

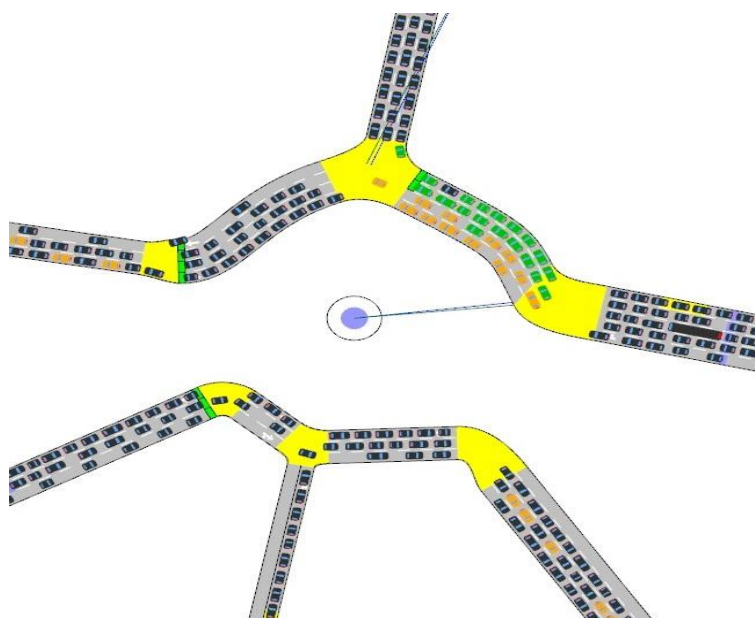


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ
ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ
ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΑ ΟΔΙΚΑ
ΔΙΚΤΥΑ**



ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΟΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΒΛΑΧΟΓΙΑΝΝΗ ΕΛΕΝΗ,

ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στην Αθήνα, κατά την περίοδο Μαΐου 2015 – Ιουλίου 2016, στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής (Τ.Μ.Σ.Υ.) της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, Ελένη Βλαχογιάννη, η οποία με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την ευκαιρία να εργαστώ πάνω σε ένα πολύ ενδιαφέρον ερευνητικό θέμα. Η καθοδήγηση της ήταν μείζονος σημασίας για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Ευχαριστώ, επίσης, τον υποψήφιο διδάκτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Ηλία Γκότση, για την αγαστή συνεργασία μας, καθ'όλο το προηγούμενο χρονικό διάστημα. Η άρτια επικοινωνία μας, καθώς και οι συμβουλές του συνέβαλαν καθοριστικά στην επίλυση των τεχνικών προβλημάτων που προέκυψαν.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να δώσω στους συγκοινωνιολόγους, Αντώνη Χαζίρη, Δημήτρη Σερμπή και Χαρίλαο Μπάμπη για την εκπαίδευση που μου προσέφεραν στο αντικείμενο της προσομοίωσης λειτουργίας μεταφορικών συστημάτων.

Ακόμη, ευχαριστώ πολύ τον κύριο Βασίλη Βαλαβάνη, υπάλληλο του Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας, για την άμεση εξυπηρέτηση και παροχή των απαιτούμενων κυκλοφοριακών στοιχείων για την εκπόνηση της υφιστάμενης εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση και υποστήριξη της κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και την παροχή όλων των απαραίτητων εφοδίων για να πετύχω στη ζωή μου.

ΣΥΝΟΨΗ

Παρά την οικονομική ύφεση που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια, ο κυκλοφοριακός κορεσμός στο αστικό οδικό δίκτυο της Αθήνας εξακολουθεί να αποτελεί ένα μείζον πρόβλημα, το οποίο έχει αρνητικές συνέπειες τόσο για το περιβάλλον, όσο και για τους χρήστες των υποδομών σε αυτό. Η ανάπτυξη πολιτικών τιμολόγησης αποτελεί έναν διαδεδομένο τρόπο αντιμετώπισης της κυκλοφοριακής συμφόρησης σε μεγάλα αστικά κέντρα. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση των κυκλοφοριακών συνεπειών που προκύπτουν από την εφαρμογή πολιτικών περιορισμού της κυκλοφορίας και συγκεκριμένα με την μέθοδο στατικής τιμολόγησης σε όλες τις εισόδους της περιοχής μελέτης. Ως περιοχή μελέτης ορίζεται ο μικρός δακτύλιος Αθηνών. Για την ανάλυση του φαινομένου, διαμορφώθηκαν κατάλληλα σενάρια στατικής τιμολόγησης, μετά από τη διενέργεια έρευνας ερωτηματολογίων σε οδηγούς οχημάτων ιδιωτικής χρήσης (I.X.), αναφορικά με την αποδοχή του μέτρου, ανάλογα με το ύψος του κομίστρου. Η προσομοίωση των σεναρίων τιμολόγησης για το μικρό δακτύλιο πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Aimsun. Πραγματοποιήθηκε μικροσκοπική ανάλυση των κυκλοφοριακών μεγεθών με τη χρήση επικαιροποιημένων κυκλοφοριακών δεδομένων. Τέλος, από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της μικροσκοπικής προσομοίωσης, προκρίνεται τελικά το βέλτιστο σενάριο.

Λέξεις - κλειδιά: κυκλοφοριακός κορεσμός, πολιτικές τιμολόγησης κορεσμού, μικρός δακτύλιος Αθηνών, σενάρια στατικής τιμολόγησης, ύψος κομίστρου, μικροσκοπική προσομοίωση

ABSTRACT

Despite the economic crisis in the recent years, traffic congestion in the urban road network of Athens remains a major problem, which has negative impact on both the environment and the users of transportation infrastructure. The implementation of road pricing policies comprises a widespread way of reducing the congestion in large urban capitals. The objective of this diploma thesis is the examination of traffic impacts from the implementation of gating control strategies and more precisely by the implementation of static congestion pricing policies. The study area consists of the inner ring area in the center of Athens city. To evaluate the effects of the static pricing policies, several scenarios are formulated and tested. The acceptance of the measure depending on the amount of fare was investigated through a survey using questionnaires. The microscopic simulation of the scenarios mentioned above was carried out using software, Aimsun, with updated traffic data. Finally, the most suitable scenario is suggested through the evaluation of microscopic simulation results.

Key - Words : *traffic congestion, congestion pricing strategies, small ring of Athens, static pricing scenarios, height of fare, microscopic simulation*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υπό εξέταση Διπλωματική Εργασία έχει ως αντικείμενο διερεύνησης την επιρροή πολιτικών τιμολόγησης του κυκλοφοριακού κορεσμού σε αστικά οδικά δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα, μελετώνται μικροσκοπικά οι κυκλοφοριακές συνέπειες στον μικρό δακτύλιο Αθηνών, λόγω της ενδεχόμενης χρήσης πολιτικών στατικής τιμολόγησης του κορεσμού.

Οι προαναφερθείσες πρακτικές αποσκοπούν στην αποθάρρυνση των μετακινούμενων από τη χρήση του οχήματος ιδιωτικής χρήσης (Ι.Χ.) ως αποκλειστικό μέσο μεταφοράς και, ως εκ τούτου, στη μείωση της κυκλοφοριακής ροής εντός του μικρού δακτυλίου Αθηνών, έτσι ώστε να μειωθούν τα επίπεδα των εκπεμπόμενων ρύπων και, παράλληλα, να αυξηθεί το βιοτικό επίπεδο των χρηστών των υποδομών .

Ωστόσο, τη δεδομένη χρονική περίοδο, όπου η οικονομική κρίση πλήττει τη χώρα και η φοροδοτική ικανότητα των πολιτών έχει, σχεδόν, εξαντληθεί, η εφαρμογή ενός τέτοιου μέτρου τιμολόγησης χρήζει ιδιαίτερης εξέτασης. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε έρευνα δεδηλωμένης προτίμησης, με χρήση ερωτηματολογίων, σε οδηγούς Ι.Χ., προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί το ποσοστό ανακατεύθυνσης εκείνων που θα επιλέξουν τελικά να χρησιμοποιήσουν κάποιο άλλο μέσο μεταφοράς για την πλήρωση των καθημερινών αναγκών τους ή το ποσοστό εκείνων που θα επιλέξουν διαδρομή περιμετρικά του δακτυλίου. Στην προκείμενη έρευνα, οι οδηγοί κλήθηκαν να απαντήσουν σε σενάρια τιμολόγησης με διαφορετικό ύψος κομίστρου σε κάθε ένα από αυτά.

Για την ανάλυση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του εκάστοτε σεναρίου, έγινε χρήση του λογισμικού προσομοίωσης μεταφορικών συστημάτων, Aimsun. Στο περιβάλλον του λογισμικού, δημιουργήθηκε το ψηφιακό προσομοίωμα του οδικού δικτύου της Αττικής, το οποίο περιλαμβάνει τους σημαντικότερους – κυκλοφοριακά – οδικούς άξονες. Η περιγραφόμενη ανάλυση αφορά την ώρα πρωινής αιχμής, ήτοι 8-9 π.μ. μιας τυπικής καθημερινής του Μαΐου 2015 και λαμβάνει υπόψη όλες τους ισχύοντες κυκλοφοριακούς περιορισμούς κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (φωτεινοί σηματοδότες, σταθερή οδική σήμανση). Επιπρόσθετα, για τη βαθμονόμηση του προσομοιώματος, χρησιμοποιήθηκαν επικαιροποιημένα κυκλοφοριακά δεδομένα για το εξεταζόμενο διάστημα μελέτης, τα οποία λήφθηκαν από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας της Αθήνας. Τέλος, καθώς το επίπεδο ανάλυσης είναι μικροσκοπικό, ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στη μελέτη μικροσκοπικών μεγεθών κυκλοφοριακής ροής (μέση ταχύτητα και καθυστέρηση ανά όχημα).

Αρχικά, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μικροσκοπική εξέταση του συνόλου του οδικού δικτύου της Αττικής. Ωστόσο, λόγω της φύσης του συγκεκριμένου είδους προσομοίωσης (εξαγωγή μικροσκοπικών μεγεθών ροής), δε θα παρέχονταν αξιόπιστα αποτελέσματα, καθώς δε θα υπήρχε αναλογία μεταξύ των κυκλοφοριακών καταστάσεων και φορτίσεων επί του δικτύου. Επιπλέον, η παραπάνω διερεύνηση κατέστη ανέφικτη ούτως ή άλλως, εξαιτίας των υψηλών υπολογιστικών πόρων που απαιτούνταν κατά τη μικροσκοπική προσομοίωση. Επιπρόσθετα, στα πλαίσια της υφιστάμενης εργασίας, κατά την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, λήφθηκε υπόψη το μεγαλύτερο ποσοστό της σύνθεσης κυκλοφορίας, αλλά και η επίδραση των δημοσίων αστικών συγκοινωνιών, μέσω της εισαγωγής των λεωφορειογραμμών του Ο.Α.Σ.Α στο οδικό δίκτυο της προσομοίωσης.

Τελικά υπολογίζονται οι επιπτώσεις από την εφαρμογή τριών διαφορετικών σεναρίων στατικής τιμολόγησης, με κόμιστρο ύψους 0,5, 1,0 και 1,5 €, αντίστοιχα. Για κάθε σενάριο πραγματοποιείται καθολική ανάλυση των αποτελεσμάτων για το δίκτυο προσομοίωσης συνολικά, καθώς και τοπική που αναφέρεται σε δύο θέσεις καταγραφής κυκλοφοριακών μεγεθών στις εισόδους του δακτυλίου, αυτές επί της Λ. Συγγρού και Βασ. Σοφίας.

Έτσι, ενδεικτικά, στα πλαίσια της καθολικής ανάλυσης για το πρώτο σενάριο τιμολόγησης, παρατηρήθηκε ποσοστιαία μείωση 21,47 και 15,52 % για τη μέση καθυστέρηση και το μέσο χρόνο διαδρομής ανά οδηγό, αντίστοιχα. Κατά την τοπική ανάλυση, καταγράφηκε αύξηση 65 και 9,5 % της μέσης ταχύτητας ανά οδηγό για τις θέσεις επί της Λ. Συγγρού και Βασ. Σοφίας, αντίστοιχα.

Αναφορικά με τα αποτελέσματα του δεύτερου σεναρίου οδικής τιμολόγησης, παρατηρήθηκε ποσοστιαία μείωση 38,21 και 27,53 % για τη μέση καθυστέρηση και μέσο χρόνο διαδρομής ανά οδηγό, αντίστοιχα. Επιπλέον, καταγράφηκε αύξηση 78,23 και 16,38 % της μέσης ταχύτητας ανά οδηγό για τις θέσεις επί της Λ. Συγγρού και Βασ. Σοφίας, αντίστοιχα.

Κατόπιν εκτέλεσης του τρίτου σεναρίου οδικής τιμολόγησης, επήλθε ποσοστιαία μείωση 55,97 και 39,61 % για τη μέση καθυστέρηση και μέσο χρόνο διαδρομής ανά οδηγό, αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε αύξηση 79,71 και 16,63 % για τη μέση ταχύτητα ανά οδηγό για τις θέσεις επί της Λ. Συγγρού και Βασ. Σοφίας, αντίστοιχα.

Τελικά διακρίνονται δύο οπτικές από τις οποίες υπάρχει δυνατότητα αξιολόγησης των αποτελεσμάτων του εκάστοτε σεναρίου τιμολόγησης και προτείνεται, κατά αντιστοιχία, το καταλληλότερο σενάριο προς εφαρμογή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	i
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	vii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Διατύπωση του προβλήματος	1
1.2 Η περίπτωση της Αθήνας.....	1
1.3 Αντιμετώπιση του προβλήματος.....	2
1.3.1 Επέκταση της υφιστάμενης συγκοινωνιακής υποδομής	2
1.3.2 Διαχείριση της Κυκλοφορίας	3
1.3.3 Κατάταξη Έργων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας.....	4
1.3.3.1 Τιμολόγηση του Κυκλοφοριακού Κορεσμού	6
1.4 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	7
1.5 Διάρθρωση της Διπλωματικής Εργασίας.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	10
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	10
2.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	10
2.1.1 Το Κόστος του Κυκλοφοριακού Κορεσμού.....	10
2.2 Αναλυτικός Προσδιορισμός της Τιμολόγησης Κορεσμού	13
2.3 Η έννοια της τιμολόγησης	15
2.4 Συστήματα τιμολόγησης του κορεσμού σε αστικά κέντρα	17
2.4.1 Διόδια στο Λονδίνο	17
2.4.1.1 Στόχοι και Στρατηγική του Συστήματος.....	17
2.4.1.2 Λειτουργία του Συστήματος	17

2.4.1.3 Αποτελέσματα του Συστήματος	20
2.4.2 Διόδια στο Όσλο	21
2.4.2.1 Στόχοι και Στρατηγική του Συστήματος.....	21
2.4.2.2 Περιγραφή του Συστήματος	22
2.4.2.3 Αποτελέσματα του Συστήματος	23
2.4.3 Διόδια στη Σιγκαπούρη	24
2.4.3.1 Στόχοι και Στρατηγική του Συστήματος.....	24
2.4.3.2 Περιγραφή του Συστήματος	25
2.4.3.3 Αποτελέσματα του Συστήματος	28
2.4.4 Διόδια στη Στοκχόλμη	29
2.4.4.1 Στόχοι και Στρατηγική του Συστήματος.....	29
2.4.4.2 Περιγραφή του Συστήματος	30
2.4.4.3 Αποτελέσματα του Συστήματος	31
2.4.5 Διόδια στο Εδιμβούργο	31
2.5 Προσομοίωση Λειτουργίας Μεταφορικών Συστημάτων	34
2.6 Το λογισμικό Aimsun	35
2.7 Περιπτώσεις εφαρμογής του λογισμικού Aimsun	36
2.7.1 Προσομοίωση στο Τορόντο	36
2.7.2 Προσομοίωση στο Αεροδρόμιο Charles de Gaulle του Παρισιού	37
2.8 Συμπεράσματα Βιβλιογραφίας	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	41
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	41
3.1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών	41
3.2 Έρευνα Πεδίου.....	42
3.2.1 Περιγραφή και Στόχοι του Προτεινόμενου Συστήματος Διοδίων	42
3.2.2 Περιγραφή Έρευνας Πεδίου	45
3.2.3 Το ερωτηματολόγιο	46
3.3 Προσομοίωση Οδικού Δικτύου Αθήνας	50

3.3.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο	50
3.3.2 Το Οδικό Δίκτυο της Αθήνας στο λογισμικό Aimsun	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	61
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ	61
4.1 Ανάλυση Δείγματος και Αποτελέσματα	61
4.1.1 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά Δείγματος.....	61
4.1.2 Ερωτήσεις αναφορικά με το I.X.	64
4.1.3 Ερωτήσεις αναφορικά με τη χρησιμοποιούμενη διαδρομή.....	70
4.1.4 Συνδυαστική Ανάλυση Μεταβλητών	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	79
ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	79
5.1 Περιγραφή των σεναρίων	79
5.2 Παραδοχές για την εκτέλεση των σεναρίων	80
5.2.1 Περιοχή Μελέτης.....	81
5.2.2 Χρονικό Διάστημα Μελέτης	82
5.2.3 Σύνθεση Κυκλοφορίας	82
5.2.4 Δίκτυο Λεωφορειογραμμών	83
5.3 Προγραμματισμός των σεναρίων στο περιβάλλον του λογισμικού Aimsun.....	90
5.4 Αποτελέσματα.....	97
5.4.1 Αποτελέσματα καθολικής ανάλυσης.....	97
5.4.1.1 Αποτελέσματα Βασικού Σεναρίου.....	97
5.4.1.2 Αποτελέσματα Σεναρίου Α.....	102
5.4.1.3 Αποτελέσματα Σεναρίου Β	105
5.4.1.4 Αποτελέσματα Σεναρίου Γ	108
5.4.2 Αποτελέσματα σημειακής ανάλυσης.....	112
5.4.2.1 Λ. Συγγρού.....	113
5.4.2.2 Βασ. Σοφίας	127
5.5 Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίων τιμολόγησης.....	139

5.5.1 Σύγκριση σεναρίων σε επίπεδο δικτύου	140
5.5.2 Σύγκριση σεναρίων σε τοπικό επίπεδο	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	148
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	148
6.1 Συμπεράσματα	148
6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	149
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	150

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1 Σχέση Κυκλοφοριακής Ροής με Κόστη και Οφέλη (Π. Παπαϊωάννου, ΑΠΘ, 2007).....	11
Σχήμα 2.2 Θεμελιώδες διάγραμμα συσχέτισης Ροής – Ταχύτητας (Σαμπράκος, 2010)	14
Σχήμα 2.3 Ζώνη επιβολής τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης στο Λονδίνο (TfL) ..	18
Σχήμα 2.4 Ενημερωτική κατακόρυφη οδική σήμανση, για την είσοδο των οχημάτων σε ζώνη χρέωσης της κυκλοφορίας (TfL)	19
Σχήμα 2.5 Ζώνη επιβολής τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης στο Όσλο (http://www.cdn.arstechnica.net/wp-content/uploads/sites/32/2015/10/oslo-car-free-map.jpg)	22
Σχήμα 2.6 Ζώνη επιβολής τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης στη Σιγκαπούρη (LandTransportAuthority, http://www.lta.gov.sg).....	26
Σχήμα 2.7 Ζώνη επιβολής τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης στη Στοκχόλμη (http://www.autoalert.me.uk).....	30
Σχήμα 2.8 Εξωτερική ζώνη τιμολόγησης στο Εδιμβούργο(http://www.news.bbc.co.uk).....	32
Σχήμα 2.9 Εσωτερική ζώνη τιμολόγησης στο Εδιμβούργο(http://www.news.bbc.co.uk).....	33
Σχήμα 2.10 Ψηφιακό κυκλοφοριακό προσομοίωμα της πόλης του Τορόντο (https://www.aimsun.com/wp/wp-content/uploads/2012/06/Flow-Toronto-SimFrame.png).....	37
Σχήμα 2.11 Περιοχή προσομοίωσης στο αεροδρόμιο CharlesdeGaulle (https://www.aimsun.com/wp/wp-content/uploads/2015/02/cdg-airport-aimsun.jpg)	38
Σχήμα 2.12 Ψηφιακό προσομοίωμα του παρακείμενου οδικού δικτύου στο αεροδρόμιο CharlesdeGaulle (https://www.aimsun.com/wp/wp-content/uploads/2015/06/CDG-hybrid.png)	39
Σχήμα 3.1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών για την εκτίμηση των κυκλοφοριακών συνεπειών από την εφαρμογή πολιτικών τιμολόγησης του κορεσμού.....	41
Σχήμα 3.2 Ο δακτύλιος της Αθήνας ως περιοχή επιβολής τέλους συμφόρησης (Βλαχογιάννη, Γκότσης, 2015).....	42

Σχήμα 3.3 Ο χρόνος διάνυσης μιας οδού συναρτήσει του κυκλοφοριακού όγκου που κινείται επί αυτής	51
Σχήμα 3.4 Συνάρτηση Ζήτησης – Προσφοράς για ένα μεταφορικό σύστημα	51
Σχήμα 3.5 Το ψηφιακό προσομοίωμα του οδικού δικτύου της Αττικής	53
Σχήμα 3.6 Το ψηφιακό προσομοίωμα του δακτυλίου της Αθήνας	54
Σχήμα 3.7 Καρτέλα στοιχείων μιας τυπικής σηματοδοτούμενης οδού	55
Σχήμα 3.8 Περίπτωση αναπαράστασης τυπικού κόμβου στο λογισμικό (Συμβολή των οδών Πανεπιστημίου και Γ' Σεπτεμβρίου)	56
Σχήμα 3.9 Ισχύον πρόγραμμα φωτεινής σηματοδότησης επί του κόμβου	57
Σχήμα 3.10 Τυπικό παράδειγμα κεντροειδούς στο περιβάλλον του λογισμικού	58
Σχήμα 3.11 Στοιχεία φόρτισης του κεντροειδούς	59
Σχήμα 3.12 Μορφή του Πίνακα Προέλευσης – Προορισμού (O/DMatrix)	60
Σχήμα 5.1 Περιοχή μελέτης	81
Σχήμα 5.2 Δημιουργηθέν δίκτυο λεωφορειακών γραμμών διερχόμενων από το δακτύλιο	84
Σχήμα 5.3 Δημιουργηθέν δίκτυο λεωφορειακών γραμμών διερχόμενων από το δακτύλιο (χωρίς απεικόνιση του οδικού δικτύου)	85
Σχήμα 5.4 Λίστα λεωφορειακών γραμμών και κωδικοποίηση της ονομασίας αυτών	86
Σχήμα 5.5 Χωρικός προγραμματισμός λεωφορειακής γραμμής	87
Σχήμα 5.6 Χρονικός προγραμματισμός λεωφορειακής γραμμής	88
Σχήμα 5.7 Λεωφορειολωρίδα και στάση επί της οδού Πανεπιστημίου	89
Σχήμα 5.8 Ορισμός οδικού τμήματος σε αποκλειστική λεωφορειολωρίδα	90
Σχήμα 5.9 Λίστα Πινάκων Προέλευσης-Προορισμού για τον προγραμματισμό των σεναρίων	91
Σχήμα 5.10 Αντιστοίχιση του Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού με την κατηγορία οχήματος	92
Σχήμα 5.11 Καθορισμός της απαγόρευσης εισόδου των οχημάτων "Rerouting" στο δακτύλιο από οδικό τμήμα της Βασ. Σοφίας	93
Σχήμα 5.12 Καρτέλα ζήτησης κυκλοφορίας για το Σενάριο Α	94

