνθήκες, διασφαλίζοντας ότι αυτό το χαρακτηριστικό παραμένει αποτελεσματικό.

Συνοψίζοντας, τα ηλεκτρικά οχήματα σε θερμότερα κλίματα όπως η Αυστραλία αντιμετωπίζουν ξεχωριστές προκλήσεις και πλεονεκτήματα. Η ψύξη της μπαταρίας, οι επιλογές ηλιακής φόρτισης, ο αποτελεσματικός κλιματισμός, η ισχυρή υποδομή φόρτισης και τα βελτιστοποιημένα συστήματα αναγεννητικής πέδησης συμβάλλουν στο να καταστούν τα ηλεκτρικά οχήματα μια βιώσιμη και αειφόρος επιλογή για τις μεταφορές σε περιοχές με θερμές καιρικές συνθήκες. Οι κατασκευαστές συνεχίζουν να καινοτομούν για τη βελτίωση της απόδοσης και της αποδοτικότητας των EV σε διαφορετικές κλιματικές συνθήκες.

Ροή ενέργειας μπαταρίας και αναγεννητική πέδηση

Στο επίκεντρο της λειτουργίας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου βρίσκεται η μπαταρία του - μια ισχυρή δεξαμενή αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας. Η σημασία της μπαταρίας δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί, καθώς χρησιμεύει ως πηγή ενέργειας που τροφοδοτεί τον ηλεκτροκινητήρα και κινεί το όχημα. Καθώς ο οδηγός πατάει το πεντάλ του γκαζιού, η ενέργεια αντλείται από τη μπαταρία και η χημική ενέργεια που βρίσκεται μέσα της αξιοποιείται και μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια (Zhao, et al., 2019).

Ωστόσο, η καινοτόμος προσέγγιση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου στη διαχείριση της ενέργειας επεκτείνεται πέρα από την επιτάχυνση. Όταν ο οδηγός αφήνει το πεντάλ του γκαζιού ή πατάει τα φρένα, ο ηλεκτροκινητήρας μεταβαίνει σε λειτουργία γεννήτριας. Αυτό το μοναδικό χαρακτηριστικό, γνωστό ως αναγεννητική πέδηση, αποτελεί απόδειξη της αποδοτικότητας του οχήματος. Καθώς ο κινητήρας επιβραδύνει το αυτοκίνητο, μετατρέπει την κινητική ενέργεια της κίνησης ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία στη συνέχεια τροφοδοτείται ξανά στην μπαταρία. Αυτή η αναγεννητική διαδικασία όχι μόνο ενισχύει την ενεργειακή απόδοση, αλλά μειώνει επίσης τη φθορά των συμβατικών φρένων τριβής, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής τους (Lakshmi, Kanwar & Priya, 2017).

Θερμική διαχείριση και εξασφάλιση βέλτιστης απόδοσης

Ο εξελιγμένος σχεδιασμός των ηλεκτρικών αυτοκινήτων επεκτείνεται και στα συστήματα θερμικής διαχείρισής τους. Τα συστήματα αυτά διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της βέλτιστης απόδοσης και στην παράταση της διάρκειας ζωής των κρίσιμων εξαρτημάτων. Η θερμική διαχείριση της μπαταρίας έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς οι ακραίες θερμοκρασίες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη χωρητικότητα και τη συνολική υγεία της μπαταρίας (Min, et al., 2020).

Για την αντιμετώπιση πιθανών προκλήσεων που σχετίζονται με τη θερμοκρασία, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν μηχανισμούς ψύξης με υγρό ή αέρα. Τα συστήματα αυτά συμβάλλουν στην απαγωγή της θερμότητας που παράγεται τόσο κατά τη διαδικασία φόρτισης όσο και κατά την ενεργή οδήγηση, αποτρέποντας την υπερθέρμανση και διασφαλίζοντας ότι τα εξαρτήματα λειτουργούν εντός ασφαλών θερμοκρασιακών ορίων. Αυτή η αφοσίωση στον έλεγχο της θερμοκρασίας αναδεικνύει τις ολοκληρωμένες μηχανολογικές εκτιμήσεις που διέπουν τη λειτουργία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων (Zhao, et al., 2021).

Φόρτιση και διαχείριση ενέργειας

Μια θεμελιώδης πτυχή της λειτουργίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων περιλαμβάνει τη διαδικασία φόρτισης. Η φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου περιλαμβάνει τη σύνδεση του οχήματος με μια εξωτερική πηγή ενέργειας μέσω μιας καθορισμένης θύρας φόρτισης. Στη συνέχεια, ο ενσωματωμένος εξοπλισμός φόρτισης αναλαμβάνει την ευθύνη της διαδικασίας, διαχειριζόμενος τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας από το σταθμό φόρτισης προς τη μπαταρία (Skouras, et al., 2019).

Η διαχείριση της ενέργειας αποτελεί κεντρικό στοιχείο στη λειτουργία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Τα προηγμένα συστήματα διαχείρισης ενέργειας παρακολουθούν και βελτιστοποιούν την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας, την ταχύτητα του οχήματος και τις εισροές του οδηγού. Τα συστήματα αυτά ρυθμίζουν την απόδοση ισχύος, ενεργοποιούν την αναγεννητική πέδηση και διαχειρίζονται βοηθητικά συστήματα όπως ο κλιματισμός, ώστε να επιτυγχάνεται ισορροπία μεταξύ απόδοσης και αποδοτικότητας, μεγιστοποιώντας έτσι την εμβέλεια του οχήματος (Kim, et al., 2020).

Συστήματα υποβοήθησης του οδηγού και συνδεσιμότητα

Τα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι συχνά εξοπλισμένα με προηγμένα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού που ενισχύουν τόσο την ασφάλεια όσο και την ευκολία. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν μια σειρά αισθητήρων, όπως κάμερες, ραντάρ και lidar, για να παρακολουθούν το περιβάλλον του οχήματος και να βοηθούν τον οδηγό σε διάφορα σενάρια. Το προσαρμοζόμενο cruise control, η υποβοήθηση διατήρησης λωρίδας κυκλοφορίας και η αυτόματη πέδηση έκτακτης ανάγκης είναι μερικά μόνο παραδείγματα των χαρακτηριστικών που συμβάλλουν σε μια βελτιωμένη οδηγική εμπειρία (Sajadi-Alamdari, Voos & Darouach, 2019).

Επιπλέον, η λειτουργία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου είναι συνυφασμένη με προηγμένα χαρακτηριστικά συνδεσιμότητας. Οι ενσωματωμένοι υπολογιστές και τα συστήματα λογισμικού ρυθμίζουν λειτουργίες όπως η διανομή ενέργειας, η διάγνωση του οχήματος και οι ενημερώσεις λογισμικού over-the-air. Οι κατασκευαστές έχουν τη δυνατότητα να ενημερώνουν εξ αποστάσεως αυτά τα συστήματα για να βελτιώνουν την απόδοση, να προσθέτουν νέα χαρακτηριστικά, να αντιμετωπίζουν ζητήματα που σχετίζονται με το λογισμικό και να βελτιώνουν τα μέτρα ασφαλείας, χωρίς να είναι απαραίτητη η φυσική επίσκεψη σε συνεργεία (Lipu, et al., 2021).

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα όχι μόνο επαναπροσδιόρισαν τον τρόπο με τον οποίο σκεφτόμαστε τις μεταφορές, αλλά και προανήγγειλαν μια νέα εποχή κινητικότητας. Καθώς οι τεχνολογικές εξελίξεις συνεχίζουν να προωθούν την ανάπτυξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τα οχήματα αυτά είναι έτοιμα να παίξουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του μέλλοντος των μεταφορών (De Rubens, et al., 2020).

1.4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προσφέρουν αρκετά επιτακτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, καθιστώντας τα μια ελκυστική και βιώσιμη επιλογή για τις σύγχρονες μεταφορές (Shaukat, et al, 2018).

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι ο θετικός αντίκτυπός τους στο περιβάλλον. Τα ηλεκτρικά οχήματα παράγουν μηδενικές εκπομπές καυσαερίων, πράγμα που σημαίνει ότι δεν απελευθερώνουν επιβλαβείς ρύπους, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), οξείδια του αζώτου (NO_x) και σωματίδια. Μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, ιδίως σε αστικές περιοχές όπου η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί μείζον πρόβλημα (Zhao, et al., 2019).

Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι πιο αποδοτικά ενεργειακά σε σύγκριση με τα οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τα παραδοσιακά βενζινοκίνητα αυτοκίνητα σπαταλούν σημαντικό μέρος της ενέργειας που παράγουν ως θερμότητα. Αντίθετα, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μετατρέπουν μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας από το δίκτυο σε μηχανική ενέργεια για την κίνηση των τροχών, με αποτέλεσμα λιγότερες απώλειες ενέργειας και βελτιωμένη συνολική απόδοση (Muttaqi, Islam & Sutanto, 2019).

Το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος είναι ένα άλλο αξιοσημείωτο πλεονέκτημα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι γενικά φθηνότερη από τη βενζίνη, γεγονός που οδηγεί σε χαμηλότερα έξοδα ανεφοδιασμού με καύσιμα. Επιπλέον, τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη και απαιτούν λιγότερη συντήρηση. Δεν υπάρχουν αλλαγές

λαδιών ή συστήματα εξάτμισης που πρέπει να συντηρηθούν, γεγονός που οδηγεί σε μειωμένο κόστος συντήρησης κατά τη διάρκεια ζωής του οχήματος (De Almeida & Kruczynski, 2021).

Η αθόρυβη και ομαλή λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων είναι μια ελκυστική πτυχή των ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Οι ηλεκτροκινητήρες λειτουργούν σχεδόν αθόρυβα, παρέχοντας μια πιο ήσυχη και γαλήνια εμπειρία οδήγησης. Αυτό όχι μόνο μειώνει την ηχορύπανση, αλλά και ενισχύει την άνεση των επιβατών κατά τη διάρκεια της οδήγησης (Asok & Lakshmi, 2022).

Πολλές κυβερνήσεις και τοπικές αρχές δίνουν κίνητρα και φορολογικές ελαφρύνσεις για την προώθηση της υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων. Τα κίνητρα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν φορολογικές πιστώσεις, εκπτώσεις, μειωμένα τέλη ταξινόμησης και πρόσβαση σε λωρίδες συλλογικής χρήσης, καθιστώντας τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πιο προσιτά και ελκυστικά για τους καταναλωτές (Wang, Tang & Pan, 2019).

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν να φορτίζονται με ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική ή η υδροηλεκτρική ενέργεια. Καθώς αυξάνεται το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, τα περιβαλλοντικά οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων γίνονται ακόμη πιο σημαντικά. Η ενσωμάτωση αυτή συμβάλλει στη μείωση του συνολικού αποτυπώματος άνθρακα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ενισχύοντας τη βιωσιμότητά τους (Holmberg & Erdemir, 2019).

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα διαθέτουν συχνά αναγεννητική πέδηση, η οποία τους επιτρέπει να ανακτούν ενέργεια κατά την επιβράδυνση. Όταν ο οδηγός φρενάρει, ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί ως γεννήτρια, μετατρέποντας την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική, η οποία στη συνέχεια αποθηκεύεται στην μπαταρία. Αυτή η αναγεννητική πέδηση όχι μόνο επεκτείνει την αυτονομία οδήγησης, αλλά μειώνει επίσης τη φθορά των παραδοσιακών εξαρτημάτων πέδησης, οδηγώντας σε εξοικονόμηση κόστους και αυξημένη απόδοση (Erhan & Özdemir, 2021).

Μειονεκτήματα των ηλεκτρικών αυτοκινήτων

Παρά τα πολυάριθμα πλεονεκτήματά τους, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αντιμετωπίζουν επίσης ορισμένες προκλήσεις και μειονεκτήματα που μπορούν να επηρεάσουν την ευρεία υιοθέτησή τους.


Μία από τις κύριες ανησυχίες των δυνητικών αγοραστών ηλεκτρικών οχημάτων είναι η περιορισμένη αυτονομία οδήγησης σε σύγκριση με τα παραδοσιακά βενζινοκίνητα αυτοκίνητα. Αν και η εμβέλεια των ηλεκτρικών αυτοκινήτων έχει βελτιωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, ορισμένα μοντέλα εξακολουθούν να έχουν περιορισμούς που μπορεί να προκαλέσουν "άγχος εμβέλειας" στους οδηγούς, ιδίως κατά τη διάρκεια ταξιδιών μεγάλων αποστάσεων (Li, et al., 2020).

Η διαθεσιμότητα υποδομών φόρτισης παραμένει σημαντικό εμπόδιο για την υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων. Ενώ το δίκτυο φόρτισης επεκτείνεται συνεχώς, ιδίως στις αστικές περιοχές, μπορεί να εξακολουθεί να είναι περιορισμένο σε ορισμένες περιοχές ή σε αγροτικές περιοχές. Ως αποτέλεσμα, οι οδηγοί ενδέχεται να αντιμετωπίσουν δυσκολίες στην εύρεση προσβάσιμων σταθμών φόρτισης για μακρινά ταξίδια (Funke, et al., 2019).

Η φόρτιση ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου διαρκεί περισσότερο από τον ανεφοδιασμό ενός παραδοσιακού βενζινοκίνητου αυτοκινήτου. Η τυπική φόρτιση επιπέδου 1 στο σπίτι μπορεί να χρειαστεί αρκετές ώρες για την πλήρη φόρτιση της μπαταρίας, ενώ η φόρτιση επιπέδου 2 σε δημόσιους σταθμούς είναι ταχύτερη αλλά εξακολουθεί να είναι πιο αργή από τον ανεφοδιασμό με βενζίνη. Παρόλο που η ταχεία φόρτιση DC μειώνει σημαντικά τους χρόνους φόρτισης, μπορεί να μην είναι διαθέσιμη παντού και μπορεί να επιβαρύνει επιπλέον το δίκτυο (Wolbertus & Van den Hoed, 2019).

Η εξάντληση της μπαταρίας σε ένα ηλεκτρικό όχημα μπορεί να είναι αγχωτική, αλλά υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης αυτής της κατάστασης. Σε αντίθεση με τα συμβατικά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE), όπου ανεφοδιάζονται σχεδόν οπουδήποτε, τα EV βασίζονται σε υποδομές φόρτισης, οι οποίες μπορεί να μην είναι τόσο εύκολα διαθέσιμες σε ορισμένες περιοχές (Gandoman, et al., 2019).

Πολλές αυτοκινητοβιομηχανίες και πάροχοι υπηρεσιών προσφέρουν προγράμματα οδικής βοήθειας προσαρμοσμένα στα ηλεκτρικά οχήματα. Αυτές οι υπηρεσίες μπορούν να σας βοηθήσουν με διάφορους τρόπους:

 Ρυμούλκηση σε σταθμό φόρτισης: Εάν το όχημα μείνει με άδεια μπαταρία, μπορούν να ρυμουλκίσουν το EV στον πλησιέστερο σταθμό φόρτισης (Afshar, et al., 2021).

✚ Βοήθεια φόρτισης: Ορισμένες υπηρεσίες διαθέτουν φορητό εξοπλισμό φόρτισης ή τράπεζες ενέργειας που μπορούν να παρέχουν αρκετή ενέργεια για να μετακινηθεί το EV σε ένα κοντινό σημείο φόρτισης (Daina, Sivakumar & Polak, 2017).

✚ Υποστήριξη πλοήγησης: Παροχή βοήθειας για τον εντοπισμό πλησιέστερου σταθμού φόρτισης, λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα θέση και την εναπομένουσα εμβέλεια του EV (Secinaro, et al., 2020).

Συνολικά, είναι σημαντική η ελαχιστοποίηση του κινδύνου εξάντλησης της μπαταρίας προγραμματίζοντας προσεκτικά τα ταξίδια, ακόμη και με τη διαθεσιμότητα υπηρεσιών φόρτισης έκτακτης ανάγκης. Η αξιοποίηση εφαρμογών πλοήγησης ηλεκτρικών οχημάτων ή ενσωματωμένων συστημάτων μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στο θέμα αυτό. Αυτά τα εργαλεία συνυπολογίζουν την τρέχουσα φόρτιση, την απόσταση μέχρι τον προορισμό σας και τις θέσεις των σταθμών φόρτισης κατά μήκος της διαδρομής. Ένας τέτοιος προληπτικός σχεδιασμός μπορεί να μειώσει σημαντικά τις ανησυχίες που σχετίζονται με το άγχος της εμβέλειας και να συμβάλει σε μια πιο ομαλή και χωρίς άγχος εμπειρία οδήγησης με ηλεκτρικό ρεύμα.

Η αρχική τιμή αγοράς των ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να είναι υψηλότερη από εκείνη των συγκρίσιμων οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης. Παρόλο που το χάσμα των τιμών έχει μειωθεί με την πρόοδο της τεχνολογίας και την κλιμάκωση της παραγωγής, το αρχικό κόστος των ηλεκτρικών οχημάτων εξακολουθεί να αποτελεί παράγοντα προβληματισμού για πολλούς καταναλωτές (Weldon, Morrissey & O'Mahony, 2018).

Η γκάμα των διαθέσιμων μοντέλων ηλεκτρικών αυτοκινήτων μπορεί να εξακολουθεί να είναι περιορισμένη σε σύγκριση με τα παραδοσιακά αυτοκίνητα. Ορισμένοι καταναλωτές μπορεί να θεωρούν πρόκληση να βρουν ηλεκτρικά οχήματα που να ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες ανάγκες ή προτιμήσεις τους όσον αφορά το μέγεθος, τις επιδόσεις ή τα χαρακτηριστικά (Ma, et al., 2019).

Οι μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής, η οποία συνήθως κυμαίνεται από 8 έως 15 έτη, ανάλογα με τη χρήση και τις συνήθειες φόρτισης. Η αντικατάσταση της μπαταρίας μπορεί να είναι δαπανηρή και υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διάθεσης και της ανακύκλωσης των μπαταριών. Ωστόσο,

καταβάλλονται προσπάθειες για τη βελτίωση των διαδικασιών ανακύκλωσης των μπαταριών ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Fioriti, et al., 2023).

Η αντικατάσταση της μπαταρίας σε ένα ηλεκτρικό όχημα (EV) μπορεί συχνά να αποτελέσει σημαντικό κόστος σε σύγκριση με το κόστος ενός παραδοσιακού οχήματος με κινητήρα εσωτερικής καύσης (ICE). Οι μπαταρίες των ηλεκτρικών οχημάτων είναι συνήθως ένα από τα πιο ακριβά εξαρτήματα του οχήματος και το κόστος αντικατάστασής τους μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τη μάρκα και το μοντέλο του ηλεκτρικού οχήματος (Basu, Tatiya & Bhattacharya, 2019).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, το κόστος αντικατάστασης μιας μπαταρίας EV μπορεί να προσεγγίσει ή και να υπερβεί την τρέχουσα αγοραία αξία του οχήματος, ιδίως εάν το EV είναι αρκετών ετών. Αυτή η διαφορά στο κόστος αντικατάστασης μεταξύ μιας μπαταρίας EV και του κόστους επισκευής ενός οχήματος εσωτερικής καύσης αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τους δυνητικούς αγοραστές και ιδιοκτήτες EV (Rajaeifar, et al., 2020).

Ωστόσο, είναι ζωτικής σημασίας να σημειωθεί ότι τα οικονομικά της ιδιοκτησίας EV μπορεί να είναι πιο ευνοϊκά μακροπρόθεσμα λόγω των χαμηλότερων λειτουργικών δαπανών, συμπεριλαμβανομένων των μειωμένων δαπανών καυσίμων και συντήρησης (Milev, Hastings & Al-Habaibeh, 2021). Επιπλέον, ορισμένοι κατασκευαστές EV προσφέρουν εγγυήσεις που καλύπτουν την αντικατάσταση της μπαταρίας έως ένα συγκεκριμένο όριο υποβάθμισης της χωρητικότητας εντός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στην ελάφρυνση του οικονομικού βάρους της αντικατάστασης της μπαταρίας για τον ιδιοκτήτη (Wu, et al., 2020).

Τελικά, η απόφαση για την αντικατάσταση μιας μπαταρίας EV θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη διάφορους παράγοντες, όπως η ηλικία του οχήματος, η εναπομένουσα κάλυψη της εγγύησης, η διαθεσιμότητα μπαταριών μεταγενέστερης αγοράς χαμηλότερου κόστους, καθώς και ο προϋπολογισμός και τα μακροπρόθεσμα σχέδια του ιδιοκτήτη για το όχημα.

Καθώς αυξάνεται ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων στους δρόμους, ενδέχεται να υπάρξουν προκλήσεις σχετικά με την επιβάρυνση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, ιδίως κατά τις ώρες αιχμής της φόρτισης. Η αντιμετώπιση των απαιτήσεων υποδομής και η διασφάλιση της σταθερότητας του δικτύου θα είναι ζωτικής σημασίας για την υποστήριξη της ευρείας υιοθέτησης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων (Muratori, 2018).

Συμπερασματικά, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων, της ενεργειακής απόδοσης, του μειωμένου κόστους λειτουργίας και των κυβερνητικών κινήτρων. Ωστόσο, πρέπει να αντιμετωπιστούν προκλήσεις όπως η περιορισμένη εμβέλεια οδήγησης, η υποδομή φόρτισης και το αρχικό κόστος, ώστε να επιταχυνθεί η ευρεία υιοθέτησή τους. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να βελτιώνεται και η υποδομή φόρτισης επεκτείνεται, τα ηλεκτρικά οχήματα αναμένεται να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στο μέλλον των βιώσιμων μεταφορών, αντιμετωπίζοντας τις περιβαλλοντικές ανησυχίες και μειώνοντας την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Η ηχορύπανση είναι ένα σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα που επηρεάζει τις αστικές περιοχές παγκοσμίως. Ο συνεχής θόρυβος των οχημάτων, των βιομηχανικών μηχανημάτων και άλλων πηγών θορύβου μπορεί να έχει επιζήμιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, την άγρια ζωή και τη συνολική ποιότητα ζωής. Καθώς οι πόλεις συνεχίζουν να αναπτύσσονται και τα συστήματα μεταφορών γίνονται πιο συμφορημένα, η ηχορύπανση γίνεται ένα πιεστικό πρόβλημα που απαιτεί καινοτόμες λύσεις (Yuan, et al., 2019).

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα έχουν αναδειχθεί ως μια πιθανή λύση για την καταπολέμηση της ηχορύπανσης. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα λειτουργούν με εντυπωσιακό επίπεδο αθόρυβης λειτουργίας. Αντί για τους θορύβους των κινητήρων και τους μηχανικούς θορύβους που χαρακτηρίζουν τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, τα ηλεκτρικά οχήματα χρησιμοποιούν ηλεκτροκινητήρες που παράγουν ελάχιστο ήχο κατά τη λειτουργία τους. Αυτό το σχεδόν αθόρυβο χαρακτηριστικό των ηλεκτρικών αυτοκινήτων προσφέρει πολυάριθμα πλεονεκτήματα, ιδίως σε αστικά περιβάλλοντα (Husain, et al., 2021).

Το κύριο όφελος της αθόρυβης λειτουργίας των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η συμβολή τους στη δημιουργία ενός πιο ήρεμου και ευχάριστου αστικού περιβάλλοντος. Σε πολυσύχναστες πόλεις όπου η ηχορύπανση αποτελεί συνεχές σκηνικό, η μείωση του θορύβου από τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορεί να βελτιώσει σημαντικά το συνολικό ηχοτοπίο. Οι κάτοικοι και οι πεζοί μπορούν να βιώσουν μια πιο ήσυχη και γαλήνια ατμόσφαιρα, προωθώντας την αίσθηση ευεξίας και χαλάρωσης (Grace, Iqbal & Rabbi, 2023).

