



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΤΩΝ  
ΚΤΕΛ Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ**

---

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΠΛΑΓΓΙΔΗ – ΜΠΙΛΛΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ – ΜΑΡΙΑ**

Επιβλέπων: Κεραπτσόγλου Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2023

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστώ θερμά τον κύριο Κωνσταντίνο Κεπαπτσόγλου, Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών – Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την επιλογή του θέματος και την πολύτιμη καθοδήγησή του. Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, υπήρξε ουσιαστική συνεννόηση και δημιουργική συνεργασία που ήταν πολύτιμη.

Παράλληλα, ευχαριστώ τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για το χρόνο τους και τις εύστοχες και εποικοδομητικές παρατηρήσεις τους.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, την Άννυ, το Μίλτο και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια.

## ΣΥΝΟΨΗ

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής γίνονται ολοένα και πιο αισθητές τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμιο επίπεδο. Η Ευρωπαϊκή Ένωση καταστρώνει σχέδιο ανάσχεσης της κατάστασης με τα κράτη – μέλη της να δεσμεύονται για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και μεταξύ άλλων, να επιβάλλουν την αντικατάσταση ρυπογόνων οχημάτων στο οδικό δίκτυο από οχήματα μηδενικών εκπομπών. Στα πλαίσια αυτής της στρατηγικής μελετάται η αντικατάσταση των λεωφορείων μεγάλων αποστάσεων με ηλεκτρικά πούλμαν από την εταιρία ΚΤΕΛ Νομού Αττικής. Η συγκεκριμένη εταιρία αναλαμβάνει τη μεταφορά επιβατών εντός του νομού συνδέοντας τα απομακρυσμένα προάστια με την πρωτεύουσα. Σκοπός της παρακάτω διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση του λειτουργικού κόστους του στόλου των ΚΤΕΛ Αττικής σε βάθος κάποιων ετών και η επίπτωση που έχει αυτό στην τιμή του εισιτηρίου για τον επιβάτη, στην περίπτωση που αντικατασταθεί από ηλεκτρικά πούλμαν. Κατά τη διάρκεια της έρευνας συγκεντρώθηκαν στοιχεία από την εν λόγω εταιρία, την ελληνική και ευρωπαϊκή στατιστική αρχή και άλλους οργανισμούς και στη συνέχεια υπέστησαν επεξεργασία για τους σκοπούς της εργασίας. Με χρήση των μοντέλων συνεχούς προσέγγισης, διαμορφώθηκε ένα σύστημα που προσδιορίζει το κόστος που επιμερίζεται ο διαχειριστής του έργου αλλά και αυτό που αναλαμβάνουν οι επιβάτες που το επιλέγουν. Κατά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, άλλωστε, προκύπτει πως οι μέθοδοι συνεχούς προσέγγισης αποτελούν τον καταλληλότερο τρόπο ανάλυσης ζητημάτων μεταφοράς. Στη συνέχεια, έγινε πρόβλεψη της μελλοντικής επιβατικής ζήτησης με χρήση δύο μεθόδων, τη θεωρία της προβολής και τη θεωρία της πρόβλεψης. Οι εξισώσεις που προσδιορίστηκαν, χρησιμοποιήθηκαν έπειτα για την αποτύπωση της μελλοντικής μεταβολής στο κόστος του διαχειριστή και των επιπτώσεων στην εξυπηρέτηση των επιβατών. Τέθηκαν, μάλιστα, διαφορετικά σενάρια που θα μπορούσαν να προκύψουν. Τα συμπεράσματα, που προέκυψαν, είναι ξεκάθαρα όσον αφορά τη βέλτιστη λύση που προτείνεται στην εταιρία.

Λέξεις κλειδιά: πούλμαν, ηλεκτρικά πούλμαν, πράσινη μετάβαση, λειτουργικό κόστος μετακίνησης, μεταφορές μεσαίων αποστάσεων, μεταφορές εντός πόλεων, μοντέλο συνεχούς προσέγγισης, ανάλυση σεναρίων

# DEVELOPMENT OF A CONTINUOUS APPROXIMATION MODEL ABOUT THE TRANSITION OF COACH BUSES OF “KTEL ATTIKIS” TO EVs

## ABSTRACT

The consequences of climate change are being increasingly observed globally in the last few years. The European Union is creating a strategy to avert the situation by institutionalizing the reduction of greenhouse gas emissions throughout its territory. The EU Member States are supposed to complement the new strategy and, among other actions, to replace diesel vehicles with zero emission vehicles throughout their road network. In the context of this strategy, the replacement of traditional coach buses with electric coach buses is being studied in “KTEL Attikis”. This company is responsible for transferring passengers within the state of Attiki connecting the outskirts of the state with the center of the capital city of Athens. The purpose of this diploma thesis is to analyze and predict the operational cost of the company’s fleet in the future and its impact on passenger’s fee, in case of electric coaches. During the research, the necessary data have been mainly collected by the management of “KTEL Attikis”, the Greek and European Statistical Service and other organizations and subsequently sorted and formatted to serve the needs of the study. Continuous approximation models were employed to form a procedure explaining which cost must be handled by the manager of the operation and which by the passengers who choose to use it. During the study of the bibliography, it occurred that continuous approximation methods are the best analyzing method in transportations. Afterwards, the future transportation demand was calculated using two different approaches, the demand prediction based on data and criteria already cited as significant and the demand projection. The determined equations were used then to indicate the future consequences on the operating costs and passengers’ provided service. Furthermore, different strategies and scenarios were identified as future possibilities. The results of the thesis are unambiguous regarding the best solution provided to the company.

Key words: coach bus, electric coach, green transition, operational cost of transportation, medium distance transportation, city transportation, continuous approximation model, scenario analysis

## Περιεχόμενα

Ευρετήριο Σχημάτων.....	7
Ευρετήριο Πινάκων.....	9
Ευρετήριο Εικόνων.....	11
<b>1. Εισαγωγή.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Λεωφορεία.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 ΚΤΕΛ νομού Αττικής.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 Πετρέλαιο κίνησης.....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία.....</b>	<b>18</b>
1.4.1 Ηλεκτρικά αυτοκίνητα.....	18
1.4.2 Ηλεκτρικά λεωφορεία.....	19
1.4.3 Μοντέλα ηλεκτρικών λεωφορείων – πούλμαν.....	20
1.4.4 Φόρτιση ηλεκτροκίνητων λεωφορείων.....	22
1.4.5 Η επόμενη γενιά ηλεκτρικών λεωφορείων.....	24
1.5 Σκοπός διπλωματικής εργασίας.....	26
1.6 Δομή διπλωματικής εργασίας.....	26
<b>2. Μοντέλα συνεχούς προσέγγισης – Continuous approximation models.....</b>	<b>27</b>
<b>3. Συλλογή δεδομένων και επεξεργασία.....</b>	<b>29</b>
3.1 Δρομολόγια ΚΤΕΛ Ν. Αττικής.....	29
3.2 Ανάλυση επιβατικής κίνησης.....	31
3.3 Οικονομικά στοιχεία ΚΤΕΛ Ν. Αττικής.....	36
3.4 Ηλεκτρική ενέργεια.....	38
3.5 Δεδομένα μετακινήσεων.....	39
3.6 Προβολή μετακινήσεων.....	40
3.7 Πρόβλεψη μετακινήσεων.....	45
<b>4. Περιγραφή μοντέλου και μεθοδολογία.....</b>	<b>47</b>
4.1 Περιγραφή μοντέλου.....	47
4.1.1.1 Συνάρτηση Μεταφοράς.....	47
4.1.1.2 Συνάρτηση χρόνου μεταφοράς.....	48
4.2 Παραδοχές.....	50
4.3 Συνάρτηση κόστους διαχειριστή.....	52
4.4 Συνάρτηση κόστους καυσίμων.....	53
4.4.1.1 Με ντιζελοκίνητα πούλμαν.....	53

4.4.1.2	Με ηλεκτρικά πούλμαν.....	54
4.5	Συνάρτηση κόστους επιβάτη.....	55
4.6	Μεθοδολογία.....	55
4.6.1.1	Σενάριο 1.....	56
4.6.1.2	Σενάριο 2.....	56
4.6.1.3	Σενάριο 3.....	56
5.	Αποτελέσματα.....	57
5.1	Αποτελέσματα Στρατηγικής 1.....	57
5.1.1.1	Αποτελέσματα σεναρίου 1.....	58
5.1.1.2	Αποτελέσματα σεναρίου 2.....	61
5.1.1.3	Αποτελέσματα σεναρίου 3.....	64
5.2	Αποτελέσματα Στρατηγικής 2.....	67
5.2.1.1	Αποτελέσματα σεναρίου 1.....	67
5.2.1.2	Αποτελέσματα σεναρίου 2.....	71
5.2.1.3	Αποτελέσματα Σεναρίου 3.....	75
5.3	Αποτελέσματα στρατηγικής 3.....	79
5.3.1.1	Αποτελέσματα σεναρίου 1.....	80
5.3.1.2	Αποτελέσματα σεναρίου 2.....	84
5.3.1.3	Αποτελέσματα σεναρίου 3.....	87
5.4	Συγκριτικά αποτελέσματα.....	91
6.	Συμπεράσματα.....	92
6.1	Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	92
6.2	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	93
	Βιβλιογραφία.....	95

## Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 3.1: Αριθμός επιβατών ανά έτος για το Α' τρίμηνο.....	32
Σχήμα 3.2: Αριθμός επιβατών ανά έτος για το Β' τρίμηνο.....	33
Σχήμα 3.3: Αριθμός επιβατών ανά έτος για το Γ' τρίμηνο.....	34
Σχήμα 3.4: Αριθμός επιβατών ανά έτος για το Δ' τρίμηνο.....	34
Σχήμα 3.5: Αριθμός επιβατών ανά έτος.....	35
Σχήμα 3.6: Εξέλιξη τιμής πετρελαίου κίνησης (diesel) κατά τη διάρκεια του έτους[23].....	37
Σχήμα 3.7: Εξέλιξη κόστους πετρελαίου κίνησης (diesel)[23].....	38
Σχήμα 4.1: Διάγραμμα περιγραφής μεταφορικής διαδικασίας [27].....	48
Σχήμα 5.1: Τιμή εισιτηρίου – Προβολή επιβατών.....	58
Σχήμα 5.2: Κέρδος διαχειριστή Ραφήνα– Προβολή επιβατών.....	59
Σχήμα 5.3: Κέρδος διαχειριστή Σούνιο– Προβολή επιβατών.....	60
Σχήμα 5.4: Τιμή εισιτηρίου – Πρόβλεψη επιβατών.....	61
Σχήμα 5.5: Κέρδος διαχειριστή Ραφήνας – Πρόβλεψη επιβατών.....	62
Σχήμα 5.6: Κέρδος διαχειριστή Σουνίου – Πρόβλεψη επιβατών.....	63
Σχήμα 5.7: Τιμή εισιτηρίου – Μικτή κίνηση επιβατών.....	64
Σχήμα 5.8: Κέρδος διαχειριστή Ραφήνα – Μικτή κίνηση επιβατών.....	65
Σχήμα 5.9: Κέρδος διαχειριστή Σούνιο – Μικτή κίνηση επιβατών.....	66
Σχήμα 5.10: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Ραφήνας – Προβολή επιβατών.....	68
Σχήμα 5.11: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Σουνίου – Προβολή επιβατών.....	68
Σχήμα 5.12: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Ραφήνα – Προβολή επιβατών.....	69
Σχήμα 5.13: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Σούνιο – Προβολή επιβατών.....	69
Σχήμα 5.14: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Ραφήνας – Πρόβλεψη επιβατών.....	71
Σχήμα 5.15: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Σουνίου – Πρόβλεψη επιβατών.....	72
Σχήμα 5.16: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Ραφήνα – Πρόβλεψη επιβατών.....	73
Σχήμα 5.17: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Σούνιο – Πρόβλεψη επιβατών.....	73
Σχήμα 5.18: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Ραφήνας – Μικτή πρόβλεψη επιβατών.....	75
Σχήμα 5.19: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Σουνίου – Μικτή πρόβλεψη επιβατών.....	76
Σχήμα 5.20: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Ραφήνα – Μικτή πρόβλεψη επιβατών.....	77
Σχήμα 5.21: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Σούνιο – Μικτή πρόβλεψη επιβατών.....	77

Σχήμα 5.22: Τιμή εισιτηρίου μικτών οχημάτων – Ραφήνα – Προβολή επιβατών.....	80
Σχήμα 5.23: Τιμή εισιτηρίου μικτών οχημάτων – Σούνιο – Προβολή επιβατών.....	81
Σχήμα 5.24: Κέρδος διαχειριστή μικτών οχημάτων – Ραφήνα – Προβολή επιβατών.....	82
Σχήμα 5.25: Κέρδος διαχειριστή μικτών οχημάτων – Σούνιο – Προβολή επιβατών.....	82
Σχήμα 5.26: Τιμή εισιτηρίου μικτών οχημάτων – Ραφήνα – Πρόβλεψη επιβατών.....	84
Σχήμα 5.27: Τιμή εισιτηρίου μικτών οχημάτων – Σούνιο – Πρόβλεψη επιβατών.....	85
Σχήμα 5.28: Κέρδος διαχειριστή μικτών οχημάτων – Ραφήνα – Πρόβλεψη επιβατών.....	86
Σχήμα 5.29: Κέρδος διαχειριστή μικτών οχημάτων – Σούνιο – Πρόβλεψη επιβατών.....	86
Σχήμα 5.30: Τιμή εισιτηρίου μικτών οχημάτων – Ραφήνα – Μικτή επιβατική κίνηση.....	88
Σχήμα 5.31: Τιμή εισιτηρίου μικτών οχημάτων – Σούνιο – Μικτή επιβατική κίνηση.....	88
Σχήμα 5.32: Κέρδος διαχειριστή μικτών οχημάτων – Ραφήνα – Μικτή επιβατική κίνηση.....	89
Σχήμα 5.33: Κέρδος διαχειριστή μικτών οχημάτων – Σούνιο – Μικτή επιβατική κίνηση.....	89
Σχήμα 5.34: Ετήσιο κέρδος διαχειριστή – Σύγκριση όλων των σεναρίων.....	91
Σχήμα 5.35: Κόστος επιβάτη ανά διαδρομή – Σύγκριση όλων των σεναρίων.....	91



## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.1: Ηλεκτρικά πούλμαν και χαρακτηριστικά τους.....	21
Πίνακας 3.1: Δρομολόγια ΚΤΕΛ Ν. Αττικής ανά εβδομάδα [21].....	29
Πίνακας 3.2: Υφιστάμενες λεωφορειακές γραμμές ΚΤΕΛ και αποστάσεις [21],[22].....	30
Πίνακας 3.3: Οικονομικά στοιχεία ΚΤΕΛ Ν. Αττικής.....	36
Πίνακας 3.4: Κόστος πετρελαίου για την εταιρία ΚΤΕΛ Ν. Αττικής.....	37
Πίνακας 3.5: Μέση τιμή πετρελαίου κίνησης (diesel) ανά έτος.....	38
Πίνακας 3.6: Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας ανά κιλοβατώρα στην Ελλάδα.....	39
Πίνακας 3.7: Πίνακας μέσης επιβατικής κίνησης 5ετίας ανά προορισμό.....	41
Πίνακας 3.8: Πίνακας πρόβλεψης επιβατικής κίνησης ανά προορισμό με προβολή.....	43
Πίνακας 3.9: Πίνακας πρόβλεψης συνολικής επιβατικής κίνησης ανά τρίμηνο.....	45
Πίνακας 3.10: Πίνακας πρόβλεψης επιβατικής κίνησης ανά προορισμό.....	45
Πίνακας 3.11: Πίνακας πρόβλεψης συνολικής επιβατικής κίνησης ανά τρίμηνο.....	47
Πίνακας 4.1: Μεταβλητές μοντέλου.....	49
Πίνακας 4.2: Υπάρχουσες τιμές εισιτηρίων.....	51
Πίνακας 4.3: Παραδοχές επί των τιμών μεγεθών.....	52
Πίνακας 5.1: Τιμές δεδομένων εισόδου .....	57
Πίνακας 5.2: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 1 σεναρίου 1 – Προβολή επιβατών 2030.....	58
Πίνακας 5.3: Τιμή εισιτηρίου – Συμβατικά πούλμαν – Προβολή επιβατών.....	58
Πίνακας 5.4: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 1 – Ραφήνα.....	59
Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 1 – Σούνιο.....	60
Πίνακας 5.6: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 1 σεναρίου 2 – Πρόβλεψη επιβατών 2030.....	61
Πίνακας 5.7: Τιμή εισιτηρίου – Συμβατικά πούλμαν – Πρόβλεψη επιβατών 2030.....	61
Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 2 – Ραφήνα .....	62
Πίνακας 5.9: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 2 – Σούνιο.....	62
Πίνακας 5.10: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 1 σεναρίου 3 – Μίξη επιβατών 2030.....	64
Πίνακας 5.11: Τιμή εισιτηρίου – Συμβατικά πούλμαν – Μικτή κίνηση επιβατών.....	64
Πίνακας 5.12: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 3 – Ραφήνα .....	65
Πίνακας 5.13: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 3 – Σούνιο.....	65
Πίνακας 5.14: Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανά διαδρομή.....	67

Πίνακας 5.15: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 2 σεναρίου 1 – Προβολή επιβατών 2030.....	67
Πίνακας 5.16: Τιμή εισιτηρίου – Ηλεκτρικά πούλμαν – Προβολή επιβατών.....	67
Πίνακας 5.17: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 1 – Διαχειριστής.....	69
Πίνακας 5.18: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 1 – Επιβάτης.....	70
Πίνακας 5.19: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 2 σεναρίου 2 – Πρόβλεψη επιβατών 2030.....	71
Πίνακας 5.20: Τιμή εισιτηρίου – Ηλεκτρικά πούλμαν – Πρόβλεψη επιβατών.....	71
Πίνακας 5.21: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 2 – Διαχειριστής.....	72
Πίνακας 5.22: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 2 – Επιβάτης.....	74
Πίνακας 5.23: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 2 σεναρίου 3 – Μίξη επιβατών 2030.....	75
Πίνακας 5.24: Τιμή εισιτηρίου – Ηλεκτρικά πούλμαν – Μικτή επιβατική κίνηση.....	75
Πίνακας 5.25: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 3 – Διαχειριστής.....	76
Πίνακας 5.26: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 3 – Επιβάτης.....	78
Πίνακας 5.27: Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανά διαδρομή.....	79
Πίνακας 5.28: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 3 σεναρίου 1 – Προβολή επιβατών 2030.....	80
Πίνακας 5.29: Τιμή εισιτηρίου – Μικτός στόλος πούλμαν – Προβολή επιβατών.....	80
Πίνακας 5.30: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 1 – Διαχειριστής.....	81
Πίνακας 5.31: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 1 – Επιβάτης.....	83
Πίνακας 5.32: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 3 σεναρίου 2 – Πρόβλεψη επιβατών 2030.....	84
Πίνακας 5.33: Τιμή εισιτηρίου – Μικτός στόλος πούλμαν – Πρόβλεψη επιβατών.....	84
Πίνακας 5.34: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 2 – Διαχειριστής.....	85
Πίνακας 5.35: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 2 – Επιβάτης.....	86
Πίνακας 5.36: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 3 σεναρίου 3 – Μίξη επιβατών 2030.....	87
Πίνακας 5.37: Τιμή εισιτηρίου – Μικτός στόλος πούλμαν – Μικτή επιβατική κίνηση.....	87
Πίνακας 5.38: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 3 – Διαχειριστής.....	89
Πίνακας 5.39: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 3 – Επιβάτης.....	90

## Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 - Λεωφορείο περιόδου 1960 .....	12
Εικόνα 2 - Λεωφορείο περιόδου 1980 .....	12
Εικόνα 3 - Αστικό λεωφορείο .....	13
Εικόνα 4 - Υπεραστικό λεωφορείο .....	13
Εικόνα 5 - ΚΤΕΛ Αττικής ενός ορόφου .....	15
Εικόνα 6 - ΚΤΕΛ Αττικής δύο ορόφων .....	15
Εικόνα 7 - Ποσοστό συμμετοχής των παράγωγων αερίων της καύσης πετρελαίου στα αέρια του θερμοκηπίου .....	17
Εικόνα 8 - Φόρτιση plug-in και διαφορά τύπων AC/DC .....	24
Εικόνα 9 - Μετατροπή AC/DC .....	24
Εικόνα 10 - Φόρτιση pantograph .....	24
Εικόνα 11 - Φόρτιση επαγωγική .....	24
Εικόνα 12 - Λεωφορείο υδρογόνου .....	25

# 1. Εισαγωγή

## 1.1 Λεωφορεία

Η αύξηση του πληθυσμού των πόλεων, με τα χρόνια, επέβαλε την επέκταση των αστικών ορίων, υποχρεώνοντας τους κατοίκους τους να διανύουν διαρκώς μεγαλύτερες αποστάσεις για τις καθημερινές μετακινήσεις τους. Πηγές αναφέρουν πως υπήρχαν μαζικές μετακινήσεις ανθρώπων με ένα όχημα από τον 16<sup>ο</sup> κιάλας αιώνα στην αγγλική αυτοκρατορία. Το όχημα αυτό ονομαζόταν άμαξα και το έσερναν άλογα. Στα αγγλικά η άμαξα ονομάστηκε carriage ή αλλιώς coach, δίνοντας έτσι το όνομά της στα μελλοντικά υπεραστικά λεωφορεία ή, στα αγγλικά, coach buses.

Τα πρώτα μηχανικά λεωφορεία κυκλοφόρησαν περί τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα σε μεγάλα ευρωπαϊκά αστικά κέντρα, όπως το Λονδίνο και το Παρίσι, με ατμομηχανές, ενώ στα τέλη του ίδιου αιώνα άρχισαν να εμφανίζονται λεωφορεία με βενζινοκινητήρα (ντίζελ). Το πρώτο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα καθιερώθηκε το σχήμα που έχουν περίπου και σήμερα, με τα συνεχόμενα παράθυρα σε όλες τις πλευρές και την παράταξη των καθισμάτων. Αναλόγως της απόστασης που έπρεπε να διανύσουν, διαφοροποιήθηκαν κάποια χαρακτηριστικά και έτσι διαχωρίστηκαν σε αστικά και υπεραστικά.

Στην Ελλάδα, τα λεωφορεία κυκλοφόρησαν με βενζινοκινητήρα στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα καθώς οι απανωτές πολιτικές αναταραχές και η μικρή οικονομική ανάπτυξη, πάντα «έφερναν» τις καινοτόμες δημιουργίες στη χώρα αρκετά χρόνια αργότερα από την κεντρική Ευρώπη. Ακόμα και όταν κυκλοφόρησαν τα πρώτα λεωφορεία, χρησιμοποιούνταν κυρίως για μετακινήσεις υπεραστικές αφού οι πόλεις ήταν σχετικά μικρές και επέτρεπαν τη μετακίνηση με τα πόδια. Παράλληλα, δεν υπήρχαν ιδιωτικά αυτοκίνητα αφού λόγω της ασύμφορης τιμής τους, ήταν είδος πολυτελείας για σημαίνοντα πρόσωπα. Έως τότε η μετακίνηση των πολιτών γινόταν με τρένο, το οποίο όμως ήταν για μεγάλες αποστάσεις και ένα ταξίδι διαρκούσε έως και τρεις ημέρες.



Εικόνα 1 - Λεωφορείο περιόδου 1960



Εικόνα 2 - Λεωφορείο περιόδου 1980

Από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα η χώρα άρχισε να αναπτύσσεται με γοργότερους ρυθμούς. Οι πόλεις μεγάλωναν σε έκταση και ο πληθυσμός αναζητούσε τρόπους μετακίνησης για εργασία και διασκέδαση. Το δίκτυο σταθερής τροχιάς άργησε ιδιαίτερα να αναπτυχθεί περαιτέρω στη χώρα μας λόγω του μεγάλου οικονομικού κόστους και της χρονοβόρας κατασκευής του. Έτσι ο κόσμος

βασίστηκε στα λεωφορεία από τα πρώτα κιόλας χρόνια κυκλοφορίας του ακόμα και για σχετικά μικρές αποστάσεις. Τα ημερήσια ταξίδια στις παραλίες της Αττικής τη δεκαετία του 1960 έρχονται στη μνήμη μας από τις κινηματογραφικές ταινίες της εποχής που προωθούσαν έναν ποιοτικότερο και πιο άνετο τρόπο ζωής. Την ίδια περίοδο αναπτύχθηκε και καλύτερο ασφαλτοστρωμένο οδικό δίκτυο στα μεγαλύτερα αστικά κέντρα. Και αργότερα ακόμα, 1970 και έπειτα, τα λεωφορεία χρησιμοποιούνταν στην καθημερινή ζωή για μετακινήσεις από και προς την εργασία καθώς τα εργοστάσια, που απασχολούσαν μεγάλο αριθμό εργαζομένων, εγκαταστάθηκαν έξω από τον αστικό ιστό.

Τα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα «βρήκαν» μια Ελλάδα ταχέως ακμάζουσα, με εδραιωμένο δίκτυο λεωφορείων σε όλα τα αστικά κέντρα και εξαιρετικά αναπτυγμένο δίκτυο υπεραστικών λεωφορείων. Βασικός τρόπος μετακίνησης, άλλωστε, ήταν ακόμα το λεωφορείο. Η δεκαετία του 1990 και η αρχή του 21<sup>ου</sup> αιώνα αποτέλεσαν σημείο καμπής, με την ταχεία αύξηση του δημόσιου και προσωπικού πλούτου. Τότε άρχισε να προωθείται η μετακίνηση με ιδιωτικό όχημα και να αναπτύσσεται σιγά σιγά το δίκτυο σταθερής τροχιάς τόσο στα ηλεκτρικά τρένα (ΗΣΑΠ, Προαστιακός) και τα μετρό (Αττικό Μετρό) όσο και στα πετρελαιοκίνητα βαγόνια του ΟΣΕ.

Τα τελευταία 20 χρόνια, ο πληθυσμός του νομού Αττικής έχει τριπλασιαστεί και επεκταθεί στα προάστια. Η χρήση τόσο αστικών όσο και υπεραστικών λεωφορείων είναι μεγαλύτερη από ποτέ παρόλο που ο αριθμός ιδιωτικών οχημάτων είναι επίσης διαρκώς αυξανόμενος. Τα λεωφορεία, ωστόσο, αποτελούν κομμάτι της καθημερινότητας για εκατομμύρια πολίτες της πρωτεύουσας αφού είναι ο οικονομικότερος και εξίσου αποτελεσματικός τρόπος μετακίνησης συγκριτικά με τα αυτοκίνητα.



Εικόνα 3 - Αστικό λεωφορείο



Εικόνα 4 - Υπεραστικό λεωφορείο

Τα λεωφορεία μεγάλων αποστάσεων (πούλμαν) χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση χωρών, πόλεων ή υπεραστικών περιοχών είτε μεταξύ τους είτε με το αστικό κέντρο και για τουριστικές ή σχολικές περιηγήσεις. Στην Ευρώπη μόνο, οι μετακινήσεις με πούλμαν αποτελούν το 40% της συλλογικής μεταφοράς επιβατών. Προσφέρουν άνετη μετακίνηση στους επιβάτες με χαρακτηριστική την ευθεία τοποθέτηση καθισμάτων για λόγους ασφαλείας. Οι μεγάλες αποστάσεις που διανύουν είναι ο λόγος που οι επιβάτες πρέπει να είναι πάντα καθήμενοι και δεν επιτρέπονται όρθιοι ομοίως για την ασφάλειά τους. Επιπλέον, τα πούλμαν προσφέρουν υπηρεσίες όπως η τουαλέτα, το ασύρματο

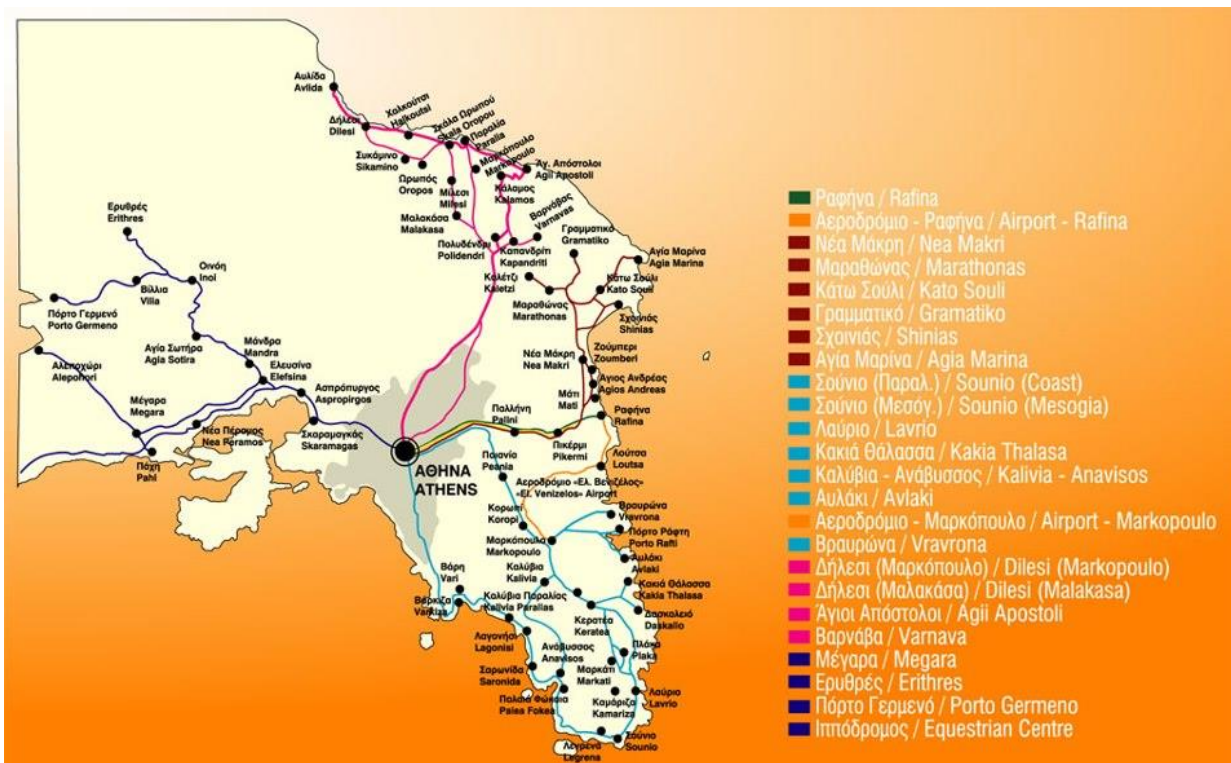
διαδίκτυο, πρίζες φόρτισης ηλεκτρονικών συσκευών και οπτικοακουστικά μέσα που καθιστούν τη μετακίνηση άνετη και ενδιαφέρουσα. Τα πούλμαν δεν αποτελούν μόνο ευχάριστο τρόπο μετακίνησης, αλλά αποτελούν και ένα πιο αποτελεσματικό και περιβαλλοντικά βιώσιμο μέσο. Μειώνοντας τον αριθμό των αυτοκινήτων στους δρόμους, συμβάλλουν στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης καθώς και της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

## **1.2 ΚΤΕΛ νομού Αττικής**

Ο νομός Αττικής είναι ο πλέον πολυπληθέστερος νομός της Ελλάδας με 3,4 εκατομμύρια κατοίκους, ενώ 681.000 άνθρωποι μένουν στους τομείς δυτικής και ανατολικής ενότητας. Τα προάστια, και ιδίως τα παράλια του νομού, κατοικούνταν σαν ανεξάρτητοι οικισμοί από την αρχαία ήδη περίοδο και συνέχισαν να αναπτύσσονται έκτοτε. Από τον 20<sup>ο</sup> κιόλας αιώνα τα περίχωρα ενώθηκαν με το αστικό κέντρο και πλέον αποτελούν απομακρυσμένες γειτονιές του.

Από τις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα η ραγδαία αστικοποίηση της χώρας είδε τον πληθυσμό της Αθήνας να αυξάνεται σε βαθμό που υπερέιχε της δυνατότητας να στεγαστούν όλοι στο κέντρο της πόλης. Ταυτόχρονα η οικονομική ευημερία της περιόδου δημιούργησε στροφή σε μια νέα μορφή ποιοτικής ζωής, που οδήγησε αρκετούς να μεταφερθούν ή και να επιστρέψουν σε προάστια ενώ συνεχίζουν να εργάζονται εντός αστικού ιστού. Πλέον οι κάτοικοι των περιχώρων δεν είχαν την ανάγκη για περιστασιακή μετακίνηση από και προς το κέντρο της Αθήνας, αλλά η ανάγκη τους έγινε καθημερινή και επιτακτική για την διαβίωσή τους. Εκτός από λόγους εργασίας, χρειάζονται έναν αποτελεσματικό τρόπο σύνδεσης με το κέντρο για επίσκεψη σε δημόσιες υπηρεσίες, κέντρα υγείας και ψυχαγωγικές δραστηριότητες. Οι ανάγκες αυτές αποτέλεσαν μια επιχειρηματική ευκαιρία για την εταιρία ΚΤΕΛ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ.

Η εταιρία ΚΤΕΛ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ Α.Ε. δρα από το 1920 συνδέοντας το κέντρο της Αθήνας με τα προάστια του νομού. Συγκεκριμένα, το 1927 ιδρύθηκαν οι Κοινές Διευθύνσεις Αστικών και Υπεραστικών Λεωφορείων και μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, μετονομάστηκαν σε Κοινά Ταμεία Εισπράξεων Λεωφορείων (ΚΤΕΛ) και αποτέλεσαν βασικό τρόπο μετακίνησης στην πόλη. Τα ΚΤΕΛ Αττικής αποτελούν μία εκ των 62 τοπικών εταιριών της κοινοπραξίας των ΚΤΕΛ Ελλάδος. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1950 έως και σήμερα, η εταιρία έχει αναπτύξει ένα μεγάλο δίκτυο μεταφορών και διευκολύνει καθημερινά τη μετακίνηση μεγάλου αριθμού πολιτών από και προς το αστικό κέντρο. Ο στόλος της αποτελείται από 136 λεωφορεία ιδιοκτησίας φυσικού προσώπου και 7 λεωφορεία ιδιοκτησίας νομικού προσώπου ενώ οι εργαζόμενοι που απασχολούνται από την εταιρία αγγίζουν τους 250.



Συνολικά, πραγματοποιούνται περισσότερα από 130 δρομολόγια ημερησίως εξυπηρετώντας πάνω από 9000 πολίτες σε ημερήσια βάση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Τα υπεραστικά λεωφορεία, που χρησιμοποιούνται στα ΚΤΕΛ, έχουν έναν όροφο, μήκος 13,5 μέτρα και ύψος άνω των 3,20 μέτρων. Η πρόσβαση στο εσωτερικό γίνεται με δύο πόρτες, στο μπροστινό και πίσω τμήμα του αμαξώματος. Διαθέτουν υπερυψωμένο δάπεδο όπου η πρόσβαση γίνεται μέσω σκαλιών και κάτω από αυτό υπάρχει χώρος αποσκευών. Έχουν χωρητικότητα 55 έως 59 επιβάτες και είναι μόνο καθήμενοι. Διατίθενται, επίσης, περιορισμένος αριθμός διώροφων πούλμαν μήκους 15 μέτρων με δύο πόρτες με σκαλιά, εσωτερική σκάλα για πρόσβαση στον πάνω όροφο και χωρητικότητα 85 ατόμων.



Εικόνα 5 - ΚΤΕΛ Αττικής ενός ορόφου



Εικόνα 6 - ΚΤΕΛ Αττικής δύο ορόφων

### 1.3 Πετρέλαιο κίνησης

Οι μετακινήσεις των πολιτών ανά τον κόσμο γίνονταν μέχρι πολύ πρόσφατα αποκλειστικά με οχήματα βενζινοκίνησης, αφού το πετρέλαιο αποτελεί το πιο οικονομικό καύσιμο ευρείας κατανάλωσης.

Το πετρέλαιο κίνησης (diesel ~ ντίζελ) ανακαλύφθηκε από τον Γερμανό εφευρέτη και μηχανικό Rudolph Diesel το 1895. Προσπαθώντας να βρει το πιο αποτελεσματικό καύσιμο για τον κινητήρα που κατασκεύασε, χρησιμοποίησε αργό πετρέλαιο, κηροζίνη και άλλα υλικά θερμής καύσης που ήταν διαδεδομένα εκείνη την εποχή. Το 1900 ο Γάλλος Otto δημιούργησε με απόσταξη μια μορφή αργού πετρελαίου για τον ντιζελοκινητήρα, που μοιάζει αρκετά με τη σημερινή μορφή του πετρελαίου κίνησης. Μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο η παραγωγή του ντίζελ βελτιστοποίησε την καθαρότητα και την απόδοση του καυσίμου και το 1993 αποφασίστηκε η εφαρμογή του νόμου EN 590 για την τυποποίηση της ποιότητας του καυσίμου, που ισχύει και σήμερα σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Το μεγαλύτερο προτέρημα του πετρελαίου κίνησης είναι η πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, το οποίο σημαίνει πως με μικρές ποσότητες καυσίμου, τα αυτοκίνητα διανύουν μεγάλες αποστάσεις χωρίς ανεφοδιασμό.

Κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα παρατηρείται αυξημένη εξάρτηση του δυτικού κόσμου στο πετρέλαιο για μετακινήσεις, θέρμανση, ηλεκτροδότηση και παραγωγή καθημερινών αναγκαίων προϊόντων, λόγω της οικονομικής ανάπτυξης που υπήρχε εκείνη την περίοδο. Το φαινόμενο αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως η παραγωγή πετρελαίου μπορεί να αποφέρει τεράστια οικονομική ανάπτυξη και δύναμη σε παγκόσμιο επίπεδο και η εκμετάλλευσή του αποτέλεσε τη βάση για το σύγχρονο τρόπο ζωής. Η βιομηχανία του πετρελαίου αποτελείται από περιορισμένο αριθμό (lobby) εταιριών που αναζητούν κοιτάσματα, εξάγουν προϊόντα πετρελαίου, επεξεργάζονται την ποιότητά τους και αναλαμβάνουν τη μεταφορά του στην αγορά.

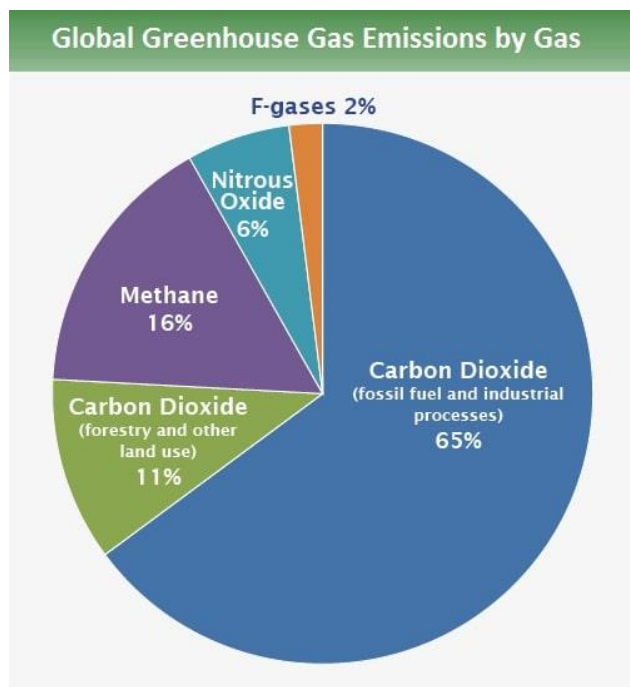
Η αύξηση του πληθυσμού στον κόσμο και κατ' επέκταση η χωρική ανάπτυξη πόλεων και κατοικημένων περιοχών γενικότερα, κατέστησε όλο και πιο αναγκαία την μετακίνηση από περιοχή σε περιοχή. Χάρη στο πετρέλαιο κίνησης οι μετακινήσεις κατέστησαν δυνατές με βενζινοκίνητα οχήματα (τρένα, πλοία, ΙΧ, λεωφορεία) είτε ιδιωτικά είτε μαζικής μεταφοράς. Οι βενζινοκίνητες τους χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντοχή και αξιοπιστία. Οι ντιζελοκίνητες, συγκεκριμένα, παρουσιάζουν μεγάλη ενεργειακή απόδοση και γι' αυτό χρησιμοποιούνται κατά κανόνα σε οχήματα μεγάλου κυβισμού.

Για 60 και πλέον έτη, τα οχήματα που κινούνται με καύσιμα τα προϊόντα πετρελαίου έχουν συμβάλει στην οικονομική ανάπτυξη και ευημερία των κρατών και κατά συνέπεια στην αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και την ανάπτυξη όλων των τομέων της επιστήμης και της οικονομίας. Χάρη στο πετρέλαιο λειτουργούν βιομηχανίες που παράγουν βασικά προϊόντα για τους καταναλωτές και ταυτόχρονα προσφέρουν εκατομμύρια θέσεις εργασίας στους πολίτες σχεδόν όλου του κόσμου. Χωρίς αμφιβολία, το πετρέλαιο έχει εδραιωθεί στη ζωή του κόσμου και παίζει κάποιο ρόλο σε όλους τους τομείς από τα προϊόντα καθημερινής χρήσης, τα φάρμακα, τα τρόφιμα και τις μετακινήσεις μέχρι τη θέρμανση και την εργασία.

Το πέρασμα του χρόνου και οι επιστημονικές μελέτες, ωστόσο, έχουν δείξει πως τα μειονεκτήματα στη χρήση του πετρελαίου είναι πάρα πολλά και δεν πρέπει να παραλείπονται. Τα



οχήματα με βενζινοκινητήρες συμπεριλαμβανομένων των λεωφορείων και ΚΤΕΛ, καίγοντας τα καύσιμα, απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα και άλλα επικίνδυνα αέρια. . Τέτοιες ουσίες αποτελούν τα λεγόμενα αέρια του θερμοκηπίου και αποτελούν την αιτία υπερθέρμανσης του πλανήτη και την επιβάρυνση της υγείας των ίδιων των ανθρώπων που τον κατοικούν. Ακόμη και κατά την παραγωγή του καυσίμου ντίζελ από το πετρέλαιο, τα στερεά και αέρια απόβλητα ρυπαίνουν θάλασσες και μολύνεται ο υδροφόρος ορίζοντας, η ατμόσφαιρα και οι καλλιέργειες χωρίς πρακτικά να υπάρχουν φίλτρα ή μέτρα πλήρους ανακύκλωσης και εξυγίανσης. Επιπλέον, στα σημεία του ορίζοντα όπου εδράζονται οι πλατφόρμες εξόρυξης, αποψιλώνονται δάση και αφανίζονται είδη από την πανίδα και χλωρίδα του τόπου. Παρόλο που η μετακίνηση με λεωφορεία μεγάλων αποστάσεων μπορεί να εξοικονομήσει έως και 6,6 κιλά εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ανά επιβάτη για συνολικές αποστάσεις 400 χιλιομέτρων έναντι της μετακίνησης με ιδιωτικό όχημα, αυτό πλέον δεν αρκεί.



Εικόνα 7 - Ποσοστό συμμετοχής των παραγόμενων αερίων της καύσης πετρελαίου στα αέρια του θερμοκηπίου

Η έρευνα της Ευρωπαϊκής Ένωσης Horizon 2020 αναφέρει πως το 24% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως προέρχεται από τις μετακινήσεις εκ των οποίων το 75% προέρχονται από οχήματα όπως τα αυτοκίνητα, τα φορτηγά και τα λεωφορεία.

Το ντίζελ και η βενζίνη δεν είναι ανανεώσιμα καύσιμα. Αυτό σημαίνει ότι τα κοιτάσματα πετρελαίου, από τα οποία προκύπτουν, θα εκλείψουν στο μέλλον και θα δημιουργηθεί όχι μόνο πρόβλημα στη μετακίνηση τόσων οχημάτων ανά τον κόσμο, αλλά και ενέργειας αφού το πετρέλαιο αποτελεί βασική πηγή θέρμανσης και ηλεκτροδότησης των περισσότερων κρατών. Ταυτόχρονα, το πετρέλαιο συντελεί στην οικονομική ανισότητα που υπάρχει στον κόσμο καθώς τα κράτη που παράγουν και επεξεργάζονται το αργό πετρέλαιο έχουν συχνά μεγαλύτερη

οικονομική ανάπτυξη και πλούτο σε σχέση με τα κράτη που το εισάγουν, προκαλώντας μεγαλύτερα ενεργειακά κόστη και λιγότερες ευκαιρίες οικονομικής ανάπτυξης.

Επιπροσθέτως, η διαρκώς αυξανόμενη χρήση πετρελαίου κίνησης στηρίζει τη συνεχόμενη εξαγωγή και επεξεργασία αργού πετρελαίου δίνοντας ακόμη μεγαλύτερη δύναμη σε όσους διοικούν τις πετρελαιοπαραγωγικές εταιρίες. Έρευνες έχουν αποκαλύψει πως τέτοια άτομα έχουν καταπιέσει για οικονομικό συμφέρον ανά τα χρόνια μελέτες και προτάσεις που υποδεικνύουν το πετρέλαιο ως τον κύριο υπεύθυνο για την καταστροφή του πλανήτη και οι οποίες προτείνουν καινοτόμες ιδέες για την αντικατάστασή του από εναλλακτικά μέσα. Η αυξανόμενη επικινδυνότητα των φαινομένων – επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης, ωστόσο, άνοιξε τα μάτια σε πολίτες και κυβερνήσεις και καθιστούν πλέον απαραίτητη τη λήψη μέτρων επιβράδυνσης και αντιστρεπτότητας της κατάστασης. Ταυτόχρονα, τα αποθέματα πετρελαίου στον πλανήτη αναμένεται να εξαντληθούν μέχρι το 2035 με τους σημερινούς ρυθμούς κατανάλωσης. Ενδεικτικά, κάθε μέρα καταναλώνονται περισσότερα από 16 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά τον κόσμο. Με τα δεδομένα αυτά λοιπόν, οι διαχειριστές των εταιριών πετρελαίου συμφώνησαν στην αλλαγή πλεύσης ως προς το βασικό καύσιμο, ιδίως στον τομέα των μετακινήσεων.

## **1.4 Ηλεκτροκίνητα λεωφορεία**

### **1.4.1 Ηλεκτρικά αυτοκίνητα**

Οι εταιρίες παραγωγής οχημάτων εδώ και κάποια χρόνια χρηματοδοτούν έρευνες για την κατασκευή και βελτιστοποίηση οχημάτων που κινούνται με εναλλακτικό - του πετρελαίου - καύσιμο. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα περιορισμένα κοιτάσματα του πετρελαίου οδήγησαν τις αυτοκινητοβιομηχανίες στην εύρεση διόδων ώστε να μην βασίζονται αποκλειστικά στο πετρέλαιο για να συνεχίσουν να λειτουργούν μακροπρόθεσμα. Μέσα από έρευνες ανακαλύφθηκε ότι τα οχήματα μπορούν να κινούνται με μπαταρίες που αποθηκεύουν ηλεκτρικό ρεύμα. Προέκυψε έτσι ένα νέο όνειρο κίνησης όπως τα τηλεκατευθυνόμενα αυτοκινητάκια που είχαμε μικροί.

Τα ηλεκτροκίνητα οχήματα διαθέτουν έναν αριθμό επαναφορτιζόμενων μπαταριών λιθίου που τροφοδοτούν τον κινητήρα του οχήματος με ηλεκτρικό ρεύμα. Μέσα από τα συστήματα του οχήματος, η ενέργεια αυτή μετατρέπεται σε κινητική και το όχημα μπορεί να λειτουργήσει με σχεδόν όμοιο τρόπο με αυτόν ενός πετρελαιοκίνητου. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι οι μηδενικές εκπομπές επιβλαβών αερίων στην ατμόσφαιρα καθώς δεν γίνεται καύση κάποιου καυσίμου αλλά μετατροπή ενέργειας. Αποτελούν, έτσι, μια πολύ πιο περιβαλλοντικά φιλική λύση για τις μετακινήσεις ενώ ταυτόχρονα, οι νέοι κινητήρες που διαθέτουν δεν παράγουν θόρυβο, μειώνοντας την ηχορύπανση στα αστικά κέντρα.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα των ηλεκτροκίνητων οχημάτων είναι η υψηλή οικονομική τους απόδοση. Η αρχική τιμή αγοράς τους είναι μεγαλύτερη από ένα πετρελαιοκίνητο όχημα αλλά μακροπρόθεσμα η διαφορά εξισορροπείται με τα μειωμένα έξοδα συντήρησης. Τα αναλώσιμα εξαρτήματα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής καθώς δεν υπάρχει τόσο μεγάλη κινητική καταπόνηση στο εσωτερικό της ηλεκτροκίνητης μηχανής. Δεν χρησιμοποιούνται λάδια στη μηχανή που να απαιτούν την αλλαγή τους ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ενώ το ηλεκτρικό ρεύμα

που χρησιμοποιούν για τη φόρτιση είναι επί τω πλείστων φθηνότερο από τη βενζίνη ή το πετρέλαιο κίνησης. Τα ηλεκτρικά οχήματα διαθέτουν τα ίδια συστήματα κυκλοφοριακής συμπεριφοράς, θέρμανσης, άνεσης και ασφάλειας για τους επιβάτες με τα συμβατικά οχήματα πετρελαίου. Αποτελούν ένα νέο προϊόν στην αγορά το οποίο παρόλο που έχει δοκιμαστεί ευρέως, δεν έχουν βρεθεί ακόμη οι τρόποι για να είναι ταυτόσημο με ένα πετρελαιοκίνητο όχημα ως προς την ικανότητα ανάπτυξης ταχύτητας. Παρόλο που η κατά μέσο όρο μέγιστη ταχύτητα των 120 χλμ/ώρα, που αναπτύσσουν τα ηλεκτρικά οχήματα είναι μία ικανοποιητική ταχύτητα κίνησης, γίνονται προσπάθειες ισοφάρισης με αυτή των συμβατικών οχημάτων. Η ταχύτητα αυτή, βέβαια, είναι εξαιρετικά ικανοποιητική για μετακινήσεις εντός αστικών κέντρων σε καθημερινή βάση.

Η ευρεία ανάπτυξη και παραγωγή των ηλεκτρικών αυτοκινήτων δημιουργεί εύφορο έδαφος για καινοτόμες ιδέες και ολοένα καλύτερες αποδόσεις. Η αυτονομία τους έχει ξεπεράσει τα 300 χιλιόμετρα ανά φόρτιση ενώ η διάρκεια πλήρους φόρτισής τους έχει μειωθεί από 12 στις 6 ώρες με ταχεία μερική φόρτιση έως και μισής ώρας.

Ο αριθμός ηλεκτρικών αυτοκινήτων που κυκλοφορούν έχει εκτιναχθεί, ενώ οι κυβερνήσεις των αναπτυγμένων κρατών προτείνουν έως και αποκλειστική κυκλοφορία ηλεκτρικών οχημάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, η κατασκευή υποδομών φόρτισης σε σημεία – κλειδιά των οδικών δικτύων των κρατών προχωρά με αμείωτο ρυθμό. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προτείνει την πλήρη απόσυρση των πετρελαιοκίνητων οχημάτων και την αντικατάστασή τους με ηλεκτρικά έως το 2050 σε μια προσπάθεια απεξάρτησης από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Τα περιβαλλοντικά οφέλη, φυσικά, παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς έδωσαν το έναυσμα σε χώρες, που δεν τους ενδιέφερε έως τώρα η ανεξαρτητοποίηση από τα ορυκτά καύσιμα, να προωθήσουν την ηλεκτροκίνηση.

Οι Singh et al (2020) [1] έκαναν μια συνολική επισκόπηση των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί από το 2009 έως το 2019 σχετικά με την ηλεκτροκίνηση. Κατέληξαν πως οι παράγοντες που επηρεάζουν την προθυμία των πολιτών να αλλάξουν τη μετακίνησή τους σε ηλεκτρική εξαρτώνται από τις καταστάσεις, τη συνάφεια των μέσων, την ψυχολογία και τη δημογραφική τους θέση. Οι καταστάσεις αναφέρονται σε παράγοντες περιβαλλοντικούς, τεχνολογικούς, οικονομικούς και επίπτωσης μιας τέτοιας αγοράς. Η συνάφεια προκύπτει από τις πολιτικές πρωτοβουλίας των κρατών και τα χαρακτηριστικά του δικτύου επαναφόρτισης. Η ψυχολογία αποτελεί ένδειξη των εμπειριών, της στάσης απέναντι σε μια τέτοια αλλαγή, των συναισθημάτων, της κοινωνικής επιρροής και των προσωπικών αρχών. Τέλος, η δημογραφική θέση περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως η ηλικία, το φύλο, το εισόδημα, τα μέλη του νοικοκυριού και τα χαρακτηριστικά των μετακινήσεων των μελών. Η έρευνα είχε συνολικά θετικά αποτελέσματα.

#### **1.4.2 Ηλεκτρικά λεωφορεία**

Η στροφή προς την ηλεκτροκίνηση δεν αφορά μόνο τα ιδιωτικά αυτοκίνητα αλλά και τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Η νέα μέθοδος μετακίνησης εφαρμόζεται πλέον και στα λεωφορεία, αστικά και υπεραστικά. Ευρωπαϊκές πόλεις, όπως το Παρίσι, το Λονδίνο, το Βερολίνο αλλά και μικρότερα αστικά κέντρα της ηπείρου, έχουν εισάγει αρκετά αστικά ηλεκτρικά λεωφορεία στο

δίκτυο συγκοινωνιών τους και σκοπεύουν να αντικαταστήσουν πλήρως τα ντιζελοκίνητα έως το 2030.

Τα λεωφορεία ηλεκτροκίνησης κατά μία έννοια μας είναι ήδη γνωστά ως τρόλεϊ. Τα οχήματα αυτά αντλούν ρεύμα από ηλεκτροφόρα καλώδια που κρέμονται κατά μήκος του δρόμου και μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική άμεσα. Ο σύγχρονος τρόπος ηλεκτροκίνησης στα λεωφορεία αναφέρεται σε οχήματα που διαθέτουν μία ή περισσότερες μπαταρίες λιθίου διαφορετικής ισχύος και χωρητικότητας αναλόγως μοντέλου.

Το πρώτο μοντέλο ηλεκτρικού αστικού λεωφορείου που κυκλοφόρησε στην Ελλάδα είναι το Karsan Jest electric και ανήκει στα ΚΤΕΛ Χανίων – Ρεθύμνου με χωρητικότητα 22 επιβατών και μήκος 5,8 μέτρα. Η αυτονομία της μπαταρίας αγγίζει τα 210 χιλιόμετρα με πλήρη φόρτιση, ενώ σε γρήγορη φόρτιση καλύπτει το 80% της μπαταρίας σε 55 λεπτά. Ο ηλεκτροκινητήρας είναι της BMW και έχει ισχύ 125 kW (170 ίππους) με ικανότητα οδήγησης σε δρόμους μεγάλης κλίσης και μέγιστη ταχύτητα τα 70 χλμ/ώρα. Το σετ μπαταριών ιόντων λιθίου έχει χωρητικότητα 44 kWh και δέχεται φορτιστή δύο τύπων AC και DC.

Τα υπεραστικά ηλεκτρικά λεωφορεία έχουν εισέλθει στα οδικά δίκτυα μεγάλων χωρών όπως η Γαλλία, η Γερμανία και οι ΗΠΑ αλλά και μικρότερων όπως το Νεπάλ. Ο αριθμός ηλεκτρικών πούλμαν, που κυκλοφορούν, δεν είναι ακόμη τόσο μεγάλος όσο αυτός των αστικών λεωφορείων. Ο λόγος είναι ότι η μέχρι πρότινος μικρή αυτονομία των μπαταριών δεν επέτρεπε τα ταξίδια μεγαλύτερων αποστάσεων μεταξύ των διαδοχικών στάσεων. Ταυτόχρονα, η φόρτιση των οχημάτων διαρκούσε έως και 12 ώρες δημιουργώντας καθυστερήσεις στο πρόγραμμα των δρομολογίων.

Τα τελευταία χρόνια, όμως, οι νέες τεχνολογίες, που έχουν αναπτυχθεί, επιτρέπουν αυτονομία έως και 400 χιλιομέτρων μετά από μια πλήρη φόρτιση (Brown, 2020) [2] και μέγιστες ταχύτητες 120 χλμ/ώρα. Την ίδια στιγμή παράγονται νέες γενιές φορτιστών που επιτρέπουν την ανατροφοδότηση της μπαταρίας σε έως και 80% της χωρητικότητάς της με φόρτιση μόλις μισής ώρας. Οι εξελίξεις αυτές δημιούργησαν εύφορο έδαφος για την παραγωγή οχημάτων ικανών να διανύσουν αρκετά μεγάλες αποστάσεις χωρίς στάση για φόρτιση. Μεγάλες εταιρίες κατασκευής πούλμαν έχουν ήδη ξεκινήσει την παραγωγή ηλεκτρικών λεωφορείων μεγάλων αποστάσεων με μεγάλη ποικιλία μεγεθών, ισχύος κινητήρα και αυτονομίας.

### **1.4.3 Μοντέλα ηλεκτρικών λεωφορείων – πούλμαν**

Οι εταιρίες κατασκευής λεωφορείων έχουν καταβάλει μεγάλες προσπάθειες την τελευταία δεκαετία ώστε να συμβαδίσουν με τις απαιτήσεις της εποχής. Από το 2020 και μετά, μόνο, έχουν ανακοινωθεί περισσότερα από 8 νέα μοντέλα αστικών λεωφορείων και 3 μοντέλα λεωφορείων μεγάλων αποστάσεων από τις μεγάλες βιομηχανίες αυτοκινήτων. Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται μοντέλα ηλεκτρικών πούλμαν και τα χαρακτηριστικά τους από 6 μεγάλες εταιρίες, με χωρητικότητα άνω των 50 επιβατών για καλύτερη σύγκριση με τα αντίστοιχα συμβατικά.

Πίνακας 1.1: Ηλεκτρικά πούλμαν και χαρακτηριστικά τους

Εταιρία	Pelican	MCI	Temsa (Ευρώπη)	Van Hool (ΗΠΑ)	BYD	King-Long
Μοντέλο	Yutong Tce12	J4500 CHARGE	LD SB E	CX 45 E	C8 και C9	Pure Electric
Χωρητι- κότητα	50 επιβάτες	54 επιβάτες	57-61 επιβάτες	56 επιβάτες	46-50 επιβάτες	55 επιβάτες
Ισχύς	60-120 kW	400 kW	250 kW	308 kW	360 kW	350 kW
Αυτονομία	320 χλμ	270 χλμ	200-350 χλμ	420 χλμ	250 χλμ	230-280 χλμ
Μπαταρία	281 kWh	544 kWh	210-350 kWh	660 kWh	360 kWh	350 kWh
Φόρτιση	2-4 h	3 h	2 h	5 h	4-5 h	-
Μαχ ταχύτητα	100 χλμ/h	115 χλμ/h	110 χλμ/h	115 χλμ/h	100 χλμ/h	98 χλμ/h

Τα νέα λεωφορεία μεγάλων αποστάσεων με ηλεκτροκίνηση της εταιρίας Pelican είναι κινεζικής κατασκευής και εισήλθαν στα ευρωπαϊκά οδικά δίκτυα με πρώτη χώρα τη Μεγάλη Βρετανία. Μία αγγλική εταιρία που ενοικιάζει εταιρικά πούλμαν σε τρίτους έκανε παραγγελία 32 εκατομμυρίων λιρών από την Pelican για την αγορά των Tce 12.

Στη Γαλλία κυκλοφορούν 69.000 πούλμαν και περίπου τα μισά λειτουργούν από εταιρίες που δρουν αντίστοιχα των ΚΤΕΛ. Το νομοθετικό πλαίσιο της χώρας έχει αλλάξει αρκετά τα τελευταία χρόνια ώστε να εισαχθούν ηλεκτρικά οχήματα με σκοπό να αντικαταστήσουν πλήρως τα οχήματα ορυκτών καυσίμων έως το 2030, αν είναι δυνατό. Σε αυτό το πλάνο ανήκουν και τα οχήματα μεγάλου κυβισμού, όπως τα πούλμαν. Τα περισσότερα ηλεκτρικά λεωφορεία που διαθέτει η χώρα έως τώρα είναι της εταιρίας Temsa. Η ίδια εταιρία έχει προμηθεύσει τη χώρα και με περισσότερα από 6.000 αστικά λεωφορεία μέχρι στιγμής. Ταυτόχρονα, πραγματοποιήθηκαν νομοθετικές τροποποιήσεις ώστε να διευκολύνονται αλλαγές στους κινητήρες μεγάλων οχημάτων και να αντικαθίστανται από ηλεκτρικούς. Εδώ έρχονται εταιρίες, όπως η Forsee Power, που αντικαθιστούν τους ρυπογόνους κινητήρες με μπαταρίες δικής τους κατασκευής. Αυτό το εγχείρημα έχει ήδη εφαρμοστεί σε πούλμαν κατασκευής πενταετίας και επεκτείνεται σε σχολικά πούλμαν σε τοπικό επίπεδο στη Νορμανδία. Έως το 2025 η χώρα σκοπεύει να προωθήσει και αυτή την εναλλακτική σε πούλμαν πέραν των ηλεκτρικών λόγω μικρότερου κόστους.

Τα ηλεκτρικά οχήματα της BYD είναι διαδεδομένα στη Γερμανία. Η Flixbus, η μεγαλύτερη εταιρία υπεραστικής μετακίνησης της χώρας και της Ευρώπης έχει παραλάβει μερικές δεκάδες ηλεκτρικά οχήματα της BYD. Η Flixbus εισήγαγε στο στόλο της ηλεκτρικά πούλμαν το 2018 στη Γαλλία, έπειτα στη Γερμανία και πλέον διαθέτει περισσότερα από 20 ηλεκτροκίνητα στην

Ευρώπη. Παράλληλα, συνεργάζεται και με άλλη εταιρία ηλεκτρικών οχημάτων, την Auto Vicao Feirense και παράγει και δικά της ηλεκτρικά λεωφορεία μεγάλων αποστάσεων στην Πορτογαλία.

Στις ΗΠΑ η ηλεκτροκίνηση καθυστερεί να μπει στις μεγάλες αποστάσεις λόγω των πολύ μεγαλύτερων διαδρομών συγκριτικά με την Ευρώπη. Παρόλα αυτά καταβάλλονται προσπάθειες για ένα πράσινο μέλλον σε πούλμαν επιχειρήσεων. Η канаδική Motor Coach Industries – MCI ανέλαβε τις μετακινήσεις προσωπικού στη Silicon Valley παρουσιάζοντας έτσι τα ηλεκτρικά της μοντέλα το 2021. Επιπλέον, στην πολιτεία της Καλιφόρνια έχουν αρχίσει να κυκλοφορούν τα νέα ηλεκτρικά πούλμαν της βελγικής Van Hool τα οποία, μάλιστα, κατασκευάζονται αποκλειστικά υπό τους αμερικανικούς και канаδικούς οδικούς νόμους για τις χώρες της βόρειας Αμερικής. Η εταιρία πρόσθεσε στο στόλο της και το πρώτο διώροφο ηλεκτρικό πούλμαν το 2021. Το TDX25E προσφέρει δυνατότητα 69 επιβατών και αυτονομία 500 χιλιομέτρων.

Από την άλλη πλευρά, η κινεζική εταιρία King Long δραστηριοποιείται σε διάφορες χώρες με μεγάλη ποικιλία ηλεκτρικών οχημάτων, από βαν μέχρι πούλμαν και φορτηγά. Ξεκινώντας από την αγορά της Κίνας το 1988, έχει καταφέρει να εδραιωθεί σε 69 χώρες και πλέον εισέρχεται δυναμικά και στην αγορά των ηλεκτροκίνητων.

#### **1.4.4 Φόρτιση ηλεκτροκίνητων λεωφορείων**

Η συνεχώς αυξανόμενη χρήση ηλεκτρικών λεωφορείων έχει ωθήσει στην ανάπτυξη διαφορετικών τρόπων φόρτισης των μπαταριών λιθίου που διαθέτουν. Ο Sadeghian (2022) [3] περιγράφει ως πιο βασικό τρόπο την φόρτιση με πρίζα. Το λεωφορείο μέσω καλωδίου συνδέεται σε πρίζα σταθμού τριφασικής τάσης αντίστοιχα με τη φόρτιση ενός απλού ηλεκτρικού οχήματος. Ανάλογα με τη χωρητικότητα των μπαταριών η φόρτιση μπορεί να διαρκέσει από 0.5 έως 8 ώρες. Οι φορτιστές (plug-in) διακρίνονται σε απλής και γρήγορης φόρτισης με τους δεύτερους να καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια για την ταχεία επίτευξη 80% - 90% της πλήρους αυτονομίας σε μισή έως δύο ώρες. Παράλληλα οι φορτιστές αυτοί διακρίνονται σε αυτούς με εναλλασσόμενο συνεχές ρεύμα (Alternating Current – AC) και απευθείας συνεχές ρεύμα (Direct Current – DC). Οι AC φορτιστές μεταφέρουν την ενέργεια με τη μορφή που την απορροφούν από το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Η μετατροπή των 340 volt (V) του τριφασικού ρεύματος σε 12 V που είναι η δυνατότητα της μπαταρίας ενός πούλμαν γίνεται εντός του οχήματος. Στους φορτιστές DC η μετατροπή γίνεται στο σταθμό και στη συνέχεια τροφοδοτείται απευθείας στις μπαταρίες χωρίς κάποιο εμπόδιο. Αυτή η διαφορά καθιστά τους DC φορτιστές ταχύτερους και πλέον κοινούς για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων και πούλμαν. Η plug-in φόρτιση είναι ο μόνος διαθέσιμος τρόπος φόρτισης στην πλειοψηφία των ηλεκτρικών πούλμαν που κυκλοφορούν αυτή τη στιγμή. Αξίζει να αναφερθεί πως η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτούν οι φορτιστές αυτοί μπορεί να προέρχεται είτε από το δίκτυο ηλεκτροδότησης είτε από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή των υπόστεγων στάθμευσης των λεωφορείων ή διαφορετικά, αν το κεντρικό δίκτυο ηλεκτροδότησης βασίζεται σε ανανεώσιμες πηγές, η καταναλισκόμενη ενέργεια από τους φορτιστές είναι τελικά αρκετά «πράσινη». Υπάρχουν, ωστόσο, και άλλοι τύποι φόρτισης οι οποίοι είναι ευρέως διαδεδομένοι σε ηλεκτρικά αστικά λεωφορεία και υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής τους και στα λεωφορεία μεγάλων αποστάσεων.

Ο Zarbil και οι συνεργάτες (2022) [4] του μελέτησαν το σχεδιασμό παντογράφου για τη φόρτιση ηλεκτρικών λεωφορείων. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει μεταλλικές ράβδους που προσκολλώνται στην οροφή του οχήματος μεταφέροντας και φορτίζοντας με ηλεκτρικό ρεύμα τις μπαταρίες. Κατά την έρευνά τους παρατήρησαν, μάλιστα, πως με τον τρόπο αυτό τα οχήματα φορτίζουν πιο γρήγορα σε σύγκριση με τη σύνδεση με καλώδιο (plug-in).

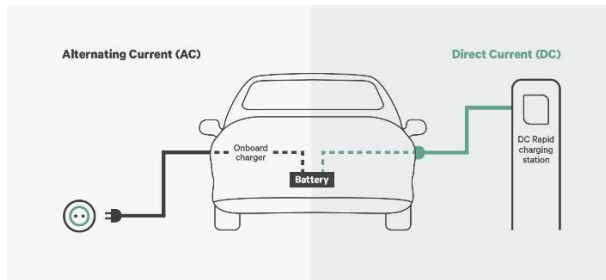
Μια άλλη μέθοδος φόρτισης είναι η επαγωγική κατά την οποία το όχημα σταθμεύει πάνω από μια πλατφόρμα και φορτίζει τον πομποδέκτη του μέσω ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Όπως συμπεραίνει ο Καρακίτσιος (2016) [5] η φόρτιση αυτή δεν απαιτεί καλωδίωση καθώς είναι πλήρως ασύρματη, αλλά μειονεκτεί από τις άλλες ως προς τη διάρκεια επίτευξης πλήρους φόρτισης.

Τα ηλιακά πάνελ στην οροφή του οχήματος αποτελούν έναν αποτελεσματικό τύπο φόρτισης, σύμφωνα με τον Chen (2022) [6]. Τα ηλιακά πάνελ μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και τη διοχετεύουν στις μπαταρίες του αμαξώματος, το οποίο τελικά φορτίζει εν κινήσει χωρίς να αδειάζουν πλήρως οι μπαταρίες. Η φόρτιση με αυτό τον τρόπο επιτρέπει την κυκλοφορία του οχήματος για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς ανάγκη στάθμευσης για φόρτιση. Όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα φόρτισης από τα πάνελ, λόγω συννεφιάς ή μετά τη δύση του ηλίου, το όχημα κυκλοφορεί με την αυτονομία των μπαταριών και μπορεί να τις επαναφορτίσει με πρίζα (plug-in) ως εφεδρικό σύστημα ανατροφοδότησης. Κατά τη διάρκεια της ημέρας και σε περιοχές με μεγάλες περιόδους ηλιοφάνειας το σύστημα αυτό αποδεικνύεται συμφέρον, ιδίως σε συνδυασμό με την κυκλοφορία άλλου τύπου ηλεκτρικά οχήματα (μεικτός στόλος). Παρόλο που κυκλοφορούν ορισμένα λεωφορεία με ηλιακά πάνελ, οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων δεν προτιμούν τα οχήματα αυτού του τύπου. Ενδεικτικά, στην Ευρώπη κυκλοφορεί ένα πούλμαν που φέρει ηλιακά πάνελ από τη Flixbus. Ο λόγος είναι ότι αυξάνεται σημαντικά το βάρος του οχήματος και κατά συνέπεια το κατασκευαστικό και λειτουργικό του κόστος, καθώς ουσιαστικά το όχημα είναι ένα plug-in με επιπρόσθετο το βάρος του φωτοβολταϊκού.

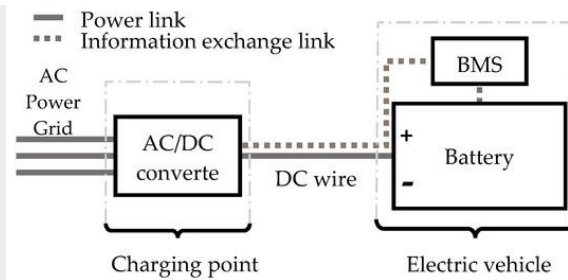
Η ανταλλαγή μπαταριών αποτελεί τον τελευταίο γνωστό τρόπο επαναφόρτισης ενός ηλεκτροκίνητου λεωφορείου. Όπως υποδεικνύει το όνομα, όταν ένα όχημα αποφορτιστεί, ανταλλάσσονται οι άδειες μπαταρίες του με άλλες πλήρως φορτισμένες. Σύμφωνα με την έρευνα του Ahmad (2020) [7], οι μπαταρίες πρέπει να αλλάζουν σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο στάθμευσης από εξειδικευμένο προσωπικό. Στη συνέχεια, οι άδειες μπαταρίες επαναφορτίζονται σε μηχανήμα τύπου plug-in και ενώ το όχημα δεν χρειάζεται να περιμένει αυτή τη διαδικασία. Το χρονικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι εμφανές, χρειάζεται όμως να ληφθεί υπόψη ότι έναντι ενός τυπικού plug-in συστήματος, απαιτείται επιπλέον τεχνικό προσωπικό και αριθμός μπαταριών τουλάχιστον διπλάσιος του στόλου ως εφεδρικές.

Η ευκαιριακή φόρτιση είναι η φόρτιση για περιορισμένο χρονικό διάστημα και οπουδήποτε υπάρχει δυνατότητα φόρτισης, χωρίς υποχρεωτικά να είναι απαραίτητη την εκάστοτε χρονική στιγμή. Το λεωφορείο φορτίζει με κάποιο από τους προαναφερθέντες τρόπους κάθε φορά που πραγματοποιεί στάση ή στάθμευση. Έτσι οι μπαταρίες του δεν αποφορτίζονται καθ' όλη τη διάρκεια κυκλοφορίας του στο οδικό δίκτυο και επομένως δεν υπάρχει ανάγκη για στάθμευση του οχήματος για μεγάλα χρονικά διαστήματα δύο και τεσσάρων ωρών. Ο Meishner (2020) [8] ανέλυσε τα αποτελέσματα του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος Eliptic συγκρίνοντας την

ευκαιριακή φόρτιση με αυτή που γίνεται όταν είναι απαραίτητη. Κατέληξε στο συμπέρασμα πως το χρονικό πλεονέκτημα της ευκαιριακής φόρτισης είναι αρκετά σημαντικό, με ένα όμως πολύ μεγάλο μειονέκτημα. Η υγεία των μπαταριών λιθίου επιβαρύνεται από τη διαρκή επαναφόρτιση μειώνοντας τον κύκλο ζωής τους αρκετά. Αυξάνεται, δηλαδή, το συνολικό κόστος συντήρησης του ηλεκτρικού οχήματος και απαιτείται περαιτέρω έρευνα από τους ενδιαφερόμενους για το ενδεχόμενο αποπληρωμής του επιπλέον κόστους από τυχόν πρόσθετα έσοδα που εμπίπτουν από το χρονικό πλεονέκτημα.