Σχήμα 5.13 Ένταξη των λεωφορειογραμμών σε Σ.Δ.Μ.....	95
Σχήμα 5.14 Εισαγωγή του Σ.Δ.Μ. σε μικροσκοπικό σενάριο	95
Σχήμα 5.15 Εισαγωγή ζήτησης κυκλοφορίας στο μικροσκοπικό σενάριο Α.....	96
Σχήμα 5.16 Καθορισμός ημέρας, ώρας, εποχής και καιρού προσομοίωσης	96
Σχήμα 5.17 Χάρτης προσομοιωμένης ροής για το βασικό σενάριο	98
Σχήμα 5.18 Χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το βασικό σενάριο.....	99
Σχήμα 5.19 Χάρτης προσομοιωμένης ροής για το σενάριο Α.....	102
Σχήμα 5.20 Χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το σενάριο Α	103
Σχήμα 5.21 Χάρτης προσομοιωμένης ροής για το σενάριο Β.....	105
Σχήμα 5.22 Χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το σενάριο Β	106
Σχήμα 5.23 Χάρτης προσομοιωμένης ροής για το σενάριο Γ	109
Σχήμα 5.24 Χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το σενάριο Γ.....	110

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 Τιμές Οριακού Κόστους λόγω Εξωτερικότητας Κυκλοφοριακής Συμφόρησης (Π. Παπαϊωάννου, ΑΠΘ, 2007)	13
Πίνακας 2.2 Συνέπειες των συστημάτων τιμολόγησης στην κυκλοφορία και το περιβάλλον (Βλαχογιάννη, Γκότσης, 2015)	40
Πίνακας 3.1 Τμήμα Γ(α) Ερωτηματολογίου.....	49
Πίνακας 3.2 Τμήμα Γ(β) Ερωτηματολογίου.....	49
Πίνακας 4.1 Μεταβολή της συμπεριφοράς των οδηγών ελέω εφαρμογής πολιτικών τιμολόγησης της κυκλοφορίας (Πρωινές Μετακινήσεις)	74
Πίνακας 4.2 Μεταβολή της συμπεριφοράς των οδηγών ελέω εφαρμογής πολιτικών τιμολόγησης της κυκλοφορίας (Μετακινήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας).....	75
Πίνακας 4.3 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με το σκοπό μετακίνησης κατά τις πρωινές ώρες	75
Πίνακας 4.4 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με το σκοπό μετακίνησης κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας	75
Πίνακας 4.5 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με τη συχνότητα μετακίνησης καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας	76
Πίνακας 4.6 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με το εισόδημα του ερωτώμενου (μετακινήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας)	76
Πίνακας 4.7 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με την κατανάλωση καυσίμου (μετακινήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας)	77
Πίνακας 4.8 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με το φύλο του ερωτώμενου.....	78
Πίνακας 4.9 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με την ηλικία του ερωτώμενου (μετακινήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας).....	78
Πίνακας 5.1 Στοιχεία ζήτησης για το Σενάριο Α.....	79
Πίνακας 5.2 Στοιχεία ζήτησης για το Σενάριο Β.....	80
Πίνακας 5.3 Στοιχεία ζήτησης για το Σενάριο Γ	80
Πίνακας 5.4 Στοιχεία προγραμματισμού σεναρίων	91
Πίνακας 5.5 Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (Βασικό Σενάριο)	99

Πίνακας 5.6 Μέση πυκνότητα εντός του δικτύου (Βασικό Σενάριο).....	100
Πίνακας 5.7 Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος κατά την ώρα αιχμής (Βασικό Σενάριο)	100
Πίνακας 5.8 Μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου (Βασικό Σενάριο)	100
Πίνακας 5.9 Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (Βασικό Σενάριο)	101
Πίνακας 5.10 Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (Βασικό Σενάριο)	101
Πίνακας 5.11 Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (Βασικό Σενάριο)	101
Πίνακας 5.12 Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (Βασικό Σενάριο)	101
Πίνακας 5.13 Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (Σενάριο Α)	103
Πίνακας 5.14 Μέση πυκνότητα εντός του δικτύου (Σενάριο Α)	103
Πίνακας 5.15 Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος κατά την ώρα αιχμής (Σενάριο Α)	104
Πίνακας 5.16 Μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου (Σενάριο Α)	104
Πίνακας 5.17 Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (Σενάριο Α)	104
Πίνακας 5.18 Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Α)	104
Πίνακας 5.19 Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (Σενάριο Α)	105
Πίνακας 5.20 Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Α)	105
Πίνακας 5.21 Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (Σενάριο Β)	106
Πίνακας 5.22 Μέση πυκνότητα εντός του δικτύου (Σενάριο Β)	106
Πίνακας 5.23 Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος κατά την ώρα αιχμής (Σενάριο Β).....	107
Πίνακας 5.24 Μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου (Σενάριο Β).....	107
Πίνακας 5.25 Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (Σενάριο Β)	107
Πίνακας 5.26 Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Β)	107
Πίνακας 5.27 Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (Σενάριο Β).....	108
Πίνακας 5.28 Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Β).....	108
Πίνακας 5.29 Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (Σενάριο Γ).....	110

Πίνακας 5.30 Μέση πυκνότητα εντός του δικτύου (Σενάριο Γ)	110
Πίνακας 5.31 Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος κατά την ώρα αιχμής (Σενάριο Γ).....	111
Πίνακας 5.32 Μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου (Σενάριο Γ).....	111
Πίνακας 5.33 Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (Σενάριο Γ).....	111
Πίνακας 5.34 Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Γ).....	111
Πίνακας 5.35 Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (Σενάριο Γ)	112
Πίνακας 5.36 Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Γ).....	112
Πίνακας 5.37 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης καθυστέρησης ανά όχημα και σενάριο τιμολόγησης	140
Πίνακας 5.38 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης πυκνότητας ανά σενάριο τιμολόγησης	140
Πίνακας 5.39 Ποσοστιαία μεταβολή του εξυπηρετούμενου κυκλοφοριακού όγκου ανά σενάριο τιμολόγησης	141
Πίνακας 5.40 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης ουράς αναμονής ανά σενάριο τιμολόγησης	141
Πίνακας 5.41 Ποσοστιαία μεταβολή των απολυμένων στρεφουσών εντός του δικτύου ανά σενάριο τιμολόγησης	141
Πίνακας 5.42 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης ταχύτητας διαδρομής ανά όχημα και σενάριο τιμολόγησης	142
Πίνακας 5.43 Ποσοστιαία μεταβολή του μέσου χρόνου στάσης ανά όχημα και σενάριο τιμολόγησης	142
Πίνακας 5.44 Ποσοστιαία μεταβολή του μέσου χρόνου διαδρομής ανά όχημα και σενάριο τιμολόγησης	142
Πίνακας 5.45 Ποσοστιαία μεταβολή των καταγραφόμενων κυκλοφοριακών μεγεθών επί του φωρατή στη Λ. Συγγρού.....	143
Πίνακας 5.46 Ποσοστιαία μεταβολή των καταγραφόμενων κυκλοφοριακών μεγεθών επί του φωρατή στη Βασ. Σοφίας	143

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 4.1 Διαχωρισμός του δείγματος βάσει φύλου.....	61
Διάγραμμα 4.2 Κατανομή του δείγματος συναρτήσει ηλικιακής κλάσης.....	62
Διάγραμμα 4.3 Ποσοστό έγγαμων μεταξύ των ερωτηθέντων	63
Διάγραμμα 4.4 Κατανομή δείγματος σύμφωνα με το μορφωτικό επίπεδο	63
Διάγραμμα 4.5 Επαγγελματική κατάρτιση των ερωτηθέντων.....	64
Διάγραμμα 4.6 Κατανομή του δείγματος βάσει του ετήσιου εισοδήματος.....	64
Διάγραμμα 4.7 Διαθεσιμότητα Ι.Χ. μεταξύ των ερωτηθέντων	65
Διάγραμμα 4.8 Διαχωρισμός των οχημάτων σε ελαφρά και βαρέα	65
Διάγραμμα 4.9 Κατανομή των οχημάτων σύμφωνα με το πρώτο έτος κυκλοφορίας τους	66
Διάγραμμα 4.10 Κατηγοριοποίηση των οχημάτων συναρτήσει του κυβισμού.....	66
Διάγραμμα 4.11 Κατάταξη των οχημάτων βάσει της ισχύος κινητήρα	67
Διάγραμμα 4.12 Κατανομή των οχημάτων σύμφωνα με τον τύπο καυσίμου	68
Διάγραμμα 4.13 Ιστόγραμμα εκπομπής ρύπων για τα οχήματα των ερωτηθέντων	68
Διάγραμμα 4.14 Ποσοστό εξαιρούμενων και μη οχημάτων από τη χρέωση	69
Διάγραμμα 4.15 Κατάταξη των οχημάτων σύμφωνα με την κατανάλωση καυσίμου.....	69
Διάγραμμα 4.16 Κατανομή των ερωτηθέντων βάσει της περιοχής διαμονής τους.....	70
Διάγραμμα 4.17 Κατάταξη των διαδρομών συναρτήσει της γεωμετρικής χάραξης ...	71
Διάγραμμα 4.18 Κατανομή των διαδρομών σύμφωνα με τη συχνότητα χρήσης τους	71
Διάγραμμα 4.19 Διάκριση των μετακινήσεων συναρτήσει του χρησιμοποιούμενου μέσου μεταφοράς	72
Διάγραμμα 4.20 Δυνατότητα λήψης εναλλακτικής διαδρομής	72
Διάγραμμα 4.21 Δυνατότητα χρήσης Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.....	73
Διάγραμμα 4.22 Διάκριση των μετακινήσεων σύμφωνα με το σκοπό	73
Διάγραμμα 4.23 Πρωινές ή μη μετακινήσεις.....	74

Διάγραμμα 4.24 Κατανομή του συνόλου των οχημάτων συναρτήσει της μέσης κατανάλωσης καυσίμου.....	77
Διάγραμμα 5.1 Φόρτος/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το βασικό σενάριο	113
Διάγραμμα 5.2 Πυκνότητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το βασικό σενάριο	114
Διάγραμμα 5.3 Κατάληψη/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το βασικό σενάριο	114
Διάγραμμα 5.4 Ταχύτητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το βασικό σενάριο	115
Διάγραμμα 5.5 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για την Λ. Συγγρού και το βασικό σενάριο.....	116
Διάγραμμα 5.6 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για την Λ. Συγγρού και το βασικό σενάριο	117
Διάγραμμα 5.7 Φόρτος/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Α	117
Διάγραμμα 5.8 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Λ. Συγγρού για το σενάριο Α	118
Διάγραμμα 5.9 Κατάληψη/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Α	118
Διάγραμμα 5.10 Ταχύτητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Α.....	119
Διάγραμμα 5.11 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Α	119
Διάγραμμα 5.12 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Α	120
Διάγραμμα 5.13 Φόρτος/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Β.....	121
Διάγραμμα 5.14 Πυκνότητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Β.....	121
Διάγραμμα 5.15 Κατάληψη/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Β	122
Διάγραμμα 5.16 Ταχύτητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Β	122
Διάγραμμα 5.17 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Β	123
Διάγραμμα 5.18 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Β	123
Διάγραμμα 5.19 Φόρτος/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Γ	124
Διάγραμμα 5.20 Πυκνότητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Γ	125
Διάγραμμα 5.21 Κατάληψη/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Γ	125

Διάγραμμα 5.22 Ταχύτητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Γ	126
Διάγραμμα 5.23 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Γ	126
Διάγραμμα 5.24 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Γ	127
Διάγραμμα 5.25 Φόρτος/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το βασικό σενάριο	128
Διάγραμμα 5.26 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το βασικό σενάριο	128
Διάγραμμα 5.27 Κατάληψη/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το βασικό σενάριο	129
Διάγραμμα 5.28 Ταχύτητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το βασικό σενάριο.....	129
Διάγραμμα 5.29 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για τη Βασ. Σοφίας και το βασικό σενάριο.....	130
Διάγραμμα 5.30 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για τη Βασ. Σοφίας και το βασικό σενάριο.....	130
Διάγραμμα 5.31 Φόρτος/5 λεπτο Βασ. Σοφίας για το σενάριο Α	131
Διάγραμμα 5.32 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Α.....	131
Διάγραμμα 5.33 Κατάληψη/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Α	132
Διάγραμμα 5.34 Ταχύτητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Α	132
Διάγραμμα 5.35 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Α	133
Διάγραμμα 5.36 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Α	133
Διάγραμμα 5.37 Φόρτος/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Β.....	134
Διάγραμμα 5.38 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Β.....	134
Διάγραμμα 5.39 Κατάληψη/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Β.....	135
Διάγραμμα 5.40 Ταχύτητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Β	135
Διάγραμμα 5.41 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Β	136
Διάγραμμα 5.42 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Β	136

Διάγραμμα 5.43 Φόρτος/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Γ	137
Διάγραμμα 5.44 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Γ	137
Διάγραμμα 5.45 Κατάληψη/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Γ	138
Διάγραμμα 5.46 Ταχύτητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Γ	138
Διάγραμμα 5.47 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Γ	139
Διάγραμμα 5.48 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Γ	139
Διάγραμμα 5.49 Σχέση Κατάληψης-Φόρτου για όλα τα σενάρια επί της Λ. Συγγρού	144
Διάγραμμα 5.50 Σχέση Ταχύτητας Διαδρομής-Φόρτου για όλα τα σενάρια επί της Λ. Συγγρού	145
Διάγραμμα 5.51 Σχέση Κατάληψης-Φόρτου για όλα τα σενάρια επί της Βασ. Σοφίας	146
Διάγραμμα 5.52 Σχέση Ταχύτητας Διαδρομής-Φόρτου για όλα τα σενάρια επί της Βασ. Σοφίας	147

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Διατύπωση του προβλήματος

Ο κορεσμός της κυκλοφορίας συνιστά ένα από τα πλέον σημαντικά προβλήματα των αστικών μεγαλουπόλεων ανά τον κόσμο. Η αύξηση των καθημερινών αναγκών για μετακίνηση, λόγω του υψηλής έντασης χαρακτήρα των σύγχρονων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, σε συνδυασμό με την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη μαζική παραγωγή αυτοκινήτων τις τελευταίες δεκαετίες, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία καταστάσεων κυκλοφοριακής συμφόρησης εντός των αστικών οδικών δικτύων. Λογική απόρροια των παραπάνω, εκτός από τη δυσχέρεια στη μετακίνηση των ενδιαφερομένων, αποτελεί η δημιουργία καταστάσεων ηχορύπανσης, καθώς και η αύξηση των επιπέδων εκπομπής ρύπων εντός του αστικού περιβάλλοντος. Οι προαναφερθείσες καταστάσεις έχουν – φυσικά – καταστρεπτικές συνέπειες, τόσο για την ψυχοσωματική υγεία των χρηστών των υποδομών, όσο και για την εθνική οικονομία των εκάστοτε κρατών, τα οποία δαπανούν τεράστια χρηματικά ποσά σε δομές της Υγείας, ενώ θα ήταν εφικτό να γίνει εξοικονόμηση των συγκεκριμένων πόρων, προκειμένου να επενδυθούν στη δημιουργία νέων υποδομών ή – εναλλακτικά – σε άλλες κρατικές δομές, όπως η Παιδεία, ο Πολιτισμός και η Εφαρμοσμένη Έρευνα.

1.2 Η περίπτωση της Αθήνας

Η Αθήνα αποτελεί την πρωτεύουσα της Ελλάδας και – ταυτόχρονα – ένα από τα πιο πυκνοκατοικημένα αστικά κέντρα στην Ευρώπη. Σύμφωνα με την τελευταία ελληνική απογραφή (2011), υπολογίζεται ότι συγκεντρώνει περίπου το 33% του ελληνικού πληθυσμού. Η δε φαινομενική οικονομική ευμάρεια των προηγούμενων ετών, παράλληλα με την άνοδο της αυτοκινητοβιομηχανίας, οδήγησε στην εκτίναξη του συντελεστή ιδιοκτησίας οχήματος ιδιωτικής χρήσης (Ι.Χ.). Ειδικότερα, ο συγκεκριμένος συντελεστής εκτιμάται σε 440 οχήματα ανά 1000 κατοίκους (‘‘Κινητικότητα στον αστικό χώρο. Πράσινη Βίβλος και ελληνική πραγματικότητα’’, ΤΕΕ, Αθήνα, 9 Ιουνίου 2008), με μέγιστο όριο τα 600. Σαν συνέπεια, το όχημα Ι.Χ. αναδείχτηκε σε – σχεδόν – αποκλειστικό μέσο μεταφοράς και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η Αθήνα αποτελεί κόμβο επιχειρηματικών, εμπορικών και τουριστικών δραστηριοτήτων, οδήγησε στη δημιουργία καταστάσεων κυκλοφοριακής συμφόρησης, τόσο στο δακτύλιο του κέντρου, όσο και στο παρακείμενο οδικό δίκτυο. Το συγκεκριμένο πρόβλημα γίνεται πιο εύκολα αντιληπτό, ειδικότερα κατά

τις ώρες αιχμής, με τις περισσότερες οδικές αρτηρίες να λειτουργούν σε συνθήκες κορεσμού.

Η έντονη οικοδομική δραστηριότητα των προηγούμενων ετών και η πυκνή δόμηση που προέκυψε, δίχως το σαφή καθορισμό των χρήσεων γης, όξυνε ακόμη περισσότερο το φαινόμενο. Επιπλέον, κατά τον αστικό σχεδιασμό απουσίαζε η συγκρότηση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου για τηνεύρυθμη λειτουργία ενός αξιόπιστου συγκοινωνιακού συστήματος, ενώ ταυτόχρονα δεν κατέστη δυνατό να προβλεφθεί και η ραγδαία αύξηση της χρήσης του οχήματος Ι.Χ., με αποτέλεσμα το ογκώδες – πλέον – μεταφορικό έργο να μη δύναται να εξυπηρετηθεί από τις υφιστάμενες οδικές υποδομές ή να λειτουργεί σε χαμηλή στάθμη εξυπηρέτησης. Καθίσταται, λοιπόν, επιτακτική η ανάγκη για την λήψη μέτρων αντιμετώπισης του προβλήματος.

1.3 Αντιμετώπιση του προβλήματος

Προκειμένου να καταστεί διαχειρίσιμο και επιλύσιμο το πρόβλημα του κυκλοφοριακού κορεσμού, υπάρχουν δύο διαφορετικές πολιτικές αντιμετώπισης του. Η πρώτη αφορά (α) την επέκταση της υπάρχουσας συγκοινωνιακής υποδομής, ενώ η δεύτερη αναφέρεται (β) στην ορθολογικότερη διαχείριση της κυκλοφορίας, με την λήψη κατάλληλων μέτρων. Εν συνεχεία, παρατίθενται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των υπόψη πολιτικών.

1.3.1 Επέκταση της υφιστάμενης συγκοινωνιακής υποδομής

Θεωρητικά, βέλτιστη λύση για την αντιμετώπιση του ως άνω περιγραφέντος προβλήματος, αποτελεί η αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας των υφιστάμενων οδικών υποδομών, με τη δημιουργία νέων λωρίδων ή ακόμη και αρτηριών. Ωστόσο, στην πράξη, η προώθηση μιας τέτοιας πρότασης παρουσιάζει προβλήματα, τόσοσε οικονομικό, όσο και σε τεχνικό επίπεδο.Ειδικότερα, υπό τις επικρατούσες συνθήκες οικονομικής αστάθειας, οι διαθέσιμοι πόροι, τόσο από τον κρατικό μηχανισμό επενδύσεων, όσο και από Ευρωπαϊκά Προγράμματα Χρηματοδότησης Δημοσίων Έργων, είναι ελάχιστοι έως μηδαμινοί. Εξετάζοντας δε την προκείμενη λύση από τεχνικής σκοπιάς, διαπιστώνεται ότι εφαρμογή της θα ενθάρρυνε ακόμη περισσότερο τη χρήση του Ι.Χ., με συνέπεια την αύξηση της εκπομπής ρύπων στο ήδη επιβαρυνμένο αστικό περιβάλλον, καθιστώντας παράλληλα τη βιωσιμότητα των μελλοντικών μεταφορών υπό αμφισβήτηση. Το παραπάνω φαινόμενο οφείλεται στο γεγονός ότι η αύξηση της προσφοράς με την κατασκευή νέων οδών συμβάλλει στην ταχύτερη αύξηση της κυκλοφορίας και των δυσμενών επιπτώσεων, όπως αυτές ήδη αναφέρθηκαν, οπότε παρουσιάζεται ανάγκη κατασκευής και νέας υποδομής κ.ο.κ. Κατά συνέπεια δημιουργείται ένας φαύλος κύκλος. Τέλος, η συνολική λειτουργία του

συγκοινωνιακού συστήματος κρίνεται ασύμφορη, υπό το σκεπτικό ότι δεν αναμένεται πλήρης αξιοποίηση των οδικών στοιχείων, κατά τις ώρες εκτός αιχμής.

1.3.2 Διαχείριση της Κυκλοφορίας

Η Διαχείριση της Οδικής Κυκλοφορίας ή απλά Διαχείριση της Κυκλοφορίας αποτελεί μια προσπάθεια μείωσης της κατασκευής νέων οδών και συγκοινωνιακών έργων :

- με την αποτελεσματικότερη χρήση της υπάρχουσας συγκοινωνιακής υποδομής βραχυχρόνια και με περιορισμένου ύψους επενδύσεις. (Διαχείριση Συστήματος Μεταφορών -ΔΣΜ-)
- με τον περιορισμό της ζήτησης για μεταφορές και χρήσης του επιβατικού αυτοκινήτου στις κυκλοφοριακά συμφορημένες περιοχές και ειδικότερα κατά τις περιόδους αιχμής (Διαχείριση Ζήτησης Μεταφορών -ΔΖΜ-)

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται σήμερα διεθνώς, αλλά και στην Ελλάδα στη Διαχείριση της Κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα για την Αθήνα, όπου η κυκλοφορία αποτελεί τον κύριο παράγοντα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, έχουν κατά καιρούς εξαγγελθεί διάφορα πακέτα μέτρων κατά του "νέφους", τα οποία περιλαμβάνουν κυρίως μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας (ΔΣΜ και ΔΖΜ).

Οι έννοιες της Διαχείρισης Συστήματος Μεταφορών και Ζήτησης Μετακινήσεων εκφράζονται και ομαδοποιούνται ως εξής, αναφορικά με τα βασικά χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας και των μετακινήσεων.

- α. Βελτίωση των χαρακτηριστικών της κυκλοφοριακής ροής
- β. Ανακατανομή της κυκλοφορίας στο χώρο
- γ. Ανακατανομή της κυκλοφορίας στο χρόνο
- δ. Διοχέτευση και ανακατανομή της κυκλοφορίας στα μέσα μεταφοράς
- ε. Μείωση του μήκους και της διάρκειας των μετακινήσεων
- στ. Μείωση της συχνότητας των μετακινήσεων
- ζ. Αύξηση του ποσοστού πλήρωσης των οχημάτων

Τα μέτρα Διαχείρισης της Κυκλοφορίας εφαρμόζονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες χρηστών των συγκοινωνιακών υποδομών και αυτές είναι :

- α. Οδηγοί επιβατικών αυτοκινήτων
- β. Επιβάτες επιβατικών αυτοκινήτων

γ. Επιβάτες δημοσίων αστικών συγκοινωνιών

δ. Ευάλωτοι χρήστες της οδού (πεζοί)

ε. Ποδηλάτες

στ. Διακινούμενα αγαθά (φορτηγά)

1.3.3 Κατάταξη Έργων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας

Στην πράξη, υφίσταται ένας μεγάλος αριθμός έργων ή μέτρων Διαχείρισης της Κυκλοφορίας, μερικά εκ των οποίων εφαρμόζονται ήδη στο οδικό δίκτυο της Αθήνας. Τα έργα αυτά δύναται να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν.