Επιπλέον, ένα πιο ήσυχο αστικό περιβάλλον μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και την ψυχική ευεξία. Η μελέτη των Jariwala, et al., (2017) υποστηρίζει ότι η έκθεση σε υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο στρες, άγχος και διαταραχές του ύπνου. Με τη μείωση των επιπέδων θορύβου μέσω της υιοθέτησης ηλεκτρικών οχημάτων, οι πόλεις μπορούν να δημιουργήσουν ένα πιο υγιές και ευχάριστο περιβάλλον διαβίωσης για τους κατοίκους τους.

Επιπλέον, η μείωση της ηχορύπανσης μπορεί να επηρεάσει θετικά την άγρια ζωή στις αστικές περιοχές. Πολλά είδη ζώων είναι ευαίσθητα στις διαταραχές του θορύβου και ο

υπερβολικός θόρυβος μπορεί να διαταράξει τις φυσικές τους συμπεριφορές, τα μοτίβα ζευγαρώματος και να οδηγήσει ακόμη και σε εγκατάλειψη του περιβάλλοντός τους (McMahon, et al., 2017). Μειώνοντας τα επίπεδα θορύβου, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα συμβάλλουν στη δημιουργία μιας πιο αρμονικής συνύπαρξης μεταξύ της αστικής ανάπτυξης και του φυσικού κόσμου, ωφελώντας την τοπική βιοποικιλότητα (Sleiman & Bazala, 2019).

Ωστόσο, παρά τα πλεονεκτήματα αυτά, η αθόρυβη λειτουργία των ηλεκτρικών αυτοκινήτων εγείρει επίσης ανησυχίες για την ασφάλεια, ιδίως για τους πεζούς, τους ποδηλάτες και άλλους ευάλωτους χρήστες του δρόμου. Τα παραδοσιακά οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης παράγουν διακριτούς θορύβους που παρέχουν ακουστικές ενδείξεις στους κοντινούς πεζούς, προειδοποιώντας τους για την παρουσία και την κίνηση του οχήματος που πλησιάζει (Swart, 2018).

Αντίθετα, ο σχεδόν αθόρυβος χαρακτήρας των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να τα κάνει λιγότερο αντιληπτά στους πεζούς, ιδίως σε χαμηλές ταχύτητες ή κατά τη στροφή ή την όπισθεν. Αυτό ενέχει δυνητικό κίνδυνο ατυχημάτων, ιδίως σε αστικές περιοχές με μεγάλη κυκλοφορία πεζών (Misdariis & Pardo, 2017).

Για να αντιμετωπίσουν αυτές τις ανησυχίες, διάφοροι ρυθμιστικοί φορείς και οργανισμοί ασφαλείας έχουν εφαρμόσει μέτρα για να διασφαλίσουν την ασφάλεια των πεζών χωρίς να θέσουν σε κίνδυνο τα περιβαλλοντικά οφέλη των ηλεκτρικών οχημάτων. Η εισαγωγή των συστημάτων ακουστικής προειδοποίησης οχημάτων (Acoustic Vehicle Alert Systems, AVAS) είναι μια τέτοια λύση. Το AVAS παράγει τεχνητούς ήχους που είναι διακριτοί και αναγνωρίσιμοι ως θόρυβοι οχημάτων, επιτρέποντας στους πεζούς να αναγνωρίζουν την παρουσία και την κίνηση των ηλεκτρικών αυτοκινήτων (Terenzi, Spinsante & Cecchi, 2020).

Αυτοί οι τεχνητοί ήχοι έχουν σχεδιαστεί για να είναι λειτουργικοί και μη παρεμβατικοί, προειδοποιώντας τους πεζούς χωρίς να προσθέτουν περιττή ηχορύπανση. Επιπλέον, ορισμένοι κατασκευαστές αυτοκινήτων προσφέρουν προσαρμόσιμες επιλογές ήχου, επιτρέποντας στους οδηγούς να επιλέξουν από μια σειρά ήχων που εκπέμπονται από τα ηλεκτρικά τους οχήματα (Lenzi, Sádaba & Ciuccarelli, 2022).

Η ανάπτυξη των AVAS και άλλων μέτρων ασφαλείας για τα ηλεκτρικά οχήματα αποτελεί ευκαιρία για καινοτόμο σχεδιασμό ηχοτοπιών. Με την ενσωμάτωση αρμονικών ή εμπνευσμένων

από τη φύση ήχων, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θα μπορούσαν να συμβάλουν σε ένα πιο ευχάριστο και αισθητικά ελκυστικό αστικό περιβάλλον (Poveda-Martínez, et al., 2017).

Συμπερασματικά, η ηχορύπανση είναι μια σημαντική πρόκληση που αντιμετωπίζουν σήμερα οι αστικές περιοχές. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη λύση για τη μείωση της ηχορύπανσης μέσω της αθόρυβης λειτουργίας τους. Με τον μετριασμό των επιπέδων θορύβου, τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να συμβάλουν στη δημιουργία ενός υγιέστερου και πιο ευχάριστου αστικού περιβάλλοντος. Ωστόσο, η αντιμετώπιση των προβλημάτων ασφάλειας για τους πεζούς και τους ποδηλάτες είναι ζωτικής σημασίας για την αξιοποίηση του πλήρους δυναμικού των ηλεκτρικών οχημάτων στην προώθηση ενός πιο αθόρυβου και βιώσιμου μέλλοντος στις μεταφορές. Η εξεύρεση ισορροπίας μεταξύ της μείωσης της ηχορύπανσης και της διασφάλισης της οδικής ασφάλειας θα είναι απαραίτητη για την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων των ηλεκτρικών αυτοκινήτων τόσο για την αστική ζωή όσο και για τον φυσικό κόσμο.

2.2. ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΟΥ

Ο θόρυβος είναι ένας ανεπιθύμητος και δυσάρεστος ήχος που διαταράσσει το κανονικό ακουστικό περιβάλλον. Είναι ένα διάχυτο περιβαλλοντικό ζήτημα που επηρεάζει τόσο τις αστικές όσο και τις αγροτικές περιοχές, επηρεάζοντας την ανθρώπινη υγεία, την άγρια ζωή και τη συνολική ευημερία. Η ηχορύπανση προκαλείται από διάφορες πηγές, καθεμία από τις οποίες συμβάλλει στα συνολικά επίπεδα θορύβου σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Η κατανόηση αυτών των κύριων πηγών θορύβου είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση και τον μετριασμό της ηχορύπανσης (Bello, et al., 2019).

Κλίμακα θορύβου

Η μέτρηση των επιπέδων θορύβου γίνεται συνήθως με τη χρήση ντεσιμπέλ (dB), μιας λογαριθμικής κλίμακας που ποσοτικοποιεί την ένταση ή την ένταση του ήχου. Η κλίμακα dB επιτρέπει την αξιολόγηση των επιπέδων ήχου σε ένα ευρύ φάσμα, που εκτείνεται από τη σχεδόν σιωπή, η οποία αντιπροσωπεύεται από 0 dB, έως τους εξαιρετικά δυνατούς θορύβους που υπερβαίνουν τα 120 dB ή περισσότερο. Ακολουθεί μια γενική αίσθηση του πού κατατάσσονται τα συνήθη επίπεδα θορύβου στην κλίμακα dB (Casavant, et al., 2017)

Επίπεδα θορύβου στην κλίμακα dB	Τι αντιπροσωπεύουν
0 dB	σχεδόν σιωπή, όπως αυτή που συναντάται σε ένα ήσυχο δωμάτιο.
30-40 dB	χαρακτηριστικό ενός ψιθύρου ή μιας ήσυχης συνομιλίας.
60-70 dB	Τα κανονικά επίπεδα συνομιλίας
80-90 dB	Επίπεδα θορύβου παρόμοια με την έντονη κυκλοφορία, μια μηχανή του γκαζόν ή ένα πολυσύχναστο εστιατόριο.
100-110 dB	τα επίπεδα θορύβου που απαντώνται σε συναυλίες, κατά τη διάρκεια δυνατών μουσικών εκδηλώσεων ή κατά τη χρήση εξοπλισμού όπως ένα αλυσοπρίονο.
120+ dB	Τα επίπεδα θορύβου σε αυτό το εύρος, όπως αυτά που παράγονται από κινητήρες τζετ, πυροτεχνήματα ή ροκ συναυλίες, μπορεί να είναι επιβλαβή για την ακοή, αν τα βιώνετε για παρατεταμένες περιόδους.

Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Οι μεταφορές είναι μία από τις κύριες πηγές θορύβου σε αστικά περιβάλλοντα. Η οδική κυκλοφορία, συμπεριλαμβανομένων των αυτοκινήτων, των λεωφορείων, των φορτηγών και των μοτοσικλετών, παράγει συνεχή θόρυβο από τις λειτουργίες του κινητήρα, την τριβή των ελαστικών και τα κορναρίσματα. Η εναέρια κυκλοφορία, ιδίως κοντά σε αεροδρόμια, παράγει σημαντικό θόρυβο από τους κινητήρες των αεροσκαφών κατά την απογείωση και την

προσγείωση. Τα συστήματα τρένων και μετρό συμβάλλουν επίσης στην ηχορύπανση, ιδίως σε πυκνοκατοικημένες περιοχές κατά μήκος των γραμμών (Sánchez, et al., 2018).

Βιομηχανικές δραστηριότητες

Οι βιομηχανικές δραστηριότητες αποτελούν μια άλλη σημαντική πηγή ηχορύπανσης. Τα εργοστάσια, οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας, τα εργοτάξια και οι εγκαταστάσεις παραγωγής παράγουν θόρυβο από μηχανήματα, εξοπλισμό και βιομηχανικές διαδικασίες. Η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια ακοής και άλλα προβλήματα υγείας για τους εργαζόμενους (Münzel, et al., 2018).

Κατασκευές και ανάπτυξη υποδομών

Οι κατασκευαστικές δραστηριότητες, όπως οι γεωτρήσεις, τα σφυροκοπήματα και οι εκσκαφές, παράγουν δυνατό και διακοπόμενο θόρυβο. Η ανάπτυξη υποδομών, συμπεριλαμβανομένων των δρόμων, των γεφυρών και των κτιρίων, συμβάλλει επίσης στην ηχορύπανση κατά τη φάση της κατασκευής (Mohamed, et al., 2021).

Δραστηριότητες αναψυχής και ψυχαγωγίας

Οι δραστηριότητες αναψυχής και ψυχαγωγίας μπορούν να αποτελέσουν πηγές ηχορύπανσης, ιδίως σε αστικές περιοχές. Η δυνατή μουσική από συναυλίες, φεστιβάλ, νυχτερινά κέντρα και αθλητικές εκδηλώσεις μπορεί να ενοχλήσει τους κατοίκους της περιοχής και να επηρεάσει τους συνολικούς ήχους της περιοχής (Ottoz, Rizzi & Nastasi, 2018).

Εμπορικές εγκαταστάσεις

Οι εμπορικές εγκαταστάσεις, όπως τα εστιατόρια, τα μπαρ και τα εμπορικά κέντρα, μπορούν να αποτελέσουν πηγές ηχορύπανσης λόγω του θορύβου του πλήθους, της ενισχυμένης μουσικής και των λειτουργικών δραστηριοτήτων (Alnuman & Altaweel, 2020).

Έλεγχος και μετριασμός του θορύβου

Ο έλεγχος και ο μετριασμός της ηχορύπανσης περιλαμβάνει διάφορες στρατηγικές και μέτρα (Bello, et al., 2019):

✚ Κανονισμοί και κατευθυντήριες γραμμές: Οι κυβερνήσεις και οι τοπικές αρχές εφαρμόζουν κανονισμούς και κατευθυντήριες γραμμές για τον περιορισμό των επιπέδων

θορύβου από διάφορες πηγές. Οι κανονισμοί αυτοί συχνά περιλαμβάνουν πρότυπα εκπομπών θορύβου για οχήματα, βιομηχανικά μηχανήματα και κατασκευαστικές δραστηριότητες.

✚ Φράγματα θορύβου: Στις αστικές περιοχές, εγκαθίστανται φράγματα θορύβου, όπως ηχοπετάσματα και ακουστικά πάνελ, για να μειωθεί η διάδοση του θορύβου από αυτοκινητόδρομους και σιδηροδρόμους σε κοντινές κατοικημένες και εμπορικές περιοχές.

✚ Μέτρα μείωσης του θορύβου: Μέτρα μείωσης του θορύβου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις μέσω της χρήσης πιο αθόρυβων μηχανημάτων, ηχομόνωσης και τεχνικών ελέγχων.

✚ Πολεοδομικός σχεδιασμός: Οι στρατηγικές αστικού σχεδιασμού, όπως η οριοθέτηση και οι κανονισμοί χρήσης γης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διαχωρίσουν τις ευαίσθητες στον θόρυβο περιοχές από τις πηγές εκπομπής θορύβου.

✚ Ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση του κοινού: Η ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τις βλαβερές συνέπειες της ηχορύπανσης και η προώθηση της υπεύθυνης συμπεριφοράς σε θέματα θορύβου μπορεί να ενθαρρύνει τα άτομα και τις κοινότητες να λάβουν μέτρα για τη μείωση του θορύβου.

Η ηχορύπανση είναι ένα διαδεδομένο περιβαλλοντικό ζήτημα που προκαλείται από ένα ευρύ φάσμα πηγών. Οι κύριες πηγές θορύβου περιλαμβάνουν τις μεταφορές, τις βιομηχανικές δραστηριότητες, τις κατασκευές, τις δραστηριότητες αναψυχής, τον οικιακό θόρυβο και τις εμπορικές εγκαταστάσεις (Andargie, Touchie & O'Brien, 2021). Η ηχορύπανση μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, την άγρια πανίδα και τη συνολική ευημερία. Η εφαρμογή μέτρων ελέγχου και μετριασμού του θορύβου, όπως οι κανονισμοί, τα φράγματα θορύβου, ο αστικός σχεδιασμός και η εκπαίδευση του κοινού, μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση του ζητήματος και στη δημιουργία πιο ειρηνικών και βιώσιμων ακουστικών περιβαλλόντων (King, 2022).

Ο αντίκτυπος του θορύβου στην ανθρώπινη υγεία και ευημερία εξαρτάται τόσο από το επίπεδο θορύβου όσο και από τη διάρκεια της έκθεσης. Η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου μπορεί να οδηγήσει σε διάφορες δυσμενείς επιπτώσεις, όπως άγχος, διαταραχές του ύπνου, απώλεια ακοής και άλλα προβλήματα υγείας (Jariwala, et al., 2017). Κατά συνέπεια, οι προσπάθειες για τον μετριασμό της ηχορύπανσης περιλαμβάνουν μια πολύπλευρη προσέγγιση, η οποία ενσωματώνει ένα συνδυασμό κανονισμών, μέτρων

ηχομόνωσης, στρατηγικών αστικού σχεδιασμού και τεχνολογικών εξελίξεων. Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στον μετριασμό των επιπτώσεων του θορύβου στα άτομα και τις κοινότητες, επιδιώκοντας τελικά τη δημιουργία υγιέστερων και πιο ειρηνικών περιβαλλόντων διαβίωσης (Gupta, 2018).

2.3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΉΧΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Η ηχορύπανση, ένα διάχυτο υποπροϊόν της σύγχρονης αστικοποίησης και εκβιομηχάνισης, ασκεί μια πολύπλευρη σειρά επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία, την ευημερία και το φυσικό περιβάλλον. Ο περίπλοκος ιστός των συνεπειών που υφάινει η ηχορύπανση εκτείνεται πέρα από την ακουστική δυσφορία, διαπερνώντας διάφορες πτυχές της ζωής μας. Η λεπτομερής διερεύνηση αυτών των επιπτώσεων αποκαλύπτει τη σύνθετη αλληλεπίδραση μεταξύ του θορύβου και των επιπτώσεών του (Mouratidis, 2018).

Το θέμα της αξιολόγησης των επιπτώσεων του ήχου στον άνθρωπο, ιδίως στο πλαίσιο των ηλεκτρικών οχημάτων, εγείρει σημαντικά ερωτήματα και προβληματισμούς. Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του θέματος αυτού, πρέπει να αποσαφηνίσουμε και να αναλύσουμε διάφορα βασικά σημεία (Burchart-Korol, et al., 2018).

Σίγουρα, η αξιολόγηση των επιπτώσεων των ηλεκτρικών οχημάτων (EV) στα επίπεδα θορύβου είναι ένα ευαίσθητο εγχείρημα και αποκτά ιδιαίτερη σημασία όταν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Συγκεκριμένα, η αξιολόγηση αυτή μπορεί να μετρηθεί σε ντεσιμπέλ (dB) υπό δύο πρωταρχικές συνθήκες:

Χαμηλές ταχύτητες σε αστικό περιβάλλον

Για την αποτελεσματική αξιολόγηση των επιπτώσεων των EVs στον θόρυβο, είναι ζωτικής σημασίας να εξετάζονται συγκεκριμένα σενάρια, όπως όταν τα οχήματα κινούνται με ταχύτητες χαμηλότερες από ένα συγκεκριμένο όριο. Αυτό το όριο είναι συχνά ένα κρίσιμο σημείο, επειδή αντιστοιχεί συνήθως σε συνθήκες αστικής οδήγησης, όπου τα οχήματα συναντούν συχνά συμφόρηση, σήματα κυκλοφορίας και χαμηλότερες ταχύτητες. Σε τέτοια σενάρια, ο θόρυβος που παράγεται από τα οχήματα, συμπεριλαμβανομένων των EV, μπορεί να έχει πιο έντονη επίδραση στο περιβάλλον λόγω του βραδύτερου ρυθμού κίνησης (Tsoi, et al., 2023).

✚ Χαμηλή πυκνότητα οχημάτων και ο ρόλος των δημόσιων μεταφορών

Επιπλέον, η εκτίμηση επιπτώσεων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη καταστάσεις στις οποίες ο αριθμός των οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων των EV, είναι σχετικά χαμηλός. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε αστικές περιοχές όπου οι επιλογές δημόσιων μεταφορών είναι άμεσα διαθέσιμες και χρησιμοποιούνται ευρέως. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η συμβολή του θορύβου από μεμονωμένα οχήματα, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με κινητήρες εσωτερικής καύσης και EVs, μπορεί να είναι πιο ευδιάκριτη, καθώς υπάρχουν λιγότερα οχήματα για να μοιραστούν το ακουστικό φορτίο (Pietrzak & Pietrzak, 2020).

Ευαισθησία στα επίπεδα θορύβου

Η ευαισθησία καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική όταν εξετάζονται συγκεκριμένες συνθήκες:

Ταχύτητα οχήματος: Το επίπεδο θορύβου που παράγεται από τα οχήματα, συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτρικών, μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με την ταχύτητά τους. Συνήθως, τα ηλεκτρικά οχήματα είναι πιο αθόρυβα σε χαμηλότερες ταχύτητες, όπως αυτές που συναντώνται σε αστικά περιβάλλοντα. Η ευαισθησία στον θόρυβο, στην περίπτωση αυτή, μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους κατοίκους της πόλης που βιώνουν τον θόρυβο των οχημάτων σε καθημερινή βάση (You, Park & Oh, 2017).

Πυκνότητα κυκλοφορίας: Ο αριθμός των οχημάτων στο δρόμο παίζει επίσης καθοριστικό ρόλο. Σε περιοχές με λιγότερα οχήματα, όπως οι πόλεις με αποτελεσματικά συστήματα δημόσιων μεταφορών, ο αντίκτυπος του θορύβου κάθε οχήματος γίνεται πιο αισθητός. Ως εκ τούτου, η αξιολόγηση της ευαισθησίας στον θόρυβο μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας σε αστικές περιοχές όπου τα μέσα μαζικής μεταφοράς αποτελούν βιώσιμη εναλλακτική λύση έναντι των προσωπικών οχημάτων (Ali, et al., 2021).

Μέτρηση των επιπτώσεων σε ντεσιμπέλ

Για τη μέτρηση των επιπτώσεων του ήχου στα άτομα, ιδίως σε σχέση με τα ηλεκτρικά οχήματα, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται κατάλληλες μετρικές, όπως τα ντεσιμπέλ (dB)

(Murphy & King, 2022). Ωστόσο, διάφορες εκτιμήσεις θα πρέπει να καθοδηγούν αυτή τη μέτρηση:

Μεθοδολογία: Η μέτρηση των ηχητικών επιπτώσεων σε ντεσιμπέλ προϋποθέτει την καταγραφή του ήχου που παράγεται από τα οχήματα, συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτρικών. Αυτό μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση ενός μικροφώνου σε καθορισμένη απόσταση από την πορεία του οχήματος και την καταγραφή του ήχου καθώς το όχημα περνάει. Το μικρόφωνο πρέπει να τοποθετείται σε σταθερό ύψος και απόσταση για να διασφαλίζεται η ακρίβεια (Roan, et al., 2017).

Μετρήσεις που εξαρτώνται από την ταχύτητα: Για να ληφθεί υπόψη η εξαρτώμενη από την ταχύτητα φύση του θορύβου των οχημάτων, οι μετρήσεις πρέπει να διεξάγονται σε διαφορετικές ταχύτητες, ιδίως σε αστικά περιβάλλοντα όπου τα οχήματα κινούνται συχνά με χαμηλότερες ταχύτητες (Brunner, et al., 2018).

Μοντέλα προσομοίωσης: Εκτός από τις άμεσες μετρήσεις, τα μοντέλα προσομοίωσης μπορούν να είναι ανεκτίμητα για την αξιολόγηση της σωρευτικής επίδρασης των ηλεκτρικών οχημάτων στα συνολικά επίπεδα θορύβου. Τα μοντέλα αυτά μπορούν να προβλέψουν πώς θα μεταβληθούν τα επίπεδα θορύβου με διαφορετικά ποσοστά ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε κυκλοφορία, βοηθώντας τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να καθορίσουν πότε η υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων θα είναι επαρκής για να μειωθούν σημαντικά τα επίπεδα θορύβου (Campello-Vicente, et al., 2017).

Συμπερασματικά, η αξιολόγηση των επιπτώσεων του ήχου στον άνθρωπο, ιδίως όσον αφορά τα ηλεκτρικά οχήματα, απαιτεί μια πολύπλευρη προσέγγιση. Περιλαμβάνει την εξέταση παραγόντων όπως η ταχύτητα των οχημάτων, η πυκνότητα της κυκλοφορίας και η μεθοδολογία μέτρησης των επιπέδων θορύβου σε ντεσιμπέλ. Επιπλέον, τα μοντέλα προσομοίωσης μπορούν να παράσχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τα πιθανά οφέλη της μείωσης του θορύβου από την υιοθέτηση ηλεκτρικών οχημάτων σε αστικές περιοχές. Τέτοιες αναλύσεις μπορούν να ενημερώσουν για αποφάσεις που σχετίζονται με τις πολιτικές μεταφορών και τον αστικό σχεδιασμό για τη βελτίωση του ακουστικού περιβάλλοντος για τους κατοίκους των πόλεων.

Ψυχολογικές επιπτώσεις

Στο προσκήνιο των επιπτώσεων της ηχορύπανσης βρίσκονται οι φυσιολογικές και ψυχολογικές επιπτώσεις της. Η παρατεταμένη έκθεση σε υπερβολικά επίπεδα θορύβου έχει συνδεθεί με μια σειρά από προβλήματα υγείας, όπως η αυξημένη αρτηριακή πίεση, ο αυξημένος καρδιακός ρυθμός και η απελευθέρωση ορμονών του στρες, όπως η κορτιζόλη. Η διατάραξη των προτύπων ύπνου λόγω των διαταραχών του θορύβου μπορεί να οδηγήσει σε στέρηση ύπνου, επηρεάζοντας τη γνωστική λειτουργία, τη διατήρηση της μνήμης και τη συνολική ψυχική ευεξία. Η χρόνια έκθεση σε θόρυβο έχει συσχετιστεί με αυξημένο άγχος, ευερεθιστότητα, ακόμη και με την εμφάνιση διαταραχών της ψυχικής υγείας, όπως η κατάθλιψη. Ο αδιάκοπος καταιγισμός θορύβου μπορεί να προκαλέσει μια κατάσταση χρόνιου στρες, συμβάλλοντας στην επιδείνωση της φυσιολογικής ισορροπίας του οργανισμού (Zaman, Muslim & Jehangir, 2022).