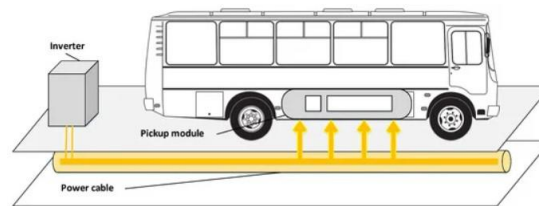
Εικόνα 8 - Φόρτιση plug-in και διαφορά τύπων AC/DC



Εικόνα 9 - Μετατροπή AC/DC



Εικόνα 10 - Φόρτιση pantograph



Εικόνα 11 - Φόρτιση επαγωγική

### 1.4.5 Η επόμενη γενιά ηλεκτρικών λεωφορείων

Η ηλεκτροκίνηση στα οχήματα μεγάλου κυβισμού, όπως τα λεωφορεία μεγάλων αποστάσεων, γίνεται ολοένα και πιο διαδεδομένη σε δημόσιες και ιδιωτικές επιχειρήσεις. Η απόδοση, ωστόσο, των ηλεκτρικών οχημάτων δεν είναι ακόμη ταυτόσημη με αυτή των συμβατικών οχημάτων εσωτερικής καύσης. Το βασικό μειονέκτημα των ηλεκτρικών πούλμαν είναι οι μπαταρίες λιθίου. Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται ολοένα περισσότερες έρευνες προσπαθώντας να βελτιώσουν τη χωρητικότητα και τον κύκλο ζωής των μπαταριών. Η αυτονομία τους έχει παραταθεί στα 400 χιλιόμετρα μετά από μια πλήρη φόρτιση, όμως και πάλι υπάρχει μεγάλο περιθώριο βελτίωσης καθώς ακόμα και με σύγχρονους φορτιστές, απαιτείται ένα εύλογο χρονικό διάστημα ανατροφοδότησης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η διάρκεια φόρτισης, όπως θα δούμε παρακάτω, αποτελεί λειτουργικό κόστος για ένα λεωφορείο, ιδίως όταν αναφερόμαστε σε πούλμαν που διανύει περισσότερα χιλιόμετρα και μπορεί να χρειαστεί φόρτιση στο ενδιάμεσο

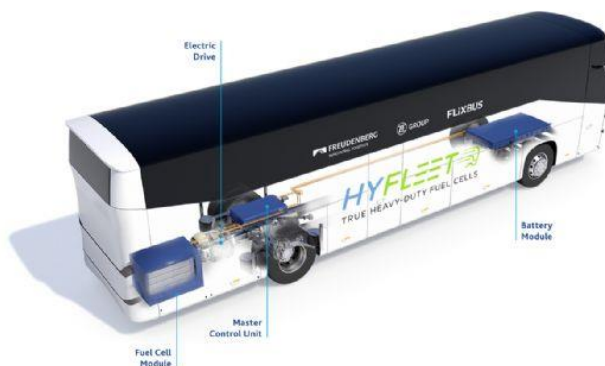


μιας διαδρομής. Οι επιστήμονες, λοιπόν, σχεδίασαν ένα νέο τύπο ηλεκτρικού πούλμαν που, αντί των μπαταριών, λειτουργεί με υδρογόνο (fuel cell).

Το υδρογόνο είναι προϊόν επεξεργασίας του φυσικού αερίου με ατμό και η παραγωγή του είναι αρκετά οικονομική. Πολύ πρόσφατα και στη χώρα μας έγινε λόγος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από υγρό υδρογόνο (LNG – Liquid Nitrogen Gas). Εκτός από τη ρυπογόνα αυτή επεξεργασία, το υδρογόνο μπορεί πλέον να παραχθεί από την ηλεκτρόλυση του νερού, που αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Αυτή είναι και η προτιμότερη εφαρμογή όταν αναφερόμαστε σε ένα μέλλον φιλικό προς το περιβάλλον.

Τα ηλεκτρικά πούλμαν είναι εφοδιασμένα με αποθήκη για το υδρογόνο που προμηθεύονται από το σταθμό. Όπως περιγράφει ο Ajanovic (2021) [9], το υδρογόνο αντιδρά χημικά με το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα κατά την κίνηση του οχήματος και παράγει θερμότητα και νερό. Η θερμότητα στη συνέχεια μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια στους τροχούς και το νερό απελευθερώνεται την ατμόσφαιρα σε μορφή υδρατμών, ενώ παράλληλα οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι μηδενικές. Βασικό πλεονέκτημα του υδρογόνου είναι η μεγάλη αυτονομία που προσφέρει, αποδίδοντας έως και 650 χιλιόμετρα με ένα ντεπόζιτο έναντι των 400 χιλιομέτρων στα ηλεκτρικά μπαταρίας. Το κόστος ενός τέτοιου λεωφορείου, ωστόσο, είναι ακόμη αρκετά μεγάλο καθώς η τεχνολογία αυτή είναι αρκετά καινούρια. Ενδεικτικά, στον κόσμο κυκλοφορούν μόλις 2000 πούλμαν υδρογόνου εκ των οποίων τα περισσότερα στην Κίνα, έναντι των 900.000 λεωφορείων που κυκλοφορούν μόνο στην Ευρώπη.

Οι τελευταίες μελέτες έχουν δείξει πολύ συμφέρουσες μακροχρόνιες διαφορές υπέρ των οχημάτων υδρογόνου όταν πρόκειται για διάνυση μεγάλων αποστάσεων και οι βιομηχανίες παραγωγής λεωφορείων εκφράζουν μια προτίμηση προς αυτά. Στη Γαλλία, την τελευταία δεκαετία, γίνονται πολύ μεγάλες προσπάθειες εξέλιξης του εγχειρήματος κίνησης με υδρογόνο και σκοπεύουν να διευρύνουν τη χρήση τέτοιων οχημάτων σε όλη τη χώρα. Η μεγάλη εταιρία Flixbus, επιπλέον, έχει ήδη ανακοινώσει την ενσωμάτωση fuel cell πούλμαν στο στόλο της έως το 2024 και υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις αποκλειστικής χρήσης τους έναντι των ηλεκτρικών.



Εικόνα 12 - Λεωφορείο υδρογόνου

### **1.5 Σκοπός διπλωματικής εργασίας**

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η αντικατάσταση του στόλου των ΚΤΕΛ Ν. Αττικής με ηλεκτρικά λεωφορεία μεγάλων αποστάσεων, η ανάλυση του λειτουργικού κόστους αυτής της κίνησης και το επιβατικό κόστος που θα επιφέρει.

Ο όρος λειτουργικό κόστος αναφέρεται στο καθαρό συνολικό κόστος που επιβαρύνει την επιχείρηση όσον αφορά τα έσοδα, τα πάγια έξοδα της και το μεταβαλλόμενο κόστος της πηγής που παρέχει ενέργεια στα οχήματα. Ως επιβατικό κόστος ορίζεται η τιμή του εισιτηρίου και το έμμεσο κόστος του χρόνου που διαθέτει ο επιβάτης για τη μετακίνησή του.

Για την έρευνα θα εφαρμοστεί μοντέλο συνεχούς προσέγγισης, μια μέθοδος ιδιαίτερα αποτελεσματική σε προβλήματα μεταφορών. Η μελέτη θα πραγματοποιηθεί στο έτος – στόχο 2030 και θα διερευνηθεί ποιο είναι το βέλτιστο σενάριο πρόβλεψης της επιβατικής κίνησης και της δομής του στόλου ώστε να επιτευχθεί ο πιο συμφέρον συνδυασμός κερδών της επιχείρησης και επιβατικού κόστους.

### **1.6 Δομή διπλωματικής εργασίας**

Κεφάλαιο 1: Γίνεται μια εισαγωγή στις μεταφορές με λεωφορεία μεγάλων αποστάσεων και στο έργο που προσφέρει η εταιρία ΚΤΕΛ Ν. Αττικής. Αναλύεται η επιρροή του πετρελαίου στις μετακινήσεις και η αντικατάστασή του από την ηλεκτρική ενέργεια. Γίνεται ενημέρωση για τα ηλεκτρικά πούλμαν και τη φόρτισή τους αλλά και για τα νέα πούλμαν που θα κατασκευαστούν στο μέλλον.

Κεφάλαιο 2: Γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση και έρευνα σε υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με τα μοντέλα συνεχούς προσέγγισης και παρατίθενται παραδείγματα εφαρμογών τους στον τομέα των μεταφορών.

Κεφάλαιο 3: Παρουσιάζεται η υφιστάμενη εικόνα των ΚΤΕΛ Ν. Αττικής και γίνεται επεξεργασία των δεδομένων που παραχωρήθηκαν από την εταιρία. Επιπλέον, παρουσιάζονται όλα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από άλλες πηγές και στη συνέχεια υπέστησαν επεξεργασία.

Κεφάλαιο 4: Παρουσιάζεται το μοντέλο που δημιουργήθηκε για να περιγράψει τη λειτουργία των ΚΤΕΛ, καθώς και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη συνέχεια.

Κεφάλαιο 5: Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου και της επεξεργασίας των δεδομένων.

Κεφάλαιο 6: Στο τελευταίο κεφάλαιο γίνεται συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων και περιγράφονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την έρευνα. Προτείνονται ιδέες για περαιτέρω έρευνα και εξέλιξη επί του αντικειμένου.

## 2. Μοντέλα συνεχούς προσέγγισης – Continuous approximation models

Εταιρίες στον τομέα της αεροπορίας, της ναυσιπλοΐας, των μέσων σταθερής τροχιάς αλλά και επιβατικών τροχοφόρων οχημάτων, όπως τα ΚΤΕΛ, καλούνται να επεξεργαστούν διαδρομές, προγράμματα και δρομολόγια για την βελτιστοποίηση της παρεχόμενης υπηρεσίας τους. Οι επιχειρήσεις αυτές, που δραστηριοποιούνται είτε στον ιδιωτικό είτε στο δημόσιο τομέα των μεταφορών, χρειάζονται μαθηματικά μοντέλα για τη διαχείριση του στόλου τους. Με τη βοήθεια αυτών των μεθόδων, οι υπεύθυνοι προσαρμόζουν τη συνολική πορεία της εταιρίας τους για την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών τους. Σε επιχειρησιακό πλαίσιο έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα και μέθοδοι η πλειοψηφία των οποίων, όμως, υπεραπλουστεύει την προσομοίωση προσφοράς και ζήτησης εφαρμόζοντας παραδοχές απλοϊκές σε διόλου απλά ζητήματα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις διάφορες πτυχές των μεταφορών διακλαδώνονται και επαναπροσδιορίζουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες παρέχεται η μεταφορική υπηρεσία.

Ο Daganzo (2012) [10] μέσα από την έρευνά του επισήμανε τη χρησιμότητα λίγων μεταβλητών για την περιγραφή σύνθετων συστημάτων. Αν αυτές οι μεταβλητές συνδυαστούν κατάλληλα μπορούν να δώσουν καλύτερες ενδείξεις της λειτουργικότητας ενός μεταφορικού συστήματος αντί για πιο σύνθετα μοντέλα που εστιάζουν σε λεπτομερή χαρακτηριστικά. Οι λιγότερες μεταβλητές απαιτούν λιγότερα δεδομένα και υπολογιστική δύναμη. Τα μοντέλα αυτά αποδεικνύονται τελικά πιο επαρκή σε υπηρεσίες αστικών συγκοινωνιών αλλά και logistics.

Η συνεχής προσέγγιση αποτελεί μία αποτελεσματική και συντηρητική μέθοδο αντιμετώπισης σύνθετων προβλημάτων στις μεταφορές, όπως έχει αναφέρει ο Daganzo (2007) [11]. Τα μοντέλα συνεχούς προσέγγισης αντικατοπτρίζουν πραγματικά συστήματα μεταφορών ως μία σειρά συνεχών μεταβλητών και λειτουργιών αντί για ανεξάρτητες οντότητες. Χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και πρόβλεψη της εξέλιξης μεταφορικών συστημάτων σε βάθος χρόνου ώστε να σχεδιαστούν και να βελτιστοποιηθούν διάφορα μεταφορικά δίκτυα. Ο Daganzo θεωρεί πως αν τα μοντέλα συνεχούς προσέγγισης συνδυαστούν με άλλες μεθόδους, όπως η προσομοίωση μικρής κλίμακας, μπορεί να υπάρξει ακόμη καλύτερη κατανόηση της κίνησης σε αστικές περιοχές. Υπάρχουν διάφορων τύπων μοντέλα συνεχούς προσέγγισης στις μεταφορές, όπως μοντέλα ανάθεσης δυναμικών μεταφορών, μοντέλα συστημάτων ροής και μοντέλα συνέχειας.

Τα πρώτα αναπαριστούν τη ροή οχημάτων στο οδικό δίκτυο ως μια συνεχόμενη ανάμειξη χρόνου και χώρου και χρησιμεύουν στην πρόβλεψη των προτύπων κίνησης και συμφόρησης. Σύμφωνα με τους Treiber και Kesting (2013) [12], ένα μοντέλο εξισώσεων εξαρτημένων μεταβλητών (Cell Transmission Model) μπορεί να περιγράψει τη μεταφορική κίνηση σε αυτοκινητόδρομους χωρίζοντάς τους σε τμήματα (cells) και συνδυάζει τη μεταφορική συμπεριφορά μεταξύ των τμημάτων. Με αυτό τον τρόπο αξιολογείται η επιρροή διαφορετικών μεταφορικών τακτικών στη μεταφορική κίνηση και τη συμφόρηση.

Τα μοντέλα συστημάτων ροής δείχνουν την κίνηση οχημάτων και επιβατών μέσα σε ένα μεταφορικό δίκτυο ως μια συνεχόμενη ακολουθία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βελτιστοποίηση της κατανομής μέσα στο δίκτυο (Chang και Schonfeld, 1991 [13]). Κατά την επίλυση χρησιμοποιούνται συνήθως εξισώσεις με εξαρτημένες μεταβλητές (PDEs) για να περιγράψουν την κίνηση συνδυάζοντας μια άγνωστη λειτουργία με σεβασμό στις περιβάλλουσες συνθήκες. Η πιο γνωστή εξίσωση PDE σε μοντελοποίηση μεταφορικού συστήματος είναι των

Lighthill-Whitham (1955) [14], η οποία παρουσιάζει τη μεταφορική κίνηση ως αλληλεπίδραση της πυκνότητας των οχημάτων και της ταχύτητας. Έκτοτε έχει χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την κίνηση οχημάτων σε αυτοκινητόδρομους, αστικές οδούς και άλλα συστήματα μεταφορών με πιο συχνή τη χρήση της για τον υπολογισμό της διάρκειας φωτεινών σηματοδοτών. Βασίζόμενοι στο ίδιο σύστημα, οι Aw και Rascle (2000) [15] εξέλιξαν το μοντέλο τους προσθέτοντας ως παράμετρο τις αντιδράσεις των οδηγών όταν ακολουθούν άλλα οχήματα. Συμπεριέλαβαν τη συμπεριφορά των οδηγών, όπως ο χρόνος αντίδρασης και η επιθυμητή τους ταχύτητα κίνησης. Συχνά το μοντέλο περιγράφει την μεταφορική ικανότητα σε διασταυρώσεις και κατά την αλλαγή ταχυτήτων.

Τα μοντέλα συνέχειας αντικατοπτρίζουν την κίνηση των οχημάτων ή των πεζών σε ένα μεταφορικό δίκτυο ως μια συνεχή μάζα ώστε να αναλύσουν τη μετακίνηση μεγάλων αριθμών ατόμων ή οχημάτων. Ο Daganzo (2007) [11] στην εργασία του αναφέρει πως η μέθοδος συνεχούς προσέγγισης μπορεί να εφαρμοστεί σε «καταστάσεις όπου ένας μεγάλος αριθμός πελατών  $N$  διανέμονται στην εκάστοτε περιοχή σε μια μορφή που μπορεί να περιγραφεί από μία συνάρτηση συνεχούς πυκνότητας με αργή μεταβολή». Ο Gipps (1981) [16] χρησιμοποίησε τέτοια μοντέλα για να περιγράψει το φαινόμενο κίνησης των οδηγών με σταθερή ταχύτητα όταν βρεθούν σε συμφόρηση. Η μεταφορική κίνηση παρουσιάζεται σαν κύμα με ανοδική διάδοση για την περιγραφή της μεταφορικής ροής σε αστικά περιβάλλοντα με τη μέθοδο Macroscopic Fundamental Diagram (MFD).

Ο Ellegood (2015) [17] βελτιστοποιεί τη δρομολόγηση σχολικών λεωφορείων όταν αυτά εξυπηρετούν περισσότερα του ενός σχολεία. Αναλόγως των αστικών συγκοινωνιών, ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε μέθοδο συνεχούς προσέγγισης ώστε να προσομοιώσει τις πολλαπλές στάσεις ενός σχολικού λεωφορείου εστιάζοντας όχι στη ζήτηση των επιβαινόντων αλλά στη ζήτηση στάσεων. Συμπέρανε ότι η μέθοδος είναι επιτυχής με τη χρήση πολύ λίγων δεδομένων.

Οι χερσαίες μετακινήσεις δεν είναι ο μόνος χώρος χρήσης των μοντέλων συνεχούς προσέγγισης. Στις θαλάσσιες μετακινήσεις οι μέθοδοι συνεχούς προσέγγισης χρησιμοποιούνται για τη βελτιστοποίηση της κίνησης σε περιοχές συνωστισμού για την αποφυγή ατυχημάτων. Ο Montewka (2010) [18] μελέτησε την ταχύτητα και την απόσταση που πρέπει να διατηρεί ένα πλοίο από τα άλλα κοντά σε λιμάνι και την πιθανότητα μεταξύ τους σύγκρουσης. Ο Liu (2016) [19] χρησιμοποίησε το μοντέλο Ship Domain για να υπολογίσει την ικανότητα ενός πλοίου να ελιχθεί μέσα σε ένα λιμάνι και την έκταση που θα χρειαστεί να καταλάβει. Συνεχή προσέγγιση, όμως, χρησιμοποιεί και ο Μητρόπουλος (2022) [20] για να βελτιστοποιήσει τα δρομολόγια των επιβατικών πλοίων στις ακτογραμμές του Αιγαίου πελάγους στην Ελλάδα.

Τα μοντέλα συνεχούς προσέγγισης χρησιμοποιούνται συχνά σε συνδυασμό με άλλα εργαλεία και μεθόδους ανάλυσης, όπως η βελτιστοποίηση αλγορίθμων και η προσομοίωση για την ανάλυση και τον σχεδιασμό μεταφορικών συστημάτων. Είναι χρήσιμα για την κατανόηση σύνθετων δυναμικών μεταφορικών συστημάτων και την αναγνώριση τρόπων βελτίωσης της αποτελεσματικότητας, της ασφάλειας και της πρόσβασης σε αυτά.

### 3. Συλλογή δεδομένων και επεξεργασία

#### 3.1 Δρομολόγια ΚΤΕΛ Ν. Αττικής

Τα ΚΤΕΛ Ν.ΑΤΤΙΚΗΣ έχουν τρεις διαφορετικούς τύπους αφετηρίας αναλόγως προορισμού. Ξεκινούν από το σταθμό Μετρό Νομισματοκοπείο με προορισμό το κέντρο της Ραφήνας, το λιμάνι της και την Αγία Μαρίνα με τις ενδιάμεσες στάσεις σε Μαραθώνα, Νέα Μάκρη και λοιπούς οικισμούς, καλύπτοντας μετακινήσεις στον βορειοανατολικό τομέα του νομού. Το Νομισματοκοπείο είναι αφετηρία και για μετακινήσεις στα Μεσόγεια με τελικό προορισμό το Λαύριο. Το Πεδίο του Άρεως αποτελεί αφετηρία για τα δρομολόγια που καλύπτουν τα βόρεια προάστια της Αττικής με τερματικούς σταθμούς τον Ωρωπό και το Δήλεσι και τους ενδιάμεσους οικισμούς. Τέλος, στο Θησείο ξεκινούν λεωφορεία της εταιρίας για Μέγαρα, Βίλια και Ερυθρές στα δυτικά.

Τα δρομολόγια των λεωφορείων είναι αναρτημένα στην επίσημη ιστοσελίδα των ΚΤΕΛ Αττικής [21] και παραμένουν ίδια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στη συνέχεια της έρευνας κρίθηκε απαραίτητη η καταγραφή των συνολικών δρομολογίων που εκτελούνται κατά τη διάρκεια της εβδομάδας για τον υπολογισμό των καυσίμων που καταναλώνονται καθώς και για τα εισιτήρια που εισπράττει η εταιρία.

Πίνακας 3.1: Δρομολόγια ΚΤΕΛ Ν. Αττικής ανά εβδομάδα [21]

Προορισμός / Ημέρα	Δευτέρα-Παρασκευή	Σάββατο	Κυριακή
<b>Ραφήνα-Νέα Μάκρη</b>	17	17	17
<b>Ωρωπός</b>	8	7	7
<b>Άγιοι Απόστολοι-Κάλαμος</b>	8	7	7
<b>Σούνιο(Μεσόγεια)</b>	12	11	11
<b>Σούνιο(Παραλιακός)</b>	2	2	2
<b>Μέγαρα-Νέα Πέραμος</b>	19	13	10
<b>Βίλια-Ερυθρές</b>	2	2	2

Τα δρομολόγια των ΚΤΕΛ δεν έχουν μεγάλη αριθμητική διαφορά μεταξύ εργασιμων ημερών και σαββατοκύριακου καθώς οι επιβάτες παρατηρείται πως είναι κυρίως μόνιμοι κάτοικοι των τερματικών και ενδιάμεσων περιοχών. Η πιο σημαντική διαφορά παρατηρείται στα δρομολόγια Αθήνα – Μέγαρα, όπου τα λεωφορεία διέρχονται από αρκετές περιοχές βιομηχανικού χαρακτήρα με ιδιαίτερος μεγάλο αριθμό εργαζομένων.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, επίσης, είναι οι αποστάσεις που διανύουν τα οχήματα κατά τη διάρκεια μιας διαδρομής καθώς μας απασχολεί και η κατανάλωση καυσίμου ανά διανυόμενο χιλιόμετρο. Οι αποστάσεις υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του εργαλείου γεωγραφικής απεικόνισης Google Maps [22] με λεπτομερή προβολή της εκάστοτε λεωφορειακής γραμμής.

Πίνακας 3.2: Υφιστάμενες λεωφορειακές γραμμές ΚΤΕΛ και αποστάσεις [21],[22]

ΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ km	ΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ km
<b>Στ. Νομισματοκοπείο</b>	-	<b>Στ. Νομισματοκοπείο</b>	-
<b>Παλλήνη</b>	5.76	<b>Κορωπί</b>	15.92
<b>Πικέρμι</b>	6.5	<b>Μαρκόπουλο</b>	5.89
<b>Ραφήνα</b>	6.45	<b>Πόρτο Ράφτη</b>	6.45
<b>Άγιος Νικόλαος</b>	6.1	<b>Καλύβια</b>	10.93
<b>Νέα Μάκρη</b>	2.86	<b>Κουβαράς</b>	4.85
<b>Ανατολή</b>	1.54	<b>Κερατέα</b>	3.6
<b>Μαραθώνας</b>	7.63	<b>Πλάκα</b>	6.44
<b>Γραμματικό</b>	6.84	<b>Ανάβυσσος</b>	10.3
<b>Κάτω Σούλι</b>	10.82	<b>Λαύριο</b>	11.23
<b>Αγία Μαρίνα</b>	7.1	<b>Σούνιο</b>	8.32

ΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ km	ΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ km	ΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ km
<b>Πεδίο Άρεως</b>	-	<b>Πεδίο Άρεως</b>	-	<b>Πεδίο Άρεως</b>	-
<b>Μαλακάσα</b>	37.2	<b>120 ενομένα εργ.</b>	17.62	<b>Έξοδος Βάρκιζας</b>	23.36
<b>Μήλεσι</b>	5.02	<b>Κιούρκα</b>	10.5	<b>Αγία Μαρίνα</b>	5.63
<b>Πόντιοι</b>	3.27	<b>Καπανδρίτι</b>	4.1	<b>Άγιος Δημήτριος</b>	2.64
<b>Μαρκόπουλο</b>	6.98	<b>Βαρνάβας</b>	4.7	<b>Λαγονήσι</b>	3.79
<b>Σκάλα Ωρωπού</b>	6	<b>Κάλαμος</b>	12.67	<b>Σαρωνίδα</b>	4.4
<b>Χαλκούτσι</b>	4.85	<b>Άγιοι Απόστολοι</b>	6.1	<b>Ανάβυσσος</b>	3.91
<b>Συκάμνο</b>	4.3	<b>Λεμονιές</b>	3.6	<b>Θυμάρι</b>	5.1
<b>Δήλεσι</b>	7.97	<b>Βλαστός</b>	2.16	<b>Λεγρενά</b>	8.3
				<b>Σούνιο</b>	2.7

ΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ km	ΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ km
<b>Θησείο</b>	-	<b>Θησείο</b>	-
<b>Οβιδουργείο</b>	15.2	<b>Μπλόκο</b>	20.81
<b>Σκάλα</b>	2.66	<b>Άγιος Σωτήρας</b>	11.49
<b>Ελευσίνα</b>	2	<b>Παλαιοχώρι</b>	2.47
<b>Μπλόκο</b>	1.96	<b>Καραούλι</b>	2.36
<b>Λουτρόπυργος</b>	6.34	<b>Οινόη</b>	4.78
<b>Νεράκι</b>	3.52	<b>Κάζα</b>	3.51
<b>Μεγάλο Πεύκο</b>	1.24	<b>Βίλια</b>	4.43
<b>Μέγαρα</b>	8.54	<b>Πόρτο Γερμενό</b>	14.24
<b>Αλεποχώρι</b>	19.92		
<b>Κινέτα</b>	14.86		

Η εταιρία πραγματοποιεί συνολικά 66 στάσεις κατά μήκος του δικτύου δράσης της και κατά μέσο όρο 9 στάσεις σε κάθε γραμμή.

Η μέση απόσταση που διανύει ένα πούλμαν μεταξύ δύο συνεχόμενων στάσεων προκύπτει στα 7,61 χιλιόμετρα.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παραχωρήθηκαν από την εταιρία, ο στόλος αποτελείται από 136 οχήματα χωρητικότητας 50 επιβατών το καθένα.

### 3.2 Ανάλυση επιβατικής κίνησης

Τα ΚΤΕΛ Αττικής διατηρούν μονοπώλιο στις μετακινήσεις που γίνονται με λεωφορεία εντός του νομού Αττικής και συνδέουν τα απομακρυσμένα από το κέντρο προάστια. Τα αστικά λεωφορεία του ΟΑΣΑ δεν επεκτείνονται μέχρι τα πέρατα του νομού, ενώ δεν υπάρχουν άλλες εταιρίες μετακίνησης πληθυσμού με λεωφορεία. Ο ηλεκτρικός σιδηρόδρομος δεν εξυπηρετεί τις προς μελέτη περιοχές, ενώ το μετρό και ο προαστιακός σιδηρόδρομος πραγματοποιούν περιορισμένες στάσεις σε απομακρυσμένα σημεία εκτός των κατοικημένων ιστών.

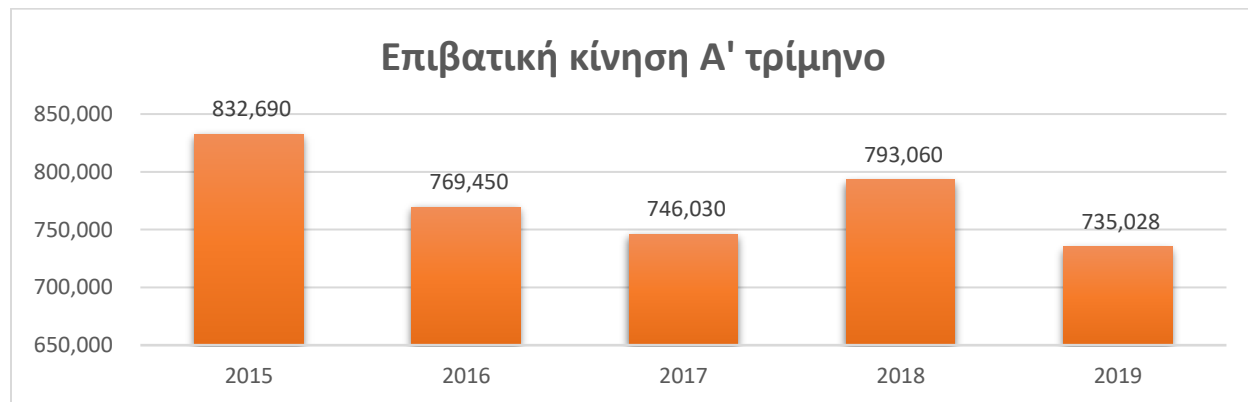
Για την πληρότητα της μελέτης έγινε αίτημα παροχής δεδομένων επιβατικής κίνησης κατά τη χρονική περίοδο 2015-2019. Ο λόγος που θεωρήθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν οι συγκεκριμένες χρονιές είναι γιατί η χώρα έχει ανακάμψει από την οικονομική κρίση του 2010 και οι μετακινήσεις για λόγους εργασίας έχουν επέλθει σε ισορροπία. Δεν συμπεριλήφθηκαν δεδομένα της περιόδου 2020-2022 καθώς το ξέσπασμα της πανδημίας Covid-19 οδήγησε σε αναστολή όλων των τύπων εργασιών και μετακινήσεων σε απόσταση 2 χιλιομέτρων από τη

μόνιμη κατοικία. Τα εκτεταμένα lockdown που τέθηκαν σε εφαρμογή από την κυβέρνηση της χώρας την περίοδο αυτή επηρέασαν σε πολύ μεγάλο βαθμό – έως και ολοκληρωτικά – τη λειτουργία της εταιρίας ΚΤΕΛ Ν. Αττικής. Από τις αρχές του 2022 οι μετακινήσεις έχουν επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα, όμως τα δεδομένα μιας μόνο χρονιάς δεν καλύπτουν της ανάγκες της έρευνας. Συμπερασματικά, τα δεδομένα των μετακινήσεων αυτής της περιόδου θα έδιναν ψευδή αποτελέσματα στην έρευνα καθώς απαιτείται ενδεικτικό δείγμα συνεχόμενων ετών ομαλής λειτουργίας για να προβλεφθούν μελλοντικές μετακινήσεις υπό συνήθεις συνθήκες.

Η μορφή των δεδομένων, που παραχωρήθηκαν, ήταν σε υπολογιστικά φύλλα excel τα οποία ήταν μορφοποιημένα ώστε να περιέχουν τους συνολικούς αριθμούς επιβατών για κάθε τρίμηνο. Ύστερα από αποδελτίωση που έγινε στα δεδομένα, έγιναν νέοι πίνακες που υποδεικνύουν τους επιβάτες για κάθε γραμμή εξυπηρέτησης με βάση τον αριθμό των μόνιμων κατοίκων κάθε περιοχής όπως ανακοινώθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ [23] το Δεκέμβριο του 2022 μετά από την επίσημη «Απογραφή 2021».

Στη συνέχεια, έγινε μια επεξεργασία των δεδομένων αυτών ώστε να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα για τις μεταβολές των μετακινήσεων ανά τρίμηνο. Η παραπάνω επεξεργασία γίνεται με σκοπό τη χρήση των δεικτών και των συμπερασμάτων που θα προκύψουν στη μελέτη των σεναρίων για τη μετάβαση του στόλου οχημάτων εσωτερικής καύσης σε ηλεκτρικά οχήματα.

Παρακάτω γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των δεδομένων σε γραφήματα για εύκολη κατανόηση και εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα παρακάτω διαγράμματα έχουν προέλθει από τον αριθμό των συνολικών επιβατών που χρησιμοποίησαν ΚΤΕΛ. Αφορούν την επιβατική κίνηση όπως καταγράφηκε σε αριθμό εισιτηρίων, όπως παραχωρήθηκαν από την εταιρία. Η καταγραφή έχει γίνει ανά τρίμηνο και στα διαγράμματα περιέχονται δεδομένα από κάθε χρονιά της περιόδου 2015-2019. Το τελευταίο διάγραμμα αφορά τη συνολική επιβατική κίνηση ανά έτος.



Σχήμα 3.1: Αριθμός επιβατών ανά έτος για το Α' τρίμηνο

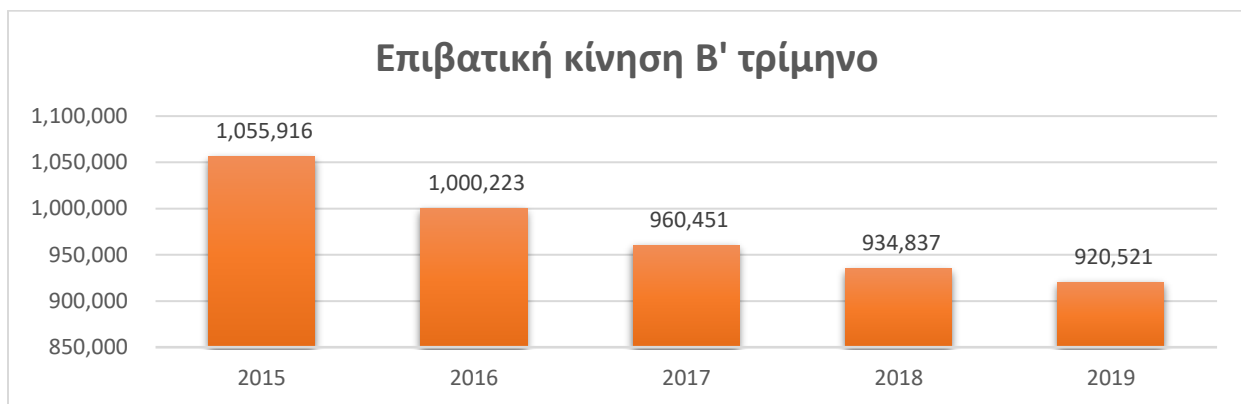
Αναλύοντας τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι υπάρχει μία φθίνουσα πορεία από το 2015 έως το 2017. Για δύο χρόνια, δηλαδή, το πρώτο τρίμηνο είχε πτωτική τάση επιβατικής κίνησης σε σχέση με το πρώτο τρίμηνο της προηγούμενης χρονιάς με ποσοστό μείωσης 8% για το 2016 και 3% για το 2017. Η πτώση, κυρίως του 2016, οφείλεται πιθανώς στην ανάκαμψη της οικονομίας και την αύξηση στις πωλήσεις ιδιωτικών αυτοκινήτων που επέτρεψαν στους κατοίκους να μετακινούνται με άλλο τρόπο. Στη συνέχεια παρατηρείται μία αύξηση των μετακινούμενων με ΚΤΕΛ της τάξεως



του 6% το 2018 και μια εκ νέου πτώση το 2019 κατά 7%. Οι έντονες αυξομειώσεις κατά το Α' τρίμηνο είναι πιθανό να συνδέονται και με τις καιρικές συνθήκες, καθώς στην Ελλάδα κατά την περίοδο του χειμώνα οι εργαζόμενοι επιλέγουν συχνά την ιδιωτική μετακίνηση για να αποφύγουν τις καθυστερήσεις και τη δυσφορία που μπορεί να τους προκαλέσουν οι χαμηλές θερμοκρασίες και οι δυσμενείς συνθήκες.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΕΠΙΒΑΤΩΝ Α' ΤΡΙΜΗΝΟ					
ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
ΜΕΤΑΒΟΛΗ	-	-8%	-3%	6%	-7%

Ακολουθούν παρακάτω τα σχήματα με την επιβατική κίνηση για το Β' εξάμηνο.

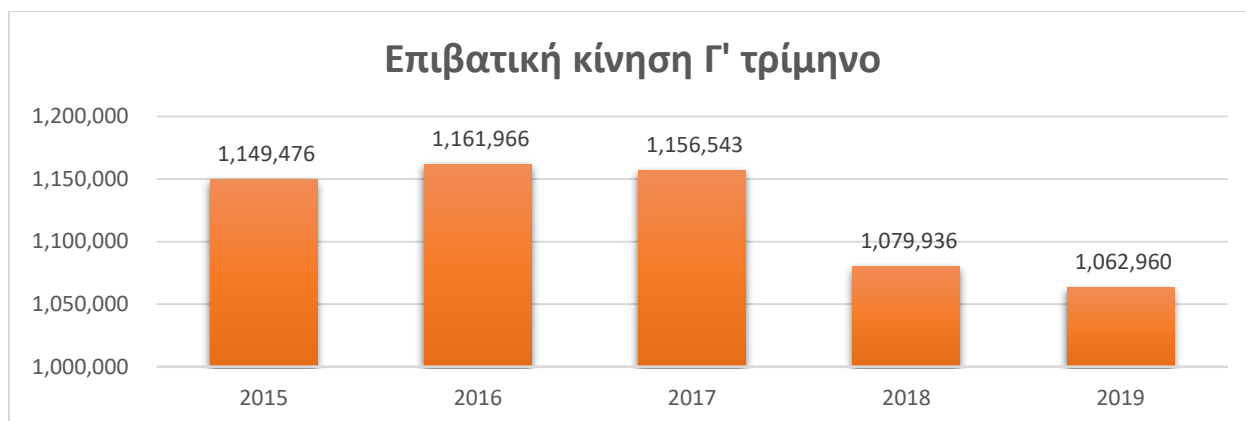


Σχήμα 3.2: Αριθμός επιβατών ανά έτος για το Β' τρίμηνο

Το Β' τρίμηνο ακολουθεί μια πιο ομαλή πορεία σε σχέση με την επιβατική κίνηση καθώς συμπεραίνεται μια διαρκής πτώση στον αριθμό των επιβατών. Το 2016 η πτωτική τάση είναι έντονη με μείωση κατά 5% και ακολουθεί μια περαιτέρω πτώση κατά 4% το 2017. Τις χρονιές 2018 και 2019 φαίνεται μια τάση προς σταθεροποίηση με μείωση των επιβαινόντων κατά 3% και 2% αντιστοίχως.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΕΠΙΒΑΤΩΝ Β' ΤΡΙΜΗΝΟ					
ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
ΜΕΤΑΒΟΛΗ	-	-5%	-4%	-3%	-2%

Ακολουθούν τα σχήματα όπου φαίνεται η μεταβολή στη ζήτηση για το Γ' τρίμηνο.



