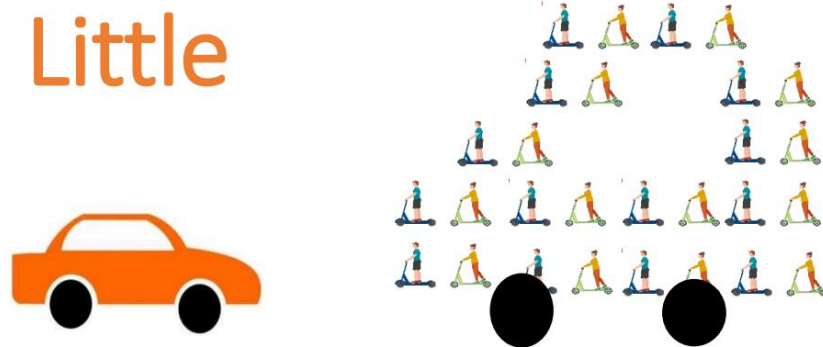




Κύκλος Ζωής μπαταριών οχημάτων ήπιας κινητικότητας

LITTLE : Life-cycle of soft mobility vehicle batteries

Παραδοτέο 3.2: Καταγραφέντα δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης



Πάτρα, Οκτώβριος 2024

Ομάδα έργου

Ζωή Χριστοφόρου	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Πατρών Επιστημονική Υπεύθυνη Έργου
Χρήστος Γιολδάσης	Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Υπεύθυνος ανάλυσης κύκλου ζωής μπαταριών
Αναστάσιος Καλλιανιώτης	Δρ. Μεταλλειολόγος Μηχανικός Υπεύθυνος ανάπτυξης και αναβάθμισης προσομοιωτή
Αθανάσιος Αθανασάτος	Πολιτικός Μηχανικός Υπεύθυνος πειραματικής διαδικασίας
Δημήτριος Κόλλιας	Πολιτικός Μηχανικός Υπεύθυνος πειραματικής διαδικασίας

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	ix
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Πλαίσιο.....	1
1.2 Στόχος του έργου.....	1
1.3 Μεθοδολογία.....	2
1.4 Οργάνωση του έργου.....	2
2. Πειράματα πεδίου.....	3
2.1 Γενικές πληροφορίες πεδίου.....	3
2.1.1 Ελεύθερες διαδρομές.....	4
2.1.2 Δεσμευμένες διαδρομές.....	4
2.2 Επιλογή εξοπλισμού για την καταγραφή των διαδρομών, κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων πεδίου.....	8
2.2.1 GPSMAP 66SR.....	8
2.2.2 Εφαρμογή RhyrhoX.....	9
2.2.3 Πιλοτικές δοκιμές για σύγκριση ακρίβειας εξοπλισμού.....	9
2.2.4 Χρήση εφαρμογής “RHYRHOX”.....	12
2.4 Διάταξη καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης (ad hoc).....	13
2.3 Οχήματα πειραμάτων πεδίου.....	14
2.5 Ημερολόγιο ταξιδιού.....	15
2.6 Επιλογή συμμετεχόντων.....	15
2.7 Ερωτηματολόγιο πειραμάτων πεδίου.....	16
2.8 Δημιουργία βάσης δεδομένων.....	16
2.9 Μέτρηση κατάσταση υγείας μπαταρίας.....	20
2.10 Επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων.....	23
2.10.1 Συγχρονισμός δεδομένων και υπολογισμός κατανάλωσης ρεύματος.....	23
2.10.2 Χωρική ανάλυση δεδομένων.....	25
2.10.3 Προβολή κατανάλωσης στο χώρο.....	25
2.11 Ανάλυση δεδομένων.....	26
2.11.1 Χαρακτηριστικά χρήστη και ενεργειακή κατανάλωση.....	26
2.11.2 Χαρακτηριστικά οδού και ενεργειακή κατανάλωση.....	31
2.11.3 Καιρικές συνθήκες και ενεργειακή κατανάλωση.....	35
2.11.4 Επίπεδο εξυπηρέτησης οδού και ενεργειακή κατανάλωση.....	40
2.12 Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης.....	45

2.12.1 Μοντέλο ενεργειακής κατανάλωσης	46
3. Πειράματα προσομοιωτών στο εργαστήριο	49
3.1 Πείραμα προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου	50
3.1.1 Περιγραφή προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου	50
3.1.2 Εικονικές διαδρομές προσομοιωτή.....	51
3.1.3 Επιλογή συμμετεχόντων	52
3.1.4 Ερωτηματολόγιο πειράματος προσομοιωτή ποδηλάτου	53
3.1.5 Πρωτόκολλο πειραματικής διαδικασίας	53
3.1.6 Ανάλυση δεδομένων και αξιολόγηση αποτελεσμάτων προσομοιωτή ποδηλάτου	54
3.1.7 Βαθμονόμηση ενεργειακής κατανάλωσης προσομοιωτή ποδηλάτου	56
3.2 Πείραμα προσομοιωτή ηλεκτρικού πατινιού	56
3.2.1 Περιγραφή προσομοιωτή ηλεκτρικού πατινιού	56
3.2.2 Οργάνωση πειραματικής διαδικασίας	57
3.2.3 Ανάλυση δεδομένων και αξιολόγηση αποτελεσμάτων προσομοιωτή πατινιού	57
3.2.4 Βαθμονόμηση ενεργειακής κατανάλωσης προσομοιωτή πατινιού	58
4. Συμπεράσματα-Προτάσεις	59
5. Βιβλιογραφία.....	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	62
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	66
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	72

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2. 1 Συγκεντρωτική απεικόνιση δεσμευμένων διαδρομών.....	4
Εικόνα 2. 2 Απεικόνιση 4 ^{ης} δεσμευμένης διαδρομής	6
Εικόνα 2. 3 Απεικόνιση 11 ^{ης} δεσμευμένης διαδρομής.....	6
Εικόνα 2. 4 Απεικόνιση 1 ^{ης} δεσμευμένης διαδρομής.....	7
Εικόνα 2. 5 Απεικόνιση 5 ^{ης} δεσμευμένης διαδρομής.....	7
Εικόνα 2. 6 Απεικόνιση 7 ^{ης} δεσμευμένης διαδρομής.....	8
Εικόνα 2. 7 GPSPMAP 66SR (Garmin & subsidiaries, n.d.)	8
Εικόνα 2. 8 Δεδομένα καταγραφής της εφαρμογής ΡΗΥΡΗΟΧ	12
Εικόνα 2. 9 Μετρητής ρεύματος διάταξης καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης.....	13
Εικόνα 2. 10 Απεικόνιση διάταξης καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης.....	13
Εικόνα 2. 11 Τοποθέτηση διάταξης καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης πάνω στα μικροσχήματα.....	14
Εικόνα 2.12 Διάταξη φόρτισης και αποφόρτισης ηλεκτρικού πατινιού.....	22
Εικόνα 2.13 Απεικόνιση συγχρονισμού δεδομένων κατανάλωσης πριν (πάνω) και μετά (κάτω)	24
Εικόνα 2.14 Διαχωρισμός διαδρομής σε τμήματα 10 μέτρων	25
Εικόνα 2. 15 Καιρικά δεδομένα Εθνικού Αστεροσκοπείου	35
Εικόνα 3. 1 Προσομοιωτής ηλεκτρικού ποδηλάτου	50
Εικόνα 3. 2 Απεικόνιση εικονικού περιβάλλοντος ηλεκτρικού ποδηλάτου	51
Εικόνα 3. 3 Απεικόνιση δεσμευμένης διαδρομής στην πανεπιστημιούπολη Πατρών	51
Εικόνα 3. 4 Απεικόνιση δεσμευμένης διαδρομής στον πεζόδρομο της Ρήγα Φεραίου.....	52
Εικόνα 3. 5 Απεικόνιση δεσμευμένης διαδρομής στον ποδηλατοδρόμο της Πάτρας	52
Εικόνα 3. 6 Απεικόνιση δεδομένων προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου.....	54
Εικόνα 3. 7 Προσομοιωτής ηλεκτρικού πατινιού	56

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 2. 1 Σύγκριση αποτελεσμάτων διατάξεων GPS, 1/4.....	10
Διάγραμμα 2. 2 Σύγκριση αποτελεσμάτων διατάξεων GPS, 2/4.....	10
Διάγραμμα 2. 3 Σύγκριση αποτελεσμάτων διατάξεων GPS, 3/4.....	10
Διάγραμμα 2. 4 Σύγκριση αποτελεσμάτων διατάξεων GPS, 4/4.....	11
Διάγραμμα 2. 5 State of health μπαταρίας (%) – Διανυθείσα απόσταση	22
Διάγραμμα 2.6 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά φύλο, πατίνι	27
Διάγραμμα 2.7 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά φύλο, ποδήλατο	27
Διάγραμμα 2. 8 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κλάση βάρους , πατίνι.....	28
Διάγραμμα 2. 9 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κλάση βάρους, ποδήλατο	29
Διάγραμμα 2.10 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κλάση εμπειρίας, πατίνι.....	30
Διάγραμμα 2. 11 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κλάση εμπειρίας, ποδήλατο.....	30
Διάγραμμα 2. 12 Κλίση/κατανάλωση-απόσταση δεσμευμένης διαδρομής, οδός μικτής κυκλοφορίας.....	31
Διάγραμμα 2. 13 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία κλίσης, πατίνι.....	32
Διάγραμμα 2. 14 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία κλίσης, ποδήλατο	32
Διάγραμμα 2. 15 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά τύπο οδοστρώματος, πατίνι.....	33
Διάγραμμα 2. 16 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά τύπο οδοστρώματος, ποδήλατο	33
Διάγραμμα 2. 17 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατάσταση οδοστρώματος, πατίνι.....	34
Διάγραμμα 2. 18 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατάσταση οδοστρώματος, ποδήλατο.	34
Διάγραμμα 2. 19 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία θερμοκρασίας (°C), πατίνι	36
Διάγραμμα 2. 20 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία θερμοκρασίας (°C), ποδήλατο	36
Διάγραμμα 2. 21 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία υγρασίας, πατίνι	37
Διάγραμμα 2. 22 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία υγρασίας, ποδήλατο	38
Διάγραμμα 2. 23 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία ανέμου, πατίνι	39
Διάγραμμα 2. 24 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία ανέμου, ποδήλατο.....	39
Διάγραμμα 2. 25 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, οδός μικτής χρήσης, πατίνι	42
Διάγραμμα 2. 26 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, πεζόδρομος, πατίνι	42
Διάγραμμα 2. 27 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, ποδηλατοδρόμος, πατίνι	43
Διάγραμμα 2. 28 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, οδός μικτής χρήσης, ποδήλατο	44
Διάγραμμα 2. 29 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, πεζόδρομος, ποδήλατο.....	44
Διάγραμμα 2. 30 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, ποδηλατοδρόμος, ποδήλατο	45
Διάγραμμα 2. 31 Αποκλίσεις συστήματος καταγραφής - Μοντέλο κατανάλωσης.....	49
Διάγραμμα 3. 1 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, Πανεπιστήμιο, ποδήλατο	54
Διάγραμμα 3. 2 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, πεζόδρομος, ποδήλατο	55

Διάγραμμα 3. 3 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, ποδηλατοδρόμος, ποδήλατο	55
Διάγραμμα 3. 4 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, Πανεπιστήμιο, πατίνι	57
Διάγραμμα 3. 5 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, πεζόδρομος, πατίνι.	57
Διάγραμμα 3. 6 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, ποδηλατοδρόμος, πατίνι.....	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2. 1 Δεσμευμένες διαδρομές πειραμάτων πεδίου	5
Πίνακας 2. 2 Απεικόνιση χαρακτηριστικών 4 ^{ης} δεσμευμένης διαδρομής	6
Πίνακας 2. 3 Απεικόνιση χαρακτηριστικών 11 ^{ης} δεσμευμένης διαδρομής	6
Πίνακας 2. 4 Απεικόνιση συντεταγμένων και διαφορά μεταξύ GPS και rhyrbox	11
Πίνακας 2. 5 Κατάλογος οχημάτων πειραμάτων πεδίου	14
Πίνακας 2. 6 Πλήθος δείγματος πειραμάτων πεδίου	15
Πίνακας 2.7 Κωδικοποίηση παραμέτρων βάσης δεδομένων.....	20
Πίνακας 2.8 Τεχνικές προδιαγραφές Charge-Discharge Tester.....	21
Πίνακας 2. 9 Χαρακτηριστικά χρήσης ΕΠΗΟ	22
Πίνακας 2.10 Δείγμα ανάλογα με το φύλο	26
Πίνακας 2. 11 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, φύλο.....	27
Πίνακας 2. 12 Δείγμα ανά κλάση βάρους χρήστη	28
Πίνακας 2. 13 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, βάρος	29
Πίνακας 2.14 Δείγμα ανά κλάση εμπειρίας.....	30
Πίνακας 2. 15 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, εμπειρία.....	30
Πίνακας 2. 16 Δείγμα ανά τύπο οδοστρώματος	32
Πίνακας 2. 17 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, τύπος οδοστρώματος	33
Πίνακας 2. 18 Δείγμα ανά κατάσταση οδοστρώματος.....	34
Πίνακας 2. 19 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, κατάσταση οδοστρώματος	34
Πίνακας 2. 20 Δείγμα ανά κατηγορία θερμοκρασιών	35
Πίνακας 2. 21 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, θερμοκρασία	36
Πίνακας 2. 22 Δείγμα ανά κατηγορία υγρασιών	37
Πίνακας 2. 23 Σχετικές διαφορές κατανάλωσης και KS test, υγρασία	38
Πίνακας 2. 24 Δείγμα ανά κατηγορία ανέμου	38
Πίνακας 2. 25 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, άνεμος	39
Πίνακας 2. 26 Ποσοστιαίο δείγμα συνθηκών κυκλοφορίας, πατίνι.....	41
Πίνακας 2. 27 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test , συνθήκες κυκλοφορίες, πατίνι	43
Πίνακας 2. 28 Ποσοστιαίο δείγμα επιπέδου εξυπηρέτησης, ποδήλατο	44
Πίνακας 2. 29 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, συνθήκη κυκλοφορίας, ποδήλατο.....	45
Πίνακας 2. 30 Ανεξάρτητες μεταβλητές	46
Πίνακας 2. 31 Πίνακας συσχετίσεων συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών	47
Πίνακας 2. 32 Πίνακας συσχετίσεων διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών.....	47
Πίνακας 2. 33 Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης	48
Πίνακας 2. 34 Μέσος όρος κατανάλωσης ρεύματος (Ah)	49
Πίνακας 3. 1 Σχετικές διαφορές ταχυτήτων πεδίου-προσομοιωτή, ποδήλατο.....	55
Πίνακας 3. 2 Αποκλίσεις καταναλώσεων ρεύματος (Ah) ανάμεσα σε εικονικό περιβάλλον και πραγματικότητα, ποδήλατο.....	56
Πίνακας 3. 3 Σχετικές διαφορές ταχυτήτων πεδίου-προσομοιωτή, πατίνι.....	58
Πίνακας 3. 4 Αποκλίσεις καταναλώσεων ρεύματος(Ah) ανάμεσα σε εικονικό περιβάλλον και πραγματικότητα, πατίνι.....	58
Πίνακας 4. 1 Βαθμονόμηση επίδρασης παραγόντων στην κατανάλωση.....	59

Περίληψη

Τα Ελαφρά Προσωπικά Ηλεκτρικά Οχήματα (ΕΠΗΟ), όπως τα ηλεκτρικά πατίνια και τα ηλεκτρικά ποδήλατα, έχουν καταστεί ευρέως χρησιμοποιούμενα μέσα μεταφοράς κυρίως εντός αστικών περιοχών. Η απόδοση και η ασφάλεια των ΕΠΗΟ εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες των μπαταριών τους, οι οποίες επηρεάζουν την ενεργειακή τους απόδοση, τον χρόνο ζωής τους και το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Παρά τη σημασία τους, τα **χαρακτηριστικά των μπαταριών** αυτών παραμένουν ελάχιστα γνωστά τόσο από τους χρήστες όσο και από την επιστημονική κοινότητα.

Ο στόχος του παρόντος παραδοτέου είναι η **παρουσίαση της πειραματικής διαδικασίας** για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση των ΕΠΗΟ και την ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την κατανάλωση αυτή. Αυτή η διαδικασία κατέστησε δυνατή τη δημιουργία μιας εκτενούς βάσης δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές που σχετίζονται με τον χρήστη, τα χαρακτηριστικά του οχήματος, τον τύπο μπαταρίας, τις συνθήκες μετακίνησης, τις καιρικές συνθήκες, τις κυκλοφοριακές συνθήκες και την γεωμετρία των οδών. Το παραδοτέο περιλαμβάνει επίσης την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, των συμπερασμάτων και του μοντέλου ενεργειακής κατανάλωσης που προέκυψαν από την επεξεργασία αυτών των δεδομένων.

Το πρώτο μέρος του παραδοτέου επικεντρώνεται στα **πειράματα πεδίου** που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του έργου. Περιγράφεται ο εξοπλισμός που επιλέχθηκε για τη διεξαγωγή των πειραμάτων και τη συλλογή των δεδομένων, η επιλογή των συμμετεχόντων, η διαδικασία συγκέντρωσης των δεδομένων και η δημιουργία της βάσης δεδομένων. Επίσης, περιλαμβάνει την επεξεργασία των δεδομένων που οδήγησε στη δημιουργία του μοντέλου ενεργειακής κατανάλωσης. Το δεύτερο μέρος αφορά τα **εργαστηριακά πειράματα**, εστιάζοντας στην οργάνωση και εκτέλεση των δοκιμών που διεξήχθησαν στους προσομοιωτές του Εργαστηρίου Συστημάτων Μεταφορών και Βιώσιμης Κινητικότητας. Περιλαμβάνει την επικύρωση της λειτουργίας των προσομοιωτών για ηλεκτρικά πατίνια και ηλεκτρικά ποδήλατα μέσω σύγκρισης των αποτελεσμάτων των προσομοιωτών με τα αποτελέσματα από την πειραματική διαδικασία πεδίου.

Η ανάλυση των πειραματικών δεδομένων προσφέρει κρίσιμες πληροφορίες για την **επίδραση διαφόρων παραγόντων** στην οδήγηση και την ενεργειακή κατανάλωση των ηλεκτρικών πατινιών και ποδηλάτων. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι οι άνδρες σχετίζονται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, οι χρήστες με μεγαλύτερη εμπειρία στον χειρισμό ηλεκτρικών πατινιών έχουν μεγαλύτερη άνεση στην επιτάχυνση, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Αναφορικά με τα χαρακτηριστικά των διαδρομών, οι ανηφορικές κλίσεις και η κακή κατάσταση του οδοστρώματος οδηγούν επίσης σε αυξημένη κατανάλωση. Στους εξωγενείς παράγοντες, τα υψηλά επίπεδα υγρασίας φαίνεται να συσχετίζονται με υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Όσον αφορά τις συνθήκες κυκλοφορίας φαίνεται ότι όσο καλύτερες είναι τόσο μεγαλύτερη είναι και η ενεργειακή κατανάλωση. Τέλος, η ταχύτητα αναδεικνύεται ως ο πλέον κρίσιμος παράγοντας που δρα αυξητικά στην κατανάλωση των ΕΠΗΟ.

1.Εισαγωγή

1.1 Πλαίσιο

Η πολιτική για το κλίμα και ο μηδενισμός εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050 αποτελούν προτεραιότητα για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ορόσημο αποτελεί το έτος 2030, όταν οι εκπομπές πρέπει να έχουν μειωθεί κατά 55% σε σχέση με το 1990. Σε εθνικό επίπεδο, τα κράτη-μέλη της ΕΕ αναπτύσσουν στρατηγικά σχέδια που αποτελούν οδικούς χάρτες για τη μετάβαση σε οικονομίες μηδενικών εκπομπών. Η Ελλάδα έχει εκπονήσει το «Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα» (ΕΣΕΚ) για την επίτευξη συγκριμένων Ενεργειακών και Κλιματικών Στόχων έως το έτος 2030. Συμπληρωματικά στο ΕΣΕΚ αναπτύσσεται η Μακροχρόνια Στρατηγική για το έτος 2050.

Με βάση την εθνική και ευρωπαϊκή στρατηγική αναπτύσσονται σε τοπικό επίπεδο επιμέρους σχέδια που προετοιμάζουν τη μετάβαση διάφορων τομέων στην κλιματική ουδετερότητα. Στον τομέα της αστικής κινητικότητας οι δημοτικές αρχές αναπτύσσουν στρατηγικά σχέδια όπως τα Σχέδια Βιώσιμης Αστικής Κινητικότητας (ΣΒΑΚ) που καθορίζουν την αναδιαμόρφωση των αστικών μεταφορών προδιαγράφοντας μέτρα που πρέπει να ληφθούν, έργα που πρέπει να προγραμματιστούν και πολιτικές που πρέπει να ληφθούν ώστε να μειωθεί το κλιματικό αποτύπωμα της αστικής κινητικότητας. Επιπλέον σχέδια αποτελούν τα Σχέδια Φόρτισης Ηλεκτρικών Οχημάτων (ΣΦΗΟ) που προβλέπουν τη χωροθέτηση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Ειδικά για τα **Ελαφρά Προσωπικά Ηλεκτρικά Οχήματα (ΕΠΗΟ)**, που αποτελούν το σημείο ενδιαφέροντος του έργου LITTLE, ψηφίστηκε νομοθετικό πλαίσιο (Ν. 3784/2021) που ενσωματώθηκε στον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (Κ.Ο.Κ.) και καθορίζει τις αρχές κίνησης των ΕΠΗΟ στο οδικό δίκτυο. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα ΕΠΗΟ καθώς η κυκλοφορία τους στην Ελλάδα διαρκώς αυξάνεται, ιδιαίτερα μετά την εφαρμογή του προγράμματος «Κινούμαι ηλεκτρικά».

1.2 Στόχος του έργου

Στόχος του έργου LITTLE είναι η συμβολή στην βέλτιστη αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα ΕΠΗΟ για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής μέσω της παραγωγής νέας γνώσης σχετικά με τους συσσωρευτές τους, αλλά και της ενημέρωσης/ευαισθητοποίησης των Αρχών και των τελικών χρηστών. Κύριο μεθοδολογικό εργαλείο για την επίτευξη του στόχου είναι η λεπτομερής ανάλυση του κύκλου ζωής της μπαταρίας των οχημάτων μικροκινητικότητας.

Επιμέρους στόχοι του έργου είναι:

(Σ1) Η ποσοτικοποίηση και αξιολόγηση της επίπτωσης των μπαταριών στο περιβάλλον, με έμφαση στην περίοδο χρήσης του οχήματος,

(Σ2) Η βελτιστοποίηση της ενεργειακής τους απόδοσης σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής τους,

(Σ3) Η διατύπωση πολιτικών και την υλοποίηση πιλοτικών δράσεων για μετριασμό των συνεπειών μέσω σχημάτων ανακύκλωσης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο αλλά και ευαισθητοποίησης των τελικών χρηστών

1.3 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία υλοποίησης του έργου περιλαμβάνει τρία βήματα ανάλυσης που αντιστοιχούν στις φάσεις του κύκλου ζωής των μπαταριών:

- (1) Πριν την χρήση - χαρακτηριστικά μπαταρίας και κατασκευή (desk research),
- (2) **Ανάλυση χρήσης – ανάπτυξη μοντέλου κατανάλωσης λαμβάνοντας υπόψιν τα χαρακτηριστικά χρήστη, περιβάλλοντος και διαδρομών,**
- (3) Τέλος ζωής – απόρριψη και ανακύκλωση (desk research and interviews).

Η κύρια έμφαση του έργου δίνεται στην περίοδο της χρήσης όπου διερευνώνται, μέσω προσομοιωτή και δεδομένων πραγματικής χρήσης, οι παράγοντες επιρροής της κατανάλωσης και θα ποσοτικοποιηθεί το μέγεθος της επιρροής. Στο πλαίσιο του έργου, οργανώνονται δράσεις και ενέργειες ώστε τα αποτελέσματα να συμβάλουν σημαντικά στην προώθηση της κυκλικής οικονομίας και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα, αναπτύσσεται πρότυπη μεθοδολογία υπολογισμού επιπτώσεων, θα σχεδιαστεί και πιλοτικά εφαρμοστεί καινοτόμο σχέδιο ανακύκλωσης των μπαταριών σε τοπικό και εθνικό επίπεδο, καταρτίζεται και θα προωθείται εγχειρίδιο με αρχές οικολογικής οδήγησης ηλεκτροκίνητων ποδηλάτων και πατινιών και διατυπώνονται αρχές βελτιστοποίησης χωροθέτησης σταθμών φόρτισης και προτάσεις σχετικών πολιτικών.

Το Πακέτο Εργασίας 3, τμήμα του οποίου καλύπτει το παρόν παραδοτέο, έχει ως στόχο την ανάπτυξη μοντέλου κατανάλωσης μπαταρίας λαμβάνοντας υπόψιν τα χαρακτηριστικά χρήστη, περιβάλλοντος και πραγματοποιηθείσας διαδρομής. Αυτό, με τη σειρά του θα συμβάλλει στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων χρήσης μπαταριών μικροοχημάτων με υπολογισμό αποτυπώματος άνθρακα (gCO₂eq/km) και στην ανάπτυξη πρώτου διεθνώς προσομοιωτή ενεργειακής κατανάλωσης ΕΠΗΟ.

1.4 Οργάνωση του έργου

Το έργο LITTLE χρηματοδοτείται από το Πράσινο Ταμείο στα πλαίσια του προγράμματος «Έρευνα και Εφαρμογή». Επικεφαλής εταιρός είναι το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών, ενώ στο έργο συμμετέχουν ο Δήμος Λάρισας και ο Δήμος Καλαμάτας. Υπεύθυνος παρακολούθησης του έργου είναι ο κ. Χωματίδης, Μηχανικός Περιβάλλοντος MSc.

Το έργο αποτελείται από τα ακόλουθα πακέτα εργασίας.

ΠΕ1. Οργάνωση και διαχείριση έργου (M01-M24)

ΠΕ2. Ανάλυση αποτυπώματος πριν τη χρήση μπαταρίας (M01-M08)

ΠΕ3. Ανάλυση αποτυπώματος κατά τη χρήση μπαταρίας (M03-M21)

ΠΕ4. Ανάλυση τέλους ζωής μπαταριών ΕΠΗΟ (M18-M21)

ΠΕ5. Πιλοτικές δράσεις και διάχυση αποτελεσμάτων (M22-M24)

2. Πειράματα πεδίου

Στόχος του κεφαλαίου είναι η περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας πεδίου και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν μέσα από αυτή. Αρχικά, παρουσιάζονται οι διαδρομές που επιλέχθηκαν καθώς και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή της. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στην επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν και στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε. Τέλος, παρουσιάζεται το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης των ΕΠΗΟ. Αναλυτικότερα παρουσιάζονται κατά σειρά:

- 2.1 Γενικές πληροφορίες πεδίου
- 2.2 Επιλογή εξοπλισμού για την καταγραφή των διαδρομών, κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων πεδίου
- 2.3 Οχήματα πειραμάτων πεδίου
- 2.4 Διάταξη καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης (ad hoc)
- 2.6 Επιλογή συμμετεχόντων
- 2.7 Ερωτηματολόγιο πειραμάτων πεδίου
- 2.8 Δημιουργία βάσης δεδομένων
- 2.9 Μέτρηση κατάσταση υγείας μπαταρίας
- 2.10 Επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων
- 2.11 Ανάλυση δεδομένων
- 2.12 Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

2.1 Γενικές πληροφορίες πεδίου

Τα πειράματα πεδίου απαρτίζονται από i) τις δεσμευμένες διαδρομές και ii) τις ελεύθερες διαδρομές. Οι **δεσμευμένες διαδρομές** είναι προκαθορισμένες και υποχρεωτικές για τους/ις συμμετέχοντες/ουσες. Κάθε συμμετέχων/ουσα στο πείραμα κλήθηκε να εκτελέσει *10 δεσμευμένες» διαδρομές*. Οι **ελεύθερες διαδρομές** επιλέγονται από τον/ην κάθε συμμετέχοντα/ουσα, που καλείται να διανύσει συνολικά 20-30χλμ. σε διαδρομές δικής του/της επιλογής. Μεταξύ των δεσμευμένων και ελεύθερων διαδρομών δεν υπήρχε επικάλυψη. Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά με τη χρήση ΕΠΗΟ (ηλεκτρικού πατινιού ή ηλεκτρικού ποδηλάτου) που παρείχε το Εργαστήριο Συστημάτων Μεταφορών και Βιώσιμης Κινητικότητας του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, του Πανεπιστημίου Πατρών. Οι συμμετέχοντες/ουσες έλαβαν οδηγίες να **καταγράφουν δεδομένα κίνησης (ταχύτητα, επιτάχυνση, συντεταγμένες οχήματος)** κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Στις ελεύθερες διαδρομές, η καταγραφή έγινε μόνο για τα τμήματα που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του ΕΠΗΟ. Επιπλέον, στους συμμετέχοντες/ουσες δόθηκαν οδηγίες «καλής» ή «κακής» χρήσης μπαταρίας στις οποίες κλήθηκαν να προσαρμόζουν τη χρήση του ΕΠΗΟ.

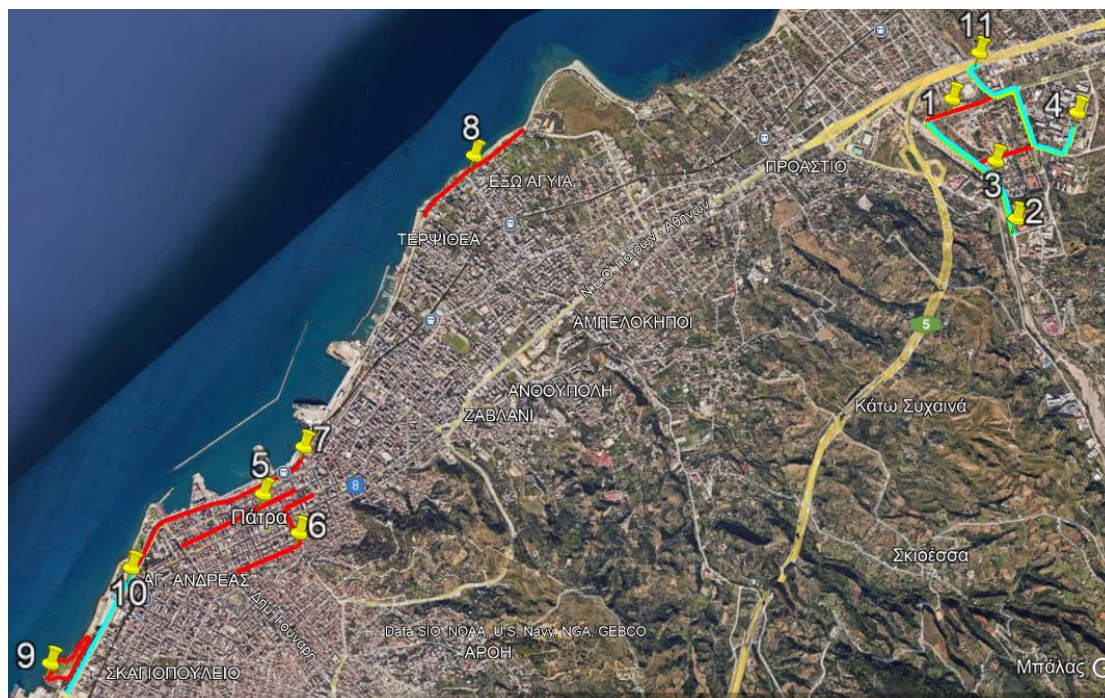
2.1.1 Ελεύθερες διαδρομές

Οι ελεύθερες διαδρομές αποτελούν διαδρομές **προσωπικής επιλογής του κάθε χρήστη** και στο σύνολό τους πρέπει να αντιστοιχούν σε μία διανυόμενη απόσταση ίση με 20-30 χιλιόμετρα. Στόχος τους είναι η άντληση στοιχείων σχετικά με το μήκος ταξιδιών, την επιλογή διαδρομών και ημερών/ωρών μετακίνησης των χρηστών, ώστε να αναλυθεί η χρήση των ΕΠΗΟ και το αποτύπωμά τους κατά τη χρήση σε πραγματικές συνθήκες. Στο παρόν παραδοτέο οι ελεύθερες διαδρομές **αξιοποιούνται για την επικύρωση του μοντέλου ενεργειακής κατανάλωσης**.

2.1.2 Δεσμευμένες διαδρομές

Στο παραδοτέο 3.1: «Πρωτόκολλα πειραμάτων εργαστηρίου και πεδίου» γίνεται αναλυτική παρουσίαση των διαδρομών που έχουν επιλεγεί για να αποτελέσουν τις **δεσμευμένες διαδρομές** των πειραμάτων πεδίου. Στόχος είναι η άντληση δεδομένων, η επεξεργασία των οποίων θα επιτρέψει την κατανόηση του πώς, εξωγενείς παράγοντες (καιρικές συνθήκες, κλίση εδάφους, τύπος οδοστρώματος κλπ.) επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση των ΕΠΗΟ. Κύρια κριτήρια επιλογής των δεσμευμένων διαδρομών είναι η ασφάλεια των χρηστών και η ύπαρξη της μεταξύ τους ετερογένειας, σε χαρακτηριστικά όπως, η κλίση του εδάφους, ο τύπος του οδοστρώματος, η δυνατότητα ανάπτυξης ταχύτητας, ο φόρτος κυκλοφορίας κλπ. Τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεσμευμένων διαδρομών **αξιοποιήθηκαν σε όλα τα στάδια του παραδοτέου**.

Αναπροσαρμογές που απαιτήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα εκτέλεσης των πειραμάτων πεδίου οδήγησαν σε αλλαγές στη λίστα των αρχικά επιλεγμένων δεσμευμένων διαδρομών και στην προσθήκη νέων. Οι τελικές δεσμευμένες διαδρομές παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1 και στον χάρτη της Εικόνας 2.1.