Γνωστικές διαταραχές και μάθηση

Οι δυσμενείς επιπτώσεις της ηχορύπανσης επεκτείνονται στη γνωστική λειτουργία και τα μαθησιακά αποτελέσματα. Η παρεμβολή θορύβου μπορεί να εμποδίσει τη συγκέντρωση, να μειώσει τη διάρκεια της προσοχής και να παρεμποδίσει την επεξεργασία πληροφοριών. Σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, οι μαθητές που εκτίθενται σε επίμονη ηχορύπανση μπορεί να παρουσιάσουν μειωμένη ακαδημαϊκή απόδοση, μειωμένη κατανόηση γραπτού λόγου και παρεμποδισμένη γλωσσική ανάπτυξη. Οι περίπλοκες αποχρώσεις της απόκτησης της γλώσσας μπορεί να διαταραχθούν, ιδίως μεταξύ των μικρών μαθητών. Η ηχορύπανση αποτελεί τρομερή πρόκληση για την καλλιέργεια ενός ευνοϊκού μαθησιακού περιβάλλοντος (Thompson, et al., 2022).

Παραγωγικότητα στο χώρο εργασίας και οικονομικές επιπτώσεις

Στο πεδίο των επαγγελματικών τομέων, η ηχορύπανση επιβαρύνει την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα στο χώρο εργασίας. Ο θόρυβος μπορεί να διαταράξει και να μειώσει τη συγκέντρωση, όπως και να αυξήσει τα ποσοστά σφαλμάτων μεταξύ των εργαζομένων. Η χρόνια έκθεση σε θορυβώδες εργασιακό περιβάλλον μπορεί να συμβάλει στην επαγγελματική εξουθένωση και τη μείωση του ηθικού. Από οικονομικής άποψης, η μειωμένη παραγωγικότητα στο χώρο εργασίας μεταφράζεται σε σημαντικές οικονομικές απώλειες για τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς (Jariwala, et al., 2017).

Συνέπειες για τη σωματική υγεία

Οι επιπτώσεις της ηχορύπανσης στη σωματική υγεία είναι βαθιές και εκτεταμένες. Η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου έχει συνδεθεί με αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων, συμπεριλαμβανομένης της υπέρτασης, των καρδιακών προσβολών και των εγκεφαλικών επεισοδίων. Η απώλεια ακοής που προκαλείται από τον θόρυβο αποτελεί σημαντική ανησυχία, ιδίως μεταξύ των ατόμων που εκτίθενται σε επαγγελματικό θόρυβο σε βιομηχανίες όπως οι κατασκευές, η μεταποίηση και οι μεταφορές. Επιπλέον, η ηχορύπανση μπορεί να επιδεινώσει υφιστάμενες καταστάσεις υγείας, όπως ημικρανίες, γαστρεντερικές διαταραχές και αναπνευστικά προβλήματα (Manisalidis, et al., 2020).

Μία από τις πιο άμεσες και απτές επιπτώσεις του ήχου στον άνθρωπο είναι η δυνατότητά του να προκαλέσει απώλεια και βλάβη της ακοής. Η παρατεταμένη έκθεση σε δυνατά ή έντονα επίπεδα θορύβου μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτη βλάβη στο ευαίσθητο ακουστικό μας σύστημα. Σε χώρους εργασίας που χαρακτηρίζονται από τον θόρυβο των μηχανημάτων ή σε χώρους αναψυχής όπου η μουσική ακούγεται σε υψηλές εντάσεις, οι ευαίσθητες δομές μέσα στα αυτιά μας μπορεί να υποστούν βλάβη, οδηγώντας σε μερική ή πλήρη εξασθένιση της ακοής (Škerková, Kovalová & Mrázková, 2021).

Ο ήχος διαθέτει την ικανότητα να πυροδοτεί φυσιολογικές και ψυχολογικές αντιδράσεις στρες. Οι ξαφνικοί, τρανταχτοί θόρυβοι ή ο συνεχής καταγισμός ενοχλητικών ήχων μπορεί να ενεργοποιήσει τις ορμόνες του στρες του οργανισμού, συμπεριλαμβανομένης της κορτιζόλης. Η χρόνια έκθεση σε ηχορύπανση, ιδίως σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, μπορεί να οδηγήσει σε επίμονο στρες, επηρεάζοντας την ψυχική ευεξία και ενδεχομένως συμβάλλοντας σε ευρύτερα προβλήματα υγείας (Jariwala, et al., 2017).

Ο αντίκτυπος του ήχου επεκτείνεται στη σφαίρα του ύπνου, βασικού πυλώνα της ανθρώπινης υγείας. Οι νυχτερινές ηχητικές διαταραχές, είτε προέρχονται από την κυκλοφορία, είτε από γείτονες, είτε από άλλες πηγές, μπορούν να διαταράξουν τα πρότυπα ύπνου. Τέτοιες διαταραχές οδηγούν σε ημερήσια κόπωση, μειωμένη γνωστική λειτουργία και μειωμένη ικανότητα αποτελεσματικής διεκπεραίωσης των καθημερινών καθηκόντων (Jafari, Kolb & Mohajerani, 2018).

Οι γνωστικές ικανότητες, συμπεριλαμβανομένης της μνήμης, της προσοχής και της επίλυσης προβλημάτων, μπορούν να επηρεαστούν σημαντικά από την παρουσία θορύβου. Σε

εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, οι περισπασμοί από το θόρυβο μπορούν να εμποδίσουν τη μάθηση και τη συγκράτηση, υποβαθμίζοντας την ακαδημαϊκή πρόοδο. Ομοίως, σε χώρους εργασίας που βρίθουν από ηχορύπανση, η συγκέντρωση και η παραγωγικότητα μπορεί να επηρεαστούν, μειώνοντας τελικά τη συνολική απόδοση (Li, et al., 2017).

Πέρα από την ακουστική σφαίρα, ο ήχος μπορεί να επηρεάσει διακριτικά την καρδιαγγειακή υγεία. Η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου έχει συνδεθεί με αυξημένη αρτηριακή πίεση, επιταχυνόμενο καρδιακό ρυθμό και πρόσθετο στρες στο καρδιαγγειακό σύστημα. Με την πάροδο του χρόνου, αυτοί οι παράγοντες μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο καρδιακών παθήσεων, υπέρτασης και άλλων καρδιαγγειακών παθήσεων (Münzel & Sørensen, 2017).

Η επίμονη ηχορύπανση μπορεί να διαβρώσει την ψυχική ευημερία μέσω της ενόχλησης και της απογοήτευσης. Η αδιάκοπη βουή της κυκλοφορίας ή ο αδιάκοπος θόρυβος της αστικής ζωής μπορεί να γίνει ένας επίμονος ερεθιστικός παράγοντας, μειώνοντας τη συνολική ικανοποίηση από τη ζωή. Αυτές οι συναισθηματικές αντιδράσεις μπορεί να κορυφωθούν με αισθήματα ανησυχίας και γενικευμένη αίσθηση δυσαρέσκειας (Tripathy, 2016).

Ο ήχος έχει τη δύναμη να επηρεάζει τη διάθεση και να προκαλεί συναισθήματα. Η παρουσία συνεχούς θορύβου, ιδίως όταν είναι ανεπιθύμητος, μπορεί να οδηγήσει σε διακυμάνσεις της διάθεσης, ευερεθιστότητα και γενική ανησυχία. Αντίθετα, τα πιο ήσυχα και αρμονικά ακουστικά περιβάλλοντα μπορούν να συμβάλουν σε μια πιο θετική συναισθηματική κατάσταση (Guetta, et al., 2022).

Συλλογικά, οι επιπτώσεις του ήχου στον άνθρωπο υφαίνουν ένα μωσαϊκό που επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα ζωής μας. Η ηχορύπανση μπορεί να μειώσει την απόλαυση των χώρων διαβίωσης, να περιορίσει τις δραστηριότητες αναψυχής και να υπονομεύσει την ικανότητά μας να βρίσκουμε παρηγοριά και χαλάρωση στο περιβάλλον μας (Jariwala, et al., 2017).

Απέναντι σε αυτές τις επιπτώσεις, μπορούν να ληφθούν προληπτικά μέτρα για τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων του ήχου. Οι αρχές μπορούν να επιβάλλουν κανονισμούς για τον θόρυβο ώστε να περιορίσουν τα επίπεδα ήχου σε διάφορα περιβάλλοντα, ενώ αρχιτεκτονικές λύσεις όπως η ηχομόνωση και ο πολεοδομικός σχεδιασμός μπορούν να δημιουργήσουν περιβάλλοντα που δίνουν προτεραιότητα στην ακουστική αρμονία. Η εκπαίδευση του κοινού σχετικά με τις συνέπειες της ηχορύπανσης και η προάσπιση της

υπεύθυνης συμπεριφοράς σε θέματα θορύβου μπορεί να οδηγήσει σε μια πιο ήσυχη και ειρηνική συνύπαρξη. Η προσωπική προστασία με τη μορφή ωτοασπίδων μπορεί να δώσει τη δυνατότητα στα άτομα να επιμεληθούν τα δικά τους ακουστικά καταφύγια μέσα στην κακοφωνία της σύγχρονης ζωής (Murphy & King, 2022).

Στην ουσία, οι επιπτώσεις του ήχου στον άνθρωπο είναι περίπλοκες και εκτεταμένες, περιλαμβάνοντας φυσιολογικές, ψυχολογικές και συναισθηματικές διαστάσεις. Με την κατανόηση αυτών των επιδράσεων και τη λήψη προληπτικών μέτρων, μπορούμε να φιλοδοξούμε να δημιουργήσουμε περιβάλλοντα που καλλιεργούν την ευημερία, ενισχύουν τις γνωστικές ικανότητες και προωθούν μια αρμονική σχέση μεταξύ των ανθρώπων και του ηχητικού τους περιβάλλοντος (Altomonte, et al., 2020).

Η εκτεταμένη μελέτη του Κωνσταντίνου Βογιατζή και του Nicolas Remy περιελάμβανε μια 24ωρη εκστρατεία μέτρησης θορύβου και τη χρήση του λογισμικού ακουστικής πρόβλεψης "CadnaA" για την κατασκευή στρατηγικών χαρτών θορύβου που κάλυπταν το σύνολο της πόλης του Ηρακλείου, συμπεριλαμβανομένων των πηγών θορύβου του αεροδρομίου και της οδικής κυκλοφορίας. Η δημιουργία ενός λεπτομερούς τρισδιάστατου μοντέλου της περιοχής του Ηρακλείου, συμπεριλαμβανομένου του Διεθνούς Αερολιμένα, στηρίχθηκε στα πιο σύγχρονα κτηματολογικά και πολεοδομικά δεδομένα.

Πρωταρχικός στόχος του μοντέλου ήταν να επιτευχθεί ισχυρή ευθυγράμμιση μεταξύ των πραγματικών μετρούμενων τιμών θορύβου και εκείνων που υπολογίστηκαν από το CadnaA. Η ευθυγράμμιση αυτή βελτιώθηκε μέσω της ταυτόχρονης 24ωρης παρακολούθησης του θορύβου, με τη χρήση στατιστικών αναλυτών θορύβου κατηγορίας 1 τοποθετημένων σε ειδικά κατασκευασμένους ιστούς σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Οδηγίας.

Η σύγκριση των μετρούμενων αποτελεσμάτων με τα θεωρητικά αποτελέσματα της CadnaA έγινε σε τέσσερις διαφορετικές ευαίσθητες τοποθεσίες στην περιοχή της Αλικαρνασσού, όπως τα 3ο/6ο δημοτικά σχολεία, το πρώην δημαρχείο Αλικαρνασσού, το τοπικό λύκειο και το κτίριο του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην αξιολόγηση των επιπτώσεων του θορύβου που προέρχονται από τις δραστηριότητες του αεροδρομίου, οι οποίες περιλαμβάνουν τόσο τις απογειώσεις όσο και τις προσγειώσεις, ιδίως όταν τα επίπεδα θορύβου υπερβαίνουν τα $L_{Aeq1s} > 75$ dB(A). Αξίζει να σημειωθεί ότι εντοπίστηκαν σχεδόν 30 περιστατικά απογείωσης, κατά τα

οποία τα επίπεδα θορύβου υπερέβαιναν τα 40 dB(A) σε σύγκριση με τα επίπεδα θορύβου υποβάθρου. Τα περιστατικά αυτά διαπιστώθηκε ότι αποτελούν σημαντική πηγή ενόχλησης για τον επηρεαζόμενο πληθυσμό.

Η μελέτη περιελάμβανε επίσης μια ολοκληρωμένη ανάλυση της Στρατηγικής Χαρτογράφησης Θορύβου για την πόλη του Ηρακλείου, με ιδιαίτερη έμφαση στην άμεση γειτονιά του αεροδρομίου, όλα στο πλαίσιο του έτους βάσης 2012. Στην ουσία, η έρευνα αυτή παρείχε πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις του θορύβου από τη λειτουργία του αεροδρομίου, τονίζοντας τη σημασία των στρατηγικών μετριασμού του θορύβου στον αστικό σχεδιασμό και τη διαχείριση των αερομεταφορών.

2.4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ


Για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση της έντασης ενός I/X, είναι ζωτικής σημασίας να ληφθούν υπόψη οι διάφορες πηγές θορύβου που παράγονται από τα οχήματα, καθώς μπορούν να συμβάλουν στις συνολικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι πηγές θορύβου διαφέρουν κυρίως μεταξύ των οχημάτων εσωτερικής καύσης και των ηλεκτρικών οχημάτων (ηλεκτρικών). Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικές πηγές θορύβου:

Θόρυβος του κινητήρα

Καύση: Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης στα παραδοσιακά οχήματα παράγουν θόρυβο κινητήρα, ο οποίος συνήθως κυμαίνεται από 80 έως 90 ντεσιμπέλ (dB). Ο θόρυβος αυτός οφείλεται κυρίως στη διαδικασία καύσης εντός του κινητήρα (Onyango, 2023).

Ηλεκτρικός: Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σημαντικά πιο αθόρυβα όσον αφορά τον θόρυβο του κινητήρα λόγω της απουσίας καύσης. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες παράγουν πολύ λιγότερο θόρυβο και ο θόρυβος του κινητήρα δεν αποτελεί γενικά κυρίαρχο παράγοντα (Grubesa & Suhanek, 2020).

Θόρυβος από την εξάτμιση

 Καύση: Το επίπεδο του θορύβου των καυσαερίων στα οχήματα εσωτερικής καύσης ποικίλλει ανάλογα με παράγοντες όπως το σύστημα εξάτμισης και ο σχεδιασμός του

κινητήρα. Μπορεί να κυμαίνεται από 70 dB έως πάνω από 90 dB, ανάλογα με τη διαμόρφωση του οχήματος (Özcelik & Gültekin, 2019).

✚ Ηλεκτρικός: Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι σαφώς πιο αθόρυβα όσον αφορά τον θόρυβο της εξάτμισης. Δεδομένου ότι δεν διαθέτουν παραδοσιακά συστήματα εξάτμισης, το επίπεδο θορύβου εδώ είναι ελάχιστο (Tousignant, et al., 2017).

Θόρυβος επαφής ελαστικών

✚ Τόσο τα οχήματα εσωτερικής καύσης όσο και τα ηλεκτρικά οχήματα παράγουν θόρυβο επαφής με τα ελαστικά, ο οποίος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του ελαστικού και τις συνθήκες του δρόμου (Grubesa & Suhanek, 2020).

✚ Η ένταση του θορύβου επαφής των ελαστικών παραμένει σχετικά παρόμοια μεταξύ αυτών των τύπων οχημάτων (Peng, et al., 2022).

✚ Το επίπεδο θορύβου μπορεί να διαφέρει σημαντικά με βάση παράγοντες όπως ο τύπος ελαστικού, το οδόστρωμα και η ταχύτητα του οχήματος. Συνήθως κυμαίνεται από 70 έως 80 dB(A) (Chen, et al., 2021).

Κυριαρχία του θορύβου επαφής των ελαστικών

Η κυριαρχία του θορύβου επαφής των ελαστικών έναντι άλλων πηγών θορύβου του οχήματος επηρεάζεται από την ταχύτητα του οχήματος και τις οδικές συνθήκες. Γενικά:

Σε χαμηλές ταχύτητες (κάτω από 30 mph ή 48 km/h): Ο θόρυβος επαφής του ελαστικού τείνει να είναι κυρίαρχος λόγω της εγγύτητάς του στην επιφάνεια του δρόμου και της σχετικά χαμηλής ταχύτητας του οχήματος (Li, 2018).

Σε υψηλότερες ταχύτητες: Ο θόρυβος του ανέμου που παράγεται από την κίνηση του οχήματος στον αέρα συχνά γίνεται ο σημαντικότερος παράγοντας που συμβάλλει στα συνολικά επίπεδα θορύβου (Oettle & Sims-Williams, 2017).

Πηγή θορύβου	Όχημα εσωτερικής καύσης	Ηλεκτρικό όχημα
Θόρυβος κινητήρα	Τυπικά περίπου 80-90 dB	Πολύ πιο ήσυχος λόγω της απουσίας θορύβου καύσης
Θόρυβος εξάτμισης	Διαφέρει ανάλογα με το σύστημα εξάτμισης, μπορεί να κυμαίνεται από 70-90+ dB	Πολύ πιο αθόρυβος στα πλήρως ηλεκτρικά οχήματα
Θόρυβος επαφής ελαστικών	Εξαρτάται από τον τύπο του ελαστικού και το οδόστρωμα. Γενικά, κυμαίνεται από 70-80 dB(A)	Παρόμοιος και στους δύο τύπους οχημάτων, ποικίλλει ανάλογα με την ταχύτητα: - Κυριαρχεί σε χαμηλές ταχύτητες (κάτω από 30 mph ή 48 km/h). Ο θόρυβος του ανέμου γίνεται κυρίαρχος σε υψηλότερες ταχύτητες.

Εικόνα 12: Πηγές θορύβου οχήματος εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικού οχήματος (Praticò, Briante & Speranza, 2020 & Deryabin, 2022).

Η εκτίμηση της έντασης του ήχου αποτελεί θεμελιώδη επιδίωξη για την κατανόηση και την αποτελεσματική διαχείριση του ακουστικού μας περιβάλλοντος (Kang, 2017). Ενώ η μέτρηση της έντασης του ήχου γίνεται συμβατικά με τη χρήση ντεσιμπέλ (dB), η βαθύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι διαφορετικές συχνότητες συμβάλλουν στην αντίληψη της έντασης του ήχου ενισχύει την κατανόηση του αντίκτυπού της στα άτομα (Darbyshire, et al., 2019). Αυτή η διερεύνηση εμβαθύνει στη σύνθετη σχέση μεταξύ της συχνότητας του ήχου και της αντίληψης της έντασης, τονίζοντας τον τρόπο με τον οποίο οι διάφορες συχνότητες διαμορφώνουν περίπλοκα τις ακουστικές μας συναντήσεις.

Ο ρόλος της συχνότητας στην αντίληψη του ήχου

Πριν εμβαθύνουμε στην εκτίμηση της έντασης του ήχου με βάση τη συχνότητα, είναι απαραίτητο να αναγνωρίσουμε τον καθοριστικό ρόλο που αναλαμβάνει η συχνότητα στη διαμόρφωση της αντίληψής μας για τον ήχο. Η συχνότητα δηλώνει τον ρυθμό με τον οποίο ταλαντώνεται ένα ηχητικό κύμα, ο οποίος μετράται σε Hertz (Hz) (Powles, et al., 2018).. Το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα διαθέτει την αξιοσημείωτη ικανότητα να ανιχνεύει ένα εκτεταμένο φάσμα συχνοτήτων, που εκτείνεται από τα κατώτερα όρια των 20 Hz έως τα

ανώτερα κλιμάκια των 20.000 Hz. Αυτές οι διαφορετικές συχνότητες αποδίδουν διακριτές ακουστικές αισθήσεις, συμβάλλοντας στην τονική ποιότητα, το ύψος και τον γενικό χαρακτήρα ενός ήχου (Jung, et al., 2019).

Κατανόηση των χαμηλών συχνοτήτων (20 Hz - 200 Hz)

Οι ήχοι χαμηλών συχνοτήτων, που χαρακτηρίζονται από τη βαθιά και αντηχητική τους φύση, παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των ακουστικών μας εμπειριών. Συχνά συνδέονται με ισχυρές φυσικές δονήσεις, οι ήχοι αυτοί προέρχονται από πηγές όπως οι κινητήρες, τα βιομηχανικά μηχανήματα και τα subwoofer (Rossi, et al., 2018). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ήχοι χαμηλών συχνοτήτων, παρά το γεγονός ότι ενδεχομένως δεν καταγράφονται ως υπερβολικά δυνατοί όσον αφορά τις μετρήσεις των ντεσιμπέλ, διαθέτουν μια εγγενή ικανότητα να δημιουργούν την αίσθηση της αντίληψης του όγκου. Για παράδειγμα, ο αντηχητικός χτύπος ενός μπάσου τυμπάνου μέσα στη μουσική ή το υποτονικό βουητό της βροντής κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας μεταδίδουν μια απτή αίσθηση παρουσίας και ισχύος, ακόμη και σε μέτρια επίπεδα ντεσιμπέλ (Abbasi, et al., 2021).

Πλοήγηση στις μεσαίες συχνότητες (200 Hz - 2.000 Hz)

Στον τομέα των ήχων μεσαίων συχνοτήτων, ένα ποικίλο φάσμα ακουστικών εμπειριών διαμορφώνει τις αλληλεπιδράσεις μας με τον ακουστικό κόσμο. Αυτή η περιοχή περικλείει οικείους ήχους όπως η ανθρώπινη ομιλία, τα μουσικά όργανα και οι καθημερινές δραστηριότητες (Vaisberg, et al., 2021). Η αντιλαμβανόμενη ένταση των ήχων μεσαίων συχνοτήτων διαμορφώνεται όχι μόνο από τα μεγέθη τους σε ντεσιμπέλ, αλλά και από τη φασματική τους σύνθεση και την παρουσία αρμονικών στοιχείων. Η περίπλοκη αλληλεπίδραση των συχνοτήτων, όπως παρατηρείται στη συμφωνία των φωνών σε ένα πολυσύχναστο δωμάτιο ή στις αντηχούσες χορδές μιας κιθάρας, συμβάλλει στη συλλογική αντίληψη της έντασης στο φάσμα των μεσαίων συχνοτήτων (Ananthakrishnan, Grinstead & Yurjevich, 2021).

Αποκάλυψη των υψηλών συχνοτήτων (2.000 Hz - 20.000 Hz)

Οι υψηλές συχνότητες είναι συνώνυμες με την καθαρότητα των κυμβάλων, το λεπτό κουδούνισμα των ανεμοδαρμών και το απαλό θρόισμα των φύλλων. Παραδόξως, παρά τη δυνητικά ευαίσθητη φύση τους, οι ήχοι υψηλών συχνοτήτων μπορούν να ασκήσουν μια ισχυρή αίσθηση φωνασκίας. Η ικανότητά τους να διαπερνούν το θόρυβο του περιβάλλοντος τους

καθιστά ικανούς να διεκδικούν την προσοχή και να προκαλούν μια αυξημένη αντίληψη της έντασης. Το ξεχωριστό ηχόχρωμα ενός σφουρίγματος ή η απότομη οξύτητα ενός συναγεμμού υπογραμμίζουν την ικανότητα των συστατικών υψηλών συχνοτήτων να προκαλούν αυξημένη αντίληψη της έντασης (Roy, Hassanieh & Roy Choudhury, 2017).