α. Βελτίωση Ροής Οχημάτων, με σκοπό την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας και της ταχύτητας επί των οδικών στοιχείων, καθώς και τη μείωση της ρύπανσης, της κατανάλωσης ενέργειας και των ατυχημάτων. Ενδεικτικά μέτρα βελτίωσης της κυκλοφοριακής ροής είναι :

- Βελτιστοποίηση φωτεινής σηματοδότησης
- Μονοδρομήσεις
- Αντιδρομήσεις
- Επανεξέταση διαρρύθμισης κόμβων
- Απαγόρευσης στάθμευσης παρά το κράσπεδο
- Μεταφορά στάσεων και διαμόρφωση εσοχών για λεωφορεία
- Απαγόρευση αριστερών στροφών από τον άξονα κεντρικών οδικών αρτηριών

β. Προνομιακή Μεταχείριση και Βελτίωση των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών (Δ.Α.Σ.), η οποία αποσκοπεί στην παροχή καλύτερη στάθμης εξυπηρέτησης προς το επιβατικό κοινό και αναφέρεται μόνο στα λεωφορεία, τα οποία και χρησιμοποιούν τις οδικές υποδομές. Συνοπτικά, τέτοια μέτρα μπορεί να είναι :

- Αποκλειστικές λωρίδες λεωφορείων και λεωφορειόδρομοι
- Έλεγχος της καλής χρήσης των λεωφορειολωρίδων
- Προνομιακή εξυπηρέτηση της κίνησης των λεωφορείων, μέσω της σηματοδότησης
- Ειδική μεταχείριση των λεωφορείων με κατάλληλη σήμανση
- Εγκατάσταση ειδικού ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου εισιτηρίου, κατά την είσοδο στο λεωφορείο
- Αναμόρφωση της πολιτικής πωλήσεων, με τη δημιουργία ενιαίου ηλεκτρονικού εισιτηρίου

- Εκστρατεία προσέλκυσης επενδύσεων προς τις Οδικές Συγκοινωνίες (Ο.ΣΥ.), με στόχο τη συντήρηση και επέκταση του υφιστάμενου στόλου

γ. Προώθηση Ήπιας Μορφής Μετακινήσεων, δίχως την κατανάλωση καυσίμου, δηλαδή των μετακινήσεων πεζή και με ποδήλατο, προκειμένου να επέλθει μείωση της χρήσης των μηχανοκίνητων οχημάτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω των παρακάτω έργων :

- Ενημέρωση των μετακινούμενων για τις ευεργετικές επιδράσεις της μετακίνησης πεζή και με ποδήλατο, προς την υγεία
- Διευκόλυνση κυκλοφορίας πεζών (διαπλάτυνση πεζόδρομων, αναμόρφωση διαβάσεων, καλύτερος φωτισμός)
- Ευνόηση κυκλοφορίας ποδηλάτων, με τη δημιουργία ειδικών λωρίδων ή ακόμα και δρόμων ποδηλάτου

δ. Διαχείριση της Στάθμευσης, με στόχο να επηρεαστεί θετικά και στο σύνολο της η κυκλοφορία, ειδικά εντός οδών περιορισμένου πλάτους, λαμβάνοντας τα υπόψη μέτρα :

- Επαναφορά τελών στάθμευσης
- Αστυνόμευση και έλεγχος της παράνομης στάθμευσης, για την αποτροπή τοπικών σημείων "στραγγαλισμού" της κυκλοφορίας (trafficbottleneck)
- Προνομιακή μεταχείριση των κατοίκων εντός του δακτυλίου, με την παροχή ειδικών αδειών στάθμευσης

ε. Ευνοϊκή Μεταχείριση Επιβατικών Αυτοκινήτων Υψηλής Πλήρωσης, δηλαδή οχημάτων Ι.Χ. με το μεγαλύτερο δυνατό αριθμό επιβατών, προκειμένου – για την εξυπηρέτηση του ίδιου αριθμού μετακινούμενων προσώπων – να επέλθει μείωση του συνολικού αριθμού επιβατικών αυτοκινήτων εντός του αστικού οδικού δικτύου. Ενδεικτικά μέτρα προς αυτήν την κατεύθυνση είναι :

- Παροχή κινήτρων από εργοδότες για την ομαδική χρήση αυτοκινήτων
- Διαμόρφωση ειδικών λωρίδων κυκλοφορίας

στ. Εφαρμογή Συστημάτων Προηγμένης Τεχνολογίας, με τη χρήση Πινακίδων Μεταβλητών Μηνυμάτων, για την έγκαιρη ενημέρωση των μετακινούμενων, αναφορικά με περιοχές υψηλής κυκλοφοριακής συμφόρησης σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, προκειμένου να αποφευχθεί η χρήση του οχήματος Ι.Χ. και το επιβατικό κοινό να στραφεί στα Μέσα Σταθερής Τροχιάς για την καλύτερη εξυπηρέτησή του.

ζ. Περιορισμός της Κυκλοφορίας Οχημάτων. Αναφέρεται στην απαγόρευση της κυκλοφορίας όλων ή συγκεκριμένων κατηγοριών οχημάτων από ορισμένες κρίσιμες περιοχές, με σκοπό την αποφυγή του κυκλοφοριακού κορεσμού εντός περιοχών μεγάλης κυκλοφορίας (π.χ. κέντρο της Αθήνας) και – παράλληλα – να

προστατευθούν οι οικιστικές περιοχές, καθώς και ευαίσθητες περιοχές τουριστικού ενδιαφέροντος (π.χ. αρχαιολογικοί χώροι). Τα κυριότερα μέτρα που είναι εφικτό να ληφθούν για την πλήρωση του ανώτερου σκοπού, είναι :

- Παρεμπόδιση της διαμπερούς κυκλοφορίας μέσα από οικιστικές περιοχές
- Περιορισμός κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων
- Απαγόρευση – μόνιμη ή περιοδική – της κυκλοφορίας σε μια διευρυμένη περιοχή, όπως συμβαίνει ήδη στην περιοχή του δακτυλίου της Αττικής
- Προώθηση πολιτικών περιορισμού της κυκλοφορίας, μέσω της ανάπτυξης κατάλληλου συστήματος τιμολόγησης του κορεσμού (congestionpricing).

η. Μείωση Μετακινήσεων σε Περιόδους Αιχμής, με απώτερο σκοπό τη σταδιακή μείωση του κορεσμού κατά τις περιόδους αιχμής και τη βελτίωση των συνθηκών λειτουργίας των υφιστάμενων οδικών στοιχείων (μείωση χρόνου διαδρομών, αύξηση αναπτυσσόμενης ταχύτητας, αύξηση χρονικού και χωρικού διαχωρισμού), έτσι ώστε να αποτραπεί η κατασκευή έργων απαραίτητων μόνο για τις περιόδους αυτές. Το σημαντικότερο μέτρο που δύναται να ληφθεί προς αυτήν την κατεύθυνση αφορά την :

- Εφαρμογή ενός συστήματος τιμολόγησης του αστικού κορεσμού, με την επιβολή όμως μεταβλητού κομίστρου (Δυναμικό Σύστημα Τιμολόγησης), το οποίο συναρτάται από τις εκάστοτε επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες και αυξάνει κατά τις περιόδους αιχμής.

Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός τέτοιου δυναμικού συστήματος τιμολόγησης του κορεσμού στο αστικό οδικό δίκτυο της Αττικής αποτελούν αντικείμενο μελέτης στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού έργου.

1.3.3.1 Τιμολόγηση του Κυκλοφοριακού Κορεσμού

Από τα προηγούμενα έργα για τη διαχείριση της κυκλοφορίας, αποδοτικότερο φαίνεται πως είναι η τιμολόγηση του κορεσμού. Η χρέωση, δηλαδή, για την χρήση των υφιστάμενων οδικών υποδομών αποτελεί μια μορφή υπηρεσίας, η οποία αποσκοπεί στη μείωση της χρήσης του αυτοκινήτου Ι.Χ., προκειμένου να καταστήσει – μακροπρόθεσμα – βιώσιμη την λειτουργία του συγκοινωνιακού συστήματος και των μεταφορών, εν γένει. Με αυτόν τον τρόπο, δεν επιτυγχάνεται απλά μια επιπλέον βελτιστοποίηση των συνθηκών ροής, η οποία πολλάκις αποδεικνύεται και άσκοπη, αφού δεν επιφέρει αλλαγές σε σημαντικό βαθμό, αλλά αντιμετωπίζεται το πρόβλημα εν τη γενέσει του. Η λογική για την εφαρμογή ενός συστήματος τιμολόγησης του αστικού κορεσμού, έγκειται στην χρέωση ενός αγαθού – εν προκειμένω οδικά στοιχεία και περιβάλλον – το οποίο έχει υψηλή ζήτηση και επιβαρύνεται σταδιακά από τη χρήση του. Η στροφή προς περιβαλλοντικά φιλικές μορφές μετακίνησης αποτελεί αντικείμενο διερεύνησης και – ταυτόχρονα – το μέλλον του κλάδου των Μεταφορών.

Στην Αθήνα, έχει διατυπωθεί ρητά η ανάγκη για την εφαρμογή μιας πολιτικής τιμολόγησης της χρήσης των υποδομών, από τον Σύλλογο Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων (Σ.Ε.Σ., 2005), όργανο ανεξάρτητο, η δράση του οποίου έχει συμβουλευτικό χαρακτήρα προς τους αρμόδιους δημόσιους φορείς διαχείρισης των υποδομών, όταν παραστεί ανάγκη σε συγκοινωνιακά ζητήματα.

Τα συστήματα τιμολόγησης ποικίλλουν, ανάλογα με το είδος της χρέωσης που επιφέρουν. Συνεπώς, το κόμιστρο μπορεί να είναι σταθερό για όλους τους χρήστες του οδικού δικτύου (Στατικό Σύστημα Τιμολόγησης – Σ.Σ.Τ.), αλλά και μεταβλητό ως προς τον τύπο, την τεχνολογία και το επίπεδο εκπεμπόμενων ρύπων του οχήματος, τη χιλιομετρική χρήση, καθώς τις εκάστοτε επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες. Η δεύτερη μορφή χρέωσης αναφέρεται σε Δυναμικό Σύστημα Τιμολόγησης (Δ.Σ.Τ.), λόγω του μεταβλητού ύψους του κομίστρου.

Το εξεταζόμενο μέτρο διαχείρισης της κυκλοφορίας παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, έναντι των υπολοίπων. Αρχικά, συνιστά μια αξιόπιστη πηγή εσόδων, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε βάθος χρόνου για την επένδυση σε νέα συγκοινωνιακά έργα, όπου κριθούν αυτά αναγκαία, ενώ καθίσταται εφικτή και η συντήρηση των ήδη υπαρχουσών υποδομών. Ωστόσο, πρέπει να καταστεί σαφές στους μετακινούμενους ότι δεν αποτελεί ένα πρόσθετο φοροεισπρακτικό μέτρο, στα πλαίσια της υπάρχουσας οικονομικής ύφεσης, καθώς – υπό το πρίσμα αυτό – δεν αναμένεται επιτυχής απόδοση του. Επιπλέον, τα έσοδα από την εφαρμογή του μέτρου, δύναται να διατεθούν προς την αναβάθμιση των υπηρεσιών των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών. Τέλος, εάν μελετάται η επιρροή ενός δυναμικού συστήματος τιμολόγησης, τότε είναι εφικτή η μείωση των μετακινήσεων κατά τις περιόδους αιχμής, χωρίς όμως να πραγματοποιείται παράλληλη χρονική μετάθεση των συγκεκριμένων περιόδων.

Για τον επαρκή σχεδιασμό και την επιτυχή υλοποίηση ενός συστήματος οδικής χρέωσης, είναι απαραίτητη η εξέταση όλων των παραμέτρων που συναρτώνται από την λειτουργία του. Συγκεκριμένα, αξίζει ιδιαίτερης προσοχής η μελέτη παραγόντων, όπως η περιβαλλοντική ζημιογόνα λειτουργία των οχημάτων παντός τύπου, η αξία της διαδρομής και το προσωπικό κόστος κάθε χρήστη, καθώς και η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών. Εν τέλει, κρίνεται αναγκαίος και ο καθορισμός της πολιτικής για την βέλτιστη αξιοποίηση των εσόδων από την εφαρμογή του μέτρου.

1.4 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Η τιμολόγηση του κορεσμού στα αστικά οδικά δίκτυα αποτελεί αντικείμενο χρόνιας διερεύνησης από συγκοινωνιολόγους και ερευνητές των μεταφορών. Σκοπός του παρόντος ερευνητικού έργου είναι η μικροσκοπική διερεύνηση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων από την ενδεχόμενη εφαρμογή στατικών πολιτικών τιμολόγησης του

κορεσμού στο δακτύλιο της Αθήνας. Συγκεκριμένα, αντικείμενο ενδιαφέροντος της εξεταζόμενης εργασίας, αποτελούν τα μικροσκοπικά μεγέθη της κυκλοφορίας, τα οποία αναλύονται διεξοδικά. Η παραπάνω ανάλυση πραγματοποιήθηκε, κατόπιν διαμόρφωσης κατάλληλων σεναρίων τιμολόγησης, κάθε ένα από τα οποία αφορά διαφορετικό ύψος κομίστρου. Επιπλέον, η αξιολόγηση των σεναρίων προέκυψε με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης κυκλοφοριακών λειτουργιών, Aimsun (AdvancedInteractiveMicroscopicSimulatorforUrbanandNon-UrbanNetworks). Τελικά, έπειτα και από την αξιολόγηση των συνεπειών του εκάστοτε σεναρίου, γίνεται προσπάθεια πρόκρισης της βέλτιστης λύσης για το συγκοινωνιακό σύστημα της Αθήνας.

1.5 Διάρθρωση της Διπλωματικής Εργασίας

Κεφάλαιο 1: Στο παρόν κεφάλαιο, περιγράφεται το φαινόμενο του κυκλοφοριακού κορεσμού στα αστικά κέντρα ανά τον κόσμο. Κατόπιν, το πρόβλημα εξειδικεύεται στην περίπτωση της Αθήνας και τις διαστάσεις που αυτό λαμβάνει. Εν συνεχεία, προτείνονται μέτρα αντιμετώπισης της κυκλοφοριακής συμφόρησης, μέρος των οποίων αποτελεί και η έννοια ενός συστήματος δυναμικής τιμολόγησης του κορεσμού. Τελικά, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την αναφορά στο σκοπό και τη διάρθρωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Κεφάλαιο 2: Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζονται το κόστος του κυκλοφοριακού κορεσμού, καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο, στο οποίο θεμελιώνεται η λογική ύπαρξης αστικών διοδίων. Παράλληλα, παρατίθενται ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής του τέλους συμφόρησης σε διεθνή αστικά κέντρα, η έννοια της προσομοίωσης της λειτουργίας των μεταφορικών συστημάτων, καθώς και η χρήση του μικροσκοπικού προσομοιωτή κυκλοφορίας, Aimsun, για την ανάλυση των κυκλοφοριακών λειτουργιών σε πόλεις του εξωτερικού. Τέλος, καθίσταται σαφής η ανάγκη για την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Κεφάλαιο 3: Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Παράλληλα, περιγράφεται η έρευνα πεδίου που πραγματοποιήθηκε, αναφορικά με την αποδοχή του μέτρου οδικής τιμολόγησης από τους οδηγούς Ι.Χ., ενώ παρατίθεται και το περιεχόμενο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου. Τέλος, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο των υπολογισμών που εκτελούνται από το λογισμικό προσομοίωσης μεταφορικών συστημάτων, καθώς και το δίκτυο που δημιουργήθηκε στο ψηφιακό περιβάλλον αυτού.

Κεφάλαιο 4 : Στο 4ο κεφάλαιο της εργασίας, γίνεται η ανάλυση της συμπεριφοράς των χρηστών του οδικού δικτύου εντός του μικρού δακτυλίου Αθηνών, απέναντι σε πολιτικές τιμολόγησης του κορεσμού. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται περιγραφική

στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια για κάθε μεταβλητή χωριστά, αλλά και συνδυαστικά, όπου αυτό κρίθηκε σκόπιμο. Τα εισαγόμενα αποτελέσματα στο λογισμικό προσομοίωσης παρουσιάζονται υπό τη μορφή πινάκων.

Κεφάλαιο 5 : Στο 5^ο κεφάλαιο, διενεργείται μικροσκοπική εξέταση της υφιστάμενης κυκλοφοριακής κατάστασης εντός του μικρού δακτυλίου Αθηνών, καθώς και των εξεταζόμενων σεναρίων στατικής τιμολόγησης. Αρχικά περιγράφονται τα διαφορετικά σενάρια, μαζί με τις παραδοχές που λήφθηκαν υπόψη για την εκτέλεση τους. Στη συνέχεια περιγράφεται ο προγραμματισμός των σεναρίων στο λογισμικό Aimsun, το πώς δηλαδή ενσωματώθηκαν στο λογισμικό τα στοιχεία που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση των σεναρίων.

Κεφάλαιο 6 : Στο 6^ο και τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτή και παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1.1 Το Κόστος του Κυκλοφοριακού Κορεσμού

Ως κόστος του κυκλοφοριακού κορεσμού ή κυκλοφοριακής συμφόρησης ορίζεται η συνολική αξία του απολυμένου χρόνου που προκύπτει σαν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των χρηστών ενός συγκοινωνιακού συστήματος. Το κόστος του κορεσμού δύναται να οριστεί αναλυτικότερα ως εξής : «Το κόστος της συμφόρησης προκύπτει από την κοινή χρήση, της ίδιας, ευρισκόμενης σε έλλειψη, υποδομής και ορίζεται ως η επιπλέον χρονική καθυστέρηση και το σχετικό λειτουργικό κόστος που οι χρήστες επιβάλλουν ο ένας στον άλλο, λόγω αμοιβαίας ενόχλησης. Συνεπώς, το κόστος συμφόρησης πρέπει να μεταφραστεί ως εξωτερικό κόστος οικονομικής φύσεως, προκαλούμενο από την υπερβολική χρήση ή την κακή κατανομή της υποδομής. Τα αποτελέσματα είναι : αυξημένη χρονική καθυστέρηση, αυξημένες εκπομπές καυσαερίων, ατυχήματα και άλλο λειτουργικό κόστος»(TRANSPRICE, FinalReport).

Σαν συνέπεια, το κόστος του κορεσμού δημιουργείται, όταν η ζήτηση για μετακινήσεις σε μια οδό ή στοιχείο της συγκοινωνιακής υποδομής γενικότερα, υπερβαίνει τη χωρητικότητα του στοιχείου αυτού, με αποτέλεσμα να υποβιβάζεται η στάθμη εξυπηρέτησης του (Level of Service–LOS)και να αυξάνει το γενικευμένο κόστος μετακίνησης, ενώ – ταυτόχρονα – δημιουργούνται αρνητικές οικονομικές συνέπειες, οι οποίες επηρεάζουν έναν διευρυμένο κύκλο ανθρώπων.

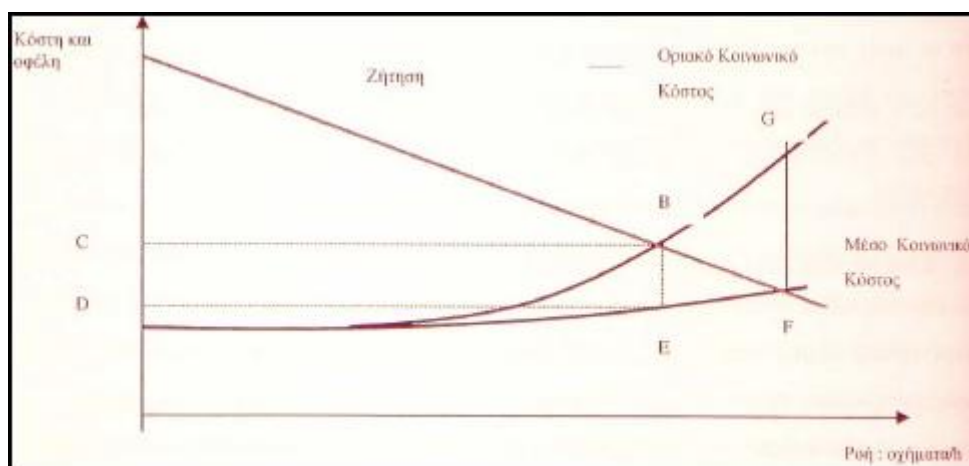
Η τιμολόγηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης βασίζεται στο σκεπτικό πως επιβαρύνοντας όλους τους οδηγούς και – παράλληλα - χρήστες των οδικών υποδομών, με φόρο ίσο προς το οριακό κόστος συμφόρησης, το οποίο επιβάλλεται στους υπόλοιπους χρήστες του συστήματος (πεζοί, επιβάτες Μέσων Μαζικής Μεταφοράς), το κόστος κορεσμού μειώνεται. Αυτή η μείωση επιτυγχάνεται, μέσω της αποθάρρυνσης των μετακινούμενων από τη χρήση οχήματος Ι.Χ. και – ταυτόχρονα – με την ενθάρρυνση τους για χρήση του οδικού δικτύου κατά τα χρονικά διαστήματα εκτός αιχμής.

Τα εφικτά – προς εμφάνιση – κόστη σε ένα συγκοινωνιακό δίκτυο, λόγω κορεσμού, διακρίνονται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες :

- Το ατομικό κόστος της χρήσης κορεσμένων οδικών στοιχείων (κατανάλωση καυσίμων, χρόνος, ανάληψη ρίσκου)
- Το κόστος συμφόρησης που αντιμετωπίζει ο οριακός χρήστης, το οποίο αυξάνει με την κυκλοφοριακή ροή, ενώ παράλληλα μειώνεται η ταχύτητα
- Το κόστος συμφόρησης που επιβάλλεται από τον οριακό χρήστη στους υπόλοιπους οδηγούς

Σημειώνεται πως οριακός χρήστης ενός οδικού δικτύου θεωρείται ο μετακινούμενος, ο οποίος κάνει χρήση του αυτοκινήτου Ι.Χ., υπό συγκεκριμένες συνθήκες και γεγονότα. Δηλαδή, ο οριακός χρήστης δεν πραγματοποιεί συστηματική χρήση του οδικού δικτύου, αλλά επιλέγει και εναλλακτικούς τρόπους μετακίνησης για την πλήρωση των καθημερινών αναγκών του (Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες).

Αναφορικά με τα κόστη, τα δύο πρώτα συνιστούν εσωτερικά κόστη για τον οριακό χρήστη και απεικονίζονται με την καμπύλη «Μέσο Κοινωνικό Κόστος», ενώ το τρίτο χαρακτηρίζεται ως οριακό και εκφράζεται μέσω της καμπύλης «Οριακό Κοινωνικό Κόστος» του Σχήματος 2.1.



Σχήμα 2.1 Σχέση Κυκλοφοριακής Ροής με Κόστη και Οφέλη
(Π. Παπαϊωάννου, ΑΠΘ, 2007)

Όπως διακρίνεται, η κυκλοφοριακή ροή εκτείνεται μέχρι το σημείο τομής της καμπύλης του Κοινωνικού Κόστους και της Καμπύλης Ζήτησης (Σημείο F). Στο σημείο αυτό, το ατομικό κόστος που προκύπτει από τον τελευταίο οδηγό ισούται με το όφελος που αποφέρει η μετακίνηση, παρά το γεγονός πως επιφέρει κόστη για τους υπόλοιπους οδηγούς. Ωστόσο, η βέλτιστη ροή συναντάται στο σημείο B, όπου το καθαρό ατομικό όφελος του τελευταίου οδηγού ισούται με τα πρόσθετα κόστη που επιβάλλονται στους υπολοίπους.

Δίχως την ύπαρξη σαφών και ισχυρών οικονομικών κινήτρων, δεν καθίσταται εφικτή η αποτελεσματική διαχείριση της κυκλοφορίας. Μέσω της επιβολής τέλους (BE), οι χρήστες οχήματος I.X., αναγκάζονται να οδηγήσουν μέχρι το σημείο B, παράγοντας έσοδα ίσα με την επιφάνεια (CBED) και κοινωνικό όφελος ίσο προς την επιφάνεια (BGF).