Σχήμα 3.3: Αριθμός επιβατών ανά έτος για το Γ' τρίμηνο

Η επιβατική κίνηση το Γ' τρίμηνο παρουσιάζει μια διαφορετική εικόνα. Το 2016 και το 2017 επικυρώθηκαν περισσότερα εισιτήρια σε σχέση με το 2015, με διαφοροποίηση του 1% το 2016 και σταθεροποίηση κίνησης το 2017, ενώ η συνολική πτωτική τάση συνεχίζεται. Το 2018 υπήρξε σημαντική πτώση κατά 7% και μια ακόμη μικρή μείωση το 2019 της τάξης του 2%. Γενικά οι απόλυτοι αριθμοί των επιβατών κατά το Γ' τρίμηνο είναι αυξημένοι συγκριτικά με τα τρίμηνα της ίδιας χρονιάς, όπως ήταν αναμενόμενο, καθώς οι γραμμές των ΚΤΕΛ καταλήγουν σε παραθαλάσσιους προορισμούς που προτιμώνται κατά τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες. Υπάρχει, δηλαδή, μια εποχική αύξηση στον αριθμό των εισιτηρίων και στο Β' και στο Γ' τρίμηνο κατά 200.000 εισιτήρια.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΕΠΙΒΑΤΩΝ Γ' ΤΡΙΜΗΝΟ					
ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
ΜΕΤΑΒΟΛΗ	-	1%	0%	-7%	-2%

Παρακάτω παρουσιάζεται και η ζήτηση για το δ' τρίμηνο της χρονικής περιόδου 2015-2019.



Σχήμα 3.4: Αριθμός επιβατών ανά έτος για το Δ' τρίμηνο

Οι μετακινήσεις κατά το τελευταίο τρίμηνο της περιόδου παρουσιάζουν μια εντελώς διαφορετική κατάσταση. Το 2016 υπάρχει σημαντική αύξηση στη ζήτηση κατά 5% και απότομη πτώση ξανά.

το 2017 κατά 4% επιστρέφοντας κοντά στα επίπεδα του 2015. Το 2018 παρατηρείται εκ νέου αύξηση της τάξης του 4% με περαιτέρω μικρή πτώση κατά 1% το 2019. Η πορεία της κίνησης το δ' τρίμηνο δεν έχει ξεκάθαρη εξήγηση. Ως πιθανή εξήγηση δίνεται πως το φθινόπωρο του 2015 και του 2017 είχε χαμηλές για την εποχή θερμοκρασίες που ίσως ώθησαν στη χρήση ιδιωτικών μέσων

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΕΠΙΒΑΤΩΝ Δ' ΤΡΙΜΗΝΟ					
ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
ΜΕΤΑΒΟΛΗ	-	5%	-4%	4%	-1%



Σχήμα 3.5: Αριθμός επιβατών ανά έτος

Το παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζει την επιβατική κίνηση ανά έτος. Παρατηρείται ότι ακολουθεί μία πτωτική τάση καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου μελέτης. Εδώ γίνεται πιο ξεκάθαρη η επιρροή της βελτιωμένης οικονομικής κατάστασης της χώρας, οπότε και καθίσταται δυνατή η μετακίνηση με ιδιωτικά μέσα που άλλοτε ήταν πολυτέλεια. Μάλιστα, όσο απομακρυνόμαστε από τα χρόνια της οικονομικής κρίσης τόσο περισσότερο αποτυπώνεται η επιλογή αυτή.

Αναλυτικότερα οι μεταβολές φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΕΠΙΒΑΤΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					
ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
ΜΕΤΑΒΟΛΗ	-	-2%	-3%	-1%	-3%

Τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν από τα ΚΤΕΛ Αττικής αποτυπώνουν μια παρακμάζουσα εταιρία που καλείται να λάβει μέτρα για την επιβίωσή της. Η οικονομική κρίση του 2010 επηρέασε ιδιαίτερα την ψυχολογία των Ελλήνων μετά από μια μακρά περίοδο ευημερίας. Όπως έχει δείξει η ιστορία, μετά από περιόδους ανέχειας οι άνθρωποι προσπαθούν να επιστρέψουν άμεσα στις παλιές τους συνήθειες και μάλιστα, λαχταρούν την επίδειξη της οικονομικής επανόδου στους ίδιους και τους γύρω τους. Για την ελληνική κοινωνία, όπως και στις κοινωνίες του δυτικού

αναπτυγμένου κόσμου, το αυτοκίνητο αποτελεί ένα μέσο μετακίνησης και επιβεβαίωσης του οικονομικού τους status. Σε αντίθεση με την προηγούμενη περίοδο, που η μείωση των εξόδων αποτελούσε μόνιμη έγνοια, κατά τα έτη 2015-2019 παρατηρείται μία μεγαλύτερη ευκολία σε επιπλέον έξοδα μετακίνησης που οδηγούν, όμως, σε μειωμένη ζήτηση των μαζικών μέσων μεταφοράς, όπως τα ΚΤΕΛ.

Ταυτόχρονα, ωστόσο, οι νέες γενιές ενδιαφέρονται πολύ περισσότερο για το περιβαλλοντικό αποτύπωμά τους λόγω της περιβαλλοντικής κρίσης που αναφέρθηκε νωρίτερα. Η προώθηση των φιλικών προς το περιβάλλον μέσων μετακίνησης βρίσκει πρόσφορο έδαφος και στην πολιτική ατζέντα των κυβερνήσεων της χώρας. Όλοι καλούνται να μειώσουν το αποτύπωμά τους για να σταθεροποιηθεί το κλίμα. Τα ιδιωτικά ηλεκτρικά οχήματα είναι δύο ή και τρεις φορές πιο ακριβά από τα συμβατικά ΙΧ. Έτσι, η μαζική μετακίνηση και μάλιστα με πιο «πράσινους» τρόπους καταλήγει οικονομικά συμφέρουσα. Το πιο έξυπνο επιχειρησιακό πλάνο, λοιπόν, για την εταιρία που μελετάται είναι η αντικατάσταση των συμβατικών οχημάτων εσωτερικής καύσης με ηλεκτρικά οχήματα (πούλμαν) καθώς προκύπτουν μακροπρόθεσμα οικονομικότερα και θα αποφέρουν τελικά στην επιχείρηση περισσότερα κέρδη και πιθανώς ανάπτυξη.

### 3.3 Οικονομικά στοιχεία ΚΤΕΛ Ν. Αττικής

Η ανάλυση της επιβατικής κίνησης έδειξε μείωση των επιβατών κατά την υπό μελέτη χρονική περίοδο. Η πτώση που παρατηρείται, όπως είναι λογικό, έχει αντίκτυπο και στη συνολική οικονομική εικόνα της εταιρίας. Ταυτόχρονα, η πρωτότερη οικονομική κρίση στη χώρα ανάγκασε πολλές επιχειρήσεις να ζητήσουν οικονομική ενίσχυση από το τραπεζικό σύστημα μέσω δανείων με την αποπληρωμή τους να αποτυπώνεται στην υπό μελέτη χρονική περίοδο. Η εταιρία των ΚΤΕΛ δεν παραχώρησε λεπτομερή οικονομικά στοιχεία για τη συγκεκριμένη περίοδο οπότε δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί σαφής ανάλυση της κατάστασης. Παρόλα αυτά θα θεωρηθεί μια ελάχιστη προσάυξηση στα έξοδα ώστε να καλυφθεί αυτό το ενδεχόμενο.

Στα πάγια έξοδα της εταιρίας περιλαμβάνεται η μισθοδοσία των 250 εργαζομένων για πλήρη απασχόληση οχταώρου, η συντήρηση των οχημάτων και των υποδομών και τα ενοίκια των κτηρίων στέγασης της διοίκησης. Έπειτα από υπολογισμό των παραπάνω υπολογίζεται πως τα ετήσια πάγια έξοδα της εταιρίας είναι 752,000 € και θεωρούνται αμετάβλητα κατά τη χρονική περίοδο μελέτης.

Στα μεταβλητά έξοδα περιλαμβάνονται τα καύσιμα που αποτελούν σημαντικό μέρος των συνολικών εξόδων.

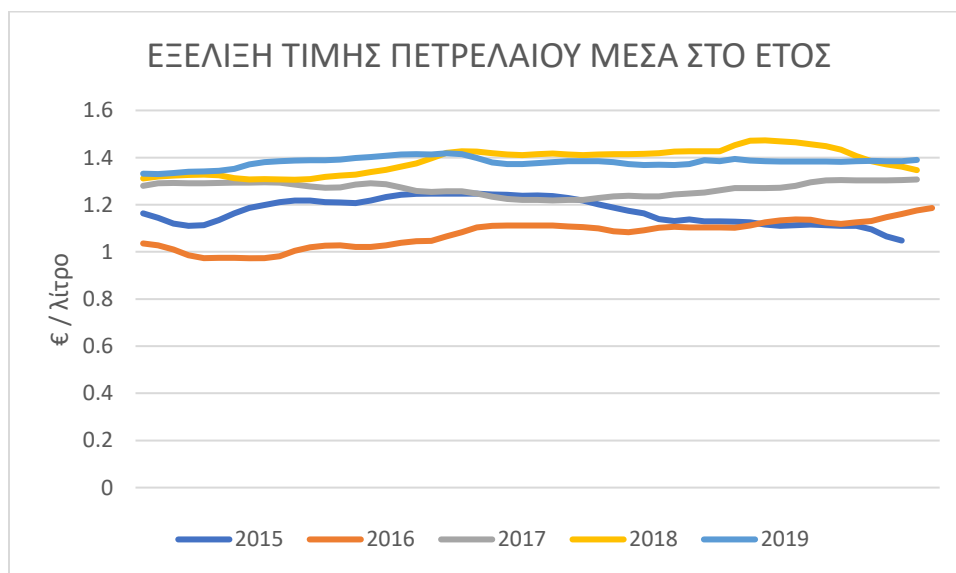
Πίνακας 3.3: Οικονομικά στοιχεία ΚΤΕΛ Ν. Αττικής

ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
ΕΣΟΔΑ	13,113,276 €	11,159,400 €	11,481,050 €	12,264,244 €	11,746,313 €
ΕΞΟΔΑ	13,036,246 €	10,925,625 €	10,882,222 €	11,890,235 €	11,255,525 €
ΚΕΡΔΗ	77,030 €	233,775 €	598,828 €	374,009 €	490,788 €

Πίνακας 3.4: Κόστος πετρελαίου για την εταιρία ΚΤΕΛ Ν. Αττικής

ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					
ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
ΚΟΣΤΟΣ	3,494,762 €	2,717,961 €	3,093,946 €	3,560,133 €	3,502,525 €
ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΕΠΙ ΤΩΝ ΕΞΟΔΩΝ					
ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
	27%	25%	28%	30%	31%

Ένα σημαντικό κόστος για την εταιρία είναι τα καύσιμα. Χρήζει μεγάλης σημασίας η μελέτη του, καθώς η τιμή του μεταβάλλεται ημερησίως εξαρτώμενη από το χρηματιστηριακό δείκτη του αργού πετρελαίου. Αυτή αυξομείωση των καυσίμων καθιστά δύσκολο τον προϋπολογισμό τους και επηρεάζει ιδιαίτερος τα ετήσια έξοδα της επιχείρησης όταν πρόκειται για κατανάλωση εκατομμυρίων λίτρων κάθε χρόνο. Τα δεδομένα των τιμών του πετρελαίου diesel αντλήθηκαν από την επίσημη ιστοσελίδα που διατηρεί το Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας [24]. Στην ιστοσελίδα αυτή, το υπουργείο ανακοινώνει καθημερινά τη μέση τιμή πώλησης όλων των προϊόντων πετρελαίου στα πρατήρια σε πανελλήνια κλίμακα και ανά νομό από το 2012 και μετά. Τα ημερήσια δεδομένα που αντλήθηκαν, επεξεργάστηκαν στη συνέχεια σε υπολογιστικό φύλλο excel προκειμένου να παρουσιαστεί η πορεία της τιμής κατά τη διάρκεια κάθε έτους.



Σχήμα 3.6: Εξέλιξη τιμής πετρελαίου κίνησης (diesel) κατά τη διάρκεια του έτους[23]

Όπως συμπεραίνεται από το ως άνω διάγραμμα, κατά τη διάρκεια των ετών 2016 και 2018 οι διακυμάνσεις των τιμών του diesel ήταν σημαντικές. Για το 2015 η τιμή κινήθηκε από 1.110 € έως 1.228 € για κάθε λίτρο πετρελαίου κίνησης, ενώ αντίστοιχα για το 2016 από 0.974 € έως 1.186 €. Το 2017 ως ελάχιστη τιμή ανακοινώθηκαν τα 1.220 € και μέγιστη τα 1.307 €, ενώ αντίστοιχα το 2018 ήταν 1.306 € και 1.473 €. Τέλος, το 2019 οι διακυμάνσεις ήταν μικρές με τιμή στα 1.332 € έως 1.418 €



Σχήμα 3.7: Εξέλιξη κόστους πετρελαίου κίνησης (diesel)[23]

Τελικά η μέση τιμή για το κόστος του πετρελαίου κίνησης προκύπτει από το παραπάνω σχήμα και φαίνεται αναλυτικά για κάθε έτος στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.5: Μέση τιμή πετρελαίου κίνησης (diesel) ανά έτος

ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
ΤΙΜΗ	1.173098 €	1.075585 €	1.268442 €	1.385904 €	1.380654 €

Η ετήσια μεταβολή της τιμής του πετρελαίου είναι -8% από το 2015 έως το 2016. Το 2017 αυξήθηκε κατά 18% και το 2018 επιπλέον κατά 9%. Το 2019 παρατηρείται σταθεροποίηση της τιμής. Η μέση μεταβολή του κόστους προκύπτει ως αύξηση κατά 5% σε ετήσια βάση. Με αναγωγή της μεταβολής αυτής στο έτος – στόχο 2030 προκύπτει η τιμή πετρελαίου που λήφθηκε στην παρούσα εργασία και είναι στα 2,149 €/λίτρο.

### 3.4 Ηλεκτρική ενέργεια

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην αντικατάσταση των συμβατικών πούλμαν εσωτερικής καύσης (diesel) από ηλεκτροκίνητα πούλμαν. Προκειμένου να υπολογιστεί το λειτουργικό κόστος ενός τέτοιου εγχειρήματος, είναι απαραίτητη η συλλογή δεδομένων για την ηλεκτρική ενέργεια που θα χρησιμοποιηθεί. Οι επιχειρήσεις που χρειάζονται μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικού ρεύματος και παροχή των ποσοτήτων ταυτόχρονα, προμηθεύονται τριφασικό ηλεκτρικό ρεύμα. Το τριφασικό ρεύμα παρέχεται με πολλαπλές καλωδιώσεις ώστε σε περίπτωση πτώσης τάσης από μία πηγή, να συνεχίσει η ηλεκτροδότηση από τις υπόλοιπες πηγές. Αντίστοιχα, όταν ηλεκτροδοτούνται όλες οι παροχές τριφασικού ρεύματος, δεν υπερφορτώνεται μόνο μια καλωδίωση (μονοφασικού) και δεν βραχυκυκλώνει το δίκτυο.

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με βασικότερο εξ αυτών τις πηγές από τις οποίες παράγεται. Από τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, οπότε και ξεκίνησε η ηλεκτροδότηση στην Ελλάδα, η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται κατά την καύση του ορυκτού λιγνίτη σε ειδικά εργοστάσια. Κατά την πάροδο των ετών εισήλθαν νέες τεχνολογίες και χρησιμοποιήθηκαν νέα καύσιμα υλικά. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται εκτός από το λιγνίτη και κατά την επεξεργασία

πετρελαίου, φυσικού αερίου, πυρηνικών παραγώγων (όχι στην Ελλάδα), βιομάζας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα κράτη, όπως έχει αναφερθεί, επενδύουν πολύ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας τα τελευταία 10 με 20 χρόνια ως επιλογές φιλικές προς το περιβάλλον και απεριόριστες. Στην Ελλάδα η παραγωγή ενέργειας ανήκει στις αρμοδιότητες του Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ). Η ΔΕΔΔΗΕ κατά την παραγωγή ενέργειας για το δίκτυο ηλεκτροδότησης, χρησιμοποιεί φυσικό αέριο, λιγνίτη, υδροηλεκτρική, ηλιακή και αιολική ενέργεια. Το 43% της ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στόχος είναι να περιοριστεί σημαντικά – αν όχι ολοκληρωτικά – η χρήση ορυκτών καυσίμων έως το 2035, έτος – στόχο για την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές του ηλεκτρικού τριφασικού ρεύματος μεσαίων επιχειρήσεων για την Ελλάδα όπως έχουν ανακοινωθεί από την επίσημη στατιστική ευρωπαϊκή αρχή Eurostat [25].

Πίνακας 3.6: Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας ανά κιλοβατώρα στην Ελλάδα

ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
€/Kwh	0.1037	0.0929	0.0862	0.079	0.081

Ο πίνακας παρουσιάζει πτωτική τάση στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος για τρία έτη. Το 2016 μειώθηκε κατά 10%, το 2017 κατά επιπλέον 7% και το 2018 παρατηρείται ένα ακόμα πτωτικό άλμα κατά 8%. Η πτώση αυτή συνδέεται με την εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών στην διαδικασία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας μετά και τη συμφωνία του Παρισιού το 2016. Οι ανανεώσιμες πηγές είναι δωρεάν και στο κόστος του ρεύματος συμβάλλουν μόνο οι υποδομές. Έτσι μία σημαντική μείωση στην τιμή καθίσταται δυνατή. Το 2019, ωστόσο, άρχισε μια ανοδική πορεία της τάξης του 3%, η οποία όπως είναι γνωστό συνεχίζεται εκθετικά έως σήμερα, εκτός ελέγχου πια, λόγω της ενεργειακής κρίσης του 2022. Η στροφή της Ευρώπης στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν συνεπάγεται την αποκοπή από το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο ακόμα. Οι πάροχοι των ορυκτών καυσίμων υπέστησαν μεγάλη μείωση στα κέρδη τους εξαιτίας αυτής της κατάστασης. Επιπλέον, η πανδημία του 2020 και ο πόλεμος της Ουκρανίας το 2022 ενέτειναν την κατάσταση και από το 2022 η τιμή των ορυκτών έχει εκτιναχθεί συμπαρασύροντας τις τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στο παρόν φύλλο θα ληφθεί η μέση τιμή ηλεκτρικού ρεύματος της περιόδου 2015-2019 ανηγμένη με μέση πτωτική τάση -6% κατά 11 έτη έως το 2030, οπότε και προκύπτει στα 0,044 €/kWh.

### 3.5 Δεδομένα μετακινήσεων

Για την ολοκλήρωση της έρευνας και τη δημιουργία των σεναρίων είναι απαραίτητη η επεξεργασία των δεδομένων ζήτησης που προήλθαν από την εταιρία ΚΤΕΛ Ν. Αττικής.

Το μέλλον είναι πάντα αβέβαιο και οι εξελίξεις των τελευταίων ετών σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν δείξει πως η καθημερινότητα και τα μελλοντικά σχέδια μπορούν πάντα να ανατραπούν. Μία νέα συνθήκη παγκοσμίου εμβέλειας, όπως η πανδημία της Covid – 19, ή ενεργειακές και κλιματικές αναταραχές τοπικού ενδιαφέροντος, είναι πιθανό να οδηγήσει σε αισθητή απομάκρυνση της

πραγματικότητας από τις τωρινές προβλέψεις. Αυτή η πιθανότητα σφάλματος, ωστόσο, πάντα υπάρχει και υπόκειται στο επιχειρηματικό ρίσκο που λαμβάνει μια εταιρία κάθε φορά που λαμβάνει αποφάσεις για την ανάπτυξή της.

Το εγχείρημα που καλείται να μελετήσει αυτή η έρευνα είναι πλήρως υποθετικό, καθώς δεν χρησιμοποιούνται ήδη ηλεκτρικά οχήματα από τη συγκεκριμένη εταιρία αλλά ούτε και από άλλη εταιρία στον ελληνικό χώρο. Η πρόβλεψη, λοιπόν, του μέλλοντος είναι επισφαλής. Για το λόγο αυτό θα πραγματοποιηθούν δύο εκτιμήσεις επιβατών, μία με προβολή αυτών και μία με πρόβλεψη.

Πρώτα, οι εκτιμήσεις των μετακινούμενων του μέλλοντος θα γίνουν με προβολή των μετακινήσεων ως προεκτάσεις των υπάρχοντων δεδομένων. Υπολογίζοντας, δηλαδή, τις παραμέτρους πρόβλεψης από τα δεδομένα που έχουν παραχωρηθεί, γίνεται εκτίμηση των μετακινήσεων βάσει χρονοσειράς.

Έπειτα, θα ακολουθήσουν οι προβλέψεις που δεν υπόκεινται στους περιορισμούς της δεδομένης τάσης. Το αποτέλεσμα, βέβαια, μπορεί να έχει κάποιο περιθώριο ανεχτού σφάλματος αναλόγως των υπόλοιπων παραδοχών που θα γίνουν και μετέπειτα.

Για την επιλογή της μεθόδου, βάσει της οποίας θα γίνει προβολή ή πρόβλεψη, λαμβάνεται υπόψη το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον, τα δημογραφικά στοιχεία καθώς και επιπλέον παράμετροι που εμπλέκονται και επηρεάζουν έμμεσα ή άμεσα τη μεταβλητή για την οποία γίνεται η πρόβλεψη. Για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου χρησιμοποιούνται τα εξής κριτήρια:

- Όγκος μεταφορικών δεδομένων και η σχέση τους με την κοινωνία
- Διαχρονικότητα παραδοχών
- Εκπλήρωση των στόχων της εκάστοτε μελέτης
- Η ευκολία και η διαθεσιμότητα των δεδομένων προκειμένου να επεξεργαστούν

Έχοντας λάβει υπόψη τα κριτήρια αυτά, επιλέχθηκε η εκθετική καμπύλη τόσο για το μοντέλο προβολής όσο και για το μοντέλο της πρόβλεψης των μετακινήσεων[26]. Η συνάρτηση που ακολουθεί η εκθετική καμπύλη περιγράφεται ως εξής:

$$T_t = T_0 * (1 + r)^n$$

Όπου t: η χρονολογία πρόβλεψης

r: η παράμετρος αύξησης ή μείωσης

n: η χρονική μεταβολή

### 3.6 Προβολή μετακινήσεων

Για την προβολή των μετακινήσεων χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα για το σύνολο των γραμμών της εταιρίας χωρισμένων ανά τρίμηνο για να συνάδουν με τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν. Τα δεδομένα της εταιρίας αφορούν στο σύνολο των εξυπηρετούμενων γραμμών και είναι άγνωστος ο αριθμός επιβατών που επιλέγουν κάθε ενδιάμεση στάση. Οι πίνακες αυτοί υπέστησαν αλλαγή ώστε να υπολογιστεί ο αριθμός των επιβατών ανά στάση, βάσει του πληθυσμού που κατοικεί σε



κάθε περιοχή όπως ελήφθησαν από την ΕΛΣΤΑΤ [23]. Ο αριθμός με βάση τον οποίο έγινε η προβολή προέκυψε από το μέσο όρο επιβατών του συνόλου των μετακινούμενων των ετών 2015-2019. Ακολουθεί πίνακας με τους αριθμούς πάνω στους οποίους έγινε η πρόβλεψη.

Πίνακας 3.7: Πίνακας μέσης επιβατικής κίνησης 5ετίας ανά προορισμό

	Μέσος όρος επιβατών 5ετίας					Μέσος όρος επιβατών 5ετίας			
	Α'	Β'	Γ'	Δ'		Α'	Β'	Γ'	Δ'
<b>Ραφήνα</b>	38,175	47,981	55,258	42,039	<b>Κιούρκα</b>	5,944	7,471	8,604	6,545
<b>Πικέρμι</b>	6,413	8,061	9,283	7,062	<b>Καπανδρίτι</b>	10,160	12,769	14,706	11,188
<b>Νέα Μάκρη</b>	43,981	55,279	63,663	48,433	<b>Βαρνάβα</b>	4,108	5,163	5,947	4,524
<b>Μαραθόνας</b>	21,509	27,034	31,135	23,686	<b>120 Ενωμ. Εργ.</b>	736	924	1,065	810
<b>Γραμματικό</b>	4,545	5,712	6,578	5,005	<b>Κάλαμος</b>	5,472	6,877	7,920	6,025
<b>Σούλι</b>	7,364	9,256	10,660	8,109	<b>Άγιοι Απόστολοι</b>	5,229	6,573	7,569	5,759
<b>Αγία Μαρίνα</b>	1,351	1,699	1,956	1,488	<b>Βλαστός</b>	825	1,037	1,194	909
<b>Έξ. Παλλήνης</b>	49,854	62,659	72,163	54,899	<b>Λεμονιές</b>	1,531	1,924	2,216	1,686
<b>Ανατολή</b>	3,089	3,882	4,471	3,401					
<b>Άγιος Νικόλαος</b>	3,678	4,622	5,323	4,050					
	Μέσος όρος επιβατών 5ετίας					Μέσος όρος επιβατών 5ετίας			
	Α'	Β'	Γ'	Δ'		Α'	Β'	Γ'	Δ'
<b>Σκάλα Ωρωπού</b>	4,515	5,674	6,535	4,972	<b>Λαύριο</b>	21,620	27,173	31,295	23,808
<b>Μαλακάσα</b>	1,632	2,052	2,363	1,798	<b>Σούνιο (Μεσόγεια)</b>	1,429	1,796	2,069	1,574
<b>Μαρκόπουλο</b>	7,711	9,692	11,162	8,491	<b>Κερατέα</b>	22,466	28,237	32,520	24,740
<b>Πόντιοι</b>	807	1,015	1,169	889	<b>Καλόβια</b>	43,431	54,587	62,867	47,827
<b>Μήλεσι</b>	1,289	1,620	1,865	1,419	<b>Μαρκόπουλο</b>	28,805	36,204	41,695	31,720
<b>Ωρωπός</b>	3,435	4,318	4,973	3,783	<b>Πόρτο Ράφτη</b>	29,080	36,549	42,093	32,023
<b>Χαλκούτσι</b>	6,351	7,982	9,192	6,993	<b>Ανάβυσσος</b>	18,774	23,596	27,175	20,674
<b>Συκάμινο</b>	2,909	3,656	4,211	3,204	<b>Κουβαρά</b>	4,924	6,189	7,128	5,423
<b>Δήλεσι</b>	5,923	7,444	8,574	6,522	<b>Πλάκα</b>	1,698	2,134	2,458	1,870
					<b>Έξ. Κορωπίου</b>	57,831	72,686	83,710	63,684

Μέσος όρος επιβατών 5ετίας					Μέσος όρος επιβατών 5ετίας					
	A'	B'	Γ'	Δ'		A'	B'	Γ'	Δ'	
<b>Έξ. Βάρκιζας</b>	47,530	59,740	68,800	52,341	<b>Πόρτο Γερμενό</b>	266	334	385	293	
<b>Αγ. Μαρίνα</b>	1,438	1,808	2,082	1,584	<b>Ερυθραί</b>	8,593	10,800	12,438	9,463	
<b>Αγ. Δημήτριος</b>	3,148	3,957	4,557	3,467	<b>Βύλλια</b>	3,920	4,927	5,674	4,316	
<b>Λαγονήσι</b>	9,400	11,815	13,607	10,352	<b>Κάζα</b>	114	143	164	125	
<b>Σαρωνίδα</b>	8,961	11,262	12,971	9,868	<b>Οινόη</b>	1,187	1,492	1,718	1,307	
<b>Ανάβυσσος</b>	18,675	23,472	27,032	20,565	<b>Καραούλι</b>	123	154	177	135	
<b>Λεργενά</b>	933	1,172	1,350	1,027	<b>Παλαιοχώρι</b>	580	729	840	639	
<b>Σούνιο (Κάτω)</b>	1,429	1,796	2,069	1,574	<b>Αγ. Σωτήρα</b>	1,483	1,864	2,147	1,633	
<b>Θυμάρι</b>	2,192	2,755	3,172	2,413	<b>Μπλόκο</b>	7,044	8,854	10,196	7,757	
	Μέσος όρος επιβατών 5ετίας									
	A'	B'	Γ'	Δ'						
<b>Μέγαρα</b>	70,490	88,597	102,034	77,624						
<b>Μεγάλο Πεύκο</b>	25,109	31,559	36,346	27,650						
<b>Κινέτα</b>	4,482	5,633	6,487	4,935						
<b>Νεράκι</b>	2,676	3,363	3,873	2,947						
<b>Λουτρόπυργος</b>	1,737	2,183	2,514	1,913						
<b>Ελευσίνα</b>	58,770	73,866	85,069	64,717						
<b>Οβιδουργείο</b>	3,740	4,701	5,414	4,119						
<b>Αλεποχώρι</b>	670	842	969	738						
<b>Σκάλα</b>	4,924	6,189	7,128	5,423						
<b>Μπλόκο</b>	7,044	8,854	10,196	7,757						

Η παράμετρος που χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από τα υπάρχοντα δεδομένα σε βάση ενός έτους. Δηλαδή, επιλέχθηκαν τα έτη 2015-2019 ώστε να υπολογιστεί το ποσοστό μεταβολής στο σύνολο των επιβατών ανά έτος. Επειδή κατά τη διάρκεια αυτών των ετών υπάρχουν διάφορες διακυμάνσεις, θεωρήθηκε σκόπιμο, αφού υπολογιστεί η μεταβολή κάθε έτους, στη συνέχεια να υπολογιστεί ο μέσος όρος αυτών των συντελεστών.

Η μεταβολή για κάθε χρονιά που προέκυψε, φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

ΕΤΟΣ	2015	2016	2017	2018	2019
ΜΕΤΑΒΟΛΗ	-	-2%	-3%	-1%	-3%

Ο μέσος όρος που προκύπτει από τις παραπάνω μεταβολές είναι ίσος με:

$$r = -2\%$$

Θεωρείται σκόπιμο να αναφερθεί πως σε τέτοια μοντέλα πρόβλεψης θα ήταν προτιμότερο να αποφεύγεται ο σχεδιασμός σεναρίων με βάση αρνητικό ρυθμό ανάπτυξης, καθώς δεν είναι δόκιμο να θεωρηθεί ότι γίνεται σχεδιασμός για ένα διαχρονικά παρακμάζον προϊόν. Δεν μπορούμε, ωστόσο, να παραβλέψουμε την εικόνα που έχει η εταιρία ως τώρα.

Η εκθετική εξίσωση πρόβλεψης βάσει της οποίας υπολογίζεται η μελλοντική επιβατική κίνηση είναι:

$$T_{2030} = T_{2019} * (1 - 0.02)^{11} \quad (3.1)$$

Εφαρμόζοντας αυτή την εξίσωση στον παραπάνω πίνακα μέσης μετακίνησης για όλους τους σταθμούς, προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας προβολής της επιβατικής κίνησης για το έτος 2030.

Πίνακας 3.8: Πίνακας πρόβλεψης επιβατικής κίνησης ανά προορισμό με προβολή

	Επιβάτες 2030				Επιβάτες 2030				
	A'	B'	Γ'	Δ'		A'	B'	Γ'	Δ'
<b>Ραφήνα</b>	30,568	38,420	44,247	33,662	<b>Κιούρκα</b>	4,759	5,982	6,889	5,241
<b>Πικέρμι</b>	5,135	6,454	7,433	5,655	<b>Καπανδρίτι</b>	8,135	10,225	11,776	8,959
<b>Νέα Μάκρη</b>	35,217	44,264	50,977	38,782	<b>Βαρνάβα</b>	3,290	4,134	4,762	3,622
<b>Μαραθώνας</b>	17,223	21,647	24,931	18,966	<b>120 Ενωμ. Εργ.</b>	589	740	853	649
<b>Γραμματικό</b>	3,639	4,574	5,268	4,007	<b>Κάλαμος</b>	4,381	5,507	6,342	4,825
<b>Σούλι</b>	5,897	7,411	8,535	6,493	<b>Άγιοι Απόστολοι</b>	4,187	5,263	6,061	4,611
<b>Αγία Μαρίνα</b>	1,082	1,360	1,566	1,192	<b>Βλαστός</b>	661	831	956	728
<b>Έξ. Παλλήνης</b>	39,919	50,173	57,783	43,959	<b>Λεμονιές</b>	1,226	1,541	1,774	1,350
<b>Ανατολή</b>	2,473	3,108	3,580	2,723					
<b>Άγιος Νικόλαος</b>	2,945	3,701	4,263	3,243					

Επιβάτες 2030					Επιβάτες 2030				
	A'	B'	Γ'	Δ'		A'	B'	Γ'	Δ'
<b>Σκάλα Ωρωπού</b>	3,615	4,544	5,233	3,981	<b>Λαύριο</b>	17,312	21,759	25,059	19,064
<b>Μαλακάσα</b>	1,307	1,643	1,892	1,439	<b>Σούνιο (Μεσόγεια)</b>	1,144	1,438	1,656	1,260
<b>Μαρκόπουλο</b>	6,174	7,760	8,937	6,799	<b>Κερατέα</b>	17,989	22,610	26,040	19,810
<b>Πόντιοι</b>	646	812	936	712	<b>Καλύβια</b>	34,777	43,710	50,339	38,296
<b>Μήλεσι</b>	1,032	1,297	1,494	1,136	<b>Μαρκόπουλο</b>	23,065	28,989	33,386	25,399
<b>Ωρωπός</b>	2,751	3,457	3,982	3,029	<b>Πόρτο Ράφτη</b>	23,285	29,266	33,705	25,642
<b>Χαλκούτσι</b>	5,085	6,391	7,361	5,600	<b>Ανάβυσσος</b>	15,033	18,894	21,760	16,554
<b>Συκάμινο</b>	2,329	2,928	3,372	2,565	<b>Κουβαρά</b>	3,943	4,956	5,708	4,342
<b>Δήλεσι</b>	4,743	5,961	6,865	5,223	<b>Πλάκα</b>	1,360	1,709	1,968	1,497
					<b>Έξ. Κορωπίου</b>	46,307	58,202	67,029	50,993

Επιβάτες 2030					Επιβάτες 2030				
	A'	B'	Γ'	Δ'		A'	B'	Γ'	Δ'
<b>Έξ. Βάρκιζας</b>	38,059	47,835	55,091	41,911	<b>Πόρτο Γερμενό</b>	213	268	308	235
<b>Αγ. Μαρίνα</b>	1,152	1,447	1,667	1,268	<b>Ερυθραί</b>	6,881	8,648	9,960	7,577
<b>Αγ. Δημήτριος</b>	2,521	3,169	3,649	2,776	<b>Βίλλια</b>	3,139	3,945	4,543	3,456
<b>Λαγονήσι</b>	7,527	9,461	10,895	8,289	<b>Κάζα</b>	91	114	132	100
<b>Σαρωνίδα</b>	7,175	9,018	10,386	7,901	<b>Οινόη</b>	950	1,195	1,376	1,047
<b>Ανάβυσσος</b>	14,954	18,795	21,645	16,467	<b>Καρσούλι</b>	98	123	142	108
<b>Λεγρενά</b>	747	939	1,081	823	<b>Παλαιοχώρι</b>	464	584	672	511
<b>Σούνιο (Κάτω)</b>	1,144	1,438	1,656	1,260	<b>Αγ. Σωτήρα</b>	1,187	1,493	1,719	1,308
<b>Θυμάρι</b>	1,755	2,206	2,540	1,932	<b>Μπλόκο</b>	5,641	7,089	8,165	6,211

Επιβάτες 2030				
	A'	B'	Γ'	Δ'
<b>Μέγαρο</b>	56,443	70,942	81,702	62,156
<b>Μεγάλο Πεύκο</b>	20,106	25,270	29,103	22,141
<b>Κινέτα</b>	3,589	4,511	5,195	3,952
<b>Νεράκι</b>	2,143	2,693	3,102	2,360
<b>Λουτρόπυργος</b>	1,391	1,748	2,013	1,532
<b>Ελευσίνα</b>	47,059	59,146	68,117	51,821
<b>Οβιδουργείο</b>	2,995	3,764	4,335	3,298
<b>Αλεποχώρι</b>	536	674	776	591
<b>Σκάλα</b>	3,943	4,956	5,708	4,342
<b>Μπλόκο</b>	5,641	7,089	8,165	6,211

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός επιβατών ανά τρίμηνο από όλους τους σταθμούς, όπως προέκυψαν από άθροιση των παραπάνω πινάκων:

Πίνακας 3.9: Πίνακας πρόβλεψης συνολικής επιβατικής κίνησης ανά τρίμηνο

	A'	B'	Γ'	Δ'
<b>ΠΡΟΒΟΛΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ 2030</b>	620,768	780,224	898,562	683,594

### 3.7 Πρόβλεψη μετακινήσεων

Για την πρόβλεψη των μετακινήσεων, ομοίως με την προβολή, χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία για το σύνολο των σταθμών όπως προέκυψαν από την επεξεργασία τους για το διαμοιρασμό τους ανά στάση και το μέσο όρο αυτών κατά την πενταετία 2015-2019. Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με αυτή της προβολής των μετακινήσεων, με τη διαφορά ότι σε αυτή την περίπτωση έγινε η παραδοχή πιο αισιόδοξης μεταβολής ανά έτος επιλέγοντας ως αυξητική παράμετρο  $r = 0,5\%$ . Τα δεδομένα της εταιρίας, που διαθέτουμε, δείχνουν φθίνουσα πορεία τα τελευταία χρόνια και γενικότερα, μια εταιρία έρμαιο παλιών επιχειρηματικών τακτικών. Η ηλεκτροκίνηση, όμως, αναμένεται να ανανεώσει την εταιρία και να την εκσυγχρονίσει. Νέα στρατηγική marketing, επιπλέον, είναι η λύση ώστε να έχει νόημα όχι μόνο να επιβιώσει αλλά να αναπτυχθεί και να προοδεύσει με θετικό πρόσημο για τους επενδυτές. Άλλωστε, παρατηρώντας τη μεταβολή του αριθμού των επιβατών για κάθε τρίμηνο, παρατηρούμε ότι κατά το Α' και Γ' τρίμηνο του 2018 υπήρξε αύξηση σε μετακινούμενος που επέλεξαν το πούλμαν για τη μεταφορά τους κατά 6% και 4% αντίστοιχα. Υπάρχει ένδειξη για ανάπτυξη, μένει μόνο να γίνει κανόνας και όχι εξαίρεση.