Εκτίμηση των αντιληπτικών αποχρώσεων και της δυναμικής του περιβάλλοντος

Ενώ η συχνότητα παίζει αναμφίβολα καθοριστικό ρόλο στην εκτίμηση της έντασης του ήχου, είναι ζωτικής σημασίας να αναγνωρίσουμε ότι η αντίληψη της έντασης είναι ένα πολύπλευρο φαινόμενο που επηρεάζεται από μυριάδες παράγοντες του περιβάλλοντος (Koch, 2017). Η περίπλοκη αλληλεπίδραση της συχνότητας, της διάρκειας, της χωρικής κατανομής και της παρουσίας ταυτόχρονων ήχων συμβάλλει συλλογικά στην ολιστική αντίληψη της έντασης. Για παράδειγμα, ένας αμυδρός ψίθυρος, ενισχυμένος από την αντήχηση μιας σιωπηλής βιβλιοθήκης, μπορεί ενδεχομένως να γίνει αντιληπτός ως πιο δυνατός από τον ίδιο ψίθυρο μέσα στην έντονη какоφωνία μιας ζωντανής αγοράς. Τέτοια παραδείγματα υπογραμμίζουν τη βαθιά επίδραση των στοιχείων του περιβάλλοντος στην αντίληψη της έντασης του ήχου (Torresin, et al., 2018).

Σε τελική ανάλυση, η εκτίμηση της έντασης του ήχου με βάση τη συχνότητα ενισχύει την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα διάφορα ηχητικά συστατικά διαμορφώνουν συνεργατικά τις ακουστικές μας εμπειρίες. Κάθε σκαλοπάτι της κλίμακας συχνοτήτων - χαμηλό, μεσαίο και υψηλό - παίζει αναπόσπαστο ρόλο στη διαμόρφωση της αντίληψής μας για την ένταση του ήχου, προσθέτοντας βάθος, χαρακτήρα και διάσταση στο ακουστικό τοπίο. Ενώ τα ντεσιμπέλ παρέχουν ένα τυποποιημένο μέτρο για την ποσοτικοποίηση της έντασης του ήχου, η αναγνώριση της αλληλεπίδρασης μεταξύ της συχνότητας και των αντιληπτικών μας ικανοτήτων επιτρέπει μια πιο λεπτή και ολοκληρωμένη αξιολόγηση των ηχητικών περιβαλλόντων. Με την εννοχήστρωση της περίπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ των συστατικών της συχνότητας, των στοιχείων του περιβάλλοντος και άλλων αντιληπτικών παραγόντων, μας δίνεται η δυνατότητα να βελτιώσουμε τις στρατηγικές μας για τη διαχείριση του θορύβου, τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του ηχητικού τοπίου και την καλλιέργεια αρμονικών ακουστικών εμπειριών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

Στον σημερινό ταχέως αστικοποιούμενο κόσμο, η αδιάκοπη βουή των οχημάτων έχει γίνει αναπόσπαστο μέρος του αστικού ηχοτοπίου. Η ηχορύπανση από τους κινητήρες, τις κόρνες, τα φρένα και την τριβή των ελαστικών μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Η ηχορύπανση από τα οχήματα είναι ένα πειστικό ζήτημα που απαιτεί αποτελεσματικές λύσεις για τον μετριασμό των δυσμενών επιπτώσεών του (Marjanović, Grubeša & Žarko, 2017).

3.1. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

Μέσα στο αστικό χάος των πολυσύχναστων δρόμων και των κόρνων, ο αντίκτυπος του θορύβου από τα αυτοκίνητα εκτείνεται πολύ πέρα από την ανθρώπινη εμπειρία. Οι επιπτώσεις του θορύβου, ιδίως όταν είναι συνεχής ή υπερβολικός, μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο στα άτομα όσο και στις κοινότητες (Vijay, et al., 2015).

Ο θόρυβος μπορεί να διαταράξει τις γνωστικές λειτουργίες. Μπορεί να εμποδίσει τη συγκέντρωση, τη μνήμη και τη γνωστική απόδοση, ιδίως σε περιβάλλοντα όπως τα σχολεία ή οι χώροι εργασίας (Jafari, et al., 2019).

Επιπλέον, ο υπερβολικός θόρυβος παρεμποδίζει την επικοινωνία, καθιστώντας δύσκολο για τους ανθρώπους να κατανοήσουν ο ένας τον άλλον, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε παρεξηγήσεις και μειωμένη κοινωνική αλληλεπίδραση (Yi, Pingsterhaus & Song, 2021).

Η ηχορύπανση, ακόμη, μπορεί να μειώσει τη συνολική ποιότητα ζωής, επηρεάζοντας την άνεση, τη χαλάρωση και τη συνολική ευεξία. Οι κοινότητες που εκτίθενται σε επίμονο θόρυβο μπορεί να παρουσιάσουν παράπονα και δυσαρέσκεια για τις συνθήκες διαβίωσης, οδηγώντας ενδεχομένως σε κοινωνικές συγκρούσεις και μειωμένη ικανοποίηση της κοινότητας (Mouratidis, 2021).

Για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων, είναι ζωτικής σημασίας η εφαρμογή μέτρων μείωσης του θορύβου και η ενσωμάτωση στρατηγικών διαχείρισης του θορύβου στον πολεοδομικό σχεδιασμό, ώστε να δημιουργηθούν υγιέστερα και πιο άνετα περιβάλλοντα διαβίωσης για όλους.

3.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Σε μια εποχή που χαρακτηρίζεται από την αστικοποίηση, την αυξημένη κινητικότητα και την οικονομική ανάπτυξη, η αύξηση της κυκλοφορίας έχει γίνει αναμφισβήτητο χαρακτηριστικό γνώρισμα των σύγχρονων κοινωνιών. Ωστόσο, κάτω από την όψη της διευκόλυνσης και της προόδου κρύβεται ένα πολύπλοκο πλέγμα συνεπειών που εκτείνονται σε πολλαπλές διαστάσεις της ζωής.

I. Επιβάρυνση των υποδομών

Οδική συμφόρηση

Μία από τις πιο άμεσες και ορατές επιπτώσεις της αυξημένης κυκλοφορίας είναι η κυκλοφοριακή συμφόρηση των δρόμων. Οι μποτιλιαρισμένοι δρόμοι οδηγούν σε μεγαλύτερους χρόνους ταξιδιού, απογοήτευση και μειωμένη παραγωγικότητα. Τα μποτιλιαρίσματα δεν ταλαιπωρούν μόνο τα άτομα, αλλά επιβαρύνουν και τις τοπικές οικονομίες λόγω των καθυστερημένων αποστολών, της αυξημένης κατανάλωσης καυσίμων και των χαμένων εργατοωρών (Kozlak & Wach, 2018).

Υποβάθμιση των δρόμων

Ο μεγάλος όγκος κυκλοφορίας συμβάλλει στη φθορά των οδικών υποδομών. Τα συνεχή φορτία των οχημάτων, σε συνδυασμό με την επαναλαμβανόμενη καταπόνηση από το φρενάρισμα και την επιτάχυνση, μπορούν να οδηγήσουν σε λακκούβες, ρωγμές και συνολική υποβάθμιση των οδοστρωμάτων. Η ανάγκη για συχνές επισκευές και συντήρηση αυξάνει τις δημόσιες δαπάνες και τις υλικοτεχνικές προκλήσεις (Allen, et al., 2018).

II. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Ατμοσφαιρική ρύπανση

Τα αυξημένα επίπεδα κυκλοφορίας συμβάλλουν σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι εκπομπές από τα οχήματα απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα ρύπους όπως οξείδια του αζώτου, σωματίδια και πτητικές οργανικές ενώσεις. Αυτοί οι ρύποι έχουν επιζήμιες επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα και στη δημόσια υγεία, οδηγώντας σε αναπνευστικές ασθένειες, καρδιαγγειακά προβλήματα, ακόμη και σε πρόωρους θανάτους (Von Schneidmesser, et al., 2019).

Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

Η αυξημένη κυκλοφορία οδηγεί σε υψηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ιδίως διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Ο τομέας των μεταφορών συμβάλλει σημαντικά στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂, συμβάλλοντας στην κλιματική αλλαγή και τις συναφείς επιπτώσεις της, όπως η άνοδος της θερμοκρασίας, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα (Bharadwaj, Ballare & Chandel, 2017).

III. Επιπτώσεις στη δημόσια υγεία

Σωματική αδράνεια

Η εξάρτηση από τα οχήματα για τις μεταφορές μπορεί να αποθαρρύνει τη σωματική δραστηριότητα, όπως το περπάτημα και η ποδηλασία. Τα αυξημένα επίπεδα κυκλοφορίας συμβάλλουν στην καθιστική ζωή, η οποία συνδέεται με την παχυσαρκία, τον διαβήτη και άλλες χρόνιες παθήσεις της υγείας (Parra, et al., 2018).

IV. Κοινωνική και κοινοτική δυναμική

Άγχος και ευημερία

Η κυκλοφοριακή συμφόρηση και οι σχετικές καθυστερήσεις μπορούν να συμβάλουν σε αυξημένα επίπεδα άγχους μεταξύ των ατόμων. Η απογοήτευση που προκαλεί η εμπλοκή στην κυκλοφορία, σε συνδυασμό με την αβεβαιότητα των χρόνων άφιξης, μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο στρες και άγχος, επηρεάζοντας τη συνολική ευημερία (Nadrian, et al., 2019).

Μειωμένη ποιότητα ζωής

Οι κοινότητες που βρίσκονται κοντά σε δρόμους με μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση συχνά βιώνουν μειωμένη ποιότητα ζωής. Η ηχορύπανση, η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι ανησυχίες για την ασφάλεια μπορούν να μειώσουν την ελκυστικότητα αυτών των περιοχών, οδηγώντας σε μειωμένη αξία ακινήτων και κοινωνική απομόνωση (Abdel Wahed Ahmed & Abd El Monem, 2020).

Συμπερασματικά, οι επιπτώσεις της αυξημένης κυκλοφορίας εκτείνονται πολύ πέρα από τις ορατές ουρές και τα κορναρίσματα που χαρακτηρίζουν τους δρόμους με κυκλοφοριακή συμφόρηση. Η επιβάρυνση των υποδομών, η περιβαλλοντική υποβάθμιση, οι επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, η κοινωνική δυναμική και οι προκλήσεις του αστικού σχεδιασμού

υπογραμμίζουν την ανάγκη για ολιστικές λύσεις για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας της σύγχρονης κινητικότητας. Καθώς οι κοινωνίες περιηγούνται στις περιπλοκές της αστικοποίησης, οι βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις μεταφορών, ο έξυπνος αστικός σχεδιασμός και οι εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού κατέχουν το κλειδί για τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων των αυξημένων επιπέδων κυκλοφορίας. Με την υιοθέτηση μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης που εξετάζει την αλληλεπίδραση μεταξύ διαφόρων διαστάσεων, μπορούμε να δημιουργήσουμε πόλεις που ευδοκιμούν ως κόμβοι προόδου χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο την ευημερία τόσο του περιβάλλοντος όσο και των κατοίκων τους.

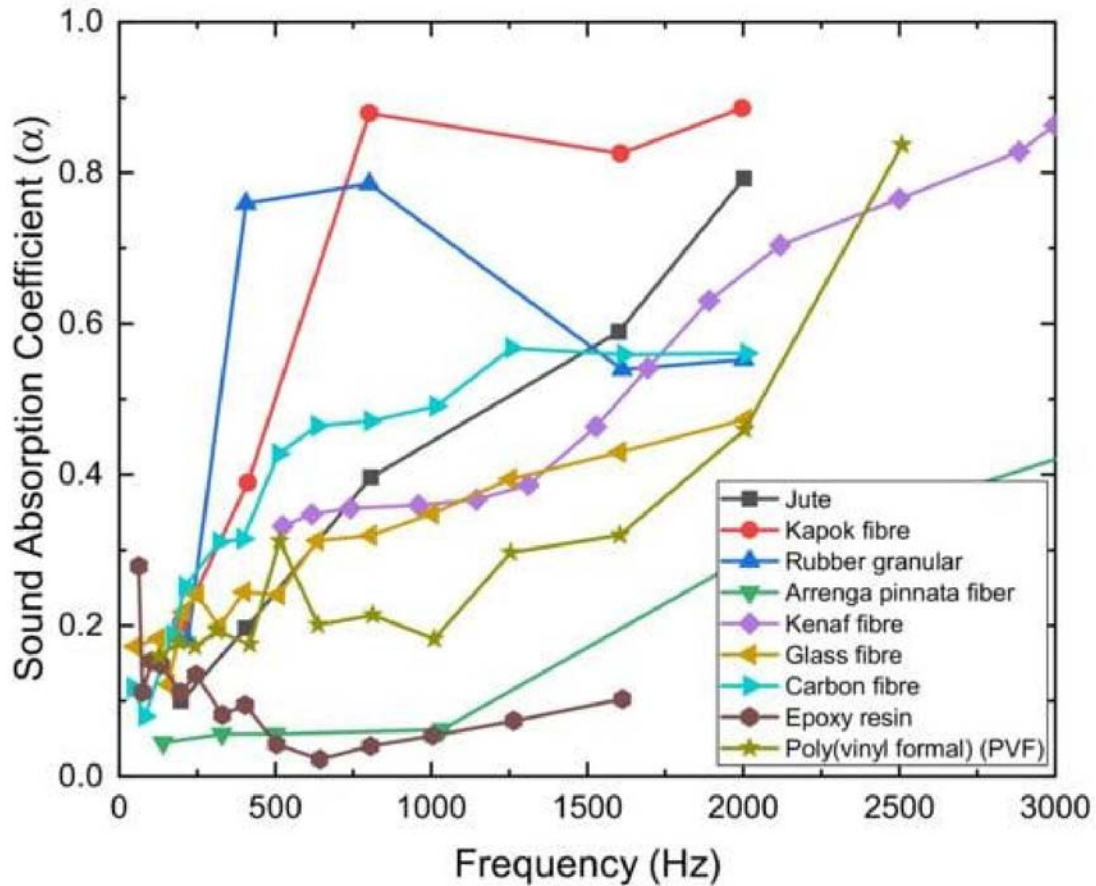
3.3. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

Αυτό το κεφάλαιο εξετάζει διάφορες τεχνικές και στρατηγικές για τη μείωση του θορύβου από τα αυτοκίνητα, από τις εξελίξεις στον σχεδιασμό των οχημάτων έως τις καινοτόμες λύσεις υποδομής.

I. Καινοτομίες στο σχεδιασμό οχημάτων

Ηχομονωτικά υλικά και μόνωση

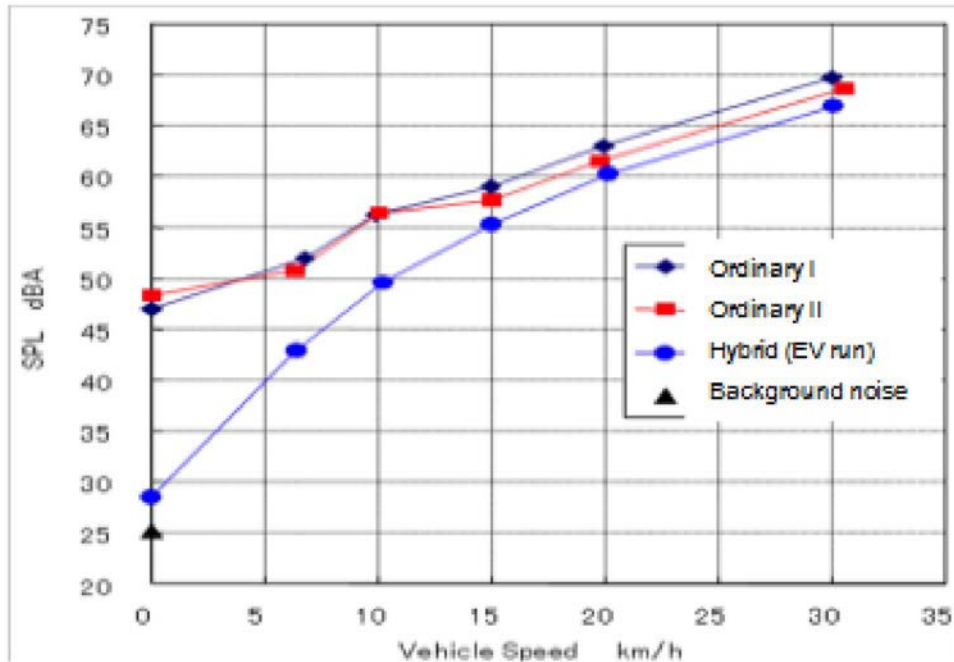
Οι σύγχρονοι κατασκευαστές οχημάτων ενσωματώνουν ολοένα και περισσότερο προηγμένα ηχομονωτικά υλικά και μόνωση στους σχεδιασμούς τους. Ακουστικά πάνελ από υλικά όπως Jute, Kapok Fiber, Rubber Granular κ.α., τοποθετούνται στρατηγικά στη δομή του οχήματος για να απορροφούν και να αποσβένουν τον θόρυβο. Αυτά τα υλικά όχι μόνο μειώνουν την εισβολή εξωτερικού θορύβου αλλά και βελτιώνουν την εσωτερική άνεση των επιβατών (Cășeriu & Blaga, 2022).



Εικόνα 13: Συντελεστές ηχοαπορρόφησης διαφόρων παραδοσιακών υλικών (Lee, Kim, & Ha, 2012 – Yang & Li, 2012 - Xue, et al., 2016 - Rajarajan, Bhaskaran & Ravindran, 2017 - Lim, et al., 2018).

⚡ Ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα

Η στροφή προς τα ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα είναι ένα σημαντικό βήμα προς τη μείωση του θορύβου. Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς κινητήρες εσωτερικής καύσης, τα ηλεκτρικά οχήματα λειτουργούν σχεδόν αθόρυβα, μειώνοντας σημαντικά τον ήχο του κινητήρα. Η αθόρυβη λειτουργία των ηλεκτροκίνητων οχημάτων αποτελεί μια ευκαιρία να μεταμορφωθεί το ακουστικό τοπίο των αστικών περιβαλλόντων, καθιστώντας τα πιο ευχάριστα και γαλήνια (Can, et al., 2020).



Εικόνα 14: Ηχητικές εκπομπές από οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης (Ordinary I και II) και υβριδικά οχήματα σε ηλεκτρική λειτουργία (Tabata, Konet & Kanuma 2016).

II. Τροποποιήσεις του κινητήρα και του συστήματος εξάτμισης

✚ Ελαστικά μείωσης θορύβου

Ο θόρυβος των ελαστικών συμβάλλει σημαντικά στο συνολικό θόρυβο του οχήματος, ιδίως σε τραχιές ή ανώμαλες επιφάνειες. Οι κατασκευαστές αναπτύσσουν σχέδια ελαστικών που μειώνουν τον θόρυβο και ενσωματώνουν προηγμένα σχέδια πέλματος και μείγματα ελαστικού για την ελαχιστοποίηση του θορύβου κύλισης, διατηρώντας παράλληλα τη βέλτιστη απόδοση (Li, 2018).



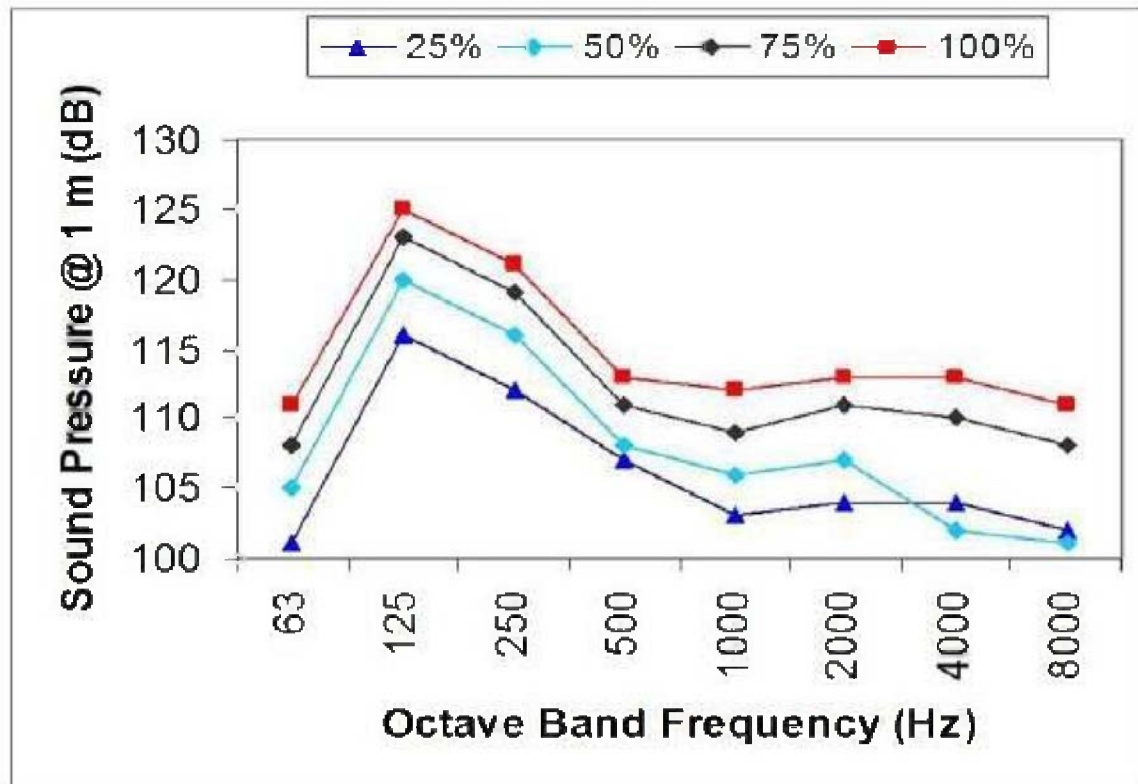
Tyre Noise

	DRY BRAKING	VOLUME	SCORE
1	 GT Radial Sport Active	57.5	5.00
2	 Falken Azenis FK510	58.0	4.96
3	 Continental Premium Contact 6	58.0	4.96
4	 Maxxis Victra Sport 5	58.0	4.96
5	 BFGoodrich g-Force Sport Comp 2	58.0	4.96
6	 Nexen NFera SU1	58.0	4.96
7	 Achilles ATR Sport 2	58.0	4.96
8	 Vitara Sportlife	58.0	4.96
9	 Momo Outrun M3	58.0	4.96
10	 Hifly HF805 Challenger	58.5	4.92
11	 Hankook Ventus S1 Evo 2	59.0	4.87

Εικόνα 15: Θόρυβος ελαστικών (whichcar.com.au)

Σχεδιασμός συστήματος εξάτμισης

Η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του συστήματος εξάτμισης μπορεί επίσης να οδηγήσει σε μείωση του θορύβου. Οι σιγαστήρες, τα αντηχεία και οι διαμορφώσεις των σωλήνων εξάτμισης σχεδιάζονται για την ελαχιστοποίηση του ήχου που παράγεται από τα καυσαέρια. Οι προηγμένες τεχνολογίες του συστήματος εξάτμισης, όπως οι ενεργές βαλβίδες εξαγωγής, μπορούν να διαμορφώσουν περαιτέρω τα επίπεδα ήχου ανάλογα με τις συνθήκες οδήγησης (Guhan, et al., 2018).