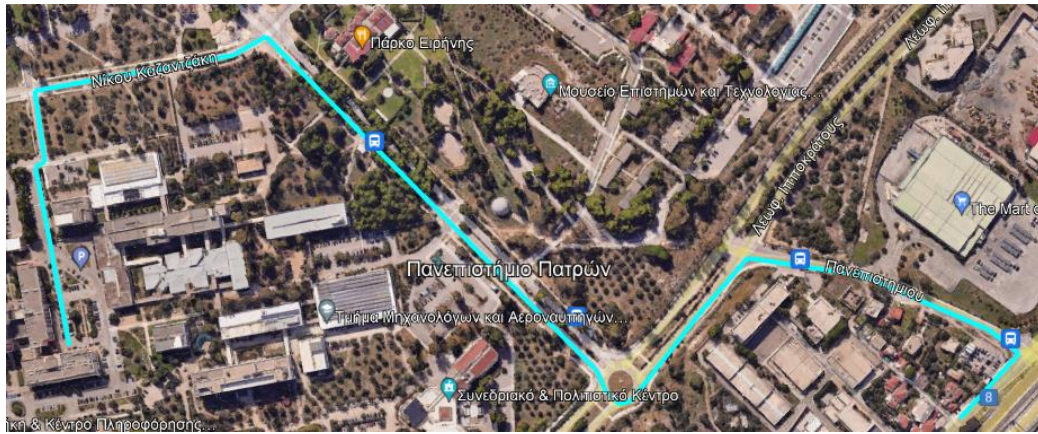


Εικόνα 2. 1 Συγκεντρωτική απεικόνιση δεσμευμένων διαδρομών

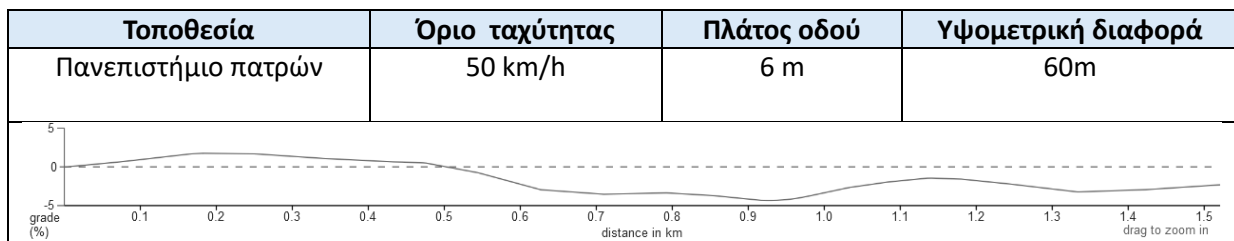
Πίνακας 2. 1 Δεσμευμένες διαδρομές πειραμάτων πεδίου

A/A	Σημείο έναρξης	Σημείο τερματισμού	Μήκος (m)	Κλίση	Είδος Διαδρομής	Κυκλοφορία
1	Λεωφόρος Ιπποκράτους και Λεωφόρος Γεώρ. Παπανδρέου	Λεωφόρος Ιπποκράτους και Λεωφόρος Γεώρ. Παπανδρέου	2.185	Υψηλή	Δρόμος	Υψηλή
2	Λεωφόρος Ιπποκράτους και Λεωφόρος Γεώρ. Παπανδρέου	Γεωργίου Παπανδρέου και Διαγόρα	1.097	Υψηλή	Δρόμος	Χαμηλή
3	Γεωργίου Παπανδρέου και Διαγόρα	Λεωφόρος Ιπποκράτους και Λεωφόρος Γεώρ. Παπανδρέου	1.097	Υψηλή	Δρόμος	Χαμηλή
4	Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών	Οδός«Χρήστου Μπελαβγένη»	1.600	Μέτρια	Δρόμος	Μέτρια
5	Ρήγα Φεραίου και Κολοκοτρώνη	Πλατεία τριών Ναυάρχων (μέχρι το «Beer Bar Q»)	920	Χαμηλή	Πεζόδρομος	Υψηλή
6	Μαιζώνος και Αράτου	Αλέξανδρου Υψηλάντου και Γούναρη	1.040	Υψηλή	Δρόμος	Υψηλή
7	<u>Ποδηλατόδρομος Ηρώων Πολυτεχνείου:</u> Παπαφλέσσα	<u>Ποδηλατόδρομος Ηρώων Πολυτεχνείου:</u> ΚΤΕΛ Αχαΐας	1.516	Χαμηλή	Ποδηλατόδρομος	Χαμηλή
8	Ηρώων Πολυτεχνείου και Κανελλοπούλου	«Ρόδον» Bar Restaurant	1.020	Χαμηλή	Δρόμος	Υψηλή
9	Μία φορά τον κύκλο του Νότιου Πάρκου		970	Χαμηλή	Πάρκο	Χαμηλή
10	<u>Πεζοδρόμιο έξω από το Νότιο Πάρκο:</u> Ελευθέριου Βενιζέλου	<u>Πεζοδρόμιο έξω από το Νότιο Πάρκο:</u> Παπαφλέσσα	1.000	Χαμηλή	Πεζόδρομος	Χαμηλή
11	Οδός«Χρήστου Μπελαβγένη»	Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών	1.600	Μέτρια	Δρόμος	Μέτρια

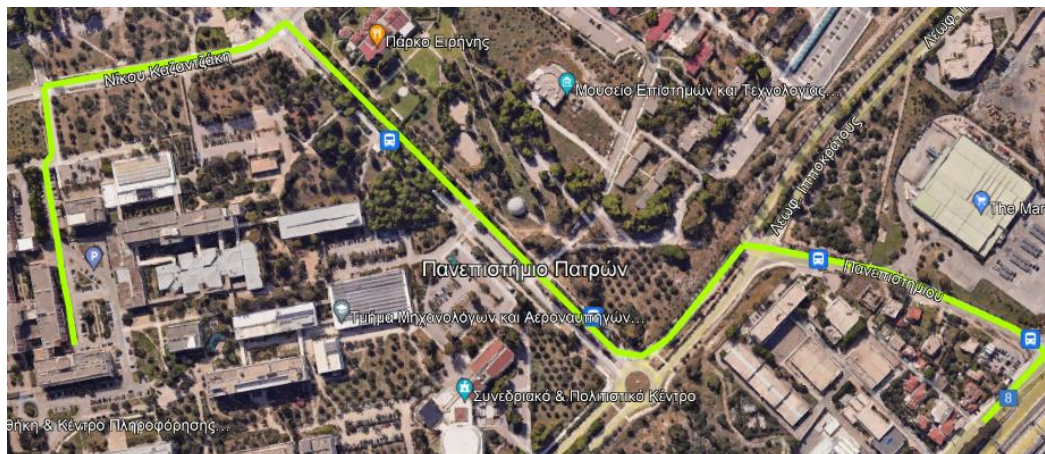
Στους πίνακες 2.2 και 2.3, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των νέων διαδρομών που εντάχθηκαν στην λίστα των «δεσμευμένων διαδρομών». Αυτές, τοποθετούνται στην πανεπιστημιούπολη Πατρών.



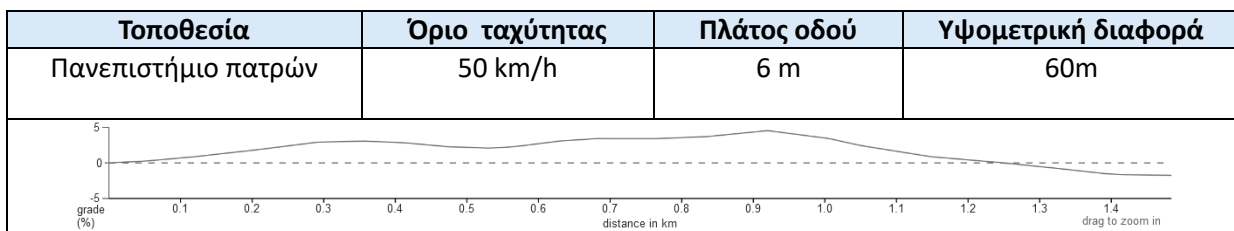
Εικόνα 2. 2 Απεικόνιση 4ης δεσμευμένης διαδρομής



Πίνακας 2. 2 Απεικόνιση χαρακτηριστικών 4ης δεσμευμένης διαδρομής

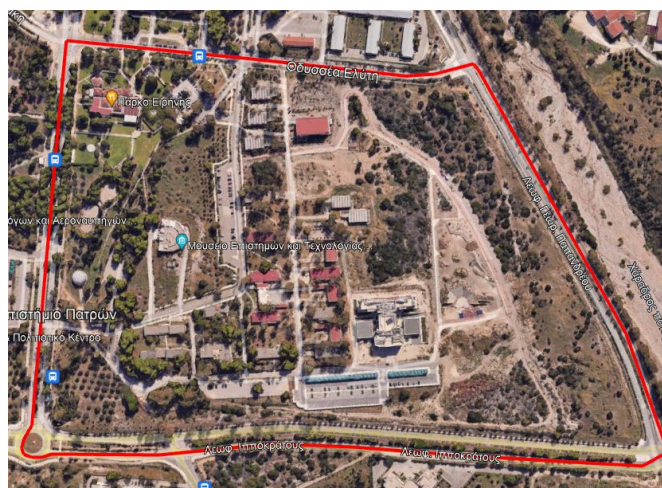


Εικόνα 2. 3 Απεικόνιση 11ης δεσμευμένης διαδρομής

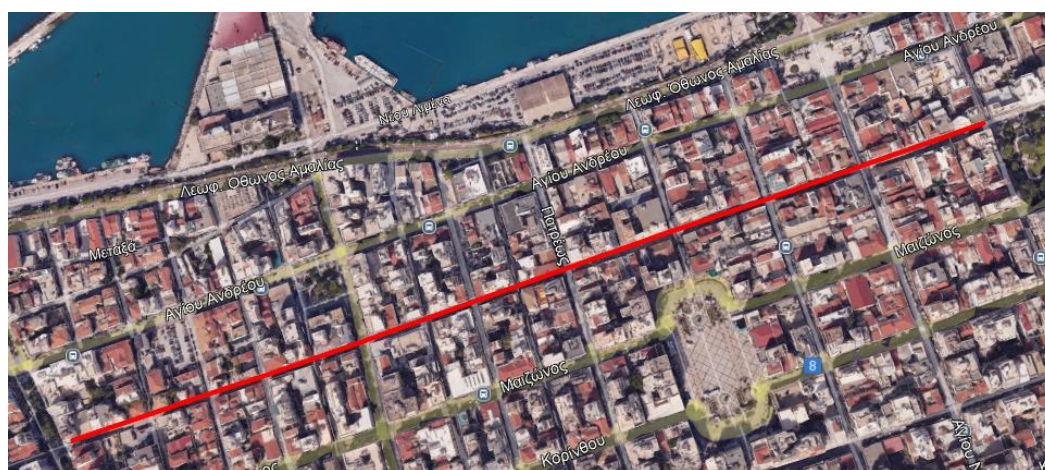


Πίνακας 2. 3 Απεικόνιση χαρακτηριστικών 11ης δεσμευμένης διαδρομής

Σύμφωνα με την εξέλιξη του πειράματος, **αποφασίστηκε να δοθεί έμφαση στην πρώτη, πέμπτη και έβδομη δεσμευμένη διαδρομή**. Η **πρώτη δεσμευμένη διαδρομή** αποτελεί μια κυκλική διαδρομή στην **πανεπιστημιούπολη Πατρών**. Επιλέχθηκε διότι παρουσιάζει έντονες ανηφορικές και κατηφορικές κλίσεις εδάφους και προσεγγίζει τα χαρακτηριστικά του αστικού δικτύου: υπάρχουν διασταυρώσεις, φωτεινός σηματοδότης, κυκλικός κόμβος, και ρεύματα κατεύθυνσης δύο λωρίδων με μεταβλητότητα στους κυκλοφοριακούς φόρτους μέσα στην ημέρα και ποικιλία στα οχήματα κυκλοφορίας (ΙΧ, μοτοσυκλέτες, λεωφορεία). Η **πέμπτη διαδρομή** επιλέχθηκε καθώς αποτελεί τον πιο **κεντρικό και πολυσύχναστο πεζόδρομο** της πόλης της Πάτρας. Αυτή η διαμόρφωση επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων σε μη ασφαλτικό οδόστρωμα και για οδήγηση που διακόπτεται από κινητά (π.χ. διερχόμενοι πεζοί) και ακίνητα (π.χ. τραπεζοκαθίσματα) εμπόδια. Η **έβδομη διαδρομή**, αποτελεί τμήμα του **ποδηλατόδρομου της Πάτρας**, που προορίζεται και εξυπηρετεί ΕΠΗΟ. Η ετερογένεια των διαδρομών διασφαλίζει την γενικότητα των τελικών αποτελεσμάτων και επιτρέπει την ανάδειξη ιδιαιτεροτήτων που ενδεχομένως σχετίζονται με συγκεκριμένο τύπο υποδομής (πεζόδρομο, ποδηλατοδρόμο, οδό μεικτής κυκλοφορίας).



Εικόνα 2. 4 Απεικόνιση 1ης δεσμευμένης διαδρομής



Εικόνα 2. 5 Απεικόνιση 5ης δεσμευμένης διαδρομής



Εικόνα 2. 6 Απεικόνιση 7ης δεσμευμένης διαδρομής

2.2 Επιλογή εξοπλισμού για την καταγραφή των διαδρομών, κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων πεδίου

Για την **καταγραφή και απεικόνιση της διαδρομής** κάθε αναβάτη εξετάστηκε η χρήση GPS είτε η χρήση της εφαρμογής **Phyphox** που τοποθετείται στο κινητό τηλέφωνο κάθε αναβάτη. Στις Ενότητες 2.2.1 και 2.2.2 παρουσιάζονται οι δύο εναλλακτικές, στην Ενότητα 2.2.3 παρουσιάζεται η σύγκριση των δύο εναλλακτικών και οι λόγοι τελικής επιλογής του **Phyphox**.

2.2.1 GPSMAP 66SR

Η **συσκευή GPS** που εξετάστηκε είναι το **GPSMAP 66SR** της GARMIN, που προϋπήρχε στον εξοπλισμό του εργαστηρίου. Το GPSMAP 66SR (Εικόνα 2.7) αποτελεί μία ανθεκτική, εύχρηστη και υψηλής ακρίβειας συσκευή.



Εικόνα 2. 7 GPSMAP 66SR (Garmin & subsidiaries, n.d.)

Ορισμένα από τα **βασικά του χαρακτηριστικά** της συσκευής είναι τα εξής (Garmin, 2024):

- Πρόσβαση σε πολλαπλά παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης (GPS, GLONASS, GALILEO και QZSS) για εντοπισμό σε πιο δύσκολα περιβάλλοντα.
- Λήψη και χρήση πολλαπλών συχνοτήτων που αποστέλλονται από δορυφόρους πλοήγησης, γεγονός που επιτρέπει βελτιωμένη ακρίβεια θέσης του χρήστη, ειδικά σε περιοχές όπου τα σήματα GNSS ανακλώνται, είναι αδύναμα ή συνήθως δεν διεισδύουν.
- Πλοήγηση σε κάθε διαδρομή με αισθητήρες ABC, όπως αλτίμετρο για λήψη δεδομένων υψομέτρου, βαρόμετρο για την παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών και ηλεκτρονική πυξίδα 3 αξόνων.
- Δυνατότητα πρόγνωσης καιρού σε πραγματικό χρόνο και παροχή ζωντανού ραντάρ καιρού, μέσω σύνδεσης με συμβατό smartphone
- Δυνατότητα λήψης δεδομένων πεδίου

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του «GPSMAP 66SR για τη διαδικασία λήψης δεδομένων περιλαμβάνουν τη δυνατότητα λειτουργίας χωρίς σύνδεση στο διαδίκτυο με αποτέλεσμα οι τιμές δεδομένων που παράγει να μην επηρεάζονται από εξωγενείς παράγοντες (προσανατολισμός της συσκευής, τρόπος τοποθέτησης της, αναταράξεις της κατά τη διάρκεια οδήγησης των ηλεκτρικών οχημάτων) καθώς και την παροχή λεπτομερών πληροφοριών για την ώρα καταγραφής. Στα **μειονεκτήματα** περιλαμβάνεται η αδυναμία λήψης δεδομένων σε κλειστούς και στεγασμένους χώρους και η μη παραγωγή δεδομένων σχετικά με την επιτάχυνση του οχήματος. Η ακρίβεια των δεδομένων που παράγονται από το «GPSMAP 66SR» κυμαίνεται, κάτω από λειτουργία υπό κανονικές συνθήκες, ανάμεσα στα 5m με 10m (*Garmin, 2024*).

2.2.2 Εφαρμογή Phyrhox

Ο εναλλακτικός τρόπος καταγραφής της διαδρομής των αναβατών είναι με χρήση της εφαρμογής **Phyrhox**, που επιτρέπει την παραγωγή των ακόλουθων δεδομένων μέσω των αισθητήρων του κινητού τηλεφώνου (*Phyrhox, 2024*)::

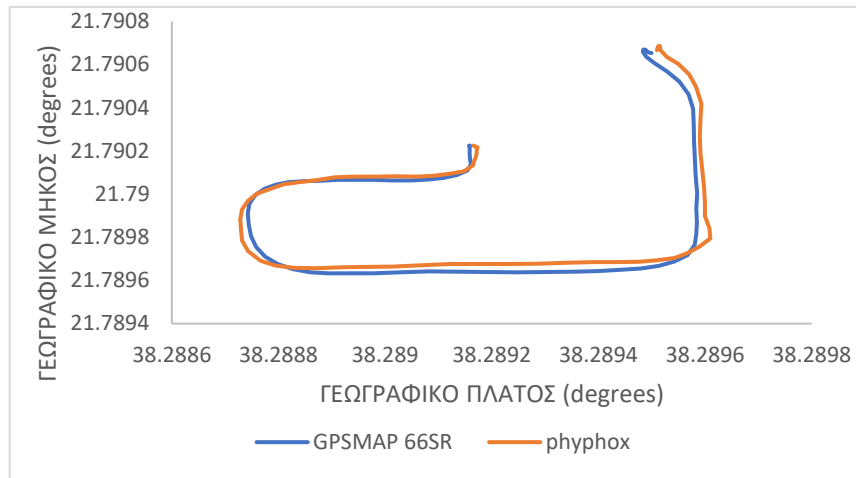
- **Επιταχυνσιόμετρο**
- Μαγνητόμετρο
- Γυροσκόπιο
- Αισθητήρα φωτός
- Αισθητήρα πίεσης
- Αισθητήρα εγγύτητας
- Μικρόφωνο
- **GPS/τοποθεσία**
- **Bluetooth για προσαρμοσμένες συσκευές (π.χ. Arduino)**

Πλεονεκτήματα του rhyrrox αποτελούν η παραγωγή δεδομένων ομοίων με μιας συσκευής GPS, χωρίς οικονομική επιβάρυνση για την προμήθειά της και η δυνατότητα άντλησης δεδομένων σχετικά με την επιτάχυνση του οχήματος (Christoforou et al., 2022). Στα **μειονεκτήματα** συγκαταλέγονται η αδυναμία λειτουργίας χωρίς σύνδεση στο διαδίκτυο, η αδυναμία χρήσης του κινητού τηλεφώνου για παράλληλη περιήγηση ή κλήσεις κατά τη λειτουργία της εφαρμογής, καθώς και η ευαισθησία των παραγόμενων δεδομένων σε εξωγενείς παράγοντες (προσανατολισμός της συσκευής, τρόπος τοποθέτησης της, αναταράξεις της κατά τη διάρκεια οδήγησης των ηλεκτρικών οχημάτων). Επομένως, συνολικά **η λύση αυτή πλεονεκτεί της προηγούμενης εάν η απώλεια ακρίβειας δεν είναι σημαντική** λόγω των προαναφερθέντων μειονεκτημάτων. Ως εκ τούτου, αποφασίστηκε η υλοποίηση δοκιμών για σύγκριση της ακρίβειας των δύο μεθόδων.

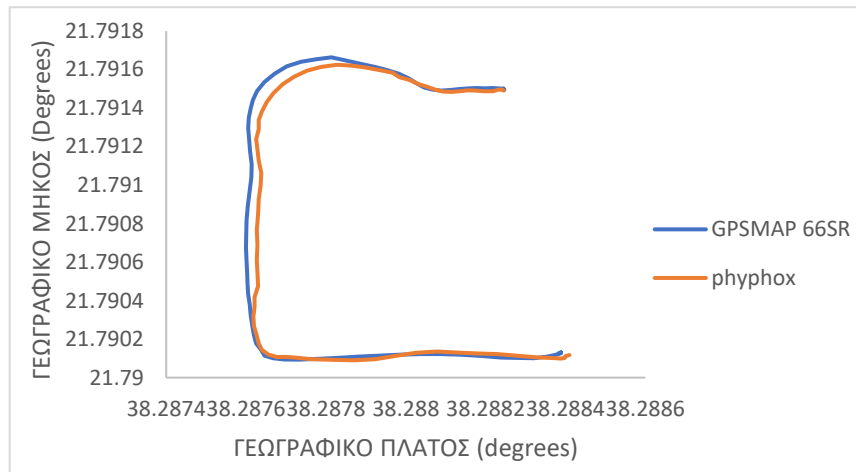
2.2.3 Πιλοτικές δοκιμές για σύγκριση ακρίβειας εξοπλισμού

Για την επιλογή μίας από τις εκ των δύο εναλλακτικών πραγματοποιήθηκαν **πιλοτικές μετρήσεις**. Μέσω της άντλησης των συντεταγμένων κίνησης των ΕΠΗΟ αξιολογήθηκε η ακρίβεια κάθε συσκευής και συγκρίθηκαν οι δύο εναλλακτικές μεταξύ τους. Εκτελέστηκαν τέσσερις στην Πανεπιστημιούπολη Πατρών. Οι οδηγοί που εκτέλεσαν τις διαδρομές ήταν εξοπλισμένοι με το **GPSMAP 66SR** και είχαν εγκαταστήσει την εφαρμογή **phyrhox**. Έτσι έγινε **ταυτόχρονη καταγραφή** της κίνησης των οδηγών με το ίδιο χρονικό βήμα καταγραφής το οποίο ήταν 1 δευτερόλεπτο.

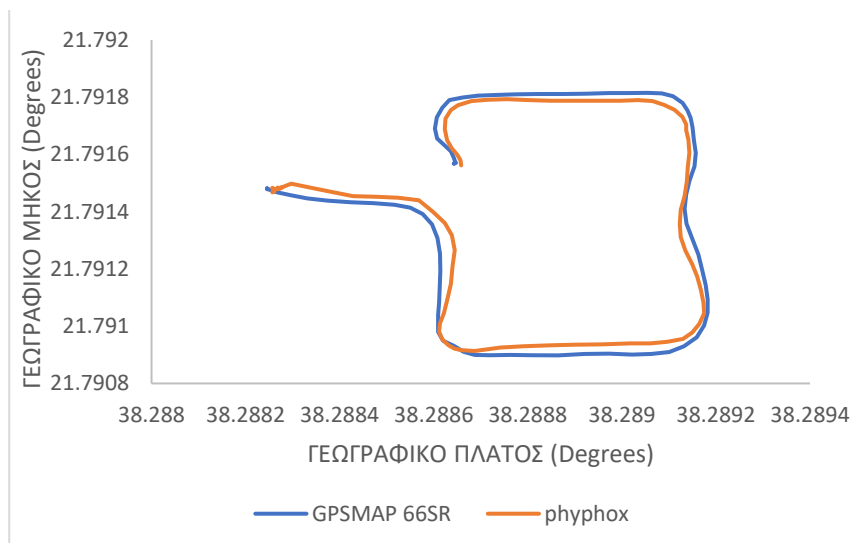
Τα Διαγράμματα 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 παρουσιάζουν τη σύγκριση των συντεταγμένων, που καταγράφηκαν από το GPSMAP 66SR και το rhyphox.



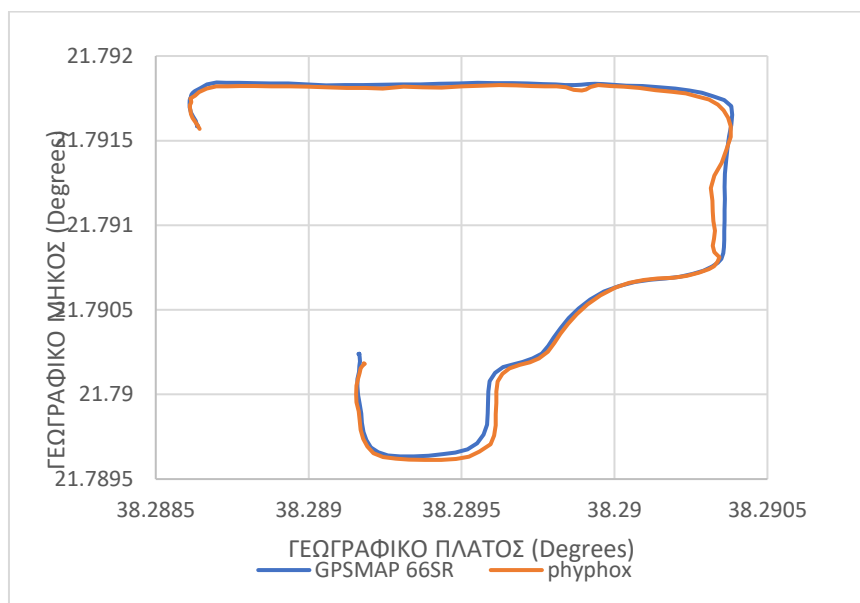
Διάγραμμα 2. 1 Σύγκριση αποτελεσμάτων διατάξεων GPS, 1/4



Διάγραμμα 2. 2 Σύγκριση αποτελεσμάτων διατάξεων GPS, 2/4



Διάγραμμα 2. 3 Σύγκριση αποτελεσμάτων διατάξεων GPS, 3/4



Διάγραμμα 2. 4 Σύγκριση αποτελεσμάτων διατάξεων GPS, 4/4

Τα διαγράμματα φανερώνουν μικρή απόκλιση μεταξύ των καταγραφών του GPS και της εφαρμογής “ΡΗΥΡΗΟΧ”. Και οι δύο εναλλακτικές κρίνονται επαρκείς να αποτυπώσουν τις διαδρομές των οδηγών. Ο πίνακας 2.4 παρουσιάζει ενδεικτικά τις **συντεταγμένες του οχήματος** που καταγράφηκαν από το «GPSMAP 66SR» και την εφαρμογή «rhyrphox», αλλά και τη μεταξύ τους διαφορά που είναι μικρή.

Συντεταγμένες GPS		Συντεταγμένες rhyrphox		Διαφορά συντεταγμένων μεταξύ GPS και rhyrphox	
Latitude (degrees)	Longitude (degrees)	Latitude (degrees)	Longitude (degrees)	Latitude (degrees)	Longitude (degrees)
38.28949962	21.79065328	38.28951667	21.79064333	0.00001705	0.00000995
38.28949652	21.79065487	38.28951667	21.79063333	0.00002015	0.00002154
38.28949434	21.79065655	38.28954167	21.79065000	0.00004733	0.00000655
38.28948889	21.79066619	38.28950833	21.79064500	0.00001944	0.00002119
38.28948847	21.79066719	38.28949833	21.79064167	0.00000986	0.00002552
38.28948822	21.79066803	38.28949833	21.79064500	0.00001011	0.00002303
38.28948805	21.79066828	38.28949333	21.79064667	0.00000528	0.00002161
38.28948813	21.79066879	38.28949333	21.79065500	0.00000520	0.00001379
38.28948813	21.79066887	38.28949667	21.79066000	0.00000854	0.00000887
38.28948847	21.79066887	38.28950333	21.79066000	0.00001486	0.00000887
38.28948839	21.79066828	38.28951000	21.79066667	0.00002161	0.00000161
38.28948822	21.79066745	38.28951167	21.79068333	0.00002345	0.00001588
38.28948637	21.79067063	38.28951333	21.79068667	0.00002696	0.00001604
38.28948403	21.79066937	38.28951500	21.79068667	0.00003097	0.00001730

Πίνακας 2. 4 Απεικόνιση συντεταγμένων και διαφορά μεταξύ GPS και rhyrphox

Συμπερασματικά, με βάση τα ανωτέρω και λαμβάνοντας υπόψη ότι η μελέτη των δεδομένων θα πραγματοποιηθεί σε ένα μεσοσκοπικό επίπεδο, τον οικονομικό παράγοντα (καθώς η χρήση του GPS καθιστά αναγκαία την προμήθεια επιπλέον συσκευών), αλλά και την εξοικείωση των συμμετεχόντων/ουσών με το κινητό τηλέφωνο και τη δυνατότητα καταγραφής της ταχύτητας και της επιτάχυνσης, επιλέγεται η **εφαρμογή rhyrfox για την αξιόπιστη καταγραφή και απεικόνιση των διαδρομών που θα πραγματοποιηθούν.**

2.2.4 Χρήση εφαρμογής “RHYRFOX”

Η **ορθή λειτουργία** της εφαρμογής **rhyrfox** προϋποθέτει:

α) Κατά τη χρήση της εφαρμογής να είναι ενεργοποιημένος ο εντοπισμός της τοποθεσίας του κινητού.

β) Κατά την χρήση της εφαρμογής να μην κλειδώνει η οθόνη του κινητού. Σε αυτή την περίπτωση πραγματοποιείται παύση της καταγραφής.

γ) Κατά την χρήση της εφαρμογής να μην γίνεται χρήση άλλων εφαρμογών ή η έξοδος από την εφαρμογή. Στην περίπτωση αυτή, πραγματοποιείται παύση της καταγραφής

δ) Η δυνατότητα λήψης τηλεφωνικών κλήσεων να είναι απενεργοποιημένη.

Η **καταγραφή των δεδομένων** μέσω της εφαρμογής ξεκινά την χρονική στιγμή εκκίνησης της διαδρομής και ολοκληρώνεται στο σημείο τερματισμού. Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μιας διαδρομής, το κινητό τηλέφωνο των χρηστών τοποθετείται πάνω σε βάσεις που προσαρτούνται στα ΕΠΗΟ. Με την ολοκλήρωση της καταγραφής των δεδομένων οι συμμετέχοντες αποθηκεύουν τα αποτελέσματα σε αρχεία «.csv». Η Εικόνα 2.8 παρουσιάζει ενδεικτικά μία καταγραφή.

A	B	C	D	E	F	G	H
Time (s)	Latitude (Å°)	Longitude (Å°)	Height (m)	Velocity (m/s)	Direction (Å°)	Horizontal Accuracy (m)	Vertical Accuracy (m)
0.810331041	38.29098709	21.78112932	42.43430907	0.219999999	0	5.366056442	7.154067516
1.016661979	38.29099509	21.78118691	40.21668215	0.519999981	0	5.329525948	6.316008091
2.01690854	38.29101484	21.78120128	38.89388807	1.340000033	317.7000122	3.790092468	3.583222151
3.01658104	38.29102856	21.78119766	38.23382975	1.830000043	326.7000122	3.790092468	2.736239433
4.016562446	38.29103478	21.78116317	37.99672801	2.980000019	301.2999878	3.790092468	2.5
5.016827186	38.2910538	21.78114077	37.91361681	3.150000095	327	3.790092468	2.5
6.016549894	38.29107138	21.78111111	38.54277712	3.369999886	315.1000061	3.790092468	2.5
7.01612958	38.29109974	21.78108993	38.80886866	3.660000086	333.7999878	3.790092468	2.5
8.016649685	38.29112223	21.78106651	38.60954109	3.339999914	319.8999939	3.790092468	2.5
9.016773486	38.29113925	21.78103655	40.39849535	2.200000048	323.1000061	3.790092468	2.5
10.01675651	38.29114498	21.78100891	39.84561584	2.519999981	283.1000061	3.790092468	2.5
11.01657765	38.29114917	21.78097512	39.91888037	3.140000105	277.6000061	3.790092468	2.5
12.01635963	38.29114571	21.78093972	40.11944028	3.170000076	256.7999878	3.790092468	2.5
13.01687557	38.29113463	21.78091057	40.17789616	2.710000038	237.3000031	3.790092468	2.5
14.01626864	38.29111961	21.78088542	40.36249935	2.819999933	238.6999969	3.790092468	2.5
15.01669676	38.29110388	21.78086112	40.8346361	2.630000114	229.8999939	3.790092468	2.5
16.01659682	38.29108866	21.78083792	40.75769165	2.559999943	233.3000031	3.790092468	2.5
17.01689052	38.29107658	21.78081086	40.98496063	2.779999971	246.1000061	3.790092468	2.5
18.0163377	38.29106573	21.78077917	40.99014854	3.119999886	248.5	3.790092468	2.5
19.01600728	38.2910537	21.78074708	40.94242569	2.970000029	245.3999939	3.790092468	2.5
20.01613036	38.29104187	21.78072048	40.8849618	2.369999886	240	3.790092468	2.5
21.01540296	38.29102922	21.78069643	40.92745974	2.569999933	238	3.790092468	2.5
22.0153327	38.29101474	21.78067231	40.97435904	2.599999905	234.5	3.790092468	2.5
23.01533296	38.29099821	21.78064947	41.01289531	2.730000019	229	3.790092468	2.5
24.01555370	38.29098709	21.78063031	41.05559855	2.859999985	231.1999969	3.790092468	2.5

Εικόνα 2. 8 Δεδομένα καταγραφής της εφαρμογής RHYRFOX

Ο τρόπος συλλογής των δεδομένων επιτάχυνσης από την εφαρμογή, τελικά, κατέστησε αναγκαίο τον υπολογισμό της μέσα από τα δεδομένα ταχύτητας. Αναλυτικότερα, γνωρίζοντας με λεπτομέρεια το χρονικό βήμα ανάμεσα σε δύο τιμές ταχυτήτων, αυτή υπολογίστηκε μέσα

από τον τύπο $\frac{\Delta u}{\Delta t}$ (m/s²).

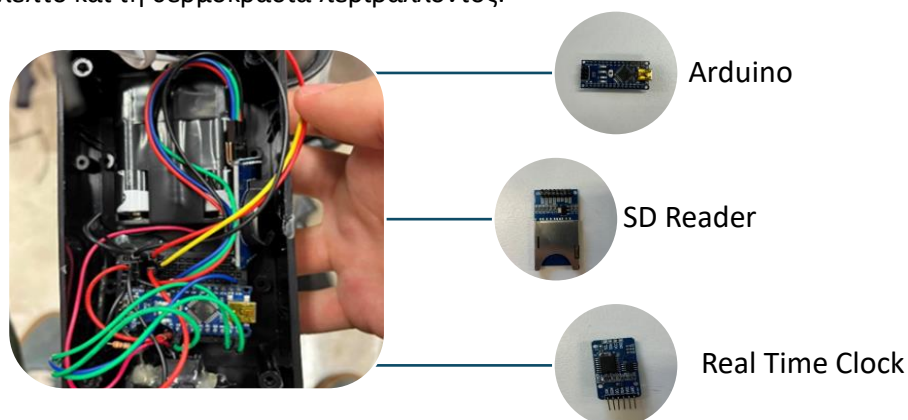
2.4 Διάταξη καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης (ad hoc)

Στο πλαίσιο της έρευνας είναι απαραίτητη η **καταγραφή ενεργειακής κατανάλωσης** των ΕΠΗΟ και πιο συγκεκριμένα, του ρεύματος που καταναλώναν οι μπαταρίες τους κατά τη διάρκεια της χρήσης τους. Για τον λόγο αυτό, δημιουργήθηκε μία διάταξη καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης. Έγινε **παρέμβαση** σε όλα τα οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων πεδίου, **με στόχο την μέτρηση** και ποσοτικοποίηση της του ρεύματος που καταναλώθηκε από τις μπαταρίες. Τα ηλεκτρικά πατίνια και ποδήλατα αποσυναρμολογήθηκαν και τοποθετήθηκε ένας **αισθητήρας μέτρησης ρεύματος** (αμπερόμετρο) στο κύκλωμα τροφοδότησης της μπαταρίας. Ο αισθητήρας μέτρησης ρεύματος συνδέεται και μεταδίδει δεδομένα μέσω καλωδίου σε έναν **μικροεπεξεργαστή δεδομένων** (Arduino), ο οποίος τα επεξεργάζεται και επιστρέφει τις τιμές ρεύματος που καταναλώνει η μπαταρία.