Ο πλέον σύνηθης τρόπος επιβολής τέλους συμφόρησης βασίζεται σε υπολογισμό του ύψους του κομίστρου, συναρτήσει των διανυόμενων χιλιομέτρων και μεταβάλλεται, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας. Παρά την απλουστευμένη διαγραμματική απεικόνιση, η αποτίμηση του κόστους, λόγω κορεσμού, αποτελεί σύνθετη διαδικασία, αφού συναρτάται από τις ταχύτητες των οχημάτων και τον κυκλοφοριακό κορεσμό.

Η σχέση 2.1 αναπαριστά το Οριακό Ιδιωτικό Κόστος (MPC) ανά διανυόμενο χιλιόμετρο, συναρτήσει της ταχύτητας s (εκφρασμένη σε km/μονάδα χρόνου), της αξίας της μονάδας του χρόνου στους ιδιοκτήτες οχήματος, b και ενός σταθερού κόστους a , ανά χιλιόμετρο.

$$\text{MPC} = a + b/s \quad (2.1)$$

Το MPC υποδηλώνει το πρόσθετο κόστος που αντιλαμβάνεται ο χρήστης, επιλέγοντας να οδηγήσει ένα επιπλέον χιλιόμετρο. Το προκείμενο κόστος δηλώνεται και ως Μέσο Κοινωνικό Κόστος (ASC).

Στη συνέχεια, ακολουθεί η σχέση μεταξύ ταχύτητας και ροής (ανά μονάδα χρόνου) :

$$s = a - \beta * F \quad \text{ή} \quad \text{MPC} = a + b/(a - \beta * F) \quad (2.2)$$

Το Συνολικό Κοινωνικό Κόστος (TSC) υπολογίζεται ως εξής :

$$\text{TSC} = a * F + b * F / (a - \beta * F) \quad (2.3)$$

Το Οριακό Κοινωνικό Κόστος (MSC) ορίζεται ως εξής :

$$\text{MSC} = a + \frac{a * \beta}{(a - \beta * F)^2} \quad (2.4)$$

Τέλος, το Οριακό Φορτίο λόγω της εξωτερικότητας (MEC) είναι :

$$\text{MEC} = (\text{MSC} - \text{MPC}) * F \quad (2.5)$$

Στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί, παρατίθενται ενδεικτικές τιμές του οριακού κόστους, λόγω της επίδρασης της κυκλοφοριακής συμφόρησης (αλλιώς εξωτερικότητα της συμφόρησης), όπως υπολογίστηκαν στη Μεγάλη Βρετανία, το 1990.

Πίνακας 2.1 Τιμές Οριακού Κόστους λόγω Εξωτερικότητας Κυκλοφοριακής Συμφόρησης (Π. Παπαϊωάννου, ΑΠΘ, 2007)

Τύπος Οδού και Χρονική Στιγμή	Οριακό Κόστος Εξωτερικότητας (ρ/οχηματοχιλιόμετρο)
Ταχείας	0,26
Αστική Αρτηρία – Ώρα Αιχμής	36,37
Αστική Αρτηρία	29,23
Απλή Οδός – Ώρα Αιχμής	15,86
Απλή Οδός	8,74

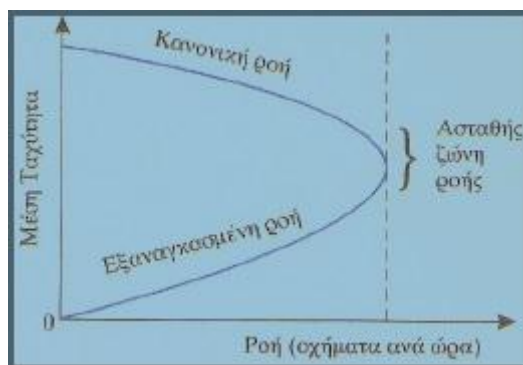
Η εφαρμογή ενός συστήματος τιμολόγησης του κορεσμού σε αστικά οδικά δίκτυα αποσκοπεί στην μείωση της χρήσης του οχήματος Ι.Χ. ως αποκλειστικό μέσο μεταφοράς και – παράλληλα – στην αύξηση της χρήσης των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Απόρροια του παραπάνω γεγονότος, αποτελεί η μείωση της εκπομπής ρύπων στο περιβάλλον. Υπό το σκεπτικό αυτό, θα ήταν εφικτός ο προσδιορισμός του ύψους του κομίστρου, όχι μόνο βάσει των χρονικών καθυστερήσεων που προκαλούνται, αλλά και συναρτήσει των εκπεμπόμενων ρύπων. Επιπλέον, η κυκλοφοριακή συμφόρηση επιφέρει αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου, καθώς και την ανάγκη για τακτικότερη συντήρηση του οδικού δικτύου.

Περιορισμοί συσχετιζόμενοι με την ιδιοκτησία του αυτοκινήτου, όπως η επιβολή υψηλού φορολογικού συντελεστή κατά την απόκτηση του οχήματος, αποτελούν ανεπαρκές και αναποτελεσματικό μέτρο για την ουσιαστική αντιμετώπιση του κυκλοφοριακού κορεσμού. Ο κορεσμός της κυκλοφορίας συναρτάται από τον χρόνο και χώρο όπου λαμβάνει μέρος μια μετακίνηση. Συνεπώς, ο αποκλεισμός οχημάτων, των οποίων η αξία μετακίνησης είναι μικρότερη από την αξία των καθυστερήσεων, δεν αποτελεί αξιόπιστη λύση. Εξάλλου, οι μετακινήσεις χαρακτηρίζονται ως σημαντικές ή μη, βάσει της προθυμίας του χρήστη να πληρώσει ένα αντίτιμο ισόποσο με το οριακό κόστος που επιβάλλει στους υπόλοιπους χρήστες της οδού.

2.2 Αναλυτικός Προσδιορισμός της Τιμολόγησης Κορεσμού

Ο υπολογισμός του βέλτιστου ύψους τέλους συμφόρησης συναρτάται από την ταχύτητα ροής. Όπως διακρίνεται στο Σχήμα 2.2, όπου απεικονίζεται η κυκλοφοριακή ροή σε μία οδό μονής κατεύθυνσης, για διαφορετικά επίπεδα

ταχύτητας σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, η ροή εξαρτάται τόσο από το πλήθος των κυκλοφορούντων οχημάτων, όσο και από την ταχύτητα κυκλοφορίας.



Σχήμα 2.2 Θεμελιώδες διάγραμμα συσχέτισης Ροής – Ταχύτητας (Σαμπράκος, 2010)

Από το παραπάνω θεμελιώδες διάγραμμα, συνεπάγεται ότι αύξηση της ροής των εισερχόμενων οχημάτων σε ένα οδικό στοιχείο ή τμήμα, επιφέρει μείωση της αναπτυσσόμενης ταχύτητας. Το συγκεκριμένο φαινόμενο εκφράζεται από το άνω τμήμα, το οποίο αντιστοιχεί σε συνθήκες ελεύθερης ροής και οριοθετείται στο σημείο, όπου μεγιστοποιείται ο φόρτος (Κανονική Ροή). Από το σημείο αυτό και μετά η πυκνότητα υπερβαίνει τη μέγιστη οριακή τιμή, οπότε ο φόρτος και η ταχύτητα μειώνονται. Οριοθετείται, λοιπόν, το κάτω τμήμα της γραφικής απεικόνισης, που αντιστοιχεί σε συνθήκες κορεσμού (Εξαναγκασμένη Ροή).

Αν υποθεθεί ότι το γενικευμένο κόστος μετακίνησης ανά km εκφράζεται μέσω μιας συνάρτησης, η οποία συνίσταται από χρηματικό κόστος (καύσιμα, συντήρηση κ.ά.) και κόστος χρόνου, τότε ισχύει :

$$g = m + \frac{b}{s(q)} \quad (2.6)$$

όπου :

g : Το Γενικευμένο Κόστος Μετακίνησης (Ευρώ/M.E.A./km)

m : Χρηματικό Κόστος (Ευρώ/M.E.A./km)

b : Αξία Χρόνου (Ευρώ/M.E.A./h)

s(q) : Η ταχύτητα ως συνάρτηση της ροής **q** (km/h)

Το Συνολικό Κοινωνικό Κόστος **C** της ροής **q** των οχημάτων είναι :

$$C = g * q = m * q + \frac{b * q}{s(q)} \quad (2.7)$$

Σε περίπτωση πρόσθεσης ενός επιπλέον οχήματος στην ροή, το Συνολικό Κοινωνικό Κόστος θα αυξηθεί κατά :

$$MSC = dC/dq = m + \frac{b}{s(q)} - \frac{b \cdot q}{[s(q)^2]} * s'(q) \quad (2.8)$$

$$MSC = dC/dq = g + \frac{b}{s(q)} * e_{sq} \quad (2.9)$$

όπου ο όρος e_{sq} εκφράζει την ελαστικότητα της ταχύτητας σε σχέση με την ροή.

Η εξίσωση 2.9 προσεγγίζει το οριακό κοινωνικό κόστος (MSC) ως συνάρτηση του οριακού ιδιωτικού κόστους g , συν έναν όρο εξωτερικού κόστους, το κόστος συμφοράς. Σύμφωνα με τη θεωρία του Pigou για την επιβολή φόρου, κάθε ατομική συμπεριφορά θα πρέπει να εναρμονίζεται με την κοινωνικά βέλτιστη επιλογή. Εν προκειμένω, ο φόρος ισούται με $\frac{b}{s(q)} * e_{sq}$ ανά Μ.Ε.Α. και km.

2.3 Η έννοια της τιμολόγησης

Βασική γενεσιουργό αιτία των ανισορροπιών και της αναποτελεσματικότητας στον τομέα των Μεταφορών συνιστά το γεγονός πως οι μετακινούμενοι δεν επιβαρύνονται με το σύνολο των δαπανών που συνεπάγονται οι δραστηριότητες τους. Οι χρήστες των μεταφορικών συστημάτων δικαιούνται να γνωρίζουν επακριβώς τί πληρώνουν και για ποιό σκοπό (Λευκή Βίβλος, 2001).

Στο πλαίσιο αυτό, λοιπόν, όπου το κόστος μετακίνησης δεν αντικατοπτρίζει το συνολικό κοινωνικό κόστος που επιφέρει η λειτουργία ενός μεταφορικού συστήματος, επέρχεται τεχνητή αύξηση της ζήτησης. Ωστόσο, η αναποτελεσματικότητα στον τομέα των Μεταφορών ίσως επιλυόταν σταδιακά, έπειτα από εφαρμογή κατάλληλων πολιτικών τιμολόγησης της χρήσης των οδικών υποδομών, αλλά κυρίως του αυτοκινήτου Ι.Χ..

Η τιμολόγηση της συγκοινωνιακής ή οδικής υποδομής αποτελεί τον τρόπο, κατά τον οποίο οι χρήστες ενός οδικού δικτύου επιβαρύνονται για τη χρήση ενός στοιχείου ή τμήματος αυτού. Η προκείμενη πολιτική στοχεύει στην καταβολή ενός τέλους εκ μέρους των χρηστών που θεωρητικά αντιστοιχεί στο κοινωνικοοικονομικό κόστος που δημιουργείται από τη χρήση της υποδομής.

Η κοστολόγηση της οδικής υποδομής θεμελιώνεται στο σκεπτικό πως κάθε λήψη υπηρεσίας ή κατανάλωση αγαθού – από τη στιγμή που αυτά δεν είναι απεριόριστα και προκύπτει κάποιο κόστος για τη διάθεσή τους – θα πρέπει να χρεώνεται σε βαθμό ανάλογο με το βαθμό χρήσης ή συναρτήσει κάποιου κριτηρίου που προσδιορίζει – κατά τρόπο δίκαιο – το ποσό της χρέωσης αυτής. Επιπλέον, στα πλαίσια μιας δίκαιης και αποτελεσματικής τιμολόγησης, θα πρέπει να επιδιώκεται η ισορροπία μεταξύ του

κόστους, των επιμέρους συνιστωσών του (κόστος υποδομών και εξωτερικό κόστος) και των τελών που καταβάλλονται από τους χρήστες.

Επιπρόσθετα, η υποεκτίμηση του κόστους των οδικών μεταφορών δημιουργεί μια σειρά από πλασματικά κίνητρα. Πλήθος οχημάτων κυκλοφορεί σήμερα στο οδικό δίκτυο, καταναλώνοντας τεράστια ποσά ενέργειας υπό τη μορφή καυσίμου, προκαλώντας – ταυτόχρονα – υπερβολική ρύπανση. Στον αντίποδα, εναλλακτικές και ανταγωνιστικές μορφές μετακίνησης, όπως τα δίκυκλα και οι μετακινήσεις με κατανάλωση ανθρώπινης ενέργειας (ποδήλατο και πεζή), χαρακτηρίζονται από σημαντικά χαμηλά επίπεδα ζήτησης.

Βάσει των παραπάνω, συνάγεται ότι το εγχείρημα της οδικής τιμολόγησης συναρτάται από τη ζήτηση για μετακινήσεις. Ως εκ τούτου, το τέλος για τη χρήση της υποδομής στις περιόδους υψηλής ζήτησης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο στις περιόδους χαμηλής ζήτησης, διότι και το προκύπτον κοινωνικοοικονομικό κόστος είναι υψηλότερο κατά την αιχμή. Αντίθετα, θα πρέπει να παρέχονται κατάλληλα κίνητρα υπό τη μορφή εκπτώσεως στο τέλος συμφόρησης, για τη χρήση των υποδομών σε περιόδους εκτός αιχμής.

Όπως είναι απόλυτα λογικό, όταν τίθεται προς εξέταση ένα ζήτημα με τόσο σημαντικές κοινωνικοοικονομικές προεκτάσεις και διαστάσεις, εγείρεται και η αντίθετη άποψη, προκαλώντας τη διχογνωμία μεταξύ των πολιτών. Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή, οι οδικές υποδομές και άλλες παρεχόμενες υπηρεσίες (Μέσα Μαζικής Μεταφοράς κ.ά.) πρέπει να διατίθενται ελεύθερα στην αγορά, καθώς θεωρούνται εκ των ουκ άνευ δημόσια αγαθά. Σαφώς, κάθε αντίληψη περί της τιμολόγησης δύναται να εκφραστεί και να τεθεί υπό δημόσια διαβούλευση, ωστόσο δεν καθίσταται εφικτό να βασιστεί σε ισχύρα θεμέλια, από τη στιγμή που δημιουργούνται εξωτερικές οικονομίες και εξωτερικό κόστος, το βάρος των οποίων αναλαμβάνει ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού, το οποίο και δε σχετίζεται επ' ουδενί με τη χρήση των οδικών υποδομών και – επομένως – με την απόκτηση ωφέλειας από την λειτουργία της.

Ανεξάρτητα από τις προαναφερθείσες αντιλήψεις, η συντήρηση και λειτουργία των υποδομών απαιτεί δαπάνες, η κάλυψη των οποίων – στο μεγαλύτερο βαθμό – οφείλει να προέλθει από τους χρήστες των υποδομών, οι οποίοι και καθιστώνται υπεύθυνοι για τη σταδιακή φθορά τους.

Το ύψος του τέλους συμφόρησης δύναται να καθοριστεί ποικιλοτρόπως. Η εκάστοτε εφαρμοζόμενη μέθοδος εξαρτάται από τους στόχους της τιμολόγησης, τις επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες, καθώς και το υπάρχον νομικό και διοικητικό πλαίσιο.

Η τιμολόγησιναι – πολλάκις – δυναμική, δηλαδή χαρακτηρίζεται από μεταβλητό ύψος κομίστρου και διαφοροποιείται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του οχήματος

(τύπος, βάρος κ.ά.), του χρήστη (ταχύτητα, τρόπος οδήγησης) και των χρησιμοποιούμενων οδικών στοιχείων (κυκλοφοριακή ικανότητα και στάθμη εξυπηρέτησης).

Επιπλέον, οι χρεώσεις διακρίνονται ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή (αστικό ή υπεραστικό οδικό δίκτυο) ή στα έργα κατά τα οποία εφαρμόζεται (γέφυρες και σήραγγες), ενώ είναι επίσης εφικτή η κατηγοριοποίηση τους συναρτήσει του κριτηρίου τιμολόγησης (χρέωση περιοχής, χρόνου, γραμμική χιλιομετρική χρέωση). Τέλος, οι χρεώσεις διαφέρουν ανάλογα με τον τρόπο πληρωμής και διακρίνονται σε χειροκίνητες ή αυτόματες (ηλεκτρονικά με τη χρήση πιστωτικής κάρτας ή ηλεκτρονικών διοδίων).

2.4 Συστήματα τιμολόγησης του κορεσμού σε αστικά κέντρα

Στα πλαίσια της δεύτερης ενότητας του παρόντος κεφαλαίου, παρατίθενται χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής συστημάτων τιμολόγησης του κυκλοφοριακού κορεσμού σε διεθνή αστικά κέντρα. Ανά περίπτωση, εξετάζονται ο στόχος και η λειτουργία του συστήματος, καθώς και τα αποτελέσματα που επήλθαν τελικά από την εφαρμογή του. Τελικά, στόχο της παράθεσης αυτής, συνιστά η ουσιαστική κατανόηση της λογικής των πολιτικών τιμολόγησης του κορεσμού, των αναγκών που οδήγησαν στην επιβολή τους, καθώς και η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων από τη διεθνή εφαρμογή του μέτρου στην πράξη.

2.4.1 Διόδια στο Λονδίνο

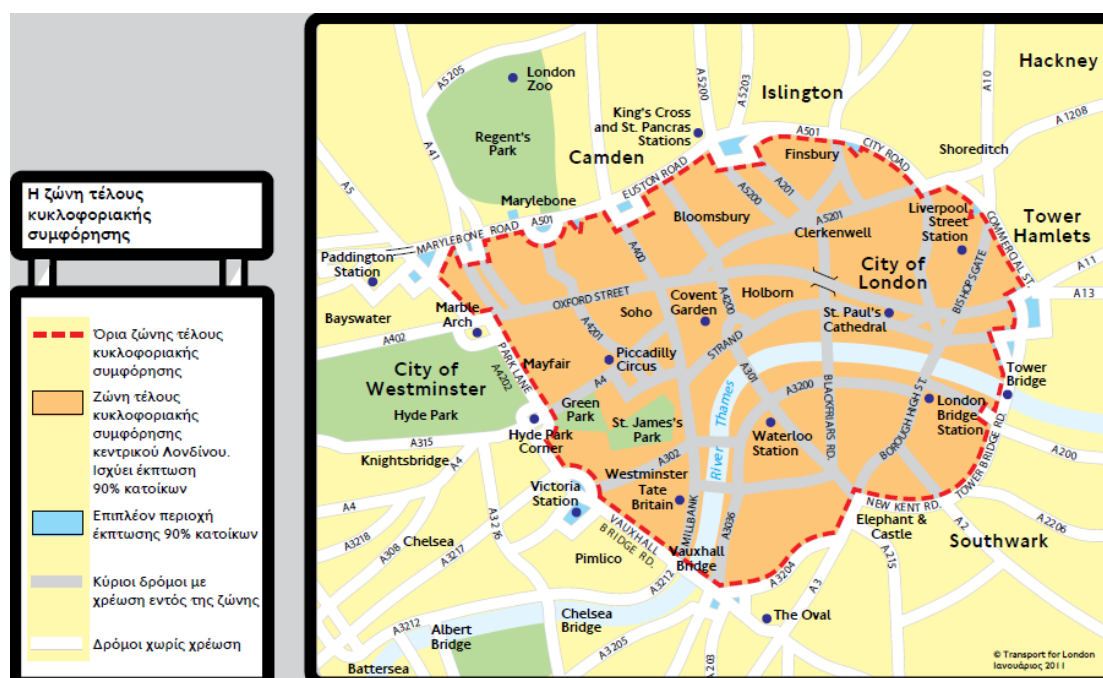
2.4.1.1 Στόχοι και Στρατηγική του Συστήματος

Η έναρξη λειτουργίας των αστικών διοδίων στο Λονδίνο χρονολογείται το Φεβρουάριο του 2003. Βασικοί στόχοι από την εφαρμογή του συστήματος τιμολόγησης του κορεσμού, αποτελούσαν η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, με παράλληλη μείωση των χρόνων μετακίνησης, καθώς και η αύξηση της αξιοπιστίας των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.

2.4.1.2 Λειτουργία του Συστήματος

Υπεύθυνος φορέας για την εφαρμογή και τη διαχείριση του συστήματος είναι η τοπική αρχή "TransportforLondon" (TfL). Ο φορέας αυτός είναι επιφορτισμένος με την λειτουργία και τη διαχείριση του συγκοινωνιακού συστήματος του ευρύτερου Λονδίνου. Επιπλέον, η έκταση της ζώνης χρέωσης, αρχικά, ανερχόταν στα 22km² και,

τελικά, επεκτάθηκε στα 42 km², καλύπτοντας το 2,6% της πόλης του Λονδίνου. Στο Σχήμα 2.1, διακρίνεται η ζώνη επιβολής τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης στο Λονδίνο.

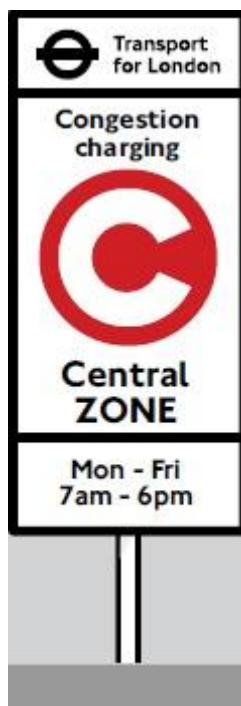


Σχήμα 2.3 Ζώνη επιβολής τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης στο Λονδίνο (TfL)

Η ζώνη κυκλοφοριακής συμφόρησης περιλαμβάνει τις περιοχές Victoria, StJames, Waterloo, Borough, City of London, Clerkenwell, Finsbury, Holborn, Bloomsbury, Soho, Mayfair και τμήματα του Marylebone. Αξίζει να σημειωθεί πως δεν επιβάλλεται χρέωση για τα οχήματα που κυκλοφορούν στις οδούς που καθορίζουν τα όρια της ζώνης.

Το τέλος κυκλοφοριακής συμφόρησης ανέρχεται στις 11,50 λίρες ημερησίως και αφορά την οδήγηση εντός της ζώνης κυκλοφοριακής συμφόρησης από τις 7.00 π.μ. έως τις 6.00 μ.μ., από Δευτέρα έως Παρασκευή, εκτός από τις δημόσιες και επίσημες αργίες και το διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην 25^η Δεκεμβρίου και την 1^η Ιανουαρίου (συμπεριλαμβανομένων). Η πληρωμή του ημερήσιου τέλους επιτρέπει στους μετακινούμενους, χρήστες οχήματος Ι.Χ., να οδηγούν εντός της ζώνης, καθώς και να εξέρχονται και να επανεισέρχονται σε αυτή, όσες φορές κριθεί απαραίτητο, την ίδια ημέρα. Το ημερήσιο τέλος των 11,50 λιρών πρέπει να καταβάλλεται εκ των προτέρων ή πριν από τα μεσάνυχτα της ημέρας μετακίνησης. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα πληρωμής μέχρι τα μεσάνυχτα της επόμενης ημέρα, όμως τότε το κόμιστρο ανέρχεται στις 14 λίρες. Ωστόσο, η πληρωμή την επόμενη ημέρα είναι εφικτή μόνο μέσω διαδικτύου ή τηλεφωνικά.