Η εξίσωση που εφαρμόστηκε για την πρόβλεψη του αριθμού επιβατών το 2030 είναι:

$$T_{2030} = T_{2019} * (1 + 0.005)^{11} \quad (3.2)$$

Οι προβλέψεις που προέκυψαν, εμφανίζονται στους ακόλουθους πίνακες.

Πίνακας 3.10: Πίνακας πρόβλεψης επιβατικής κίνησης ανά προορισμό

Επιβάτες 2030					Επιβάτες 2030				
	A'	B'	Γ'	Δ'		A'	B'	Γ'	Δ'
<b>Ραφήνα</b>	40,328	50,687	58,375	44,409	<b>Κιούρκα</b>	6,279	7,892	9,089	6,915
<b>Πικέρμι</b>	6,775	8,515	9,807	7,461	<b>Καπανδρίτι</b>	10,733	13,490	15,536	11,819
<b>Νέα Μάκρη</b>	46,462	58,396	67,253	51,164	<b>Βαρνάβα</b>	4,340	5,455	6,282	4,779
<b>Μαραθόνας</b>	22,722	28,559	32,891	25,022	<b>120 Ενωμ. Εργ.</b>	777	977	1,125	856
<b>Γραμματικό</b>	4,801	6,034	6,949	5,287	<b>Κάλαμος</b>	5,780	7,265	8,367	6,365
<b>Σούλι</b>	7,779	9,778	11,261	8,567	<b>Άγιοι Απόστολοι</b>	5,524	6,943	7,996	6,083
<b>Αγία Μαρίνα</b>	1,428	1,794	2,067	1,572	<b>Βλαστός</b>	872	1,096	1,262	960
<b>Έξ. Παλλήνης</b>	52,665	66,193	76,233	57,995	<b>Λεμονιές</b>	1,617	2,033	2,341	1,781
<b>Ανατολή</b>	3,263	4,101	4,723	3,593					
<b>Άγιος Νικόλαος</b>	3,885	4,883	5,624	4,278					

Επιβάτες 2030					Επιβάτες 2030				
	A'	B'	Γ'	Δ'		A'	B'	Γ'	Δ'
<b>Σκάλα Ωρωπού</b>	4,769	5,994	6,904	5,252	<b>Λαύριο</b>	22,839	28,706	33,060	25,151
<b>Μαλακάσα</b>	1,725	2,168	2,496	1,899	<b>Σούνιο (Μεσόγεια)</b>	1,510	1,898	2,185	1,663
<b>Μαρκόπουλο</b>	8,146	10,238	11,791	8,970	<b>Κερατέα</b>	23,733	29,829	34,354	26,135
<b>Πόντιοι</b>	853	1,072	1,234	939	<b>Καλύβια</b>	45,881	57,666	66,412	50,524
<b>Μήλεσι</b>	1,361	1,711	1,971	1,499	<b>Μαρκόπουλο</b>	30,429	38,245	44,046	33,509
<b>Ωρωπός</b>	3,629	4,561	5,253	3,996	<b>Πόρτο Ράφτη</b>	30,720	38,611	44,467	33,829
<b>Χαλκούτσι</b>	6,709	8,432	9,711	7,388	<b>Ανάβυσσος</b>	19,832	24,927	28,707	21,840
<b>Συκάμινο</b>	3,073	3,863	4,449	3,384	<b>Κουβαρά</b>	5,202	6,538	7,530	5,729
<b>Δήλεσι</b>	6,257	7,864	9,057	6,890	<b>Πλάκα</b>	1,794	2,255	2,597	1,976
					<b>Έξ. Κοροπίου</b>	61,092	76,785	88,431	67,275

Επιβάτες 2030					Επιβάτες 2030				
	A'	B'	Γ'	Δ'		A'	B'	Γ'	Δ'
<b>Έξ. Βάρκιζας</b>	50,211	63,109	72,680	55,293	<b>Πόρτο Γερμενό</b>	281	353	407	310
<b>Αγ. Μαρίνα</b>	1,519	1,909	2,199	1,673	<b>Ερυθραί</b>	9,078	11,409	13,140	9,996
<b>Άγ. Δημήτριος</b>	3,326	4,180	4,814	3,663	<b>Βύλλια</b>	4,141	5,204	5,994	4,560
<b>Λαγονήσι</b>	9,930	12,481	14,374	10,935	<b>Κάζα</b>	120	151	174	132
<b>Σαρωνίδα</b>	9,466	11,898	13,702	10,424	<b>Οινόη</b>	1,254	1,576	1,815	1,381
<b>Ανάβυσσος</b>	19,728	24,796	28,556	21,725	<b>Καραούλι</b>	129	163	187	143
<b>Λεγρενά</b>	985	1,239	1,426	1,085	<b>Παλαιοχώρι</b>	613	770	887	675
<b>Σούνιο (Κάτω)</b>	1,510	1,898	2,185	1,663	<b>Αγ. Σωτήρα</b>	1,567	1,969	2,268	1,725
<b>Θυμάρι</b>	2,315	2,910	3,351	2,550	<b>Μπλόκο</b>	7,441	9,353	10,772	8,195

Επιβάτες 2030				
	A'	B'	Γ'	Δ'
<b>Μέγαρα</b>	74,465	93,593	107,788	82,002
<b>Μεγάλο Πεύκο</b>	26,525	33,339	38,395	29,210
<b>Κινέτα</b>	4,735	5,951	6,853	5,214
<b>Νεράκι</b>	2,827	3,553	4,092	3,113
<b>Λουτρόπυργος</b>	1,835	2,306	2,656	2,021
<b>Ελευσίνα</b>	62,084	78,031	89,866	68,367
<b>Οβιδουργείο</b>	3,951	4,966	5,720	4,351
<b>Αλεποχώρι</b>	708	889	1,024	779
<b>Σκάλα</b>	5,202	6,538	7,530	5,729
<b>Μπλόκο</b>	7,441	9,353	10,772	8,195

Η πρόβλεψη μετακινούμενων φαίνεται αθροιστικά για κάθε τρίμηνο στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.11: Πίνακας πρόβλεψης συνολικής επιβατικής κίνησης ανά τρίμηνο

	Α'	Β'	Γ'	Δ'
<b>ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ 2030</b>	818,973	1,029,341	1,185,462	901,858

## 4. Περιγραφή μοντέλου και μεθοδολογία

### 4.1 Περιγραφή μοντέλου

Οι θεωρητικές έννοιες που σχετίζονται με τις μελέτες κόστους έχουν εφαρμοστεί με διάφορους τρόπους στην εκτίμηση τέτοιων διαδικασιών, που αφορούν διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς, στο πλαίσιο της βέλτιστης εκτίμησης του κόστους που παρουσιάζει η υπηρεσία μεταφοράς είτε αυτή αφορά τη μεταφορά προϊόντων και αγαθών είτε τη μεταφορά επιβατών για εκπλήρωση των καθημερινών αναγκών μετακίνησης. Είναι λοιπόν προφανές πως η εκτίμηση του κόστους εξαρτάται άμεσα από την ακρίβεια εκτίμησης της συνάρτησης μεταφοράς.

Γίνεται λοιπόν ο διαχωρισμός ανάμεσα στην συνάρτηση μεταφοράς και στην συνάρτηση κόστους. Στη συγκεκριμένη έρευνα θα γίνει μελέτη τριών συναρτήσεων οι οποίες θα μορφοποιηθούν ώστε να αποδίδουν τα πιο ακριβοί αποτελέσματα αυτές είναι οι παρακάτω

- Συνάρτηση Μεταφοράς
- Συνάρτηση Κόστους Μεταφοράς
- Συνάρτηση Κόστους Επιβάτη

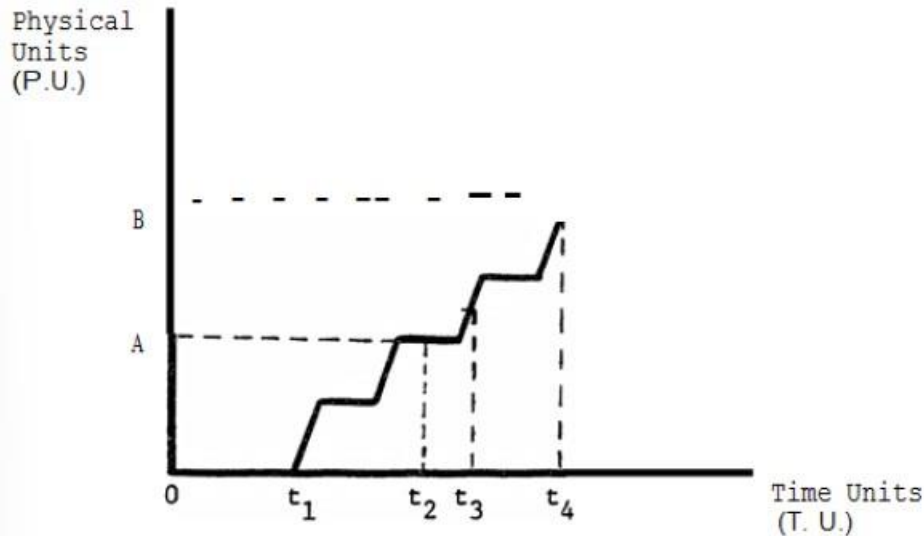
#### 4.1.1.1 Συνάρτηση Μεταφοράς

Πριν καταλήξουμε στη συνάρτηση μεταφοράς, πρέπει πρώτα να οριστεί η έννοια της μεταφοράς. Ως μεταφορά ορίζεται «η διαδικασία ή το αποτέλεσμα, άμεσο ή έμμεσο της φυσικής αλλαγής θέσης ενός προϊόντος υλικού ή μη από μία συγκεκριμένη θέση. Πιο απλά είναι η μετατόπιση κάποιας φυσικής οντότητας που έχει κάποια προέλευση στο χωρόχρονο σε έναν συγκεκριμένο προορισμό στο διάστημα» (Μητρόπουλος,2022) [20].

Προκειμένου να μετρηθεί η μεταφορική διαδικασία, δεν δύναται να συγκριθεί με μια ποσότητα αναφοράς, όπως οι μονάδες μέτρησης. Μια παραγωγική διαδικασία είναι πιο περίπλοκη και χρειάζονται οι μονάδες ροής. Δεν δύναται, επίσης, να χρησιμοποιηθεί η ίδια συνάρτηση για την περιγραφή κάθε μεταφορικής διαδικασίας λόγω της επιρροής κάθε συνάρτησης από την έννοια που καλείται να περιγράψει.

Οι κύριες μεταβλητές ενός συστήματος μεταφοράς είναι οι μεταβλητές της προέλευσης, του προορισμού και της χρονικής διάρκειας της μεταφοράς. Οι μονάδες οντότητας που μεταφέρονται από ένα μέρος (προέλευση) σε ένα άλλο (προορισμός) σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα αποτελούν την ένταση ροής αυτού του απλουστευμένου συστήματος.

Ο Jara Diaz (1981) [27] δημιούργησε ένα διάγραμμα ροής μέσα από το οποίο περιγράφεται η έννοια της μεταφορικής διαδικασίας και η ένταση ροής. Από το ακόλουθο διάγραμμα διαφαίνεται πως η ποσότητα των μεταφερόμενων οντοτήτων είναι ανάλογη του χρονικού διαστήματος κατά το οποίο αυτές μεταφέρονται.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα περιγραφής μεταφορικής διαδικασίας [27]

Ένταση ροής στο σημείο A:  $[P.U./T.U.] = 0$

Ένταση ροής στο  $t_3$ :  $[P.U./T.U.] = \varphi(\alpha)$

Μέση ένταση ροής  $t_1+t_2$ :  $[P.U./T.U.] = A / (t_2-t_1)$

Μέση ένταση ροής  $t_1+t_4$ :  $[P.U./T.U.] = B / (t_4-t_1)$

#### 4.1.1.2 Συνάρτηση χρόνου μεταφοράς

Στα παραγωγικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων των μεταφορικών, η ποσότητα προϊόντων που παράγεται σχετίζεται με μια πληθώρα συντελεστών οι οποίοι μέσω παραγωγικής διαδικασίας καταλήγουν σε επιθυμητό αποτέλεσμα. Κατά την έρευνα ενός μηχανικού, υπάρχουν συντελεστές που επιδέχονται μεταβολής και άλλοι που είναι ορισμένοι από υπάρχουσες σχέσεις. Σε μια μεταφορική διαδικασία, οι βασικές σχέσεις, που την επηρεάζουν, αφορούν τους σταθμούς προέλευσης και προορισμού και τις μεταξύ τους αποστάσεις. Έπειτα, σημαντικά είναι τα χαρακτηριστικά του στόλου που απασχολείται, όπως είναι η χωρητικότητα των οχημάτων, η ταχύτητα που αναπτύσσουν και κάποιοι ανεξάρτητοι και ανεπηρέαστοι παράγοντες που προκύπτουν από τα χιλιάδες στατιστικά στοιχεία που συγκεντρώνουν οι κατασκευαστικές εταιρίες ανά τα χρόνια κυκλοφορίας των οχημάτων τους. Συνδυάζοντας στοιχεία που προαναφέρθηκαν μπορεί να προκύψει μία εξίσωση κόστους, αντιπροσωπευτική του συγκεκριμένου συστήματος.

Ορίζεται, λοιπόν, ένα σύστημα σταθερής συχνότητας κυκλικής τροχιάς αποτελούμενο από πανομοιότυπα οχήματα εναλλάξιμα μεταξύ τους. Στην παρούσα μελέτη θα κληθούμε να



συμπεριλάβουμε στοιχεία που δεν αμφισβητούνται αλλά και άλλα για τα οποία θα κάνουμε κάποιες παραδοχές, διότι δεν ορίζονται αυστηρά στην έκταση της έρευνάς μας.

Θεωρείται πως κάθε δρομολόγιο, εντός του συγκεκριμένου συστήματος, έχει μοναδικό σταθμό προέλευσης και 10 διαθέσιμους προορισμούς. Ως μεταφερόμενη οντότητα είναι οι επιβάτες – κάτοικοι των εξυπηρετούμενων περιοχών. Στον ακόλουθο πίνακα αναφέρονται οι μεταβλητές βάσει των οποίων δημιουργήθηκε το σύστημα μεταφοράς στην παρούσα μελέτη.

Πίνακας 4.1: Μεταβλητές μοντέλου

Περιγραφή παραμέτρου	Κωδική Ονομασία	Μονάδα Μέτρησης
Μέση απόσταση μεταξύ στάσεων	D	km
Ταχύτητα μέσου	V	km/h
Διάρκεια ταξιδιού	T	h
Χρόνος επιβίβασης - αποβίβασης	BT	min
Χρόνος αναμονής	LT	min
Αριθμός στάσεων	NS	-
Αριθμός δρομολογίων ημερησίως	BN	-
Διαθέσιμος στόλος	M	-
Χωρητικότητα σε επιβάτες	P	Pax/veh
Διάρκεια φόρτισης	Tc	min
Κόστος φορτιστή + συντήρηση	Cc	€
Κόστος ντιζελοκίνητου	Cd	€
Κατανάλωση	DI	l/km
Κόστος μπαταριών	Cb	€
Κόστος πετρελαίου / λίτρο	Co	€
Κόστος εργατοώρας	Cw	€
Τιμή εισιτηρίου	Ct	€
Κατανάλωση ρεύματος	De	kWh/km
Κόστος καυσίμου	Cf	€
Τιμή ρεύματος	E	€/kWh

Έτσι ο χρόνος ταξιδιού ενός πούλμαν από την αφετηρία του έως τον προορισμό του προκύπτει από τη σχέση:

$$T = NS * \left( \frac{D}{V} + BT \right) + LT \quad (4.1)$$

$$\text{όπου } LT = \max \left( BT, \frac{Tc}{BN} \right)$$

$$\text{Επιβάτες ανά δρομολόγιο } P = \frac{P}{M * BN} \quad (4.2)$$

Η μετατροπή της εξίσωσης μεταφοράς σε εξίσωση κόστους γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω μεταβλητές και άλλες που θα αναφερθούν παρακάτω.

## 4.2 Παραδοχές

Ο υπολογισμός κάποιων στοιχείων κόστους γίνεται βάσει ορισμένων παραδοχών που έγιναν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

Οι Castellanos και λοιποί (2019) [28] συνέταξαν έναν οδηγό προς τις πόλεις και τις επιχειρήσεις που επιθυμούν τη μετάβαση σε ηλεκτροκίνηση. Διευκρινίζουν πως «πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το υφιστάμενο δίκτυο κυκλοφορίας με τους περιορισμούς και τα οφέλη, η ανάλυση του κόστους και των κερδών του εγχειρήματος και να γίνεται σχεδιασμός των υποδομών».

Στη συγκεκριμένη μελέτη επισημαίνεται πως δεν υφίσταται δίκτυο φόρτισης καθώς ούτε η εταιρία των ΚΤΕΛ έχει πραγματοποιήσει το έργο ούτε και κάποια άλλη εταιρία έχει τοποθετήσει φορτιστές κατά μήκος του οδικού δικτύου. Θα μπορούσαμε αυθαίρετα να τοποθετήσουμε σταθμούς φόρτισης σε όλο το μήκος δράσης των λεωφορείων ΚΤΕΛ. Ωστόσο, όπως επισημαίνεται στο άρθρο του Uslu (2021) [29] εκτός από την τοποθέτηση σταθμών στις αφετηρίες και στους τερματικούς σταθμούς, όταν οι αποστάσεις της μίας διαδρομής δεν υπερβαίνουν την χιλιομετρική αυτονομία, δεν είναι συμφέρουσα η τοποθέτηση περισσότερων σταθμών. Μάλιστα, από ένα σημείο και μετά, οι σταθμοί φόρτισης μόνο προστίθενται στο λειτουργικό κόστος της επιχείρησης καθώς η χρήση τους είναι έως και μηδενική. Επιπλέον, η τοποθέτηση φορτιστών σε ενδιάμεσα σημεία – στάσεις θα προκαλούσε κυκλοφοριακό πρόβλημα καθώς οι στάσεις βρίσκονται επί των οδών και δεν υπάρχει χώρος στάθμευσης πούλμαν. Στο ίδιο άρθρο (Uslu,2021) συμπεραίνεται πως, ενώ η μείωση του κόστους είναι σημαντική για αύξηση της διάρκειας φόρτισης από τα 30 στα 60 λεπτά, για πιο μακροχρόνιες φορτίσεις δεν υπάρχει σχεδόν καμία επίπτωση στο λειτουργικό κόστος.

Θεωρούμε, λοιπόν, σταθμούς φόρτισης στους τερματικούς σταθμούς: στο Σταθμό Νομισματοκοπείο, στο Θησείο, στο Πεδίον Άρεως, στον Ωρωπό, την Αγία Μαρίνα, τα Μέγαρα και το Σούνιο. Θεωρείται, επίσης, ότι η διάρκεια της φόρτισης θα είναι μισή ώρα.

Στα βενζινοκίνητα λεωφορεία που κυκλοφορούν στην Ευρώπη, η κατανάλωση υπολογίζεται στα 25 λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα, σύμφωνα με δημοσίευση στην επίσημη ιστοσελίδα του μη κυβερνητικού Διεθνούς Οργανισμού Καθαρής Μετακίνησης (International Council on Clean Transportation)[30]. Το ντεπόζιτο ενός ντιζελοκίνητου πούλμαν έχει δυνατότητα αποθήκευσης 400 λίτρων καυσίμου. Η αυτονομία, δηλαδή, αγγίζει τα 1600 χιλιόμετρα με μία γεμάτη δεξαμενή καυσίμων. Αυτό σημαίνει ότι παρόλο που ένα πούλμαν μπορεί να ανεφοδιαστεί με καύσιμα κατά τη διάρκεια της βάρδιας του, θεωρείται μηδενικός ο χρόνος παρόλα τα 5 λεπτά που χρειάζεται περίπου.

Αντίθετα, στα ηλεκτροκίνητα οχήματα ο χρόνος ανεφοδιασμού θα ληφθεί ίσος με 30 λεπτά ανά 200 χιλιόμετρα που είναι η ελάχιστη εργοστασιακή αυτονομία που παρέχεται από τις εταιρίες κατασκευής πούλμαν, καθώς η εργοστασιακή αυτονομία επιτυγχάνεται σε ιδανικές συνθήκες που δεν συναντώνται στο οδικό δίκτυο. Από τα ακόλουθα δεδομένα της συγκεκριμένης μελέτης προκύπτει πως θα ληφθούν καθυστερήσεις 30 λεπτών ανά 2 διαδρομές ενός οχήματος.

Τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν από την επιχείρηση αναφέρουν τα συνολικά χιλιόμετρα που διανύθηκαν από τα λεωφορεία στο σύνολο των γραμμών καθώς και τα έξοδα της εταιρίας. Κατά την προετοιμασία της συγκεκριμένης μελέτης, έγινε δυνατή η αναγωγή των δεδομένων σε κόστος λεωφορείου ανά χιλιόμετρο και διαχωρίστηκαν ώστε να βρεθούν τα πάγια έξοδα της επιχείρησης για κάθε τρίμηνο. Θεωρούνται τελικά 144,784 € ως πάγια έξοδα τριμήνου.

Τα δρομολόγια που πραγματοποιούνται θεωρούνται σχεδόν μέγιστης πληρότητας με 50 επιβάτες, λόγω της βελτιστοποίησης που έχει επέλθει από την εταιρία στο πρόγραμμα δρομολογίων ανά τα έτη λειτουργίας της. Η επιχείρηση αναφέρει 50 επιβάτες ανά δρομολόγιο σε όλα τα στοιχεία που μας παραχώρησε και θα πορευτούμε με αυτό τον ισχυρισμό και για το μέλλον. Επιπλέον, ως ταχύτητα των λεωφορείων επιλέχθηκε η μέση ταχύτητα κίνησης λεωφορείων – πούλμαν εντός αστικού ιστού που είναι ίση με 70 χιλιόμετρα την ώρα.

Άλλη μια παραδοχή είναι η μέση απόσταση ανά στάση για τα διαθέσιμα δρομολόγια των ΚΤΕΛ Ν. Αττικής που προκύπτει σε 7,61 χιλιόμετρα.

Ο Wang (2014) [31] αναφέρει πως στη χρονική διάρκεια ενός ταξιδιού περιλαμβάνεται και η αναμονή για επιβίβαση στη στάση προσθέτοντας 10 λεπτά κατά μέσο όρο.

Στην παρούσα έρευνα θα μελετηθούν τα δρομολόγια που ξεκινούν από το Σταθμό Νομισματοκοπείο και καταλήγουν στη Ραφήνα και στο Σούνιο από τα Μεσόγεια. Τα δρομολόγια επιλέχθηκαν επειδή μεταφέρουν τους περισσότερους επιβάτες ημερησίως λόγω ζήτησης και συχνότητας δρομολογίων.

Η τιμή του εισιτηρίου που υποχρεούται να πληρώσει κάθε επιβάτης διαφέρει λόγω της διαφορετικής δυναμικής που παρουσιάζει κάθε προορισμός. Για την εξυπηρέτηση της μελέτης υπολογίστηκε ο σταθμικός μέσος όρος ανάλογα με τη ζήτηση κάθε στάσης ώστε να προσεγγιστεί το σύστημα πιο ρεαλιστικά. Οι τιμές των εισιτηρίων για κάθε στάση φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 4.2: Υπάρχουσες τιμές εισιτηρίων

Προορισμός	Τιμή εισιτηρίου (€)	Προορισμός	Τιμή εισιτηρίου (€)
<b>Στ. Νομισματοκοπείο</b>	-	<b>Στ. Νομισματοκοπείο</b>	-
<b>Παλλήνη</b>	1.6	<b>Κορωπί</b>	2.2
<b>Πικέρμι</b>	1.8	<b>Μαρκόπουλο</b>	2.7
<b>Ραφήνα</b>	2.4	<b>Πόρτο Ράφτη</b>	3.7
<b>Άγιος Νικόλαος</b>	2.8	<b>Καλόβια</b>	3.2

<b>Νέα Μάκρη</b>	2.9	<b>Κουβαράς</b>	3.6
<b>Ανατολή</b>	3.2	<b>Κερατέα</b>	3.6
<b>Μαραθώνας</b>	3.7	<b>Πλάκα</b>	4.4
<b>Γραμματικό</b>	4.4	<b>Ανάβυσσος</b>	4.7
<b>Κάτω Σούλι</b>	4.4	<b>Λαύριο</b>	4.9
<b>Αγία Μαρίνα</b>	5.2	<b>Σούνιο</b>	5.7

Ο σταθμικός μέσος περιγράφεται από την εξίσωση: 
$$X = \frac{\sum_{i=1}^K (w_i * C_t)}{\sum_{i=1}^K w_i} \quad (4.3)$$

Όπου  $w_i$  η μέση ετήσια ζήτηση που κατέγραψε ο προορισμός τη χρονική περίοδο 2015-2019 και  $C_t$  το εκάστοτε καταβαλλόμενο τίμημα για κάθε προορισμό.

Έτσι προέκυψε πως ο σταθμικός μέσος του εισιτηρίου στις γραμμές που μελετώνται είναι 3,11 € ανά επιβάτη.

Συνοψίζοντας προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας:

Πίνακας 4.3: Παραδοχές επί των τιμών μεγεθών

Χωρητικότητα P	50 pax/veh
Μέση απόσταση D	7.61 km
Ταχύτητα V	70 km/h
Χρόνος αναμονής – επιβίβασης BT	10 min
Πάγια έξοδα τριμήνου Π	144,784 €
Κατανάλωση ντιζελοκίνητου DI	0.33 l/km
Χρόνος φόρτισης Tc	30 min
Τιμή εισιτηρίου Ct	3.11 €

### 4.3 Συνάρτηση κόστους διαχειριστή

Έχοντας επισημάνει σημαντικά στοιχεία που αφορούν τη μελέτη, διαμορφώνεται η συνάρτηση κόστους για το διαχειριστή των ΚΤΕΛ. Το λειτουργικό κόστος του συστήματος διακρίνεται σε δύο κατηγορίες.

Από τη μία υπάρχουν τα πάγια έξοδα που αποτελούν μηνιαίες υποχρεώσεις του διαχειριστή ανεξαρτήτως επιβατικής κίνησης, εσόδων ή γενικά λειτουργίας της επιχείρησης. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα έξοδα συντήρησης, οι μισθοδοσίες των εργαζομένων, τα ενοίκια για τα κτίρια που στεγάζεται η εταιρία, τις μηνιαίες δόσεις δανείων και άλλα.

Από την άλλη υπάρχουν τα έξοδα λιπαντικών και καυσίμων που εξαρτώνται άμεσα από τις χιλιομετρικές αποστάσεις που διανύει ο στόλος της εταιρίας. Τα έξοδα των καυσίμων είναι πολύ δύσκολο να περιοριστούν ή να μεταβληθούν από το διαχειριστή χωρίς να προβεί σε μεγαλύτερες αλλαγές του προγράμματος δρομολογίων καθώς επηρεάζονται από άλλους παράγοντες, όπως έχει ήδη αναφερθεί.

#### 4.4 Συνάρτηση κόστους καυσίμων

##### 4.4.1.1 Με ντιζελοκίνητα πούλμαν

Το κόστος της λειτουργίας της επιχείρησης ανά τρίμηνο προκύπτει ως

$$CM = \Pi + Cf * M \quad (4.4)$$

Όπου Cf το κόστος του καυσίμου που διακρίνεται σε πετρέλαιο Cd και ηλεκτρική ενέργεια Ce.

Στην περίπτωση της λειτουργίας με πετρέλαιο κίνησης, η κατανάλωση κάθε οχήματος ανά διαδρομή αναλύεται σε

$$\text{Κόστος πετρελαίου: } Cd = Co * Di * D * NS \quad (4.5)$$

Για το διαχειριστή, τα μόνα έσοδα είναι οι εισπράξεις των εισιτηρίων των επιβατών για τα οποία ισχύει

$$Ct = 1.3 * \frac{Cd * D * NS}{P} = 0.0786 * D * NS \quad (4.6)$$

Όπου 0,0786 είναι ο χιλιομετρικός συντελεστής που έχει ορίσει η εταιρία ώστε να καλύπτει τα πάγια έξοδά της, τη συντήρηση των οχημάτων και το πετρέλαιο κίνησης. Δεν θα ληφθεί υπόψη ο αριθμητικός συντελεστής στην παρούσα εργασία. Επιλέχθηκε ο συντελεστής 1,3 για την προσαύξηση της τιμής του εισιτηρίου ώστε να καλυφθεί ένα πιθανό κέρδος για το διαχειριστή. Το περιθώριο κέρδους της τάξης του 30% φαίνεται μεγάλο, ωστόσο σε αυτό περιλαμβάνεται και το κόστος αναλώσιμων ειδών όπως τα λιπαντικά και άλλα.

Το συνολικό κόστος του διαχειριστή σε τρίμηνη βάση προκύπτει ως

$$AC = -\Pi - Cd * BN * 90 + P * Ct \quad (4.7)$$

#### 4.4.1.2 Με ηλεκτρικά πούλμαν

Σε περίπτωση λειτουργίας με ηλεκτροκίνηση, το μέσο κίνησης είναι το ηλεκτρικό ρεύμα για το οποίο ισχύει:

$$\text{Κόστος ρεύματος: } C_e = E * De * D * NS \quad (4.8)$$

Όπου  $De$  είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αν αναχθεί στην κατανάλωση του φορτιστή κατά τη φόρτιση. Θα ληφθεί 2.5, 4 και 6 kWh/km λόγω διαφορετικών χαρακτηριστικών στα διαθέσιμα μοντέλα οχημάτων.

Κατά την μετάβαση στα ηλεκτρικά πούλμαν το εισιτήριο των επιβατών θα διαφοροποιηθεί για να αντικατοπτρίζει τη νέα τάξη πραγμάτων που θα περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση. Επιλέχθηκε ο συντελεστής 1,3 για την προσαύξηση της τιμής του εισιτηρίου ώστε να καλυφθεί ένα πιθανό κέρδος για το διαχειριστή.

$$Ct' = 1.3 * Ce * \frac{D*NS}{P} \quad (4.9)$$

Η συντήρηση των οχημάτων ηλεκτροκίνησης είναι πολύ οικονομικότερη καθώς δεν υπάρχουν τριβές στον κινητήρα του οχήματος. Τα έξοδα συντήρησης στα υπόλοιπα μέρη του αμαξώματος θεωρούνται ίδια καθώς δεν έχει αλλάξει ο τρόπος πέδησης ή οι ηλεκτρονικές λειτουργίες του λεωφορείου, όπως η ψύξη και η θέρμανση. Στα έξοδα της εταιρίας, άλλωστε, το μεγαλύτερο μέρος καταλαμβάνουν μέρη που καταπονούνται από το υλικό εσωτερικής καύσης. Αυτό, επιπλέον, συμβαίνει λόγω της παλαιότητας του στόλου των ΚΤΕΛ Ν. Αττικής, ενώ με ένα νέο στόλο αυτά τα προβλήματα ελαχιστοποιούνται. Ταυτόχρονα οι μπαταρίες έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και παρόλο που το κόστος αντικατάστασης των μπαταριών είναι ακόμη υψηλό, μειώνεται διαρκώς. Σε ένα ηλεκτρικό πούλμαν με χωρητικότητα μπαταρίας 350 kWh απαιτούνται έως και 45.000 € για να αντικατασταθεί η μπαταρία. Η διάρκεια ζωής, ωστόσο, είναι τα 10 έως 15 χρόνια ανάλογα με τη χρήση και έτσι το κόστος μοιάζει αμελητέο λόγω απόσβεσης (Wang, 2014)[31].

Το κόστος των φορτιστών ηλεκτρικών πούλμαν είναι ένα επιπλέον κόστος το οποίο πρέπει να συμπεριληφθεί. Ένας φορτιστής, σύμφωνα με δημοσιευμένο άρθρο στο περιοδικό Bloomberg New Energy Finance, κοστίζει περί τα 30.000 € έως 50.000 €. Η απόφαση, όμως, της Ευρωπαϊκής Ένωσης να αντικατασταθούν τα συμβατικά οχήματα με ηλεκτρικά έχει οδηγήσει στην έγκριση χρηματοδοτήσεων και τελικά οι φορτιστές των λεωφορείων μπορεί να κοστίσουν έως και 10.000 € κατ' ελάχιστο, κόστος αμελητέο για μια επιχείρηση.

Σε γενικά πλαίσια, μέσα από έρευνα και αναγωγή του κόστους ενός ηλεκτρικού πούλμαν συγκριτικά με ένα ντιζελοκίνητο, το κόστος του ηλεκτρικού είναι μικρότερο του 45% του αντίστοιχου ενός συμβατικού. Το κόστος των αναλώσιμων εξαρτημάτων που προαναφέρθηκαν συμπεριλαμβάνονται στο συντελεστή 1,3 που επιλέχθηκε στην εξίσωση (4.9) και επιλέχθηκε για ίση σύγκριση με τα ντιζελοκίνητα.

Το συνολικό κόστος του διαχειριστή σε τρίμηνη βάση προκύπτει ως

$$AC = -\Pi - Ce * BN * 90 + P * Ct' \quad (4.10)$$

#### 4.5 Συνάρτηση κόστους επιβάτη

Στις μεταφορές, το γενικευμένο κόστος μετακίνησης είναι το άθροισμα του χρηματικού και μη χρηματικού κόστους. Το χρηματικό κόστος είναι το χρηματικό τίμημα που καλείται να καταβάλει όποιος θέλει να μετακινηθεί και το ποσό αυτό μεταβιβάζεται από τον μεταφερόμενο στον πάροχο της μετακίνησης. Ένα τέτοιο κόστος μπορεί να είναι το κόμιστρο αστικών συγκοινωνιών, το εισιτήριο ενός πλοίου ή ενός αεροπλάνου, τα διόδια, το κόστος του καυσίμου για κάποιον που μετακινείται με ιδιωτικό όχημα ή το αντίτιμο για στάθμευση.

Το γενικευμένο κόστος, αντιθέτως, κοστίζει έμμεσα στον μεταφερόμενο καθώς συνδέεται με το κόστος ευκαιρίας. Το μη χρηματικό κόστος μετακίνησης αναφέρεται στο χρόνο που διαρκεί η μετακίνηση αντί να αξιοποιείται διαφορετικά, στην αναξιοπιστία που διακατέχει ένα μετακινούμενο όχημα ως προς τους χρόνους άφιξης, στις καθυστερήσεις και λοιπά. Ως κόστος αναφέρεται και η δυσκολία στην εύρεση θέσης καθήμενου ή στην άνεση που δημιουργεί η συχνότητα των δρομολογίων. Γενικότερα, το μη χρηματικό κόστος αντικατοπτρίζει το ποσό που θα ήταν διατεθειμένος να πληρώσει ένας επιβάτης προκειμένου να μην υποστεί αυτή την καθυστέρηση ή το ποσό με το οποίο θα ήταν ικανοποιημένος αν αποζημιωνόταν για την ταλαιπωρία του. Στη συγκεκριμένη μελέτη, το κόστος για μία ώρα καθυστέρηση ορίζεται στα  $C_w=7$  €, όσο και η ωρομίσθια πληρωμή του επιβάτη, αν αντί της μετακίνησης εργαζόταν.