Εικόνα 2. 9 Μετρητής ρεύματος διάταξης καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης

Πάνω στο Arduino συνδέεται ένα **“Real Time Clock”** το οποίο είναι υπεύθυνο για την καταγραφή της ώρας, της ημερομηνίας που πραγματοποιείται η μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Ο ρυθμός καταγραφής των δεδομένων είναι το 1 δευτερόλεπτο. Όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται σε αρχεία τα οποία συγκεντρώνονται σε μια **κάρτα SD**, η οποία είναι και αυτή συνδεδεμένη με το Arduino. Κάθε αρχείο περιλαμβάνει πληροφορίες για την ημερομηνία εκτέλεσης της διαδρομής, την ώρα έναρξης της διαδρομής, τις τιμές ρεύματος που καταγράφει το αμπερόμετρο κάθε δευτερόλεπτο και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Εικόνα 2. 10 Απεικόνιση διάταξης καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης

Η **λειτουργία της διάταξης** καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης βασίζεται στην ύπαρξη μπαταριών τύπου «2A». Η καταγραφή της ενεργειακής κατανάλωσης **ενεργοποιείται από τους ίδιους τους χρήστες**, πριν από την από την έναρξη της οδήγησης, μέσω ενός διακόπτη. Στο σύστημα μέτρησης της ενεργειακής κατανάλωσης είναι τοποθετημένο ένα led λαμπάκι, που ανάβει με την ενεργοποίηση του συστήματος καταγραφής και υποδεικνύει αν υπάρχει πρόβλημα σχετικά με την καταγραφή ή αποθήκευση των δεδομένων. Αν το ένα led λαμπάκι παραμένει συνεχόμενα αναμμένο υποδηλώνεται κανονική λειτουργία, ενώ αν είναι παλλόμενο υποδηλώνεται πρόβλημα στο σύστημα καταγραφής που πρέπει να επιδιορθωθεί.



Εικόνα 2. 11 Τοποθέτηση διάταξης καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης πάνω στα μικροσχήματα

2.3 Οχήματα πειραμάτων πεδίου

Η αναλυτική περιγραφή του **στόλου των ΕΠΗΘ** που επιλέχθηκαν για την διεξαγωγή των πειραμάτων πεδίου παρουσιάζεται στο παραδοτέο 3.1: «Πρωτόκολλα πειραμάτων εργαστηρίου και πεδίου». Ο στόλος αποτελείται από **πέντε ηλεκτρικά πατίνια** και **δύο ηλεκτρικά ποδήλατα**. Τα οχήματα που αγοράστηκαν επιλέχθηκαν με βάση τη συμβατότητά τους με τα οχήματα που εντάχθηκαν στους προσομοιωτές αλλά και την ετερογένεια τους σε παραμέτρους όπως η ταχύτητα, το βάρος, τα χαρακτηριστικά μπαταρίας, η ηλικία και άλλες παραμέτρους. Η ετερογένεια διασφαλίζει την γενικότητα των συμπερασμάτων αλλά και την ανάδειξη τυχόν ιδιαιτεροτήτων που σχετίζονται με τυπικά μοντέλα της αγοράς.

	Μάρκα	Τύπος	Μοντέλο	Κατάσταση	Τιμή	Βαθμός δυσκολίας ανοίγματος
1	Xiaomi electric scooter 4	πατίνι	DDHBC1 3ZM	Καινούριο	Μεσαία	5
2	8TEV Proxi	πατίνι	B12	Μεταχειρισμένο	Υψηλή	1
3	Egoboo go100 ledio grey	πατίνι	L10	Καινούριο	Χαμηλή	1
4	Egoboo go 85s	πατίνι	85S	Μεταχειρισμένο	Χαμηλή	1
5	Ninebot kickscooter	πατίνι	F40I	Καινούριο	Μεσαία	2
6	X-city Cappuccino	ποδήλατο	X-CITY	Καινούριο	Χαμηλή	1
7	CARGO 2/ WHEELS E-BIKE 7sp	ποδήλατο	7sp	Καινούριο	Υψηλή	1

Πίνακας 2. 5 Κατάλογος οχημάτων πειραμάτων πεδίου

Ο **βαθμός δυσκολίας «ανοίγματος»** κάθε ηλεκτρικού οχήματος με στόχο την πρόσβασή του στην μπαταρία του αποτελεί κριτήριο επισκευασιμότητας (repairability) και δυνατότητας ανακύκλωσης της μπαταρίας. Η αξιολόγηση γίνεται βαθμολογώντας με κλίμακα από το 1 έως το 5 τον βαθμό δυσκολίας ανοίγματος κάθε οχήματος. Στην παραπάνω **κλίμακα το 1 αντιστοιχεί σε πολύ μικρό βαθμό δυσκολίας, ενώ το 5 σε πολύ μεγάλο**. Ο βαθμός δυσκολίας των ανοίγματος, των ηλεκτρικών πατινιών Egoboo Go100 Ledio Grey, Egoboo Go 85S και 8 Tenv B12 Proxi μπορεί να βαθμολογηθεί με 1, καθώς υπάρχει εύκολη πρόσβαση και δυνατότητα εύκολης αφαίρεσης (χωρίς την απαίτηση ειδικού εξοπλισμού) του μέρους της

κατασκευής που προστατεύει την μπαταρία. Ο βαθμός δυσκολίας ανοίγματος του Ninebot KickScooter βαθμολογείται με 2, καθώς για την αφαίρεση του καλύμματος της μπαταρίας απαιτείται η αποκόλληση μέρους της βάσης όπου πατάνε οι αναβάτες και στην συνέχεια, η αφαίρεση πολλών βιδών από διάφορα κρυφά σημεία της κατασκευής. Ο βαθμός δυσκολίας ανοίγματος του Xiaomi Electric Scooter 4 είναι 5. Αυτό γιατί, χρειάζεται ειδικός εξοπλισμός για την αφαίρεση του καλύμματος της μπαταρίας. Τέλος, ο βαθμός δυσκολίας ανοίγματος και για τα δύο ηλεκτρικά ποδήλατα είναι 1, αφού οι μπαταρίες είναι αποσπώμενες και η αφαίρεση τους απαιτεί την αφαίρεση μικρού αριθμού βιδών.

2.5 Ημερολόγιο ταξιδιού

Το **ημερολόγιο ταξιδιού** αποσκοπεί στην **συλλογή των δεδομένων** που προκύπτουν κατά τη διάρκεια **εκτέλεσης μίας ελεύθερης ή δεσμευμένης διαδρομής**, αλλά και στην άντληση **στοιχείων σχετικά με την φόρτιση** κάθε ΕΠΗΟ. Η συμπλήρωσή του γίνεται από τους χρήστες σε καθημερινή βάση. Κάθε συμμετέχων/ουσα στην πειραματική διαδικασία λάμβανε καθημερινά ένα αρχείο Excel, που αποτελούσε το προς συμπλήρωση ημερολόγιο ταξιδιού της ημέρας. Στο ημερολόγιο ταξιδιού οι συμμετέχοντες/ουσες καλούνταν να δηλώσουν σχετικά με την εκάστοτε μετακίνηση: τον τύπο της διαδρομής (ελεύθερη/δεσμευμένη), την προέλευση, τον προορισμό, την ημερομηνία και ώρα έναρξη και λήξης, τον σκοπό μετακίνησης, την πολυτροπικότητα, το χώρο στάθμευσης, την στάθμη μπαταρίας στην προέλευση και τον προορισμό, τα μετεωρολογικά στοιχεία, τον τύπο οδοστρώματος που χρησιμοποιήθηκε στη μετακίνηση, τη χρήση προστατευτικού εξοπλισμού και την υπόδηση. Το «ημερολόγιο ταξιδιού» περιγράφεται στο παραδοτέο 3.1: «Πρωτόκολλα πειραμάτων εργαστηρίου και πεδίου», ενώ αυτό παρουσιάζεται στο παράρτημα Α του συγκεκριμένου παραδοτέου. Τέλος, οι συμμετέχοντες παρέδιδαν το συμπληρωμένο ημερολόγιο ταξιδιού στο τέλος κάθε ημέρας.

2.6 Επιλογή συμμετεχόντων

Η συμμετοχή στην πειραματική διαδικασία **έγινε σε εθελοντική βάση**. Η προσέλκυση υποψήφιων συμμετεχόντων/ουσών επιτεύχθηκε μέσα από ανοιχτή πρόσκληση στην ιστοσελίδα του έργου (<https://little.upatras.gr/blog/call-for-experiment-participants/>) και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Οι υποψήφιοι ενημερώθηκαν σχετικά με τον σκοπό του έργου και τις υποχρεώσεις τους στα πλαίσια εκτέλεσης των πειραμάτων πεδίου. Επιπλέον συμπλήρωσαν ένα σύντομο ερωτηματολόγιο σχετικά με το προφίλ τους και την διαθεσιμότητά τους, ώστε η συμμετοχή τους να είναι διασφαλισμένη. Καθοριστικός παράγοντας προσέλκυσης των συμμετεχόντων ήταν η δωρεάν παροχή ΕΠΗΟ για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Η τελική επιλογή συμμετεχόντων έγινε με στόχο εξασφαλιστεί σχετική **ετερογένεια στα χαρακτηριστικά των χρηστών**, π.χ. ηλικία, βάρος και εμπειρία τους στην οδήγηση ΕΠΗΟ. Συνολικά συμμετείχαν **155 οδηγοί στο πείραμα**. Η κατανομή τους ανά όχημα παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.6

Όχημα	Πλήθος συμμετεχόντων
Ηλεκτρικό πατίνι	86
Ηλεκτρικό ποδήλατο	69
Σύνολο	155

Πίνακας 2. 6 Πλήθος δείγματος πειραμάτων πεδίου

2.7 Ερωτηματολόγιο πειραμάτων πεδίου

Στο πλαίσιο διεξαγωγής των πειραμάτων πεδίου, κάθε συμμετέχων/ουσα καλείται να συμπληρώσει ένα **ερωτηματολόγιο σχετικά με τα ατομικά χαρακτηριστικά του** χρήστη, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν την οδηγική του συμπεριφορά και κατ' επέκταση την ενεργειακή κατανάλωση του ΕΠΗΟ, αλλά και τον τρόπο χρήσης, οδήγησης, αποθήκευσης, φόρτισης και συντήρησης του οχήματος μικροκινητικότητας που οδηγούν. Το ερωτηματολόγιο παρουσιάζεται στο παράρτημα Β του παραδοτέου.

2.8 Δημιουργία βάσης δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση των πειραμάτων πεδίου, **δημιουργήθηκε βάση δεδομένων που περιέχει τα στοιχεία ενεργειακής κατανάλωσης ανά διαδρομή και χρήστη συσχετισμένα με τα χαρακτηριστικά των διαδρομών και των χρηστών**. Η βάση δεδομένων έχει τη μορφή αρχείου csv. Για την αποτελεσματικότερη επεξεργασία των δεδομένων, **τα στοιχεία της βάσης κωδικοποιήθηκαν**. Η κωδικοποίηση παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.7.

Μεταβλητές	Τιμές μεταβλητών
Κωδικός Χρήστη	τριψήφιος κωδικός, από 001 έως 999
Εμπειρία Χρήστη	1= καθόλου, 2= μέτρια, 3= μεγάλη
Ημέρα	01 έως 31
Μήνας	01 έως 12
Έτος	23,24,25
Πείραμα	1=πεδίο 2=προσομοιωτής
Όχημα	1= ηλεκτρικό ποδήλατο 2=ηλεκτρικό πατίνι
Μοντέλο οχήματος	1=egoboo go100 ledio grey 2=8TEV B12 proxi 3=ECOBIKE x-city cappuccino 4=CARGO 2/ WHEELS E-BIKE 7sp 5=egoboo s85 6=ideal fouture 7=ninebot
Κωδικός διαδρομής	99=ελεύθερη 01 έως 10=δεσμευμένες πεδίου και προσομοιωτή
α/α διαδρομής	01 έως 10
Μήκος διαδρομής (m)	XXXX=Τετραψήφιος ακέραιος αριθμός
Κατάσταση οχήματος χρήστη	0=πείραμα προσομοιωτή 1=καινούριο 2=μεταχειρισμένο
Χρήση μπαταρίας	0=προσομοιωτή, 1=καλή, 2=κακή
Ώρα έναρξης διαδρομής	XXYY XX=ώρα, από 00 έως 23 YY- λεπτά, από 00 έως 59
Ώρα τερματισμού διαδρομής	XXYY-δυο πρώτα ψηφία ώρα, δύο τελευταία λεπτά
Ποσοστό μπαταρίας κατά την έναρξη της διαδρομής (%)	000.00=πείραμα προσομοιωτή 001.00-100.00= πείραμα πεδίου 222.22=μη επεξεργάσιμα δεδομένα ρεύματος

Ποσοστό μπαταρίας κατά τον τερματισμό της διαδρομής (%)	000.00=πείραμα προσομοιωτή 001.00-100.00= πείραμα πεδίου 222.22=μη επεξεργάσιμα δεδομένα ρεύματος
Προέλευση ταξιδιού	00000=πείραμα προσομοιωτή 00001=Οικία 00002=Χώρος εργασίας 00003=Χώρος άθλησης/αναψυχής 00004=Κατάστημα εστίασης 00005=Εμπορικό κατάστημα 00006=Χώρος εκπαίδευσης 00007=Οικία συγγενών/φίλων 00008=Ιατρείο/Νοσοκομείο 00009=Δεσμευμένη διαδρομή XXXXX= TK για τοποθεσίες εκτός λίστας
Τελικός προορισμού ταξιδιού	00000=πείραμα προσομοιωτή 00001=Οικία 00002=Χώρος εργασίας 00003=Χώρος άθλησης/αναψυχής 00004=Κατάστημα εστίασης 00005=Εμπορικό κατάστημα 00006=Χώρος εκπαίδευσης 00007=Οικία συγγενών/φίλων 00008=Ιατρείο/Νοσοκομείο 00009=Δεσμευμένη διαδρομή XXXXX=TK για τοποθεσίες εκτός λίστας
Σκοπός ταξιδιού	0=πείραμα προσομοιωτή 1=Εργασία 2=Ψώνια /Αγορές 3=Εκπαίδευση 4=Αναψυχή 5=Υγεία 6=Άθληση 7=Επίσκεψη σε συγγενείς/φίλους 8=Βόλτα με ηλεκτρικό πατίνι/ποδήλατο 9=Δεσμευμένη διαδρομή
Αλλαγή οχήματος κατά τη διάρκεια διαδρομής	0=πείραμα προσομοιωτή 1=ναι 2=όχι 9= δεσμευμένη διαδρομή
Λοιπά Μεταφορικά Μέσα	0=πείραμα προσομοιωτή 1=ηλεκτρικό ποδήλατο 2=ηλεκτρικό πατίνι 3=αυτοκίνητο 4=λεωφορείο 5=περπάτημα 6=τρένο, 8=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή, 9=δεσμευμένη διαδρομή
Σημείο/Περιοχή έναρξης χρήσης πρώτου μεταφορικού μέσου	XXXXX=Πενταψήφιος ταχυδρομικός κώδικας σημείου 00000=πείραμα προσομοιωτή 00008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή)

	00009=δεσμευμένη διαδρομή
Σημείο/Περιοχή τερματισμού χρήσης πρώτου μεταφορικού μέσου	XXXXX=Πενταψήφιος ταχυδρομικός κώδικας σημείου 00000=πείραμα προσομοιωτή 00008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 00009=δεσμευμένη διαδρομή
Ώρα έναρξης χρήσης μεταφορικού πρώτου μέσου	XXYY=τετραψήφιος κωδικός-δυο πρώτα ψηφία ώρα, δυο τελευταία λεπτά 0000=πείραμα προσομοιωτή 0008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 0009=δεσμευμένη διαδρομή
Ώρα τερματισμού χρήσης πρώτου μεταφορικού μέσου	XXYY=τετραψήφιος κωδικός-δυο πρώτα ψηφία ώρα, δυο τελευταία λεπτά 0000=πείραμα προσομοιωτή 0008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 0009=δεσμευμένη διαδρομή
Σημείο/Περιοχή έναρξης χρήσης δεύτερου μεταφορικού μέσου	XXXXX=Πενταψήφιος ταχυδρομικός κώδικας σημείου 00000=πείραμα προσομοιωτή 00008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 00009=δεσμευμένη διαδρομή
Σημείο/Περιοχή τερματισμού χρήσης δεύτερου μεταφορικού μέσου	XXXXX=Πενταψήφιος ταχυδρομικός κώδικας σημείου 00000=πείραμα προσομοιωτή 00008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 00009=δεσμευμένη διαδρομή
Ώρα έναρξης χρήσης δεύτερου μεταφορικού μέσου	XXYY=τετραψήφιος κωδικός-δυο πρώτα ψηφία ώρα, δυο τελευταία λεπτά 0000=πείραμα προσομοιωτή 0008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 0009=δεσμευμένη διαδρομή
Ώρα τερματισμού χρήσης δεύτερου μεταφορικού μέσου	XXYY= τετραψήφιος κωδικός-δυο πρώτα ψηφία ώρα, δυο τελευταία λεπτά 0000=πείραμα προσομοιωτή, 0008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 0009=δεσμευμένη διαδρομή
Σημείο/Περιοχή έναρξης χρήσης τρίτου μεταφορικού μέσου	XXXXX= Πενταψήφιος ταχυδρομικός κώδικας σημείου 00000=πείραμα προσομοιωτή, 00008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 00009=δεσμευμένη διαδρομή
Σημείο/Περιοχή τερματισμού χρήσης τρίτου μεταφορικού μέσου	XXXXX=Πενταψήφιος ταχυδρομικός κώδικας σημείου 00000=πείραμα προσομοιωτή, 00008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 00009=δεσμευμένη διαδρομή

Ώρα έναρξης χρήσης τρίτου μεταφορικού μέσου	ΧΧΥΥ=τετραψήφιος κωδικός-δυο πρώτα ψηφία ώρα, δυο τελευταία λεπτά 0000=πείραμα προσομοιωτή, 0008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 0009=δεσμευμένη διαδρομή
Ώρα τερματισμού χρήσης τρίτου μεταφορικού μέσου	ΧΧΥΥ=τετραψήφιος κωδικός-δυο πρώτα ψηφία ώρα, δυο τελευταία λεπτά 0000=πείραμα προσομοιωτή, 0008=σε περίπτωση μη αλλαγής οχήματος(αφορά ελεύθερη διαδρομή) 0009=δεσμευμένη διαδρομή
Χώρος στάθμευσης οχήματος στον τελικό προορισμό	0=πείραμα προσομοιωτή 1=Κλειστός χώρος 2=Ανοιχτός χώρος με σκίαση 3=Ανοιχτός χώρος χωρίς σκίαση 9=Δεσμευμένη διαδρομή
Καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του ταξιδιού	0=πείραμα προσομοιωτή 1=Καθαρός ουρανός 2=Ουρανός με λίγα σύννεφα 3=Ουρανός με αρκετά σύννεφα 4=Ασθενής βροχή 5=Βροχή 6=Καταιγίδα
Θερμοκρασία	ΧΧ,Υ =Διψήφιος δεκαδικός με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου για πείραμα πεδίου 77.7=πείραμα προσομοιωτή,
Άνεμος (beaufort)	0-9
Υγρασία (%)	ΧΧΧ τριψήφιος κωδικός- από 000-100=πειράματα πεδίου 111=πείραμα προσομοιωτή
% Δρόμος επί διαδρομής	000-100
% Πεζοδρόμιο-Πλατεία	000-100
% Ποδηλατόδρομος	000-100
% Χωματόδρομος	000-100
Χρήση προστατευτικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια οδήγησης	0= πείραμα προσομοιωτή 1= ναι 2=όχι
Υποδήματα	1=αθλητικά 2=μποτάκια 3=πλατφόρμες 4=σανδάλια 5=πέδιλα 6=παντόφλες 7=τακούνια
Φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος μετά το πέρας της διαδρομής	0=πείραμα προσομοιωτή, 1=ναι 2=όχι
Ποσοστό μπαταρίας κατά την έναρξη της φόρτισης (%)	000=πείραμα προσομοιωτή 001 έως 100=πείραμα πεδίου 999=περίπτωση μη φόρτισης για τα πειράματα πεδίου

Ποσοστό μπαταρίας κατά τον τερματισμό της φόρτισης (%)	000=πείραμα προσομοιωτή 001 έως 100=πείραμα πεδίου 999=περίπτωση μη φόρτισης για τα πειράματα πεδίου
Ώρα έναρξης φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος	ΧΧΥΥ=τετραψήφιο-δύο πρώτα ψηφία ώρα-δύο τελευταία λεπτά 0000=πείραμα προσομοιωτή 9999=περίπτωση μη φόρτισης για τα πειράματα πεδίου
Ώρα τερματισμού φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος	ΧΧΥΥ=δύο πρώτα ψηφία ώρα-δύο τελευταία λεπτά 0000=πείραμα προσομοιωτή, 9999=περίπτωση μη φόρτισης για τα πειράματα πεδίου
Θερμοκρασία χώρου φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος, κατά τη διάρκεια φόρτισής του	00=πείραμα προσομοιωτή ΧΧ=Διψήφιος κωδικός=πείραμα πεδίου 99=περίπτωση μη φόρτισης

Πίνακας 2.7 Κωδικοποίηση παραμέτρων βάσης δεδομένων

Για την κωδικοποίηση των παραμέτρων στις περιπτώσεις πειραμάτων προσομοιωτή επιλέχθηκε συχνά η τιμή μηδέν καθώς δεν καταναλώνεται ρεύμα από την μπαταρία κατά τη χρήση του. Η εκτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στους προσομοιωτές γίνεται με την εφαρμογή των μοντέλων που εκτιμήθηκαν στην Ενότητα 2.12. Οι μεταβλητές που αφορούν χωρικά, χρονικά και καιρικά δεδομένα κωδικοποιήθηκαν ανάλογα, καθώς οι προσομοιωτές βρίσκονται σε κλειστό και ελεγχόμενο χώρο.

2.9 Μέτρηση κατάσταση υγείας μπαταρίας

Η κατάσταση υγείας μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου (Li-Ion battery) προσδιορίζεται σε ποσοστό το οποίο, προκύπτει **συγκρίνοντας** τον ονομαστικό αποθηκευτικό χώρο ρεύματος (capacity) της μπαταρίας με τη πραγματική ενεργειακή χωρητικότητα της μπαταρίας.

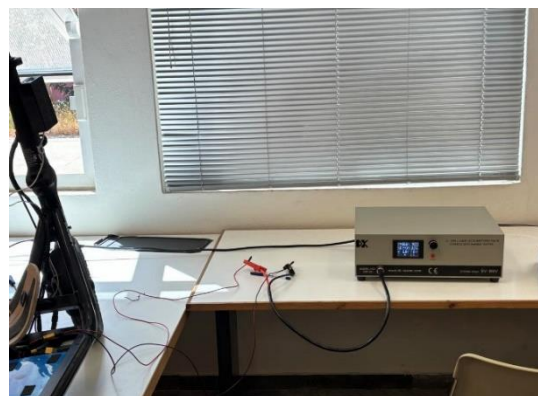
Η κατάσταση υγείας μπαταρίας μπορεί να επηρεάσει την ενεργειακή της κατανάλωση και για αυτό το λόγο προσδιορίστηκε πριν την έναρξη, αλλά και μετά την ολοκλήρωση, των πειραμάτων πεδίου. Αυτή μπορεί να υπολογιστεί με **δύο τρόπους**: είτε αποφορτίζοντας μια πλήρως φορτισμένη μπαταρία και υπολογίζοντας το εμβαδό του διαγράμματος ρεύμα (A)-χρόνος (h) είτε, αποφορτίζοντας μια πλήρως φορτισμένη μπαταρία με σταθερό ρεύμα και πολλαπλασιάζοντας, την τιμή του ρεύματος (Ampere) αποφόρτισης με την χρονική διάρκεια (h) της αποφόρτισης.

Για τον **υπολογισμό της υγείας των μπαταριών των ΕΠΗΟ** χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα 99V 20A Lead-Acid/Lithium Battery Pack Series Charge-Discharge Tester DSF-20. Το συγκριμένο μηχάνημα, το οποίο αποκτήθηκε στο πλαίσιο του έργου, διαθέτει την ικανότητα ανίχνευσης τάσης από 9V έως 99V που το καθιστά ικανό να μετράει ποικιλίες μπαταριών από 12V-84V. Αυτό κατέστησε εφικτή την πλήρη φόρτιση και στη συνέχεια, πλήρη αποφόρτιση των οχημάτων με σταθερό ρεύμα, αλλά και τον απευθείας υπολογισμό της χωρητικότητας κάθε οχήματος. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Model No.: DSF20		
Input Voltage (Τάση εισόδου):		AC 220V± 10% 50Hz/60Hz
Input Power (Ισχύς εισόδου):		900 W
Applicable Batteries (Σμβατές μπαταρίες):		Lithium-ion and lead-acid battery pack
Basic Functions (Βασικές λειτουργίες):		Charge
		Discharge
		Auto cycle charge and discharge
		Data analysis and comparison
Voltage (Τάση)	Charge Constant Voltage Range:	9V-99V, 0.1V stepping
	Discharge Cut-off Voltage Range:	9V-99V, 0.1V stepping
	Tolerance:	<0.03V
Current (Ρεύμα)	Charge Current:	0.5 – 10 A adjustable
	Charge Cut-off Current:	0.1 – 5 A adjustable
	Discharge Current:	9V-21V: 0.5-10A adjustable 21V-99V: 0.5-20A adjustable
	Tolerance:	<0.03V
Data Recording (Καταγραφή δεδομένων)	Data Recording Conditions	Time interval
		Voltage interval
		Current interval
Charge (Φόρτιση)	Charge Modes:	Constant current & voltage charge
	Charge Cut-off Conditions:	Voltage, current, time, capacity
Discharge (Αποφόρτιση)	Discharge Modes:	Constant current discharge
	Discharge Cut-off Conditions:	Voltage, current, time, capacity
Cycle (Κύκλος φόρτισης)	Cycle Index:	1-16 times
Protection (Προστασία)	Power-down protection	
	Reverse connection	
	Over-temperature protection	
	Over-voltage protection	
	Short-circuit protection	
IP Grade		IP20
Channel Control Mode (Κανάλι ελέγχου λειτουργίας)		Independent control
High Voltage Insulation Between Channels (Υψηλή τάση μόνωσης μεταξύ καναλιών)		AC1000V/2min Normal
Voltage & Current Test Sampling (Τεστ δείγματος τάσης και ρεύματος)		Four-core wires connection
Noise (Θόρυβος)		< 76 dB
Host Computer Communication Method (Μέθοδος επικοινωνίας με υπολογιστή)		based on TCP/IP protocol
Test Report Output Method (Αρχείο αναφοράς δοκιμής)		Excel
Server Disk Configuration (Χωρητικότητα δίσκου)		>200MB
Server Operation System (Λογισμικό συστήματος)		Windows XP, Windows 7/8/10
Communication Port (Θύρα επικοινωνίας)		LAN
Operation Methods (Μέθοδοι λειτουργίας)		Panel/Software

Πίνακας 2.8 Τεχνικές προδιαγραφές Charge-Discharge Tester

Στον πίνακα 2.9 και διάγραμμα 2.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις στην αρχή και στο τέλος των πειραμάτων πεδίου. Αρχικά, η επίδραση των κύκλων φόρτισης έχει αρνητική επίδραση στην υγεία των μπαταριών ιόντων λιθίου. Ακόμη, συγκρίνοντας τα δύο πατίνια της “Egoboo”, τα οποία έχουν μικρή διαφορά στη διανυθείσα απόσταση και στους κύκλους φόρτισης, παρατηρείται ότι όσο καλύτερη είναι η αρχική κατάσταση της μπαταρίας (μεγαλύτερη αποθηκευτική ικανότητα) τόσο μικρότερος είναι ο ρυθμός πτώσης της υγείας της. Σημαντικός παράγοντας είναι και το κόστος του οχήματος. Συγκρίνοντας τα δύο μεταχειρισμένα ηλεκτρικά πατίνια, φαίνεται ότι ο ρυθμός πτώσης υγείας της μπαταρίας του “8Tev B12 proxi” (ακριβό) είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με του “Egoboo s85” (φθηνό) παρά την αισθητά μεγαλύτερη διανυθείσα απόσταση και περισσότερους κύκλους φόρτισης.

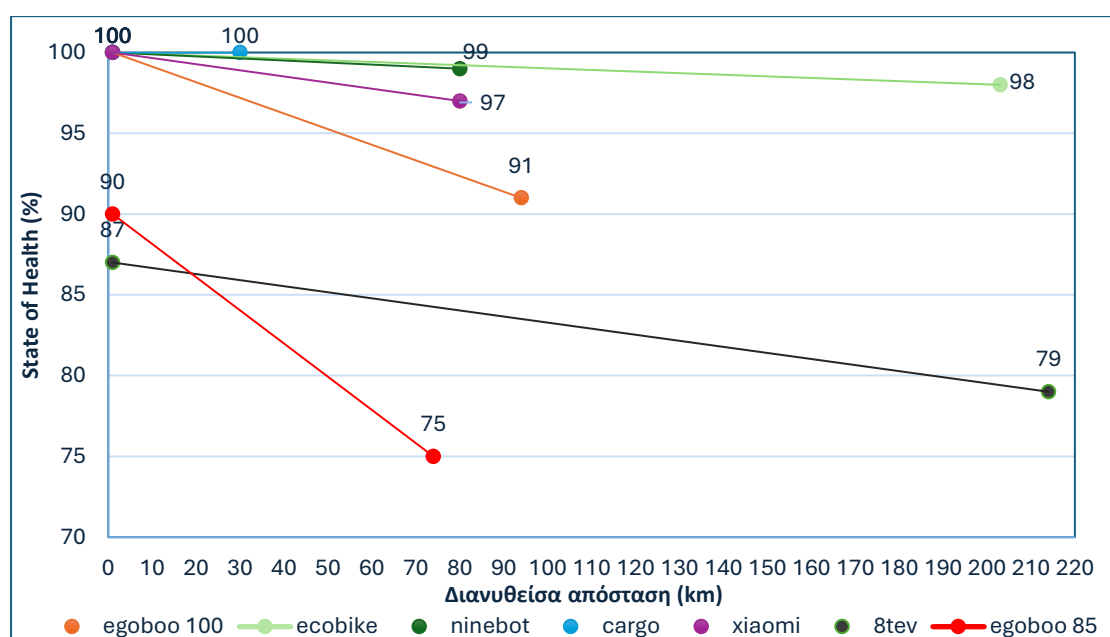


Εικόνα 2.12 Διάταξη φόρτισης και αποφόρτισης ηλεκτρικού πατινού

Όχημα	Κατάσταση οχήματος	Απόσταση (χλμ)	Κύκλοι φόρτισης	Αρχική χωρητικότητα μπαταρίας(Ah)	Τελική χωρητικότητα μπαταρίας(Ah)
ECOBIKE x-city cappuccino	Καινούριο	203	10	13*	12.7
Egoboo go100 ledio grey	Καινούριο	94	9	7.5*	6.8
Ninebot	Καινούριο	80	3	10.2*	10.1
CARGO 2/ WHEELS E-BIKE 7sp	Καινούριο	30	2	10.4*	10.4
Xiaomi	Καινούριο	80	6	7.7*	7.4
8TEV B12 proxi	Μεταχειρισμένο	214	27	6.6	6.0
Egoboo s85	Μεταχειρισμένο	74	5	6.8	5.6

*Ονομαστική χωρητικότητα μπαταρίας

Πίνακας 2. 9 Χαρακτηριστικά χρήσης ΕΠΗΟ



Διάγραμμα 2. 5 State of health μπαταρίας (%) – Διανυθείσα απόσταση

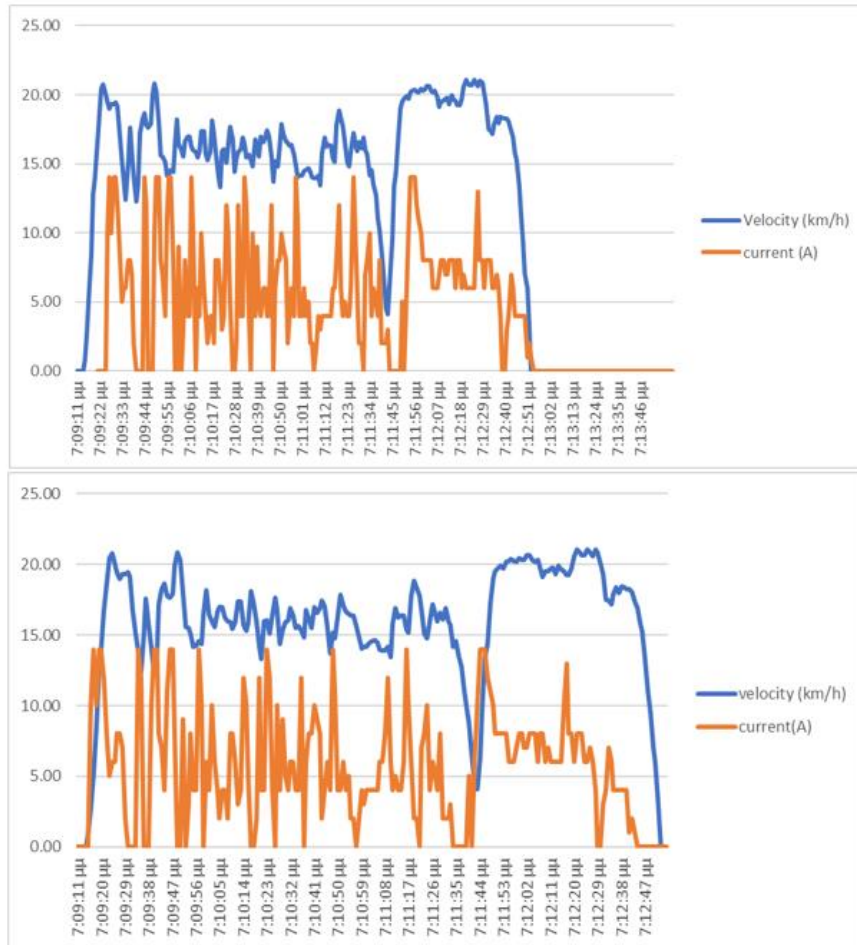
2.10 Επεξεργασία πρωτογενών δεδομένων

Η επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων, είναι η επεξεργασία τους προηγείται της ανάλυσης δεδομένων. Αρχικά, τα δεδομένα συγχρονίζονται ώστε να αντιμετωπιστούν οι χρονικές αποκλίσεις που παρουσιάζονται. Στη συνέχεια γίνεται αναγωγή των δεδομένων σε χωρικό επίπεδο.