Η έγκαιρη ενημέρωση των οδηγών, για την είσοδο τους σε περιοχή τιμολόγησης της κυκλοφορίας, πραγματοποιείται μέσω κατάλληλης οριζόντιας και κατακόρυφης οδικής σήμανσης. Περίπτωση κατακόρυφης σήμανσης διακρίνεται στο Σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.4 Ενημερωτική κατακόρυφη οδική σήμανση, για την είσοδο των οχημάτων σε ζώνη χρέωσης της κυκλοφορίας (TfL)

Αξίζει, επίσης, αναφοράς το γεγονός πως δεν υπάρχουν μπάρες και διόδια. Αντί αυτού του συστήματος ελέγχου πληρωμής, ο ενδιαφερόμενος χρήστης καταβάλλει κάποιο τέλος για την εγγραφή του αριθμού κυκλοφορίας του οχήματος του (VehicleRegistrationNumber – VRN) σε μια βάση δεδομένων. Κάμερες διαβάζουν τον αριθμό κυκλοφορίας του οχήματος, καθώς αυτό εισέρχεται και εξέρχεται της ζώνης κυκλοφοριακής συμφόρησης και τον διασταυρώνουν με τα στοιχεία της βάσης δεδομένων αυτών που έχουν πληρώσει το τέλος ή αυτών που εξαιρούνται ή έχουν δηλωθεί για έκπτωση 100%. Τελικά, μόλις γίνει ταυτοποίηση του αριθμού κυκλοφορίας του οχήματος, πραγματοποιείται αυτόματα η διαγραφή των φωτογραφιών από το μητρώο δεδομένων.

Αναφορικά με τους τρόπους καταβολής του κομίστρου, αυτοί ποικίλλουν. Αρχικά, παρέχεται η δυνατότητα αυτοματοποιημένης πληρωμής, η οποία όμως προαπαιτεί την εγγραφή του χρήστη στον φορέα TfL και την αντίστοιχη υπηρεσία. Λόγω του χαρακτήρα της συγκεκριμένης υπηρεσίας, ο ενδιαφερόμενος χρήστης δε διατρέχει τον κίνδυνο λήψης προστίμων, ενώ παράλληλα χρεώνεται με το μειωμένο τέλος των 10,50 λιρών. Η αυτόματη πληρωμή του τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης

(CCAutoPay) συνιστά ένα αυτοματοποιημένο σύστημα πληρωμών, το οποίο καταγράφει αυτόματα τον αριθμό των ημερών που ένα όχημα κυκλοφορεί μέσα στη ζώνη τέλους κάθε μήνα και χρεώνει ανάλογα με την κάρτα πληρωμών του κατόχου του λογαριασμού.Εναλλακτικά, μπορεί ο ενδιαφερόμενος οδηγός να πληρώνει το κόμιστο ηλεκτρονικά μέσω διαδικτύου, με τη χρήση χρεωστικής ή πιστωτικής κάρτας. Επιπρόσθετα, η πληρωμή του τέλους συμφόρησης καθίσταται εφικτή, μέσω της αποστολής γραπτού μηνύματος από κινητό τηλέφωνο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εξαιρέσεις και εκπτώσεις σε συγκεκριμένου τύπου οχήματα ή ιδιοκτήτες αυτών.Συναρτήσει, λοιπόν, της κατηγορίας φορολόγησης, ορισμένα οχήματα εξαιρούνται αυτομάτως από την καταβολή του τέλους και είναι τα ακόλουθα :

- Μοτοσυκλέτες, μοτοποδήλατα και ποδήλατα
- Ταξί και minicab με έδρα το Λονδίνο
- Οχήματα υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης (Αστυνομία, Ασθενοφόρα)
- Οχήματα που ανήκουν στο Υπουργείο Άμυνας
- Οχήματα που χρησιμοποιούν άτομα με κινητικές δυσκολίες
- Οχήματα μεταφοράς ατόμων με κινητικές δυσκολίες
- Οχήματα 9 ή περισσότερων θέσεων με άδεια κυκλοφορίας λεωφορείου

Επιπλέον, σημαντική θεωρείται η έκπτωση που παρέχεται στους μόνιμους κατοίκους. Οι κάτοικοι που μένουν εντός της ζώνης κυκλοφοριακής συμφόρησης δικαιούνται έκπτωση 90% επί του τέλους. Ακόμη, προβλέπεται έκπτωση και για τους κατοίκους των όμορων περιοχών, αφού θεωρείται ότι διαμένουν τόσο κοντά στη ζώνη συμφόρησης, ώστε να επηρεάζονται τα χαρακτηριστικά μετακίνησης τους από την λειτουργία του συστήματος τιμολόγησης. Έκπτωση ισχύει, επίσης, για οχήματα πολύ χαμηλών εκπομπών ρύπων (UltraLowEmissionDiscount – ULED). Ηπροκειμένη έκπτωση δημιουργήθηκε για να ενθαρρύνει τη στροφή προς περιβαλλοντικά φιλικότερα οχήματα, με χαμηλές εκπομπές CO₂.Το ULEDπαρέχει έκπτωση 100% από το τέλος κυκλοφοριακής συμφόρησης για αυτοκίνητα και βαν που εκπέμπουν 75gCO₂/kmή λιγότερο και πληρούν τις προδιαγραφές του προτύπου Euro 5 για την ποιότητα αέρα. Ειδικότερα για τα βαν, αυτά δεν πρέπει να υπερβαίνουν τους 3,5 τόνους μικτού βάρους οχήματος.

2.4.1.3 Αποτελέσματα του Συστήματος

Ευεργετικά φαίνεται πως ήταν τα αποτελέσματα, όπως αυτά προέκυψαν από την εφαρμογή του συστήματος τιμολόγησης εισερχόμενων οχημάτων στο κέντρο του Λονδίνου. Σημαντική, λοιπόν, ήταν η εκτόνωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, αφού επήλθε μείωση 33% στις εισροές οχημάτων στη ζώνη χρέωσης και το παρακείμενο οδικό δίκτυο. Ωστόσο, κατά το πρώτο έτος, παρατηρήθηκε χρονική

μετάθεση του διαστήματος αιχμής, μετά την λήξη της χρέωσης, πρόβλημα που εξομαλύνθηκε μακροπρόθεσμα, με τη σταδιακή αποδοχή και κατανόηση της ανάγκης επιβολής του μέτρου, εκ μέρους των οδηγών. Παράλληλα, διαπιστώθηκε μείωση στους χρόνους μετακίνησης κατά 30%, ενώ η μέση ταχύτητα στη ζώνη επιβολής τέλους αυξήθηκε από 14km/h σε 18 km/h.

Αναφορικά με τις Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες, επήλθε αύξηση 7% στη χρήση τους. Η δε αύξηση στη χρήση λεωφορείων, τα οποία εισέρχονται στην περιοχή τιμολόγησης, ανήλθε στο 37%.

Όλα τα καθαρά έσοδα που προκύπτουν από τα τέλη κυκλοφοριακής συμμόρφωσης επενδύονται για τη βελτίωση των μεταφορών στο Λονδίνο. Έτσι, μόνο την περίοδο 2012/13, το τέλος κυκλοφοριακής συμμόρφωσης απέφερε έσοδα 139 εκατομμυρίων λιρών, σημαντικό μέρος των οποίων, της τάξης του 80%, επενδύθηκε στην αναβάθμιση των Δημοσίων Συγκοινωνιών. Ακόμη, υπολογίζεται πως το 13-15% επί των εσόδων χρησιμοποιήθηκε για την λήψη μέτρων οδικής ασφάλειας και βελτίωσης του οδικού δικτύου, ενώ το εναπομείναν ποσοστό δαπανήθηκε σε έργα για τη βελτίωση της ροής της κίνησης πεζή και με ποδήλατο. Εκτιμάται, επίσης, ποσοστό λειτουργικών εξόδων ίσο με 48% επί των μικτών εσόδων (CBO, 2009).

Τέλος, από πλευράς περιβαλλοντικών συνεπειών, σημειώθηκε αξιοπρόσεκτη μείωση στην εκπομπή ρύπων, με χαρακτηριστικότερη αυτή της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα, η οποία και ανήλθε στο 15,7%.

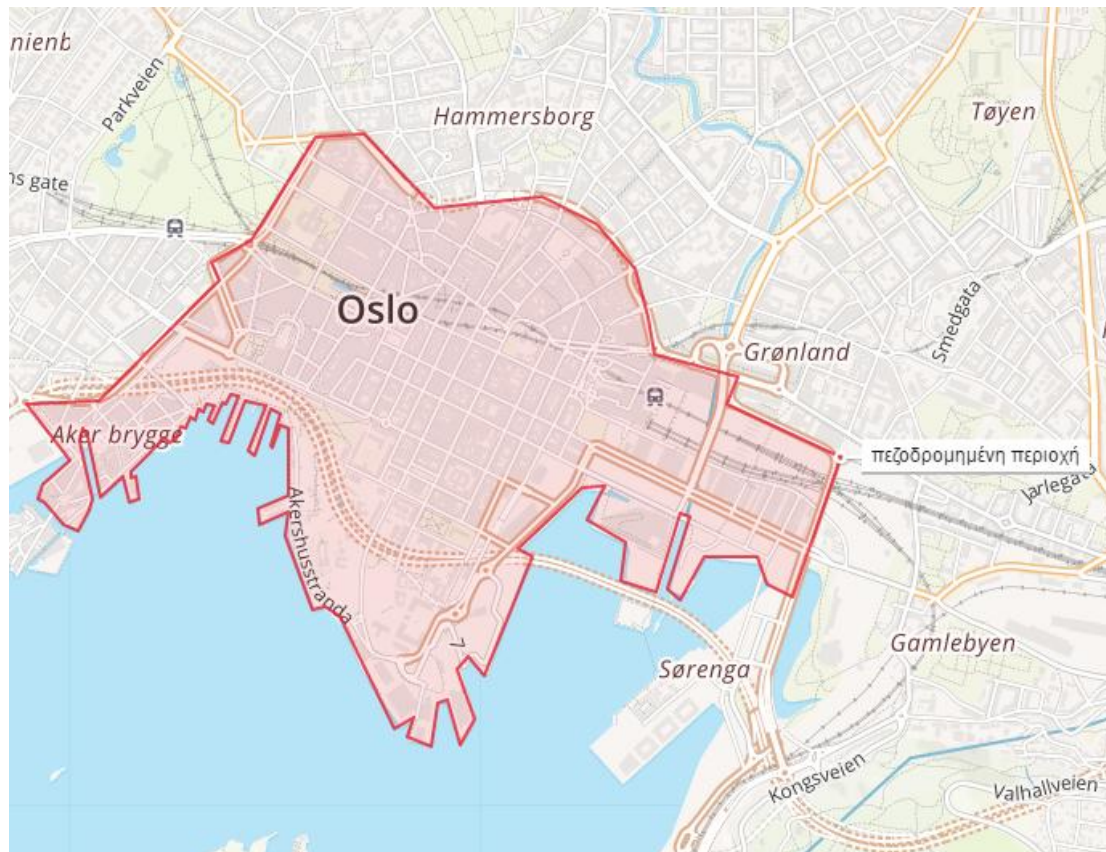
2.4.2 Διόδια στο Όσλο

2.4.2.1 Στόχοι και Στρατηγική του Συστήματος

Το σύστημα τιμολόγησης του κορεσμού τέθηκε σε εφαρμογή στο Όσλο το Φεβρουάριο του 2003 και συνίσταται από τρία μέρη. Αρχικά, το 1990, τέθηκε σε ισχύ το OsloPackage 1, για να συνεχιστεί η λειτουργία του το 2000 με το OsloPackage 2, με απώτερο σκοπό την εξασφάλιση εισροών και την μετέπειτα επένδυση τους στην αναβάθμιση των δημοσίων αστικών συγκοινωνιών της πόλης. Η έναρξη λειτουργίας του – πλέον ισχύοντος – OsloPackage 3 πραγματοποιήθηκε το 2008, ενώ αναμένεται να διαρκέσει έως το 2027 (Ieromonachou, Potter, Warren, 2006). Στόχος του συστήματος – εκτός από την αντιμετώπιση του κυκλοφοριακού κορεσμού – αποτελούσε η βελτίωση των υφιστάμενων συγκοινωνιακών υποδομών, καθώς και η δημιουργία νέων, όπου αυτές κριθούν αναγκαίες.

2.4.2.2 Περιγραφή του Συστήματος

Το υπό εξέταση σύστημα τιμολόγησης καλύπτει ζώνη έκτασης 64km², η οποία και διακρίνεται στο Σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.5 Ζώνη επιβολής τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης στο Όσλο
(<http://www.cdn.arstechnica.net/wp-content/uploads/sites/32/01510oslo-car-free-map.jpg>)

Για τον έλεγχο εισόδου οχημάτων στη συγκεκριμένη ζώνη, δημιουργήθηκαν 19 σταθμοί διοδίων, οι οποίοι βρίσκονται σε έναν δακτύλιο περιμετρικά της πόλης του Όσλο. Οι σταθμοί τοποθετήθηκαν σε απόσταση 3 – 8 km από το κέντρο της πόλης, προκειμένου να υπάρξει μεγιστοποίηση των εσόδων από την εφαρμογή του τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης. Στην περιοχή των σταθμών διοδίων, διακρίνονται λωρίδες με μπλε και λευκή σήμανση στο οδόστρωμα. Οι λωρίδες με μπλε σήμανση, είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν μόνο από οχήματα με εγκατεστημένο ηλεκτρονικό σύστημα αυτόματης διέλευσης (Autopass), ενώ οι λευκής σήμανσης χρησιμοποιούνται από βαρέα οχήματα, επισκέπτες και οχήματα που πληρώνουν διαφορετική δαπάνη, συναρτήσει του τύπου. Σημειώνεται, επίσης, πως υπάρχουν και λωρίδες για πληρωμή με μετρητά, ο αριθμός των οποίων όμως έχει μειωθεί

σημαντικά από το 2008, έπειτα από την αντικατάστασή τους με λωρίδες αυτόματης διέλευσης.

Αξιοπρόσεκτο είναι το υψηλό ποσοστό των διερχόμενων οδηγών που επιλέγουν να πληρώσουν το κόμιστρο ηλεκτρονικά, μέσω των ετικετών Autopass, αφού ανέρχεται στο 60%. Ειδικότερα για τις ώρες αιχμής, το προκείμενο ποσοστό αγγίζει το 85%. Κατά τη διαδικασία της προσέγγισης ενός οχήματος στην περιοχή ελέγχου, αναγνωρίζεται η ταυτότητα της μονάδας που διέρχεται από το σταθμό διοδίων και – παράλληλα – αντιγράφεται σε κεντρικό υπολογιστή, όπου ελέγχεται η κατάσταση της κάρτας. Σε περίπτωση ανάγνωσης παράνομης διέλευσης, ενεργοποιείται κατάλληλη τηλεοπτική μηχανή λήψης, προκειμένου να κινηθούν οι διαδικασίες αποστολής προστίμου στον αντίστοιχο παραβάτη.

Αρχικά, το ύψος του κομίστρου ορίστηκε στο 1,36 € (11 Νορβηγικές Κορώνες), στη συνέχεια όμως αυξήθηκε στα 2,47€ (20 Νορβηγικές Κορώνες) και σήμερα έχει σταθεροποιηθεί στα 2,8 € (25 Νορβηγικές Κορώνες) ανά διέλευση για τα συμβατικά οχήματα και 8,4 € (75 Νορβηγικές Κορώνες) για τα βαρέα οχήματα. Επιπλέον, διατίθενται εισιτήρια Autopass, τα οποία προσφέρουν έκπτωση 10% και έχουν αυξημένη χρονική ισχύ. Τέλος, η λειτουργία των αστικών διοδίων στο Όσλο είναι συνεχής, για όλες τις ώρες της ημέρας και χωρίς την εξαίρεση κάποιας ημέρας.

2.4.2.3 Αποτελέσματα του Συστήματος

Μετά την πάροδο του πρώτου έτους εφαρμογής του συστήματος τιμολόγησης στο Όσλο, επήλθε μείωση του κυκλοφοριακού κορεσμού, μόλις κατά 10% (Solheim, 1992). Το γεγονός αυτό προέκυψε ως απόρροια του αρχικά χαμηλού ύψους του κομίστρου. Κατόπιν μελέτης, εκτιμήθηκε πως για να υπάρξει ουσιαστικό αποτέλεσμα, έπρεπε το ύψος του κομίστρου να είναι τουλάχιστον τριπλάσιο του αρχικού.

Η αρχική επένδυση για την εγκατάσταση του συστήματος εκτιμάται στα 31 εκατομμύρια ευρώ (250 εκατομμύρια Νορβηγικές Κορώνες), ποσό όμως που καλύφθηκε από τα έσοδα του πρώτου χρόνου λειτουργίας, το ύψος των οποίων ανήλθε στα 93 εκατομμύρια ευρώ (750 εκατομμύρια Νορβηγικές Κορώνες). Έπειτα και από την αύξηση του τέλους συμφόρησης, προέκυψαν έσοδα ύψους 148 εκατομμυρίων ευρώ (1.192 εκατομμύρια Νορβηγικές Κορώνες). Αξιοσημείωτο είναι, επιπλέον, το γεγονός πως οι λειτουργικές δαπάνες του συστήματος αποτελούν μόνο το 10% των συνολικών εισροών, παρέχοντας έτσι την δυνατότητα στο Νορβηγικό Δημόσιο να διαθέσει το εναπομείναν ποσό για την κατασκευή νέων οδικών υποδομών ή την αναβάθμιση των υπηρεσιών των αστικών συγκοινωνιών. Συγκεκριμένα, μετά το 2002, ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στην επένδυση των εσόδων για την βελτίωση των αστικών συγκοινωνιών, προκειμένου να αποτραπεί ακόμη περαιτέρω η χρήση του οχήματος Ι.Χ..

Η μεγαλύτερη δυσκολία που προέκυψε κατά την εφαρμογή του τέλους συμφόρησης και έπρεπε να υπερκεραστεί, ήταν η αποδοχή του από τους χρήστες. Όπως ήταν λογικό, αντιδράσεις από τους πολίτες υπήρξαν και μάλιστα έντονες, στη συνέχεια όμως ελαττώθηκαν σημαντικά, όταν κατέστησαν ορατά τα ευεργετικά αποτελέσματα από τις επενδύσεις σε νέες οδικές υποδομές. Ειδικότερα, σε ένα κράτος με υψηλούς φορολογικούς συντελεστές, όπως αυτό της Νορβηγίας, όπου η αγορά αυτοκινήτου δεν αποτελεί εύκολη υπόθεση, οι ασφαλιστικές εισφορές είναι ιδιαίτερα υψηλές και οι συντελεστές φορολόγησης των καυσίμων σε δυσθεώρητα επίπεδα, οι πολίτες υποστήριζαν πως η κατασκευή νέων συγκοινωνιακών υποδομών είναι κρατική ευθύνη και – συνεπώς – τα όποια έργα θα έπρεπε να χρηματοδοτηθούν δημοσία δαπάνη. Έτσι, κατά την έναρξη λειτουργίας του μέτρου, η κοινή γνώμη ήταν αντίθετη με τη χρήση του. Οι έντονες αντιδράσεις, ωστόσο, άρχισαν να κατευνάζονται, με την εμφάνιση των πρώτων ευεργετικών αποτελεσμάτων, νέοι αυτοκινητόδρομοι, σήραγγες και μια πρόσθετη γραμμή του τραμ πήραν τη θέση τους στο τότε υπάρχον συγκοινωνιακό δίκτυο. Η κοινωνική αποδοχή μειώθηκε ξανά, με την προγραμματισμένη λήξη του OsloPackage 2, όταν και το τέλος συμφόρησης επεκτάθηκε. Τέλος, οι πολίτες της Νορβηγίας παραμένουν ακόμη διχασμένοι, ως προς τη χρησιμότητα και την ορθότητα επιβολής του μέτρου, έπειτα από τόσα συναπτά έτη εφαρμογής του και παρά την υλοποίηση πρόσθετων σημαντικών συγκοινωνιακών έργων.

2.4.3 Διόδια στη Σιγκαπούρη

2.4.3.1 Στόχοι και Στρατηγική του Συστήματος

Το πρόβλημα εν ονόματι “κυκλοφοριακός κορεσμός” και η λύση του, μέσω της τιμολόγησης του κορεσμού, είναι δύο έννοιες αρκετά διαδεδομένες στη Σιγκαπούρη, ήδη από τον Ιούνιο του 1975.

Ο στρατηγικός σχεδιασμός για την ορθολογικότερη διαχείριση της κυκλοφορίας στη Σιγκαπούρη, αποτελούνταν από τα τρία ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- Αύξηση της ικανότητας των οδικών στοιχείων για την αναβάθμιση της στάθμης εξυπηρέτησης των μετακινούμενων
- Διατήρηση του συντελεστή ιδιοκτησίας οχήματος I.X. σε χαμηλό επίπεδο, μέσω της επιβολής υψηλού αρχικού κόστους κτήσης
- Περιορισμός της χρήσης οχήματος I.X.

Ο τελευταίος περιορισμός δύναται να επιτευχθεί, μέσω της χρέωσης των αυτοκινητιστών, συναρτήσει της συχνότητας, του διαστήματος, αλλά και του τύπου χρήσης του αυτοκινήτου. Η χρέωση με βάση τον τύπο χρήσης του οχήματος

πραγματοποιείται μέσω ενός συστήματος οδικής τιμολόγησης. Πρόσθετα μέτρα, επιβοηθητικά προς την ανώτερα περιγραφέντα σκοπό, συνιστούν η αύξηση του φόρου κατανάλωσης καυσίμων κίνησης και η επιβολή τελών στάθμευσης.

Αξίζει να σημειωθεί πως στόχο του συστήματος αποτελούσε η μείωση του συνόλου των αυτοκινήτων και όχι των μετακινούμενων εντός της ζώνης τιμολόγησης. Η συγκεκριμένη πολιτική αποσκοπούσε στην ανακατεύθυνση του μεταφορικού έργου προς τα μέσα μαζικής μεταφοράς, μεταβάλλοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τις συνήθειες και τα χαρακτηριστικά μετακίνησης των αιτούντων την είσοδο στο κέντρο της πόλης.

2.4.3.2 Περιγραφή του Συστήματος

Η Σιγκαπούρη, επίσημα Δημοκρατία της Σιγκαπούρης, είναι νησιωτική χώρα νότια της Μαλαισίας και – ταυτόχρονα – η μικρότερη χώρα της νοτιοανατολικής Ασίας, με έκταση μόλις 719,1 km² και πληθυσμό 5,4 εκατομμυρίων κατοίκων (Παγκόσμια Τράπεζα, 2013). Συνεπώς, αποτελεί μια σύγχρονη πόλη – κράτος, στην οποία το κόστος διαβίωσης διακρίνεται ως ένα από τα υψηλότερα διεθνώς.

Στο υψηλό κόστος διαβίωσης, προστέθηκε το σύστημα επιβολής τέλους συμφόρησης, το οποίο τέθηκε σε ισχύ για πρώτη φορά το 1975, υπό τη μορφή του Συστήματος Έκδοσης Αδειών (ALS), για να αντικατασταθεί το 1998 από την Ηλεκτρονική Οδική Τιμολόγηση (ERP) (DrChinKianKeong, δοκίμιο για το τρίτο σεμινάριο του IMPRINT – EUROPE, Βρυξέλλες, 23 – 24 Οκτωβρίου, 2002).

Κατά το πρώτο στάδιο εφαρμογής του συστήματος ALS, ορίστηκε Ζώνη Ελέγχου (RZ) στην Κεντρική Επιχειρηματική Περιοχή (CBD), με αρχική έκταση 610 εκτάρια, η οποία όμως διευρύνθηκε σε 725 εκτάρια, έπειτα από 14 χρόνια (1989), λόγω της ένταξης νέων περιοχών εμπορικού ενδιαφέροντος στην επιχειρηματική ζώνη. Τα όρια της περιοχής ενδιαφέροντος, στην οποία ισχύει και η επιβολή τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης, διακρίνονται στο Σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.6 Ζώνη επιβολής τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης στη Σιγκαπούρη (LandTransportAuthority, <http://www.lta.gov.sg>)

Απαραίτητη προϋπόθεση για την λήψη πρόσβασης στην περιοχή ενδιαφέροντος, αποτελούσε η προμήθεια και επίδειξη αδειών περιοχής (ALS), είτε μηνιαίας ισχύος, με σημείο πώλησης ταχυδρομεία, είτε ημερήσιας ισχύος, με το δίκτυο πωλήσεων να απαρτίζεται από πρατήρια καυσίμων, περίπτερα και ταχυδρομεία, όλα εγγύς ευρισκόμενα στα όρια της ζώνης χρέωσης. Για κάθε μήνα, εκδιόταν εκ νέου άδεια, με διαφορετικό χρώμα κάθε φορά, προκειμένου να περιοριστεί το φαινόμενο της πλαστογραφίας, αλλά και να διευκολυνθεί αισθητά ο έλεγχος ανά τα σημεία εισόδου, έτσι ώστε να μη δημιουργούνται μεγάλες τοπικές καθυστερήσεις. Σε περίπτωση απόπειρας παράνομης προσέγγισης της περιοχής τιμολόγησης, ο ιδιοκτήτης του αυτοκινήτου λάμβανε κλήτευση με υψηλό αντίτιμο.