Επομένως, το κόστος μιας μετακίνησης για τον επιβάτη εκφράζεται ως εξής:

$$PC = Ct + LT * Cw \quad (4.11)$$

#### 4.6 Μεθοδολογία

Στη συγκεκριμένη μελέτη, τα τρία ενδεχόμενα σενάρια αφορούν αλλαγές στη ζήτηση της μετακίνησης εφαρμόζοντας τρεις διαφορετικές στρατηγικές, κοινές και για τα τρία. Οι στρατηγικές που ακολουθούνται, αφορούν τη διαφοροποίηση στον τύπο των οχημάτων που αναμένεται να παράσχουν τις υπηρεσίες της υπό μελέτη εταιρίας. Η χρονική βάση εφαρμογής της μεθόδου είναι οι τρεις μήνες όπως και σε όλη την έκταση της έρευνας και των διαθέσιμων δεδομένων.

- Στρατηγική 1: Ο στόλος της επιχείρησης αποτελείται εξ ολοκλήρου από συμβατικά ντιζελοκίνητα πούλμαν. Ορίστηκαν 15 δρομολόγια ημερησίως.
- Στρατηγική 2: Ο στόλος της εταιρίας αντικαθίσταται πλήρως από ηλεκτροκίνητα οχήματα μεγάλων αποστάσεων.
- Στρατηγική 3: Μεικτός στόλος ίσου διαμοιρασμού σε συμβατικά και ηλεκτρικά πούλμαν.

#### **4.6.1.1 Σενάριο 1**

Στο πρώτο σενάριο εφαρμόστηκε η προβολή της υπάρχουσας τάσης των μετακινήσεων με μείωση κατά 2% ανά έτος έως το 2030. Η πρόβλεψη βασίζεται σε στοιχεία και δεδομένα παλαιότερων ετών όπως παραχωρήθηκαν από τη διοίκηση της επιχείρησης.

#### **4.6.1.2 Σενάριο 2**

Στο δεύτερο σενάριο χρησιμοποιήθηκε η πρόβλεψη με αυξητική τάση της τάξης του 0,5% ανά έτος. Η παράμετρος αυτή θέτει ένα πιο ευόιονο μέλλον για την εταιρία παρότι αυθαίρετη. Μια νέα στρατηγική κίνηση, όμως, όπως είναι η αντικατάσταση του στόλου και ο απόλυτος εκσυγχρονισμός δεν μπορεί παρά να γεννήσει μια ελπίδα για την εταιρία. Ελπίδα όλων πως θα προσελκυσθεί μεγαλύτερος αριθμός επιβατών και θα ανακοπεί η φθίνουσα πορεία.

#### **4.6.1.3 Σενάριο 3**

Στο τρίτο και τελευταίο σενάριο γίνεται μείξη των παραπάνω σεναρίων, η οποία είναι και πιο πιθανή μέσα από το συνδυασμό περισσότερων παραμέτρων. Έτσι για το πρώτο και το τέταρτο τρίμηνο εφαρμόζεται το σενάριο της φθίνουσας τάσης λόγω αποκλειστικής χρήσης των γραμμών από μόνιμους κατοίκους και κατοίκους χωρίς άλλο πιθανό μέσο μεταφοράς. Για το δεύτερο και τρίτο τρίμηνο εισάγεται το βέλτιστο σενάριο της αυξητικής τάσης λόγω των επιπλέον εποχιακών χρηστών που ίσως επιλέγουν το μέσο έναντι άλλου χωρίς υποχρέωση.

Η μελέτη ευελπιστεί να καλύψει όλα τα πιθανά σενάρια εξέλιξης της μεταφορικής ζήτησης για τα ΚΤΕΛ Ν. Αττικής. Ακόμη και αν δεν γίνει πρόβλεψη της μελλοντικής κατάστασης επιτυχώς, μέσα από αυτό το κείμενο μπορεί να δοθεί μια πιο ξεκάθαρη εικόνα στον αναγνώστη και να υπολογιστούν πιθανές επιπτώσεις των προτεινόμενων αλλαγών τόσο στο διαχειριστή όσο και στον πιθανό επιβάτη.



## 5. Αποτελέσματα

### 5.1 Αποτελέσματα Στρατηγικής 1

Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή του μοντέλου στα ακόλουθα σενάρια.

Πίνακας 5.1: Τιμές δεδομένων εισόδου

Περιγραφή παραμέτρου	Κωδική Ονομασία	Τιμή
Σύνολο εξυπηρετούμενων στάσεων		65
Μέση απόσταση μεταξύ στάσεων	D	7,61 km
Ταχύτητα μέσου	V	70 km/h
Διάρκεια ταξιδιού	T	
Χρόνος επιβίβασης - αποβίβασης	BT	10 min
Αριθμός στάσεων	NS	10
Αριθμός δρομολογίων ημερησίως	BN	15
Διαθέσιμος στόλος	M	136
Χωρητικότητα σε επιβάτες	P	50
Διάρκεια φόρτισης	Tc	30 min
Κόστος φορτιστή + συντήρηση	Cc	-
Κόστος ντιζελοκίνητου	Cd	
Κατανάλωση	DI	0.33 l/km
Κόστος μπαταριών	Cb	
Κόστος πετρελαίου / λίτρο	Co	2,149 €/l
Κόστος εργατοώρας	Cw	7 €
Τιμή εισιτηρίου	Ct	-
Κόστος ρεύματος	Ce	
Τιμή ρεύματος	E	0.045 €/kWh
Κατανάλωση ρεύματος	De	2.5, 4 ή 6 kWh/km
Πάγια έξοδα	Π	144784 €

### 5.1.1.1 Αποτελέσματα σεναρίου 1

Στο σενάριο 1 θεωρείται πως το 2030 ο στόλος των ΚΤΕΛ Ν. Αττικής θα αποτελείται εξ ολοκλήρου από συμβατικά ντιζελοκίνητα πούλμαν, όπως και στα επόμενα σενάρια της Στρατηγικής 1.

Η ζήτηση που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέση μετακίνηση για το σύνολο της γραμμής όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.2: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 1 σεναρίου 1 – Προβολή επιβατών 2030

ΠΡΟΒΟΛΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	14410	18111	20858	15868
Σούνιο	18421	23153	26665	20286

Τα πάγια έξοδα της επιχείρησης υπολογίστηκαν σε διάστημα τριμήνου στα 20683,4 € για καλύτερη σύγκριση στην ίδια χρονική βάση και για κάθε γραμμή ξεχωριστά.

Το κόστος του καυσίμου υπολογίστηκε στα 53,97 € για κάθε διαδρομή από την αφετηρία έως τον τελικό προορισμό.

Το κόστος του εισιτηρίου προέκυψε από την προβολή των επιβατών για το έτος 2030 ως εξής:

Πίνακας 5.3: Τιμή εισιτηρίου – Συμβατικά πούλμαν – Προβολή επιβατών

Τιμή εισιτηρίου για προβολή επιβατών				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	6.32	5.03	4.37	5.74
Σούνιο	5.14	4.09	3.55	4.67



Σχήμα 5.1: Τιμή εισιτηρίου – Προβολή επιβατών

Ο μέσος όρος των τιμών εισιτηρίων είναι 5,58 € για τη Ραφήνα και 4,36 € για το Σούνιο. Η σημερινή τιμή είναι 3,11 € όπως προέκυψε από το σταθμικό μέσο. Αυτό σημαίνει ότι προκειμένου

να είναι, σε λογικά πλαίσια, επικερδής η επιχείρηση το εισιτήριο πρέπει να αυξηθεί κατά 79% και κατά 40% αντίστοιχα, τιμές απαγορευτικές ειδικά για τη Ραφήνα.

Έτσι στην περίπτωση της Ραφήνας, το κέρδος του διαχειριστή, μετά από αύξηση 79% στα εισιτήρια, αναμένεται να είναι 3025,53 € κατά μέσο όρο. Αντιθέτως, αν διατηρηθεί η σημερινή τιμή, η επιχείρηση αντιμετωπίζει ζημιές της τάξης των 39699,81 € κατά μέσο όρο ανά τρίμηνο, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 5.2: Κέρδος διαχειριστή Ραφήνα– Προβολή επιβατών

Πίνακας 5.4: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 1 - Ραφήνα

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή της Ραφήνας με προβολή επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Εισιτήριο 5,58€	-13162.08	7484.50	22806.99	-5027.28
Εισιτήριο 3,11€	-48725.23	-37213.71	-28670.65	-44189.67
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή της Ραφήνας</b>				
Εισιτήριο 5,58€	26.02			
Εισιτήριο 3,11€	23.55			

Επιπλέον, υπολογίστηκε το κόστος που επιβαρύνει τον επιβάτη και αφορά, εκτός από το κόμιστρο, την οικονομική επίδραση της διάρκειας όλου του ταξιδιού. Παρατηρείται ότι την παρούσα περίοδο το κόστος που επιβαρύνει τον επιβάτη ανέρχεται στα 23,55€ και με την αύξηση του εισιτηρίου θα φτάσει τα 26,02€.

Αντίστοιχα, για τη γραμμή με προορισμό το Σούνιο τα αποτελέσματα του σεναρίου φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 1 - Σούνιο

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή του Σουνίου με προβολή επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Εισιτήριο 4,36 €	-13222.43	7408.66	22719.64	-5093.73
Εισιτήριο 3,11 €	-36249.26	-21533.04	-10611.68	-30451.04
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή του Σουνίου</b>				
Εισιτήριο 4,36€	24.80			
Εισιτήριο 3,11€	23.55			



Σχήμα 5.3: Κέρδος διαχειριστή Σούνιο– Προβολή επιβατών

Στην περίπτωση του Σουνίου, με προβολή επιβατικής κίνησης και διατήρηση του κομίστρου στα σημερινά επίπεδα, ο διαχειριστής θα ζημιωθεί κατά 24711,25 € κατά μέσο όρο σε τρίμηνη βάση. Αν πραγματοποιηθεί αύξηση της τιμής εισιτηρίου, προβλέπεται κέρδος μέσου όρου 2953,04 € κάθε τρίμηνο. Το κόστος του επιβάτη, αντιθέτως, θα αυξηθεί από τα 23,55 € με βάση τη σημερινή τιμή, στα 24,67 €, δηλαδή κατά 4,7%.

Η πρόβλεψη της επιβατικής κίνησης με πτωτική τάση εμφανώς επηρεάζει την οικονομική κατάσταση του διαχειριστή. Παρόλο που η αύξηση του εισιτηρίου αποτελεί λύση για την επιβίωση της εταιρίας, απαιτείται τόσο μεγάλη αύξηση που καθίσταται επικίνδυνη για την ελκυστικότητα του μέσου. Είναι πιθανό να απομακρυνθεί μέρος των επιβατών και να επέλθει μεταγενέστερη ισορροπία σε χρήση αποκλειστικά και μόνο από επιβάτες που δεν έχουν τη δυνατότητα να μετακινηθούν με άλλο μέσο. Ωστόσο, σκοπός της εταιρίας είναι να συνεχίσει να αναπτύσσεται και όχι να μένει στάσιμη. Άλλωστε, περαιτέρω μείωση της ζήτησης θα οδηγούσε σε ακόμη μεγαλύτερα κόμιστρα.

### 5.1.1.2 Αποτελέσματα σεναρίου 2

Στο σενάριο 2 ο στόλος αποτελείται μόνο από συμβατικά ντιζελοκίνητα οχήματα αλλά η αναγωγή της επιβατικής κίνησης στο έτος – στόχο έγινε με τη διαδικασία της πρόβλεψης και αυξητική τάση της τάξης του 0,5%.

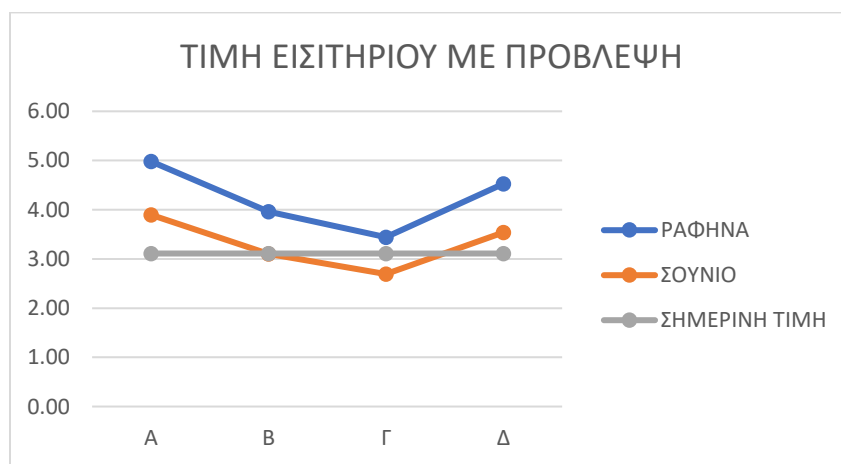
Πίνακας 5.6: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 1 σεναρίου 2 – Πρόβλεψη επιβατών 2030

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	19011	23894	27518	20935
Σούνιο	24303	30546	35179	26763

Τα πάγια έξοδα της επιχείρησης και το κόστος του καυσίμου diesel παραμένουν ίδια με το σενάριο 1. Το κόστος του εισιτηρίου προέκυψε από την πρόβλεψη των επιβατών για το έτος 2030 ως εξής:

Πίνακας 5.7: Τιμή εισιτηρίου – Συμβατικά πούλμαν – Πρόβλεψη επιβατών 2030

	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	4.98	3.96	3.44	4.52
Σούνιο	3.90	3.10	2.69	3.54



Σχήμα 5.4: Τιμή εισιτηρίου – Πρόβλεψη επιβατών

Ο μέσος όρος των τιμών εισιτηρίων είναι 4,23 € για τη Ραφήνα και 3,31 € για το Σούνιο. Η σημερινή τιμή είναι 3,11 € όπως προέκυψε από το σταθμικό μέσο. Αυτό σημαίνει ότι προκειμένου να είναι, σε λογικά πλαίσια, επικερδής η επιχείρηση το εισιτήριο πρέπει να αυξηθεί κατά 36% και κατά 6% αντίστοιχα. Οι αυξήσεις αυτές θεωρούνται ανεκτές.

Έτσι στην περίπτωση της Ραφήνας, το κέρδος του διαχειριστή αναμένεται να είναι 3025,53 € κατά μέσο όρο. Αντιθέτως, αν διατηρηθεί η σημερινή τιμή, η επιχείρηση αντιμετωπίζει ζημιές της τάξης των 22509.25 € κατά μέσο όρο ανά τρίμηνο, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 5.5: Κέρδος διαχειριστή Ραφήνας – Πρόβλεψη επιβατών

Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 2 – Ραφήνα

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή της Ραφήνας με πρόβλεψη επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Εισιτήριο 4,23 €	-13162.08	7484.50	22806.99	-5027.28
Εισιτήριο 3,11 €	-34416.38	-19229.36	-7958.59	-28432.66
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή της Ραφήνας</b>				
Εισιτήριο 4,23 €	24.67			
Εισιτήριο 3,11 €	23.55			

Επιπλέον, υπολογίστηκε το κόστος που επιβαρύνει τον επιβάτη και αφορά, εκτός από το κόμιστρο, την οικονομική επίδραση της διάρκειας όλου του ταξιδιού. Παρατηρείται ότι την παρούσα περίοδο το κόστος που επιβαρύνει τον επιβάτη ανέρχεται στα 23,55 € και με την αύξηση του εισιτηρίου θα φτάσει τα 24,67 €.

Αντίστοιχα, για τη γραμμή με προορισμό το Σούνιο τα αποτελέσματα του σεναρίου φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.9: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 2 – Σούνιο

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή του Σουνίου με πρόβλεψη επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Εισιτήριο 4,23 €	-13162.08	7484.50	22806.99	-5027.28
Εισιτήριο 3,11 €	-17956.96	1457.97	15866.40	-10307.44
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή της Ραφήνας</b>				
Εισιτήριο 3,31 €	23.75			
Εισιτήριο 3,11 €	23.55			



Σχήμα 5.6: Κέρδος διαχειριστή Σουνίου – Πρόβλεψη επιβατών

Στην περίπτωση του Σουνίου, με πρόβλεψη επιβατικής κίνησης και διατήρηση του κομίστρου στα σημερινά επίπεδα, ο διαχειριστής θα ζημιωθεί κατά 2735,01 € κατά μέσο όρο σε τρίμηνη βάση. Αν πραγματοποιηθεί αύξηση της τιμής εισιτηρίου, προβλέπεται κέρδος μέσου όρου 3025,53 € κάθε τρίμηνο. Το κόστος του επιβάτη, αντιθέτως, θα αυξηθεί από τα 23,55 € με βάση τη σημερινή τιμή, στα 23,75 €, δηλαδή κατά 0,8%.

Η πρόβλεψη της επιβατικής κίνησης με αυξητική τάση εμφανώς επηρεάζει την οικονομική κατάσταση του διαχειριστή. Η ετήσια αύξηση κατά 0,5% στους αριθμούς των επιβατών δεν είναι σημαντική και παρατηρώντας τα κέρδη του διαχειριστή παρατηρείται ζημία αν διατηρηθεί η τιμή των εισιτηρίων. Με σχετικά μικρές αυξήσεις, όμως, τόσο η γραμμή της Ραφήνας όσο και η γραμμή του Σουνίου αποδίδουν κέρδη στην εταιρία. Αντιστοίχως, θα αυξηθεί η επιβάρυνση του επιβάτη αλλά εντός ανεκτών πλαισίων.

### 5.1.1.3 Αποτελέσματα σεναρίου 3

Στο συγκεκριμένο σενάριο τα πούλμαν που διαθέτει η εταιρία παραμένουν συμβατικά και η πρόβλεψη των επιβατών προκύπτει από ένα συνδυασμό των ανωτέρω τρόπων. Παρατηρείται πως υπάρχει αύξηση των επιβατών κατά το δεύτερο και τρίτο τρίμηνο που πιθανώς σχετίζεται με το βελτιωμένο καιρό ή/και θερινούς επισκέπτες, καθώς οι δύο υπό μελέτη γραμμές καταλήγουν σε παραλιακά μέρη. Ως μικτό αριθμό επιβατών, λοιπόν, θα επιλεγεί ο αριθμός επιβατών όπως προέκυψε κατά την προβολή για το Α' και Δ' τρίμηνο με μείωση κατά -2%, ενώ ο αριθμός των επιβατών που προέκυψαν κατά την πρόβλεψη για το Β' και Γ' τρίμηνο με αύξηση κατά 0,5% ανά έτος.

Πίνακας 5.10: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 1 σεναρίου 3 – Μίξη επιβατών 2030

ΜΕΙΚΤΗ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	14410	23894	27518	15868
Σούνιο	18421	30546	35179	20286

Το κόστος του καυσίμου παραμένει ίδιο με τα προηγούμενα σενάριο στα 53,97 €. Τα πάγια της εταιρίας ομοίως στα 20683,40 € ανά γραμμή και τρίμηνο.

Το κόστος του εισιτηρίου προέκυψε από την παραπάνω επιβατική κίνηση για το έτος – στόχο 2030 όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.



Σχήμα 5.7: Τιμή εισιτηρίου – Μεικτή κίνηση επιβατών

Πίνακας 5.11: Τιμή εισιτηρίου – Συμβατικά πούλμαν – Μεικτή κίνηση επιβατών

	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	6.57	3.96	3.44	5.97
Σούνιο	5.14	3.10	2.69	4.67

Ο μέσος όρος των τιμών εισιτηρίων είναι 4,99 € για τη Ραφήνα και 3,90 € για το Σούνιο. Η σημερινή τιμή είναι 3,11 €, όπως προέκυψε από το σταθμικό μέσο. Αυτό σημαίνει ότι προκειμένου να είναι επικερδής η εταιρία, το εισιτήριο θα αυξηθεί κατά 60% στην πρώτη γραμμή και κατά 25,4% στη δεύτερη. Η σχετική αύξηση στη γραμμή προς Ραφήνα είναι σημαντική.



Όσον αφορά τη Ραφήνα, το παρακάτω διάγραμμα εκφράζει το μέσο όρο των κερδών του διαχειριστή που είναι 8303,92 €. Αντιθέτως, σε περίπτωση που διατηρηθεί η σημερινή τιμή εισιτηρίου, αναμένεται ζημία 30025,71 € ανά τρίμηνο.

Πίνακας 5.12: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 3 – Ραφήνα

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή της Ραφήνας με μεικτή κίνηση επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Εισιτήριο 4,99 €	-21680.39	25615.66	43688.12	-14407.70
Εισιτήριο 3,11 €	-48725.23	-19229.36	-7958.59	-44189.67
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή της Ραφήνας</b>				
Εισιτήριο 4,99 €			25.43	
Εισιτήριο 3,11 €			23.55	



Σχήμα 5.8: Κέρδος διαχειριστή Ραφήνα – Μεικτή κίνηση επιβατών

Επιπλέον, υπολογίστηκε το κόστος που επιβαρύνει τον επιβάτη και αφορά, εκτός από το κόμιστρο, την οικονομική επίδραση της διάρκειας όλου του ταξιδιού. Παρατηρείται ότι την παρούσα περίοδο το κόστος που επιβαρύνει τον επιβάτη ανέρχεται στα 23,55 € και με την αύξηση του εισιτηρίου θα φτάσει τα 25,43 €.

Αντίστοιχα, για τη γραμμή με προορισμό το Σούνιο τα αποτελέσματα του σεναρίου φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.13: Αποτελέσματα Στρατηγικής 1 – Σεναρίου 3 – Σούνιο

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή του Σουνίου με μεικτή κίνηση επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Εισιτήριο 3,90 €	-21680.39	25615.66	43688.12	-14407.70
Εισιτήριο 3,11 €	-36249.26	1457.97	15866.40	-30451.04
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή του Σουνίου</b>				
Εισιτήριο 3,90 €			24.34	
Εισιτήριο 3,11 €			23.55	



Σχήμα 5.9: Κέρδος διαχειριστή Σούνιο – Μεικτή κίνηση επιβατών

Η μίξη της ζήτησης από προβολή και πρόβλεψη και η διατήρηση της τιμής του εισιτηρίου σε σημερινά επίπεδα, για τη γραμμή του Σούνιου, οδηγεί σε ζημία 12343,98 € ανά τρίμηνο για το διαχειριστή. Αν η τιμή αυξηθεί, προβλέπεται κέρδος 8303,92 € κατά μέσο όρο σε τρίμηνη βάση. Το κόστος του επιβάτη, από την άλλη, θα αυξηθεί από τα 23,55 € στα 24,34 €, δηλαδή κατά 3.3%.

Η μεικτή πρόβλεψη της επιβατικής κίνησης είναι ίσως η πιο ρεαλιστική απεικόνιση δεδομένου ότι λαμβάνει υπόψη τόσο την πτωτική τάση της ζήτησης βάσει δεδομένων όσο και τη δυνατότητα ανάπτυξης κατά του θερινούς μήνες. Η απότομη γωνία μεταβολής σε όλα τα διαγράμματα που προέκυψαν σε αυτό το σενάριο, εκφράζει την απότομη μεταβολή της ζήτησης, όπως αναμένεται βέβαια και από τα αριθμητικά αποτελέσματα. Η απότομη μεταβολή οδηγεί και σε περαιτέρω μεταβολή των εσόδων και άρα των κερδών. Το σενάριο αυτό αποφέρει σημαντική αύξηση στα κέρδη που αναμένονται μετά την αύξηση του κομίστρου. Μάλιστα, συγκριτικά με τα προηγούμενα σενάρια, προβλέπονται περίπου 5000 € περισσότερα κάθε τρίμηνο στα ταμεία της εταιρίας.

## 5.2 Αποτελέσματα Στρατηγικής 2

Στη στρατηγική 2 ο στόλος της εταιρίας αντικαθίσταται πλήρως από ηλεκτρικά οχήματα. Δεν υπάρχει πλέον καύσιμη ύλη προς υπολογισμό του κόστους, αλλά υπολογίζεται το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας που αντλείται από τους φορτιστές των οχημάτων. Η κατανάλωση των ηλεκτρικών πούλμαν, όπως προέκυψε από την έρευνα, μπορεί να είναι 2.5, 4 ή 6 kWh/km αναλόγως μοντέλου. Για την κατανάλωση προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 5.14: Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανά διαδρομή

Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανά διαδρομή	
2.5 kWh/km	8.561 €
4 kWh/km	13.698 €
6 kWh/km	20.547 €

### 5.2.1.1 Αποτελέσματα σεναρίου 1

Η επιβατική κίνηση προέκυψε από την προβολή στο έτος – στόχο 2030. Υπενθυμίζονται τα αποτελέσματα του υπολογισμού στον επόμενο πίνακα.

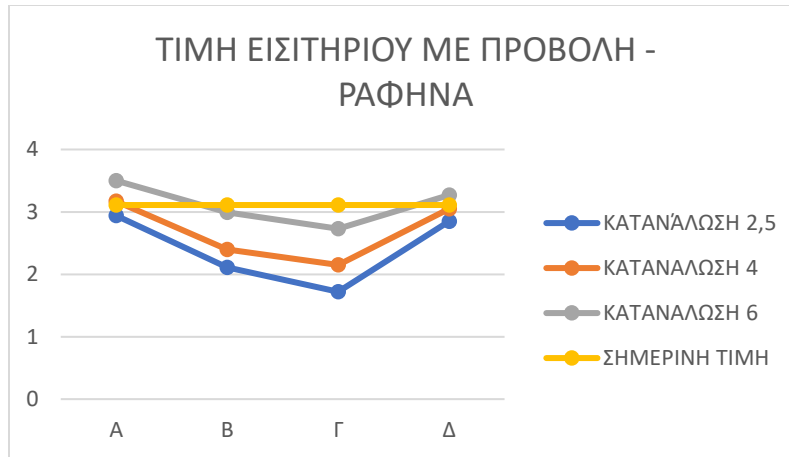
Πίνακας 5.15: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 2 σεναρίου 1 – Προβολή επιβατών 2030

ΠΡΟΒΟΛΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	14410	18111	20858	15868
Σούνιο	18421	23153	26665	20286

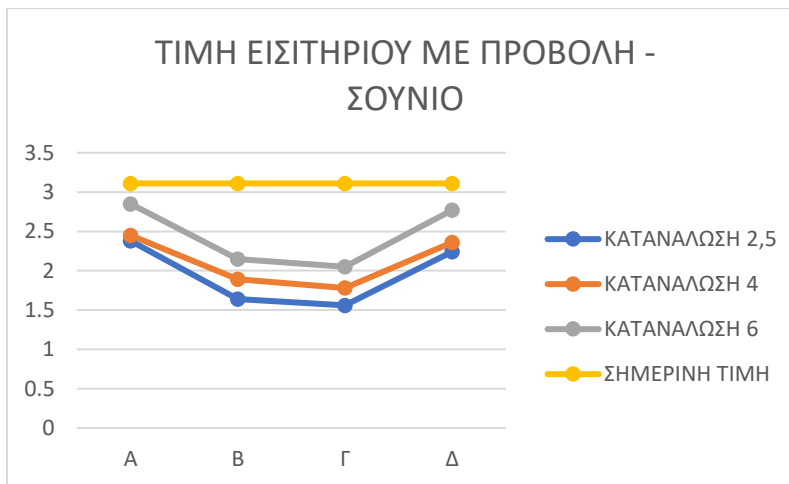
Η τιμή εισιτηρίου που προέκυψε από την προβολή της επιβατικής κίνησης για το έτος – στόχο στις δύο υπό μελέτη γραμμές φαίνεται στα ακόλουθα διαγράμματα.

Πίνακας 5.16: Τιμή εισιτηρίου – Ηλεκτρικά πούλμαν – Προβολή επιβατών

Τιμή εισιτηρίου για Ραφήνα για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5 kWh/km	2.94	2.11	1.72	2.85
4 kWh/km	3.17	2.4	2.15	3.05
6 kWh/km	3.5	2.99	2.73	3.27
Τιμή εισιτηρίου για Σούνιο για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
2.5 kWh/km	2.38	1.64	1.56	2.24
4 kWh/km	2.45	1.89	1.78	2.36
6 kWh/km	2.85	2.15	2.05	2.77



Σχήμα 5.10: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Ραφήνας – Προβολή επιβατών

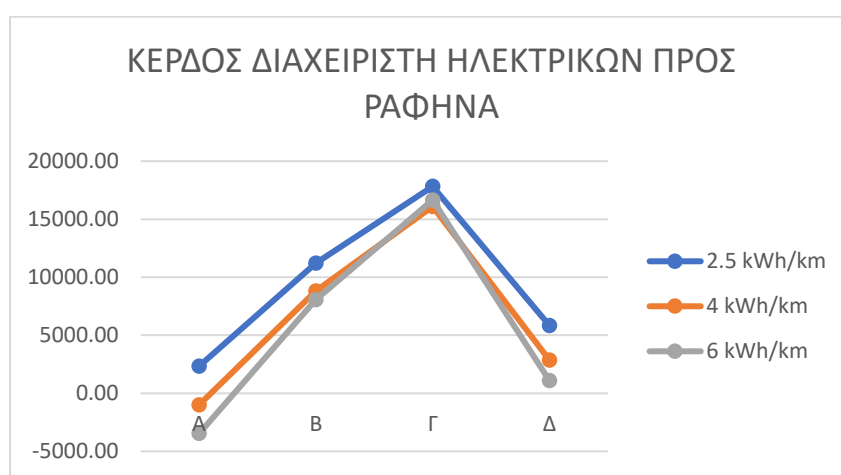


Σχήμα 5.11: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Σούνιου – Προβολή επιβατών

Η μέση τιμή εισιτηρίου στη γραμμή προς Ραφήνα προκύπτει στα 2,40 € για πούλμαν με κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 2,5 kWh/km. Για κατανάλωση 4 kWh/km η μέση τιμή είναι 2,65 € και για 6 kWh/km προκύπτει στα 3,12 €. Αντίστοιχα, στη γραμμή με προορισμό το Σούνιο, το εισιτήριο ανέρχεται στα 1,90 € για τη χαμηλή κατανάλωση, στα 2,10 € για 4 kWh/km και στα 2,45 € για κατανάλωση 6 kWh/km. Συγκριτικά με την υπάρχουσα τιμή των 3,11 € παρατηρείται ότι θα μπορούσε να υπάρξει αισθητή μείωση με μέγιστη πτώση κατά 22% στη Ραφήνα και 38,9% στο Σούνιο. Ταυτόχρονα, διαφαίνονται κέρδη για το διαχειριστή, όπως φαίνεται παρακάτω.

Πίνακας 5.17: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 1 - Διαχειριστής

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή της Ραφήνας ανά κατανάλωση με προβολή επιβατών</b>				
	Α'	Β'	Γ'	Δ'
2.5	2342.64	11226.12	17818.84	5842.75
4	-989.50	8819.35	16098.81	2875.21
6	-3463.00	8085.53	16656.07	1087.15
<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή του Σούνιου ανά κατανάλωση με προβολή επιβατών</b>				
2.5	2759.67	11750.28	18422.49	6301.99
4	-490.65	9446.34	16820.89	3424.54
6	-3289.29	8303.86	16907.51	1278.44



Σχήμα 5.12: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Ραφήνα – Προβολή επιβατών



Σχήμα 5.13: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Σούνιο – Προβολή επιβατών

Από τους πίνακες που προηγήθηκαν προκύπτει πως ο διαχειριστής στη γραμμή της Ραφήνας έχει κέρδη με όποιο τύπο ηλεκτρικού πούλμαν και αν επιλέξει. Συγκεκριμένα, για κατανάλωση

ηλεκτρικής ενέργειας 2,5 kWh/km το κέρδος του διαχειριστή ανέρχεται στα 9307,59 € κατά μέσο όρο ανά τρίμηνο. Αντίστοιχα, στις 4 kWh/km προκύπτουν κέρδη 6700.97 € ανά τρίμηνο κατά μέσο όρο και στις 6 kWh/km τα μέσα κέρδη φτάνουν τα 5591,44 € για κάθε τρίμηνο.

Στη γραμμή με προορισμό το Σούνιο η εταιρία φτάνει ως μέση τιμή τα 9808,61 € σε τριμηνιαία κέρδη αν επιλέξει πούλμαν με κατανάλωση 2,5 kWh/km. Για κατανάλωση 4 kWh/km, τα κέρδη κυμαίνονται στα 7300,28 € και για 6 kWh/km τα κέρδη είναι 5800,13 € ανά τρίμηνο.

Πίνακας 5.18: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 1 - Επιβάτης

<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Ραφήνας για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	23.43 €
4 kWh/km	23.09 €
6 kWh/km	24.15 €
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Σουνίου για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	22.93 €
4 kWh/km	23.13 €
6 kWh/km	23.48 €

Σχετικά με το κόστος που επιβαρύνει τον επιβάτη με προορισμό τη Ραφήνα και πούλμαν χαμηλής κατανάλωσης, η επιβάρυνση είναι 23,43 €. Στη μεσαία κατανάλωση παρατηρείται κόστος 23,09 € και στην υψηλή κατανάλωση, το κόστος του επιβάτη ανέρχεται στα 24,15 €. Ο μέσος όρος αυτών των τιμών προκύπτει ίδιος με το σημερινό κόστος επιβάτη, οπότε δεν υπάρχει μεταβολή.

Οι επιβάτες με προορισμό το Σούνιο έρχονται αντιμέτωποι με ένα συνολικό κόστος της τάξης των 22,93 € για κατανάλωση 2,5 kWh/km, 23.13 € στη μεσαία κατανάλωση και 23,48 € για πούλμαν υψηλής κατανάλωσης. Υπάρχει, δηλαδή, μείωση 1,5% κατά μέσο όρο σε σχέση με το ισχύον κόστος.

Τα αποτελέσματα του σεναρίου 1 καταλήγουν σε ιδιαίτερα αυξημένα κέρδη για το διαχειριστή αν επιλέξει να στραφεί στην ηλεκτροκίνηση, συγκριτικά με την υπάρχουσα κατάσταση αλλά και συγκριτικά με τα αποτελέσματα της Στρατηγικής 1. Μάλιστα, η τιμή του εισιτηρίου γίνεται αρκετά ελκυστική για τους επιβάτες.

### 5.2.1.2 Αποτελέσματα σεναρίου 2

Στο σενάριο 2 ο στόλος αποτελείται μόνο από ηλεκτροκίνητα οχήματα αλλά η αναγωγή της επιβατικής κίνησης στο έτος – στόχο έγινε με τη διαδικασία της πρόβλεψης και αυξητική τάση της τάξης του 0,5%.