2.10.1 Συγχρονισμός δεδομένων και υπολογισμός κατανάλωσης ρεύματος

Κατά τη διαδικασία καταγραφής δεδομένων, εντοπίστηκαν δύο **αποκλίσεις**. Η πρώτη αφορά στη **χρονική ασυγχρονία μεταξύ της έναρξης καταγραφής της εφαρμογής Rhyrhox και της διάταξης καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης**. Αυτή η απόκλιση προέκυψε επειδή η έναρξη των δύο συστημάτων γινόταν χειροκίνητα από τους συμμετέχοντες, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η ταυτόχρονη ενεργοποίησή τους. Η δεύτερη απόκλιση αφορά σε χρονική καθυστέρηση **2-3 δευτερολέπτων** που παρουσίαζε το εργαλείο καταγραφής σε σχέση με την πραγματική χρονική στιγμή.

Η δεύτερη αυτή απόκλιση δυσχεραίνει την ακριβή εκτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, η κατανάλωση ρεύματος, όπως καταγραφόταν από τη διάταξη καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης, συνδέθηκε με την ταχύτητα, η οποία μετριοταν με χρονική ακρίβεια μέσω της εφαρμογής Rhyrhox. Η τιμή της κατανάλωσης ρεύματος μετατοπίστηκε χρονικά ώστε να συμπέσει με την αντίστοιχη τιμή της ταχύτητας. Για τη διαδικασία της σύνδεσης γίνεται δεκτό ότι η αύξηση της ταχύτητας συνδέεται με αυξημένη κατανάλωση ρεύματος. Τυχόν εξαιρέσεις αφορούν περιπτώσεις κατά τις οποίες η οδήγηση γινόταν σε κατωφέρεις, όπου η αυξημένη ταχύτητα δεν συνοδευόταν από αντίστοιχη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας. Οι περιπτώσεις αυτές προσδιορίστηκαν μέσω της ανάλυσης της κλίσης του οδοστρώματος. Η εικόνα 2.13 απεικονίζει την κατανάλωση ενέργειας και την ταχύτητα σε συνάρτηση με το χρόνο. Το πάνω διάγραμμα της εικόνας αντιστοιχεί στα δεδομένα πριν το συγχρονισμό, ενώ το κάτω στο τελικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 2.13 Απεικόνιση συγχρονισμού δεδομένων κατανάλωσης πριν (πάνω) και μετά (κάτω)

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ο καθορισμός του ποσοστού διαθεσιμότητας μπαταρίας του ΕΠΗΟ (State of Charge – SOC). Ο καθορισμός του ποσοστού μπαταρίας επιτεύχθηκε με την χρήση της παρακάτω εξίσωσης, η οποία είναι γνωστή και ως μέθοδος “Coulomb counting”. (Ramezani-al and Moodi, 2023)

$$SOC(t) = SOC(t_0) - \frac{1}{C_n} * \int_{t_0}^t n_c * I(t) dt \quad (1)$$

όπου:

- SOC(t) (%): ποσοστό μπαταρίας την οποιαδήποτε χρονική στιγμή t,
- SOC(t₀) (%): ποσοστό μπαταρίας την χρονική t₀ εκκίνησης της χρήσης,
- C_n (Ah): ονομαστική χωρητικότητα (nominal capacity) της μπαταρίας,
- n_c: κολομβική απόδοση (columbic efficiency), προσεγγιστικά ίση με 1,
- I(t): τιμή ρεύματος την χρονική στιγμή t.

Η ονομαστική χωρητικότητα C_n είναι γνωστή από τις τεχνικές προδιαγραφές των ΕΠΗΟ. Η τιμή του ρεύματος I(t) μετράται από το σύστημα καταγραφής. Το ποσοστό μπαταρίας του οχήματος την χρονική t₀ είναι επίσης γνωστό.

2.10.2 Χωρική ανάλυση δεδομένων

Για τη μελέτη και σύγκριση των οδηγικών συμπεριφορών, **επιλέχθηκε χωρικό βήμα ίσο με 10 m**. Η επιλογή χρονικού βήματος διάρκειας 1 δευτερολέπτου απορρίφθηκε, καθώς οι διαφορές στο στυλ οδήγησης δυσχεραίνουν τη σύγκριση των διανυθεισών αποστάσεων εντός αυτού του χρονικού διαστήματος. Συγκεκριμένα, ένας οδηγός που διατηρεί σταθερή πορεία θα έχει διανύσει μεγαλύτερη απόσταση σε σχέση με έναν οδηγό που πραγματοποιεί ελιγμούς (π.χ. ζγκ-ζαγκ). Αυτό συνεπάγεται ότι οι συνθήκες του οδικού δικτύου, στις οποίες βρίσκονται οι οδηγοί, διαφέρουν σημαντικά, καθιστώντας τη σύγκριση των αποστάσεων μεταξύ τους μη αντιπροσωπευτική.

Για την τμηματοποίηση των διαδρομών χρησιμοποιήθηκε το Google Earth. **Κάθε διαδρομή χωρίστηκε σε επιμέρους ευθεία τμήματα με μήκος ίσο με 10m**. Στη συνέχεια, γνωρίζοντας τις συντεταγμένες αρχής και τέλους κάθε διαδρομής πραγματοποιήθηκαν παρεμβολές (interpolation) για τον προσδιορισμό των συνταγμένων αρχής και τέλους των τμημάτων των 10m. Το χωρικό αυτό βήμα είναι εξαιρετικό μικρό για τέτοιου είδους μεσοσκοπικές αναλύσεις. Ωστόσο, επελέγη ώστε να θεωρηθούν όλα τα χαρακτηριστικά ομοιογενή (κλίση, γεωμετρία, κατάσταση οδοστρώματος κλπ.) επί αυτού. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια της εφαρμογής “Ride with GPS” (<https://ridewithgps.com/routes/new>) **προσδιορίστηκε η κλίση των τμημάτων** κάθε διαδρομής, ενώ έπειτα από αυτοψία στο πεδίο σημειώθηκαν ο τύπος οδοστρώματος κάθε τμήματος αλλά και η κατάσταση του.



Εικόνα 2.14 Διαχωρισμός διαδρομής σε τμήματα 10 μέτρων

Για τη χωρική ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν οι συντεταγμένες κάθε ΕΠΗΟ που καταγράφηκαν μέσω της εφαρμογής Rhyrbox. **Για κάθε ζεύγος συντεταγμένων διαδρομής των ΕΠΗΟ, υπολογίστηκε το αντίστοιχο τμήμα της διαδρομής στο οποίο ανήκαν, εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο K-means clustering analysis** (Koutroumbas and Theodoridis, 2008). Ο αλγόριθμος αυτός υπολογίζει την απόσταση Haversine για κάθε σημείο, δηλαδή την σφαιρική απόσταση μεταξύ των συντεταγμένων και των αρχικών και τελικών σημείων των διαδρομικών τμημάτων μήκους 10 μέτρων. Κατόπιν, ταξινομεί το κάθε σημείο στο τμήμα της διαδρομής όπου βρίσκεται το πλησιέστερο αρχικό ή τελικό σημείο των τμημάτων αυτών.

2.10.3 Προβολή κατανάλωσης στο χώρο

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ρεύματος στις δεσμευμένες διαδρομές ανά 10m υπολογίζεται η μέση τιμή του ρεύματος που κατανάλωσε η μπαταρία κάθε ΕΠΗΟ μέσα στα τμήματα των 10m. Ο υπολογισμός της κατανάλωσης γίνεται σύμφωνα με τη διαδικασία που αναπτύχθηκε στην Ενότητα 2.10.1 στην αρχή γίνεται ο συγχρονισμός των δεδομένων και στη συνέχεια η **εφαρμογή της μεθόδου Coulomb counting**.

Για την εφαρμογή της μεθόδου Coulomb counting είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε το χρονικό διάστημα στο οποίο διανύθηκε το τμήμα των 10m. Καθώς η ταχύτητα του ΕΠΗΟ υπολογίστηκε στην Ενότητα 2.10.2 και η διανυθείσα απόσταση είναι σταθερή και ίση με 10m, το χρονικό διάστημα υπολογίστηκε με τη χρήση της εξίσωσης της ταχύτητας ($u=\Delta x/\Delta t$). Πλέον οι τιμές όλων των μεταβλητών της εξίσωσης (1) είναι γνωστές και **υπολογίζονται τα ποσοστά μπαταρίας ανά 10μ (SOC(x))**. Η αφαίρεση των ποσοστών μεταξύ τους προσδιορίζει την **κατανάλωση της μπαταρίας**. Στα διαγράμματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια του παραδοτέου ως **κατανάλωση ενέργειας ορίζεται η μεταβολή του SOC(%) ανά 10 μέτρα (ΔSOC(%))**. Η μεταβολή αυτή είναι γνωστή και ως “Depth of Discharge” (DOD(%)).

Για να ελεγχθεί η ορθότητα των υποθέσεων που έγιναν σχετικά με το χρόνο για τον υπολογισμό της χωρικής κατανάλωσης με τη μέθοδο Coulomb counting, τα αποτελέσματα ποσοστών μπαταρίας συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα που βρέθηκαν μέσα από τα χρονικά δεδομένα. Σε όλες τις περιπτώσεις η απόκλιση δεν υπερέβαινε το $\pm 1\%$, το οποίο θεωρείται αποδεκτή απόκλιση.

2.11 Ανάλυση δεδομένων

Στόχος του υποκεφαλαίου 2.11 είναι η **γραφική και ποσοτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων** της ανάλυσης των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων πεδίου. Επιπλέον, ερμηνεύεται ο τρόπος που τα χαρακτηριστικά κάθε συμμετέχοντα/ουσας στην πειραματική διαδικασία, με τα χαρακτηριστικά των οδών και άλλοι εξωγενείς παράγοντες επιδρούν στην ενεργειακή κατανάλωση των ΕΠΗΟ. Αναλυτικότερα εξετάζονται:

- 2.11.1 Χαρακτηριστικά **χρήστη** και ενεργειακή κατανάλωση
- 2.11.2 Χαρακτηριστικά **οδού** και ενεργειακή κατανάλωση
- 2.11.3 **Καιρικές συνθήκες** και ενεργειακή κατανάλωση
- 2.11.4 **Επίπεδο εξυπηρέτησης οδού** και ενεργειακή κατανάλωση

2.11.1 Χαρακτηριστικά χρήστη και ενεργειακή κατανάλωση

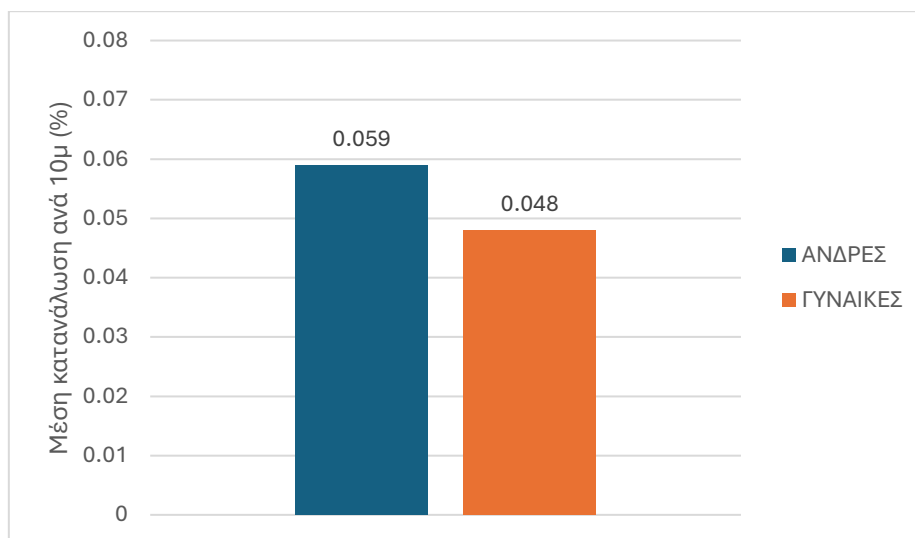
Μια από τις βασικότερες παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν την κατανάλωση των μπαταριών των ηλεκτρικών πατινιών και ηλεκτρικών ποδηλάτων είναι τα χαρακτηριστικά του χρήστη. Στη μελέτη ελήφθησαν υπόψη παράμετροι που σχετίζονται με τα **βιομετρικά χαρακτηριστικά** των χρηστών, όπως το φύλο και το βάρος, αλλά και παράμετροι που επηρεάζουν την οδηγική τους συμπεριφορά, όπως είναι η **εμπειρία** τους.

Ο πίνακας 2.10 παρουσιάζει το διαχωρισμό του δείγματος ανά όχημα με βάση το **φύλο**. Η κατανομή δεν είναι ισορροπημένη, αλλά έχουμε υπερεκπροσώπηση των ανδρών στο δείγμα. Αυτό δεν αποτελεί μεθοδολογικό πρόβλημα αντιπροσωπευτικότητας, καθώς είναι γνωστό ότι οι άνδρες αποτελούν την πλειονότητα των χρηστών οχημάτων μικροκινητικότητας. Εξάριση αποτελεί το δείγμα των γυναικών που χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ποδήλατο καθώς είναι εξαιρετικό μικρό. Επομένως, τα αποτελέσματα της σχετικής ανάλυσης πρέπει να εξεταστούν με ιδιαίτερη προσοχή.

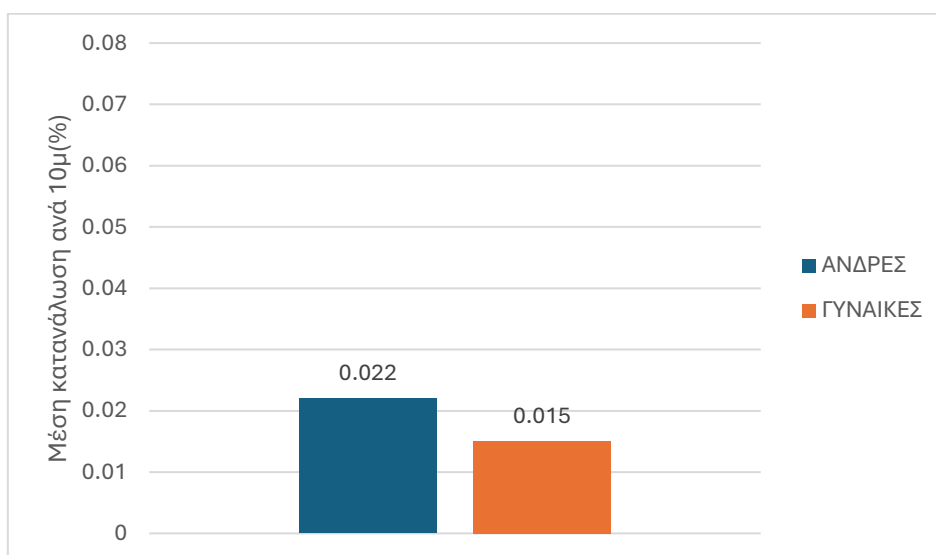
Φύλο	Ηλεκτρικό Πατίνι	Ηλεκτρικό Ποδήλατο
Άνδρες	52 (60%)	60 (87%)
Γυναίκες	34 (40%)	9 (13%)

Πίνακας 2.10 Δείγμα ανάλογα με το φύλο

Τα Διαγράμματα 2.6 και 2.7 απεικονίζουν τη μέση κατανάλωση ρεύματος ανά φύλο για πατίνια και ποδήλατα αντίστοιχα επί στοιχειώδους μήκους 10 μέτρων.



Διάγραμμα 2.6 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά φύλο, πατίνι



Διάγραμμα 2.7 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά φύλο, ποδήλατο

Όχημα	Φύλο	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Ηλεκτρικό πατίνι	Άνδρες-Γυναίκες	23 %	0.21*
Ηλεκτρικό ποδήλατο	Άνδρες-Γυναίκες	46%	0.34*

*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05

Πίνακας 2. 11 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, φύλο

Από τα ανωτέρω διαγράμματα, φαίνεται καταρχήν ότι **τα ποδήλατα έχουν σημαντικά χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση από τα πατίνια** καθώς στηρίζονται και στην φυσική ενέργεια των χρηστών. Συγκεκριμένα, η κατανάλωση των πατινιών είναι τριπλάσια από αυτή των ποδηλάτων για κάθε τύπο διαδρομής. Επίσης, τα διαγράμματα δείχνουν ότι οι **άνδρες**

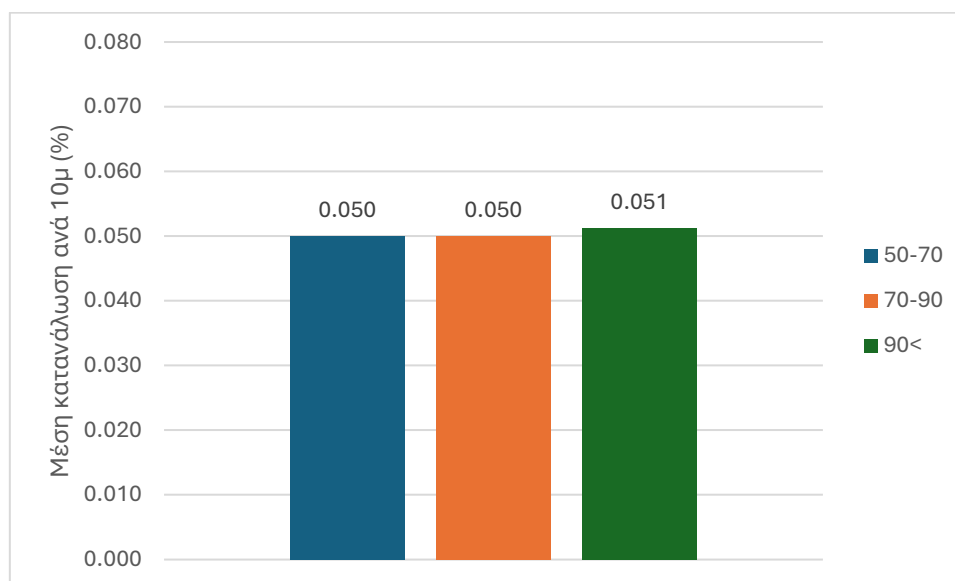
σχετίζονται εν γένει με υψηλότερες καταναλώσεις και στις δύο περιπτώσεις οχημάτων. Στη συνέχεια έγινε έλεγχος μέσω του **test Kolmogorov-Smirnov test (KS-test)**. Το συγκεκριμένο test συγκρίνει δύο σύνολα δεδομένων και υπολογίζει αν αυτά προέρχονται από την ίδια κατανομή (αρχική υπόθεση, H_0) και αν όχι (εναλλακτική υπόθεση, H_1) υπολογίζει την απόσταση μεταξύ των κατανομών. Το KS-test έδειξε ότι οι καταναλώσεις 10μ ανά φύλο ακολουθούν διαφορετικές κατανομές και η απόσταση μεταξύ των αυτών είναι στατιστικά σημαντική. Το φαινόμενο αυτό συνδέεται πιθανότατα τόσο με την κατά μέσο όρο μεγαλύτερο βάρος των ανδρών, όσο και με την οδηγική τους συμπεριφορά. Έρευνες σχετικά με την οδήγηση αυτοκινήτων αναφέρουν ότι οι άνδρες έχουν πιο «επιθετικό» στυλ οδήγησης με συχνότερες και πιο απότομες επιταχύνσεις αλλά και υψηλότερες μέσες ταχύτητες κίνησης που αυξάνουν την κατανάλωση.

Άλλος παράγοντας που σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του χρήστη και μπορεί να επηρεάσει την κατανάλωση των μπαταριών ηλεκτρικών πατινιών και ηλεκτρικών ποδηλάτων, είναι το **βάρος του χρήστη**. Το δείγμα ηλεκτρικών πατινιών και ηλεκτρικών ποδηλάτων χωρίστηκε σε τρεις κλάσεις.

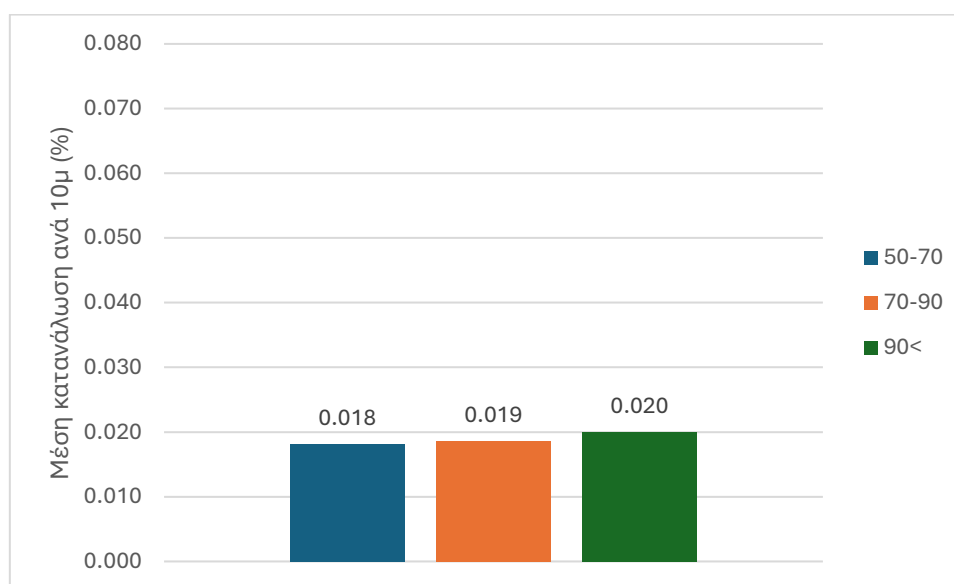
Βάρος (Kg)	Ηλεκτρικό πατίνι	Ηλεκτρικό ποδήλατο
50-70	50 (58%)	27 (39%)
70-90	31 (36%)	17 (25%)
90<	5 (6%)	25 (36%)

Πίνακας 2. 12 Δείγμα ανά κλάση βάρους χρήστη

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα διαγράμματα που συσχετίζουν το βάρος χρήστη με την ενεργειακή κατανάλωση.



Διάγραμμα 2. 8 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κλάση βάρους, πατίνι



Διάγραμμα 2. 9 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κλάση βάρους, ποδήλατο

Όχημα	Βάρος (Kg)	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Ηλεκτρικό πατίνι	[50-70] – [70-90]	0%	0.06
	[50-70] – [90<]	2%	0.14
Ηλεκτρικό ποδήλατο	[50-70] – [70-90]	6 %	0.16
	[50-70] – [90<]	11%	0.23*

*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05

Πίνακας 2. 13 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, βάρος

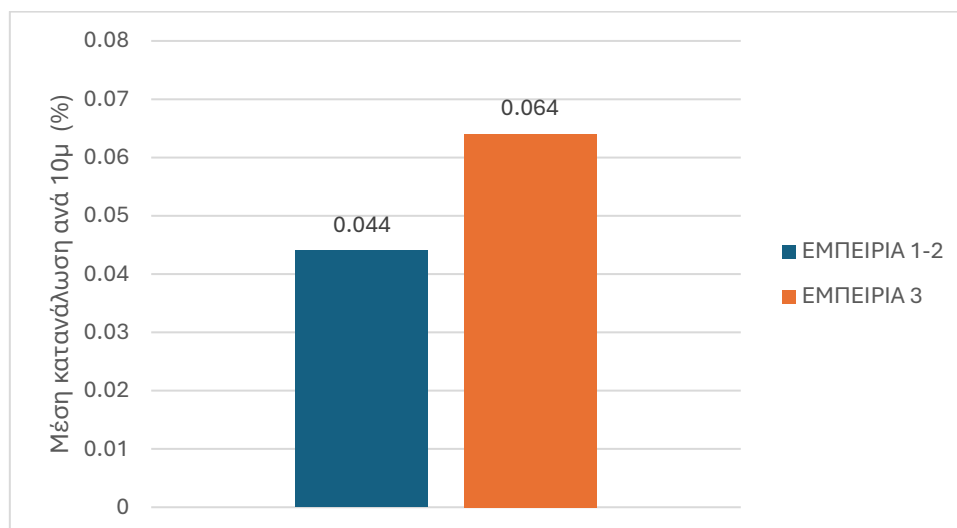
Όπως προκύπτει, η αύξηση του βάρους των χρηστών σχετίζεται με την άνοδο της μέσης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και στις δύο περιπτώσεις ΕΠΗΟ. Ωστόσο, η επιρροή δεν φαίνεται να είναι τόσο μεγάλη. Το KS-test έδειξε ότι οι καταναλώσεις 10μ της πρώτης κλάσης σε σύγκριση με τις υπόλοιπες έχουν διαφορετικές κατανομές και η απόσταση μεταξύ των αυτών αυξάνεται όσο αυξάνεται και ο δείκτης μάζας σώματος. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το μεγαλύτερο βάρος συνεπάγεται μεγαλύτερο φορτίο για το όχημα, αυξάνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις κατά τη λειτουργία του.

Η προηγούμενη εμπειρία των συμμετεχόντων στην οδήγηση ηλεκτρικού πατινιού ή ποδηλάτου κατηγοριοποιήθηκε σε τρεις κλάσεις. Στην κλάση "Εμπειρία 1", η οποία αντιστοιχεί σε μηδενική εμπειρία, εντάχθηκαν οι συμμετέχοντες που δήλωσαν ότι δεν είχαν καθόλου ή ελάχιστη προηγούμενη εμπειρία χρήσης ηλεκτρικού πατινιού ή ποδηλάτου (συμβατικού ή ηλεκτρικού). Η κλάση "Εμπειρία 2", που υποδηλώνει περιορισμένη εμπειρία, περιλαμβάνει όσους/ες είχαν χρησιμοποιήσει το αντίστοιχο όχημα περισσότερες από 2-3 φορές αλλά λιγότερες από 10. Τέλος, στην κλάση "Εμπειρία 3", που αντιστοιχεί σε υψηλή εμπειρία, εντάχθηκαν οι συμμετέχοντες/ουσες που είχαν χρησιμοποιήσει αντίστοιχο όχημα περισσότερες από 10 φορές. Κατά την εξέλιξη του πειράματος, λαμβάνεται υπόψη η εμπειρία που αποκτούν οι οδηγοί μέσα από τη συμμετοχή τους στη διαδικασία. Η κατανομή θεωρείται αντιπροσωπευτική καθώς πολλοί χρήστες δοκιμάζουν τα νέα οχήματα αλλά δεν εξακολουθούν να τα χρησιμοποιούν στη συνέχεια. Στα πλαίσια της ανάλυσης, αποφασίστηκε η συγχώνευση των κλάσεων "Εμπειρία 1" και "Εμπειρία 2" λόγω του περιορισμένου δείγματος της δεύτερης.

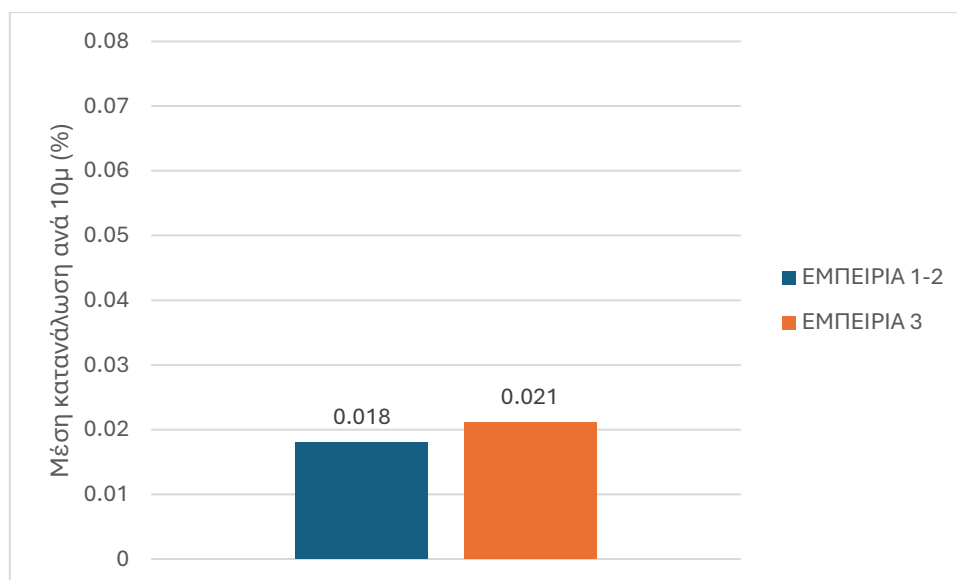
Όχημα	Εμπειρία 1- Εμπειρία 2	Εμπειρία 3
Ηλεκτρικό πατίνι	40 (46%)	46 (54%)
Ηλεκτρικό ποδήλατο	23 (34%)	46 (66%)

Πίνακας 2.14 Δείγμα ανά κλάση εμπειρίας

Τα Διαγράμματα 2.10 και 2.11 παρουσιάζουν τη μέση κατανάλωση ρεύματος συσχετισμένη με την εμπειρία των χρηστών για ηλεκτρικά πατίνια και ηλεκτρικά ποδήλατα αντίστοιχα.



Διάγραμμα 2.10 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κλάση εμπειρίας, πατίνι



Διάγραμμα 2. 11 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κλάση εμπειρίας, ποδήλατο

Όχημα	Εμπειρία	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Ηλεκτρικό πατίνι	Εμπειρία [1-2]- 3	45%	0.85*
Ηλεκτρικό ποδήλατο	Εμπειρία [1-2]- 3	17%	0.24*

*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05

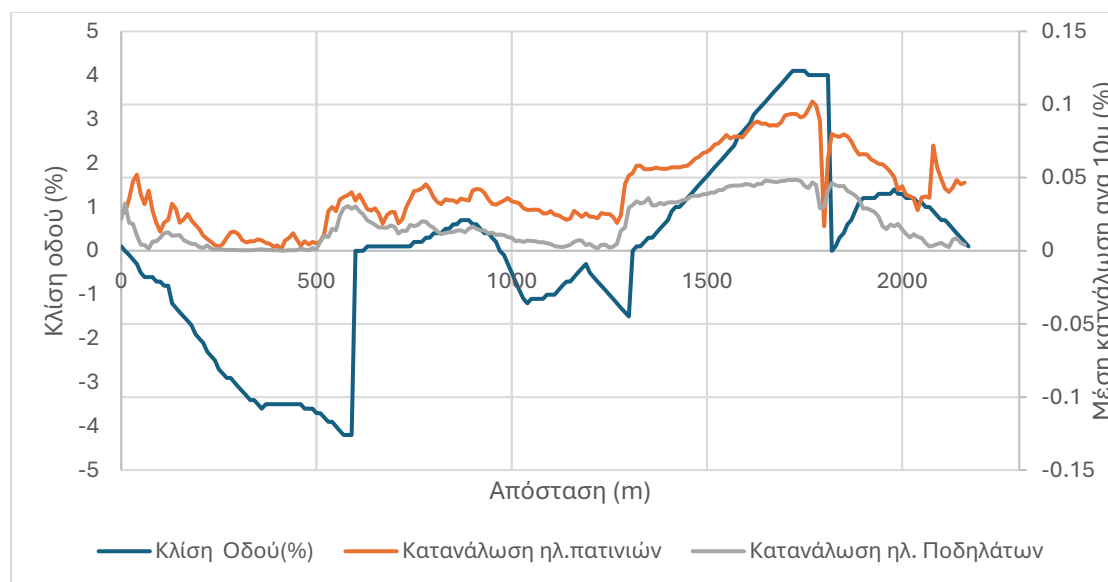
Πίνακας 2. 15 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, εμπειρία

Από το διάγραμμα 2.10 συμπεραίνεται ότι τα άτομα με τη **μεγαλύτερη εμπειρία στη χρήση ηλεκτρικού πατινιού** παρουσιάζουν και την **μεγαλύτερη μέση κατανάλωση** σε σχέση με τους χρήστες, των οποίων η εμπειρία κυμαίνεται από μηδενική έως λίγη. Ενδεχομένως, οι έμπειροι χρήστες έχουν αυτοπεποίθηση να οδηγούν πιο επιθετικά. Αυτό δεν επιβεβαιώνεται σε τόσο μεγάλο βαθμό στην **περίπτωση των ποδηλάτων** όπου δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά για τις διαφορετικές κατηγορίες. Το εύρημα αυτό πιθανότατα σχετίζεται με την προηγούμενη εμπειρία των χρηστών στην οδήγηση συμβατικών ποδηλάτων. Το KS-test έδειξε ότι οι καταναλώσεις 10μ της «Εμπειρίας 1-2» σε σχέση με την «Εμπειρία 3» έχουν διαφορετικές κατανομές και η απόστασή τους είναι στατιστικά σημαντική, ιδιαίτερα στην περίπτωση των πατινιών.

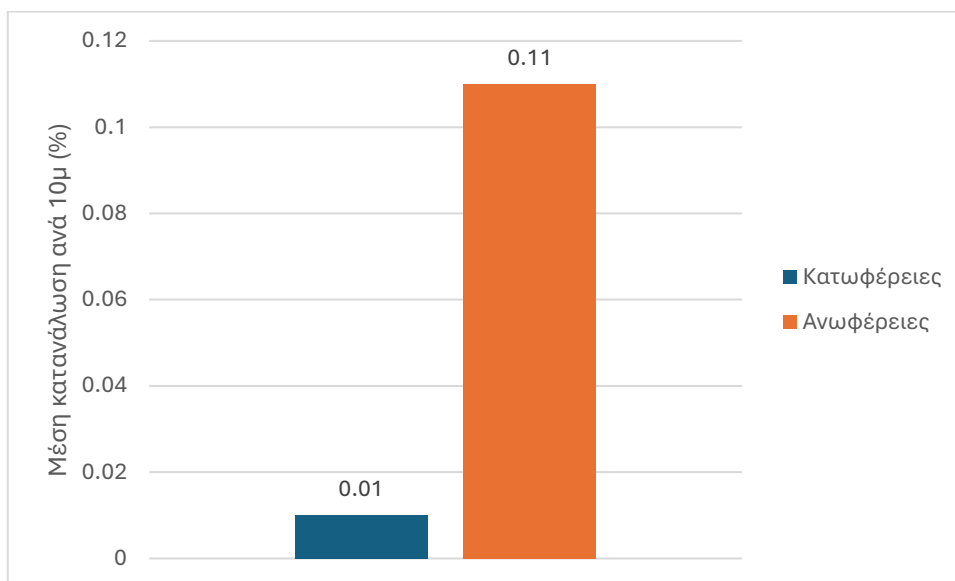
2.11.2 Χαρακτηριστικά οδού και ενεργειακή κατανάλωση

Άλλος ένας παράγοντας, οποίος μπορεί να έχει καθοριστικό ρόλο στην κατανάλωση των μπαταριών ιόντων λιθίου, είναι τα **χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος** στο οποίο διεξάγεται η διαδρομή. Στη μελέτη ελήφθησαν υπόψη κατά σειρά η **κλίση της οδού, ο τύπος του οδοστρώματος και η κατάσταση του οδοστρώματος**.