Αρχικά, το διάστημα κατά το οποίο ίσχυε το τέλος συμφόρησης, ήταν 07:30 – 09:30 καθημερινά, εκτός της Κυριακής και επίσημων αργιών. Κατόπιν τριών εβδομάδων εφαρμογής του μέτρου, ο περιορισμός επεκτάθηκε κατά μια πρόσθετη ώρα, ίσχυε δηλαδή κατά το διάστημα 07:30 – 10:30. Το 1989, η εφαρμογή του μέτρου επεκτάθηκε και κατά τις ώρες 16:30 – 19:00, προκειμένου να καλυφθεί και η απογευματινή αιχμή. Στις 3 Ιανουαρίου του 1994, πραγματοποιήθηκαν ριζικές αλλαγές στο σύστημα ALS, με το διάστημα χρέωσης να ορίζεται σε 10:15 – 16:30 για τις καθημερινές και 10:15 – 15:00 για το Σάββατο.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η πρόβλεψη για εξαίρεση από τη χρέωση συγκεκριμένων κατηγοριών οχημάτων, όπως ταξί, δημόσια αστικά λεωφορεία, βαρέα επαγγελματικά οχήματα, δίκυκλα και οχήματα I.X., με υψηλό ποσοστό πλήρωσης, ήτοι τρεις

επιβάτες και άνω. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν σημεία «carpooling», σημεία δηλαδή όπου άγνωστα μεταξύ τους άτομα συνεπιβαίνουν σε κάποιο όχημα, προκειμένου να μεταβούν σε κοινό σημείο προορισμού, με απώτερο σκοπό την ισοκατανομή του κόστους μετακίνησης. Η πρωτοβουλία για την παράλληλη λειτουργία του περιγραφέντος προγράμματος λήφθηκε, έτσι ώστε να ευνοηθούν και οι οικονομικά ασθενείς τάξεις πολιτών. Τον Ιούνιο του 1989 και έπειτα από ενδελεχή επανεξέταση της λειτουργίας του συστήματος, διαπιστώθηκε πως σημαντικό ποσοστό μικρών φορτηγών χρησιμοποιούνταν ως επιβατικά, ενώ ταυτόχρονα τα δίκυκλα και τα βαρέα οχήματα αποτελούσαν τα 2/3 του κυκλοφοριακού φόρτου εντός της Ζώνης Ελέγχου (RZ). Πέραν τούτου, η ουσία του προγράμματος «carpooling» αλλοιώθηκε, αφού διαπιστώθηκε πως οι οδηγοί αυτοκινήτων συνέλλεγαν επιβάτες, απλά για να αποφύγουν τη χρέωση. Ως λογική απόρροια των παραπάνω, το σύστημα αναδιαρθρώθηκε ριζικά, με μοναδική εξαίρεση από την τιμολόγηση να αποτελούν πλέον τα δημόσια λεωφορεία και τα οχήματα εκτάκτου ανάγκης.

Το ύψος του κομίστρου αρχικά ορίστηκε στα 1,86 ευρώ και αυξήθηκε στα 3,10 ευρώ το 1980, για να επανέλθει στα 1,86 ευρώ, έπειτα από εννέα χρόνια (1989). Το 1994, οπότε και έλαβε χώρα η ριζική αναδιάρθρωση του συστήματος, υπήρξε διαχωρισμός των εισιτηρίων, συναρτήσει του χρονικού διαστήματος, κατά το οποίο πραγματοποιούνταν η μετακίνηση στο κέντρο της πόλης. Κατά αυτόν τον τρόπο, το τέλος συμφόρησης ορίστηκε στα 1,86 ευρώ κατά τις ώρες αιχμής, ενώ το αντίστοιχο κόμιστρο για τις υπόλοιπες ώρες, τέθηκε στα 2/3 της προαναφερθείσας τιμής, δηλαδή 1,24 ευρώ.

Με την προοδευτική λειτουργία του συστήματος και την παρακολούθηση του, κατέστη επιτακτική η ανάγκη για την ανάπτυξη μιας τεχνολογικά προηγμένης μεθόδου τιμολόγησης, το οποίο θα αντικαθιστούσε το προβληματικό Σύστημα Έκδοσης Αδειών (ALS). Το προκείμενο σύστημα δεν υπολόγιζε το τέλος συμφόρησης, βάσει του χρονικού διαστήματος διέλευσης, του αριθμού διελεύσεων, αλλά και των εκάστοτε επικρατουσών κυκλοφοριακών συνθηκών στη ζώνη τιμολόγησης. Το γεγονός αυτό συνιστούσε σημαντική τροχοπέδη προς την περαιτέρω αναβάθμιση του συνολικού εγχειρήματος.

Τελικά, το 1998, επήλθε η αντικατάσταση του παλαιού Συστήματος Έκδοσης Αδειών (ALS) από ένα τεχνολογικά άρτιο – πλέον – σύστημα, την Ηλεκτρονική Οδική Τιμολόγηση (Electronic Road Pricing-ERP). Η λειτουργία του συστήματος ERP βασίζεται σε τρεις παραμέτρους. Η πρώτη αναφέρεται σε μια κάρτα αποθηκευμένης αξίας, δηλαδή συγκεκριμένου ποσού προπληρωμένου από το χρήστη, η οποία λειτουργεί σαν αναμεταδότης εντός του οχήματος, ενώ διατίθεται στο εμπόριο σε διαφορετικά χρώματα, κάθε ένα από τα οποία παραπέμπει σε διαφορετικό τύπο οχήματος. Η δεύτερη αποτελείται από κεραίες, ανιχνευτές και κάμερες, εγκατεστημένα σε γερανογέφυρες, με σκοπό την λήψη κυκλοφοριακών δεδομένων και την εκπομπή τους στον πύργο ελέγχου, ο οποίος παράλληλα αποτελεί και την

τρίτη παράμετρο του συστήματος και συντελείται από διακομιστές και συστήματα παρακολούθησης. Μέσω της χρήσης της προηγμένης – πλέον – τεχνολογίας, κατέστη εφικτή η καταγραφή και ταυτοποίηση των παράνομα εισελθόντων οχημάτων στη ζώνη συμφόρησης, καθώς και η επιβολή των αντίστοιχων τελών κύρωσης.

Η χρήση του συστήματος ERP κρίνεται ιδιαίτερη απλοϊκή. Ο χρήστης διέρχεται από κατάλληλα διαμορφωμένη υποδοχή και κατόπιν πραγματοποιείται ηλεκτρονικός έλεγχος, αναφορικά με τη χρηματική επάρκεια της κάρτας εισόδου. Εάν το αποθηκευμένο ποσό επαρκεί για την πληρωμή του τέλους συμφόρησης, τότε παράγεται ένας ήχος που υποδηλώνει την επιτυχή ολοκλήρωση της συναλλαγής. Σε αντίθετη περίπτωση, οι κάμερες φωτογραφίζουν την πίσω όψη του οχήματος, αποστέλλουν τη φωτογραφία στον πύργο ελέγχου, όπου και πραγματοποιείται αναγνώριση του οχήματος και έκδοση του κατάλληλου προστίμου.

2.4.3.3 Αποτελέσματα του Συστήματος

Κατά την αρχική φάση εφαρμογής του προγράμματος, επήλθε σημαντική μείωση της κυκλοφοριακής ροής εντός της ζώνης τιμολόγησης, της τάξης του 44%, η οποία μειώθηκε ωστόσο στο 38% το 1998, αφού οι χρήστες οχημάτων Ι.Χ. απέφυγαν σκόπιμα την κεντρική περιοχή και εισέρχονταν εντός αυτής, μόνο κατά το διάστημα διακοπής της επιβολής του τέλους κορεσμού, προκειμένου να αποφύγουν τη χρέωση.

Στο δευτερογενές στάδιο λειτουργίας του συστήματος, με την εκκίνηση του συστήματος ERP, υπήρξε μείωση του κυκλοφοριακού όγκου κατά 15% στην Κεντρική Επιχειρηματική Περιοχή (CBD), αφού το νέο σύστημα αποθάρρυνε την πραγματοποίηση πολλαπλών διελεύσεων, κατά την ίδια ημέρα. Σαν συνέπεια, ο κυκλοφοριακός φόρτος μειώθηκε, παρά το γεγονός πως το τέλος συμφόρησης στο σύστημα ERP ήταν έντονα μεταβλητό, από 0,3 ευρώ έως 3,10 ευρώ.

Το νέο σύστημα ERP αποσκοπούσε στην εις το δυνατόν ορθολογικότερη χρήση του οδικού δικτύου, δηλαδή οι συνιστώσες οδοί να λειτουργούν σε μια μέση στάθμη εξυπηρέτησης, αποτρέποντας την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων, αλλά και τον κορεσμό των οδικών στοιχείων. Έπειτα από την εκπόνηση κατάλληλης διερεύνησης, εκτιμήθηκε πως η βέλτιστη ταχύτητα κυκλοφορίας εντός της περιοχής CBD πρέπει να κυμαίνεται από 20 km/h έως 30 km/h. Σε περίπτωση υπέρβασης του ορίου των 30 km/h, ο κυκλοφοριακός φόρτος που χρησιμοποιεί το οδικό δίκτυο εντός της ζώνης τιμολόγησης, κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και, ως εκ τούτου, κρίνεται αναγκαία η μείωση του τέλους συμφόρησης, προκειμένου τα οδικά στοιχεία να χρησιμοποιούνται κατά βέλτιστο τρόπο. Αντίθετα, όταν η ταχύτητα κυμαίνεται σε επίπεδα χαμηλότερα του κατώτατου ορίου, κρίνεται σκόπιμη η αύξηση του κομίστρου.

Τέλος, σε οικονομικό επίπεδο, το σύστημα ERPaπέφερε ετήσια έσοδα της τάξης των 38 εκατομμυρίων ευρώ, όταν το κόστος εγκατάστασης του, ανήλθε στα 95,6 εκατομμύρια ευρώ.

Ωστόσο, το εγχείρημα της επιβολής αστικών διοδίων παρουσίασε αρκετά προβλήματα κατά την εφαρμογή του, τα οποία και έχρηζαν άμεσης αντιμετώπισης. Κατ' αρχάς, υπήρχε έντονη ανησυχία για επίτευξη σημαντικού πλήγματος στο εμπόριο της Σιγκαπούρης, καθώς η ζώνη τέλους συμφόρησης αποτελεί μέχρι και σήμερα κόμβο επιχειρηματικών και εμπορικών δραστηριοτήτων. Ως εκ τούτου, προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν τυχόν δυσμενείς συνέπειες για το εμπόριο, ορίστηκαν συγκεκριμένες ώρες εφαρμογής του μέτρου, πράξη τελικά ωφέλιμη για τις επιχειρήσεις, αφού κατέστησε την πρόσβαση στην περιοχή ευκολότερη.

Ένα πρόσθετο ζήτημα που έγειρε έντονες κοινωνικές αντιδράσεις, αυτό της ενδεχόμενης παραβίασης της ιδιωτικής ζωής των χρηστών, αντιμετωπίστηκε με τη διαγραφή του συνόλου των συναλλαγών από το κεντρικό σύστημα, κατόπιν παρέλευσης 24 ωρών και καταγραφής των συναλλαγών στην πιστωτική κάρτα του χρήστη.

Επιπρόσθετα, προβληματισμός επικρατούσε αρχικά μεταξύ των πολιτών ως προς τα επίπεδα ακτινοβολίας, στα οποία κυμαίνεται η λειτουργία του συστήματος, ανησυχία που εξαλείφθηκε τελικά με τη διαπίστωση πως οι κεραίες εκπέμπουν σημαντικά μικρότερη ακτινοβολία από τα όρια που συνιστούν οι διεθνείς οργανισμοί.

Εν κατακλείδι, το εγχείρημα της τιμολόγησης του κορεσμού στη Σιγκαπούρη κρίνεται αρκετά επιτυχές και επεκτείνεται – πλέον – και σε οδικές αρτηρίες, παρακείμενες στη CBD, με παράλληλη εξέλιξη της τεχνολογίας του.

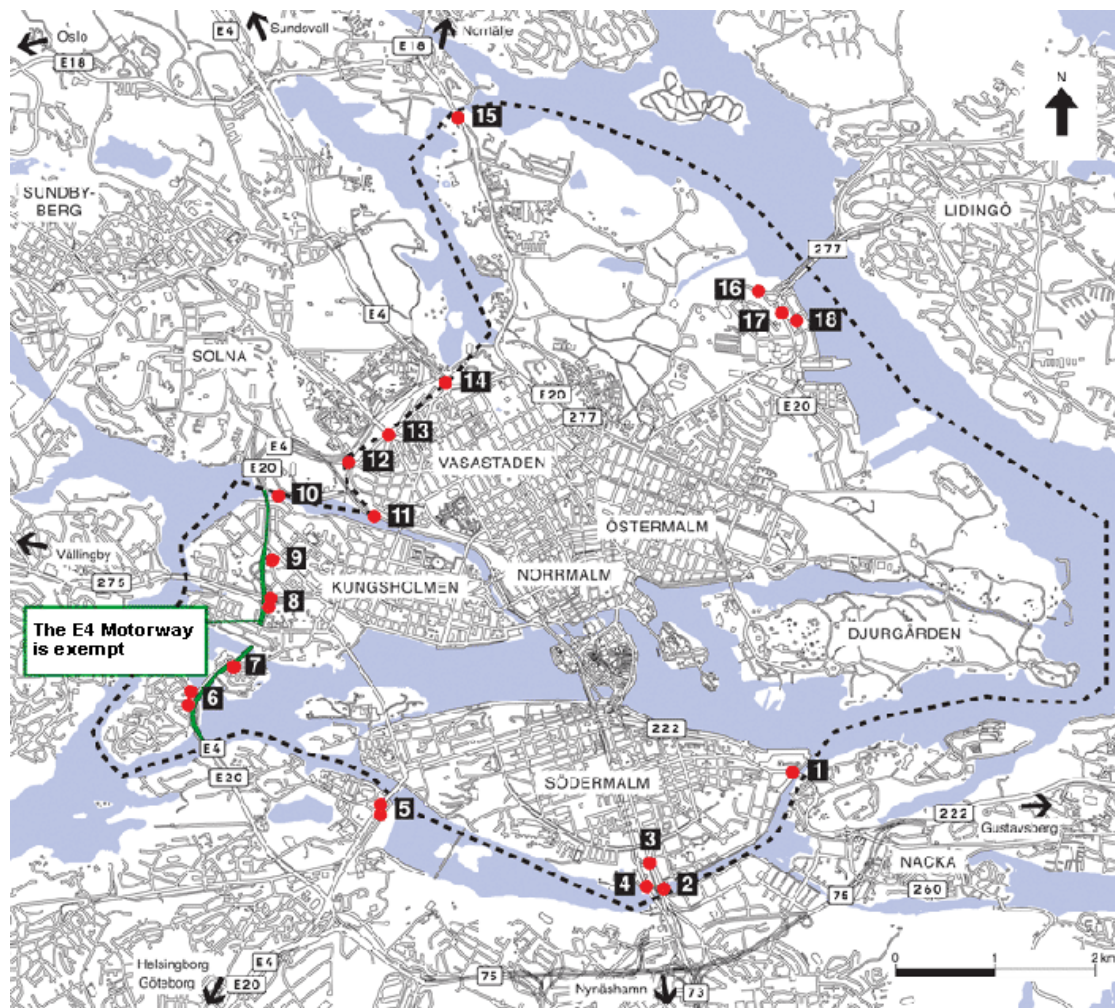
2.4.4 Διόδια στη Στοκχόλμη

2.4.4.1 Στόχοι και Στρατηγική του Συστήματος

Το μέτρο της τιμολόγησης του κορεσμού εφαρμόστηκε στη Στοκχόλμη, αρχικά σε πιλοτικό επίπεδο, από τον Ιανουάριο έως τον Ιούλιο του 2006 και τέθηκε σε πλήρη ισχύ τον Αύγουστο του 2007 (Eliassonetal., 2009).

Το σύστημα τιμολόγησης αποσκοπούσε στην αντιμετώπιση του κυκλοφοριακού κορεσμού, με τη βελτίωση των χαρακτηριστικών ροής, η άνοδος του βιοτικού επιπέδου, μέσω της μείωσης της εκπομπής περιβαλλοντικά εχθρικών ρύπων, καθώς και η αναβάθμιση των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών. Η έκταση της ζώνης τέλους συμφόρησης εκτιμάται σε 30 km², συνιστώντας 9% της πόλης. Στο ακόλουθο

Σχήμα, διακρίνεται η περιοχή ενδιαφέροντος, η οποία και περιβάλλεται από 18 σημεία ελέγχου της πρόσβασης.



Σχήμα 2.7 Ζώνη επιβολής τέλους κυκλοφοριακής συμφόρησης στη Στοκχόλμη (<http://www.autoalert.me.uk>)

2.4.4.2 Περιγραφή του Συστήματος

Η μέθοδος τιμολόγησης που εφαρμόζεται στη Στοκχόλμη, διακρίνεται για τον δυναμικό χαρακτήρα της, δηλαδή το ύψος του κομίστρου είναι μεταβλητό και συναρτάται από την ώρα διέλευσης. Η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία ονομάζεται ANPR και η λειτουργία του συστήματος επιτυγχάνεται μέσω καμερών, οι οποίες καταγράφουν ένα ειδικά διαμορφωμένο τσιπ, το οποίο πρέπει να είναι ενσωματωμένο στο όχημα που εισέρχεται στην περιοχή τιμολόγησης. Μετά και την καταγραφή, αποστέλλεται στο χρήστη ειδοποίηση, αναφερόμενη στην πληρωμή του τέλους.

Το συνολικό έργο τίθεται σε ισχύ από Δευτέρα έως Παρασκευή και ώρες 06:30 – 18:30, με το ύψος του κομίστρου να διακρίνεται σε 1, 1.5 και 2 ευρώ, συναρτήσει της

χρονικής στιγμής εισόδου στη ζώνη επιβολής του τέλους. Η μέγιστη χρέωση ανέρχεται στα 6 ευρώ ανά ημέρα (Eliassonet al., 2009).

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο έλεγχος εισόδου λαμβάνει χώρα σε 18 σημεία της πόλης, χωρίς να υπάρχουν μπάρες, χάριν αποφυγής περιττών καθυστερήσεων. Οι μέθοδοι πληρωμής ποικίλλουν, με τους χρήστες να έχουν τη δυνατότητα πληρωμής των τελών μετακίνησης, μέσω του συστήματος Autopass, ηλεκτρονικά μέσω διαδικτύου, ενώ καθίσταται εφικτή η καταβολή του κομίστρου και σε καταστήματα ή τράπεζες, σε μηνιαία βάση (CityofStockholm, 2009). Φυσικά, της χρέωσης απαλλάσσονται συγκεκριμένες κατηγορίες οχημάτων, όπως λεωφορεία με ολικό βάρος ανώτερο των 14 τόνων, οχήματα εκτάκτου ανάγκης, αυτοκίνητα του διπλωματικού σώματος, δίκυκλα, αυτοκίνητα με πινακίδες εξωτερικού, στρατιωτικά οχήματα, καθώς και οχήματα εναλλακτικής μορφής καυσίμων ως το 2012. Η εξαίρεση χρέωσης ισχύει για όλες τις κατηγορίες οχημάτων, καθ' όλη τη διάρκεια του Ιουλίου. Τέλος, σε ενδεχόμενη παράβαση, προβλέπεται πρόστιμο ύψους 50 ευρώ (ΚΤΑ, 2008).

2.4.4.3 Αποτελέσματα του Συστήματος

Η εφαρμογή της δυναμικής πολιτικής τιμολόγησης του κορεσμού επέφερε μείωση της κυκλοφοριακής ροής, της τάξης του 22%, ενώ υπήρξε μείωση και των χρόνων μετακίνησης σε εύρος 30 – 50 %. Επιπλέον, η ταχύτητα ελέγχου στη ζώνη τιμολόγησης παρουσίασε αύξηση σε επίπεδο 30 – 50 %, με το 33% να αναφέρεται στην πρωινή αιχμή. Επιπρόσθετα, σημειώθηκε αύξηση 9% στη χρήση των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών.

Αναφορικά με το περιβαλλοντικό σκέλος, επετεύχθη τελικά ο επιδιωκόμενος σκοπός, αφού επήλθε μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα κατά 14% στην περιοχή χρέωσης της κυκλοφορίας.

Τα καθαρά ετήσια έσοδα από την εισπραξιμότητα του μέτρου, ανέρχονται στα 52 εκατομμύρια ευρώ και επενδύονται στη βελτίωση και επέκταση των οδικών υποδομών, στην αναβάθμιση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, αλλά και στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των αστικών διοδίων. Τέλος, τα λειτουργικά έξοδα αποτελούν μόλις το 25% επί των εσόδων.

2.4.5 Διόδια στο Εδιμβούργο

Το Εδιμβούργο, πρωτεύουσα της Σκωτίας, συνιστά χαρακτηριστική περίπτωση πόλης όπου υπήρχε σχέδιο για την εφαρμογή ενός συστήματος αστικών διοδίων, ωστόσο δεν εφαρμόστηκε τελικά. Η μελέτη για την ανάπτυξη και προώθηση ενός συστήματος οδικής τιμολόγησης βρισκόταν σε εξέλιξη για δέκα συναπτά έτη, έως ότου το

Φεβρουάριο του 2005, αποφασίστηκε το εγχείρημα να τεθεί στην κρίση των πολιτών, υπό τη μορφή δημοψηφίσματος.

Το εξεταζόμενο έργο αποσκοπούσε στην ουσιαστική αντιμετώπιση του κυκλοφοριακού κορεσμού, καθώς και στην επένδυση των εσόδων από την υλοποίηση του, στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, για την περαιτέρω αναβάθμιση των παρεχόμενων υπηρεσιών τους.

Το σχέδιο περιελάμβανε την ύπαρξη δύο περιοχών τιμολόγησης, εκ των οποίων η μία αποτελούσε υποσύνολο της άλλης. Για την είσοδο τις καθημερινές στην – περιορισμένης έκτασης – κεντρική ζώνη, προβλεπόταν χρέωση για τις ώρες 07:00 – 18:30, ενώ για την περιβάλλουσα εξωτερική περιοχή θα προέκυπτε χρέωση μόνο κατά την πρωινή αιχμή, δηλαδή κατά το διάστημα 07:00 – 10:00. Στο Σχήμα 2.6 διακρίνεται η εξωτερική ζώνη τιμολόγησης, με την εσωτερική να ακολουθεί στο Σχήμα 2.7.



Σχήμα 2.8 Εξωτερική ζώνη τιμολόγησης στο Εδιμβούργο(<http://www.news.bbc.co.uk>)



Σχήμα 2.9 Εσωτερική ζώνη τιμολόγησης στο
Εδιμβούργο(<http://www.news.bbc.co.uk>)

Η λειτουργία του συνολικού εγχειρήματος θα συνιστούσε προσχέδιο και παράδειγμα προς εφαρμογή για γειτνιάζουσες πόλεις, όπως η Γλασκόβη. Το υπό εξέταση σχέδιο είχε προγραμματιστεί να τεθεί σε ισχύ το 2006 και θα χρησιμοποιούσε την ίδια τεχνολογία με αυτή του αντίστοιχου στο Λονδίνο (ANPR).