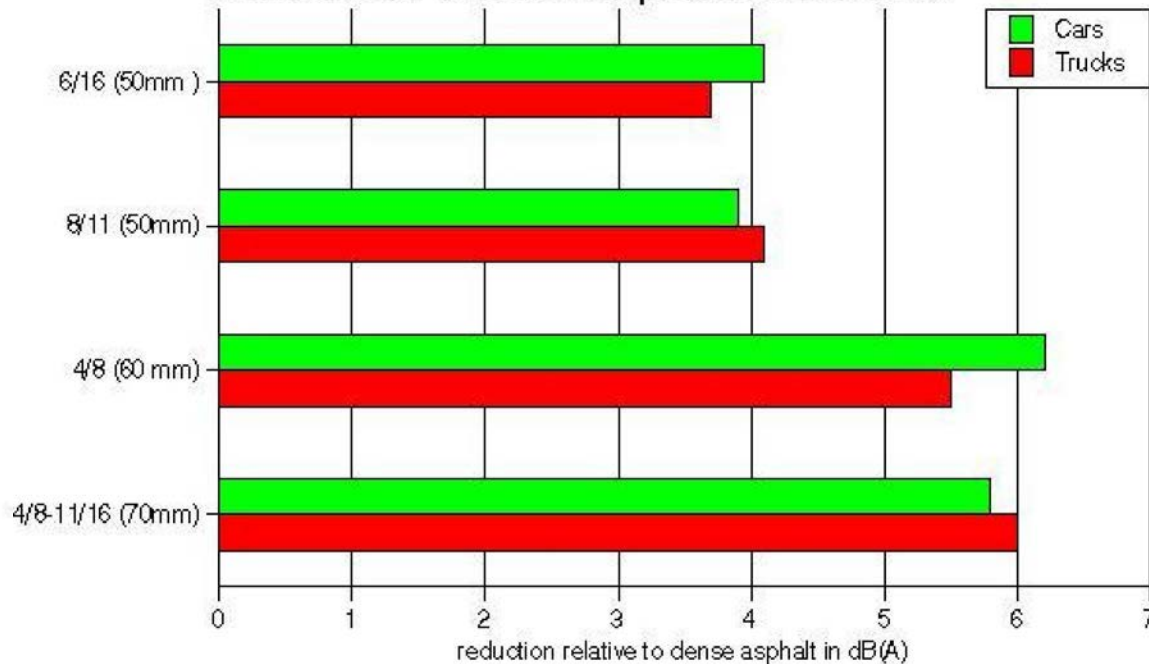
Εικόνα 16: Αθόρυβος θόρυβος καυσαερίων: " επίπεδο θορύβου σε σχέση με το φορτίο " (Jha & Sharma, 2013).

III. Βελτιώσεις οδών και υποδομών

✚ Οδοστρώματα χαμηλού θορύβου

Οι επιφάνειες των δρόμων παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διάδοση του θορύβου. Οι παραδοσιακές ασφαλτικές επιφάνειες παράγουν περισσότερο θόρυβο σε σύγκριση με τα νεότερα, πιο αθόρυβα υλικά οδοστρώματος. Τα οδοστρώματα χαμηλού θορύβου, κατασκευασμένα από υλικά όπως η ανοιχτή άσφαλτος ή η ελαστικοποιημένη άσφαλτος, μειώνουν τον θόρυβο από την αλληλεπίδραση ελαστικών-δρόμου και συμβάλλουν σε ένα πιο ήσυχο αστικό περιβάλλον (Sakhaeifar, et al., 2018).

Noise reduction of 4 types of porous road surfaces relative to dense asphalt concrete



Εικόνα 17: Οδοστρώματα που απορροφούν τον ήχο(Tao, et al., 2021).

IV. Αλλαγές συμπεριφοράς και ευαισθητοποίηση

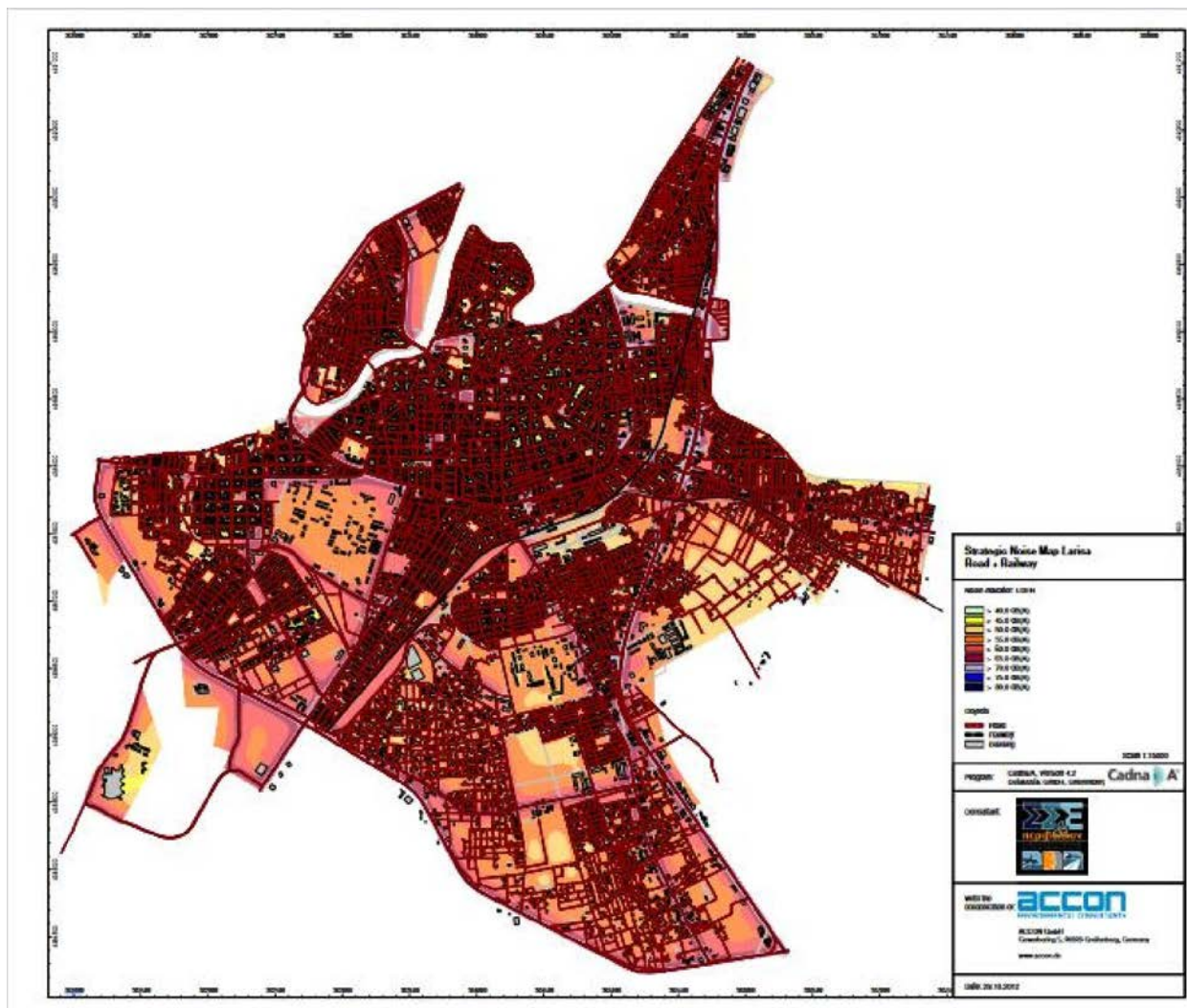
Πρακτικές οικολογικής οδήγησης

Η προώθηση πρακτικών οικολογικής οδήγησης μεταξύ των αυτοκινητιστών μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του θορύβου των οχημάτων. Η ενθάρρυνση των οδηγών να επιταχύνουν ομαλά, να διατηρούν σταθερές ταχύτητες και να αποφεύγουν τα απότομα φρεναρίσματα όχι μόνο εξοικονομεί καύσιμα αλλά και μειώνει τις εκπομπές θορύβου (Wang & Boggio-Marzet, 2018).

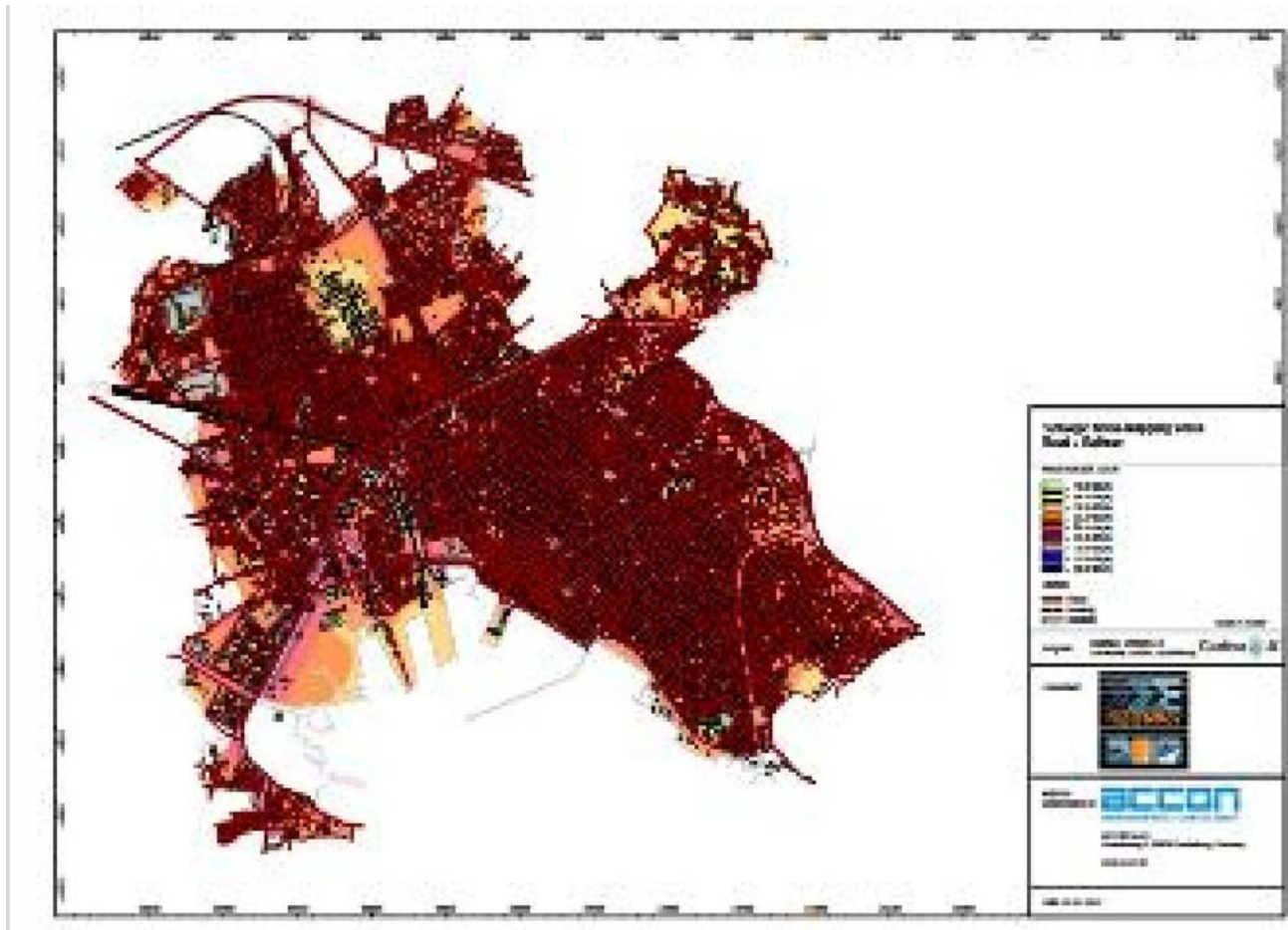
Στην προσπάθεια για πιο αθόρυβα αστικά περιβάλλοντα, η μείωση του θορύβου από τα οχήματα αναδεικνύεται σε κρίσιμη προσπάθεια. Από τις καινοτομίες σχεδιασμού οχημάτων αιχμής έως τις βελτιώσεις των οδικών υποδομών και τις αλλαγές στη συμπεριφορά, απαιτείται

μια πολύπλευρη προσέγγιση για την καταπολέμηση των επιζήμιων επιπτώσεων της ηχορύπανσης. Με την ενσωμάτωση αυτών των τεχνικών, η κοινωνία μπορεί να εργαστεί προς την κατεύθυνση της δημιουργίας πόλεων όπου το ηχοτοπίο χαρακτηρίζεται από ηρεμία και γαλήνη, οδηγώντας τελικά σε βελτιωμένη ευημερία και έναν υγιέστερο πλανήτη για τις επόμενες γενιές.

Οι εικόνες 18 και 19 απεικονίζουν έναν λεπτομερή χάρτη πολεοδομίας ή χωροταξίας, ο οποίος παρουσιάζει μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή με διάφορες ζώνες που οριοθετούνται σαφώς με τη χρήση διαφορετικών χρωμάτων και συμβόλων. Τέτοιοι χάρτες χρησιμοποιούνται συνήθως για τον πολεοδομικό σχεδιασμό, τις κατασκευές, τη διαχείριση χρήσεων γης και την ανάπτυξη υποδομών.



Εικόνα 18: Στρατηγικός χάρτης θορύβου Λάρισας - Οδικές και Σιδηροδρομικές μεταφορές.



Εικόνα 19: Στρατηγικός χάρτης θορύβου Βόλου - Οδικές και Σιδηροδρομικές μεταφορές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΘΟΡΥΒΟ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

4.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Στον δυναμικό κόσμο των μεταφορών, η μετάβαση από τα οχήματα εσωτερικής καύσης (internal combustion vehicles, ICVs) στα ηλεκτρικά οχήματα αποτελεί μια καίρια αλλαγή με πολύπλευρες επιπτώσεις. Ενώ η εστίαση έχει δοθεί σε μεγάλο βαθμό στα περιβαλλοντικά οφέλη και την ενεργειακή απόδοση, η ακουστική διάσταση αυτής της μετατροπής παραμένει μια ενδιαφέρουσα πτυχή που χρήζει διερεύνησης (Babic et al., 2017).

Οχήματα εσωτερικής καύσης

Η χαρακτηριστική ηχητική υπογραφή των οχημάτων εσωτερικής καύσης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη διαδικασία καύσης που τα κινεί. Οι ρυθμικές εκρήξεις μέσα στους θαλάμους καύσης του κινητήρα δημιουργούν μια συμφωνία ήχων, που περιλαμβάνει το συνεχές βουητό του θορύβου του κινητήρα και τις ποικίλες καδένες των ήχων της εξάτμισης. Αυτή η αρμονική αλληλεπίδραση δημιουργεί ένα ηχητικό προφίλ δυναμικό και περίπλοκο, το οποίο χαρακτηρίζεται από τη συγχώνευση της μηχανικής ακουστικής και της ακουστικής που προέρχεται από την καύση (Bianciardi, et al., 2017).

Ηλεκτρικά οχήματα

Τα ηλεκτρικά οχήματα, αντίθετα, εγκαινιάζουν μια επανάσταση που χαρακτηρίζεται από λεπτότητα και σιωπή. Η απουσία ενός συμβατικού κινητήρα εσωτερικής καύσης γίνεται αμέσως αντιληπτή στις υποτονικές ακουστικές εκπομπές της ηλεκτρικής κίνησης. Η πρόωση των ηλεκτρικών οχημάτων χαρακτηρίζεται από ένα απαλό βουητό, που μοιάζει με ηλεκτρονικό καρδιοχτύπι, συνοδευόμενο από τους αγνούς ψιθύρους της αλληλεπίδρασης των ελαστικών με το οδόστρωμα. Αυτή η σχεδόν σιωπή κατά τη διάρκεια της κίνησης αντιπροσωπεύει μια αλλαγή παραδείγματος που επαναπροσδιορίζει τις συμβατικές προσδοκίες της ακουστικής των οχημάτων (Clendinning, 2018).

Θόρυβος ελαστικών και αεροακουστική

Στη σφαίρα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, η κυριαρχία του θορύβου των ελαστικών γίνεται έντονη. Η πιο αθόρυβη πρόωση τονίζει το ρυθμικό χτύπημα των ελαστικών καθώς διασχίζουν διαφορετικές επιφάνειες του οδοστρώματος. Η αλληλεπίδραση μεταξύ της σύνθεσης των ελαστικών, των σχεδίων πέλματος και των οδικών συνθηκών αποκτά σημασία, καθώς συμβάλλει ουσιαστικά στο συνολικό ακουστικό προφίλ των EV. Επιπλέον, καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα επιτυγχάνουν υψηλότερες ταχύτητες, αναδύεται η λεπτή συμφωνία της αεροακουστικής, η οποία χαρακτηρίζεται από το απαλό σφύριγμα της αντίστασης του ανέμου ενάντια στο βελτιωμένο περίγραμμα αυτών των οχημάτων (Kurian, et al., 2021).

Σύγκριση αισθητικής και συναισθημάτων

Οι ανόμοιες ακουστικές ενδείξεις που παρουσιάζουν τα οχήματα εσωτερικής καύσης και τα ηλεκτρικά οχήματα προκαλούν ξεχωριστές αισθητικές αντιδράσεις. Οι εμφανείς ακουστικές εκφράσεις των οχημάτων εσωτερικής καύσης, που χαρακτηρίζονται από ηχηρούς θορύβους, συχνά προκαλούν συνειρμούς ισχύος, δυναμισμού και καθιερωμένων συμβάσεων. Αντίθετα, οι υποτονικές ακουστικές εκπομπές των EVs προκαλούν συνειρμούς σύγχρονης προόδου, εφευρετικότητας και ενός ήθους μειωμένου ακουστικού αντίκτυπου. Αυτά τα ακουστικά χαρακτηριστικά, τα οποία δεν περιορίζονται μόνο στο μηχανικό πεδίο, επεκτείνουν την επιρροή τους ώστε να συμπεριλάβουν πολιτιστικές συνδηλώσεις και ατομικά συναισθήματα, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στον ευρύτερο κοινωνικοπολιτισμικό διάλογο που περιλαμβάνει τα παραδείγματα μεταφοράς (Albatayneh, et al., 2020).

Επιπτώσεις για το αστικό ηχοτόπιο και το σχεδιασμό

Ο μετασχηματισμός από τα ICV στα EV έχει σημαντικές επιπτώσεις στον ηχητικό ιστό των αστικών περιβαλλόντων. Η μείωση των εκπομπών θορύβου του κινητήρα από τα EVs έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει πιο ήσυχα και πιο γαλήνια αστικά ηχοτόπια. Αυτή η αλλαγή ευθυγραμμίζεται με την αυξανόμενη έμφαση στις βιώσιμες πόλεις, όπου η ηχορύπανση μπορεί να μετριαστεί, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ευημερίας και της ποιότητας ζωής των κατοίκων των πόλεων (Jansen & Petrova, 2023).

4.2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΑ EV

Αυτό το κεφάλαιο διερευνά τις αναρίθμητες τεχνικές εξελίξεις, τις σχεδιαστικές εκτιμήσεις και τη μηχανική ευφυΐα που συμβάλλουν συλλογικά στην ήρεμη ακουστική εμπειρία που διακρίνει την τεχνολογία των ηλεκτρικών οχημάτων, αποκαλύπτοντας το σύνθετο πλέγμα παραγόντων που παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών θορύβου στον τομέα των EV.

Στο επίκεντρο της αθόρυβης επανάστασης των EVs βρίσκεται μια θεμελιώδης απόκλιση από τον παραδοσιακό κινητήρα εσωτερικής καύσης. Σε αντίθεση με τους αντίστοιχους κινητήρες που κινούνται με ορυκτά καύσιμα, τα EV λειτουργούν χωρίς τη συμφωνία των εκρήξεων που χαρακτηρίζουν τη διαδικασία καύσης, εξαλείφοντας αποτελεσματικά μια κύρια πηγή εκπομπών θορύβου. Αυτή η θεμελιώδης μετατόπιση οδηγεί εγγενώς σε σημαντική μείωση του ακουστικού αποτυπώματος των EVs, συμβάλλοντας στη συνολική ηρεμία της ακουστικής τους (Gavric, 2020).

Τα συστήματα πρόωσης που χρησιμοποιούνται από τα EV αντιπροσωπεύουν μια αξιοσημείωτη απόκλιση από την περίπλοκη μηχανική πολυπλοκότητα που σχετίζεται με τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες που κινούν τα EV ενσωματώνουν μια εκλεπτυσμένη κομψότητα, λειτουργώντας σε ένα επίπεδο πολυπλοκότητας που παράγει σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα θορύβου σε σύγκριση με την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων των παραδοσιακών μηχανών εσωτερικής καύσης. Η αρμονική περιστροφή των εξαρτημάτων του ηλεκτροκινητήρα δημιουργεί μια υποτονική και χαριτωμένη ακουστική υπογραφή, διευκολύνοντας ένα γαλήνιο ταξίδι τόσο για τους επιβάτες όσο και για τους παρατηρητές (Bodden & Belschner, 2019).

Επιπλέον, το συμβατικό συνονθύλευμα κραδασμών και μηχανικών θορύβων που χαρακτηρίζει τα οχήματα εσωτερικής καύσης υφίσταται μια μετασχηματιστική αλλαγή στη σφαίρα της ηλεκτρικής κινητικότητας. Η αθόρυβη λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων έχει ως αποτέλεσμα την έντονη μείωση των δονήσεων και των μηχανικών θορύβων, σιγοντάροντας αποτελεσματικά τον κρότο των γραναζιών, των εμβόλων και των μάντων. Αυτή η απουσία μηχανικού θορύβου όχι μόνο αναβαθμίζει την ακουστική εμπειρία, αλλά συμβάλλει επίσης σε μια εξαιρετικά ομαλή και ήρεμη οδήγηση (Hazra & Reddy, 2021).

Οι κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων χρησιμοποιούν μια σειρά από εξελιγμένες τεχνικές ηχομόνωσης και μόνωσης, προσεκτικά σχεδιασμένες για να περιβάλλουν τους επιβάτες σε ένα καταφύγιο ακουστικής άνεσης. Η στρατηγική τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών τόσο στην καμπίνα όσο και στα εξαρτήματα του οχήματος διασφαλίζει ότι ο εξωτερικός θόρυβος αποσβένεται, διατηρώντας τη γαλήνη του εσωτερικού περιβάλλοντος. Αυτή η επιμελής μηχανολογική προσπάθεια διατηρεί την ατμόσφαιρα γαλήνης, ανενόχλητη από την κακοφωνία του εξωτερικού κόσμου (Swart, 2018).

Η αεροδυναμική υπεροχή που ενυπάρχει σε πολλά σχέδια EV χρησιμεύει ως θαύμα διπλού σκοπού, ενισχύοντας τόσο την ενεργειακή απόδοση όσο και την ακουστική ηρεμία. Τα κομψά περιγράμματα των EV ελαχιστοποιούν την αντίσταση του αέρα, οδηγώντας σε πιο αθόρυβη λειτουργία ακόμη και σε υψηλότερες ταχύτητες. Αυτή η μείωση του θορύβου του αέρα συμβάλλει σε μια συνολική γαλήνια ακουστική εμπειρία, αναδεικνύοντας τα EV σε ενσάρκωση τόσο της πολυπλοκότητας όσο και της αποτελεσματικότητας (Horst, Elham & Radespiel, 2021).

Καθώς τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα θέτουν στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος τα εγγενώς υποτονικά συστήματα πρόωσής τους, η συμβολή του θορύβου των ελαστικών αποκτά εξέχουσα θέση στην ευρύτερη ακουστική αφήγηση. Οι κατασκευαστές αντιμετωπίζουν αυτή την πτυχή βελτιώνοντας περίτεχνα τον σχεδιασμό των ελαστικών, τα σχέδια πέλματος και τα υλικά για να μετριάσουν τον θόρυβο που προέρχεται από την αλληλεπίδραση μεταξύ των ελαστικών και των οδοστρωμάτων. Αυτή η προσέγγιση στη διαχείριση του θορύβου των ελαστικών εξασφαλίζει ότι η διακριτική κομπόζη της ακουστικής των EV διατηρείται σταθερά σε διαφορετικές συνθήκες οδήγησης (Hemanth & Suresha, 2021).