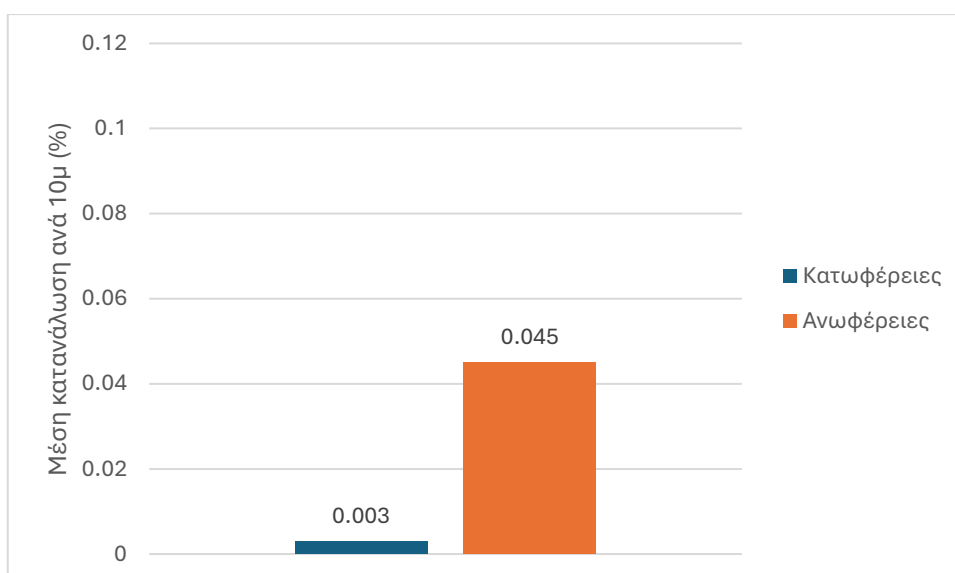
Στα διαγράμματα 2.13 και 2.14 παρουσιάζεται η επιρροή της κλίσης στην κατανάλωση ρεύματος των ΕΠΗΟ. Το διάγραμμα 2.12 αναφέρεται στη δεσμευμένη διαδρομή μικτής χρήσης. Στη διαδρομή αυτή παρατηρούνται τριών ειδών κλίσεις οδού (επίπεδη, ανηφορική, κατηφορική), με έντονα ανηφορικά και κατηφορικά τμήματα. Ασφαλώς όσο αυξάνεται το μήκος οδού με ανηφορική κλίση αυξάνεται και η ενεργειακή κατανάλωση. Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι ότι οι **έντονες κατηφορικές κλίσεις οδηγούν σε σημαντικά μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση των δύο ΕΠΗΟ**. Το εύρημα αποδίδεται στην τάση των οδηγών να αφήνουν την κατηφορική κλίση να τους «παρασύρει».



Διάγραμμα 2. 12 Κλίση/κατανάλωση-απόσταση δεσμευμένης διαδρομής, οδός μικτής κυκλοφορίας



Διάγραμμα 2. 13 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία κλίσης, πατίνι

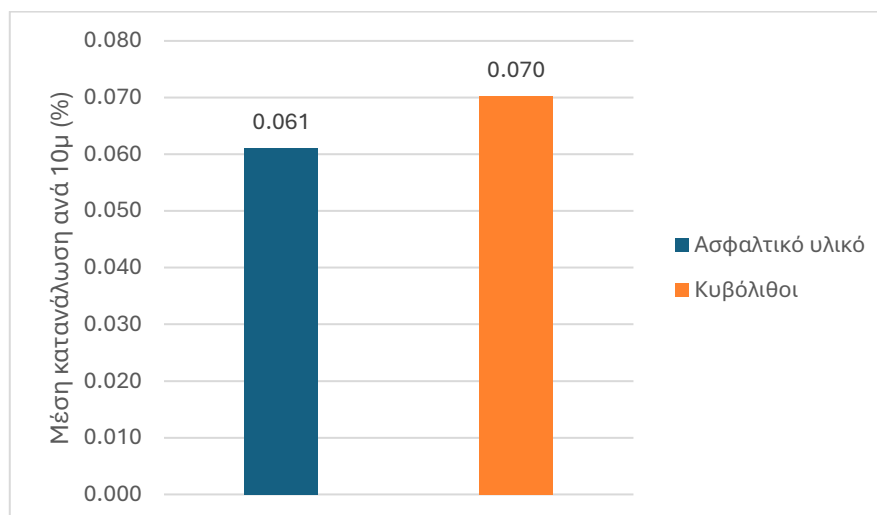


Διάγραμμα 2. 14 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία κλίσης, ποδήλατο

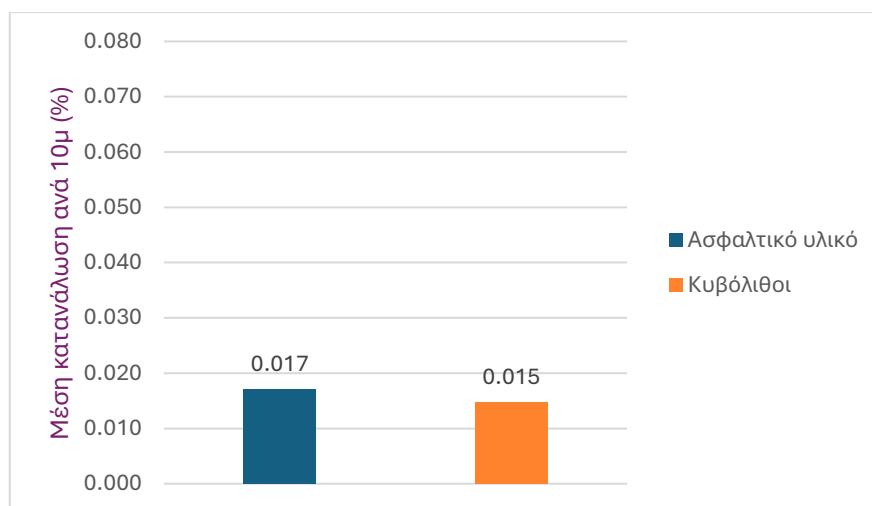
Αναφορικά με τη μελέτη της **επίδρασης του τύπου οδοστρώματος** στην κατανάλωση των μπαταριών ιόντων λιθίου, ελήφθησαν υπόψη δύο τύποι οδοστρώματος: **ασφαλτικό υλικό** που συναντάται επί του οδοστρώματος **και κυβόλιθοι** που συναντώνται επί του πεζόδρομου που εξετάστηκε. Το κατασκευαστικό υλικό των οδοστρωμάτων των τμημάτων των 10m εντοπίστηκε έπειτα από επιτόπια καταγραφή στο πεδίο.. Τα Διαγράμματα 2.15 και 2.16 παρουσιάζουν τη μέση κατανάλωση ρεύματος για κάθε τμήμα 10 m σε σχέση με το κατασκευαστικό υλικό του οδοστρώματος.

Όχημα	Ασφαλτικό υλικό	Κυβόλιθοι
Ηλεκτρικό πατίνι	37 (43%)	49 (57%)
Ηλεκτρικό ποδήλατο	53 (77%)	16 (23%)

Πίνακας 2. 16 Δείγμα ανά τύπο οδοστρώματος



Διάγραμμα 2. 15 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά τύπο οδοστρώματος, πατίνι



Διάγραμμα 2. 16 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά τύπο οδοστρώματος, ποδήλατο

Όχημα	Τύπος οδοστρώματος	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Ηλεκτρικό πατίνι	Ασφαλτικό υλικό-Κυβόλιθοι	15%	0.37*
Ηλεκτρικό ποδήλατο	Ασφαλτικό υλικό-Κυβόλιθοι	-12%	0.24*

*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05

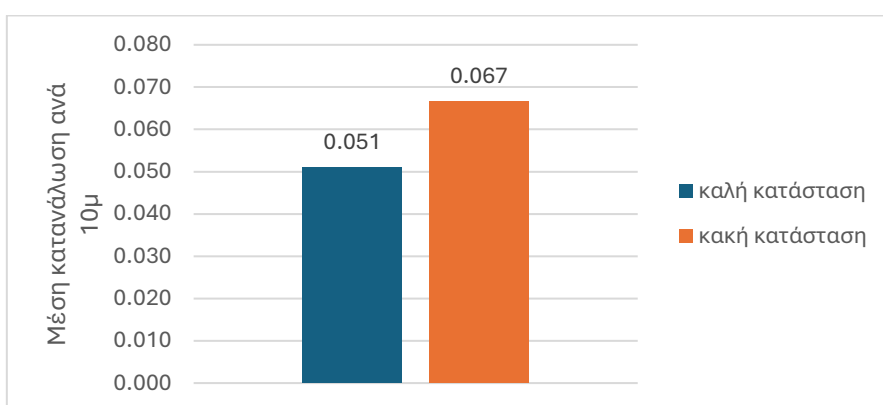
Πίνακας 2. 17 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, τύπος οδοστρώματος

Στα ηλεκτρικά πατίνια παρατηρείται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά την οδήγηση σε πεζόδρομο είναι αυξημένη κατά 15% σε σύγκριση με την οδήγηση σε οδόστρωμα ασφαλτικού υλικού. Το KS-test έδειξε ότι οι καταναλώσεις 10μ ανά τύπο οδοστρώματος ακολουθούν διαφορετικές κατανομές και η απόσταση μεταξύ των αυτών είναι στατιστικά σημαντική. Το εύρημα αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς οι έντονοι κραδασμοί που προκαλούνται από την ανώμαλη επιφάνεια του πεζοδρόμου οδηγούν σε αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση. Αντίθετα, στην περίπτωση των ηλεκτρικών ποδηλάτων, η μέση ενεργειακή κατανάλωση για την οδήγηση σε άσφαλο είναι κατά 12% υψηλότερη σε σχέση με τον πεζόδρομο. Αυτό το αποτέλεσμα υποδηλώνει ότι τα ηλεκτρικά ποδήλατα είναι ελαφρώς λιγότερο ευαίσθητα στους κραδασμούς σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά πατίνια.

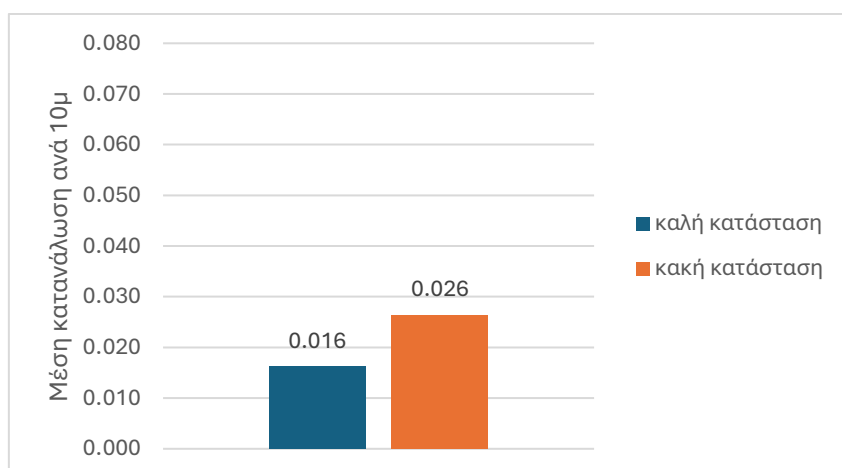
Ο τελευταίος παράγοντας σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της οδού που μελετήθηκε είναι η κατάσταση του οδοστρώματος. Για όλες τις δεσμευμένες διαδρομές αξιολογήθηκε αν το οδόστρωμα ήταν σε καλή ή κακή κατάσταση ανάλογα με τον βαθμό φθοράς και βλαβών που παρουσίαζε. Η ταξινόμηση της κατάστασης του οδοστρώματος έγινε κατόπιν επιτόπιου ελέγχου. Τα Διαγράμματα 2.17 και 2.18 παρουσιάζουν τη μέση κατανάλωση ρεύματος για τα τμήματα των 10m ανάλογα την κατάσταση του οδοστρώματος για τα ηλεκτρικά πατίνια και ηλεκτρικά ποδήλατα αντίστοιχα. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ποσοστά των 10m ανά κατάσταση οδού

Όχημα	10μ με καλή κατάσταση	10μ με κακή κατάσταση
Ηλεκτρικό πατίνι	10215 (94%)	629 (6%)
Ηλεκτρικό ποδήλατο	7944 (89%)	932 (11%)

Πίνακας 2. 18 Δείγμα ανά κατάσταση οδοστρώματος



Διάγραμμα 2. 17 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατάσταση οδοστρώματος, πατίνι



Διάγραμμα 2. 18 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατάσταση οδοστρώματος, ποδήλατο

Όχημα	Κατάσταση οδοστρώματος	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Ηλεκτρικό πατίνι	Καλή - Κακή	31%	0.45*
Ηλεκτρικό ποδήλατο	Καλή - Κακή	63%	0.39*

*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05

Πίνακας 2. 19 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, κατάσταση οδοστρώματος

Η κακή κατάσταση του οδοστρώματος οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και στα δύο ΕΠΗΟ παρά το γεγονός ότι καλύτερη ποιότητα συνδέεται εν γένει με ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων. Το KS-test έδειξε ότι οι καταναλώσεις 10μ ανά κατάσταση οδού ακολουθούν διαφορετικές κατανομές και η απόσταση μεταξύ αυτών είναι στατιστικά σημαντική. Το συμπέρασμα αυτό συνάδει με το προηγούμενο περί αυξημένης κατανάλωσης σε πεζόδρομους και αναδεικνύει ότι η επιρροή της ταχύτητας είναι μικρότερη από την επιρροή του είδους και της ποιότητας του οδοστρώματος. Επομένως, δράσεις και πολιτικές περιορισμού του ανθρακικού αποτυπώματος των ηλεκτρικών πατινιών θα πρέπει να εστιάζουν περισσότερο στην ποιότητα της υποδομής και λιγότερο στον περιορισμό της ταχύτητας.

2.11.3 Καιρικές συνθήκες και ενεργειακή κατανάλωση

Στο πλαίσιο της έρευνας, εξετάστηκε η επίδραση της **θερμοκρασίας, του άνεμου και της υγρασίας**. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονταν από τους συμμετέχοντες στα ημερολόγια ταξιδιού, ενώ οι τιμές επαληθεύτηκαν από δεδομένα που ελήφθησαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο (εικόνα 2.15).

Date	Time	Temp Out	Out Hum	Dew Pt.	Wind Speed(km/h)	Wind Dir	Hi Speed	Hi Dir	Wind Chill	Heat Index	THW Index	Bar (hPa)	Rain(mm)	Rain Rate(mm/h)
28/10/2023	0:10	22.9	77	18.7	16.1	SSE	24.1	S	21.8	23.9	22.7	1010.9	0.00	0.0
28/10/2023	0:20	22.9	77	18.7	16.1	SSE	22.5	SSE	21.8	23.9	22.7	1010.9	0.00	0.0
28/10/2023	0:30	22.9	78	18.8	17.7	SSE	24.1	SSE	21.5	23.8	22.4	1011.0	0.00	0.0
28/10/2023	0:40	22.9	77	18.6	17.7	SSE	25.7	SSE	21.5	23.8	22.4	1011.0	0.00	0.0
28/10/2023	0:50	23.0	76	18.5	17.7	SSE	25.7	S	21.6	23.9	22.6	1011.1	0.00	0.0
28/10/2023	1:00	23.0	76	18.5	17.7	SSE	29.0	S	21.6	23.9	22.6	1011.1	0.00	0.0
28/10/2023	1:10	22.9	77	18.7	19.3	SSE	29.0	SSE	21.3	23.9	22.2	1011.1	0.00	0.0
28/10/2023	1:20	22.9	77	18.6	17.7	SSE	27.4	S	21.5	23.8	22.4	1011.0	0.00	0.0
28/10/2023	1:30	22.9	76	18.5	17.7	SSE	24.1	SSE	21.6	23.9	22.5	1011.0	0.00	0.0
28/10/2023	1:40	22.9	76	18.5	17.7	SSE	24.1	S	21.6	23.9	22.5	1011.0	0.00	0.0
28/10/2023	1:50	22.9	76	18.4	16.1	SSE	22.5	S	21.7	23.8	22.6	1011.0	0.00	0.0
28/10/2023	2:00	22.9	76	18.4	16.1	SSE	24.1	SSE	21.7	23.8	22.6	1011.0	0.00	0.0
28/10/2023	2:10	22.8	77	18.6	17.7	SSE	24.1	SSE	21.4	23.8	22.4	1010.9	0.00	0.0
28/10/2023	2:20	22.8	77	18.5	17.7	SSE	25.7	S	21.4	23.7	22.3	1010.9	0.00	0.0
28/10/2023	2:30	22.7	78	18.7	16.1	SSE	22.5	SSE	21.6	23.6	22.4	1010.9	0.00	0.0
28/10/2023	2:40	22.7	78	18.7	14.5	SSE	20.9	SSE	21.9	23.6	22.8	1010.9	0.00	0.0
28/10/2023	2:50	22.7	78	18.6	12.9	SSE	19.3	S	22.4	23.6	23.3	1010.9	0.00	0.0
28/10/2023	3:00	22.6	78	18.6	14.5	SSE	22.5	SSE	21.8	23.4	22.7	1010.7	0.00	0.0
28/10/2023	3:10	22.7	78	18.6	14.5	SSE	22.5	SSE	21.9	23.6	22.8	1010.9	0.00	0.0
28/10/2023	3:20	22.7	78	18.6	16.1	SSE	24.1	S	21.5	23.6	22.4	1010.8	0.00	0.0
28/10/2023	3:30	22.7	78	18.6	16.1	SSE	24.1	S	21.5	23.6	22.4	1010.8	0.00	0.0

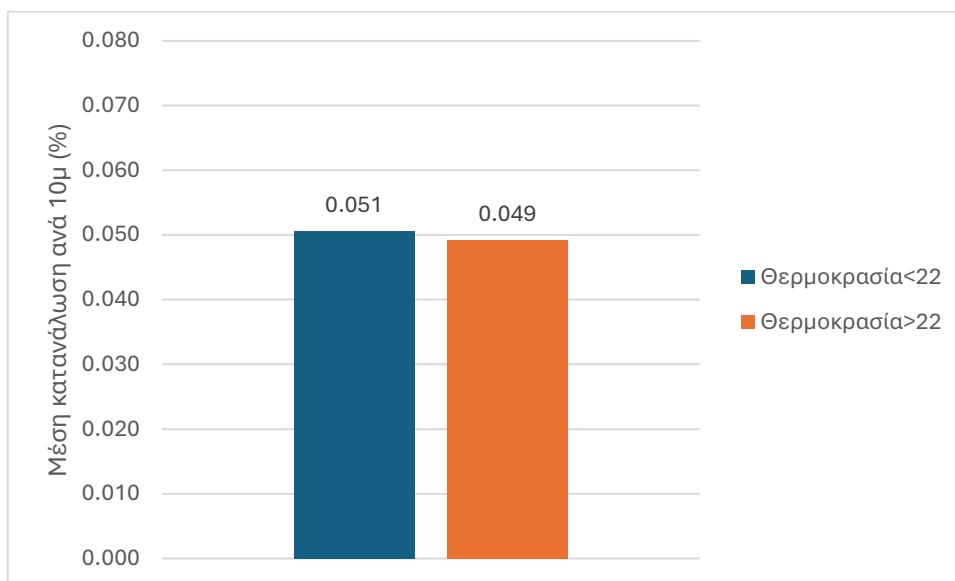
Εικόνα 2. 15 Καιρικά δεδομένα Εθνικού Αστεροσκοπείου

Η τιμή της μέσης θερμοκρασίας ήταν οι 19.76°C για τα ηλεκτρικά πατίνια και 23.27°C, αντίστοιχα. Ως όριο για τον διαχωρισμό του δείγματος επιλέχθηκαν οι 22 °C.

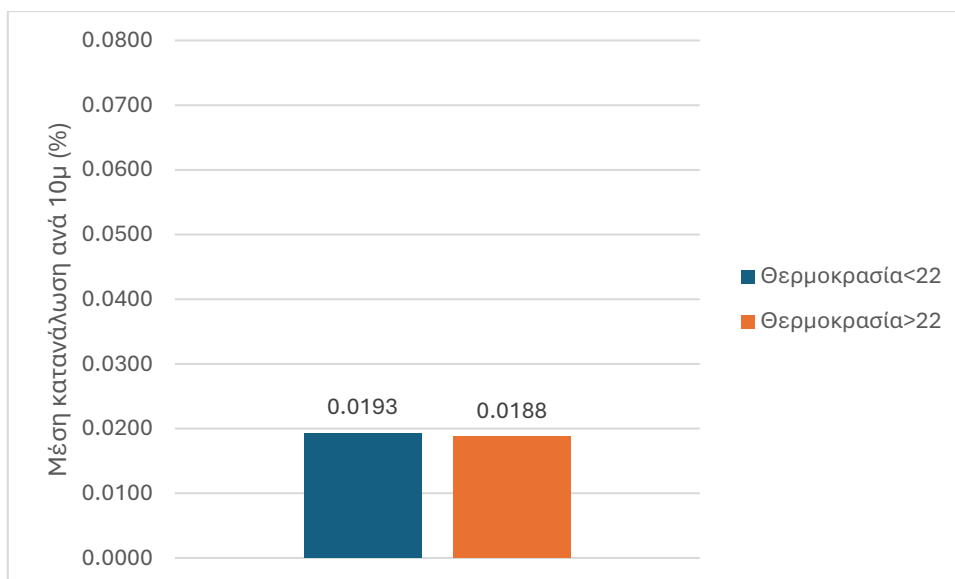
Όχημα	Θερμοκρασίες <22 °C	Θερμοκρασίες >22 °C
Ηλεκτρικό πατίνι	72 (84%)	14 (16%)
Ηλεκτρικό ποδήλατο	50 (72 %)	19 (28 %)

Πίνακας 2. 20 Δείγμα ανά κατηγορία θερμοκρασιών

Μετά την ομαδοποίηση των θερμοκρασιών με τις αντίστοιχες μέσες καταναλώσεις ανά 10μ, ήταν εφικτός ο υπολογισμός μια συνολικής μέσης κατανάλωσης ανά 10μ για κάθε ομάδα θερμοκρασιών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τις μπαταρίες των ηλεκτρικών πατινιών και ποδηλάτων παρουσιάζονται στα διαγράμματα 2.19 και 2.20.



Διάγραμμα 2. 19 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$), πατίνι



Διάγραμμα 2. 20 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$), ποδήλατο

Όχημα	Θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Ηλεκτρικό πατίνι	$\Theta < 22 - \Theta > 22$	-4.0%	0.11
Ηλεκτρικό ποδήλατο	$\Theta < 22 - \Theta > 22$	-0.2%	0.09

*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05
Πίνακας 2. 21 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, θερμοκρασία

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι, τόσο για τα ηλεκτρικά πατίνια όσο και για τα ηλεκτρικά ποδήλατα, θερμοκρασίες μικρότερες των 22°C οδήγησαν σε υψηλότερες μέσες καταναλώσεις. Αυτό το εύρημα συμφωνεί με πρόσφατη έρευνα (Gioldasis et al., 2024) για την ενεργειακή κατανάλωση των ηλεκτρικών πατινιών. Η αυξημένη κατανάλωση στις χαμηλές θερμοκρασίες συμβαίνει καθώς σε αυτές η απόδοση των μπαταριών μειώνεται.

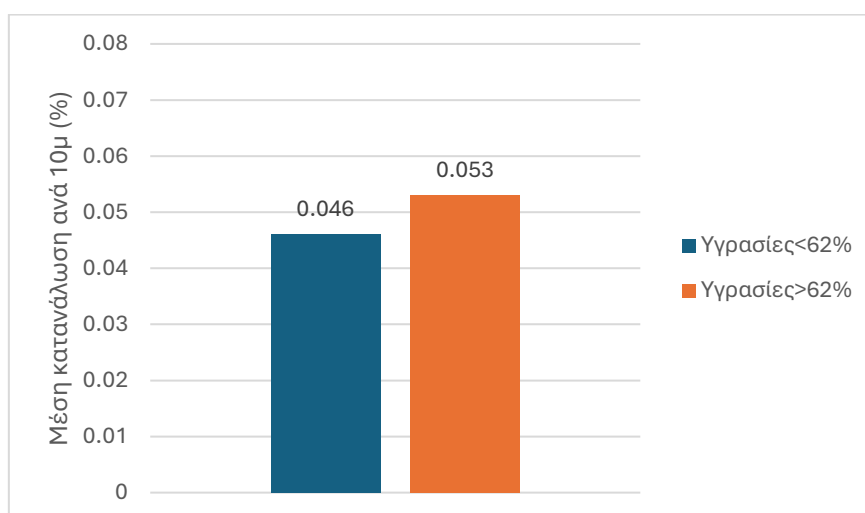
Επίσης, οι χαμηλές θερμοκρασίες μπορούν να αυξήσουν την αντίσταση κύλισης των ελαστικών, οδηγώντας επομένως σε αυξημένη απαίτηση ενέργειας για την κίνηση του οχήματος. Το KS-test έδειξε ότι οι καταναλώσεις 10μ ανά κατηγορία θερμοκρασίας ακολουθούν διαφορετικές κατανομές και η απόσταση μεταξύ των αυτών δεν είναι τόσο στατιστικά σημαντική. Αυτό οφείλεται στο **κλίμα της Πάτρας** το οποίο **δεν επιτρέπει** την καταγραφή μεγάλων **διακυμάνσεων ανάμεσα στις θερμοκρασίες**. Επομένως, υπάρχει αδυναμία διεξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων για χώρες με ψυχρότερο κλίμα.

Για την μελέτη της επίδρασης της **υγρασίας** ακολουθήθηκε ακριβώς η ίδια διαδικασία. Ο Πίνακας 2.22 δείχνει τον διαχωρισμό του δείγματος. Οι τιμές υγρασίας άνω του 62% θεωρήθηκαν υψηλές, ενώ όσες ήταν κάτω θεωρήθηκαν χαμηλές.

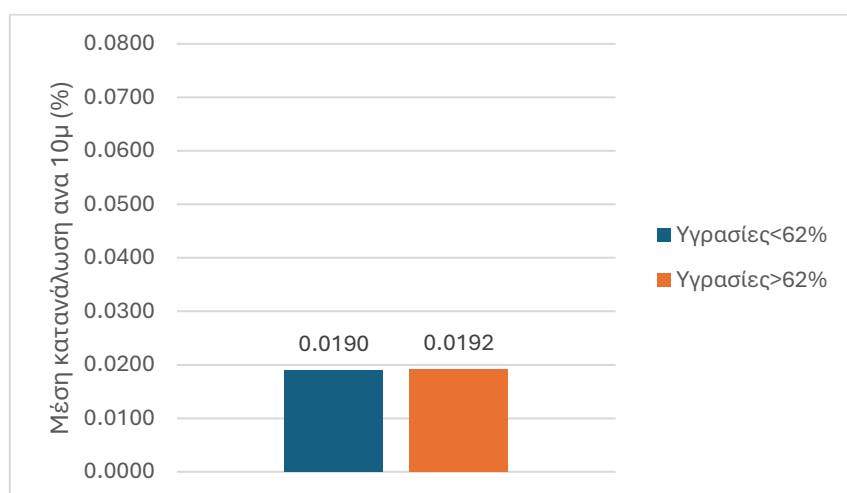
Όχημα	Υγρασίες < 62%	Υγρασίες > 62%
Ηλεκτρικό πατίνι	16 (17%)	70 (83%)
Ηλεκτρικό ποδήλατο	21 (30 %)	48 (70%)

Πίνακας 2. 22 Δείγμα ανά κατηγορία υγρασιών

Τα Διαγράμματα 2.21 και 2.22 δείχνουν τη μέση η κατανάλωση ρεύματος για χαμηλή και υψηλή υγρασία ανά τύπο οχήματος.



Διάγραμμα 2. 21 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία υγρασίας, πατίνι



Διάγραμμα 2. 22 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία υγρασίας, ποδήλατο

Όχημα	Υγρασία (%)	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Ηλεκτρικό πατίνι	Υγρασία < 62- Υγρασία > 62	15%	0.18
Ηλεκτρικό ποδήλατο	Υγρασία < 62- Υγρασία > 62	1%	0.11

*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05

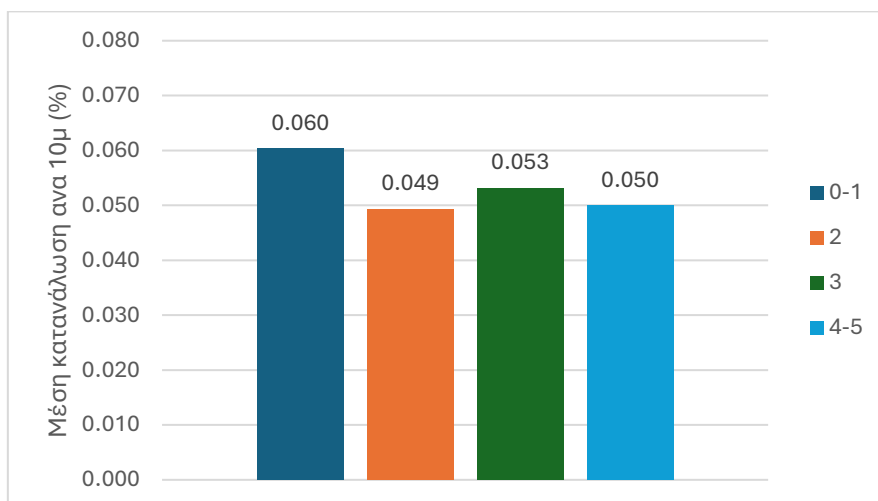
Πίνακας 2. 23 Σχετικές διαφορές κατανάλωσης και KS test, υγρασία

Τόσο για τα ηλεκτρικά πατίνια όσο και για τα ηλεκτρικά ποδήλατα, τα υψηλά ποσοστά υγρασίας οδήγησαν σε υψηλότερες μέσες καταναλώσεις σε σχέση με τα χαμηλά. Το KS-test έδειξε ότι οι καταναλώσεις 10μ ανά κατηγορία υγρασίας ακολουθούν διαφορετικές κατανομές ωστόσο η απόσταση μεταξύ των αυτών δεν είναι τόσο στατιστικά σημαντική. Η αυξητική επίδραση της υψηλής υγρασίας στην ενεργειακή κατανάλωση ήταν αναμενόμενη, καθώς προκαλεί αυξημένο ρυθμό αυτοεκφόρτισης της μπαταρίας (Byun et al., 2017) αύξηση της τριβής στο οδόστρωμα και ακόλουθη αύξηση της αντίστασης κίνησης στα ελαστικά (Han et al., 2016).

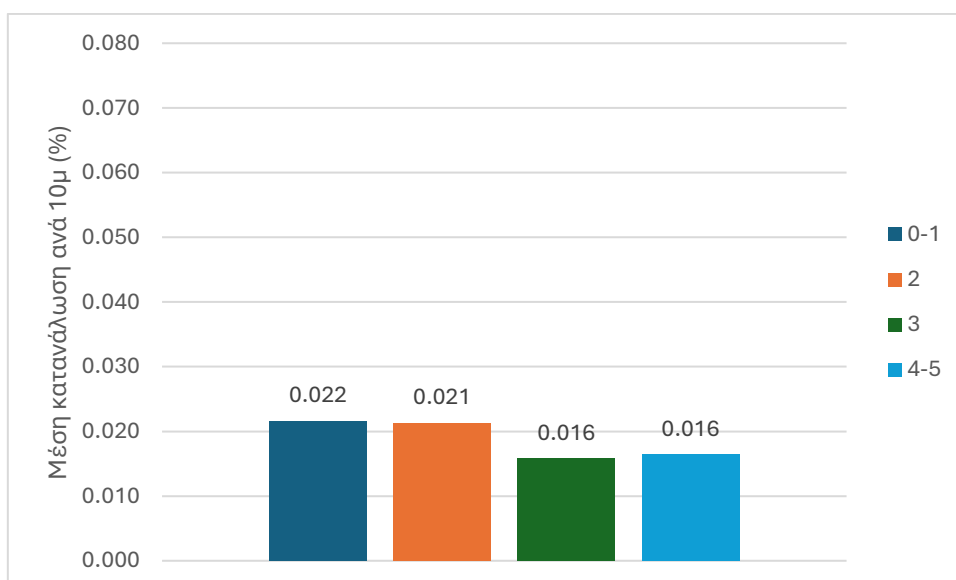
Ο τελευταίος μετεωρολογικός παράγοντας που διερευνήθηκε είναι ο **άνεμος**. Οι τιμές του ανέμου που παρατηρήθηκαν κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων πεδίου κυμαίνονταν από τα 0 Beaufort έως τα 5 Beaufort. Στα πλαίσια της ανάλυσης, λόγω του περιορισμένου δείγματος, αποφασίστηκε η συγχώνευση συγκεκριμένων κατηγοριών ανέμου, έτσι το δείγμα αποτελείται από 4 ομάδες. Ο Πίνακας 2.24 παρουσιάζει το μέγεθος του δείγματος ανά ομάδα ανέμου. Τα Διαγράμματα 2.23 και 2.24 παρουσιάζουν τη μέση κατανάλωση ρεύματος για κάθε κλίμακα Beaufort ανά τύπο ΕΠΗΟ.

Άνεμος (beaufort)	Ηλεκτρικό πατίνι	Ηλεκτρικό ποδήλατο
0 – 1	16 (19%)	18 (27%)
2	21 (24%)	17 (25%)
3	24 (28%)	15 (21%)
4 - 5	25 (29%)	19 (27%)

Πίνακας 2. 24 Δείγμα ανά κατηγορία ανέμου



Διάγραμμα 2. 23 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία ανέμου, πατίνι



Διάγραμμα 2. 24 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά κατηγορία ανέμου, ποδήλατο

Όχημα	Άνεμος (beaufort)	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Ηλεκτρικό πατίνι	[0-1]-2	-18%	0.12
	[0-1]-3	-12%	0.08
	[0-1]- [4-5]	-17%	0.17
Ηλεκτρικό ποδήλατο	[0-1]-2	-5%	0.11
	[0-1]-3	-27%	0.20*
	[0-1]- [4-5]	-27%	0.13

*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05

Πίνακας 2. 25 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, άνεμος

Προκύπτει ότι και στους δύο τύπους ΕΠΗΟ, **οι χαμηλές τιμές του ανέμου έχουν παρουσιάσει την μεγαλύτερη μέση κατανάλωση ανά 10μ διαδρομής**. Το KS test έδειξε ότι οι καταναλώσεις στην περίπτωση άπνοιας σε σχέση με τις υπόλοιπες τιμές Beaufort ακολουθούν διαφορετικές κατανομές, ωστόσο οι αποστάσεις των κατανομών είναι οριακά στατιστικά σημαντικές. Αυτό, μπορεί ενδεχομένως να αιτιολογηθεί καθώς οι συμμετέχοντες οδηγούν πιο προσεκτικά όταν οι ταχύτητες του ανέμου είναι μεγάλες για να αποφύγουν την αστάθεια που προκαλούν οι έντονοι άνεμοι. Η προσεκτικότερη οδήγηση έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μικρότερων επιταχύνσεων που συνεπάγονται μικρότερες τιμές κατανάλωσης.