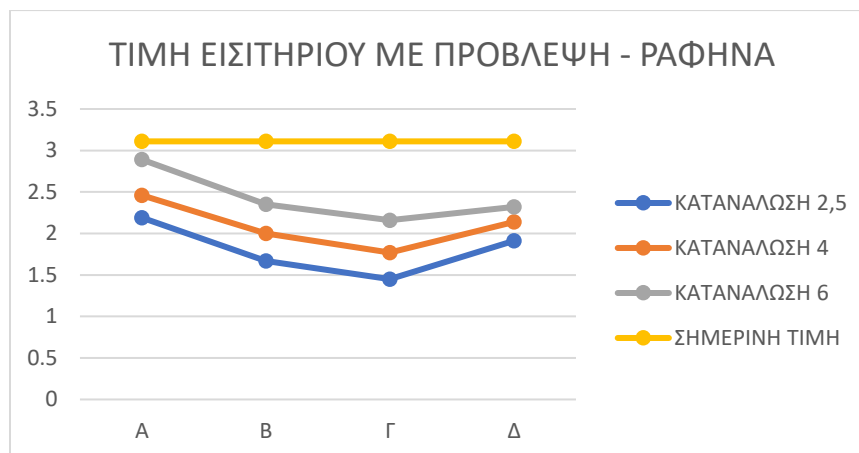
Πίνακας 5.19: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 2 σεναρίου 2 – Πρόβλεψη επιβατών 2030

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	19011	23894	27518	20935
Σούνιο	24303	30546	35179	26763

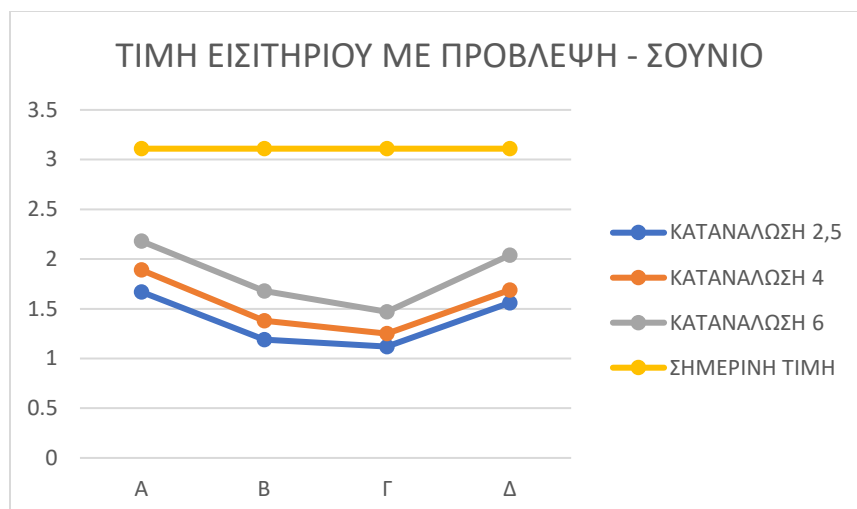
Τα πάγια έξοδα της επιχείρησης και το κόστος της ηλεκτρικής παραμένουν ίδια με το σενάριο 1. Το κόστος του εισιτηρίου προέκυψε από την πρόβλεψη των επιβατών για το έτος 2030 ως εξής:

Πίνακας 5.20: Τιμή εισιτηρίου – Ηλεκτρικά πούλμαν – Πρόβλεψη επιβατών

Τιμή εισιτηρίου για Ραφήνα για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5 kWh/km	2.19	1.67	1.45	1.91
4 kWh/km	2.46	2.00	1.77	2.14
6 kWh/km	2.89	2.35	2.16	2.32
Τιμή εισιτηρίου για Σούνιο για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5 kWh/km	1.67	1.19	1.12	1.56
4 kWh/km	1.89	1.38	1.25	1.69
6 kWh/km	2.18	1.68	1.47	2.04



Σχήμα 5.14: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Ραφήνας – Πρόβλεψη επιβατών



Σχήμα 5.15: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Σούνιου – Πρόβλεψη επιβατών

Από τα διαγράμματα προκύπτει πως αν τα ηλεκτρικά οχήματα καταναλώνουν 2,5 kWh/km, η μέση τιμή του εισιτηρίου προς Ραφήνα πρέπει να είναι 1,80 €. Στην περίπτωση της μεσαίας κατανάλωσης, το κόμιστρο θα είναι 2,00 € και για την κατανάλωση των 6 kWh/km, ο μέσος όρος του εισιτηρίου προκύπτει στα 2,40 €.

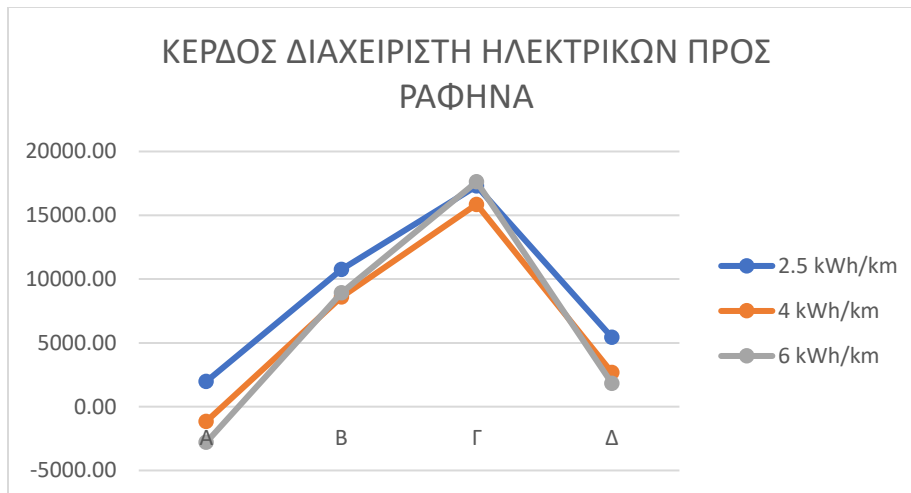
Το κόμιστρο της διαδρομής με προορισμό το Σούνιο είναι κατά μέσο όρο 1,40 € στις χαμηλές καταναλώσεις. Για οχήματα κατανάλωσης 4 kWh/km προκύπτει εισιτήριο στα 1,55 € και για κατανάλωση 6 kWh/km γίνεται 1,85 € κατά μέσο όρο.

Συμπεραίνεται, επομένως, ότι υπάρχει δυνατότητα για σημαντική μείωση του κομίστρου συγκριτικά με τη σημερινή τιμή των 3,11 € και για τις δύο υπό μελέτη γραμμές. Συγκεκριμένα για τη Ραφήνα, παρατηρείται μέγιστη πτώση κατά 42% στη μικρή κατανάλωση και για το Σούνιο 54,9% αντιστοίχως. Παρόλη τη μείωση εξασφαλίζεται κέρδος κάθε τρίμηνο για το διαχειριστή. Αναλυτικά τα αποτελέσματα διαφαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.21: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 2 - Διαχειριστής

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή της Ραφήνας ανά κατανάλωση με πρόβλεψη επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5	1978.35	10768.26	17291.54	5441.59
4	-1154.10	8612.47	15860.55	2693.95
6	-2795.93	8923.96	17621.66	1821.74
<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή του Σούνιου ανά κατανάλωση με πρόβλεψη επιβατών</b>				
2.5	1783.41	10523.25	17009.36	5226.92
4	-1505.72	8170.53	15351.58	2306.74
6	-3460.90	8088.17	16659.10	1089.46





Σχήμα 5.16: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Ραφήνα – Πρόβλεψη επιβατών



Σχήμα 5.17: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Σούνιο – Πρόβλεψη επιβατών

Από τους πίνακες και τα διαγράμματα συμπεραίνεται πως ο διαχειριστής αναμένει κέρδη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Έτσι, στη γραμμή της Ραφήνας προκύπτουν 8869,94 € σε κέρδη κατά μέσο όρο ανά τρίμηνο για οχήματα με κατανάλωση 2,5 kWh/km. Τα οχήματα που καταναλώνουν 4 kWh/km αποφέρουν κέρδη 6503,22 € και αυτά που έχουν 6 kWh/km κατανάλωση αγγίζουν τα 6392,86 € σε μέσα τριμηνιαία κέρδη.

Η γραμμή που καταλήγει στο Σούνιο αποφέρει, αντιστοίχως, 8635,73 € στις 2,5 kWh/km κατά μέσο όρο. Για τα οχήματα κατανάλωσης 4 kWh/km προκύπτει μέση τιμή στα 6080,78 € ανά τρίμηνο και για οχήματα με 6 kWh/km, τα κέρδη είναι 5593,96 € σε βάση τριμήνου.

Πίνακας 5.22: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 2 - Επιβάτης

<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Ραφήνας για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	22.83 €
4 kWh/km	23.03 €
6 kWh/km	23.43 €
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Σούνιου για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	22.43 €
4 kWh/km	22.58 €
6 kWh/km	22.88 €

Σχετικά με το κόστος που επιβαρύνει τον επιβάτη με προορισμό τη Ραφήνα και πούλμαν χαμηλής κατανάλωσης, η επιβάρυνση είναι 22,83 €. Στη μεσαία κατανάλωση παρατηρείται κόστος 23,03 € και στην υψηλή κατανάλωση, το κόστος του επιβάτη ανέρχεται στα 23,43 €. Δηλαδή υπάρχει μέση μείωση κατά 1,9% σε σχέση με το σημερινό κόστος.

Οι επιβάτες με προορισμό το Σούνιο έρχονται αντιμέτωποι με ένα συνολικό κόστος της τάξης των 22,43 € για κατανάλωση 2,5 kWh/km, 22,58 € στη μεσαία κατανάλωση και 22,88 € για πούλμαν υψηλής κατανάλωσης. Η σύγκριση με τη σημερινή τιμή προκύπτει ως μείωση κατά 4%.

Τα αποτελέσματα του σεναρίου 2 καταλήγουν σε ιδιαίτερα αυξημένα κέρδη για το διαχειριστή αν επιλέξει να στραφεί στην ηλεκτροκίνηση, συγκριτικά με την υπάρχουσα κατάσταση αλλά και συγκριτικά με τα αποτελέσματα του σεναρίου 1. Η αύξηση κατά 0,5% κάθε έτος στην επιβατική κίνηση, προσφέρει διαμοιρασμό των εξόδων σε περισσότερα άτομα και οδηγεί σε μικρότερα κόμιστρα. Τα φθηνότερα εισιτήρια, κατά κανόνα, προσελκύουν περισσότερους επιβάτες ώστε να επιλέξουν το συγκεκριμένο μέσο μετακίνησης και έτσι κυκλικά αυξάνονται επιπλέον τα κέρδη του διαχειριστή.

### 5.2.1.3 Αποτελέσματα Σεναρίου 3

Σε αυτό το σενάριο μελετάται η επίπτωση της εφαρμογής ηλεκτροκίνητου στόλου και μικτής πρόβλεψης επιβατών για το 2030. Για την πρόβλεψη των επιβατών, δηλαδή, θα ληφθεί πτωτική τάση κατά -2 % κατά το πρώτο και τελευταίο τρίμηνο, ενώ για τα δύο ενδιάμεσα τρίμηνα λαμβάνεται ετήσια αύξηση κατά 0,5 %.

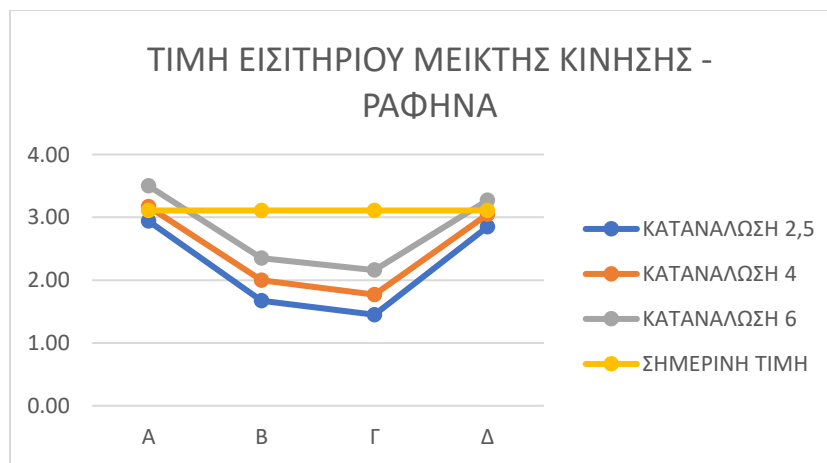
Πίνακας 5.23: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 2 σεναρίου 3 – Μίξη επιβατών 2030

ΜΕΙΚΤΗ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	14410	23894	27518	15868
Σούνιο	18421	30546	35179	20286

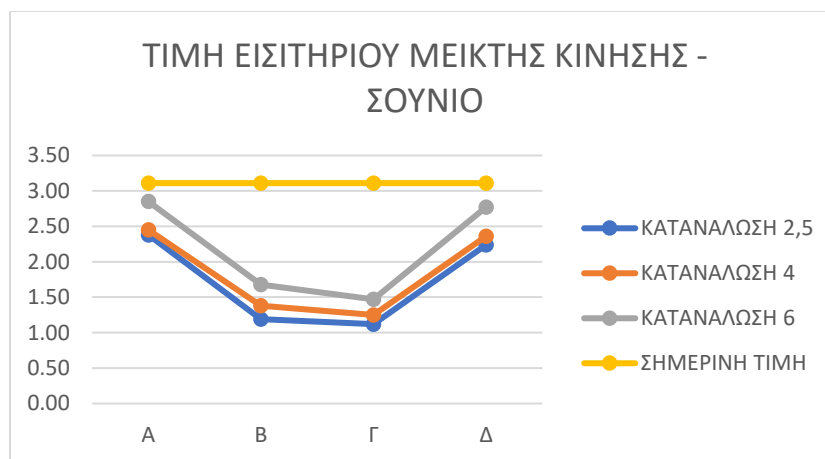
Το κόστος του εισιτηρίου σε αυτή την περίπτωση προκύπτει ως εξής.

Πίνακας 5.24: Τιμή εισιτηρίου – Ηλεκτρικά πούλμαν – Μεικτή επιβατική κίνηση

Τιμή εισιτηρίου για Ραφήνα για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5 kWh/km	2.94	1.67	1.45	2.85
4 kWh/km	3.17	2.00	1.77	3.05
6 kWh/km	3.50	2.35	2.16	3.27
Τιμή εισιτηρίου για Σούνιο για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
2.5 kWh/km	2.38	1.19	1.12	2.24
4 kWh/km	2.45	1.38	1.25	2.36
6 kWh/km	2.85	1.68	1.47	2.77



Σχήμα 5.18: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Ραφήνας – Μικτή πρόβλεψη επιβατών



Σχήμα 5.19: Τιμή εισιτηρίου ηλεκτρικών Σουνίου – Μεικτή πρόβλεψη επιβατών

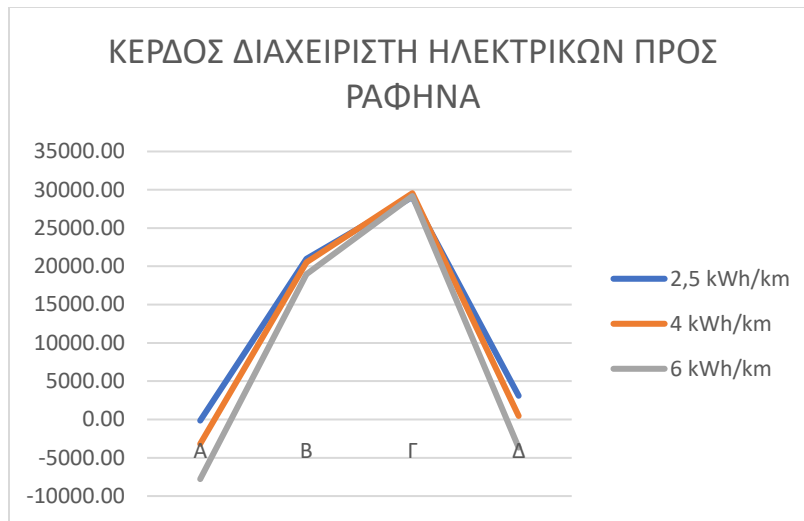
Από τον πίνακα και τα διαγράμματα που προηγήθηκαν προκύπτει πως για τη Ραφήνα, η μέση τιμή εισιτηρίου στην περίπτωση οχημάτων με κατανάλωση 2,5 kWh/km είναι 2,23 €. Αν τα οχήματα καταναλώνουν 4 kWh/km, η μέση τιμή γίνεται 2,50 € και για οχήματα κατανάλωσης 6 kWh/km προκύπτει κόμιστρο 2,82 €. Συγκριτικά με τη σημερινή τιμή των 3,11 €, παρατηρείται μέγιστη πτώση 28,2%.

Στη γραμμή του Σουνίου, το εισιτήριο μειώνεται στα 1,73 € για χαμηλές καταναλώσεις και στα 1,86 € για μεσαίες καταναλώσεις. Αν η εταιρία επιλέξει οχήματα κατανάλωσης 6 kWh/km, το κόμιστρο προσδιορίζεται στα 2,19 €. Παρατηρείται, δηλαδή, πτώση της τιμής σε σχέση με τη σημερινή με μέγιστη απόκλιση κατά 44,3%.

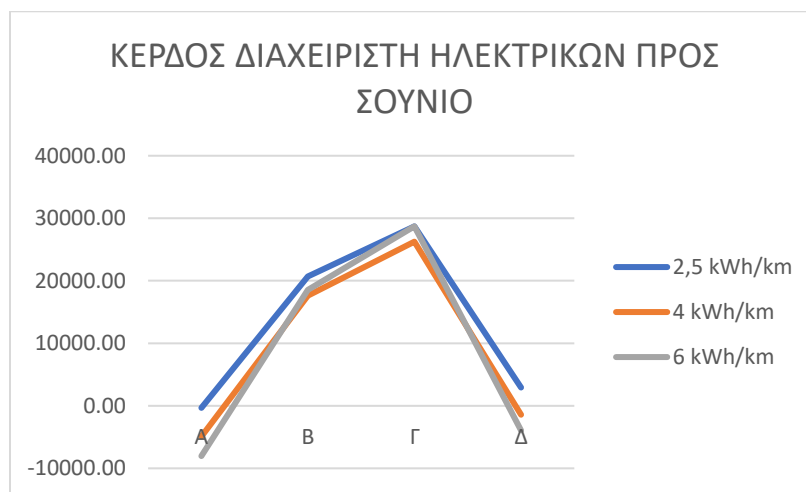
Στον επόμενο πίνακα εμφανίζονται τα κέρδη του διαχειριστή με τις παραπάνω αλλαγές.

Πίνακας 5.25: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 3 - Διαχειριστής

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή της Ραφήνας ανά κατανάλωση με μεικτή επιβατική κίνηση</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5	1978.35	10768.26	17291.54	5441.59
4	-1154.10	8612.47	15860.55	2693.95
6	-2795.93	8923.96	17621.66	1821.74
<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή του Σουνίου ανά κατανάλωση με μεικτή επιβατική κίνηση</b>				
2.5	1783.41	10523.25	17009.36	5226.92
4	-1505.72	8170.53	15351.58	2306.74
6	-3460.90	8088.17	16659.10	1089.46



Σχήμα 5.20: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Ραφήνα – Μεικτή πρόβλεψη επιβατών



Σχήμα 5.21: Κέρδος διαχειριστή ηλεκτρικών - Σούνιο – Μεικτή πρόβλεψη επιβατών

Για τη Ραφήνα, στις χαμηλές καταναλώσεις ο μέσος όρος κέρδους ανά τρίμηνο προκύπτει 13250,23 € και στις μεσαίες 11829,72 €. Το μέσο τριμηνιαίο κέρδος για καταναλώσεις 6 kWh/km είναι 9169,86 €.

Στη γραμμή του Σουνίου, ο αριθμός επιβατών είναι μεγαλύτερος κάθε τρίμηνο συγκριτικά με της Ραφήνας και ενώ στα προηγούμενα σενάρια παρατηρούνταν μεγαλύτερη σύγκλιση στα διαγράμματα του Σουνίου, στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν ταυτίζονται τόσο. Η απότομη μεταβολή των επιβατών κατά το δεύτερο και τρίτο τρίμηνο, προκάλεσαν πιο απότομες κλίσεις στο διάγραμμα. Όσο πιο περισσότερο αυξάνεται η ζήτηση τόσο μειώνεται η τιμή του εισιτηρίου και αντιστρόφως ανάλογα αυξάνονται τα κέρδη. Έτσι, στις 2,5 kWh/km η μέση τιμή των κερδών του διαχειριστή φτάνει τα 12991,08 €. Για τα οχήματα κατανάλωσης 4 kWh/km προκύπτουν 9385,24 € σε κέρδη και στις 6 kWh/km προκύπτουν 8820,01 € κάθε τρίμηνο κατά μέσο όρο.

Πίνακας 5.26: Αποτελέσματα Στρατηγικής 2 – Σεναρίου 3 - Επιβάτης

<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Ραφήνας για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	23.25 €
4 kWh/km	23.52 €
6 kWh/km	23.85 €
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Σουνίου για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	22.76 €
4 kWh/km	22.89 €
6 kWh/km	23.22 €

Όσον αφορά το κόστος του επιβάτη, αυτό ανέρχεται στα 23,54 € κατά μέσο όρο όλων των τύπων κατανάλωσης. Συγκρινόμενο με την ισχύουσα επιβάρυνση των 23,55 €, η τιμή θεωρείται πως δεν μεταβάλλεται παρά τις αλλαγές.

Συμπερασματικά, αν ληφθεί υπόψη η ενδιάμεση κατάσταση στην πρόβλεψη των επιβατών, το σενάριο αυτό είναι αρκετά πιθανό να συμβεί. Ειδικότερα, εφόσον οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καλούν για πλήρη αντικατάσταση των ρυπογόνων οχημάτων, είναι πολύ πιθανό να είναι αμιγώς ηλεκτρικός όλος ο στόλος. Το σενάριο 3 της στρατηγικής 2 δίνει τα υψηλότερα ποσοστά κέρδους για το διαχειριστή σε σχέση με όλα τα σενάρια που προηγήθηκαν. Όσον αφορά την τιμή του εισιτηρίου, αυτή κυμαίνεται σε παρόμοια επίπεδα με τις τιμές των σεναρίων 1 και 2 της ίδιας στρατηγικής. Αν, όμως, τα κόμιστρα συγκριθούν με την πρώτη στρατηγική τότε είναι ιδιαίτερος χαμηλότερα, έως και κατά 50%. Τα αποτελέσματα αυτού του σεναρίου, επομένως, είναι τα πιο ευοίωνα και οδηγούν σε μια συνθήκη συμφέρουσα για όλους τους ενδιαφερόμενους, από το κράτος μέχρι τον κάθε επιβάτη ξεχωριστά.

### 5.3 Αποτελέσματα στρατηγικής 3

Στην τελευταία στρατηγική θεωρείται πως τα ΚΤΕΛ Ν. Αττικής θα αντικαταστήσουν κατά το ήμισυ τον στόλο τους με ηλεκτρικά πούλμαν, ενώ θα συνεχίσουν να λειτουργούν και τα συμβατικά.

Τα πάγια έξοδα της επιχείρησης παραμένουν και σε αυτή την περίπτωση στα 20683,4 € για καλύτερη σύγκριση στην ίδια χρονική βάση και για κάθε γραμμή ξεχωριστά.

Το κόστος του καυσίμου υπολογίστηκε στα 53,97 € για κάθε διαδρομή από την αφετηρία έως τον τελικό προορισμό, στα μισά οχήματα που είναι ντιζελοκίνητα.

Για τα άλλα μισά οχήματα που είναι ηλεκτρικά, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την ποσότητα που καταναλώνουν αναλόγως του μοντέλου τους.

Πίνακας 5.27: Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανά διαδρομή

<b>Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανά διαδρομή</b>	
2.5 kWh/km	8.561 €
4 kWh/km	13.698 €
6 kWh/km	20.547 €

Για να γίνει πιο κατανοητό στην παρούσα εργασία, θα θεωρηθεί πως τα μισά δρομολόγια της ημέρας πραγματοποιούνται από συμβατικά πούλμαν και τα άλλα μισά από ηλεκτρικά.

### 5.3.1.1 Αποτελέσματα σεναρίου 1

Η ζήτηση που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέση μετακίνηση για το σύνολο της γραμμής όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

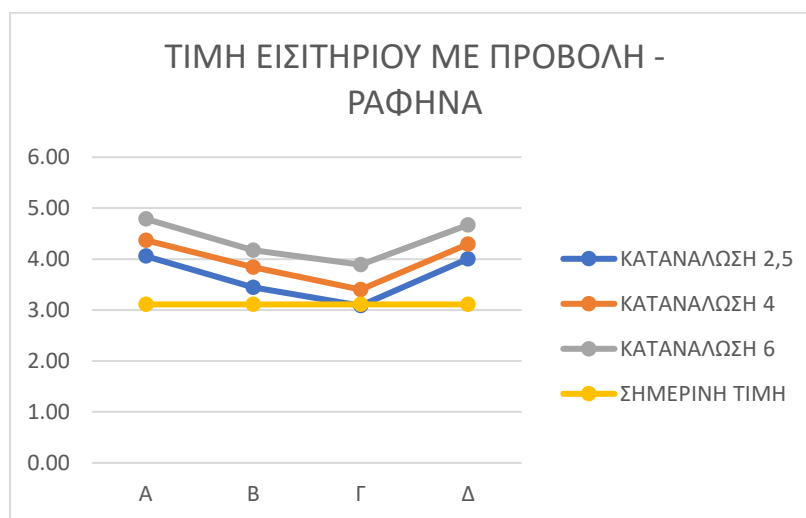
Πίνακας 5.28: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 3 σεναρίου 1 – Προβολή επιβατών 2030

ΠΡΟΒΟΛΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	14410	18111	20858	15868
Σούνιο	18421	23153	26665	20286

Το κόστος του εισιτηρίου προέκυψε από την προβολή των επιβατών για το έτος 2030 ως εξής:

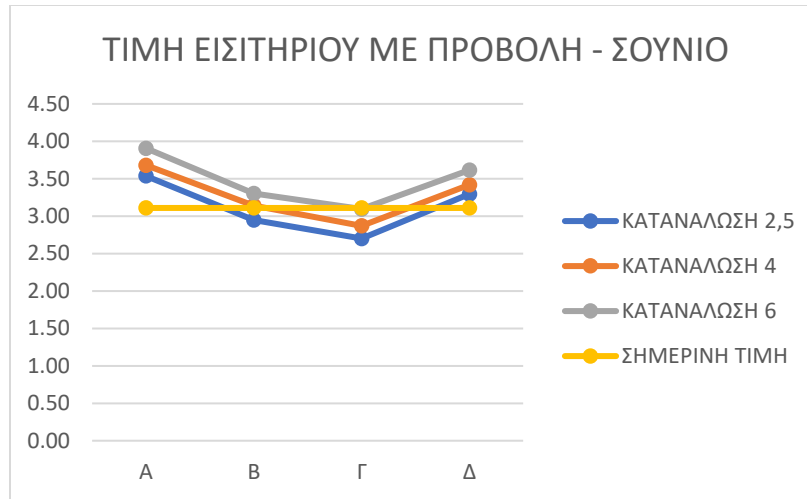
Πίνακας 5.29: Τιμή εισιτηρίου – Μικτός στόλος πούλμαν – Προβολή επιβατών

Τιμή εισιτηρίου για Ραφήνα για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5 kWh/km	4.06	3.44	3.09	4.01
4 kWh/km	4.37	3.84	3.40	4.29
6 kWh/km	4.79	4.17	3.89	4.67
Τιμή εισιτηρίου για Σούνιο για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
2.5 kWh/km	3.54	2.95	2.70	3.30
4 kWh/km	3.68	3.14	2.87	3.42
6 kWh/km	3.91	3.30	3.10	3.61



Σχήμα 5.22: Τιμή εισιτηρίου μεικτών οχημάτων – Ραφήνα – Προβολή επιβατών





Σχήμα 5.23: Τιμή εισιτηρίου μεικτών οχημάτων – Σούνιο – Προβολή επιβατών

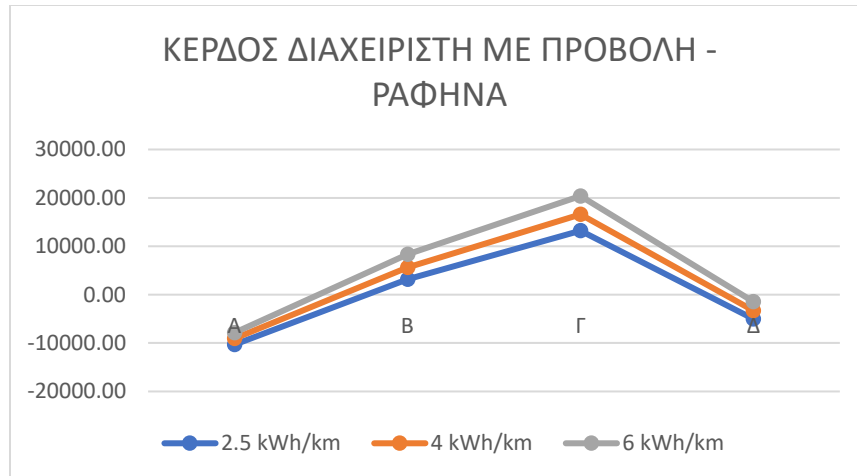
Από τα διαγράμματα προκύπτει πως αν τα συμβατικά οχήματα συνδυαστούν με ηλεκτρικά που καταναλώνουν 2,5 kWh/km, η μέση τιμή του εισιτηρίου προς Ραφήνα προκύπτει 3,65 €. Στην περίπτωση της μεσαίας κατανάλωσης, το κόμιστρο θα είναι 3,98 € και για την κατανάλωση των 6 kWh/km, ο μέσος όρος του εισιτηρίου προκύπτει στα 4,38 €.

Το κόμιστρο της διαδρομής με προορισμό το Σούνιο είναι κατά μέσο όρο 3,12 € για συνδυασμό ντιζελοκίνητων και ηλεκτρικών που χαρακτηρίζονται από χαμηλές καταναλώσεις. Για οχήματα κατανάλωσης 4 kWh/km προκύπτει εισιτήριο στα 3,28 € και για κατανάλωση 6 kWh/km γίνεται 3,48 € κατά μέσο όρο.

Συμπεραίνεται, επομένως, ότι στην περίπτωση επιστράτευσης μεικτού στόλου το κόμιστρο θα εμφανίσει κάποια μικρή αύξηση σε σχέση με το σημερινό. Η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στην ετήσια αυξητική τάση του πετρελαίου κίνησης κατά 5%. Συγκεκριμένα για τη Ραφήνα, συγκριτικά με τα 3,11 € της σημερινής τιμής, παρατηρείται μέγιστη αύξηση κατά 40,8% στη μικρή κατανάλωση και για το Σούνιο 11,8% αντιστοίχως. Η αύξηση αυτή, μάλιστα, επιφέρει στο διαχειριστή κατά μέσο όρο κέρδη κάθε τρίμηνο. Αναλυτικά τα αποτελέσματα διαφαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.30: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 1 - Διαχειριστής

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή της Ραφήνας ανά κατανάλωση με προβολή επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5	-10317.17	3187.29	13209.38	-4996.39
4	-9058.61	5659.79	16582.77	-3259.53
6	-7860.85	8352.74	20385.35	-1472.66
<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή του Σουνίου ανά κατανάλωση με προβολή επιβατών</b>				
2.5	-5409.57	9355.51	20313.14	407.90
4	-5972.70	9538.37	21049.63	138.70
6	-6877.04	9589.25	21809.41	-389.29



Σχήμα 5.24: Κέρδος διαχειριστή μεικτών οχημάτων – Ραφήνα – Προβολή επιβατών



Σχήμα 5.25: Κέρδος διαχειριστή μεικτών οχημάτων – Σούνιο – Προβολή επιβατών

Στην περίπτωση μεικτού στόλου με ηλεκτροκίνητα που καταναλώνουν 2,5 kWh/km, ο διαχειριστής έχει κατά μέσο όρο περιθώριο κέρδους ίσο με 270,78 € ανά τρίμηνο στη γραμμή προς Ραφήνα. Αν επιλεγούν οχήματα με μεσαία κατανάλωση στις 4 kWh/km, τα μέσα τριμηνιαία κέρδη αγγίζουν τα 2481,11 €, ενώ αν προστεθούν πούλμαν μεγάλης κατανάλωσης, τα κέρδη κυμαίνονται στα 4851,14 €.

Στη γραμμή προς Σούνιο παρατηρούνται μεγαλύτερα κέρδη, όπως φαίνεται και από την απότομη κλίση του διαγράμματος. Εδώ οι αριθμοί των επιβατών είναι μεγαλύτεροι και επηρεάζουν περισσότερο τα έσοδα από την κατανάλωση του μισού στόλου, γι' αυτό παρατηρείται σχεδόν σύντμηση των γραμμών. Έτσι, στις μικρές καταναλώσεις παρατηρούνται μέσα κέρδη 6166,74 € σε τρίμηνη βάση, στις μεσαίες 6188,50 € και στις μεγάλες 6033,08 € κατά μέσο όρο.

Πίνακας 5.31: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 1 - Επιβάτης

<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Ραφήνας για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	24.38 €
4 kWh/km	24.71 €
6 kWh/km	25.12 €
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Σούνιου για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	23.86 €
4 kWh/km	24.01 €
6 kWh/km	24.21 €

Το κόστος που επιβαρύνει τον επιβάτη ανέρχεται στα 24,38 € στη γραμμή προς Ραφήνα και για το συνδυασμό συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων χαμηλής κατανάλωσης. Αν στο στόλο περιλαμβάνονται πούλμαν μεσαίας κατανάλωσης, το κόστος ανέρχεται στα 24,71 €, ενώ στην περίπτωση των 6 kWh/km ο επιβάτης ζημιώνεται κατά 25,12 €. Σε σχέση με το σημερινό κόστος των 23,55 €, η τιμή αυξήθηκε κατά 5% κατά μέσο όρο.

Αντίστοιχα, στη διαδρομή προς Σούνιο, το τελικό κόστος για τον επιβάτη είναι 23,86 € για πούλμαν με κατανάλωση 2,5 kWh/km και 24,01 € αν επιλεγούν αυτά που καταναλώνουν 4 kWh/km. Στην περίπτωση που τη διαδρομή μοιράζονται συμβατικά και ηλεκτρικά πούλμαν των 6 kWh/km, ο επιβάτης επιβαρύνεται συνολικά με 24,21 €. Η μέση μεταβολή από την ισχύουσα τιμή των 23,55 € είναι μία αύξηση κατά 2%.

Γενικά, στη στρατηγική 3 παρατηρείται πως τα κέρδη του διαχειριστή δεν μειώνονται υποχρεωτικά, όπως στη γραμμή της Ραφήνας, όσο αυξάνεται η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επηρεάζονται και από τα έσοδα που επιφέρουν τα συμβατικά οχήματα. Τα τριμηνιαία κέρδη δεν είναι σημαντικά παρότι υπάρχει αύξηση του εισιτηρίου σε σχέση με τη σημερινή του τιμή. Επισημαίνεται, άλλωστε, πως στην περίπτωση που μελετάται, η επιβατική κίνηση ακολουθεί πτωτική τάση που επιφέρει νέες αυξήσεις στα κόμιστρα αλλά ταυτόχρονα ολοένα και απωθεί νέους επιβάτες να επιλέξουν το μέσο.

### 5.3.1.2 Αποτελέσματα σεναρίου 2

Στο ακόλουθο σενάριο, ο στόλος των ΚΤΕΛ αποτελείται από 68 συμβατικά οχήματα εσωτερικής καύσης και 68 οχήματα ηλεκτροκίνησης με μπαταρίες λιθίου.

Η αναγωγή των επιβατών στο έτος – στόχο 2030 έγινε με τη μέθοδο της πρόβλεψης ως εξής.

Πίνακας 5.32: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 3 σεναρίου 2 – Πρόβλεψη επιβατών 2030

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ				
	Α'	Β'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	19011	23894	27518	20935
Σούνιο	24303	30546	35179	26763

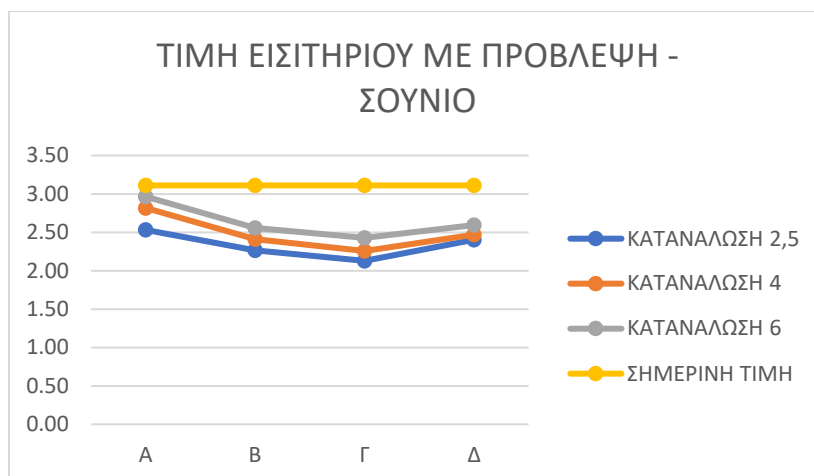
Τόσο το κόστος του πετρελαίου κίνησης όσο και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίστηκαν όπως στο προηγούμενο σενάριο. Η τιμή του εισιτηρίου προέκυψε από τους υπολογισμούς και τα αποτελέσματα φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 5.33: Τιμή εισιτηρίου – Μικτός στόλος πούλμαν – Πρόβλεψη επιβατών

Τιμή εισιτηρίου για Ραφήνα για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
	Α'	Β'	Γ'	Δ'
2.5 kWh/km	3.32	2.84	2.59	3.28
4 kWh/km	3.46	3.03	2.76	3.40
6 kWh/km	3.68	3.18	3.02	3.49
Τιμή εισιτηρίου για Σούνιο για κάθε κατανάλωση ενέργειας				
2.5 kWh/km	2.53	2.26	2.13	2.40
4 kWh/km	2.82	2.41	2.26	2.47
6 kWh/km	2.96	2.56	2.43	2.59



Σχήμα 5.26: Τιμή εισιτηρίου μικτών οχημάτων – Ραφήνα – Πρόβλεψη επιβατών



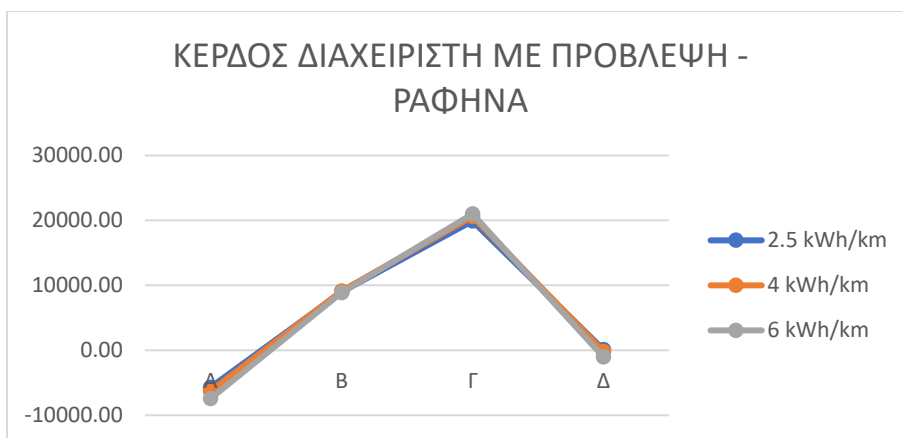
Σχήμα 5.27: Τιμή εισιτηρίου μικτών οχημάτων – Σούνιο – Πρόβλεψη επιβατών

Στη γραμμή της Ραφήνας και για στόλο που περιλαμβάνει οχήματα με κατανάλωση 2,5 kWh/km, η τιμή του εισιτηρίου είναι κατά μέσο όρο 3,01 €. Στην περίπτωση της μεσαίας κατανάλωσης το κόμιστρο προκύπτει 3,16 € και στην υψηλή κατανάλωση είναι 3,34 € κατά μέσο όρο. Συγκριτικά με τη σημερινή τιμή κυμαίνεται περίπου στα ίδια μοτίβα με μέγιστη απόκλιση 7% αύξηση.