Παραδόξως, η σχεδόν αθόρυβη λειτουργία των EV έχει προκαλέσει την εξερεύνηση της τεχνητής παραγωγής ήχου για την αντιμετώπιση των ανησυχιών που σχετίζονται με την ασφάλεια των πεζών. Αναγνωρίζοντας τη σημασία των ακουστικών ενδείξεων για τους πεζούς, ιδίως για τα άτομα με προβλήματα όρασης, ορισμένα EV ενσωματώνουν εξωτερικά ηχητικά συστήματα που εκπέμπουν ξεχωριστούς, φουτουριστικούς ήχους σε χαμηλότερες ταχύτητες. Αυτές οι συνθετικές ακουστικές ενδείξεις γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ της διακριτικής ακουστικής των EV και της επιτακτικής ανάγκης για ασφάλεια των πεζών (Lemaitre & Susini, 2019).

Η εμφάνιση των ηλεκτρικών οχημάτων προανήγγειλε μια εποχή που χαρακτηρίζεται από ακουστική φινέτσα, όπου ο παραδοσιακός βρυχηθμός των κινητήρων εσωτερικής καύσης δίνει τη θέση του στην ηρεμία της αθόρυβης κίνησης. Οι αμέτρητοι παράγοντες που συμβάλλουν στη μείωση του θορύβου στα ηλεκτρικά οχήματα περικλείουν μια αρμονική συγχώνευση τεχνολογικής εφευρετικότητας, σχεδιαστικής ακρίβειας και μηχανικής μαεστρίας. Καθώς η αυτοκινητοβιομηχανία αγκαλιάζει την ηλεκτρική επανάσταση, η γαλήνη που ενσαρκώνεται από την ακουστική των ηλεκτρικών οχημάτων είναι έτοιμη να αντηχήσει σε όλο το ακουστικό μωσαϊκό των αστικών μας περιβαλλόντων, διαμορφώνοντας μια πορεία προς πιο γαλήνιες, αρμονικές και ακουστικά κομψές πόλεις (Swart, 2018).

4.3. ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟ ΘΟΡΥΒΟ

Ο πολλαπλασιασμός και η ενσωμάτωση των ηλεκτρικών οχημάτων στα συστήματα αστικών μεταφορών προαναγγέλλουν μια μετασχηματιστική αλλαγή παραδείγματος, η οποία υπερβαίνει τις απλές περιβαλλοντικές εκτιμήσεις (Rehan, 2016). Μεταξύ της σειράς των μετασχηματιστικών πτυχών που εισάγει αυτή η αλλαγή, μια ιδιαίτερα αξιοσημείωτη πτυχή αφορά τη δυνατότητα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων να μετριάσουν αποτελεσματικά το διάχυτο ζήτημα του κυκλοφοριακού θορύβου. Αυτό, με τη σειρά του, δημιουργεί την υπόσχεση της καλλιέργειας μιας πιο γαλήνιας και αρμονικής ακουστικής ατμόσφαιρας εντός των αστικών περιοχών. Το πεδίο εφαρμογής αυτού του άρθρου περιλαμβάνει μια σε βάθος διερεύνηση των θετικών επιπτώσεων των ηλεκτρικών οχημάτων όσον αφορά τη μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου, φωτίζοντας τις επακόλουθες επιπτώσεις για τα αστικά ηχοτοπία και τη συνολική ποιότητα της αστικής ζωής (Sun, et al., 2019).

Ηλεκτρική πρόωση και ο ακουστικός της αντίκτυπος

Στο επίκεντρο της εποικοδομητικής επιρροής που ασκούν τα ηλεκτροκίνητα οχήματα στο πεδίο του κυκλοφοριακού θορύβου είναι οι εγγενείς μηχανισμοί προώθησής τους, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από τις υποτονικές ακουστικές υπογραφές τους. Σε πλήρη αντίθεση με τα συμβατικά οχήματα εσωτερικής καύσης, τα ICV λειτουργούν χωρίς τις περίπλοκες διαδικασίες καύσης, παρακάμπτοντας έτσι τη δημιουργία ακουστικών παραπροϊόντων που είναι εγγενείς σε τέτοιους μηχανισμούς (Hoque, et al., 2017). Η μετάβαση στη λεπτή και ομαλή λειτουργία των

ηλεκτροκινητήρων αντικαθιστά πάντα τον χαρακτηριστικό ακουστικό συντονισμό που αποδίδεται στους κινητήρες των οχημάτων εσωτερικής καύσης, με αποτέλεσμα τη διακριτή μείωση του συνολικού αποτυπώματος θορύβου. Η μετάβαση αυτή γίνεται αισθητά έντονη κατά τη διάρκεια της αστικής οδήγησης με χαμηλές ταχύτητες, όπου οι ακουστικές εκπομπές των ηλεκτροκίνητων οχημάτων υλοποιούνται ως ένα απαλό βουητό, σε αντιπαράθεση με το ισχυρό και έντονο φάσμα θορύβου που εκπέμπουν τα συμβατικά τους μοντέλα (Un-Noor, et al., 2017).

Μεταμόρφωση των αστικών ηχοτοπίων

Η ενσωμάτωση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στο πεδίο αστικών μεταφορών προκαλεί σταδιακή μεταμόρφωση των ακουστικών τοπίων που περικλείουν τη ζωή στην πόλη. Ο σωρευτικός αντίκτυπος ενός πλήθους ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε λειτουργία, που χαρακτηρίζεται από τις ελάχιστες εκπομπές θορύβου, ενορχηστρώνει μια μεταμόρφωση που αντηχεί μέσα από τον ίδιο τον ιστό των αστικών ηχοτοπίων (Belenguer, et al., 2020). Το χαρακτηριστικό ακουστικό σκηνικό που συνοδεύει συμβατικά τη συμφωνία της αστικής κυκλοφορίας, η οποία χαρακτηρίζεται από τα κυματιστά κρεσέντα και τα μειούμενα των ήχων των κινητήρων, ξεκινά ένα ταξίδι ανεπαίσθητης εξασθένησης. Αυτή η μεταμόρφωση υπογραμμίζεται από τη σταδιακή εξασθένηση αυτών των ακουστικών κορυφών και υφέσεων, που αντικαθίστανται από ένα διακριτικό και διακριτικό βουητό - το ακουστικό σήμα κατατεθέν της ηλεκτρικής κίνησης. Αυτή η σταδιακή μετάβαση ενισχύει το αστικό ακουστικό περιβάλλον με μια αύρα ηρεμίας και υποτονικής ακουστικής, εναρμονισμένη με το ρυθμό της αστικής ύπαρξης (Cervero, Guerra & Al, 2017).

Γνώση και αλληλεπίδραση με το αστικό ηχητικό πεδίο

Η έλευση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων αποτελεί μια ευκαιρία για τους κατοίκους των πόλεων να επαναπροσδιορίσουν την αντιληπτική τους εμπλοκή με το ακουστικό περιβάλλον που τους περιβάλλει. Η απουσία του διάχυτου θορύβου του κινητήρα επαναπροσδιορίζει την ακουστική αφήγηση, προτρέποντας έτσι τα άτομα να ασχοληθούν με ακουστικές αποχρώσεις που μέχρι τώρα ήταν σκοτεινές (Laib & Schmidt, 2019). Αυτή η αυξημένη ακουστική επίγνωση εκδηλώνεται ως ενισχυμένη ευαισθησία απέναντι στις ηχητικές λεπτομέρειες που συνθέτουν συλλογικά το αστικό ηχοτοπίο. Η αναβίωση των προηγουμένως αποσιωπημένων ακουστικών στοιχείων προσδίδει στο αστικό περιβάλλον μια νέα αίσθηση οικειότητας, ενθυλακώνοντας μια

αυξημένη σύνδεση μεταξύ των κατοίκων της πόλης και της περίπλοκης ακουστικής συμφωνίας που καθορίζει την αστική τους κατοικία (Pardo-Ferreira, et al, 2019).

Ενίσχυση της αστικής ευημερίας

Η μείωση των εκπομπών κυκλοφοριακού θορύβου, η οποία διευκολύνεται από την ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων, παρέχει τη δυνατότητα να αναβαθμιστεί σε σημαντικό βαθμό η ποιότητα της αστικής ζωής (Patil & Khairnar, 2021). Η εμφάνιση πιο ήσυχων δρόμων μέσα σε πυκνοκατοικημένους αστικούς θύλακες δημιουργεί ένα περιβάλλον που υποστηρίζεται από την αίσθηση της ηρεμίας και της συνολικής ευημερίας. Σε αυτά τα περιβάλλοντα, όπου η ηχορύπανση αποτελεί συχνά σημαντικό πρόβλημα, η μείωση των ακουστικών παρεμβολών συμβάλλει στην άμβλυνση του στρες, του άγχους και της ευερεθιστότητας των κατοίκων. Η εννοχρήστρωση πιο ήσυχων δρόμων υποστηρίζει μια πιο αρμονική και φιλική αστική εμπειρία, προωθώντας ένα περιβάλλον που ευνοεί την προώθηση μιας ήρεμης αστικής ζωής (Sperling, 2018).

Ανάκτηση και αναζωογόνηση των ακουστικών περιοχών

Ένα σημαντικό αποτέλεσμα της μείωσης του θορύβου που προκαλείται από τα ηλεκτροκίνητα οχήματα είναι η ανάκτηση ακουστικών χώρων που προηγουμένως είχαν υποστεί τη συντριπτική какоφωνία του κυκλοφοριακού θορύβου (Li & Lau, 2020). Οι δημόσιοι χώροι, τα υπαίθρια καθιστικά και οι πεζόδρομοι, που συχνά περιθωριοποιούνται από την κυριαρχία του θορύβου των οχημάτων, αποκαθίστανται στις εγγενείς δυνατότητές τους ως γαλήνιοι και φιλόξενοι χώροι. Αυτή η αναβίωση των ακουστικών κόγχων προάγει θύλακες ηρεμίας μέσα στο πολύβουο αστικό περιβάλλον, καταλύοντας έτσι μια ανανεωμένη αίσθηση κοινοτικής δέσμευσης και αλληλεγγύης μεταξύ των κατοίκων της πόλης. Αυτοί οι ανακτημένοι ακουστικοί παράδεισοι προσφέρουν καταφύγια ανάπαυλας, καλλιεργώντας τη διαπλοκή της αστικής ύπαρξης με τη γαλήνη των πιο ήσυχων ακουστικών πεδίων (Mega & Mega, 2019).

Άνεση και ασφάλεια των πεζών

Οι υποτονικές ακουστικές εκπομπές που χαρακτηρίζουν τα EV έχουν ιδιαίτερη σημασία όσον αφορά την άνεση και την ασφάλεια των πεζών μέσα στα αστικά τοπία. Η απουσία θορύβου από τα οχήματα αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ενίσχυση της ικανότητας των πεζών να συμμετέχουν σε αποτελεσματική επικοινωνία και να διατηρούν ένα αυξημένο επίπεδο

επαγρύπνησης απέναντι στο περιβάλλον τους. Αυτή η αύξηση της επίγνωσης της κατάστασης αποδεικνύεται καθοριστική για την ενίσχυση της ασφάλειας των πεζών, ιδίως σε πολυσύχναστα αστικά κέντρα όπου η διάχυτη παρουσία της ηχορύπανσης μπορεί να αποκρύψει κρίσιμες ακουστικές ενδείξεις (Sullivan, 2021).

Συμπερασματικά, η εμφάνιση και η άνοδος των ηλεκτρικών οχημάτων προαναγγέλλει μια μετασχηματιστική εποχή που εκτείνεται πέρα από τα οικολογικά τους οφέλη. Η αξιοσημείωτη μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου εμφανίζεται ως σημαντικό και θετικό αποτέλεσμα της ευρείας διάδοσης των ηλεκτρικών οχημάτων. Καθώς οι πόλεις σε όλο το παγκόσμιο φάσμα αγκαλιάζουν τη μετάβαση στην ηλεκτρική κινητικότητα, η σιωπηλή ηρεμία που εισάγεται από την υποτονική ακουστική των ηλεκτροκίνητων οχημάτων διευκολύνει μια εκτεταμένη αναδιαμόρφωση του ακουστικού τοπίου. Αυτός ο προοδευτικός μετασχηματισμός αντηχεί βαθιά, υφαίνοντας νήματα ηρεμίας, αρμονίας και βελτιωμένης αστικής βιωσιμότητας στον ίδιο τον ιστό των σύγχρονων αστικών συνόλων.

4.4. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Η ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων ως μέσο για την επίτευξη πιο αθόρυβης αστικής κινητικότητας παρουσιάζει μια σειρά σύνθετων προκλήσεων και προβληματισμών. Ενώ η προοπτική μειωμένων εκπομπών θορύβου είναι ελκυστική, είναι σημαντικό να εξεταστούν διεξοδικά οι πιθανές αντισταθμίσεις και οι πολυπλοκότητες που συνδέονται με αυτή τη μετάβαση. Η παρούσα διερεύνηση εμβαθύνει στις διάφορες προκλήσεις και ανησυχίες που συνοδεύουν την επιδίωξη ενός πιο αρμονικού και υποτονικού ακουστικού τοπίου εντός των αστικών περιβαλλόντων (Clarke, 2022).

Μια αξιοσημείωτη πρόκληση έγκειται στην πιθανή αλλοίωση των αστικών ακουστικών ταυτοτήτων. Οι οικείοι ήχοι της πολυσύχναστης ζωής της πόλης, όπως ο θόρυβος των μηχανών, οι κόρνες και η κυκλοφορία, συμβάλλουν στον μοναδικό ακουστικό χαρακτήρα των αστικών περιοχών. Η σχεδόν αθόρυβη λειτουργία των ηλεκτροκίνητων οχημάτων αμφισβητεί αυτό το καθιερωμένο ηχητικό τοπίο και εγείρει ερωτήματα σχετικά με τη διατήρηση των διακριτών ακουστικών σημάτων που έχουν από καιρό καθορίσει τους αστικούς χώρους (Tsaligopoulos, et al., 2022).

Βασική ανησυχία αποτελεί η ασφάλεια των πεζών, ιδίως όσον αφορά τη μειωμένη ακουστότητα των οχημάτων που πλησιάζουν, ιδίως σε χαμηλές ταχύτητες. Η απουσία θορύβου από τον κινητήρα μπορεί να δημιουργήσει καταστάσεις όπου οι πεζοί, ιδίως εκείνοι με προβλήματα όρασης, μπορεί να μην αντιλαμβάνονται τα οχήματα που πλησιάζουν αθόρυβα, θέτοντας σε κίνδυνο την ασφάλεια. Η αντιμετώπιση αυτής της ανησυχίας απαιτεί καινοτόμες λύσεις, όπως εναλλακτικές ακουστικές ενδείξεις ή τεχνολογίες που διασφαλίζουν ότι η ασφάλεια των πεζών παραμένει προτεραιότητα (Pardo-Ferreira, et al., 2020).

Η ενσωμάτωση των EVs στα συστήματα αστικών μεταφορών απαιτεί την ανάπτυξη ρυθμιστικών πλαισίων και τυποποιημένων ακουστικών οδηγιών. Η διασφάλιση ότι η πιο αθόρυβη λειτουργία των EV ευθυγραμμίζεται με τα πρότυπα οδικής ασφάλειας, ενώ παράλληλα εξυπηρετεί τους πεζούς, είναι ζωτικής σημασίας. Ο καθορισμός παγκόσμιων προτύπων για τους ήχους που παράγονται από τα EV, ιδίως σε χαμηλές ταχύτητες, είναι απαραίτητος για να διασφαλιστούν συνεπή πρότυπα σε διαφορετικές αστικές περιοχές (Neurauter, et al., 2020).

Οι προσαρμογές των υποδομών είναι επιτακτικές για την υιοθέτηση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης σταθμών φόρτισης και τεχνολογιών επικοινωνίας μεταξύ οχημάτων και πεζών για την αντιμετώπιση των ανησυχιών για την ασφάλεια. Αυτές οι εξελίξεις απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό και επενδύσεις για να διασφαλιστεί η ομαλή μετάβαση στην πιο αθόρυβη αστική κινητικότητα (Sun, et al., 2017).

Ο μετασχηματισμός του αστικού ηχοτοπίου μπορεί να έχει ψυχολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Η απουσία οικείων θορύβων θα μπορούσε να επηρεάσει την ψυχολογική εμπειρία των κατοίκων και των επισκεπτών, αμφισβητώντας την αίσθηση σύνδεσής τους με το αστικό περιβάλλον (Moscoso, Peck & Eldridge, 2018).

Οι οικονομικές εκτιμήσεις είναι επίσης σημαντικές, καθώς η μετάβαση στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα επηρεάζει την αυτοκινητοβιομηχανία και τους συναφείς τομείς. Η μετάβαση μπορεί να οδηγήσει σε μετατόπιση θέσεων εργασίας και αναδιάρθρωση στον κλάδο, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη λήψη μέτρων για τη διαχείριση αυτών των αλλαγών και την προώθηση της οικονομικής σταθερότητας (Skeete, et al., 2020).

Εν κατακλείδι, η κίνηση προς μια πιο αθόρυβη αστική κινητικότητα μέσω της υιοθέτησης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων υπόσχεται αλλά και δημιουργεί προκλήσεις. Η αντιμετώπιση των προβλημάτων που σχετίζονται με την αστική ταυτότητα, την ασφάλεια των

πεζών, τη ρύθμιση, την αντίληψη του κοινού, την υποδομή, την ψυχολογία, την οικονομία και την πολιτιστική σημασία απαιτεί μια ολοκληρωμένη και συνεργατική προσέγγιση. Καθώς οι πόλεις ξεκινούν το ταξίδι προς την πιο αθόρυβη αστική κινητικότητα, μια ισορροπημένη και ενημερωμένη προοπτική είναι απαραίτητη για την πλοήγηση στο περίπλοκο έδαφος του αστικού ακουστικού μετασχηματισμού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο μεγάλο πεδίο της αστικής ζωής, των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, της ηχορύπανσης, της μείωσης του θορύβου και της επίδρασης των ηλεκτρικών οχημάτων στον κυκλοφοριακό θόρυβο συγκλίνουν για να φωτίσουν μια βαθιά αφήγηση μετασχηματισμού και δυνατότητας. Η εμφάνιση των ηλεκτρικών οχημάτων ως βιώσιμης και πιο αθόρυβης εναλλακτικής λύσης στα παραδοσιακά αυτοκίνητα προαναγγέλλει μια νέα εποχή όπου η καινοτομία και η περιβαλλοντική ευθύνη εναρμονίζονται με την επιτακτική ανάγκη να διεκδικήσουμε την ακουστική ουσία των πόλεών μας.

Τα ηλεκτρικά οχήματα, με την εγγενώς αθόρυβη λειτουργία τους, υπόσχονται την αναδιαμόρφωση του αστικού ακουστικού τοπίου. Το σχεδόν αθόρυβο βουητό του κινητήρα τους αποτελεί απόδειξη της τεχνολογικής προόδου, προσφέροντας μια δελεαστική προοπτική μειωμένης ηχορύπανσης σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Η συμφωνία της αστικής ζωής, στην οποία κάποτε κυριαρχούσε ο θόρυβος των κινητήρων εσωτερικής καύσης, μπορεί σταδιακά να μεταβεί σε ένα πιο ήπιο, πιο αρμονικό ηχοτοπίο.

Αυτή η μετατροπή, ωστόσο, δεν είναι χωρίς τις προκλήσεις της. Η ίδια η απουσία θορύβου στα ηλεκτρικά οχήματα εγείρει ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια των πεζών, ιδίως για τα άτομα με προβλήματα όρασης που βασίζονται σε ακουστικές ενδείξεις για να περιηγηθούν στο περιβάλλον τους. Η καινοτόμος ανάπτυξη συστημάτων τεχνητής παραγωγής ήχου αποτελεί μια εξελιγμένη λύση, όπου η αρμονική συνύπαρξη της ασφάλειας και της γαλήνης είναι σχολαστικά σχεδιασμένη.

Καθώς οι πόλεις συνεχίζουν να εξελίσσονται, η σημασία της υιοθέτησης πιο ήσυχων και πιο βιώσιμων περιβαλλόντων δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν τη δύναμη να ηγηθούν αυτής της προσπάθειας, όχι απλώς ως μέσα μεταφοράς αλλά ως αρχιτέκτονες της αλλαγής. Η αθόρυβη επανάστασή τους επεκτείνεται πέρα από τους δρόμους

και τους αυτοκινητόδρομους, αντηχώντας στις καρδιές και τα μυαλά των ατόμων καθώς περιηγούνται στον αστικό λαβύρινθο.

Σε αυτό το τελευταίο μέρος, το μέλλον καλεί - ένα μέλλον όπου τα ηλεκτρικά οχήματα και το ήθος της μείωσης του θορύβου συγχωνεύονται άψογα, υπερβαίνοντας την κακοφωνία του παρελθόντος και διευθύνοντας μια ορχήστρα προόδου. Καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα συνεχίζουν να διαγράφουν την πορεία τους στο αστικό τοπίο, συνθέτουν μια μελωδική υπόσχεση για έναν κόσμο όπου η καινοτομία και η ηρεμία συνενώνονται, αφήνοντας στο πέρασμά τους μια κληρονομιά βιωσιμότητας, γαλήνης και ηχηρών δυνατοτήτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abbasi, M., Tokhi, M. O., Falahati, M., Yazdanirad, S., Ghaljahi, M., Etemadinezhad, S., & Jaffari Talaar Poshti, R. (2021). Effect of personality traits on sensitivity, annoyance and loudness perception of low-and high-frequency noise. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 40(2), 643-655.

Abdel Wahed Ahmed, M. M., & Abd El Monem, N. (2020). Sustainable and green transportation for better quality of life case study greater Cairo–Egypt. *HBRC Journal*, 16(1), 17-37.

Adaikkappan, M., & Sathiyamoorthy, N. (2022). Modeling, state of charge estimation, and charging of lithium-ion battery in electric vehicle: a review. *International Journal of Energy Research*, 46(3), 2141-2165.

Afshar, S., Macedo, P., Mohamed, F., & Disfani, V. (2021). Mobile charging stations for electric vehicles—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152, 111654.

Ahmad, A., Khan, Z. A., Saad Alam, M., & Khateeb, S. (2018). A review of the electric vehicle charging techniques, standards, progression and evolution of EV technologies in Germany. *Smart Science*, 6(1), 36-53.

Aklin, M., & Urpelainen, J. (2018). *Renewables: The politics of a global energy transition*. MIT Press.

Albatayneh, A., Assaf, M. N., Alterman, D., & Jaradat, M. (2020). Comparison of the overall energy efficiency for internal combustion engine vehicles and electric vehicles. *Rigas Tehniskas Universitates Zinatniskie Raksti*, 24(1), 669-680.

Ali, L., Nawaz, A., Iqbal, S., Aamir Basheer, M., Hameed, J., Albasher, G., ... & Bai, Y. (2021). Dynamics of transit oriented development, role of greenhouse gases and urban environment: a study for management and policy. *Sustainability*, 13(5), 2536.

Alizon, F., Shooter, S. B., & Simpson, T. W. (2008, January). Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (Vol. 43291, pp. 59-66).

Allen, J., Piecyk, M., Piotrowska, M., McLeod, F., Cherrett, T., Ghali, K., ... & Austwick, M. (2018). Understanding the impact of e-commerce on last-mile light goods vehicle activity in urban areas: The case of London. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 325-338.

Alnuman, N., & Altaweel, M. Z. (2020). Investigation of the acoustical environment in a shopping mall and its correlation to the acoustic comfort of the workers. *Applied Sciences*, 10(3), 1170.

Altomonte, S., Allen, J., Bluysen, P. M., Brager, G., Heschong, L., Loder, A., ... & Wargocki, P. (2020). Ten questions concerning well-being in the built environment. *Building and Environment*, 180, 106949.

Alves, D., Vieira, M., Amorim, M. C. P., & Fonseca, P. J. (2021). Boat noise interferes with Lusitanian toadfish acoustic communication. *Journal of Experimental Biology*, 224(11), jeb234849.

Ananthkrishnan, S., Grinstead, L., & Yurjevich, D. (2021). Human frequency following responses to filtered speech. *Ear and Hearing*, 42(1), 87-105.

Andargie, M. S., Touchie, M., & O'Brien, W. (2021). Case study: A survey of perceived noise in Canadian multi-unit residential buildings to study long-term implications for widespread teleworking. *Building Acoustics*, 28(4), 443-460.