2.11.4 Επίπεδο εξυπηρέτησης οδού και ενεργειακή κατανάλωση

Άλλος εξωγενής παράγοντας με ενδεχόμενη επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση είναι το **επίπεδο εξυπηρέτησης** της οδού (LOS). Αναλυτικότερα, με τον καθορισμό του επιπέδου εξυπηρέτησης προσδιορίζονται οι συνθήκες κυκλοφορίας που σχετίζονται με παραμέτρους όπως η ταχύτητα κίνησης, η ελευθερία των ελιγμών, τα κυκλοφοριακά εμπόδια, η άνεση, η ευκολία οδηγήσεως, η ασφάλεια και η οικονομία καυσίμου (HCM, 2000).

Με βάση τα διεθνή πρότυπα υπάρχουν έξι στάθμες εξυπηρέτησεως οι οποίες συμβολίζονται με τα λατινικά γράμματα A, B, C, D, E, F. Η στάθμη εξυπηρέτησης A έχει τις ευνοϊκότερες συνθήκες λειτουργίας, ενώ η στάθμη εξυπηρέτησης F έχει τις δυσμενέστερες (HCM, 2000). Η πειραματική διαδικασία διεξήχθη σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες οδού: οδούς μικτής κυκλοφορίας, πεζόδρομους και ποδηλατοδρόμους. Για κάθε κατηγορία οδού υπήρξε διαφορετικός τρόπος υπολογισμού του LOS. Ο υπολογισμός πραγματοποιήθηκε ανά 100 m.

Για τον υπολογισμό του επιπέδου εξυπηρέτησης των **οδών μικτής κυκλοφορίας** χρησιμοποιήθηκε το Highway Capacity Manual (2000). Σύμφωνα με το HCM, το LOS μιας οδού μικτής κυκλοφορίας βασίζεται στη **μέση ταχύτητα των οχημάτων** για το τμήμα ή για ολόκληρη την υπό εξέταση οδό. Τα κριτήρια LOS αστικών οδών με βάση τη **μέση ταχύτητα ταξιδιού** και την αστική κατηγορία δρόμου. Για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας που είχαν οι χρήστες της οδού (Ι.Χ., δίκυκλα, λεωφορεία κλπ.) την χρονική περίοδο που κάθε χρήστης εκτελούσε μια δεσμευμένη διαδρομή χρησιμοποιήθηκε η σελίδα εφαρμογή **Outscrapers** (<https://outscrapers.com/>). Στην εφαρμογή εισάγονταν τα χωροχρονικά δεδομένα των μετακινήσεων που συλλέχθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία και στη συνέχεια η εφαρμογή εξήγαγε την επικρατούσα μέση ταχύτητα στα υπό εξέταση οδικά τμήματα. Με βάση την εξαγόμενη μέση ταχύτητα καθοριζόταν το αντίστοιχο επίπεδο εξυπηρέτησης.

Για προσδιορισμό του **επιπέδου εξυπηρέτησης του ποδηλατοδρόμου** χρησιμοποιήθηκε το HCM (2000), που ορίζει ότι το LOS του ποδηλατοδρόμου καθορίζεται από τις **μέσες ταχύτητες του εξεταζόμενου μικρο-οχήματος**. Το επίπεδο εξυπηρέτησης ανά 100μ ποδηλατόδρομο προσδιορίστηκε με βάση την ταχύτητα κάθε συμμετέχοντα/ουσας στο πείραμα.

Για τον προσδιορισμό του **επιπέδου εξυπηρέτησης σε πεζόδρομο** χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος που πρότεινε η Χριστοπούλου (2012) για την κίνηση σε πεζοδρόμια και γενικεύεται και για πεζόδρομους. Στη μέθοδο λαμβάνονται υπόψη 3 κατηγορίες παραμέτρων, που κάθε

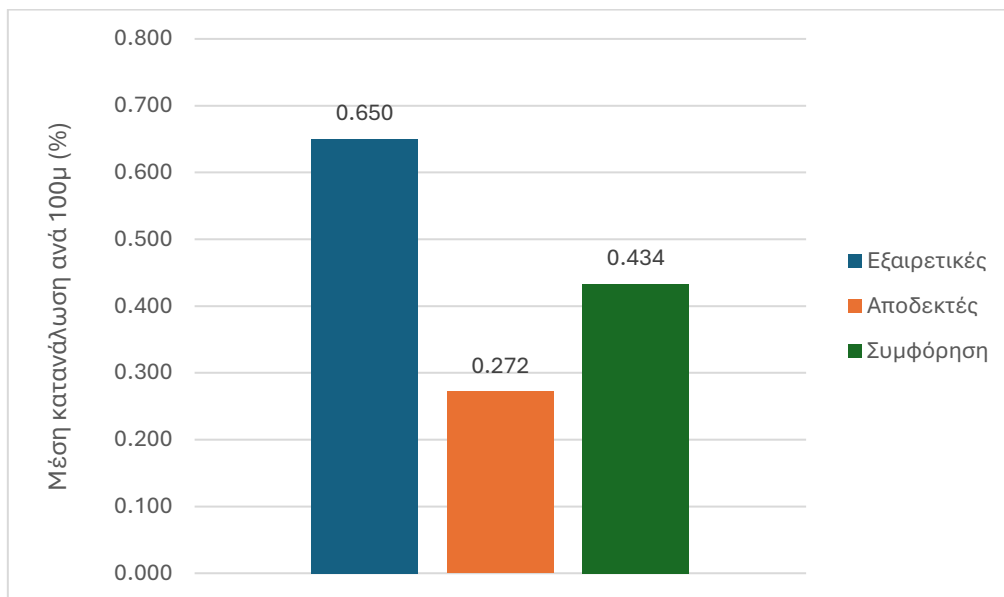
μία περιλαμβάνει 6 παραμέτρους (Χριστοπούλου, 2012). Οι κατηγορίες παραμέτρων και οι αντίστοιχες παράμετροι είναι οι εξής:

- **Παράμετροι μηχανοκίνητης κυκλοφορίας:** απόσταση από μηχανοκίνητη κυκλοφορία, ταχύτητα οχημάτων εξωτερικής λωρίδας, διαχωρισμός από μηχανοκίνητη κυκλοφορία, κυκλοφοριακός θόρυβος, φόρτος μηχανοκίνητης κυκλοφορίας, κάθετες διελεύσεις οδών / οχημάτων.
- **Παράμετροι γεωμετρίας / περιβάλλοντος / πεζοδρομίου:** μικτό πλάτος πεζοδρομίου, ελεύθερο ύψος όδευσης πεζών, οδηγός όδευσης τυφλών, δάπεδο πεζοδρομίου, ράμπες, φυτεύσεις εντός του πεζοδρομίου.
- **Παράμετροι κίνησης πεζών:** φόρτος πεζών, αίσθημα ασφάλειας, αίσθημα ασφάλειας, ελιγμοί για αποφυγή εμποδίων, ελιγμοί για αποφυγή κάθετων κινήσεων προς εισόδους, δημιουργία ουράς σε στάσεις / διασταυρώσεις, ενίσχυση πολυτροπικής μετακίνησης.

Κάθε παράμετρος βαθμολογείται με τιμή 0, 1 ή 2 ανάλογα με την περιοχή τιμών στην οποία εμπίπτει. Η βαθμολογία πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή βαρύτητας και τον συντελεστή βαρύτητας με ποσοστό επιρροής. Τα 18 γινόμενα αθροίζονται και ανάλογα με την τιμή του αθροίσματος το οδικό τμήμα κατατάσσεται στο αντίστοιχο επίπεδο εξυπηρέτησης. Έχοντας προσδιορίσει το επίπεδο εξυπηρέτησης ανά 100μ για κάθε κατηγορία οδού, για την μελέτη της επιρροής του στην κατανάλωση ρεύματος των ΕΠΗΟ αποφασίστηκε η δημιουργία τριών ομάδων. Η **πρώτη ομάδα** περιλαμβάνει τα **LOS A και LOS B** και αντιπροσωπεύει **εξαιρετικές κυκλοφοριακές συνθήκες**. Η **δεύτερη** αποτελείται από το **LOS C** και περιγράφει την κατανάλωση σε **αποδεκτές κυκλοφοριακές συνθήκες**. Η **τρίτη** αφορά την επίδραση των **LOS D, LOS E και LOS F**, τα οποία αντιστοιχούν σε **συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης**. Τα LOS που προκύπτουν για κάθε κατηγορία οδού παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.26.

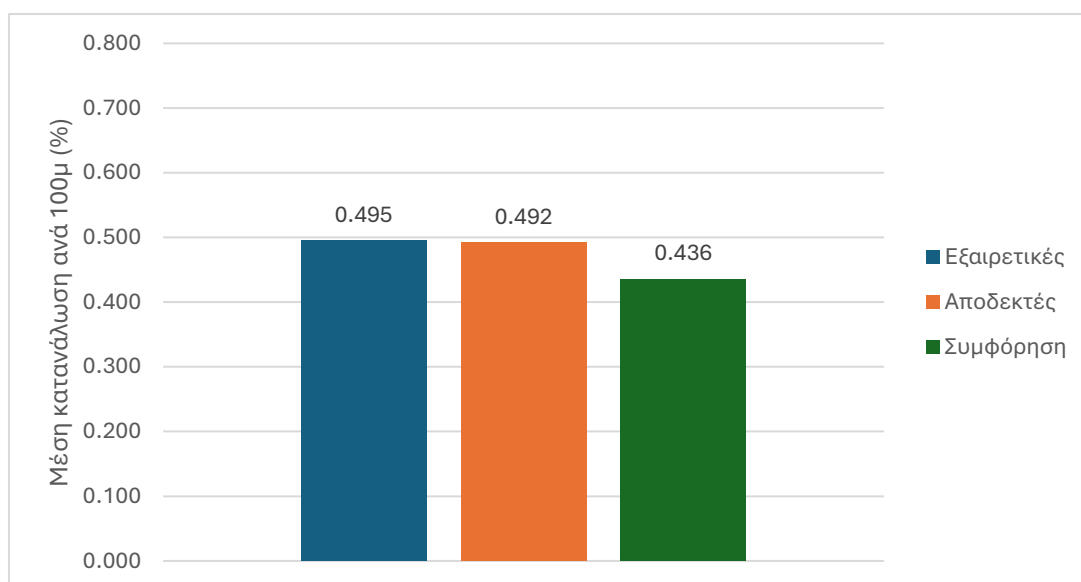
Συνθήκες κυκλοφορίας	Εξαιρετικές	Αποδεκτές	Συμφόρηση
Οδός μικτής χρήσης	62%	13%	25%
Πεζόδρομος	35%	61%	4%
Ποδηλατόδρομος	56%	37%	7%

Πίνακας 2. 26 Ποσοστιαίο δείγμα συνθηκών κυκλοφορίας, πατίνι



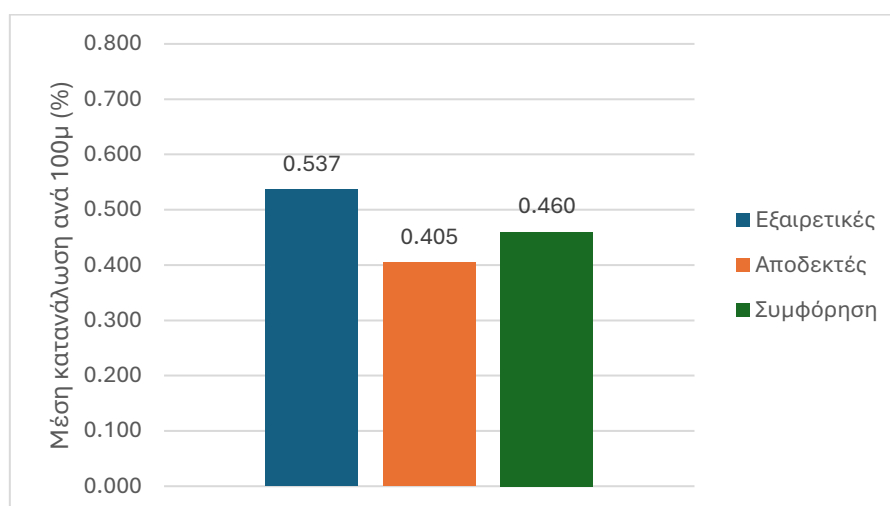
Διάγραμμα 2. 25 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, οδός μικτής χρήσης, πατίνι

Σε οδό μικτής κυκλοφορίας, τα ηλεκτρικά πατίνια κατανάλωσαν περισσότερο στις εξαιρητικές συνθήκες κυκλοφορίας. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι χρήστες οδήγησαν πιο επιθετικά σε περιόδους όπου δεν υπήρχε κυκλοφοριακός φόρτος στο αστικό δίκτυο. Στη συνέχεια, ο φόρτος αυξάνεται προκαλώντας πιο «ήπια» κίνηση και μικρότερη κατανάλωση. Αντίθετα, κατά τον σχηματισμό συμφόρησης, η κατανάλωση αυξάνεται εκ νέου. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από τους διαρκείς ελιγμούς, επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις για αποφυγή των καθυστερήσεων. Παρατηρείται επομένως ενεργειακή συμπεριφορά ανάλογη με αυτή των ΙΧ.



Διάγραμμα 2. 26 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, πεζόδρομος, πατίνι

Για τις διαδρομές που εκτελέστηκαν σε πεζόδρομο, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη κατανάλωση στις ευνοϊκότερες συνθήκες εξυπηρέτησης. Ωστόσο, το συγκεκριμένο αποτέλεσμα λόγω του περιορισμένου εύρους του δείγματος χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.



Διάγραμμα 2. 27 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, ποδηλατοδρόμος, πατίνι

Στον ποδηλατοδρόμο παρατηρείται παρόμοια συμπεριφορά με τη μικτή λωρίδα κυκλοφορίας. Στις εξαιρετικές συνθήκες παρατηρήθηκαν οι μεγαλύτερες καταναλώσεις. Ο Πίνακας 2.27 παρουσιάζει τις σχετικές διαφορές καταναλώσεων ανά επίπεδο εξυπηρέτησης για τα ηλεκτρικά πατίνια καθώς και τις αποστάσεις των κατανομών. Το KS test έδειξε ότι όλες οι συνθήκες κυκλοφορίας σε σχέση με τις εξαιρετικές ακολουθούν διαφορετικές κατανομές.

Τύπος οδού	Συνθήκες κυκλοφορίας	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Οδός μικτής χρήσης	Εξαιρετικές-Αποδεκτές	-58%	0.41*
	Εξαιρετικές-Συμμόρφηση	-33%	0.17
Πεζόδρομος	Εξαιρετικές-Αποδεκτές	-0.6%	0.08
	Εξαιρετικές-Συμμόρφηση	-12%	0.36*
Ποδηλατοδρόμος	Εξαιρετικές-Αποδεκτές	-25%	0.35*
	Εξαιρετικές-Συμμόρφηση	-14%	0.50*

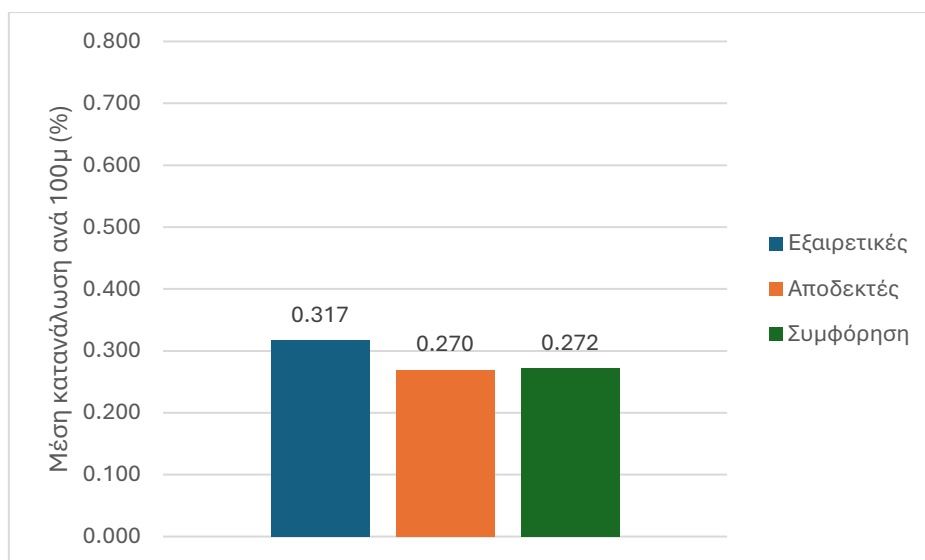
*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05

Πίνακας 2. 27 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test , συνθήκες κυκλοφορίες, πατίνι

Στα διαγράμματα 2.28, 2.29 και 2.30 παρουσιάζεται η μέση κατανάλωση ρεύματος για ηλεκτρικό ποδήλατο σε οδό μικτής κυκλοφορίας, πεζόδρομο και ποδηλατοδρόμο αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα δεν δίνουν ξεκάθαρη εικόνα για την επίδραση του επιπέδου εξυπηρέτησης στην ενεργειακή κατανάλωση.

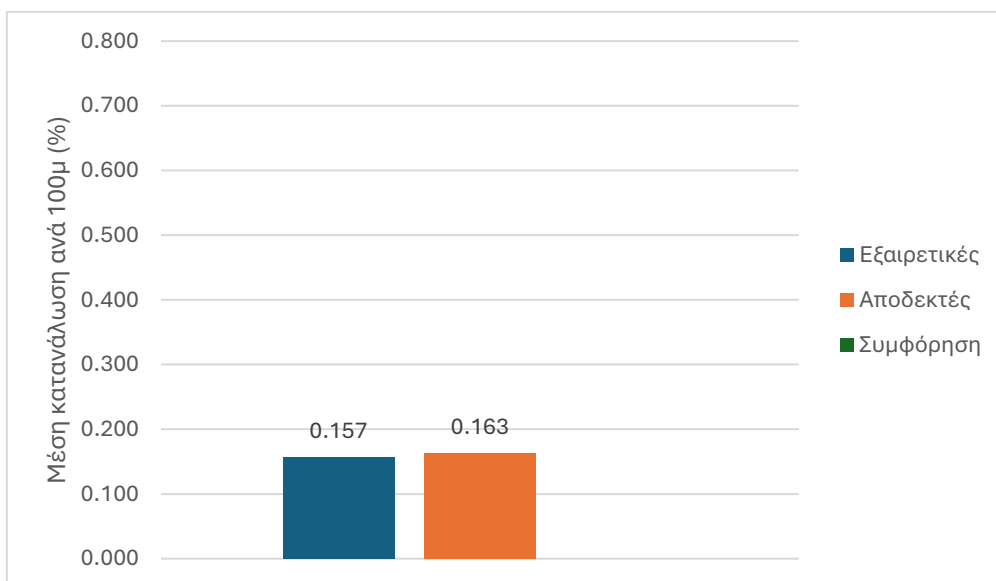
Συνθήκες κυκλοφορίας	Εξαιρετικές	Αποδεκτές	Συμφόρηση
Οδός μικτής χρήσης	60%	20%	20%
Πεζόδρομος	34%	66%	-
Ποδηλατοδρόμος	99%	1%	-

Πίνακας 2. 28 Ποσοστιαίο δείγμα επιπέδου εξυπηρέτησης, ποδήλατο

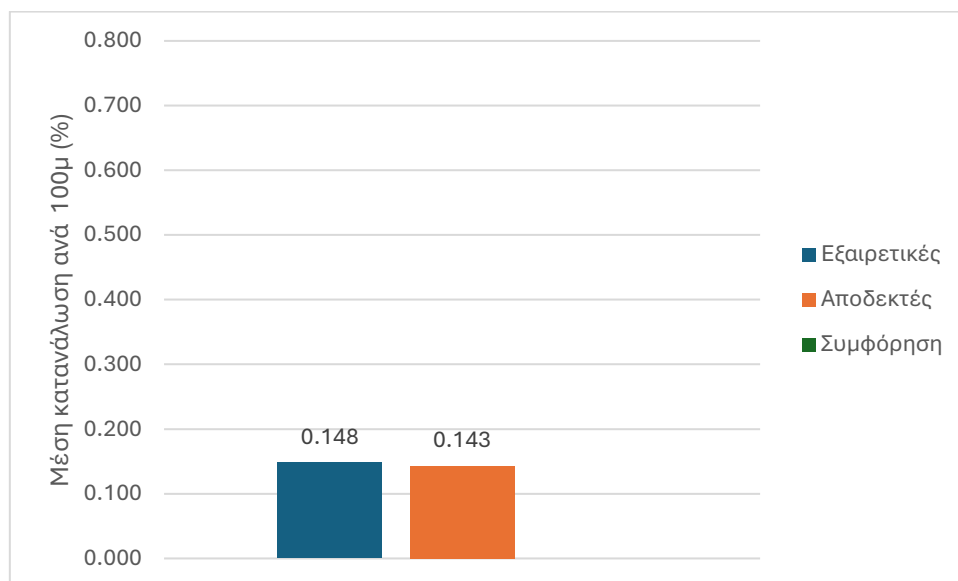


Διάγραμμα 2. 28 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, οδός μικτής χρήσης, ποδήλατο

Αρχικά, παρατηρήθηκε ότι στις οδούς μικτής κυκλοφορίας η μεγαλύτερη κατανάλωση εμφανίστηκε σε εξαιρετικές συνθήκες.



Διάγραμμα 2. 29 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, πεζόδρομος, ποδήλατο



Διάγραμμα 2. 30 Μέση κατανάλωση ρεύματος ανά συνθήκη κυκλοφορίας, ποδηλατοδρόμος, ποδήλατο

Στις διαδρομές που εκτελέστηκαν σε πεζόδρομο και σε ποδηλατοδρόμο, λόγω του δείγματος, δεν εμφανίστηκαν συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης. Στο πεζόδρομο καταναλώθηκε περισσότερη ενέργεια στις αποδεκτές συνθήκες κυκλοφορίας, ενώ στο ποδηλατοδρόμο στις εξαιρετικές. Ο πεζόδρομος και ο ποδηλατοδρόμος παρουσιάζουν μικρότερες διαφορές μεταξύ των εξαιρετικών και αποδεκτών συνθηκών κυκλοφορίας σε σχέση με τις οδούς μικτής χρήσης. Η ομοιογένεια των τύπων οχημάτων σε κάθε κατηγορία οδού καθώς οι συνήθως πιο σταθερές κυκλοφοριακές συνθήκες σ' αυτές τις κατηγορίες οδού ενδεχομένως ερμηνεύει το αποτέλεσμα. Το KS test έδειξε ότι όλες οι συνθήκες κυκλοφορίας ακολουθούν διαφορετικές κατανομές από τις εξαιρετικές. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται στην περίπτωση της οδού μικτής χρήσης.

Τύπος οδού	Συνθήκες κυκλοφορίας	Σχετική διαφορά	KS TEST D-value
Οδός μικτής χρήσης	Εξαιρετικές-Αποδεκτές	-15%	0.26*
	Εξαιρετικές-Συμφόρηση	-15%	0.39*
Πεζόδρομος	Εξαιρετικές-Αποδεκτές	4%	0.14
Ποδηλατοδρόμος	Εξαιρετικές-Αποδεκτές	-3%	0.09

*Στατιστικά σημαντική διαφορά στο επίπεδο σημαντικότητας 0,05

Πίνακας 2. 29 Σχετικές διαφορές καταναλώσεων και KS test, συνθήκη κυκλοφορίας, ποδήλατο

2.12 Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

Η ανάπτυξη ενός μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης με την ενεργειακή κατανάλωση ως εξαρτημένη μεταβλητή και τα προσωπικά χαρακτηριστικά των χρηστών, τα χαρακτηριστικά των οδών, καθώς και εξωγενείς παράγοντες όπως ο καιρός και το επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού ως ανεξάρτητες μεταβλητές, έχει σημαντική επιστημονική και πρακτική αξία. Το

μοντέλο επιτρέπει την κατανόηση και ποσοτικοποίηση του τρόπου με τον οποίο διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας..

Ο συνολικός αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών που εξετάστηκαν είναι 19. Όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.30. Πολλές από αυτές έχουν παρουσιαστεί στην ανάλυση δεδομένων, αλλά υπάρχουν και κάποιες όπως η ενδυμασία για τις οποίες δεν έγινε προγενέστερη διερεύνηση.

α/α	Ανεξάρτητες Μεταβλητές	Είδος μεταβλητής	Εύρος τιμών
1	Κλίση οδού	Συνεχής	[-4.2 , 4.1]
2	Τύπος οδού	Διακριτή	[0 , 2]
3	Κατάσταση οδού	Διακριτή	[0 , 1]
4	Ταχύτητα (km/h)	Συνεχής	[0 , 37]
5	Επιτάχυνση (m/s ²)	Συνεχής	[-2.15 , 2.10]
6	SOC (%) [state of charge]	Συνεχής	[2 , 100]
7	Φύλο	Διακριτή	[0 , 1]
8	Βάρος	Συνεχής	[50 , 120}
9	Ύψος	Συνεχής	[1.55 , 1.96]
10	Εμπειρία	Διακριτή	[1 , 2]
11	Ενδυμασία	Διακριτή	[1 , 7]
12	Θερμοκρασία (°C)	Συνεχής	[10 , 37]
13	Υγρασία (%)	Συνεχής	[25 , 85]
14	Άνεμος (beaufort)	Διακριτή	[0 , 4]
15	Κατάσταση οχήματος	Διακριτή	[0 , 1]
16	Χρήση μπαταρίας	Διακριτή	[0 , 1]
17	Κυκλοφοριακές συνθήκες	Διακριτή	[1 , 3]
18	Χαρακτηριστικά οχήματος	Διακριτή	[0 , 1]
19	Τύπος οχήματος	Διακριτή	[0 , 1]

Πίνακας 2. 30 Ανεξάρτητες μεταβλητές

2.12.1 Μοντέλο ενεργειακής κατανάλωσης

Για την περιγραφή της συσχέτισης επιλέχθηκε ένα γραμμικό μοντέλο με βάση τη σχετική βιβλιογραφία (Gioldasis et al., 2024). Η γραμμική παλινδρόμηση εκτελέστηκε με τη χρήση του προγράμματος στατιστικής ανάλυσης SPSS. Από τις συνολικά 19 ανεξάρτητες μεταβλητές που δοκιμάστηκαν, το τελικό μοντέλο περιλαμβάνει μόνο τις ανεξάρτητες μεταβλητές, που βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των συνεχών και αντίστοιχα των διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών.

Correlation Matrix					
Μεταβλητές	Κλίση οδού	Ταχύτητα	Επιτάχυνση	State of Charge	Υγρασία
Κλίση οδού	1.00	-0.21	0.00	-0.03	-0.01
Ταχύτητα	-0.21	1.00	0.04	0.07	-0.16
Επιτάχυνση	0.00	0.04	1.00	0.00	-0.01

State of Charge	-0.03	0.07	0.00	1.00	-0.17
Υγρασία	-0.01	-0.16	-0.01	-0.17	1.00

Πίνακας 2. 31 Πίνακας συσχετίσεων συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών

Correlation Matrix				
Μεταβλητές	Κατάσταση οδού	Φύλο	Εμπειρία	Τύπος οχήματος
Κατάσταση οδού	1.00	-0.08	0.04	-0.09
Φύλο	-0.08	1.00	0.22	0.20
Εμπειρία	0.04	0.22	1.00	-0.03
Τύπος οχήματος	-0.09	0.20	-0.03	1.00

Πίνακας 2. 32 Πίνακας συσχετίσεων διακριτών ανεξάρτητων μεταβλητών

Η εξίσωση που προέκυψε υπολογίζει την ενεργειακή κατανάλωση των ΕΠΗΘ σε αμπερώρια (Ah) και είναι η εξής :

$$\begin{aligned} \text{Κατανάλωση} = & 0.0027 + 0.0005 * (\text{Κλίση οδού}) + 0.0005 * (\text{Κατάσταση οδού}) \\ & - 5.39\text{E} - 05 * (\text{Ταχύτητα}) + 0.0020 * (\text{Επιτάχυνση}) - 1.06\text{E} - 05 \\ & * (\text{State of Charge}) - 0.0008 * (\text{Φύλο}) + 0.0008 * (\text{Εμπειρία}) + 8.98\text{E} \\ & - 06 * (\text{Υγρασία}) + 0.0012 * (\text{Τύπος οχήματος}) + \varepsilon \end{aligned}$$

Μεταβλητές	Συντελεστές		t- stat	Sig. (p value)	Ελαστικότητα
	B	Std. Error			
Σταθερά	0.0027	0.0001	23.0272	0.000	-
Φύλο	-0.0008	0.0000	-20.1190	0.000	-
Εμπειρία	0.0008	0.0000	22.3255	0.000	-
Κλίση οδού	0.0005	0.0000	80.9510	0.000	-0.0098
Κατάσταση οδού	0.0005	0.0001	7.7287	0.000	-
Ταχύτητα	-5.39E-05	0.0000	-21.6604	0.000	-0.3261
Επιτάχυνση	0.0020	0.0001	34.3797	0.000	0.0062

State Of Charge	-1.06E-05	0.0000	-14.5767	0.000	-0.2226
Υγρασία	8.98E-06	0.0000	7.2806	0.000	0.1758
Τύπος οχήματος	0.0012	0.0000	33.7691	0.000	-
R Square = 0.39					

Πίνακας 2. 33 Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης

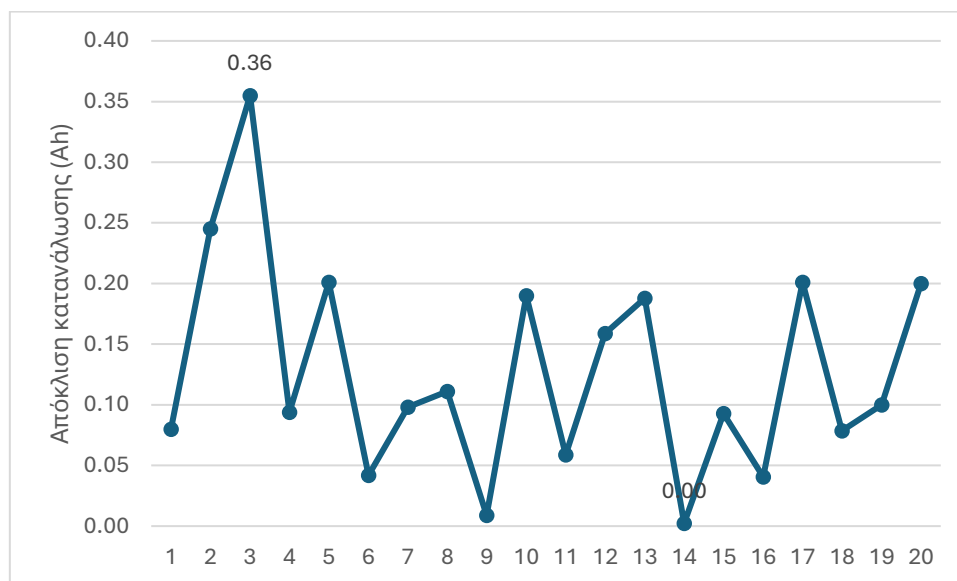
Το μοντέλο έδειξε τις ότι **οι άνδρες και οι πιο έμπειροι χρήστες καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια κατά την οδήγηση**, κάτι που επιβεβαιώνεται και από την ανάλυση των δεδομένων. Αυτό το εύρημα μπορεί να αποδοθεί στην πιο «επιθετική» οδήγηση που υιοθετούν συχνά οι άντρες και έμπειροι οδηγοί.

Το μοντέλο έδειξε ότι **οι ανηφορικές κλίσεις οδηγούν σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας** λόγω τις επιπλέον ενέργειας που απαιτείται για την διαχείριση τις ανωφέρειας. Παράλληλα, **η κακή κατάσταση του οδοστρώματος οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση** καθώς αυξάνει τους τρανταγμούς του οχήματος κατά την οδήγηση.

Το πρόσημο της **ταχύτητας** υποδηλώνει ότι οι χαμηλές ταχύτητες οδηγούν σε μεγαλύτερη κατανάλωση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις υψηλές ταχύτητες που παρουσιάστηκαν τις απότομες κατηφόρες, όπου οι συμμετέχοντες δεν χρησιμοποιούσαν το πετάλι ή το γκάζι και επομένως δεν κατανάλωσαν ενέργεια. Επιπλέον, το μοντέλο ανέδειξε αναμενόμενα ότι οι **μεγαλύτερες επιταχύνσεις συνεπάγονται υψηλότερη κατανάλωση ρεύματος**. Όσον αφορά το State of Charge (SOC), το μοντέλο συμφωνεί με την ανάλυση δεδομένων και τη μέθοδο «Coulomb Counting» ότι **όσο χαμηλότερο είναι το SOC στην αρχή μιας διαδρομής, τόσο υψηλότερη είναι η μέση κατανάλωση**. Αυτό συμβαίνει καθώς σε χαμηλά επίπεδα φόρτισης, οι εσωτερικές αντιστάσεις τις μπαταρίας αυξάνονται, προκαλώντας μεγαλύτερες ενεργειακές απώλειες κατά τη χρήση της (Jamila and Taoufik, 2024). Επίσης, τα υψηλότερα ποσοστά υγρασίας οδηγούν σε μεγαλύτερη κατανάλωση ρεύματος. Τέλος, το μοντέλο έδειξε ότι τα ηλεκτρικά ποδήλατα καταναλώνουν λιγότερο ρεύμα σε σχέση με τα ηλεκτρικά πατίνια. Για τον **υπολογισμό της ελαστικότητας** έγινε η διαίρεση της μέσης τιμής μιας ανεξάρτητης μεταβλητής με την μέση της κατανάλωσης και στη συνέχεια πολλαπλασιάστηκε με τον συντελεστή B της μεταβλητής.

Αρκετές μεταβλητές, που εξετάστηκαν, απορρίφθηκαν είτε γιατί ήταν συσχετισμένες με τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο είτε επειδή δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές (π.χ. τύπος οδού, ενδυμασία). Κάποιες μεταβλητές, όπως η καλή ή κακή χρήση της μπαταρίας και η καλή ή κακή κατάσταση του ΕΠΗΟ, ήταν έκπληξη που δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές. Η ανάλυση τις ελαστικότητας φανερώνει ότι η ταχύτητα και το SOC έχουν τη σημαντικότερη επίδραση στον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης.

Το μοντέλο που δημιουργήθηκε εφαρμόστηκε για 20 διαδρομές. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκε μέσω της εξίσωσης του μοντέλου, η κατανάλωση ενέργειας (Ah) για κάθε διαδρομή και ύστερα υπολογίστηκαν οι αποκλίσεις με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύστημα καταγραφής ενεργειακής κατανάλωσης. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αποκλίσεων. Σε αυτό, επισημαίνονται η μέγιστη και ελάχιστη απόκλιση. Τέλος, υπολογίστηκαν μέσοι όροι συνολικών καταναλώσεων. Το προτεινόμενο μοντέλο επικυρώνεται για τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν.