Αναφορικά με το οικονομικό σκέλος του προγράμματος, προβλεπόταν τέλος ύψους 2,3 ευρώ για τα οχήματα Ι.Χ., παρέχοντας όμως τη δυνατότητα πολλαπλών διελεύσεων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επιπλέον, η πληρωμή θα ήταν εφικτή σε κατά τόπους συνεργαζόμενα καταστήματα, μέσω διαδικτύου, γραπτών μηνυμάτων ή τηλεφωνικών κλήσεων. Εξαίρεση από την πληρωμή του κομίστρου αποτελούσαν οι πολίτες με κινητικά προβλήματα και συγκεκριμένες κατηγορίες οχημάτων, δηλαδή τα ταξί, λεωφορεία, μοτοποδήλατα και οχήματα ενοικιαζόμενα με την ώρα. Επιπρόσθετα, δε θα προέκυπτε χρέωση, αν ένα όχημα δε διερχόταν έστω από έναν κλοιό χρέωσης, αλλά κινούταν εντός αυτού.

Από την υλοποίηση του προγράμματος, βάσει προϋπολογισμού, εκτιμήθηκαν καθαρά ετήσια έσοδα ύψους 57,5 εκατομμυρίων ευρώ, σημαντικό μέρος των οποίων θα χρησιμοποιούταν για περαιτέρω ανάπτυξη των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών, ενώ το υπόλοιπο θα ήταν εφικτό να διατεθεί για την ενίσχυση της κίνησης με ποδήλατο και πεζή, στη συντήρηση των τότε υφιστάμενων υποδομών και τη βελτίωση του επιπέδου οδικής ασφάλειας, καθώς και στην διαμόρφωση νέων προγραμμάτων στάθμευσης.

Υπέρμαχες του προγράμματος οδικής τιμολόγησης τάχθηκαν οι περιβαλλοντικές ομάδες της χώρας, λόγω της προσδοκίας για βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών και – εν γένει – του επιπέδου διαβίωσης. Επιπρόσθετα, διεξήχθη ειδικό

πρόγραμμα προώθησης του εγχειρήματος, το οποίο θα βελτίωνε αισθητά την κινητικότητα στην πόλη. Ωστόσο, οι πολέμοι της υλοποίησης του σχεδίου, σχημάτισαν ισχυρή εθνική συμμαχία, η οποία πραγματοποίησε εκστρατεία, με πλήθος διαμαρτυριών, κατά της επιβολής αστικών διοδίων στην πόλη. Η βασική ανησυχία των αντιφρονούντων με το τέλος συμφόρησης, αφορούσε την πιθανή επίτευξη πληγμάτων στο λιανικό εμπόριο και τις συνακόλουθες επιπτώσεις για τις επιχειρήσεις στην περιοχή τιμολόγησης. Ως λογική απόρριψη, κατόπιν διεξαγωγής του δημοψηφίσματος, οι κάτοικοι του Εδιμβούργου απέρριψαν κατά συντριπτική πλειοψηφία το εγχείρημα εφαρμογής αστικών διοδίων (74,4% αντιτάχθηκαν στο σχέδιο), οδηγώντας κατά αυτόν τον τρόπο το δημοτικό συμβούλιο της πόλης σε απόσυρση της πρότασης για τιμολόγηση της κυκλοφορίας.

Βασικοί παράγοντες για την απόρριψη του σχεδίου αποτέλεσαν η ευαρέσκεια στη χρήση οχήματος Ι.Χ., καθώς και η αδυναμία κατανόησης του άξονα στον οποίο θεμελιωνόταν η λογική του προγράμματος και των ευεργετικών συνεπειών που θα προέκυπταν από ενδεχόμενη εφαρμογή του. Η αδυναμία κατανόησης του εγχειρήματος οφειλόταν στο γεγονός πως προβλέπονταν δύο ζώνες χρέωσης, αντί για μία ενιαία. Επιπλέον, ενώ στο Λονδίνο υπήρχαν τουλάχιστον 60 ειδικοί (μηχανικοί και οικονομολόγοι) που ασχολούνταν με το σχεδιασμό της ορθολογικότερης υλοποίησης του μέτρου, στο Εδιμβούργο υπήρχαν μόνο 6, δίνοντας την εντύπωση στο κοινό πως το σχέδιο δεν ήταν κατάλληλα διαμορφωμένο για την ομαλή μετάβαση σε ένα σύστημα αστικών διοδίων (Reyetal., 2008).

Τέλος, οι πολίτες δεν ήταν πεπεισμένοι πως το εξεταζόμενο εγχείρημα θα καθιστούσε εφικτή την ταυτόχρονη επίτευξη των αρχικών στόχων του, δηλαδή τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, καθώς και την αναβάθμιση των παρεχόμενων υπηρεσιών από τις Δημόσιες Συγκοινωνίες. Αντίθετα, επικρατούσε η αντίληψη πως η κυβέρνηση αναζητούσε ένα ακόμη φοροεισπρακτικό μέτρο, χωρίς την κατάλληλη πολιτική βούληση για πραγματοποίηση ουσιαστικών επενδύσεων.

2.5 Προσομοίωση Λειτουργίας Μεταφορικών Συστημάτων

Η ορθολογική και ουσιαστική αντιμετώπιση ενός προβλήματος απαιτεί αρχικά την πλήρη γνώση των χαρακτηριστικών και των αιτιών γένεσης του. Αντίστοιχα, λοιπόν, η επίλυση του κυκλοφοριακού κορεσμού, ειδικότερα στο κέντρο της Αθήνας, προϋποθέτει τη σε βάθος γνώση των συνθηκών και επιμέρους χαρακτηριστικών της ροής, μακροσκοπικών και μικροσκοπικών. Μέσω της άρτιας επίγνωσης της υφιστάμενης κατάστασης, καθίσταται εφικτή η λήψη των κατάλληλων μέτρων διαχείρισης της κυκλοφορίας, όπως η επιβολή τέλους συμφόρησης, για τη βελτιστοποίηση των συνθηκών ροής. Η ανάλυση των κυκλοφοριακών λειτουργιών και καταστάσεων, σε μια περιοχή, επιτυγχάνεται πλέον με τη χρήση λογισμικών

προσομοίωσης της κυκλοφορίας και – εν γένει – της λειτουργίας των Μεταφορικών Συστημάτων.

Η προσομοίωση της λειτουργίας των Μεταφορικών Συστημάτων και – πιο συγκεκριμένα – των κυκλοφοριακών λειτουργιών σε ένα οδικό δίκτυο αποτελεί αντικείμενο πολυετούς διερεύνησης για τους συγκοινωνιολόγους μηχανικούς και – γενικά – τους απασχολούμενους στον τομέα των Μεταφορών. Η συγκεκριμένη διερεύνηση κρατεί για περισσότερα από πενήντα έτη, αλλά μόλις τα τελευταία είκοσι, έχει επιτευχθεί η ανάπτυξη αλγορίθμων ή λογισμικών, επαρκών για την επακριβή περιγραφή της ροής οχημάτων σε ένα δίκτυο. Κατά αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η περιγραφή τόσο των υφιστάμενων κυκλοφοριακών καταστάσεων, υπό τις παρούσες συνθήκες ελέγχου της κυκλοφορίας, όσο και η ει το δυνατόν ακριβέστερη πρόβλεψη των μελλοντικών συνθηκών ροής.

Πριν την προγραμματιστική ανάπτυξη προτύπων απεικόνισης της κυκλοφορίας, επικρατούσε η παραδοσιακή προσέγγιση των κυκλοφοριακών προβλημάτων, η οποία βασιζόταν σε αιτιοκρατικά (ή ντετερμινιστικά) πρότυπα. Ωστόσο, τα συγκεκριμένα πρότυπα δεν δύναντο να λάβουν υπόψη τυχαία γεγονότα, τα οποία και εμφανίζονται συχνά στην ροή, καθώς η λογική τους θεμελιωνόταν σε υπεραπλουστευμένες παραδοχές και μαθηματικές εξισώσεις. Αντίθετα, τα πλέον σύγχρονα αναπτυσσόμενα πρότυπα προσομοίωσης της κυκλοφορίας λαμβάνουν υπόψιν το στοχαστικό χαρακτήρα της ροής και, μάλιστα, καθίσταται εφικτή όχι μόνο η περιγραφή των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας, αλλά και των μικροσκοπικών, δηλαδή η ανάλυση σε επίπεδο οχήματος. Τα τελευταία πρότυπα ονομάζονται και στοχαστικά, λόγω της θεώρησης της επιρροής της τυχαιότητας στην κυκλοφορία.

Για τις ανάγκες του παρόντος ερευνητικού έργου, πραγματοποιήθηκε η χρήση του λογισμικού προσομοίωσης κυκλοφορίας, Aimsun. Αναλυτικά στοιχεία για το λογισμικό και τις περιπτώσεις εφαρμογής του, παρατίθενται στην επόμενη ενότητα.

2.6 Το λογισμικό Aimsun

Το λογισμικό προσομοίωσης κυκλοφορίας, Aimsun, αναπτύσσεται και εκδίδεται από την εταιρεία TransportSimulationSystems, με έδρα τη Βαρκελώνη. Η λογική του προκείμενου λογισμικού στηρίζεται στο πρότυπο ακολουθίας οχημάτων (carfollowingmodel) που ανέπτυξε ο Peter G. Gipps στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Το πρότυπο αυτό βασίζεται άμεσα στην ατομική οδηγική συμπεριφορά και αντίληψη, για τα οχήματα που κινούνται σε ένα ρεύμα κυκλοφορίας. Επιπλέον, υφίστανται περιορισμοί συσχετιζόμενοι με τις παραμέτρους των οδηγών και των οχημάτων, με σκοπό την επακριβή και ασφαλή μίμηση της κίνησης των οχημάτων που ακολουθούν τα προπορευόμενα στο εμπροσθεν τμήμα της ροής. Κατά αυτόν τον τρόπο,

επιτυγχάνεται η ρύθμιση και των επιμέρους συνιστωσών για την έγκυρη και έγκαιρη αλλαγή λωρίδων (lanechangingmodel), καθώς και την επίτευξη ασφαλών χωρικών και χρονικών διαχωρισμών μεταξύ των οχημάτων (gap-acceptancemodel). Το πρότυπο ακολουθίας οχημάτων του Gipps διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα αναπτυχθέντα στο γεγονός ότι χρησιμοποιεί ένα προοδευτικό χρονικό βήμα εντός της συνάρτησης ακολουθίας, το οποίο τελικά βοηθάει στη μείωση του υπολογιστικού όγκου που απαιτείται για την αριθμητική ανάλυση (AimsunUser'sManual).

2.7 Περιπτώσεις εφαρμογής του λογισμικού Aimsun

Στη συνέχεια, παρατίθενται ενδεικτικά παραδείγματα από δύο πόλεις στο εξωτερικό, στις οποίες η προσομοίωση των κυκλοφοριακών λειτουργιών επετεύχθη με τη χρήση του λογισμικού Aimsun.

2.7.1 Προσομοίωση στο Τορόντο

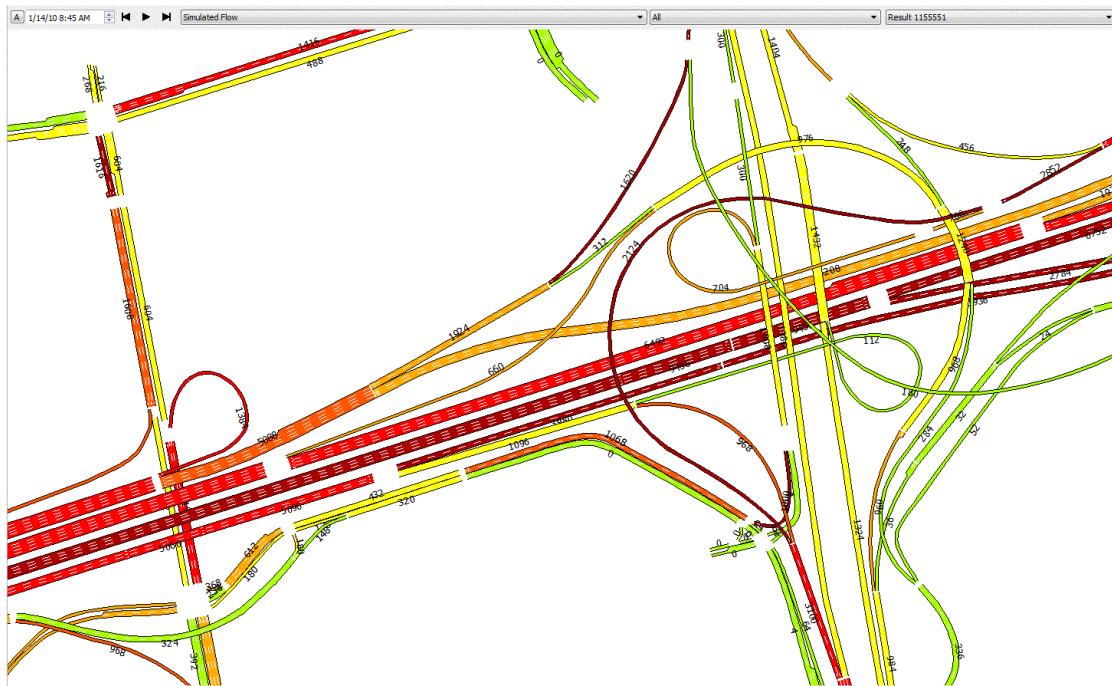
Οι Παναμερικανικοί Αγώνες του 2015 αποτέλεσαν πόλο έλξης για περισσότερους από 7000 αθλητές και περίπου 1,4 εκατομμύρια επισκέπτες στο Τορόντο του Καναδά, στην περιοχή του GreaterGoldenHorseshoe. Η περιοχή των τετελεσμένων – πλέον – αγώνων συνίσταται από μία έκταση 5300 km² και οι αγώνες αποτέλεσαν ένα από τα σημαντικότερα γεγονότα στη σύγχρονη ιστορία του Καναδά. Ο κυκλοφοριακός κορεσμός εντός της πόλης συνιστούσε ανέκαθεν ένα μείζον πρόβλημα για την περιοχή και, για τον λόγο αυτό, οι διοργανωτές έθεσαν ως κύριο στόχο την ει δυνατόν ορθολογικότερη διαχείριση της κυκλοφορίας, κατά τη διάρκεια των αγώνων, προκειμένου να βελτιστοποιήσουν τις μετακινήσεις των αθλητών και του προσωπικού των αγώνων (TTT, 2015).

Για το σκοπό αυτό, συγκροτήθηκε η Συγκοινωνιακή Ομάδα των Παναμερικανικών Αγώνων (PanAmTransportationTeam), η οποία και εργάστηκε πάνω σε ένα σχέδιο μετακινήσεων, το οποίο εκτιμάται πως κόστισε κοντά στα 60 εκατομμύρια καναδικά δολάρια, έτσι ώστε να παράσχει τελικά στους συμμετέχοντες στους αγώνες, ασφαλείς και αξιόπιστες μεταφορές.

Το τελικά εκπονηθέν σχέδιο περιείχε πολλές τροποποιήσεις στη διαχείριση και την κατεύθυνση των κινήσεων, μέσω της δημιουργίας λωρίδων προτεραιότητας (PriorityLaneNetwork-PLN), περιορισμούς στάθμευσης, απαγορεύσεις στρεφουσών και αναστροφών, αποκλεισμό συγκεκριμένων οδών, καθώς και αλλαγές στο ωρολόγιο πρόγραμμα λειτουργίας των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.

Η αρμόδια Συγκοινωνιακή Ομάδα, προκειμένου να αξιολογήσει τις συνέπειες από την λήψη των προαναφερθέντων μέτρων διαχείρισης της κυκλοφορίας και ειδικότερα

από τη δημιουργία λωρίδων προτεραιότητας, ανέπτυξε το ψηφιακό κυκλοφοριακό προσομοίωμα της περιοχής, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Aimsun. Το προσομοίωμα περιελάμβανε τους αυτοκινητοδρόμους της ευρύτερης περιοχής, στους οποίους μάλιστα ορίστηκαν οι λωρίδες προτεραιότητας για τα οχήματα των αγώνων. Κατόπιν μακροσκοπικής, μεσοσκοπικής και μικροσκοπικής εξέτασης, κατέστη εφικτή η πρόβλεψη και ανάλυση των κυκλοφοριακών συνεπειών από την εφαρμογή των προαναφερθέντων έργων διαχείρισης της κυκλοφορίας, καθώς και η αντίδραση των μετακινούμενων από την επιβολή των όποιων αλλαγών. Στο Σχήμα 2.10 απεικονίζεται μέρος του ψηφιακού προσομοιώματος της πόλης του Τορόντο, σύμφωνα με το λογισμικό Aimsun.



Σχήμα 2.10 Ψηφιακό κυκλοφοριακό προσομοίωμα της πόλης του Τορόντο (<https://www.aimsun.com/wp/wp-content/uploads/2012/06/Flow-Toronto-SimFrame.png>)

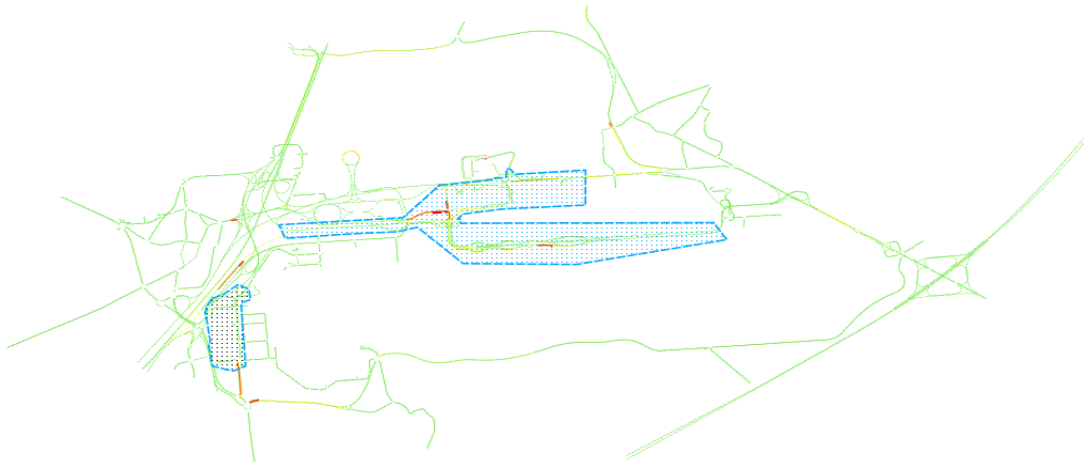
2.7.2 Προσομοίωση στο Αεροδρόμιο Charles de Gaulle του Παρισιού

Η εταιρεία Aéroports de Paris (AdP), αποσκοπώντας στη μετατροπή της πόλης του Παρισιού σε πόλη – αεροδρόμιο, ανέθεσε στη γαλλική συμβουλευτική εταιρεία μηχανικών, CDVIA, την ανάπτυξη κατάλληλου κυκλοφοριακού προσομοιώματος για την περιοχή γύρω από το αεροδρόμιο (TTT, February 2015). Μάλιστα, στο Σχήμα 2.11 διακρίνεται η περιοχή προσομοίωσης.



Σχήμα 2.11 Περιοχή προσομοίωσης στο αεροδρόμιο CharlesdeGaulle
(<https://www.aimsun.com/wp/wp-content/uploads/2015/02/cdg-airport-aimsun.jpg>)

Το κυκλοφοριακό προσομοίωμα της περιοχής δημιουργήθηκε, και σε αυτήν την περίπτωση, με τη χρήση του λογισμικού Aimsun και χαρακτηρίστηκε ως υβριδικό. Ο χαρακτηρισμός αυτός προέρχεται από το γεγονός πως το προσομοίωμα παρείχε τη δυνατότητα μεσοσκοπικής ανάλυσης, ενώ όπου απαιτείτο περισσότερη ακρίβεια, πραγματοποιείτο μικροσκοπική ανάλυση. Το εξεταζόμενο προσομοίωμα περιελάμβανε το παρακείμενο, στο αεροδρόμιο, οδικό δίκτυο, το μήκος του οποίου υπερέβαινε τα 240 km, 600 κόμβους, 64 γραμμές λεωφορείων, 100 στάσεις λεωφορείων και 190 κεντροειδή κατάλληλα διαχωρισμένων ζωνών της περιοχής ενδιαφέροντος. Στο Σχήμα 2.12 απεικονίζεται το ψηφιακό προσομοίωμα της ζώνης μελέτης.



Σχήμα 2.12 Ψηφιακό προσομοίωμα του παρακείμενου οδικού δικτύου στο αεροδρόμιο CharlesdeGaulle (<https://www.aimsun.com/wp/wp-content/uploads/2015/06/CDG-hybrid.png>)

Για την ανάπτυξη του υβριδικού προσομοιώματος, διαμορφώθηκαν κατάλληλοι πίνακες προέλευσης – προορισμού (Origin–DestinationMatrices, ODMatrices), οι οποίοι περιελάμβαναν χρήσιμα στοιχεία, τόσο για την πρωινή, όσο και την απογευματινή αιχμή. Η AdPχρησιμοποιεί πλέον το προσομοίωμα, για να εξετάσει λύσεις για την αντιμετώπιση τυχόν νέων προκύπτοντων κυκλοφοριακών προβλημάτων. Τέλος, παρά την ακρίβεια που προσφέρει η ανάλυση του προκείμενου προσομοιώματος, κρίνεται σκόπιμη η περαιτέρω επεξεργασία του.