Asok, A. C., & Lakshmikanthan, C. (2022). Noise Reduction of Electric Motor Using Body-Mounted Encapsulation. In *Recent Advances in Materials Technologies: Select Proceedings of ICEMT 2021* (pp. 3-16). Singapore: Springer Nature Singapore.

Babic, J., Carvalho, A., Ketter, W., & Podobnik, V. (2017). Evaluating policies for parking lots handling electric vehicles. *IEEE access*, 6, 944-961.

Barker, T. (Ed.). (2016). *The economic and social effects of the spread of motor vehicles: an international centenary tribute*. Springer.

Basu, A. K., Tatiya, S., & Bhattacharya, S. (2019). Overview of electric vehicles (EVs) and EV sensors. *Sensors for automotive and aerospace applications*, 107-122.

Bejgam, R., Sunkari, S., Keshipeddi, S. B., Rangaraju, M. R., & Dunde, V. (2021, September). A brief study on hybrid electric vehicles. In *2021 Third International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)* (pp. 54-59). IEEE.

Belenguer, F. M., Martínez-Millana, A., Ramón, F. S. C., & Mocholí-Salcedo, A. (2020). The Effectiveness of Alert Sounds for Electric Vehicles Based on Pedestrians' Perception. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 23(4), 2956-2965.

Bello, J. P., Silva, C., Nov, O., Dubois, R. L., Arora, A., Salamon, J., ... & Doraiswamy, H. (2019). Sonyc: A system for monitoring, analyzing, and mitigating urban noise pollution. *Communications of the ACM*, 62(2), 68-77.

Benadjila, R., Renard, M., Lopes-Esteves, J., & Kasmi, C. (2017). One car, two frames: attacks on hitag-2 remote keyless entry systems revisited. In *11th USENIX Workshop on Offensive Technologies (WOOT 17)*.

Bharadwaj, S., Ballare, S., & Chandel, M. K. (2017). Impact of congestion on greenhouse gas emissions for road transport in Mumbai metropolitan region. *Transportation research procedia*, 25, 3538-3551.

Bianciardi, F., Janssens, K., Gryllias, K., Delvecchio, S., & Manna, C. (2017). Assessment of Combustion Mechanical Noise Separation Techniques on a V8 Engine (No. 2017-01-1846). SAE Technical Paper.

Bireselioglu, M. E., Kaplan, M. D., & Yilmaz, B. K. (2018). Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 109, 1-13.

Bodden, M., & Belschner, T. (2019, September). Consistent Active Sound Generation Concept for Hybrid vehicles. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 259, No. 9, pp. 381-389). Institute of Noise Control Engineering.

Broadbent, G. H., Drozdowski, D., & Metternicht, G. (2018). Electric vehicle adoption: An analysis of best practice and pitfalls for policy making from experiences of Europe and the US. *Geography compass*, 12(2), e12358.

Brunner, H., Hirz, M., Hirschberg, W., & Fallast, K. (2018). Evaluation of various means of transport for urban areas. *Energy, Sustainability and Society*, 8(1), 1-11.

Burchart-Korol, D., Jursova, S., Folega, P., Korol, J., Pustejovska, P., & Blaut, A. (2018). Environmental life cycle assessment of electric vehicles in Poland and the Czech Republic. *Journal of Cleaner Production*, 202, 476-487.

Bureika, G., Matijošius, J., & Rimkus, A. (2020). Alternative carbonless fuels for internal combustion engines of vehicles. *Ecology in Transport: Problems and Solutions*, 1-49.

Campello-Vicente, H., Peral-Orts, R., Campillo-Davo, N., & Velasco-Sanchez, E. (2017). The effect of electric vehicles on urban noise maps. *Applied Acoustics*, 116, 59-64.

Can, A., L'hostis, A., Aumond, P., Botteldooren, D., Coelho, M. C., Guarnaccia, C., & Kang, J. (2020). The future of urban sound environments: Impacting mobility trends and insights for noise assessment and mitigation. *Applied Acoustics*, 170, 107518.

Casavant, S. G., Bernier, K., Andrews, S., & Bourgoin, A. (2017). Noise in the neonatal intensive care unit: what does the evidence tell us?. *Advances in Neonatal Care*, 17(4), 265-273.

Cășeriu, B., & Blaga, P. (2022, October). Automotive Comfort: State of the Art and Challenges. In *International Conference Interdisciplinarity in Engineering* (pp. 375-387). Cham: Springer International Publishing.

Cervero, R., Guerra, E., & Al, S. (2017). *Beyond mobility: Planning cities for people and places*. Island Press.

Chen, L., Cong, L., Dong, Y., Yang, G., Tang, B., Wang, X., & Gong, H. (2021). Investigation of influential factors of tire/pavement noise: A multilevel Bayesian analysis of full-scale track testing data. *Construction and Building Materials*, 270, 121484.

Chen, L., Msigwa, G., Yang, M., Osman, A. I., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P. S. (2022). Strategies to achieve a carbon neutral society: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(4), 2277-2310.

Clarke, M. A. (2022). *Towards a Regional and Urban Air Mobility Future: The Development of Computational Approaches for Quantifying Trade-offs in Electric Aircraft Design*. Stanford University.

Clendinning, E. A. (2018). Driving future sounds: imagination, identity and safety in electric vehicle noise design. *Sound Studies*, 4(1), 61-76.

Collin, R., Miao, Y., Yokochi, A., Enjeti, P., & Von Jouanne, A. (2019). Advanced electric vehicle fast-charging technologies. *Energies*, 12(10), 1839.

Costa, C. M., Barbosa, J. C., Gonçalves, R., Castro, H., Del Campo, F. J., & Lanceros-Méndez, S. (2021). Recycling and environmental issues of lithium-ion batteries: Advances, challenges and opportunities. *Energy Storage Materials*, 37, 433-465.

Dai, A., Wang, X., Li, Y., Li, T., & He, S. (2023). Design of a performance-based warranty policy with replacement–repair strategy and cumulative cost threshold. *International Journal of Production Economics*, 255, 108700.

Daina, N., Sivakumar, A., & Polak, J. W. (2017). Electric vehicle charging choices: Modelling and implications for smart charging services. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 81, 36-56.

Darbyshire, J. L., Müller-Trapet, M., Cheer, J., Fazi, F. M., & Young, J. D. (2019). Mapping sources of noise in an intensive care unit. *Anaesthesia*, 74(8), 1018-1025.

De Almeida, S. C., & Kruczan, R. (2021). Effects of drivetrain hybridization on fuel economy, performance and costs of a fuel cell hybrid electric vehicle. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(79), 39404-39414.

De Jong, K., Amorim, M. C. P., Fonseca, P. J., Fox, C. J., & Heubel, K. U. (2018). Noise can affect acoustic communication and subsequent spawning success in fish. *Environmental Pollution*, 237, 814-823.

De Rubens, G. Z., Noel, L., Kester, J., & Sovacool, B. K. (2020). The market case for electric mobility: Investigating electric vehicle business models for mass adoption. *Energy*, 194, 116841.

De Souza, L. L. P., Lora, E. E. S., Palacio, J. C. E., Rocha, M. H., Renó, M. L. G., & Venturini, O. J. (2018). Comparative environmental life cycle assessment of conventional vehicles with different fuel options, plug-in hybrid and electric vehicles for a sustainable transportation system in Brazil. *Journal of cleaner production*, 203, 444-468.

Deryabin, I. (2022). On Reducing the Noise of the Internal Combustion Engine of a Motor Vehicle. *Transportation Research Procedia*, 61, 505-509.

Dong, H., Fu, J., Zhao, Z., Liu, Q., Li, Y., & Liu, J. (2020). A comparative study on the energy flow of a conventional gasoline-powered vehicle and a new dual clutch parallel-series plug-in hybrid electric vehicle under NEDC. *Energy Conversion and Management*, 218, 113019.

Doppelbauer, M. (1822). The invention of the electric motor 1800-1854. *Philosophical Magazine*, 59.

Dorynek, M., Derle, L. T., Fleischer, M., Thanos, A., Weinmann, P., Schreiber, M., ... & Bengler, K. (2022). Potential analysis for a new vehicle class in the use case of ride-pooling: How new model developments could satisfy customers and mobility makers. *Vehicles*, 4(1), 199-218.

Eli, S., Hausman, J. K., & Rhode, P. (2023). The Model T (No. w31454). National Bureau of Economic Research.

Erbe, C., Dent, M. L., Gannon, W. L., McCauley, R. D., Römer, H., Southall, B. L., ... & Thomas, J. A. (2022). The effects of noise on animals. In *Exploring Animal Behavior Through Sound: Volume 1: Methods* (pp. 459-506). Cham: Springer International Publishing.

Erhan, K., & Özdemir, E. (2021). Prototype production and comparative analysis of high-speed flywheel energy storage systems during regenerative braking in hybrid and electric vehicles. *Journal of Energy Storage*, 43, 103237.

EVS-25 Shenzhen, China, 5(9), 2010.

Faraz, A., Ambikapathy, A., Thangavel, S., Logavani, K., & Arun Prasad, G. (2021). Battery electric vehicles (BEVs). *Electric Vehicles: Modern Technologies and Trends*, 137-160.

Fayziyev, P. R., Ikromov, I. A., Abduraximov, A. A., & Dehqonov, Q. M. (2022). Timeline: History of the electric car, trends and the future developments. *Eurasian Research Bulletin*, 6, 89-94.

Feng, S., & Magee, C. L. (2020). Technological development of key domains in electric vehicles: Improvement rates, technology trajectories and key assignees. *Applied Energy*, 260, 114264.

Ferguson, M., Mohamed, M., Higgins, C. D., Abotalebi, E., & Kanaroglou, P. (2018). How open are Canadian households to electric vehicles? A national latent class choice analysis with willingness-to-pay and metropolitan characterization. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 58, 208-224.

Fioriti, D., Scarpelli, C., Pellegrino, L., Lutzemberger, G., Micolano, E., & Salamone, S. (2023). Battery lifetime of electric vehicles by novel rainflow-counting algorithm with temperature and C-rate dynamics: Effects of fast charging, user habits, vehicle-to-grid and climate zones. *Journal of Energy Storage*, 59, 106458.

Funke, S. Á., Sprei, F., Gnann, T., & Plötz, P. (2019). How much charging infrastructure do electric vehicles need? A review of the evidence and international comparison. *Transportation research part D: transport and environment*, 77, 224-242.

Gandoman, F. H., Behi, H., Berecibar, M., Jaguemont, J., Aleem, S. H. A., Behi, M., & Van Mierlo, J. (2021). Reliability evaluation of Li-ion batteries for electric vehicles applications from the thermal perspectives. In *Uncertainties in Modern Power Systems* (pp. 563-587). Academic Press.

Gandoman, F. H., Jaguemont, J., Goutam, S., Gopalakrishnan, R., Firouz, Y., Kalogiannis, T., ... & Van Mierlo, J. (2019). Concept of reliability and safety assessment of lithium-ion batteries in electric vehicles: Basics, progress, and challenges. *Applied Energy*, 251, 113343.

Gavric, L. (2020). NVH refinement issues for BEV. In *Automotive Acoustics Conference 2019: 5. Internationale ATZ-Fachtagung Fahrzeugakustik* (pp. 1-9). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Ghadirian, O., Moradi, H., Madadi, H., Lotfi, A., & Senn, J. (2019). Identifying noise disturbance by roads on wildlife: a case study in central Iran. *SN Applied Sciences*, 1, 1-11.

Grace, O., Iqbal, K., & Rabbi, F. (2023). Creating Sustainable Urban Environments: The Vital Link between Development, Health, and Smart Cities. *International Journal of Sustainable Infrastructure for Cities and Societies*, 8(1), 53-72.

Gralla, F., Abson, D. J., Møller, A. P., Lang, D. J., & von Wehrden, H. (2017). Energy transitions and national development indicators: A global review of nuclear energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1251-1265.

Grubesa, S., & Suhanek, M. (2020). Traffic noise. In *Noise and Environment*. IntechOpen.

Guarnieri, M. (2018). Revolving and evolving-early dc machines [Historical]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 12(3), 38-43.

Guetta, R. E., Cassiello-Robbins, C., Trumbull, J., Anand, D., & Rosenthal, M. Z. (2022). Examining emotional functioning in misophonia: The role of affective instability and difficulties with emotion regulation. *Plos one*, 17(2), e0263230.

Guhan, C. O. A., Arthanareeswaran, G., Varadarajan, K. N., & Krishnan, S. (2018). Exhaust system muffler volume optimization of light commercial vehicle using CFD simulation. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 8471-8479.

Gupta, A., Gupta, A., Jain, K., & Gupta, S. (2018). Noise pollution and impact on children health. *The Indian Journal of Pediatrics*, 85(4), 300-306.

Hall, D., & Lutsey, N. (2020, February). *Electric vehicle charging guide for cities*. Washington, DC, USA: ICCT.

Hamada, A. T., & Orhan, M. F. (2022). An overview of regenerative braking systems. *Journal of Energy Storage*, 52, 105033.

Hasan, M. K., Mahmud, M., Habib, A. A., Motakabber, S. M. A., & Islam, S. (2021). Review of electric vehicle energy storage and management system: Standards, issues, and challenges. *Journal of energy storage*, 41, 102940.

Hazra, S., & Reddy, J. K. (2021). A Review Paper on Recent Research of Noise and Vibration in Electric Vehicle Powertrain Mounting System. *SAE International Journal of Vehicle Dynamics, Stability, and NVH*, 6(10-06-01-0001), 3-22.

Hemanth, G., & Suresha, B. (2021). Hybrid and electric vehicle tribology: a review. *Surface Topography: Metrology and Properties*, 9(4), 043001.

Holmberg, K., & Erdemir, A. (2019). The impact of tribology on energy use and CO2 emission globally and in combustion engine and electric cars. *Tribology International*, 135, 389-396.

Hong, B. K., & Kim, S. H. (2018). Recent advances in fuel cell electric vehicle technologies of Hyundai. *Ecs Transactions*, 86(13), 3.

Hopkins, J. M., Edwards, W., & Schwarzkopf, L. (2022). Invading the soundscape: exploring the effects of invasive species' calls on acoustic signals of native wildlife. *Biological Invasions*, 24(11), 3381-3393.

Hoque, M. M., Hannan, M. A., Mohamed, A., & Ayob, A. (2017). Battery charge equalization controller in electric vehicle applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1363-1385.

Horst, P., Elham, A., & Radespiel, R. (2021). Reduction of aircraft drag, loads and mass for energy transition in aeronautics. Bonn, Germany: Deutsche Gesellschaft für Luft-und Raumfahrt-Lilienthal-Oberth eV.

Hu, X., Zheng, Y., Howey, D. A., Perez, H., Foley, A., & Pecht, M. (2020). Battery warm-up methodologies at subzero temperatures for automotive applications: Recent advances and perspectives. *Progress in Energy and Combustion Science*, 77, 100806.

Husain, I., Ozpineci, B., Islam, M. S., Gurpinar, E., Su, G. J., Yu, W., ... & Sahu, R. (2021). Electric drive technology trends, challenges, and opportunities for future electric vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 109(6), 1039-1059.

J.-C. Sabonnadière, Ed., *Renewable Energies*. London (UK), Hoboken (USA): ISTE, John Wiley & Sons, 2009.

Jafari, M. J., Khosrowabadi, R., Khodakarim, S., & Mohammadian, F. (2019). The effect of noise exposure on cognitive performance and brain activity patterns. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 7(17), 2924.

Jafari, Z., Kolb, B. E., & Mohajerani, M. H. (2018). Chronic traffic noise stress accelerates brain impairment and cognitive decline in mice. *Experimental neurology*, 308, 1-12.

Jansen, I., & Petrova, S. (2023). Driving Towards Sustainability: Electric Vehicles' Contribution to Environmental and Public Health. *Journal of Sustainable Technologies and Infrastructure Planning*, 7(1), 25-45.

Jariwala, H. J., Syed, H. S., Pandya, M. J., & Gajera, Y. M. (2017). Noise pollution & human health: a review. *Noise and Air Pollutions: Challenges and Opportunities*, Ahmedabad: LD College of Eng.

Jha, S. K., & Sharma, A. (2013). Optimal automobile muffler vibration and noise analysis. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 7, 864-881.

Jung, Y. H., Park, B., Kim, J. U., & Kim, T. I. (2019). Bioinspired electronics for artificial sensory systems. *Advanced Materials*, 31(34), 1803637.

Kabir, M. E., Assi, C., Tushar, M. H. K., & Yan, J. (2020). Optimal scheduling of EV charging at a solar power-based charging station. *IEEE Systems Journal*, 14(3), 4221-4231.

Kajiwara, S. (2018). Motion Dynamics Control of Electric Vehicles. *New Trends in Electrical Vehicle Powertrains*, 21.

Kang, J. (2017). From dBA to soundscape indices: Managing our sound environment. *Frontiers of Engineering Management*, 4(2), 184-192.

Kapustin, N. O., & Grushevenko, D. A. (2020). Long-term electric vehicles outlook and their potential impact on electric grid. *Energy Policy*, 137, 111103.

Khan, W., Ahmad, F., & Alam, M. S. (2019). Fast EV charging station integration with grid ensuring optimal and quality power exchange. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(1), 143-152.

Kim, Y., Figueroa-Santos, M., Prakash, N., Baek, S., Siegel, J. B., & Rizzo, D. M. (2020). Co-optimization of speed trajectory and power management for a fuel-cell/battery electric vehicle. *Applied Energy*, 260, 114254.

King, E. A. (2022). Here, there, and everywhere: How the SDGs must include noise pollution in their development challenges. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 64(3), 17-32.

Koch, C. (2017, June). Hearing beyond the limit: Measurement, perception and impact of infrasound and ultrasonic noise. In 12th ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem, Zurich.

Koźlak, A., & Wach, D. (2018). Causes of traffic congestion in urban areas. Case of Poland. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 57, p. 01019). EDP Sciences.

Kukkala, V. K., Tunnell, J., Pasricha, S., & Bradley, T. (2018). Advanced driver-assistance systems: A path toward autonomous vehicles. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 7(5), 18-25.

Kurian, A. G., Thakur, S. K., Kunde, S., Sankpal, K., & Wagh, S. (2021, December). Challenges in Electric Vehicle NVH. In 2021 IEEE Transportation Electrification Conference (ITEC-India) (pp. 1-6). IEEE.

Laib, F., & Schmidt, J. A. (2019). Acoustic Vehicle Alerting Systems (AVAS) of electric cars and its possible influence on urban soundscape. *Universitätsbibliothek der RWTH Aachen*.

Lakshmi, N. D., Kanwar, D. P., & Priya, S. L. (2017). Energy efficient electric vehicle using regenerative braking system. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 3(3), 55-58.

Leeper, R. (2019). The role of slower vessel speeds in reducing greenhouse gas emissions, underwater noise and collision risk to whales. *Frontiers in Marine Science*, 6, 505.

Lee, J.; Kim, G.H.; Ha, C.S. (2012). Sound absorption properties of polyurethane/nano-silica nanocomposite foams. *J. Appl. Polym. Sci.* 2012, 123, 2384–2390.

Lemaitre, G., & Susini, P. (2019). Timbre, sound quality, and sound design. *Timbre: Acoustics, perception, and cognition*, 245-272.

Lenzi, S., Sádaba, J., & Ciuccarelli, P. (2022). A designerly approach to the sonification of electric vehicles.

Li, B., Chen, M., Kammen, D. M., Kang, W., Qian, X., & Zhang, L. (2022). Electric vehicle's impacts on China's electricity load profiles based on driving patterns and demographics. *Energy Reports*, 8, 26-35.

Li, H., & Lau, S. K. (2020). A review of audio-visual interaction on soundscape assessment in urban built environments. *Applied acoustics*, 166, 107372.

Li, J. W., O'Connor, H., O'Dwyer, N., & Orr, R. (2017). The effect of acute and chronic exercise on cognitive function and academic performance in adolescents: A systematic review. *Journal of science and medicine in sport*, 20(9), 841-848.

Li, T. (2018). Literature review of tire-pavement interaction noise and reduction approaches. *Journal of Vibroengineering*, 20(6), 2424-2452.

Li, W., Long, R., Chen, H., Chen, F., Zheng, X., He, Z., & Zhang, L. (2020). Willingness to pay for hydrogen fuel cell electric vehicles in China: A choice experiment analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(59), 34346-34353.

Li, X., Tan, Y., Liu, X., Liao, Q., Sun, B., Cao, G., ... & Wang, Z. (2020). A cost-benefit analysis of V2G electric vehicles supporting peak shaving in Shanghai. *Electric Power Systems Research*, 179, 106058.

Lim, Z.; Putra, A.; Nor, M.J.M.; Yaakob, M. (2018). Sound absorption performance of natural kenaf fibres. *Appl. Acoust.* 2018, 130, 107–114.

Lipu, M. H., Hannan, M. A., Karim, T. F., Hussain, A., Saad, M. H. M., Ayob, A., ... & Mahlia, T. I. (2021). Intelligent algorithms and control strategies for battery management system in electric vehicles: Progress, challenges and future outlook. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126044.

Liu, X., Reddi, K., Elgowainy, A., Lohse-Busch, H., Wang, M., & Rustagi, N. (2020). Comparison of well-to-wheels energy use and emissions of a hydrogen fuel cell electric vehicle relative to a conventional gasoline-powered internal combustion engine vehicle. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(1), 972-983.

Loganayaki, A., & Kumar, R. B. (2019, March). Permanent magnet synchronous motor for electric vehicle applications. In 2019 5th international conference on advanced computing & communication systems (ICACCS) (pp. 1064-1069). IEEE.

M. Guarnieri, "Looking back to electric cars," in Proceedings of the 3rd IEEE HISTory of ELectrotechnology CONference (HISTELCON '2012), Pavia (Italy), 2012

Ma, S. C., Fan, Y., Guo, J. F., Xu, J. H., & Zhu, J. (2019). Analysing online behaviour to determine Chinese consumers' preferences for electric vehicles. *Journal of Cleaner Production*, 229, 244-255.

Maamoun, A. (2021). *Elon Musk and Tesla: An Electrifying Love Affair*. SAGE Publications: SAGE Business Cases Originals.

Macioszek, E. (2020). Electric vehicles-problems and issues. In *Smart and Green Solutions for Transport Systems: 16th Scientific and Technical Conference" Transport Systems. Theory and Practice 2019" Selected Papers 16* (pp. 169-183). Springer International Publishing.

Madlener, R., & Kirmas, A. (2017). Economic viability of second use electric vehicle batteries for energy storage in residential applications. *Energy Procedia*, 105, 3806-3815.

Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in public health*, 8, 14.

Marjanović, M., Grubeša, S., & Žarko, I. P. (2017, September). Air and noise pollution monitoring in the city of Zagreb by using mobile crowdsensing. In 2017 25th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM) (pp. 1-5). IEEE.

Marks, I. (1897). SIR DAVID SALOMONS AND THE MOTOR QUESTION. *The Idler; an illustrated monthly magazine*, 11(4), 476-482.

Martínez, M., Moreno, A., Angulo, I., Mateo, C., Masegosa, A. D., Perallos, A., & Frías, P. (2021). Assessment of the impact of a fully electrified postal fleet for urban freight transportation. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 129, 106770.

McMahon, T. A., Rohr, J. R., & Bernal, X. E. (2017). Light and noise pollution interact to disrupt interspecific interactions. *Ecology*, 98(5), 1290-1299.

Mega, V. P., & Mega, V. P. (2019). The paths to decarbonisation through cities and seas. *Eco-Responsible Cities and the Global Ocean: Geostrategic Shifts and the Sustainability Trilemma*, 121-166.

Mehrjerdi, H., & Hemmati, R. (2020). Stochastic model for electric vehicle charging station integrated with wind energy. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37, 100577.

Miao, Y., Hynan, P., Von Jouanne, A., & Yokochi, A. (2019). Current Li-ion battery technologies in electric vehicles and opportunities for advancements. *Energies*, 12(6), 1074.