Διάγραμμα 2. 31 Απόκλισεις συστήματος καταγραφής- Μοντέλο κατανάλωσης

Κατανάλωση ρεύματος από Coulomb Counting (Ah)	0.43
Κατανάλωση ρεύματος από μοντέλο παλινδρόμησης (Ah)	0.48

Πίνακας 2. 34 Μέσος όρος κατανάλωσης ρεύματος (Ah)

3. Πειράματα προσομοιωτών στο εργαστήριο

Μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας στο πεδίο (in vivo) ακολούθησε η **πειραματική διαδικασία στο εργαστήριο (in vitro)**. Η πειραματική διαδικασία στο εργαστήριο διεξήχθη με τη χρήση προσομοιωτών οδήγησης. Το Εργαστήριο Συστημάτων Μεταφορών και Βιώσιμης Κινητικότητας του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών είχε αναπτύξει σε προκαταρκτικό στάδιο ένα προσομοιωτή ηλεκτρικού πατινιού πριν την έναρξη του έργου. Κατά την υλοποίηση του έργου, ο προσομοιωτής ηλεκτρικού πατινιού αναπτύχθηκε περαιτέρω, ενσωμάτωσε νέες λειτουργίες και δυνατότητες. Με πρότυπο τον προσομοιωτή ηλεκτρικού πατινιού, αναπτύχθηκε νέος προσομοιωτής ηλεκτρικού ποδηλάτου. Πέρα από τη δυναμική του οχήματος, η προσομοίωση εστιάζει και στην **ενεργειακή κατανάλωση των δύο οχημάτων** που αποτελεί στόχο του έργου Little.

Ο προσομοιωτής είναι μία διάταξη που μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον μπορεί να αναπαράγει οποιαδήποτε συνθήκη ή σενάριο οδήγησης επιθυμεί ο χειριστής. Τα πλεονεκτήματα των προσομοιωτών έναντι των πειραμάτων πεδίου είναι σημαντικά. Σε έναν προσομοιωτή, οι συνθήκες μπορούν να ελέγχονται με απόλυτη ακρίβεια. Παράγοντες όπως η κλίση του οδοστρώματος, η κυκλοφορία, ο καιρός, η ταχύτητα και άλλα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά, που επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση, μπορούν να ρυθμίζονται και να αναπαράγονται με ακρίβεια, επιτρέποντας τη μελέτη συγκεκριμένων παραμέτρων μεμονωμένα. Οι προσομοιωτές προσφέρουν ένα ασφαλές περιβάλλον για τη δοκιμή οδηγικών συμπεριφορών που σε πραγματικές συνθήκες μπορεί να είναι επικίνδυνες, όπως υψηλές ταχύτητες, απότομες επιταχύνσεις ή δύσκολες καιρικές συνθήκες. Στους προσομοιωτές, τα πειράματα μπορούν να επαναληφθούν ακριβώς στις ίδιες συνθήκες, επιτρέποντας πιο αξιόπιστη σύγκριση αποτελεσμάτων και μελέτη επιπλέον παραγόντων όπως τα χαρακτηριστικά του χρήστη.

Οι προσομοιωτές, όμως, όσο προηγμένοι και αν είναι, δεν μπορούν να αναπαράγουν με απόλυτη ακρίβεια όλες τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης, όπως οι τυχαίες καταστάσεις στον δρόμο (π.χ. κίνηση, απρόβλεπτη συμπεριφορά άλλων οδηγών, καιρικά φαινόμενα). Αυτό μπορεί να επηρεάσει την πιστότητα των αποτελεσμάτων και τη συμπεριφορά των οδηγών. Επομένως, είναι αναγκαία η **επικύρωση της λειτουργίας τους** μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων τους με αποτελέσματα που έχουν προέλθει από δοκιμές πεδίου. Οι διαδρομές όπου κινήθηκαν οι συμμετέχοντες στην πειραματική διαδικασία πεδίου προσομοιώθηκαν στο περιβάλλον των προσομοιωτών και τα δεδομένα κίνησης παρήχθησαν εκ νέου από τους προσομοιωτές. Η σύγκριση των κοινών αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας πεδίου και προσομοιωτή και η μικρή απόκλιση που προέκυψε οδήγησε στην επικύρωση των προσομοιωτών ηλεκτρικού πατινιού και ηλεκτρικού ποδηλάτου.

Η επικύρωση αυτή πραγματοποιήθηκε για τα δυναμικά χαρακτηριστικά κίνησης επί κοινών διαδρομών στο πεδίο και το εργαστήριο. Η συμμετοχή ικανού αριθμού οδηγών και στα δύο πειράματα επέτρεψε την επικύρωση με χρήση μέσων τιμών ανά 10 μέτρα διαδρομής. Σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση, πρέπει να σημειωθεί ότι τα οχήματα των προσομοιωτών δεν καταναλώνουν ενέργεια από την μπαταρία τους καθώς είναι συνδεδεμένα με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ η αντίσταση κύλισης δεν είναι πραγματική. Επομένως, δεν πραγματοποιήθηκε επικύρωση αλλά εφαρμόστηκε το μοντέλο κατανάλωσης του κεφαλαίου 2 για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης, το οποίο ενσωματώθηκε κατάλληλα στο λογισμικό των προσομοιωτών.

3.1 Πείραμα προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου

3.1.1 Περιγραφή προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου

Το μοντέλο ηλεκτρικού ποδηλάτου που χρησιμοποιήθηκε για τον προσομοιωτή ήταν το IDEAL FUTOUR 509, που αποτελεί επιλογή συμβατή με τα μοντέλα που εξυπηρετούν τον μέσο χρήστη στην πόλη. Ο προσομοιωτής προστατεύεται με κουρτίνες σκίασης για μην παρενοχλεί το φως του ήλιου τους χρήστες του προσομοιωτή και για την καλύτερη απομόνωση και συγκέντρωση του οδηγού στη διαδικασία οδήγησης.



Εικόνα 3. 1 Προσομοιωτής ηλεκτρικού ποδηλάτου

Η κεντρική ιδέα για την δημιουργία του προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου στηρίζεται στην άμεση **αλληλεπίδραση μεταξύ**

αναβάτη και οχήματος, όπως και του οχήματος με την εικονική πραγματικότητα, αλλά και το αντίστροφο. Η αλληλεπίδραση αυτή είναι εφικτή μέσω της εγκατάστασης αισθητήρων πάνω στον προσομοιωτή. Οι αισθητήρες είναι υπεύθυνοι για την άντληση των δεδομένων που προκύπτουν κατά τη διάρκεια οδήγησης του και σχετίζονται με την ταχύτητα του οχήματος, την γωνία στροφής του τιμονιού και την κλίση του προσομοιωτή. Όλα τα παραγόμενα δεδομένα λαμβάνονται από έναν μικροεπεξεργαστή (Arduino) ο οποίος τα επεξεργάζεται και τα μεταφέρει μέσω υπολογιστή από τον πραγματικό κόσμο στο εικονικό περιβάλλον. Έτσι δημιουργείται κίνηση στο εικονικό περιβάλλον. Το Arduino έχει επίσης την ικανότητα μεταφοράς δεδομένων από το εικονικό περιβάλλον στους αισθητήρες του προσομοιωτή με αποτέλεσμα μια αμφίδρομη αλληλεπίδραση ανάμεσα στο εικονικό περιβάλλον και την πραγματικότητα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μεταβολή της κλίσης του προσομοιωτή ανάλογα με την κλίση του εδάφους στο εικονικό περιβάλλον. Το **εικονικό περιβάλλον του προσομοιωτή** (Εικόνα 3.2) δημιουργήθηκε με τη χρήση του

λογισμικού **Unreal Engine**, ενώ η προβολή του στον αναβάτη επιτυγχάνεται με τη χρήση προτζέκτορα υψηλής ανάλυσης.



Εικόνα 3. 2 Απεικόνιση εικονικού περιβάλλοντος ηλεκτρικού ποδηλάτου

3.1.2 Εικονικές διαδρομές προσομοιωτή

Στο πλαίσιο του πειράματος εργαστηρίου δίνεται **έμφαση στις τρεις δεσμευμένες διαδρομές** που επελέγησαν ως κρίσιμότερες και στα πειράματα πεδίου (βλ. Υποκεφάλαιο 2.1.2 Δεσμευμένες διαδρομές): στην κυκλική διαδρομή επί μικτής λωρίδας κυκλοφορίας στην πανεπιστημιούπολη Πατρών, σε τμήμα του ποδηλατόδρομου Πατρών και στον πεζόδρομο της οδού Ρήγα Φεραίου. Οι τρεις διαδρομές προσομοιώθηκαν στο εικονικό περιβάλλον και χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα. Οι Εικόνες 3.3 – 3.5 απεικονίζουν τις διαδρομές.



Εικόνα 3. 3 Απεικόνιση δεσμευμένης διαδρομής στην πανεπιστημιούπολη Πατρών



Εικόνα 3. 4 Απεικόνιση δεσμευμένης διαδρομής στον πεζόδρομο της Ρήγα Φεραίου



Εικόνα 3. 5 Απεικόνιση δεσμευμένης διαδρομής στον ποδηλατοδρόμο της Πάτρας

3.1.3 Επιλογή συμμετεχόντων

Οι **συμμετέχοντες** που έλαβαν μέρος στη πειραματική διαδικασία ενημερώθηκαν διαδικτυακά μέσω **ανακοίνωσης** που κοινοποιήθηκε στην ιστοσελίδα του τμήματος, στη πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης (e-class), αλλά και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Η συμμετοχή τους ήταν προαιρετική. Το μεγαλύτερο μέρος των συμμετεχόντων στο πείραμα του προσομοιωτή είχε λάβει μέρος και στα πειράματα του πεδίου. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο για την **απευθείας σύγκριση της οδηγικής εμπειρίας προσομοιωτή – πεδίου και την αξιολόγηση του βαθμού ρεαλισμού** του προσομοιωτή. Στους συμμετέχοντες δόθηκαν οδηγίες για το πείραμα, διευκρινίστηκε ότι δεν απαιτείται προηγούμενη γνώση/εμπειρία οδήγησης και ζητήθηκε να μην έχουν καταναλώσει αλκοόλ πριν την συμμετοχή τους. **Το πλήθος των συμμετεχόντων ανέρχεται στα 114 άτομα.**

3.1.4 Ερωτηματολόγιο πειράματος προσομοιωτή ποδηλάτου

Μετά την ολοκλήρωση των διαδρόμων, κάθε συμμετέχων/ουσα κλήθηκε να συμπληρώσει ένα ερωτηματολόγιο. Η συμπλήρωσή του αποσκοπούσε στην **αξιολόγηση του προσομοιωτή**, με στόχο τον εντοπισμό τυχόν προβλημάτων ή παραμέτρων του προσομοιωτή που έχρηζαν βελτίωσης, ώστε να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο την πραγματικότητα. Οι ερωτήσεις που το απαρτίζουν είναι κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής, βαθμολόγησης/ιεράρχησης), αλλά και ανοικτού τύπου (συμπλήρωσης/ανάπτυξης) για την κάλυψη όσο το δυνατόν σαφέστερων απαντήσεων και για χάρη ευκολίας των ερωτηθέντων. Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο αποτελείται από τρεις θεματικές ενότητες.

Η πρώτη ενότητα του ερωτηματολογίου αφορά τα **δημογραφικά στοιχεία** των χρηστών, καθώς και την σχετική **εμπειρία** του ερωτηθέντων σχετικά με την οδήγηση οχημάτων μικροκινητικότητας. Η δεύτερη ενότητα του ερωτηματολογίου αφορά την **αξιολόγηση του προσομοιωτή**, δηλαδή πόσο καλά προσομοιώνουν την πραγματικότητα τα χαρακτηριστικά του προσομοιωτή. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες αξιολόγησαν την συνολική αίσθηση οδήγησης επί του οχήματος, την οδήγηση στο εικονικό περιβάλλον, την επιτάχυνση, την επιβράδυνση και τη στροφή οχήματος στο εικονικό περιβάλλον, την κλίση του οχήματος, αλλά και τις διαστάσεις της οθόνης προβολής. Η τρίτη ενότητα του ερωτηματολογίου επικεντρώθηκε στην **αξιολόγηση του εύρους οπτικής γωνίας** (Field of View - FoV) με το οποίο οδήγησε κάθε χρήστης. Η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα κρίσιμη καθώς δύναται να επηρεάσει την αίσθηση της ταχύτητας, την ευκολία εκτίμησης αποστάσεων και άλλες αισθήσεις που μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά τον χρήστη (ζάλη, ναυτία, κόπωση κλπ). Το σχετικό ερωτηματολόγιο παρουσιάζεται στο παράρτημα του παρόντος.

3.1.5 Πρωτόκολλο πειραματικής διαδικασίας

Η διαμόρφωση εργαστηριακού χώρου για την υλοποίηση του πειράματος διαχωρίστηκε σε δύο μέρη. Πρώτο μέρος, ήταν η δημιουργία χώρου αναμονής των συμμετεχόντων. Έπειτα, το δεύτερο μέρος, περιελάμβανε τη διεξαγωγή της προσομοίωσης, αυτό το τμήμα χωρίστηκε από τον υπόλοιπο χώρο του εργαστηρίου με την χρήση κουρτινών πλήρης σκίασης οι οποίες περιέφραξαν τον προσομοιωτή και την οθόνη (βλ. εικόνα 3.1). Αυτό συντέλεσε επίσης, ώστε να μειωθούν οι περισπασμοί του χρήστη κατά την διάρκεια του πειράματος, αλλά και για την μέγιστη όραση της οθόνης του προτζέκτορα από τους αναβάτες

Οι συμμετέχοντες/ουσες στην πειραματική διαδικασία πραγματοποίησαν τις προκαθορισμένες διαδρομές. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων είχε λάβει μέρος και στα πειράματα πεδίου. Έτσι, κριτήριο επιλογής των διαδρομών κάθε χρήστη ήταν να είχε εκτελέσει τουλάχιστον μία από τις δύο, με το αντίστοιχο όχημα στο πεδίο. Με τον τρόπο αυτό ήταν εφικτή η σύγκριση των παραμέτρων οδήγησης, με βασικότερη την ταχύτητα, ανάμεσα στον πραγματικό κόσμο και το εικονικό περιβάλλον με αποτέλεσμα μια καλύτερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του προσομοιωτή.

Τα στάδια που ακολουθήθηκαν για την πειραματική διαδικασία είναι τα εξής

1) Ενημέρωση/κατευθυντήριες οδηγίες. Επισημάνσεις για έντονες/νευρικές κινήσεις στο προσομοιωτή κατά την οδήγηση, ώστε να αποφευχθεί η περίπτωση τραυματισμού και να πραγματοποιηθεί σωστά η πειραματική διαδικασία με και πληροφόρηση για ερωτηματολόγιο.

2) Εξοικείωση συμμετεχόντων. Διατίθεται ο κατάλληλος χρόνος για την εξοικείωση του συμμετέχοντα με τον προσομοιωτή, καθώς η πειραματική διαδικασία αφορά πληθώρα ατόμων, με ή χωρίς εμπειρία σε προσομοιωτή, καθώς και με ή χωρίς εμπειρία σε οδήγηση οχημάτων μικροκινητικότητας.

3) Έναρξη πειράματος. Ολοκλήρωση των δύο από τις τρεις διαδρομές που έχουν δημιουργηθεί σε εικονικό περιβάλλον με όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική οδηγική συμπεριφορά, δηλαδή προσπάθεια αποφυγής εμποδίων, άλλων οχημάτων και ανάποδης πορείας, επιβράδυνση σε διασταυρώσεις, σηματοδοτούμενους κόμβους και διαβάσεις πεζών.

4) Συμπλήρωση ερωτηματολογίου. Οι συμμετέχοντες παραθέτουν την αξιολόγησή τους για το επίπεδο ρεαλισμού του προσομοιωτή και προτείνουν διορθώσεις ή τυχόν ιδέες βελτίωσης.

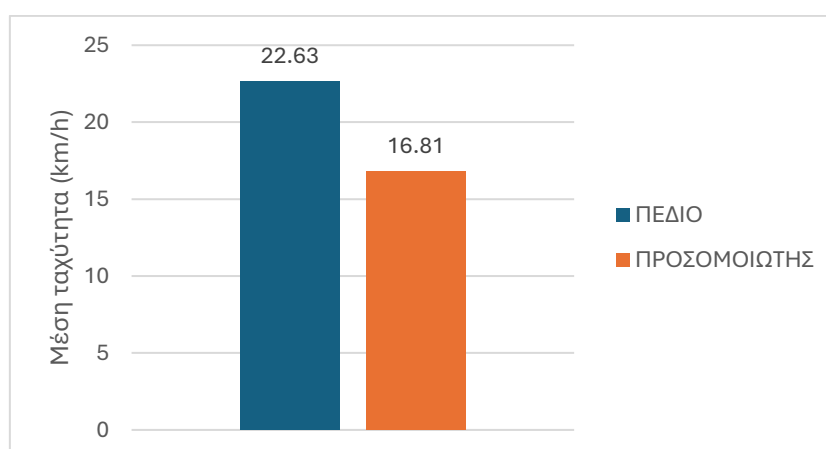
3.1.6 Ανάλυση δεδομένων και αξιολόγηση αποτελεσμάτων προσομοιωτή ποδηλάτου

Η Εικόνα 3.6 παρουσιάζει ενδεικτικά εξαγόμενα δεδομένα του προσομοιωτή. Περιέχουν για κάθε χρονική στιγμή τις συντεταγμένες, τη διανυθείσα απόσταση, την ταχύτητα, την κλίση, την ταχύτητα και την στροφή του τιμονιού.

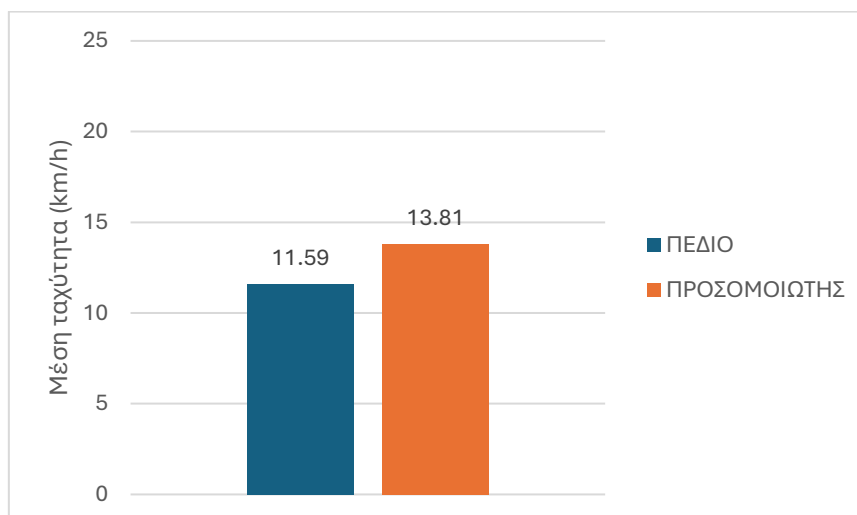
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Key	Time(sec)	X Position (cm)	Y Position (cm)	Z Position (cm)	Distance Travelled (m)	Sim Wheel Speed (m/s)	VR Speed (m/s)	Slope State	Sim Steer Angle (degrees)	VR Steer Angle (degrees)	Sim Slope (degrees)	VR Slope (degrees)	Sim Lean (degrees)	VR Lean (degrees)
Row0	0.408334	-18325.39	3119.849	108.441	0.054769	0	0	0	0	0.003187	0	0	0	-0.201107
Row1	0.408334	-18325.39	3119.849	108.441	0.054769	0	0	0	0	0.003187	0	0	0	-0.201107
Row2	0.614648	-18324.07	3119.939	108.798	0.068423	0	0.10871	0	0	0.015138	0	-0.091351	0	-0.373164
Row3	0.820035	-18322.71	3119.717	106.98	0.092938	0	-0.0001	0	0	0.034101	0	-0.091351	0	-0.198392
Row4	1.008729	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row5	1.214031	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row6	1.414024	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row7	1.610595	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row8	1.811949	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row9	2.012757	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row10	2.210852	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row11	2.41386	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row12	2.615316	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row13	2.817086	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row14	3.018925	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row15	3.221023	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row16	3.422657	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row17	3.608755	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row18	3.813096	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0	-0.091351	0	-0.166384
Row19	4.013547	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0.02	-0.091351	0.319	-0.166384
Row20	4.215819	-18322.72	3119.675	106.978	0.093358	0	0	0	0	0.043889	0.02	-0.091351	0.319	-0.166384

Εικόνα 3. 6 Απεικόνιση δεδομένων προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου

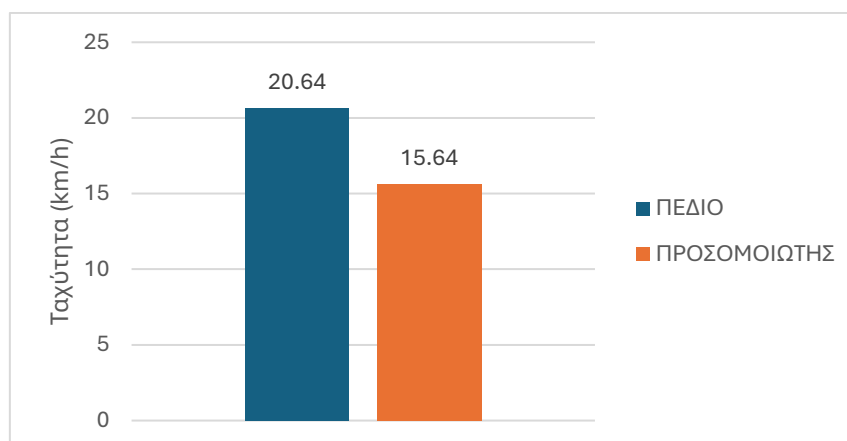
Την ολοκλήρωση των πειραμάτων εργαστηρίου ακολούθησε η συγκέντρωση και ανάλυση των δεδομένων ανά διαδρομή και η **μετέπειτα σύγκρισή τους με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα πειράματα πεδίου**. Τα Διαγράμματα 3.1, 3.2 και 3.3 παρουσιάζουν τη σύγκριση των μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή με το ηλεκτρικό ποδήλατο για κάθε μία από τις τρεις διαδρομές.



Διάγραμμα 3. 1 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, Πανεπιστήμιο, ποδήλατο



Διάγραμμα 3. 2 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, πεζόδρομος, ποδήλατο



Διάγραμμα 3. 3 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, ποδηλατοδρόμος, ποδήλατο

Διαδρομή	Σχετική διαφορά ως προς το πεδίο
Οδός μικτής χρήσης	-26%
Πεζόδρομος	19%
Ποδηλατοδρόμος	-24%

Πίνακας 3. 1 Σχετικές διαφορές ταχυτήτων πεδίου-προσομοιωτή, ποδήλατο

Από τα τρία παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι η ταχύτητα οδήγησης στο πεδίο είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τον προσομοιωτή, με εξαίρεση τη διαδρομή του πεζόδρομου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αλληλεπίδραση που υπάρχει ανάμεσα στους πεζούς και στους χρήστες ΕΠΗΟ. Στο εικονικό περιβάλλον του προσομοιωτή είχαν προστεθεί τραπεζοκαθίσματα χωρίς την παρουσία κινούμενων εμποδίων. Αυτή είναι μια παράμετρος που χρήζει μελλοντικής βελτίωσης. **Οι ταχύτητες στο εικονικό περιβάλλον δεν προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό αυτές στην πραγματικότητα και στις τρεις διαδρομές ενδιαφέροντος.** Ωστόσο, όπως παρουσιάζεται και στο υποκεφάλαιο που ακολουθεί, οι αποκλίσεις των καταναλώσεων ρεύματος ανάμεσα στην πραγματικότητα και στο εικονικό περιβάλλον είναι αποδεκτές. Επομένως, ο κύριος στόχος του έργου έχει επιτευχθεί.

3.1.7 Βαθμονόμηση ενεργειακής κατανάλωσης προσομοιωτή ποδηλάτου

Απώτερος σκοπός των πειραμάτων προσομοιωτών είναι η εισαγωγή του μοντέλου ενεργειακής κατανάλωσης στο λογισμικό τους, με στόχο την εύρεση της ενεργειακής κατανάλωσης σε διάφορα σενάρια οδήγησης στο εικονικό περιβάλλον. Μετά την ολοκλήρωση των πειραμάτων εργαστηρίου, εφαρμόστηκε η εξίσωση υπολογισμού κατανάλωσης ρεύματος στα δεδομένα που προέκυψαν. Η εφαρμογή έγινε σε δεδομένα ατόμων που είχαν εκτελέσει την ίδια διαδρομή με το ίδιο όχημα στα πειράματα πεδίου (20 διαδρομές). Αυτό, για να είναι καλύτερη η σύγκριση των αποτελεσμάτων ανάμεσα στην πραγματικότητα και το εικονικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα των μέγιστων και ελάχιστων αποκλίσεων ανά διαδρομή παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Διαδρομή	Ελάχιστη απόκλιση	Μέγιστη απόκλιση
Μικτής Χρήσης	0.00	0.15
Πεζόδρομος	0.00	0.03
Ποδηλατόδρομος	0.04	0.10

Πίνακας 3. 2 Αποκλίσεις καταναλώσεων ρεύματος (Ah) ανάμεσα σε εικονικό περιβάλλον και πραγματικότητα, ποδήλατο

3.2 Πείραμα προσομοιωτή ηλεκτρικού πατινιού

3.2.1 Περιγραφή προσομοιωτή ηλεκτρικού πατινιού

Ο προσομοιωτής ηλεκτρικού πατινιού του Εργαστηρίου χρησιμοποιεί το μοντέλο Ego80 Go 85. Η σύλληψη, δομή, λειτουργία καθώς και το εικονικό περιβάλλον του προσομοιωτή ηλεκτρικού πατινιού είναι ανάλογη με αυτή του προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου (υποκεφάλαιο 3.1.1). Ο προσομοιωτής προσαρμόστηκε στις ανάγκες του έργου. Ειδικότερα, τέθηκε σε λειτουργία και βαθμονομήθηκε ο αισθητήρας κλίσεων. Κύρια λειτουργία του είναι η προσαρμογή της κλίσης του προσομοιωτή σύμφωνα με τις κλίσεις που επικρατούν στις εικονικές διαδρομές.



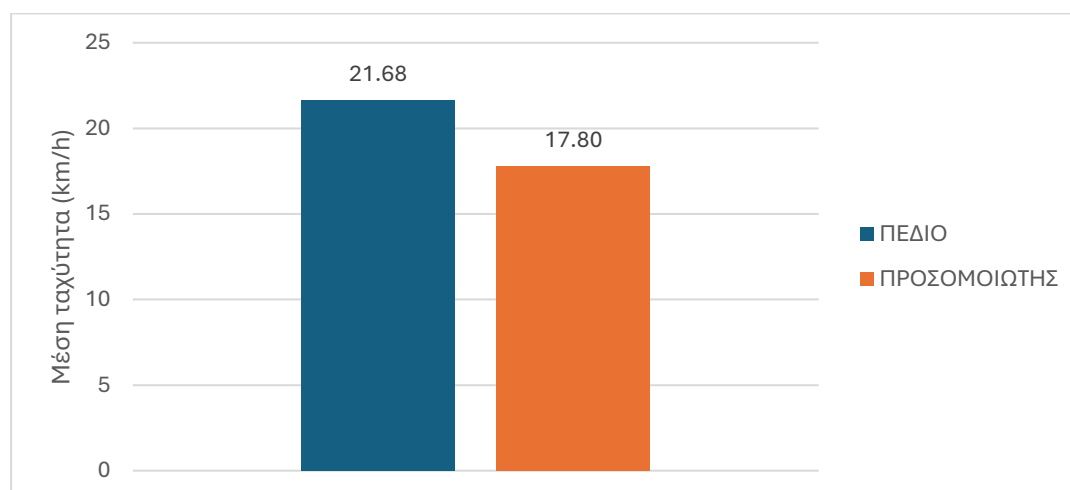
Εικόνα 3. 7 Προσομοιωτής ηλεκτρικού πατινιού

3.2.2 Οργάνωση πειραματικής διαδικασίας

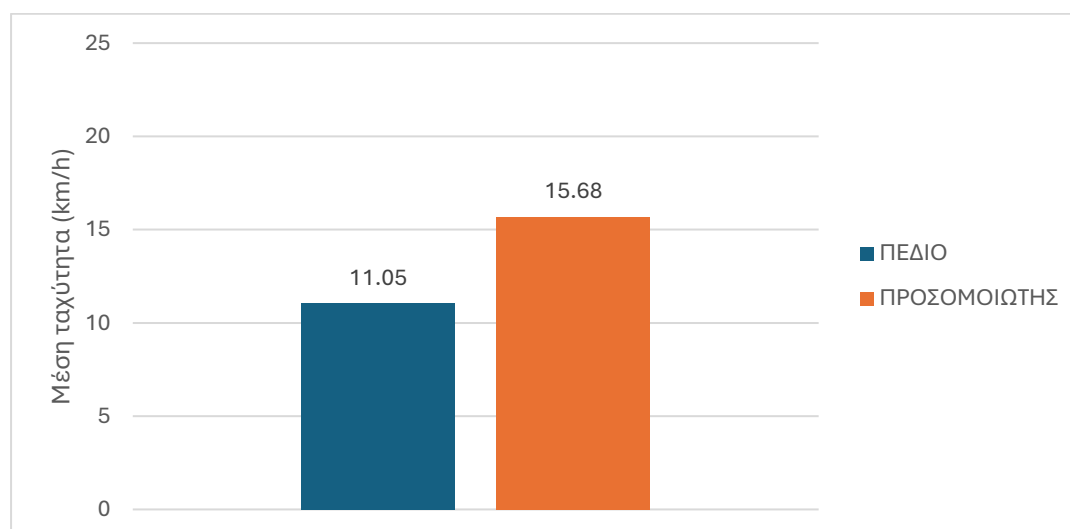
Η οργάνωση και προετοιμασία των πειραμάτων προσομοιωτή ηλεκτρικού πατινιού ακολουθεί την συλλογιστική πορεία που παρουσιάζεται στην περίπτωση πειραμάτων προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου. Πιο συγκεκριμένα, οι διαδρομές που σχεδιάστηκαν για την διεξαγωγή των πειραμάτων είναι οι ίδιες με αυτές που παρουσιάζονται στο υποκεφάλαιο 3.1.2, ενώ ο τρόπος συλλογής συμμετεχόντων και αξιολόγησης του προσομοιωτή πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις διαδικασίες που παρουσιάζονται στο υποκεφάλαιο 3.1.3. Το πλήθος των συμμετεχόντων ανέρχεται στα 63 άτομα.

3.2.3 Ανάλυση δεδομένων και αξιολόγηση αποτελεσμάτων προσομοιωτή πατινιού

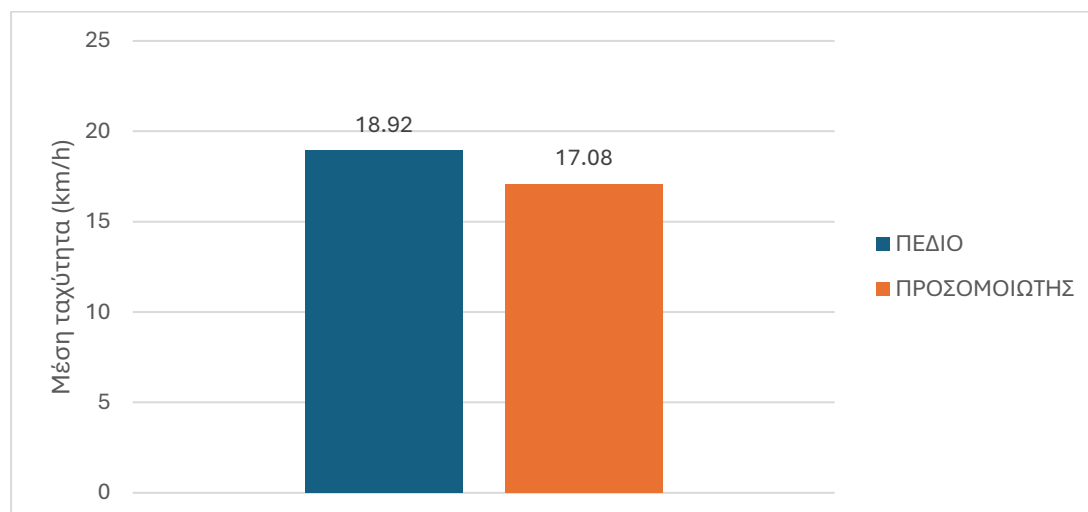
Την ολοκλήρωση των πειραμάτων εργαστηρίου ακολούθησε η συγκέντρωση και ανάλυση των δεδομένων ανά διαδρομή και η μετέπειτα σύγκρισή τους με τα αντίστοιχα αποτελέσματα, που προέκυψαν από τα πειράματα πεδίου. Τα Διαγράμματα 3.4, 3.5 και 3.6 παρουσιάζουν τη σύγκριση των μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή με το ηλεκτρικό πατίνι για κάθε μία από τις τρεις διαδρομές.



Διάγραμμα 3. 4 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, Πανεπιστήμιο, πατίνι



Διάγραμμα 3. 5 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, πεζόδρομος, πατίνι



Διάγραμμα 3. 6 Σύγκριση μέσων ταχυτήτων πεδίου και προσομοιωτή, ποδηλατοδρόμος, πατίνι

Διαδρομή	Σχετική διαφορά ως προς το πεδίο
Οδός μικτής χρήσης	-18%
Πεζόδρομος	42%
Ποδηλατοδρόμος	-10%

Πίνακας 3. 3 Σχετικές διαφορές ταχυτήτων πεδίου-προσομοιωτή, πατίνι

Όπως και στο προσομοιωτή του ηλεκτρικού ποδηλάτου, έτσι και στου ηλεκτρικού πατινιού, οι ταχύτητες στο εικονικό περιβάλλον είναι μικρότερες από αυτές του πεδίου, εκτός από την περίπτωση του πεζόδρομου. Και σε αυτή την περίπτωση οι σχετικές διαφορές των ταχυτήτων ανάμεσα στην πραγματικότητα και το εικονικό περιβάλλον δεν είναι οι επιθυμητές.

3.2.4 Βαθμονόμηση ενεργειακής κατανάλωσης προσομοιωτή πατινιού

Ομοίως με την περίπτωση του προσομοιωτή ηλεκτρικού ποδηλάτου οι αποκλίσεις καταναλώσεων ρεύματος ανάμεσα στο εικονικό περιβάλλον και την πραγματικότητα είναι αποδεκτές. Συμπερασματικά, ο στόχος του έργου έχει επιτευχθεί και στην περίπτωση των ηλεκτρικών πατινιών.