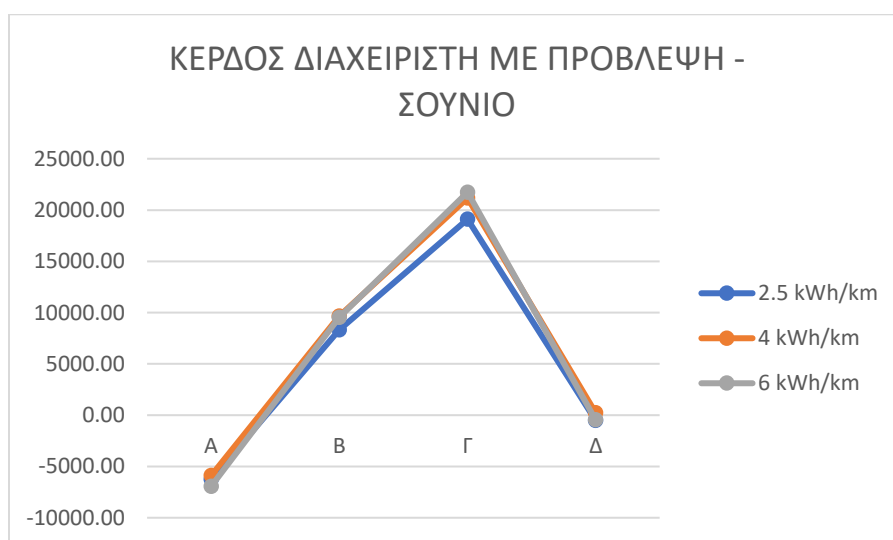
Το εισιτήριο με προορισμό το Σούνιο θα έχει μέση τιμή 2,33 € για οχήματα μικρής κατανάλωσης, 2,49 € για κατανάλωση 4 kWh/km και 2,64 € για την υψηλή κατηγορία. Η τιμή είναι χαμηλότερη σε σχέση με τη σημερινή στα 3,11 €, οπότε και η μέγιστη μείωση είναι της τάξης του 25%.

Πίνακας 5.34: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 2 - Διαχειριστής

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή της Ραφήνας ανά κατανάλωση με πρόβλεψη επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5	-5689.94	9003.12	19907.30	99.16
4	-6282.53	9148.95	20601.14	-202.49
6	-7435.56	8887.28	21000.97	-1004.32
<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή του Σουνίου ανά κατανάλωση με πρόβλεψη επιβατών</b>				
2.5	-6246.98	8303.00	19100.99	-514.25
4	-5889.03	9643.53	21170.74	230.83
6	-6930.72	9521.79	21731.72	-448.39



Σχήμα 5.28: Κέρδος διαχειριστή μικτών οχημάτων – Ραφήνα – Πρόβλεψη επιβατών



Σχήμα 5.29: Κέρδος διαχειριστή μικτών οχημάτων – Σούνιο – Πρόβλεψη επιβατών

Στη γραμμή της Ραφήνας τα μέσα κέρδη είναι σχεδόν ίδια και για τις τρεις κατηγορίες κατανάλωσης ενέργειας με 5829,91 € για τη μικρή κατηγορία, 5816,27 € για τη μεσαία και 5362,09 € για τη μεγάλη κατανάλωση.

Στο Σούνιο υπάρχει μια μικρή διαφοροποίηση με 5160,69 € σε κέρδη κατά μέσο όρο κάθε τρίμηνο από οχήματα με κατανάλωση 2,5 kWh/km. Αν τα οχήματα χρήσης είναι στη μεσαία κατηγορία, τα κέρδη αγγίζουν τα 6289,02 € το τρίμηνο και αν τα πούλμαν είναι των 6 kWh/km, τα κέρδη προκύπτουν στα 5968,60 €.

Πίνακας 5.35: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 2 - Επιβάτης

Κόστος επιβάτη στη γραμμή Ραφήνας για κάθε κατανάλωση	
2.5 kWh/km	23.74 €
4 kWh/km	23.90 €
6 kWh/km	24.08 €

<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Σουνίου για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	23.07 €
4 kWh/km	23.22 €
6 kWh/km	23.37 €

Το κόστος του επιβάτη για Ραφήνα προέκυψε στα 23,90 € κατά μέσο όρο για τους τρεις τύπους οχημάτων και συγκρινόμενο με τη σημερινή τιμή των 23,55 €, αυξήθηκε κατά μόλις 1,51%. Αντίστοιχα, στην περίπτωση του Σουνίου η μέση τιμή είναι περίπου 23,22 € οπότε και μειώνεται κατά 1,40% από το ισχύον κόστος.

Ο συνδυασμός συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων επηρεάζει ιδιαίτερος τα κέρδη του διαχειριστή. Παρατηρείται πως οι διαφορετικές καταναλώσεις παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς στα παραπάνω διαγράμματα, οι γραμμές σχεδόν εφάπτονται. Μεγαλύτερο ρόλο παίζει ο αριθμός των επιβατών οπότε παρατηρείται απότομη αλλαγή στην κλίση του διαγράμματος στο Γ' τρίμηνο οπότε και μεγιστοποιείται η ζήτηση. Στο κόστος των επιβατών, από την άλλη μεριά, οι μεταβολές είναι στα ίδια επίπεδα με τα υπόλοιπα σενάρια που προηγήθηκαν.

### 5.3.1.3 Αποτελέσματα σεναρίου 3

Στο τελευταίο σενάριο εκτός από το μικτό στόλο, εφαρμόζεται και μεικτό μοντέλο πρόβλεψης της ζήτησης. Οι επιβάτες του Α' και Β' τριμήνου υπολογίστηκαν με τη μέθοδο της προβολής και πτωτική τάση -2% κάθε έτος, ενώ οι επιβάτες του Γ' και Δ' τριμήνου με τη μέθοδο της πρόβλεψης και αυξητική τάση 0,5% ετησίως.

Πίνακας 5.36: Επιβατική κίνηση στρατηγικής 3 σεναρίου 3 – Μίξη επιβατών 2030

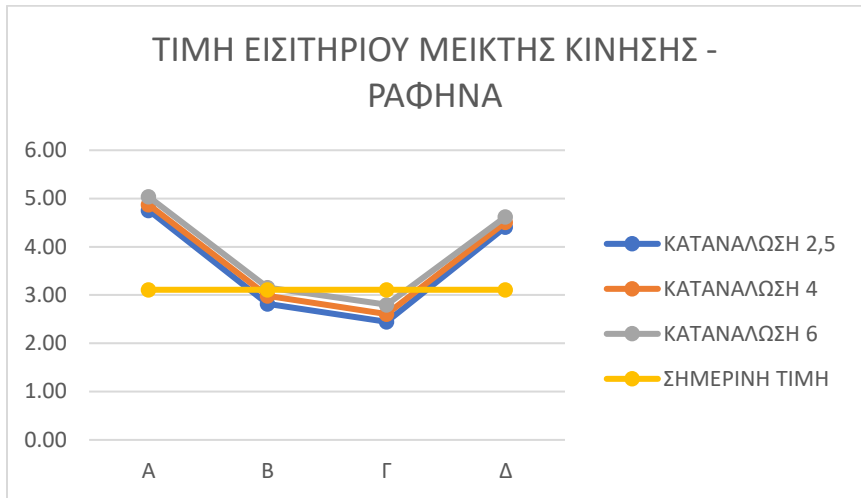
<b>ΜΕΙΚΤΗ ΕΠΙΒΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
Ραφήνα	14410	23894	27518	15868
Σούνιο	18421	30546	35179	20286

Η τιμή του εισιτηρίου προκύπτει για κάθε τύπο οχήματος σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

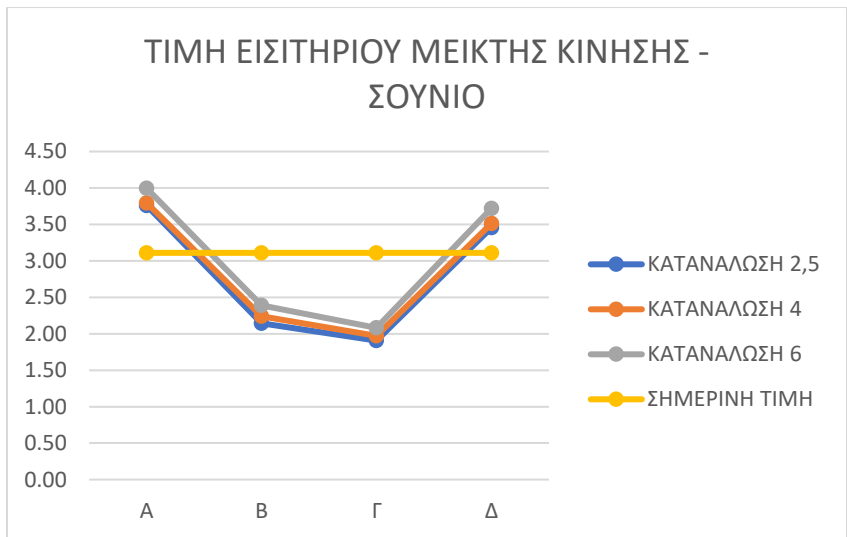
Πίνακας 5.37: Τιμή εισιτηρίου – Μεικτός στόλος πούλμαν – Μεικτή επιβατική κίνηση

<b>Τιμή εισιτηρίου για Ραφήνα για κάθε κατανάλωση ενέργειας</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5 kWh/km	4.76	2.82	2.45	4.41
4 kWh/km	4.87	2.98	2.61	4.51
6 kWh/km	5.04	3.16	2.80	4.62
<b>Τιμή εισιτηρίου για Σούνιο για κάθε κατανάλωση ενέργειας</b>				

2.5 kWh/km	3.76	2.15	1.91	3.45
4 kWh/km	3.80	2.24	1.97	3.51
6 kWh/km	4.00	2.39	2.08	3.72



Σχήμα 5.30: Τιμή εισιτηρίου μεικτών οχημάτων – Ραφήνα – Μεικτή επιβατική κίνηση



Σχήμα 5.31: Τιμή εισιτηρίου μεικτών οχημάτων – Σούνιο – Μεικτή επιβατική κίνηση

Ο μεικτός στόλος οχημάτων επηρεάζει τις τιμές εισιτηρίων οι οποίες πλέον δεν εξαρτώνται τόσο από τους διαφορετικούς τύπους κατανάλωσης και συγκλίνουν. Όταν κυκλοφορούν οχήματα κατανάλωσης 2,5 kWh/km, η μέση τιμή εισιτηρίου προς Ραφήνα προκύπτει στα 3,61 €. Αντιστοίχως, για 4 kWh/km το κόμιστρο είναι 3,74 € κατά μέσο όρο και για 6 kWh/km γίνεται 3,90 €.

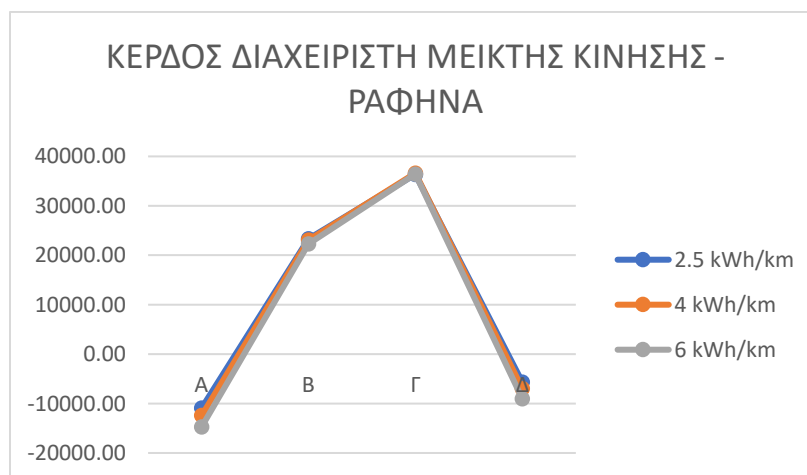
Το μέσο τίμημα της γραμμής με τερματικό σταθμό το Σούνιο είναι 2,82 € για μικρές καταναλώσεις και 2,88 € για μεσαίες. Στη μεγάλη κατανάλωση αντιστοιχεί μέσος όρος εισιτηρίου στα 3,05 €.



Παρατηρούνται πολύ μικρές διαφορές ανάμεσα στα μοντέλα αλλά και συνολικά σε σύγκριση με τη σημερινή τιμή των 3,11 €, η μέση αύξηση προς Ραφήνα κυμαίνεται στο 20,5% ενώ προς Σούνιο η μέση μεταβολή είναι μείωση κατά 6,2%.

Πίνακας 5.38: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 3 - Διαχειριστής

<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή της Ραφήνας ανά κατανάλωση με πρόβλεψη επιβατών</b>				
	A'	B'	Γ'	Δ'
2.5	-10911.73	23299.33	36371.83	-5651.12
4	-12433.70	23057.73	36619.47	-6976.20
6	-14733.18	22287.57	36433.70	-9040.52
<b>Κέρδος διαχειριστή στη γραμμή του Σουνίου ανά κατανάλωση με πρόβλεψη επιβατών</b>				
2.5	-11003.16	23147.72	36197.23	-5751.80
4	-13296.10	21627.72	34972.58	-7925.88
6	-14856.60	22082.91	36198.00	-9176.43



Σχήμα 5.32: Κέρδος διαχειριστή μεικτών οχημάτων – Ραφήνα – Μεικτή επιβατική κίνηση



Σχήμα 5.33: Κέρδος διαχειριστή μεικτών οχημάτων – Σούνιο – Μεικτή επιβατική κίνηση

Τα κέρδη του διαχειριστή έχουν σχεδόν ταυτιστεί για τους τρεις τύπους οχημάτων και στις δύο υπό μελέτη γραμμές. Αυτό συμβαίνει γιατί βασική επιρροή ασκούν τόσο οι αριθμοί των επιβατών όσο και η παρουσία συμβατικών πούλμαν στο διαμοιρασμό δρομολογίων.

Συγκεκριμένα, η γραμμή της Ραφήνας αποφέρει κατά μέσο όρο 10777,08 € κάθε τρίμηνο για μοντέλα μικρής κατανάλωσης. Στη μεσαία κατηγορία τα προβλεπόμενα κέρδη κυμαίνονται στα 10066,82 € και στη μεγάλη κατηγορία κατανάλωσης προκύπτουν 8736,89 € μηνιαία κατά μέσο όρο.

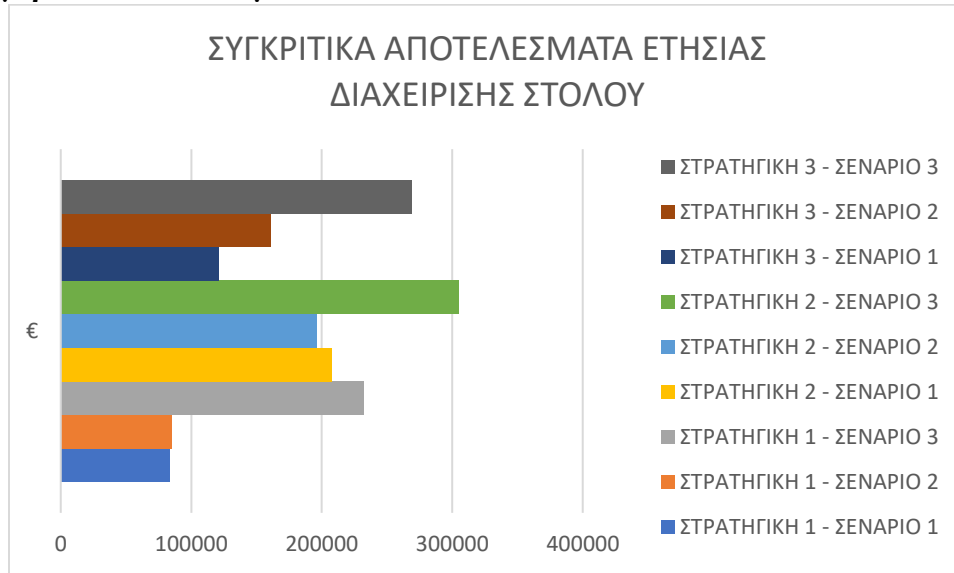
Η γραμμή του Σουνίου αποφέρει 10647,50 € σε μέση μηνιαία βάση και για 2,5 kWh/km. Στα μοντέλα των 4 kWh/km προκύπτουν 8844,58 € σε μέσο όρο κερδών. Στην τελευταία κατηγορία, τα κέρδη αγγίζουν τα 8561,97 € περίπου κάθε τρεις μήνες.

Πίνακας 5.39: Αποτελέσματα Στρατηγικής 3 – Σεναρίου 3 - Επιβάτης

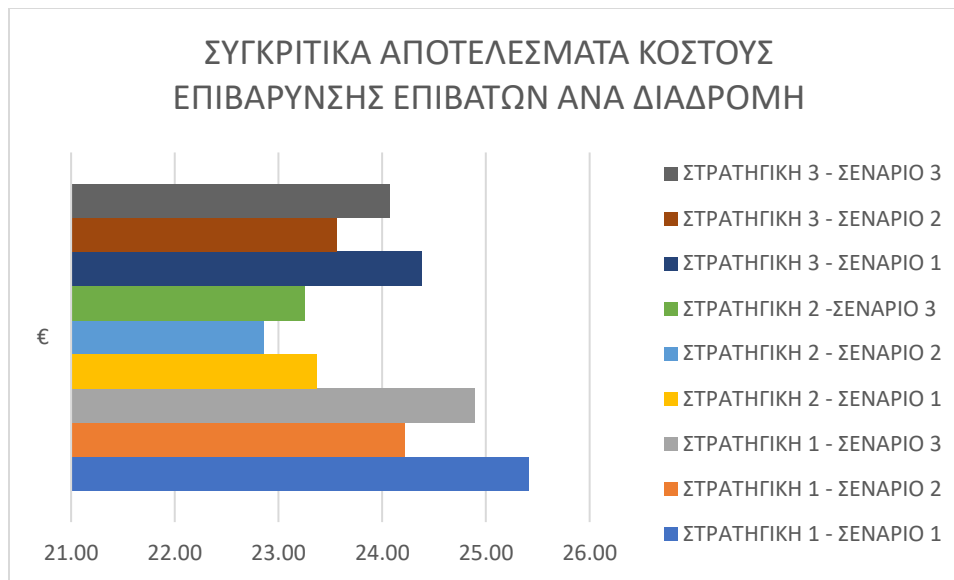
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Ραφήνας για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	24.34 €
4 kWh/km	24.48 €
6 kWh/km	24.64 €
<b>Κόστος επιβάτη στη γραμμή Σουνίου για κάθε κατανάλωση</b>	
2.5 kWh/km	23.55 €
4 kWh/km	23.62 €
6 kWh/km	23.78 €

Συγκρινόμενο με το σημερινό ισχύον κόστος για τον επιβάτη στα 23,55 €, η μέση μεταβολή που θα προκύψει σε περίπτωση μικτού στόλου και μέσης πρόβλεψης ζήτησης είναι μία αύξησης της τάξης του 4% για τη Ραφήνα. Αντιστοίχως στο Σούνιο, η μεταβολή είναι μόνο 0,4% που θεωρείται μηδενική.

## 5.4 Συγκριτικά αποτελέσματα



Σχήμα 5.34: Ετήσιο κέρδος διαχειριστή – Σύγκριση όλων των σεναρίων



Σχήμα 5.35: Κόστος επιβάτη ανά διαδρομή – Σύγκριση όλων των σεναρίων

Συγκρίνοντας τα δύο διαγράμματα συμπεραίνεται πως το πιο συμφέρον σενάριο είναι το Σενάριο 3 της Στρατηγικής 3, καθώς επιφέρει τα μεγαλύτερα κέρδη στην επιχείρηση ενώ, ταυτόχρονα, επιβαρύνει λιγότερο των επιβάτη συνυπολογίζοντας την τιμή εισιτηρίου και το έμμεσο κόστος του χρόνου. Παρόλο που το συγκεκριμένο σενάριο δεν έχει το ελάχιστο κόστος επιβάτη από τα υπόλοιπα, συνδυαστικά με το κέρδος προκύπτει ως βέλτιστο.

## **6. Συμπεράσματα**

### **6.1 Σύνοψη αποτελεσμάτων**

Η άτακτη μεταβολή του κλίματος σε παγκόσμιο επίπεδο αποτελεί συνέπεια της κακομεταχείρισης του πλανήτη από το ανθρώπινο είδος κατά τον 20<sup>ο</sup> και 21<sup>ο</sup> αιώνα. Οι ειδικοί μελετητές προειδοποιούν για τις δυσκολίες που θα επιφέρουν αυτές οι ανωμαλίες τα τελευταία 20 χρόνια, χωρίς ανταπόκριση από άτομα εξουσίας. Η περιβαλλοντική κρίση, ωστόσο, δεν αποτελεί πλέον προειδοποίηση αλλά πραγματικότητα και οι κυβερνήσεις των κρατών λαμβάνουν μέτρα αντιμετώπισης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση καλεί τα κράτη – μέλη να μειώσουν το αποτύπωμα άνθρακα προωθώντας την αντικατάσταση των οχημάτων εσωτερικής καύσης με οχήματα μηδενικών εκπομπών, όπως τα ηλεκτρικά. Στη συγκεκριμένη οδηγία στρέφει την προσοχή της αυτή η μελέτη που καλείται να εισάγει την ηλεκτροκίνηση στη μαζική μεταφορά πολιτών και συγκεκριμένα στις μετακινήσεις περίξ του κέντρου της Αθήνας. Οι μετακινήσεις αυτές είναι υπό την ευθύνη της εταιρίας ΚΤΕΛ Νομού Αττικής. Με τη μελέτη αυτή, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, διερευνάται η αντικατάσταση του στόλου πούλμαν με τη δημιουργία ενός μοντέλου συνεχούς προσέγγισης, καθώς αυτές οι μέθοδοι θεωρούνται πλέον κατάλληλες για την επίλυση μεταφορικών προβλημάτων.

Για τη δημιουργία και εφαρμογή των μοντέλων, συλλέχθηκαν, υποβλήθηκαν σε επεξεργασία και κατανεμήθηκαν πληθώρα δεδομένων που παραχωρήθηκαν τόσο από την εταιρία ενδιαφέροντος όσο και από τις ευρωπαϊκές και ελληνικές στατιστικές αρχές. Σκοπός της μελέτης είναι ο προσδιορισμός ενός μοντέλου όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικού για την υπάρχουσα κατάσταση δικτύου ώστε να περιγράψει το μέλλον μέσα από τρεις πιθανές στρατηγικές. Με τη διαδικασία αυτή, επιδιώκεται να βρεθεί η πιο πιθανή λύση και να υλοποιηθεί το πιο συμφέρον σενάριο για όλους τους εμπλεκόμενους – διαχειριστή και επιβάτες.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζουν μια παρακμάζουσα επιχείρηση. Έτσι, κατά τη συνεχόμενη περίοδο 5 ετών, η ζήτηση του μέσου παρουσιάζει μείωση κατά 2% κάθε χρόνο, γεγονός που εκπλήσσει αφού η εταιρία διαθέτει το μονοπώλιο στη μαζική μετακίνηση από και προς τις περιαστικές περιοχές. Με τα παραπάνω δεδομένα, αναζητήθηκε στατιστική ανάλυση που θα προσέφερε την πιο ακριβή μελλοντική προσέγγιση της επόμενης δεκαετίας. Αναλύθηκε τόσο η υπάρχουσα πτωτική πορεία όσο και μια πιο αισιόδοξη πορεία ανάπτυξης και διακρίθηκαν σε 3 πιθανές στρατηγικές.

Κατά την εφαρμογή των στρατηγικών, δημιουργήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν δύο εξισώσεις συνεχούς προσέγγισης για την περιγραφή του κόστους διαχείρισης και της ποιότητας της μετακίνησης των επιβατών μέσα από το κόστος που αποφέρει η αξία του εισιτηρίου και του συνολικού χρόνου που επένδυσαν. Κατά τη μελέτη, έγινε έλεγχος όλων των πιθανών μελλοντικών αλλαγών και δόθηκε λύση με αρκετά καλό επίπεδο ακρίβειας, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

Οι τρεις στρατηγικές διαφοροποιούνται ως προς τον τύπο οχημάτων που αποτελούν το στόλο της εταιρίας και διαχωρίζονται σε εξ ολοκλήρου συμβατικά πούλμαν, εξ ολοκλήρου ηλεκτρικά πούλμαν ή συμμετοχή και των δύο τύπων κατά 50%. Από τα σενάρια που δημιουργήθηκαν, παρήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Για το σενάριο 1, το κέρδος του διαχειριστή ελαχιστοποιείται συγκριτικά με τα υπόλοιπα σενάρια, σχεδόν σε όλες τις στρατηγικές. Ταυτόχρονα, το πρώτο σενάριο κάθε στρατηγικής δίνει και το μέγιστο κόστος επιβάτη. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό το συμπέρασμα, αλλά και σε συνδυασμό με την αρχική θεώρηση του σεναρίου περί πτωτικής τάσης στην επιβατική κίνηση, το πρώτο σενάριο είναι και το πιο δυσοίωνο για το μέλλον της επιχείρησης.

Στο σενάριο 2, η επιβατική κίνηση αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου αλλά αυτό αποτυπώνεται σε μικρές μόνο αυξήσεις κερδών, ειδικά στην πρώτη στρατηγική. Γενικότερα, παρατηρείται πως παρόλο που σε αυτό το σενάριο έχουμε μέγιστο αριθμό επιβατών, λειτουργεί αρνητικά και επιβαρύνονται με μεγάλα προσωπικά κόστη.

Στο σενάριο 3, η ενδιάμεση κατάσταση στη ζήτηση φέρει μέγιστα κέρδη σε σχέση με τις άλλες προβλέψεις επιβατών. Για τον επιβάτη το σενάριο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια μέση επιβάρυνση που εξαρτάται από τον τύπο των οχημάτων της εκάστοτε στρατηγικής. Μάλιστα, το σενάριο αυτό θεωρείται και το πιο πιθανό, καθώς συνδυάζει τη ζήτηση που προέκυψε από δεδομένα με μια πιο ευοίωνη εικόνα για το μέλλον. Η πορεία της μελλοντικής ζήτησης αυστηρώς βάσει δεδομένων, άλλωστε, δεν είναι ρεαλιστική καθώς επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και οι μελέτες εμφανίζουν σφάλματα. Σε αυτό το σενάριο βρίσκεται και η βέλτιστη λύση της μελέτης συνδυάζοντας τη μέση ανάπτυξη του κοινού με έναν αμιγώς ηλεκτρικό στόλο.

Συμπερασματικά, προκύπτει πως τα ΚΤΕΛ Ν. Αττικής οφείλουν να ακολουθήσουν τις εξελίξεις των καιρών σε τεχνολογικό και περιβαλλοντικό επίπεδο υιοθετώντας σύγχρονα μοντέλα διαχείρισης. Τα οχήματα εσωτερικής καύσης αναμένεται να αυξήσουν το κόστος διαχείρισης αφενός λόγω της αυξανόμενης τιμής του πετρελαίου και αφετέρου λόγω των κρατικών φόρων που θα προκύψουν στο μέλλον αν δεν γίνει συμμόρφωση με τις οδηγίες. Τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν σχεδόν μηδενικό κόστος συντήρησης λόγω νεότητας και η ηλεκτρική ενέργεια έχει μικρότερο κόστος του πετρελαίου και πιθανώς μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα. Ταυτόχρονα, μετά από χρόνια παρακμάζουσας ζήτησης, μπορεί η αύξηση αυτή να φαντάζει αδύνατη αλλά με σωστή προώθηση και διαφήμιση ενός νέου τρόπου μετακίνησης από διάφορους φορείς, περισσότεροι επιβάτες μπορεί να προσελκυσθούν και να επιτευχθεί ο στόχος. Τέλος, μέχρι την καθολική αντικατάσταση του στόλου θα υπάρχει μίξη οχημάτων, η οποία όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα των σεναρίων, παρότι δεν είναι βέλτιστη, είναι εξίσου υποσχόμενη.

## **6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα**

Οι χειρσαίες μετακινήσεις είναι πολύ σημαντικές στα όρια του ιστού της πρωτεύουσας, όπου διαμένει η πλειοψηφία των κατοίκων της Ελλάδας. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης δεν λήφθηκε υπόψη ο αριθμός των πολιτών που μετακινούνται με ιδιωτικό όχημα από και προς τις συγκεκριμένες περιοχές της Αθήνας ή ο αριθμός των τουριστών που χρησιμοποιούν το μέσο, ούτε τα οικονομικά τους στοιχεία. Μια επόμενη έρευνα θα μπορούσε να συγκρίνει τα στατιστικά αυτά δεδομένα ώστε να σκιαγραφηθεί στρατηγική προσέλκυσης νέων επιβατών και να γίνει πιο ακριβής πρόβλεψη της ζήτησης.

Ένας άλλος τομέας που μπορεί να μελετηθεί είναι το κόστος των αναλώσιμων εξαρτημάτων ενός ηλεκτρικού λεωφορείου. Ακόμη και αν τα λεωφορεία που δρομολογούνται είναι καινούρια και

δεν απαιτούν λιπαντικά λόγω του τύπου τους, μετά από κάποια χρόνια θα απαιτηθεί η αντικατάσταση των μπαταριών τους ή θα προκύψει βλάβη σε σταθμό φόρτισης. Αξίζει να αναχθεί το κόστος των ηλεκτρονικών σε κόστος διαχειριστή και επιβάτη ώστε κάθε εταιρία που ενδιαφέρεται για μια τέτοια επένδυση να γνωρίζει τα μελλοντικά έξοδα σε βάθος μερικών δεκαετιών.

Μια ακόμη ιδέα για περαιτέρω έρευνα είναι η αντιστοίχιση κόστους διαχειριστή και επιβάτη, όχι με συμβατικά ή ηλεκτρικά πούλμαν, αλλά με διαφορετικά είδη φορτιστών, από τις κατηγορίες που αναφέρθηκαν νωρίτερα στην εργασία, και την απόδοσή τους.

Τέλος, ένας τομέας όπου μπορεί να επέλθει σημαντική βελτίωση είναι η δρομολόγηση ανάλογα με τη ζήτηση. Στην παρούσα έρευνα, θεωρήθηκε πως ο αριθμός των ημερήσιων δρομολογίων παραμένει σταθερός. Θα μπορούσαν όμως να μετριαστούν ή/και να αυξηθεί η συχνότητά τους ανάλογα με την επιβατική κίνηση σε κάθε γραμμή, κάθε ημέρα ή κάθε ώρα. Αυτό, βέβαια, αποτελεί πρόβλημα βελτιστοποίησης και θα έπρεπε να διερευνηθεί αφού επιλεγεί ο τύπος του στόλου και επέλθει ομαλή λειτουργία σε όλο το μήκος των γραμμών.

## Βιβλιογραφία

- [1] Singh, V., Singh, V., & Vaibhav, S. (2020). A review and simple meta-analysis of factors influencing adoption of electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102436.
- [2] Yeardley, A. S., Bugryniec, P. J., Milton, R. A., & Brown, S. F. (2020). A study of the thermal runaway of lithium-ion batteries: A Gaussian Process based global sensitivity analysis. *Journal of Power Sources*, 456, 228001.
- [3] Sadeghian, O., Oshnoei, A., Mohammadi-Ivatloo, B., Vahidinasab, V., & Anvari-Moghaddam, A. (2022). A comprehensive review on electric vehicles smart charging: Solutions, strategies, technologies, and challenges. *Journal of Energy Storage*, 54, 105241.
- [4] Shadnam Zarbil, M., Vahedi, A., Azizi Moghaddam, H., & Khlyupin, P. A. (2022). Design and Sizing of Electric Bus Flash Charger Based on a Flywheel Energy Storage System: A Case Study. *Energies*, 15(21), 8032.
- [5] Karakitsios, I., Karfopoulos, E., & Hatziargyriou, N. (2016). Impact of dynamic and static fast inductive charging of electric vehicles on the distribution network. *Electric Power Systems Research*, 140, 107-115.
- [6] Chen, H., Sui, Y., Shang, W. L., Sun, R., Chen, Z., Wang, C., ... & Zhang, H. (2022). Towards renewable public transport: Mining the performance of electric buses using solar-radiation as an auxiliary power source. *Applied Energy*, 325, 119863.
- [7] Ahmad, F., Saad Alam, M., Saad Alsaidan, I., & Shariff, S. M. (2020). Battery swapping station for electric vehicles: opportunities and challenges. *IET Smart Grid*, 3(3), 280-286.
- [8] Meishner, F., & Uwe Sauer, D. (2020). Technical and economic comparison of different electric bus concepts based on actual demonstrations in European cities. *IET Electrical Systems in Transportation*, 10(2), 144-153.
- [9] Ajanovic, A., Glatt, A., & Haas, R. (2021). Prospects and impediments for hydrogen fuel cell buses. *Energy*, 235, 121340.
- [10] Daganzo, C. F., Gayah, V. V., & Gonzales, E. J. (2012). The potential of parsimonious models for understanding large scale transportation systems and answering big picture questions. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 1(1-2), 47-65.
- [11] Daganzo, C. F. (2007). Urban gridlock: Macroscopic modeling and mitigation approaches. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(1), 49-62.
- [12] Treiber, M., & Kesting, A. (2013). Traffic flow dynamics. *Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 983-1000.
- [13] Chang, S. K., & Schonfeld, P. M. (1991). Multiple period optimization of bus transit systems. *Transportation Research Part B: Methodological*, 25(6), 453-478.

- [14] Lighthill, M. J., & Whitham, G. B. (1955). On kinematic waves II. A theory of traffic flow on long crowded roads. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, 229(1178), 317-345.
- [15] Aw, A. A. T. M., & Rascle, M. (2000). Resurrection of "second order" models of traffic flow. *SIAM journal on applied mathematics*, 60(3), 916-938.
- [16] Gipps, P. G. (1981). A behavioural car-following model for computer simulation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 15(2), 105-111.
- [17] Ellegood, W. A., Campbell, J. F., & North, J. (2015). Continuous approximation models for mixed load school bus routing. *Transportation Research Part B: Methodological*, 77, 182-198.
- [18] Montewka, J., Hinz, T., Kujala, P., & Matusiak, J. (2010). Probability modelling of vessel collisions. *Reliability Engineering & System Safety*, 95(5), 573-589.
- [19] Liu, J., Zhou, F., Li, Z., Wang, M., & Liu, R. W. (2016). Dynamic ship domain models for capacity analysis of restricted water channels. *The Journal of Navigation*, 69(3), 481-503.
- [20] Mitropoulos, L., Antypas, A., & Kepaptsoglou, K. (2022). Transportation planning for ferry services by using a continuous approximation model: the case of the Aegean Islands, Greece. *Transportation Letters*, 14(5), 512-523.
- [21] [www.ktelattikis.gr](http://www.ktelattikis.gr)
- [22] [maps.google.gr](http://maps.google.gr)
- [23] [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr)
- [24] [www.fuelprices.gr](http://www.fuelprices.gr)
- [25] [ec.europa.eu/Eurostat](http://ec.europa.eu/Eurostat)
- [26] Βύρων Κοτζαμάνης (2015) , Προβολές πληθυσμού (Διαλέξεις Μαθήματος Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας )
- [27] Jara Díaz, S. R. (1981). *Transportation cost functions: A multiproduct approach* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- [28] Li, X., Gorguinpour, C., Sclar, R., & Castellanos, S. (2019). How to enable electric bus adoption in cities worldwide. *World Resources Institute*.
- [29] Uslu, T., & Kaya, O. (2021). Location and capacity decisions for electric bus charging stations considering waiting times. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 90, 102645.
- [30] [theicct.org](http://theicct.org)
- [31] Wang, N., Li, Y., & Liu, Y. (2014, October). Economic evaluation of electric bus charging infrastructure. In *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 2799-2804). IEEE.