Milev, G., Hastings, A., & Al-Habaibeh, A. (2021). The environmental and financial implications of expanding the use of electric cars-A Case study of Scotland. *Energy and Built Environment*, 2(2), 204-213.

Min, H., Zhang, Z., Sun, W., Min, Z., Yu, Y., & Wang, B. (2020). A thermal management system control strategy for electric vehicles under low-temperature driving conditions considering battery lifetime. *Applied Thermal Engineering*, 181, 115944.

Misdariis, N., & Pardo, L. F. (2017, August). The sound of silence of electric vehicles—Issues and answers. In *InterNoise*.

Mohamed, A. M. O., Paleologos, E. K., & Howari, F. M. (2021). Noise pollution and its impact on human health and the environment. In *Pollution assessment for sustainable practices in applied sciences and engineering* (pp. 975-1026). Butterworth-Heinemann.

Montes, T., Etxandi-Santolaya, M., Eichman, J., Ferreira, V. J., Trilla, L., & Corchero, C. (2022). Procedure for assessing the suitability of battery second life applications after ev first life. *Batteries*, 8(9), 122.

Moscoso, P., Peck, M., & Eldridge, A. (2018). Emotional associations with soundscape reflect human-environment relationships. *Journal of Ecoacoustics*, 2(1), 1.

Mounce, R., & Nelson, J. D. (2019). On the potential for one-way electric vehicle car-sharing in future mobility systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 120, 17-30.

Mouratidis, K. (2018). Rethinking how built environments influence subjective well-being: A new conceptual framework. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 11(1), 24-40.

Mouratidis, K. (2021). Urban planning and quality of life: A review of pathways linking the built environment to subjective well-being. *Cities*, 115, 103229.

Mrozik, W., Rajaeifar, M. A., Heidrich, O., & Christensen, P. (2021). Environmental impacts, pollution sources and pathways of spent lithium-ion batteries. *Energy & Environmental Science*, 14(12), 6099-6121.

Münzel, T., & Sørensen, M. (2017). Noise pollution and arterial hypertension. *European Cardiology Review*, 12(1), 26.

Münzel, T., Sørensen, M., Schmidt, F., Schmidt, E., Steven, S., Kröller-Schön, S., & Daiber, A. (2018). The adverse effects of environmental noise exposure on oxidative stress and cardiovascular risk. *Antioxidants & redox signaling*, 28(9), 873-908.

Muratori, M. (2018). Impact of uncoordinated plug-in electric vehicle charging on residential power demand. *Nature Energy*, 3(3), 193-201.

Murphy, E., & King, E. A. (2022). *Environmental noise pollution: Noise mapping, public health, and policy*. Elsevier.

Muttaqi, K. M., Islam, M. R., & Sutanto, D. (2019). Future power distribution grids: Integration of renewable energy, energy storage, electric vehicles, superconductor, and magnetic bus. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 29(2), 1-5.

Nadrian, H., Taghdisi, M. H., Pouyesh, K., Khazaei-Pool, M., & Babazadeh, T. (2019). "I am sick and tired of this congestion": Perceptions of Sanandaj inhabitants on the family mental health impacts of urban traffic jam. *Journal of Transport & Health*, 14, 100587.

Neurauter, L., Roan, M. J., Song, M., Miller, M., Glenn, E., & Walters, J. (2020). Quiet car detectability: Impact of artificial noise on ability of pedestrians to safely detect approaching electric vehicles.

Niedermeyer, E. (2019). *Ludicrous: the unvarnished story of Tesla Motors*. BenBella Books.

Oettle, N., & Sims-Williams, D. (2017). Automotive aeroacoustics: An overview. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 231(9), 1177-1189.

Onyango, D. O. (2023). *Design, Simulation, Optimization and Performance Evaluation of a Noise-Induced Hearing Loss Intervention for the 1500cc Variable Valve Timing-with Intelligence (VVT-i) Gasoline Internal Combustion Engine* (Doctoral dissertation, JKUAT-IEET).

Opeyemi, B. M. (2021). Path to sustainable energy consumption: The possibility of substituting renewable energy for non-renewable energy. *Energy*, 228, 120519.

Ottoz, E., Rizzi, L., & Nastasi, F. (2018). Recreational noise: Impact and costs for annoyed residents in Milan and Turin. *Applied Acoustics*, 133, 173-181.

Özçelik, Z., & Gültekin, N. (2019). Effect of iridium spark plug gap on emission, noise, vibration of an internal combustion engine. *International Journal of Energy Applications and Technologies*, 6(2), 44-48.

Pardo-Ferreira, M. C., Torrecilla-García, J. A., Heras-Rosas, C. D. L., & Rubio-Romero, J. C. (2020). New risk situations related to low noise from electric vehicles: perception of workers as pedestrians and other vehicle drivers. *International journal of environmental research and public health*, 17(18), 6701.

Parra, D. C., De Sá, T. H., Monteiro, C. A., & Freudenberg, N. (2018). Automobile, construction and entertainment business sector influences on sedentary lifestyles. *Health promotion international*, 33(2), 239-249.

Patil, L. N., & Khairnar, H. P. (2021). Investigation of human safety based on pedestrian perceptions associated to silent nature of electric vehicle.

Peng, B., Han, S., Han, X., & Zhang, H. (2022). Laboratory and field evaluation of noise characteristics of porous asphalt pavement. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(10), 3357-3370.

Phillips, J. N., Termondt, S. E., & Francis, C. D. (2021). Long-term noise pollution affects seedling recruitment and community composition, with negative effects persisting after removal. *Proceedings of the Royal Society B*, 288(1948), 20202906.

Pietrzak, K., & Pietrzak, O. (2020). Environmental effects of electromobility in a sustainable urban public transport. *Sustainability*, 12(3), 10

Poornesh, K., Nivya, K. P., & Sireesha, K. (2020, September). A comparative study on electric vehicle and internal combustion engine vehicles. In 2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC) (pp. 1179-1183). IEEE.

Popper, A. N., & Hawkins, A. D. (2019). An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. *Journal of fish biology*, 94(5), 692-713.

Poveda-Martínez, P., Peral-Orts, R., Campillo-Davo, N., Nescolarde-Selva, J., Lloret-Climent, M., & Ramis-Soriano, J. (2017). Study of the effectiveness of electric vehicle warning sounds depending on the urban environment. *Applied Acoustics*, 116, 317-328.

Powles, A. E., Martin, D. J., Wells, I. T., & Goodwin, C. R. (2018). Physics of ultrasound. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 19(4), 202-205.

Praticò, F. G., Briante, P. G., & Speranza, G. (2020, June). Acoustic impact of electric vehicles. In 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON) (pp. 7-12). IEEE.

Rajaeifar, M. A., Ghadimi, P., Raugei, M., Wu, Y., & Heidrich, O. (2022). Challenges and recent developments in supply and value chains of electric vehicle batteries: A sustainability perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 180, 106144.

Rajappan, S.; Bhaskaran, P.; Ravindran, P. (2017). An Insight into the Composite Materials for Passive Sound Absorption. *J. Appl. Sci.* 2017, 17, 339–356.

Rallo, H., Casals, L. C., De La Torre, D., Reinhardt, R., Marchante, C., & Amante, B. (2020). Lithium-ion battery 2nd life used as a stationary energy storage system: Ageing and economic analysis in two real cases. *Journal of cleaner production*, 272, 122584.

Razmjoo, A., Ghazanfari, A., Jahangiri, M., Franklin, E., Denai, M., Marzband, M., ... & Maheri, A. (2022). A Comprehensive Study on the Expansion of Electric Vehicles in Europe. *Applied Sciences*, 12(22), 11656.

Rehan, R. M. (2016). The phonic identity of the city urban soundscape for sustainable spaces. *HBRC journal*, 12(3), 337-349.

Rietmann, N., & Lieven, T. (2019). How policy measures succeeded to promote electric mobility—Worldwide review and outlook. *Journal of cleaner production*, 206, 66-75.

Roan, M., Neurauter, M. L., Moore, D., & Glaser, D. (2017). Electric vehicle detectability: A methods-based approach to assess artificial noise impact on the ability of pedestrians to safely detect approaching electric vehicles. *SAE International Journal of Vehicle Dynamics, Stability, and NVH*, 1(2017-01-1762), 352-361.

Rossi, L., Prato, A., Lesina, L., & Schiavi, A. (2018). Effects of low-frequency noise on human cognitive performances in laboratory. *Building Acoustics*, 25(1), 17-33.

Roy, N., Hassanieh, H., & Roy Choudhury, R. (2017, June). Backdoor: Making microphones hear inaudible sounds. In *Proceedings of the 15th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services* (pp. 2-14).

Roznik, E. A., Buckanoff, H., Langston, R. W., Shupp, C. J., & Smith, D. (2023). Conservation through collaboration: Regional conservation programs of the North Carolina Zoo. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 4(2), 292-311.

Sajadi-Alamdari, S. A., Voos, H., & Darouach, M. (2019). Nonlinear model predictive control for ecological driver assistance systems in electric vehicles. *Robotics and Autonomous Systems*, 112, 291-303.

Sakhaeifar, M., Banihashemrad, A., Liao, G., & Waller, B. (2018). Tyre–pavement interaction noise levels related to pavement surface characteristics. *Road Materials and Pavement Design*, 19(5), 1044-1056.

Sami, I., Ullah, Z., Salman, K., Hussain, I., Ali, S. M., Khan, B., ... & Farid, U. (2019, February). A bidirectional interactive electric vehicles operation modes: Vehicle-to-grid (V2G)

and grid-to-vehicle (G2V) variations within smart grid. In 2019 international conference on engineering and emerging technologies (ICEET) (pp. 1-6). IEEE.

Sánchez, M., López-Mosquera, N., Lera-López, F., & Faulin, J. (2018). An extended planned behavior model to explain the willingness to pay to reduce noise pollution in road transportation. *Journal of Cleaner Production*, 177, 144-154.

Santos, N. D. S. A., Roso, V. R., Malaquias, A. C. T., & Baeta, J. G. C. (2021). Internal combustion engines and biofuels: Examining why this robust combination should not be ignored for future sustainable transportation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111292.

Savari, G. F., Sathik, M. J., Raman, L. A., El-Shahat, A., Hasanién, H. M., Almahles, D., ... & Omar, A. I. (2023). Assessment of charging technologies, infrastructure and charging station recommendation schemes of electric vehicles: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(4), 101938.

Secinaro, S., Brescia, V., Calandra, D., & Biancone, P. (2020). Employing bibliometric analysis to identify suitable business models for electric cars. *Journal of cleaner production*, 264, 121503.

Seo, J. H., Patil, M. S., Cho, C. P., & Lee, M. Y. (2018). Heat transfer characteristics of the integrated heating system for cabin and battery of an electric vehicle under cold weather conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 117, 80-94.

Shah, R. V. (2022). Financial Incentives for Promotion of Electric Vehicles in India-An Analysis Using the Environmental Policy Framework. *Nature Environment and Pollution Technology*, 21(3), 1227-1234.

Shaukat, N., Khan, B., Ali, S. M., Mehmood, C. A., Khan, J., Farid, U., ... & Ullah, Z. (2018). A survey on electric vehicle transportation within smart grid system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1329-1349.

Skeete, J. P., Wells, P., Dong, X., Heidrich, O., & Harper, G. (2020). Beyond the Event horizon: Battery waste, recycling, and sustainability in the United Kingdom electric vehicle transition. *Energy Research & Social Science*, 69, 101581.

Škerková, M., Kovalová, M., & Mrázková, E. (2021). High-frequency audiometry for early detection of hearing loss: a narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4702.

Skouras, T. A., Gkonis, P. K., Ilias, C. N., Trakadas, P. T., Tsampasis, E. G., & Zahariadis, T. V. (2019). Electrical vehicles: Current state of the art, future challenges, and perspectives. *Clean Technologies*, 2(1), 1-16.

Slabbekoorn, H. (2019). Noise pollution. *Current Biology*, 29(19), R957-R960.

Sleiman, A., & Bazala, J. (2019). NOISE GENERATOR FOR ELECTRIC CARS.

Sperling, D. (2018). *Three revolutions: Steering automated, shared, and electric vehicles to a better future*. Island Press.

Sudhakaran, S., Terese, M., Mohan, Y., Thampi, A. D., & Rani, S. (2023). Influence of various parameters on the cooling performance of battery thermal management systems based on phase change materials. *Applied Thermal Engineering*, 222, 119936.

Suh, N. P., & Cho, D. H. (2017). Making the move: from internal combustion engines to wireless electric vehicles. *The On-line Electric Vehicle: Wireless Electric Ground Transportation Systems*, 3-15.

Sullivan, C. (2021). *Long Wharf waterfront redevelopment guidelines* New Haven, Connecticut.

Sun, D., Zhang, J., He, C., & Han, J. (2021). Dual-mode regenerative braking control strategy of electric vehicle based on active disturbance rejection control. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 235(6), 1483-1496.

Sun, L., Huang, Y., Liu, S., Chen, Y., Yao, L., & Kashyap, A. (2017). A complete survey study on the feasibility and adaptation of EVs in Beijing, China. *Applied Energy*, 187, 128-139.

Sun, X., Li, Z., Wang, X., & Li, C. (2019). Technology development of electric vehicles: A review. *Energies*, 13(1), 90.

Svangren, M. K., Skov, M. B., & Kjeldskov, J. (2017, September). The connected car: an empirical study of electric cars as mobile digital devices. In Proceedings of the 19th international conference on human-computer interaction with mobile devices and services (pp. 1-12).

Swart, D. J. (2018). The psychoacoustics of electric vehicle signature sound (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).

Tabata T, Konet H, Kanuma T. (2010). Development of Nissan approaching vehicle sound for pedestrians.

Tamada, S., Bhattacharjee, D., & Dan, P. K. (2020). Review on automatic transmission control in electric and non-electric automotive powertrain. *International Journal of Vehicle Performance*, 6(1), 98-128.

Tao, Y., Ren, M., Zhang, H., & Peijs, T. (2021). Recent progress in acoustic materials and noise control strategies—A review. *Applied Materials Today*, 24, 101141.

Terenzi, A., Spinsante, S., & Cecchi, S. (2020, November). Review on electric vehicles exterior noise generation and evaluation. In 2020 AEIT International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automotive (AEIT AUTOMOTIVE) (pp. 1-6). IEEE.

Thomas, V. J., & Maine, E. (2019). Market entry strategies for electric vehicle start-ups in the automotive industry—Lessons from Tesla Motors. *Journal of Cleaner Production*, 235, 653-663.

Thompson, R., Smith, R. B., Karim, Y. B., Shen, C., Drummond, K., Teng, C., & Toledano, M. B. (2022). Noise pollution and human cognition: An updated systematic review and meta-analysis of recent evidence. *Environment international*, 158, 106905.

Titov, G., & Lustbader, J. A. (2017). Modeling control strategies and range impacts for electric vehicle integrated thermal management systems with MATLAB/Simulink (No. NREL/CP-5400-67672). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).

Tonelli, B. A., Youngflesh, C., & Tingley, M. W. (2023). Geomagnetic disturbance associated with increased vagrancy in migratory landbirds. *Scientific Reports*, 13(1), 414.

Tonne, C., Milà, C., Fecht, D., Alvarez, M., Gulliver, J., Smith, J., ... & Kelly, F. (2018). Socioeconomic and ethnic inequalities in exposure to air and noise pollution in London. *Environment international*, 115, 170-179.

Torresin, S., Pernigotto, G., Cappelletti, F., & Gasparella, A. (2018). Combined effects of environmental factors on human perception and objective performance: A review of experimental laboratory works. *Indoor air*, 28(4), 525-538.

Tousignant, T., Eisele, G., Govindswamy, K., Steffens, C., & Tomazic, D. (2017, November). Optimization of Electric Vehicle Exterior Noise for Pedestrian Safety and Sound Quality. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 254, No. 2, pp. 245-252). Institute of Noise Control Engineering.

Tripathy, S. M. (2016). *Impact of Noise Pollution on Human Health*.

Tsaligopoulos, A., Kyvelou, S. S., Chiotinis, M., Karapostoli, A., Klontza, E. E., Lekkas, D. F., & Matsinos, Y. G. (2022). The Sound of a Circular City: Towards a Circularity-Driven Quietness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12290.

Tsoi, K. H., Loo, B. P., Li, X., & Zhang, K. (2023). The co-benefits of electric mobility in reducing traffic noise and chemical air pollution: Insights from a transit-oriented city. *Environment International*, 178, 108116.

Un-Noor, F., Padmanaban, S., Mihet-Popa, L., Mollah, M. N., & Hossain, E. (2017). A comprehensive study of key electric vehicle (EV) components, technologies, challenges, impacts, and future direction of development. *Energies*, 10(8), 1217.

Vaisberg, J. M., Beaulac, S., Glista, D., Macpherson, E. A., & Scollie, S. D. (2021). Perceived sound quality dimensions influencing frequency-gain shaping preferences for hearing aid-amplified speech and music. *Trends in Hearing*, 25, 2331216521989900.

Van de Kaa, G., Scholten, D., Rezaei, J., & Milchram, C. (2017). The battle between battery and fuel cell powered electric vehicles: A BWM approach. *Energies*, 10(11), 1707.

Veirs, S., Veirs, V., & Wood, J. D. (2016). Ship noise extends to frequencies used for echolocation by endangered killer whales. *PeerJ*, 4, e1657.

Vidhi, R., & Shrivastava, P. (2018). A review of electric vehicle lifecycle emissions and policy recommendations to increase EV penetration in India. *Energies*, 11(3), 483.

Vidyanandan, K. V. (2018). Overview of electric and hybrid vehicles. *Energy Scan*, 3, 7-14.

Vijay, R., Sharma, A., Chakrabarti, T., & Gupta, R. (2015). Assessment of honking impact on traffic noise in urban traffic environment of Nagpur, India. *Journal of environmental health science and engineering*, 13, 1-10.

Vogiatzis, K., & Remy, N. (2014). Strategic noise mapping of Herakleion: The aircraft noise impact as a factor of the Int. airport relocation. *Noise Mapping*, 1(1), 000010247820140003.

Von Schneidmesser, E., Steinmar, K., Weatherhead, E. C., Bonn, B., Gerwig, H., & Quedenau, J. (2019). Air pollution at human scales in an urban environment: Impact of local environment and vehicles on particle number concentrations. *Science of the Total Environment*, 688, 691-700.

Vu, H., & Shin, D. (2023). Simultaneous internal heating for balanced temperature and state-of-charge distribution in lithium-ion battery packs. *Journal of Energy Storage*, 60, 106519.

Wadey, J., Beyer, H. L., Saaban, S., Othman, N., Leimgruber, P., & Campos-Arceiz, A. (2018). Why did the elephant cross the road? The complex response of wild elephants to a major road in Peninsular Malaysia. *Biological Conservation*, 218, 91-98.

Wang, N., Tang, L., & Pan, H. (2019). A global comparison and assessment of incentive policy on electric vehicle promotion. *Sustainable Cities and Society*, 44, 597-603.

Wang, X., Liu, B., & Zhao, X. (2021). A performance-based warranty for products subject to competing hard and soft failures. *International Journal of Production Economics*, 233, 107974.

Wang, Y., & Boggio-Marzet, A. (2018). Evaluation of eco-driving training for fuel efficiency and emissions reduction according to road type. *Sustainability*, 10(11), 3891.

Weldon, P., Morrissey, P., & O'Mahony, M. (2018). Long-term cost of ownership comparative analysis between electric vehicles and internal combustion engine vehicles. *Sustainable Cities and Society*, 39, 578-591.

Werrett, S. (2019). *Thrifty Science: Making the most of materials in the history of experiment*. University of Chicago Press.

Wolbertus, R., & Van den Hoed, R. (2019). Electric vehicle fast charging needs in cities and along corridors. *World Electric Vehicle Journal*, 10(2), 45.

Wu, D., Ren, J., Davies, H., Shang, J., & Haas, O. (2019). Intelligent hydrogen fuel cell range extender for battery electric vehicles. *World Electric Vehicle Journal*, 10(2), 29.

Wu, W., Lin, B., Xie, C., Elliott, R. J., & Radcliffe, J. (2020). Does energy storage provide a profitable second life for electric vehicle batteries?. *Energy Economics*, 92, 105010.

Wu, Y., Wang, Z., Huangfu, Y., Ravey, A., Chrenko, D., & Gao, F. (2022). Hierarchical operation of electric vehicle charging station in smart grid integration applications—An overview. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 139, 108005.

Xue, B.; Li, R.; Deng, J.; Zhang, J. (2016). Sound absorption properties of microporous poly (vinyl formal) foams prepared by a two-step acetalization method. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2016, 55, 3982–3989.

Yang, W.; Li, Y. (2012). Sound absorption performance of natural fibers and their composites. *Sci. China Technol. Sci.* 2012, 55, 2278–2283.

Yi, H., Pingsterhaus, A., & Song, W. (2021). Effects of wearing face masks while using different speaking styles in noise on speech intelligibility during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Psychology*, 12, 682677.

York, R., & Bell, S. E. (2019). Energy transitions or additions?: Why a transition from fossil fuels requires more than the growth of renewable energy. *Energy Research & Social Science*, 51, 40-43.

Yoshimoto, K., & Hanyu, T. (2021). Nissan e-Power: 100% electric drive and its powertrain control. *IEEE Journal of Industry Applications*, 10(4), 411-416.

You, G. W., Park, S., & Oh, D. (2017). Diagnosis of electric vehicle batteries using recurrent neural networks. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 64(6), 4885-4893.

Yuan, M., Yin, C., Sun, Y., & Chen, W. (2019). Examining the associations between urban built environment and noise pollution in high-density high-rise urban areas: A case study in Wuhan, China. *Sustainable Cities and Society*, 50, 101678.

Yuan, S., Shi, Q., He, Z., Wei, Y., Gao, B., & He, L. (2022). Acceleration slip regulation by electric motor torque of battery electric vehicle with nonlinear model predictive control approach. *Vehicle System Dynamics*, 1-17.

Zaman, M., Muslim, M., & Jehangir, A. (2022). Environmental noise-induced cardiovascular, metabolic and mental health disorders: A brief review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(51), 76485-76500.

Zhang, B., Matchinski, E. J., Chen, B., Ye, X., Jing, L., & Lee, K. (2019). Marine oil spills—Oil pollution, sources and effects. In *World seas: an environmental evaluation* (pp. 391-406). Academic Press.

Zhang, M. (2018, June). Battery charging and discharging research based on the interactive technology of smart grid and electric vehicle. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1971, No. 1). AIP Publishing.

Zhang, X., Li, Z., Luo, L., Fan, Y., & Du, Z. (2022). A review on thermal management of lithium-ion batteries for electric vehicles. *Energy*, 238, 121652.

Zhao, G., Wang, X., Negnevitsky, M., & Zhang, H. (2021). A review of air-cooling battery thermal management systems for electric and hybrid electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 501, 230001.

Zhao, J., Xi, X. I., Na, Q. I., Wang, S., Kadry, S. N., & Kumar, P. M. (2021). The technological innovation of hybrid and plug-in electric vehicles for environment carbon pollution control. *Environmental Impact Assessment Review*, 86, 106506.

Zhao, W., Wu, G., Wang, C., Yu, L., & Li, Y. (2019). Energy transfer and utilization efficiency of regenerative braking with hybrid energy storage system. *Journal of Power Sources*, 427, 174-183.

Zheng, B., He, X., Zhang, J., & Song, T. (2019, October). Design of intelligent remedy system for auto emergency braking by misapplication on accelerator. In 2019 IEEE 3rd Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC) (pp. 1816-1820). IEEE.

Σύνδεσμοι

<https://greenopolis.com/>

<https://www.caranddriver.com/reviews/a15150030/2008-tesla-roadster-road-test/>

<https://www.renaultgroup.com/en/news-on-air/news/the-electric-car-how-does-its-lithium-ion-battery-work/>

https://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/vehicle_lineage/car/id60012360/index.html

[whichcar.com.au](https://www.whichcar.com.au)