Διαδρομή	Ελάχιστη απόκλιση	Μέγιστη απόκλιση
Μικτής Χρήσης	0.02	0.25
Πεζόδρομος	0.09	0.06
Ποδηλατόδρομος	0.04	0.12

Πίνακας 3. 4 Αποκλίσεις καταναλώσεων ρεύματος (Ah) ανάμεσα σε εικονικό περιβάλλον και πραγματικότητα, πατίνι

4. Συμπεράσματα-Προτάσεις

Το παραδοτέο 3.2 καλύπτει το κατ' εξοχήν τεχνικό τμήμα του έργου, την πειραματική διαδικασία. Όπως αναμενόταν, οι κυριότερες δυσκολίες που παρουσιάστηκαν ήταν τεχνικής φύσεως. Η ανάπτυξη και διαχείριση της διάταξης ενεργειακής καταγραφής χρειάστηκε τροποποιήσεις μέχρι να καταστεί πλήρως λειτουργική, με αποτέλεσμα μεγάλο δείγμα των πειραματικών δεδομένων να είναι μη επεξεργάσιμο. Αυτό κατέστησε αναγκαία την παράταση της διεξαγωγής των πειραμάτων πεδίου για την επιδιόρθωση των προβλημάτων και την συλλογή κατάλληλου πλήθους δεδομένων. Ακόμη, ιδιαίτερα δύσκολη ήταν η προέγκυση αφοσιωμένων συμμετεχόντων για τα πειράματα πεδίου. Το γεγονός αυτό πιθανόν οφείλεται στην απροθυμία αρκετών συμμετεχόντων να τροποποιήσουν τις συνήθειες τους, παρά τον αρχικό ενθουσιασμό τους για τα ΕΠΗΟ. Λόγω όμως της καλής οργάνωσης του πειράματος και της συνεχούς επικαιροποίησης του πλάνου εκτέλεσης της πειραματικής διαδικασίας, ο στόχος για συμμετέχοντες/ουσες υπερκαλύφθηκε και τα πειράματα ολοκληρώθηκαν εντός του προβλεπόμενου χρονοδιαγράμματος.

Η ανάλυση των δεδομένων του πειράματος και η ανάπτυξη του μοντέλου ενεργειακής κατανάλωσης πεδίου αποκάλυψε σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την **επίδραση διαφόρων παραγόντων** στην οδήγηση και την κατανάλωση ενέργειας των ηλεκτρικών πατινιών και ποδηλάτων. Αρχικά, όσον αφορά το **φύλο**, οι άνδρες παρουσίασαν αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, πιθανόν λόγω πιο επιθετικής οδηγικής συμπεριφοράς. Επίσης, οι χρήστες με μεγαλύτερη **εμπειρία** στην οδήγηση ηλεκτρικών οχημάτων ένωσαν μεγαλύτερη άνεση στην επιτάχυνση, οδηγώντας σε αυξημένη κατανάλωση. Από την άποψη των **χαρακτηριστικών των διαδρομών**, οι ανηφορικές κλίσεις και το κακό οδόστρωμα οδήγησαν επίσης σε αυξημένη κατανάλωση. Στους **εξωγενείς παράγοντες**, οι υψηλές υγρασίες συνδέθηκαν με υψηλότερη κατανάλωση. Όσον αφορά τον **τύπο** του ΕΠΗΟ, τα ηλεκτρικά ποδήλατα παρουσιάζουν οικονομικότερη οδήγηση. Η **ταχύτητα** έδειξε τη **μεγαλύτερη επίδραση στη κατανάλωση ενέργειας**, με τις υψηλές τιμές της να επιφέρουν χαμηλότερη κατανάλωση. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε δύο καταστάσεις: στην ικανότητα διατήρησης σταθερής ταχύτητας και στη συμβολή της κλίσης της οδού. Τέλος, ο **δεύτερος πιο σημαντικός παράγοντας** στην κατανάλωση είναι το **State Of Charge**. Οι χαμηλότερες αρχικές τιμές έχουν ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη κατανάλωση ρεύματος. Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο βαθμός επίδρασης όλων αυτών των παραγόντων, σύμφωνα με τη συνολική εικόνα του έργου έως τώρα.

Παράγοντες	Επίδραση
Ταχύτητα	++++
State of Charge	++++
Κλίση οδού	+++
Υγρασία	++
Τύπος οχήματος	++
Επιτάχυνση	++
Κατάσταση οδού	++
Φύλο	++
Εμπειρία	+

Πίνακας 4. 1 Βαθμονόμηση επίδρασης παραγόντων στην κατανάλωση

Με βάση αυτά τα ευρήματα, μπορούν να προταθούν συγκεκριμένες πολιτικές που θα βελτιώσουν την ενεργειακή αποδοτικότητα των ηλεκτρικών πατινιών και ποδηλάτων:

- **Εκπαίδευση χρηστών:** Η ενημέρωση των χρηστών για τον τρόπο οδήγησης που βελτιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας είναι κρίσιμη. Οδηγοί και εκπαιδευτικά υλικά θα μπορούσαν να προωθηθούν μέσω δράσεων διάχυσης πληροφόρησης, ώστε οι χρήστες να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους και να αποφεύγουν ενεργοβόρες επιταχύνσεις και απότομες αλλαγές ταχύτητας.
- **Ειδικές υποδομές:** Η κατασκευή κατάλληλων υποδομών για την κίνηση ηλεκτρικών πατινιών και ποδηλάτων, με οδοστρώματα καλής κατάστασης, ομαλών κλίσεων και κατάλληλης διαρρύθμισης ώστε επιτρέπεται η διατήρηση σταθερής ταχύτητας για μεγάλα χρονικά διαστήματα, θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Η βελτίωση της ποιότητας των δρόμων, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, θα μπορούσε να μειώσει τις ανάγκες για υπερβολική επιτάχυνση ή επιβράδυνση, ελαχιστοποιώντας την ενεργειακή κατανάλωση.
- **Ενίσχυση κανονισμών για οχήματα μικροκινητικότητας:** Οι κατασκευαστές θα μπορούσαν να υποχρεωθούν να εξετάσουν τεχνολογίες που βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση των οχημάτων τους, όπως πιο αποδοτικά ηλεκτρικά μοτέρ, καλύτερες μπαταρίες και σχεδιασμός που λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως η μείωση των επιπτώσεων από επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις.
- **Δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για μικροκινητικότητα:** Προώθηση πολιτικών που ενθαρρύνουν την κυκλοφορία ηλεκτρικών οχημάτων σε διαδρομές που ευνοούν την εξοικονόμηση ενέργειας.

Η υλοποίηση των δράσεων του Παραδοτέου 3.2 θα συμβάλει καθοριστικά τα επόμενα στάδια του έργου. Η ανάπτυξη του πρώτου ψηφιακού προσομοιωτή υπολογισμού ενεργειακής κατανάλωσης των ΕΠΗΟ θα ενσωματώσει τα μοντέλα εκτίμησης ενεργειακής κατανάλωσης και έτσι θα επιτρέπει στους χρήστες του τον ακριβή υπολογισμό ενεργειακής κατανάλωσης για οποιασδήποτε μορφής τροχήλες. Το πληροφοριακό υλικό, που θα αναπτυχθεί και θα διανεμηθεί σε εκδηλώσεις που θα λάβουν χώρα στους συνεργαζόμενους φορείς, θα περιέχει όλα τα διδάγματα και τα ευρήματα που προέκυψαν από την υλοποίηση του πειράματος. Στο εγχειρίδιο οικολογικής οδήγησης θα αξιοποιηθούν τα μοντέλα ενεργειακής κατανάλωσης για πληροφορηθεί η κοινή γνώμη την οδηγική συμπεριφορά που είναι φιλική προς το περιβάλλον.

5. Βιβλιογραφία

Χριστοπούλου, Π. Ε. (2012). Ανάπτυξη μεθοδολογίας υπολογισμού επιπέδου εξυπηρέτησης πεζών στο πλαίσιο των πολυτροπικών μετακινήσεων (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).

Byun, S., Park, J., Appiah, W. A., Ryou, M. H., & Lee, Y. M. (2017). The effects of humidity on the self-discharge properties of Li (Ni 1/3 Co 1/3 Mn 1/3) O 2/graphite and LiCoO 2/graphite lithium-ion batteries during storage. *RSC Advances*, 7(18), 10915-10921.

Christoforou, Z., Gioldasis, C., Valero, Y., & Vasileiou-Voudouris, G. (2022). Smart traffic data for the analysis of sustainable travel modes. *Sustainability*, 14(18), 11150.

DK Tester (2024). *DK Battery Testing Service Provider*. [Online]. Available: <https://dk-tester.com/products/lead-acid-lithium-battery-pack-series-charge-discharge-tester-dsf20>. Accessed on 30 August 2024.

Garmin, (2024), [Online]. Available: <https://www.garmin.com/en-US/p/707627>. Accessed on 30 August 2024.

Gioldasis, C., Christoforou, Z., & Katsiadrami, A. (2024). Usage factors influencing e-scooter energy consumption: An empirical investigation. *Journal of Cleaner Production*, 452, 142165.

Han, K., Hwang, Y., Lee, E., & Choi, S. (2016). Robust estimation of maximum tire-road friction coefficient considering road surface irregularity. *International journal of automotive technology*, 17, 415-425.

TRB (2000). *Highway Capacity Manual 2000*. [Online]. Available: https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/highway_capacital_manual.pdf. Accessed on 30 August 2024.

Jamila, E. H., & Taoufik, N. (2024). A review of the estimation of State of Charge (SOC) and State of Health (SOH) of Li-Ion batteries in electric vehicles. In *Technical and Technological Solutions Towards a Sustainable Society and Circular Economy* (pp. 519-541).

Koutroumbas, K., & Theodoridis, S. (2008). *Pattern Recognition*. Academic Press.

Phyphox, (2024), [Online]. Available: <https://phyphox.org/>. Accessed on 30 August 2024.

Ramezani-al, M. R., & Moodi, M. (2023). A novel combined online method for SOC estimation of a Li-Ion battery with practical and industrial considerations. *Journal of Energy Storage*, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X23010022?via%3Dihub>. Accessed on 30 August 2024.

Ride with GPS, (2024), [Online]. Available: <https://ridewithgps.com/>. Accessed on 30 August 2024.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Ημερολόγιο ταξιδιού πειραμάτων πεδίου

α/α Ελεύθερης Διαδρομής	Προέλευση ταξιδιού	Τελικός προορισμός ταξιδιού	Ώρα αναχώρησης από την αφετηρία του ταξιδιού	Ώρα άφιξης στον τελικό προορισμό του ταξιδιού	Σκοπός ταξιδιού	Χρήση άλλου μεταφορικού μέσου κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του ταξιδιού
1	Οικεία	Χώρος εργασίας	0928	1006	Εργασία	Ναι
2						

α/α Ελεύθερης Διαδρομής	Εκκίνηση ταξιδιού χρησιμοποιώντας	Σημείο/περιοχή τερματισμού χρήσης, οχήματος εκκίνησης ταξιδιού	Ώρα τερματισμού χρήσης, οχήματος εκκίνησης ταξιδιού	Πρώτη αλλαγή μεταφορικού μέσου και συνέχεια ταξιδιού χρησιμοποιώντας	Σημείο/Περιοχή έναρξης χρήσης μεταφορικού μέσου	Σημείο/Περιοχή τερματισμού χρήσης μεταφορικού μέσου
1	Ηλεκτρικό πατίνι/ποδήλατο	Σταθμός τραίνου Πάτρας	0931	Τραίνο	Σταθμός τραίνου Πάτρας	Σταθμός τραίνου Καστελλόκαμπου
2						

α/α Ελεύθερης Διαδρομής	Ώρα έναρξης χρήσης μεταφορικού μέσου	Ώρα τερματισμού χρήσης μεταφορικού μέσου	Δεύτερη αλλαγή μεταφορικού μέσου και συνέχεια ταξιδιού χρησιμοποιώντας	Σημείο/Περιοχή έναρξης χρήσης μεταφορικού μέσου	Σημείο/Περιοχή τερματισμού χρήσης μεταφορικού μέσου	Ώρα έναρξης χρήσης μεταφορικού μέσου
1	0935	0952	Ηλεκτρικό πατίνι/ποδήλατο	Σταθμός τραίνου Καστελλόκαμπου	Χώρος εργασίας	0952
2						

α/α Ελεύθερης Διαδρομής	Ώρα τερματισμού χρήσης μεταφορικού μέσου	Τρίτη αλλαγή μεταφορικού μέσου και συνέχεια ταξιδιού χρησιμοποιώντας	Σημείο/Περιοχή έναρξης χρήσης μεταφορικού μέσου	Σημείο/Περιοχή τερματισμού χρήσης μεταφορικού μέσου	Ώρα έναρξης χρήσης μεταφορικού μέσου	Ώρα τερματισμού χρήσης μεταφορικού μέσου
1	1006					
2						

α/α Ελεύθερης Διαδρομής	Χώρος στάθμευσης στον τελικό προορισμό του ταξιδιού	Ποσοστό μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος κατά την έναρξη της διαδρομής (%)	Ποσοστό μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος κατά την άφιξη στον τελικό προορισμό (%)	Βροχή κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του ταξιδιού	Θερμοκρασία (^o C)
1	Κλειστός χώρος	80	10	Καθαρός ουρανός	24
2					

α/α Ελεύθερης Διαδρομής	Άνεμος (beaufort)	Υγρασία (%)	% Δρόμος	% Πεζοδρόμιο- Πλατεία	% ποδηλατόδρομος	% χωματόδρομος
1	1	65	100	000	000	000
2						

α/α Ελεύθερης Διαδρομής	% Σύνολο	Χρήση προστατευτικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια οδήγησης ηλεκτρικού οχήματος	Είδος υποδημάτων κατά τη διάρκεια οδήγησης
1	100	Όχι	Sneakers
2			

α/α Δεσμευμένης Διαδρομής	Κωδικός Δεσμευμένης Διαδρομής	Ώρα έναρξης δεσμευμένης Διαδρομής	Ώρα τερματισμού δεσμευμένης Διαδρομής	Ποσοστό μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος κατά την έναρξη της Διαδρομής (%)	Ποσοστό μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος κατά τον τερματισμό της Διαδρομής (%)	Βροχή κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του ταξιδιού
1	05	1106	1110	70	65	Καθαρός Ουρανός
2						

α/α Δεσμευμένης Διαδρομής	Θερμοκρασία	Άνεμος (beaufort)	Υγρασία (%)	Χρήση προστατευτικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια οδήγησης ηλεκτρικού οχήματος	Είδος υποδημάτων κατά τη διάρκεια οδήγησης
1	22	2	70	Όχι	Sneakers
2					

α/α Φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος	Ποσοστό μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος κατά την έναρξη της φόρτισης (%)	Ποσοστό μπαταρίας ηλεκτρικού οχήματος κατά τον τερματισμό της φόρτισης (%)	Ώρα έναρξης φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος	Ώρα τερματισμού φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος	Θερμοκρασία χώρου φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος, κατά τη διάρκεια φόρτισής του
1	10	100	1038	0304	22
2					

ΠΑΡΤΗΜΑ Β

Ερωτηματολόγιο πειραμάτων πεδίου

Είναι βιώσιμα τα ηλεκτρικά πατίνια και ποδήλατα;	
Ερώτηση	Απάντηση
Συμμετείχατε στο πείραμα πεδίου του εργαστηρίου "Συστήματα Μεταφορών και Βιώσιμης Κινητικότητας", χρησιμοποιώντας;	Ηλεκτρικό πατίνι, Ηλεκτρικό ποδήλατο
Παρακαλούμε συμπληρώστε τον κωδικό που σας δόθηκε	Ανοιχτού τύπου
Είστε χρήστης	Ηλεκτρικού πατινιού (ιδιόκτητο), Ηλεκτρικού πατινιού (κοινόχρηστο), Ηλεκτρικού ποδηλάτου (ιδιόκτητο), Ηλεκτρικού ποδηλάτου (κοινόχρηστο), Συμβατικού ποδηλάτου (ιδιόκτητο), Συμβατικού ποδηλάτου (κοινόχρηστο), Ηλεκτρικού πατινιού και συμβατικού ποδηλάτου (ιδιόκτητα), Ηλεκτρικού πατινιού και συμβατικού ποδηλάτου (κοινόχρηστα), Δεν είμαι χρήστης ηλ. πατινιού/ποδηλάτου
Ερωτήσεις σχετικά με την χρήση ηλεκτρικού πατινιού/ποδηλάτου (ιδιόκτητο)	
Για ποιο λόγο το χρησιμοποιείτε;	Ως μέσο μεταφοράς, Ως hobby, Άλλο
Ποιος είναι ο σκοπός της μετακίνησής σας, όταν το χρησιμοποιείτε για μέσο μεταφοράς;	Για μετακίνηση στο χώρο εργασίας μου, Για μετακίνηση σε χώρους αναψυχής, Για μετακίνηση στη σχολή μου, Για μετακίνηση στην αγορά, Άλλο
Πόσο συχνά το χρησιμοποιείτε;	1-2 φορές τον μήνα, 1-2 φορές την εβδομάδα, Πιο συχνά
Πόσο συχνά το φορτίζετε;	Καθημερινά, 2-3 φορές την εβδομάδα, 1 φορά την εβδομάδα, Λιγότερο συχνά
Ποια είναι η μέση διάρκεια διαδρομής που κάνετε;	Λιγότερο από 10 λεπτά, 10-20 λεπτά, 20-30 λεπτά, Περισσότερο από 30 λεπτά
Ποια είναι η μέση ταχύτητα με την οποία κινείστε κατά μέσο όρο;	5-10 km/h, 10-15 km/h, 15-20 km/h, 20-25 km/h, Περισσότερο από 25km/h
Σε τι είδος υποδομής κινείστε στο μεγαλύτερο μέρος της διαδρομής;	Άσφαλτο, Ποδηλατοδρόμο, Πεζόδρομο/πεζοδρόμιο, Χωματόδρομο, Άλλο
Πόσο καιρό το χρησιμοποιείτε;	Λιγότερο από 1 χρόνο, 1-2 χρόνια, 2-3 χρόνια, Περισσότερο από 3 χρόνια
Πού το φορτίζετε συνήθως;	Στο σπίτι (εξωτερικός χώρος), Στο σπίτι (εσωτερικός χώρος), Στον χώρο εργασίας μου-σπουδών μου
Πόσο συχνά το αφήνετε στην πρίζα για αρκετή ώρα μετά την πλήρη φόρτισή του;	Ποτέ, Σπάνια, Μερικές φορές, Συχνά, Πολύ συχνά
Περιμένετε μέχρι την πλήρη φόρτιση;	Ναι, Όχι
Μέχρι τι ποσοστό το φορτίζετε;	Λιγότερο από 50%, 50%-70%, 70%-90%, Πάνω από 90%
Σε τι ποσοστό μπαταρίας το συνδέετε στην πρίζα;	0%-10%, 10%-20%, 20%-30%, 30%-40%, 50%-60%, 60%-70%, 70%-80%, Πάνω από 80%
Πόσα χιλιόμετρα διανύετε με μία πλήρη φόρτιση;	<10 km, 10-20 km, 20-30 km, 30-40 km, 40-50 km, Πάνω από 50%
Πού το αποθηκεύετε;	Εντός του σπιτιού, Στην αποθήκη, Στο μπαλκόνι, Στην πυλωτή, Στο γκαράζ, Στην αυλή

Έτος αγοράς (όχι ολογράφως)	Ανοιχτού τύπου	
Έχετε κάνει service σε κάποιο εξάρτημα;	Ναι, Όχι	
Πόσες φορές έχετε κάνει service σε κάθε εξάρτημα;	Ελαστικά	0, 1, 2, 3
	Μπαταρία	0, 1, 2, 3
	Φρένα	0, 1, 2, 3
	Σέλα	0, 1, 2, 3
	Φως	0, 1, 2, 3
	Σκελετός	0, 1, 2, 3
Οδηγείτε υπό βροχή;	Ναι, Όχι	
Οδηγείτε υπό καύσωνα;	Ναι, Όχι	
Οδηγείτε σε μεγάλες κλίσεις;	Ναι, Όχι	
Οδηγείτε νύχτα;	Ναι, Όχι	
Ποιο μοντέλο ηλ. οχήματος διαθέτετε; (Παρακαλούμε σημειώστε και την εταιρεία παραγωγής)	Ανοιχτού τύπου	
Ερωτήσεις σχετικά με την χρήση συμβατικού ποδηλάτου (ιδιόκτητο)		
Για ποιο λόγο το χρησιμοποιείτε;	Ως μέσο μεταφοράς, Ως hobby, Άλλο	
Ποιος είναι ο σκοπός της μετακίνησής σας, όταν το χρησιμοποιείτε για μέσο μεταφοράς;	Για μετακίνηση στο χώρο εργασίας μου, Για μετακίνηση σε χώρους αναψυχής, Για μετακίνηση στη σχολή μου, Για μετακίνηση στην αγορά, Άλλο	
Πόσο συχνά το χρησιμοποιείτε;	1-2 φορές τον μήνα, 1-2 φορές την εβδομάδα, Πιο συχνά	
Ποια είναι η μέση διάρκεια διαδρομής που κάνετε;	Λιγότερο από 10 λεπτά, 10-20 λεπτά, 20-30 λεπτά, Περισσότερο από 30 λεπτά	
Ποια είναι η μέση ταχύτητα με την οποία κινείστε κατά μέσο όρο;	5-10 km/h, 10-15 km/h, 15-20 km/h, 20-25 km/h, Περισσότερο από 25km/h	
Σε τι είδος υποδομής κινείστε στο μεγαλύτερο μέρος της διαδρομής;	Άσφαλτο, Ποδηλατοδρόμο, Πεζόδρομο/πεζοδρόμιο, Χωματόδρομο, Άλλο	
Πόσο καιρό το χρησιμοποιείτε;	Λιγότερο από 1 χρόνο, 1-2 χρόνια, 2-3 χρόνια, Περισσότερο από 3 χρόνια	

Πού το αποθηκεύετε;	Εντός του σπιτιού, Στην αποθήκη, Στο μπαλκόνι, Στην πυλωτή, Στο γκαράζ, Στην αυλή	
Έτος αγοράς (όχι ολογράφως)	Ανοιχτού τύπου	
Έχετε κάνει service σε κάποιο εξάρτημα;	Ναι, Όχι	
Πόσες φορές έχετε κάνει service σε κάθε εξάρτημα;	Ελαστικά	0, 1, 2, 3
	Μπαταρία	0, 1, 2, 3
	Φρένα	0, 1, 2, 3
	Σέλα	0, 1, 2, 3
	Φως	0, 1, 2, 3
	Σκελετός	0, 1, 2, 3
Οδηγείτε υπό βροχή;	Ναι, Όχι	
Οδηγείτε υπό καύσωνα;	Ναι, Όχι	
Οδηγείτε σε μεγάλες κλίσεις;	Ναι, Όχι	
Οδηγείτε νύχτα;	Ναι, Όχι	
Ποιο μοντέλο συμβατικού ποδηλάτου διαθέτετε; (Παρακαλούμε σημειώστε και την εταιρεία παραγωγής)	Ανοιχτού τύπου	
Ερωτήσεις σχετικά με την χρήση ηλεκτρικού πατινιού/ποδηλάτου (Κοινόχρηστο)		
Για ποιο λόγο χρησιμοποιείτε το ηλεκτρικό πατίνι;	Ως μέσο μεταφοράς, Ως hobby, Άλλο	
Ποιος είναι ο σκοπός της μετακίνησής σας, όταν το χρησιμοποιείτε για μέσο μεταφοράς;	Για μετακίνηση στο χώρο εργασίας μου, Για μετακίνηση σε χώρους αναψυχής, Για μετακίνηση στη σχολή μου, Για μετακίνηση στην αγορά, Άλλο	
Πόσο συχνά το χρησιμοποιείτε ;	1-2 φορές τον μήνα, 1-2 φορές την εβδομάδα, Πιο συχνά	
Ποια είναι η μέση διάρκεια διαδρομής που κάνετε;	Λιγότερο από 10 λεπτά, 10-20 λεπτά, 20-30 λεπτά, Περισσότερο από 30 λεπτά	
Ποια είναι η μέση ταχύτητα με την οποία κινείστε κατά μέσο όρο;	5-10 km/h, 10-15 km/h, 15-20 km/h, 20-25 km/h, Περισσότερο από 25km/h	

Σε τι είδος υποδομής κινείστε στο μεγαλύτερο μέρος της διαδρομής;	Άσφαλτο, Ποδηλατοδρόμο, Πεζόδρομο/πεζοδρόμιο, Χωματόδρομο, Άλλο
Πόσο καιρό το χρησιμοποιείτε;	Λιγότερο από 1 χρόνο, 1-2 χρόνια, 2-3 χρόνια, Περισσότερο από 3 χρόνια
Οδηγείτε υπό βροχή;	Ναι, Όχι
Οδηγείτε υπό καύσωνα;	Ναι, Όχι
Οδηγείτε σε μεγάλες κλίσεις;	Ναι, Όχι
Οδηγείτε νύχτα ;	Ναι, Όχι
Ερωτήσεις σχετικά με την χρήση συμβατικού ποδηλάτου (Κοινόχρηστο)	
Για ποιο λόγο χρησιμοποιείτε το ηλεκτρικό πατίνι;	Ως μέσο μεταφοράς, Ως hobby, Άλλο
Ποιος είναι ο σκοπός της μετακίνησής σας, όταν το χρησιμοποιείτε για μέσο μεταφοράς;	Για μετακίνηση στο χώρο εργασίας μου, Για μετακίνηση σε χώρους αναψυχής, Για μετακίνηση στη σχολή μου, Για μετακίνηση στην αγορά, Άλλο
Πόσο συχνά το χρησιμοποιείτε ;	1-2 φορές τον μήνα, 1-2 φορές την εβδομάδα, Πιο συχνά
Ποια είναι η μέση διάρκεια διαδρομής που κάνετε;	Λιγότερο από 10 λεπτά, 10-20 λεπτά, 20-30 λεπτά, Περισσότερο από 30 λεπτά
Ποια είναι η μέση ταχύτητα με την οποία κινείστε κατά μέσο όρο;	5-10 km/h, 10-15 km/h, 15-20 km/h, 20-25 km/h, Περισσότερο από 25km/h
Σε τι είδος υποδομής κινείστε στο μεγαλύτερο μέρος της διαδρομής;	Άσφαλτο, Ποδηλατοδρόμο, Πεζόδρομο/πεζοδρόμιο, Χωματόδρομο, Άλλο
Πόσο καιρό το χρησιμοποιείτε;	Λιγότερο από 1 χρόνο, 1-2 χρόνια, 2-3 χρόνια, Περισσότερο από 3 χρόνια
Οδηγείτε υπό βροχή;	Ναι, Όχι
Οδηγείτε υπό καύσωνα;	Ναι, Όχι
Οδηγείτε σε μεγάλες κλίσεις;	Ναι, Όχι
Οδηγείτε νύχτα ;	Ναι, Όχι
Ασφάλεια	
Αισθάνεστε ασφάλεια κατά τη χρήση ηλεκτρικού πατινιού/ποδηλάτου;	Ναι, Όχι
Φοράτε κράνος όταν οδηγείτε το ηλεκτρικό πατίνι/ποδήλατο;	Πάντα, Συχνά, Σπάνια, Ποτέ
Έχετε οδηγήσει ηλεκτρικό πατίνι/ποδήλατο μετά την κατανάλωση αλκοόλ;	Ναι, Όχι
Δημογραφικά στοιχεία	
Φύλο	Άνδρας, Γυναίκα, Άλλο
Ηλικία	10-17, 18-25, 26-35, 36-45, 46-55, 56-65, 66-75, άνω των 76

Βάρος	Λιγότερο από 50 kg, 50-60 kg, 60-70 kg, 70-80 kg, 80-90 kg, 90-100 kg, Περισσότερο από 100 kg
Ύψος	Ανοιχτού τύπου
Πόσες ώρες την εβδομάδα αθλείστε	Ανοιχτού τύπου
Εκπαίδευση	Απόφοιτος Δημοτικού, Απόφοιτος Γυμνασίου, Απόφοιτος Λυκείου, Απόφοιτος Πανεπιστημίου, Κάτοχος μεταπτυχιακού, Κάτοχος διδακτορικού
Επάγγελμα	Δημόσιος/Ιδιωτικός Υπάλληλος, Ελεύθερος επαγγελματίας, Επιχειρηματίας, Φοιτητής/Μαθητής, Συνταξιούχος, Άνεργος ή χωρίς απασχόληση, Άλλο
Ετήσιο ατομικό εισόδημα	Λιγότερο από 5.000€, 5.000-10.000€, 10.001-20.000€, 20.001-30.000€, 31.000€-40.000€, 40.000-50.000€, Περισσότερο από 50.000€, Δεν απαντώ
Πόσα μέλη μένετε στην ίδια κατοικία;	1 ,2, 3, 4, Παραπάνω από 4
Συμφωνώ με τη χρήση των στοιχείων που συμπλήρωσα για επιστημονικούς/ερευνητικούς σκοπούς, υπό την προϋπόθεση της ανωνυμίας.	Ναι

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Ερωτηματολόγιο πειραμάτων προσομοιωτή

Αξιολόγηση και βελτιστοποίηση ηλεκτρικού πατινιού/ ποδηλάτου	
Ερώτηση	Απάντηση
Όνοματεπώνυμο	Ανοικτού τύπου
Ηλικία	Ανοικτού τύπου
Φύλο	Ανοικτού τύπου
Πόσες ώρες την εβδομάδα αθλείστε;	Ανοικτού τύπου
Βάρος	Ανοικτού τύπου
Ύψος	Ανοικτού τύπου
Απασχόληση	Ανοικτού τύπου
Πόσο έμπειροι είστε στην οδήγηση συμβατικού πατινιού/ ποδηλάτου;	1, 2, 3, 4, 5 *
Πόσο έμπειροι είστε στην οδήγηση ηλεκτρικού πατινιού/ ποδηλάτου;	1, 2, 3, 4, 5 *
Πόσο έμπειροι είστε στην οδήγηση οποιουδήποτε μεταφορικού μέσου σε προσομοιωτή;	1, 2, 3, 4, 5 *
Πόσο καλά θεωρείτε ότι προσεγγίζει ο προσομοιωτής ηλεκτρικού πατινιού/ ποδηλάτου την πραγματικότητα;	1, 2, 3, 4, 5 *
Συνολική αίσθηση οδήγησης του πατινιού/ ποδηλάτου του προσομοιωτή	1, 2, 3, 4, 5 *
Τρόπος οδήγησης στο εικονικό περιβάλλον	1, 2, 3, 4, 5 *
Επιτάχυνση πατινιού/ ποδηλάτου στο εικονικό περιβάλλον	1, 2, 3, 4, 5 *
Επιβράδυνση πατινιού/ ποδηλάτου στο εικονικό περιβάλλον	1, 2, 3, 4, 5 *
Στροφή πατινιού/ ποδηλάτου στο εικονικό περιβάλλον	1, 2, 3, 4, 5 *
Αίσθηση κλίσης στο εικονικό περιβάλλον	1, 2, 3, 4, 5 *
Αίσθηση κλίσης στον προσομοιωτή του πατινιού/ ποδηλάτου	1, 2, 3, 4, 5 *
Πόσο καλά θεωρείτε ότι ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα το τιμόνι;	1, 2, 3, 4, 5 *
Πόσο καλές θεωρείτε ότι είναι οι διαστάσεις της οθόνης προβολής του εικονικού περιβάλλοντος;	1, 2, 3, 4, 5 *
Θεωρείτε ότι οι διαστάσεις θα πρέπει να είναι	1, 2, 3, 4, 5 **
Τι πιστεύετε ότι θα βοηθούσε ώστε ο προσομοιωτής να ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματικότητα;	Ανοικτού τύπου
Πως θα περιγράφατε την αίσθηση της ταχύτητας στο εικονικό περιβάλλον σε σχέση με την πραγματικότητα; (Field of view στην διαδρομή στο Πανεπιστήμιο)	1, 2, 3, 4, 5 ***
Θεωρείτε η ταχύτητα σε σχέση με την πραγματικότητα ήταν (Field of view στην διαδρομή στο Πανεπιστήμιο):	1, 2, 3, 4, 5 ****
Πόσο εύκολη ήταν η εκτίμηση των αποστάσεων του πατινιού/ ποδηλάτου, μέσα στο εικονικό περιβάλλον, από τα πεζοδρόμια, εμπόδιο κ.λπ.; (Field of view στην διαδρομή στο Πανεπιστήμιο)	1, 2, 3, 4, 5 *
Πως θα περιγράφατε την αίσθηση της ταχύτητας στο εικονικό περιβάλλον σε σχέση με την πραγματικότητα; (Field of view στην διαδρομή στη Ρήγα Φεραίου)	1, 2, 3, 4, 5 ***
Θεωρείτε η ταχύτητα σε σχέση με την πραγματικότητα ήταν (Field of view στην διαδρομή στη Ρήγα Φεραίου):	1, 2, 3, 4, 5 ****

Πόσο εύκολη ήταν η εκτίμηση των αποστάσεων του πατινιού/ ποδηλάτου, μέσα στο εικονικό περιβάλλον, από τα πεζοδρόμια, εμπόδιο κ.λπ.; (Field of view στην διαδρομή στη Ρήγα Φεραίου)	1, 2, 3, 4, 5 *
Πως θα περιγράφατε την αίσθηση της ταχύτητας στο εικονικό περιβάλλον σε σχέση με την πραγματικότητα; (Field of view στην διαδρομή στο ποδηλατοδρόμο Όθωνος Αμαλίας)	1, 2, 3, 4, 5 ***
Θεωρείτε η ταχύτητα σε σχέση με την πραγματικότητα ήταν (Field of view στην διαδρομή στο ποδηλατοδρόμο Όθωνος Αμαλίας):	1, 2, 3, 4, 5 ****
Πόσο εύκολη ήταν η εκτίμηση των αποστάσεων του πατινιού/ ποδηλάτου, μέσα στο εικονικό περιβάλλον, από τα πεζοδρόμια, εμπόδιο κ.λπ.; (Field of view στην διαδρομή στο ποδηλατοδρόμο Όθωνος Αμαλίας)	1, 2, 3, 4, 5 *
Κατά τη διάρκεια της οδήγησης αισθανθήκατε κάτι από τα παρακάτω; (Field of view στην διαδρομή στο Πανεπιστήμιο)	Απάθεια, Υπνηλία, Αποπροσανατολισμό, Κόπωση, Ναυτία, Ζάλη, Άλλου είδους δυσφορία, Τίποτα
Κατά τη διάρκεια της οδήγησης αισθανθήκατε κάτι από τα παρακάτω; (Field of view στην διαδρομή στη Ρήγα Φεραίου)	Απάθεια, Υπνηλία, Αποπροσανατολισμό, Κόπωση, Ναυτία, Ζάλη, Άλλου είδους δυσφορία, Τίποτα
Κατά τη διάρκεια της οδήγησης αισθανθήκατε κάτι από τα παρακάτω; (Field of view στην διαδρομή στο ποδηλατοδρόμο Όθωνος Αμαλίας)	Απάθεια, Υπνηλία, Αποπροσανατολισμό, Κόπωση, Ναυτία, Ζάλη, Άλλου είδους δυσφορία, Τίποτα
* 1=Καθόλου, 5=Πάρα πολύ	
** 1=Αρκετά μικρότερες, 5=Αρκετά μεγαλύτερες	
*** 1=Καθόλου καλή, 5=Πολύ καλή	
**** 1=Πολύ μικρότερη, 5=Πολύ μεγαλύτερη	