2.8 Συμπεράσματα Βιβλιογραφίας

Κατόπιν ενδελεχούς ανάλυσης της βιβλιογραφίας, κατέστη σαφές ότι υπάρχει ανάγκη εφαρμογής συστημάτων τιμολόγησης του κορεσμού στα αστικά οδικά δίκτυα ανά τον κόσμο. Στον Πίνακα 2.2 παρατίθενται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα που επέφερε η επιβολή τέλους συμφόρησης σε διεθνή αστικά κέντρα, όπως αυτά παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου, με τα αποτελέσματα να είναι εντυπωσιακά. Έτσι, παρατηρείται κατά μέσο όρο μείωση του κυκλοφοριακού κορεσμού στην περιοχή συμφόρησης, της τάξης του 25%. Παράλληλα, μέσω της εφαρμογής τέλους κορεσμού, σημειώνεται σημαντική μείωση εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 2.2 Συνέπειες των συστημάτων τιμολόγησης στην κυκλοφορία και το περιβάλλον (Βλαχογιάννη, Γκότσης, 2015)

Μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης		Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
Λονδίνο	33%	Μείωση :15.7% CO ₂ , 17% NO _x , 24% PM10
Σιγκαπούρη	38%	+Σημαντική μείωση της εκπομπής ρύπων -Ακτινοβολία από την λειτουργία του συστήματος
Όσλο	10%	Σημαντική μείωση ρύπων και ηχορύπανσης
Στοκχόλμη	22%	Μείωση 14% του CO ₂

Συνεπώς, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη για την εφαρμογή ενός άρτια σχεδιασμένου συστήματος τιμολόγησης στο δακτύλιο της Αθήνας, η οποία, όπως αποδείχτηκε στο πρώτο κεφάλαιο της παρόντος ερευνητικού έργου, αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης και ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

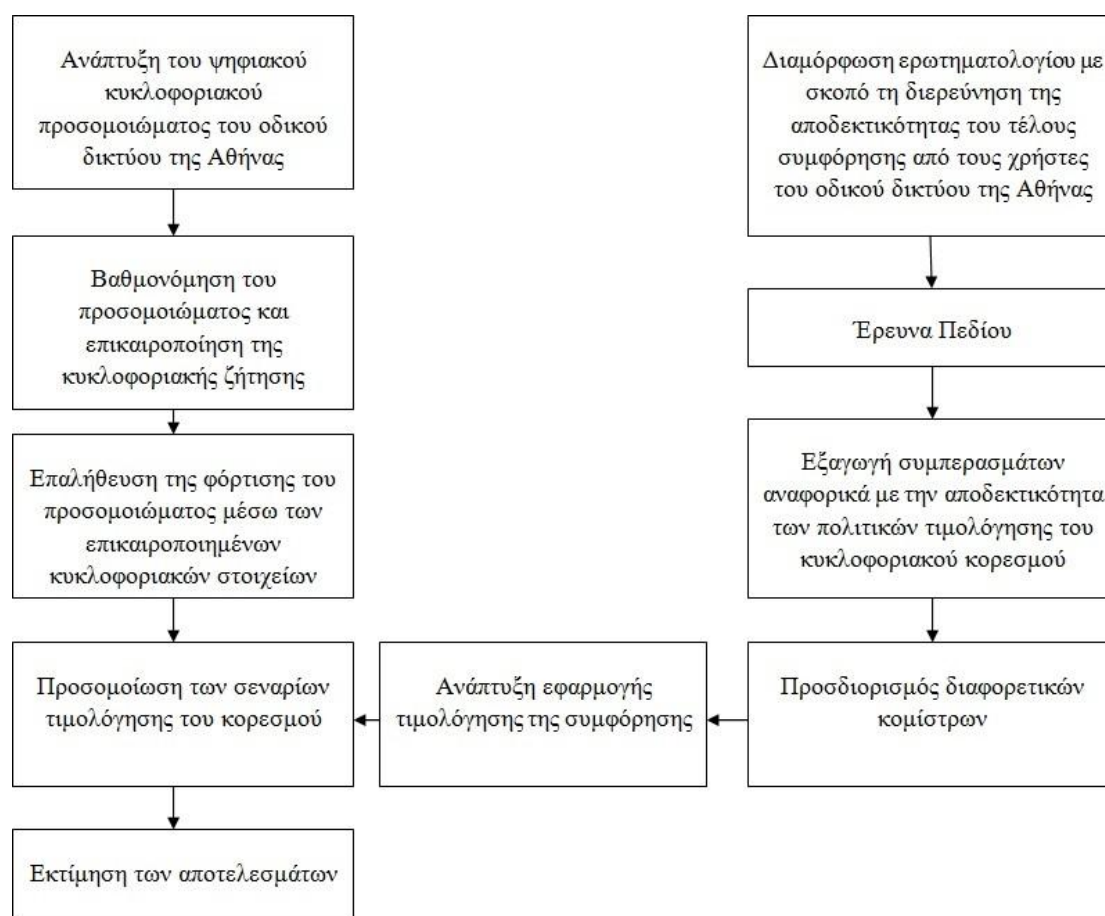
Ωστόσο, από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, διακρίνεται η έλλειψη μικροσκοπικής εξέτασης ενός συστήματος οδικής τιμολόγησης που επίκειται να εφαρμοστεί στο μικρό δακτύλιο Αθηνών. Την έλλειψη αυτή, για λογαριασμό του οδικού δικτύου της Αθήνας, έχει ως σκοπό να καλύψει η έρευνα που θα προκύψει από την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

3.1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που εφαρμόζεται για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1.



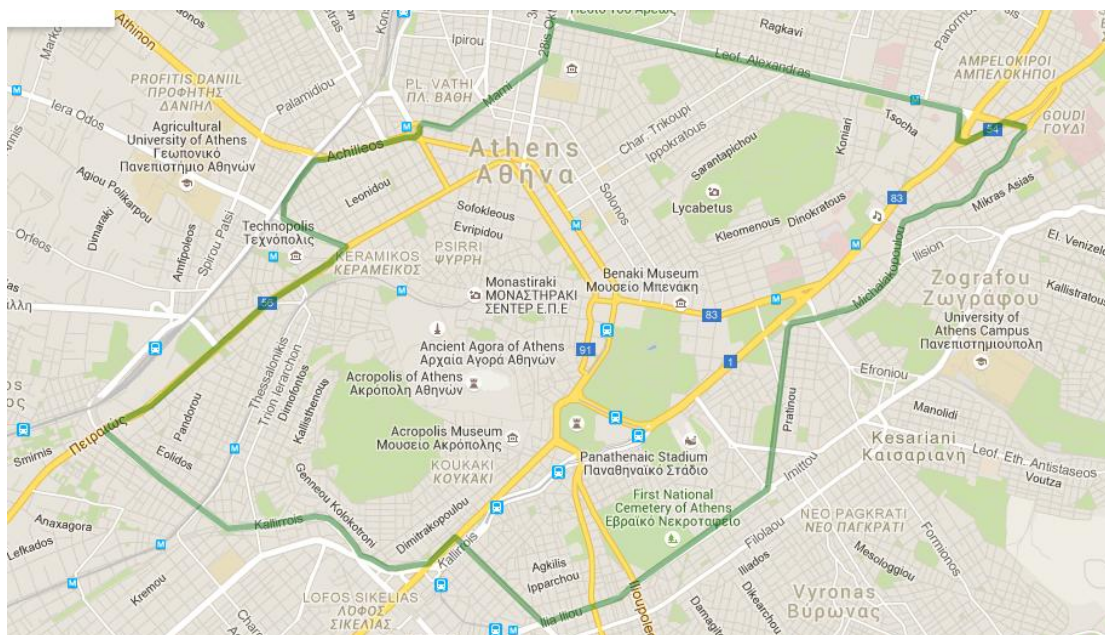
Σχήμα 3.1 Διάγραμμα Ροής Εργασιών για την εκτίμηση των κυκλοφοριακών συνεπειών από την εφαρμογή πολιτικών τιμολόγησης του κορεσμού

3.2 Έρευνα Πεδίου

3.2.1 Περιγραφή και Στόχοι του Προτεινόμενου Συστήματος Διοδίων

α. Περιγραφή του Συστήματος

Το εξεταζόμενο προς εφαρμογή σύστημα αστικών διοδίων αναφέρεται στο κέντρο της Αθήνας, ενώ ως περιοχή επιβολής του τέλους συμφόρησης, ορίζεται ο μικρός δακτύλιος. Η έκταση της ζώνης τιμολόγησης διακρίνεται στο Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2 Ο δακτύλιος της Αθήνας ως περιοχή επιβολής τέλους συμφόρησης (Βλαχογιάννη, Γκότσης, 2015)

Σύμφωνα με το προτεινόμενο σχέδιο, το χρονικό διάστημα επιβολής του τέλους συμφόρησης για τους μετακινούμενους εντός της περιοχής ενδιαφέροντος, ορίζεται από τις 07:00 έως τις 21:00. Εξαίρεση από την εφαρμογή του συστήματος τιμολόγησης, αποτελούν οι Κυριακές και οι ημέρες αργίας, ενώ το Σάββατο προβλέπεται η ισχύς του μόνο κατά τις εργάσιμες ώρες, ήτοι 07:00 έως 21:00.

Η αποτελεσματική και εύρυθμη λειτουργία του συστήματος αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την αποδοχή του μέτρου από τους επίδοξους χρήστες. Στο πλαίσιο αυτό, ο τρόπος καταβολής του κομίστρου πρέπει να καταστεί ευρέως απλός και κατανοητός. Αρχικά, οι οδηγοί που αποδέχονται την εφαρμογή του μέτρου, θα πρέπει να δηλώσουν τον αριθμό πινακίδας των οχημάτων Ι.Χ. που σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν μελλοντικά, εντός της περιοχής τιμολόγησης, σε μια κεντρική βάση

δεδομένων. Επιπλέον, καθίσταται απόλυτα αναγκαία η καταγραφή των προσωπικών στοιχείων των μετακινούμενων, καθώς και τα ατομικά στοιχεία χρέωσης αυτών (αριθμός πιστωτικής κάρτας). Η χρήση των παραπάνω στοιχείων θα πραγματοποιείται κατά τρόπο απόλυτα εμπιστευτικό, στο πλαίσιο της προστασίας των προσωπικών δεδομένων και μόνο για τις ανάγκες επιβολής του τέλους στον εκάστοτε οδηγό. Η διαχείριση της βάσης δεδομένων συνίσταται να πραγματοποιηθεί από Δημόσιο Φορέα, υφιστάμενο ή νεοσύστατο. Μέσω της περιγραφείσας διαδικασίας, καθίσταται εφικτή η καταγραφή και αναγνώριση των πινακίδων κυκλοφορίας από κάμερες, προκειμένου να αποφευχθεί η εγκατάσταση σταθμών διοδίων περιμετρικά του δακτυλίου και, συνεπώς, αυξημένες χρονικές καθυστερήσεις από την αναμονή στα σημεία ελέγχου. Εν συνεχεία, είτε θα αφαιρείται σε πραγματικό χρόνο το αντίστοιχο ποσό από την δηλωθείσα πιστωτική ή χρεωστική κάρτα του οδηγού, είτε θα αποστέλλεται στην οικία αυτού, υπό τη μορφή συγκεντρωτικού λογαριασμού. Επιπρόσθετα, θα παρέχεται δυνατότητα καταβολής του κομίστρου μέσω ειδικών καρτών αυτόματης πληρωμής, οι οποίες θα πωλούνται από πρατήρια καυσίμων ή περίπτερα παρακείμενα στη ζώνη τιμολόγησης, μέσω γραπτού μηνύματος από το κινητό, μέσω διαδικτύου ή σε συγκεκριμένα συνεργαζόμενα καταστήματα. Σε περίπτωση αποτυχίας καταβολής του κομίστρου από το χρήστη εντός δέκα ημερών, το ποσό θα διπλασιάζεται, ενώ με την πάροδο είκοσι και πλέον ημερών, προβλέπεται σοβαρότερη κύρωση για τον παραβάτη – οδηγό, με την αφαίρεση των πινακίδων από το Ι.Χ. όχημα του.

Ο αναλυτικός προσδιορισμός του ύψους του κομίστρου συνιστά αντικείμενο ενδελεχούς διερεύνησης. Στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού έργου, το εξεταζόμενο σύστημα τιμολόγησης χαρακτηρίζεται ως δυναμικό, δηλαδή η χρέωση, για τη χρήση του οδικού δικτύου, προκύπτει συναρτήσει των εκάστοτε επικρατουσών κυκλοφοριακών συνθηκών. Η χρήση δυναμικών πολιτικών τιμολόγησης του κορεσμού πραγματοποιείται με σκοπό την κυκλοφοριακή εκτόνωση των διαστημάτων αιχμής, καθώς και την συνολική εξομάλυνση της ροής εντός της ημέρας. Ωστόσο, υπό τις υφιστάμενες συνθήκες οικονομικής δυσχέρειας, όπου η ύφεση πλήττει τη χώρα για ένα επιπλέον συναπτό έτος, θεωρείται πολύ πιθανή η ευρεία αντίληψη του μέτρου τιμολόγησης ως ένα επιπρόσθετο φοροεισπρακτικό μέτρο. Προκειμένου, λοιπόν, να περιοριστεί η αντίληψη αυτή, θα πρέπει – τουλάχιστον αρχικά – το ύψος του τέλους συμφοράς να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και να μη χαρακτηρίζεται από έντονη μεταβλητότητα. Με την πάροδο εύλογου χρονικού διαστήματος και αφού γίνουν ορατά τα πρώτα ευεργετικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του μέτρου, καθίσταται εφικτή η πραγματοποίηση κατάλληλων τροποποιήσεων. Περαιτέρω κατηγοριοποιήσεις, όπως η επιβολή χρέωσης σύμφωνα με τα επίπεδα εκπεμπόμενων ρύπων των οχημάτων, κρίνονται υπερβολικές και ανεδαφικές κατά το αρχικό στάδιο εφαρμογής του μέτρου. Η πολυπαραμετρική εξάρτηση της χρέωσης θα καθιστούσε το μέτρο αρκετά πολύπλοκο για τους χρήστες, γεγονός που πρέπει να αποφευχθεί αρχικά, προκειμένου να καμφθούν οι αναμενόμενα έντονες αντιρρήσεις από τους πολίτες. Άλλωστε, όπως

αποδείχτηκε σε αρκετές εκ των εξετασθέντων περιπτώσεων (Κεφάλαιο 2, «Βιβλιογραφική Ανασκόπηση»), ο μηχανισμός των αστικών διοδίων οφείλει, τουλάχιστον στο αρχικό στάδιο εφαρμογής του, να είναι λειτουργικά απλός και ευρέως κατανοητός και εν συνεχεία να εξελίσσεται και να αναβαθμίζεται, προσθέτοντας νέες μεταβλητές.

Επιπλέον, προβλέπεται απαλλαγή από τη χρέωση για τους μόνιμους κατοίκους εντός της περιοχής τιμολόγησης, τα δημόσια λεωφορεία, τα οχήματα των σωμάτων ασφαλείας (αστυνομία, πυροσβεστική) και τα ασθενοφόρα. Τέλος, καθίσταται δυνατή η παροχή κινήτρου για τους τακτικούς χρήστες της περιοχής του δακτυλίου (όπως οι εργαζόμενοι εντός της ζώνης τιμολόγησης), υπό τη μορφή εκπαιδευτικής κάρτας, γεγονός που θα τους επέτρεπε αυξημένο αριθμό διελεύσεων, συγκριτικά με τους υπόλοιπους χρήστες του οδικού δικτύου.

β. Στόχοι του Συστήματος

Η μείωση του κυκλοφοριακού όγκου εντός του δακτυλίου της Αθήνας ανάγεται σε πρωταρχικό στόχο του συστήματος αστικών διοδίων. Αυτό συμβαίνει, διότι η κυκλοφοριακή συμφόρηση στην κεντρική περιοχή της Αθήνας συνιστά πλέον ένα αρκετά σοβαρό πρόβλημα, με τις επιπτώσεις να είναι εμφανείς τόσο στα χαρακτηριστικά μετακίνησης (αυξημένοι χρόνοι μετακίνησης), όσο και στη σωματική και ψυχική υγεία των πολιτών. Μερικές μόνο από τις επιπτώσεις στην υγεία των μετακινούμενων είναι η δυσχέρεια στην αναπνοή, λόγω του υψηλού επιπέδου ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η ανάπτυξη αισθήματος άγχους και κόπωσης. Συνεπώς, η αντιμετώπιση του ως άνω περιγραφόμενου προβλήματος αποτελεί ζήτημα μείζονος σημασίας, προκειμένου να επιλυθούν και οι επιμέρους αρνητικές συνέπειες από την ύπαρξή του.

Επιπλέον, καθίσταται εφικτό να προκύψουν σημαντικά οφέλη για την κοινωνία και τους πολίτες, μέσω της βέλτιστης αξιοποίησης των εσόδων από την λειτουργία του μέτρου. Αρχικά, βέβαια, τα όποια έσοδα υπάρξουν, θα διατεθούν για την αποπληρωμή της επένδυσης στην εγκατάσταση του συστήματος. Η εγκατάσταση και λειτουργία του προκειμένου συστήματος, λόγω της υψηλής τεχνολογίας που χρησιμοποιεί, κρίνεται αρκετά δαπανηρή, ειδικά κατά το πρώτο στάδιο εφαρμογής του μέτρου, ωστόσο η κάλυψη του κόστους καθίσταται εφικτή, μέσω της σταδιακής κοινωνικής αποδοχής του μέτρου. Εν συνεχεία, και υπό την προϋπόθεση πως θα υπάρξει οικονομικό πλεόνασμα από την λειτουργία του συστήματος, δύναται η πραγματοποίηση επενδύσεων προς την κατεύθυνση της αναβάθμισης των παρεχόμενων υπηρεσιών από τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (Μ.Μ.Μ.). Συγκεκριμένα, το πλεονάζον ποσό θα μπορούσε να διατεθεί για την επέκταση του υφιστάμενου συγκοινωνιακού δικτύου, μέσω της δημιουργίας νέων γραμμών στο αστικό σιδηροδρομικό δίκτυο, καθώς και για την αγορά σύγχρονου στόλου λεωφορείων, για την κάλυψη της πρόσθετης ζήτησης που θα προκύψει στις Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες, έπειτα από την εφαρμογή του μέτρου και πιθανή μείωση του

εισιτηρίου για την είσοδο στα Μ.Μ.Μ.. Με τον τρόπο αυτό, θα μπορούσε να επιτευχθεί η μακροχρόνια οικονομική βιωσιμότητα της λειτουργίας των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, χωρίς την μόνιμη χρηματοδότηση τους από κρατικά κονδύλια, τα οποία θα μπορούσαν να διατεθούν σε άλλες κοινωνικές δομές. Επιπρόσθετα, η δημιουργία πρόσθετων λεωφορειολωρίδων, παράλληλα με την ύπαρξη αυστηρών ελέγχων για την ορθή χρήση τους, θα αύξανε την παρεχόμενη στάθμη εξυπηρέτησης των μετακινούμενων με λεωφορείο και θα καθιστούσε τις Δημόσιες Αστικές Συγκοινωνίες ακόμη πιο ελκυστικές για το χρήστη. Τέλος, μέρος των οικονομικών πόρων θα ήταν δυνατό να διατεθεί για τη δημιουργία σύγχρονων αστικών ποδηλατοδρόμων και πεζοδρόμων, προκειμένου να ευνοηθούν οι περιβαλλοντικά φιλικές μορφές μετακίνησης, ήτοι με ποδήλατο και πεζή.

Γύρω από τους παραπάνω άξονες, λοιπόν, πρέπει να κινηθεί ο σχεδιασμός του έργου, προκειμένου να συναντήσει την ευρεία κοινωνική ανταπόκριση και αποδοχή. Η πλειοψηφική αποδοχή του μέτρου από τους πολίτες είναι ο πλέον κρίσιμος παράγοντας που θα το καταστήσει τελικά αποτελεσματικό, προκειμένου να προκύψουν τα επιθυμητά αποτελέσματα και να ικανοποιηθούν οι προσδοκώμενοι στόχοι.

3.2.2 Περιγραφή Έρευνας Πεδίου

Σκοπό της παρούσας έρευνας αποτελεί η διερεύνηση της συμπεριφοράς και της απόκρισης των μετακινούμενων στο κέντρο της Αθήνας, απέναντι σε ενδεχόμενη εφαρμογή πολιτικών τιμολόγησης του κορεσμού εντός του δακτύλιου. Αντικείμενο εξέτασης αποτελούν, επίσης, οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδεκτικότητα του συστήματος τιμολόγησης, το μέσο μετακίνησης πριν και μετά την εφαρμογή του μέτρου, ο προτιμώτερος τρόπος αξιοποίησης των εσόδων από την επιβολή του τέλους συμφόρησης, καθώς και το ύψος του κομίστρου που είναι διατεθειμένοι να καταβάλλουν, συναρτώμενο από την αντίστοιχη μείωση του χρόνου διαδρομής τους. Παράλληλα, μελετώνται τα μετακινησιακά χαρακτηριστικά των ερωτούμενων, καθώς και η άποψη τους για τις κυκλοφοριακές συνθήκες στο κέντρο της πόλης.

Το δείγμα της έρευνας περιλαμβάνει πολίτες, οι οποίοι διέρχονται από το κέντρο της Αθήνας, με σκοπό την εργασία, τις σπουδές, την αναψυχή, τις αγορές ή απλά χρησιμοποιούν την περιοχή ως ενδιάμεσο κόμβο για τη μετακίνηση τους. Ο αριθμός των ερωτηματολογίων που λήφθηκε, αρχικά, ανήλθε στα 343. Κατόπιν, όμως, κατάλληλης επεξεργασίας και ελέγχου για την πληρότητα των ληφθέντων απαντήσεων, εντοπίστηκαν 243 ερωτηματολόγια με ελλιπή στοιχεία. Σαν συνέπεια, τα συγκεκριμένα ερωτηματολόγια χαρακτηρίστηκαν ως αναξιόπιστα, με τον τελικό αριθμό έγκυρων ερωτηματολογίων να ανέρχεται μόλις στα 100. Ωστόσο, το τελικό δείγμα κρίνεται αξιόπιστο και επαρκές. Βάσει των απαντήσεων αυτών, προέκυψαν και τα στοιχεία της έρευνας. Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η κωδικοποίηση των

ερωτήσεων, προκειμένου να καταστεί πιο εύκολη η επεξεργασία των απαντήσεων, ενώ τα στοιχεία αποθηκεύτηκαν τελικά σε κατάλληλη βάση δεδομένων.

Η διεξαγωγή της παραπάνω έρευνας πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Η δε συμπλήρωση των ερωτηματολογίων μέσω ατομικών συνεντεύξεων στους κατά τόπους ερευνητές, καθώς και ηλεκτρονικά, μέσω του διαδικτύου.

Οι συνεντεύξεις έλαβαν χώρα στις εξής περιοχές : Νέο Ηράκλειο, Ζωγράφου, Εξάρχεια και Αμπελόκηποι. Το χρονικό διάστημα, στο οποίο διεξήχθη η έρευνα ήταν από 15/11/2014 έως 15/12/2014, κατά τις εργάσιμες ώρες (08:00 – 18:00). Η μέση χρονική διάρκεια μιας συνέντευξης ανερχόταν στα 6 λεπτά, διάρκεια σύντομη, που υποδεικνύει την καλή κατανόηση του περιεχομένου των ερωτήσεων από τους ερωτώμενους. Η επιλογή των ατόμων έγινε με τρόπο τυχαίο, έτσι ώστε το δείγμα να θεωρείται ει το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό. Τα άτομα που κλήθηκαν να απαντήσουν στο ερωτηματολόγιο ήταν πεζοί, εργαζόμενοι σε γραφεία και νοσοκομεία, ιδιοκτήτες οχημάτων Ι.Χ. που μόλις είχαν σταθμεύσει, αλλά και φοιτητές εξερχόμενοι από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στην οδό Στουρνάρη. Πριν την εκκίνηση της συνέντευξης, ο ερευνητής τόνιζε τον ανώνυμο χαρακτήρα της έρευνας, ενώ ανέφερε ως φορέα διεξαγωγής της, το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, διευκρινίζοντας παράλληλα πως στόχος της αποτελούσε η εύρεση μεθόδων για τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων στο κέντρο της Αθήνας.

Αναφορικά με το ηλεκτρονικό σκέλος της έρευνας, το ερωτηματολόγιο αναρτήθηκε στις ιστοσελίδες www.apergia.gr και www.mqp.gr . Για τον ηλεκτρονικό σχεδιασμό και τη συλλογή των αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου, χρησιμοποιήθηκε η ψηφιακή πλατφόρμα της εταιρείας «Google», όπου μέσω της δημιουργίας φόρμας συλλογής απαντήσεων (GoogleForms), τα στοιχεία συγκεντρώνονταν σε ένα αρχείο GoogleDocs, καθώς και στο GoogleDrive σε μορφή φύλλου Excel.

Τέλος, τα στοιχεία που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων, εισήχθησαν στο λογισμικό προσομοίωσης κυκλοφοριακών λειτουργιών, Aimsun, μέσω του οποίου προέκυψαν και τα αποτελέσματα που θα παρουσιαστούν σε επόμενο κεφάλαιο.

3.2.3 Το ερωτηματολόγιο

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η διάρκεια της συνέντευξης ανερχόταν κατά μέσο όρο σε 6-7 λεπτά, ανάλογα με την αντίληψη και το μορφωτικό επίπεδο του ερωτώμενου. Σε περίπτωση ύπαρξης αποριών, ο ερευνητής συνδιαλεγόταν με τον ερωτώμενο, προκειμένου να διευκολύνει τη διαδικασία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου. Σε ό,τι αφορά το περιεχόμενο αυτού, κάθε ερώτηση περιείχε επαρκή αριθμό απαντήσεων, έτσι ώστε να καλύπτει ει το δυνατόν όλες τις εναλλακτικές περιπτώσεις

που θα μπορούσε να σκεφτεί κάποιος. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από τρία τμήματα, τα οποία και αναλύονται στη συνέχεια.

Ενότητες του ερωτηματολογίου

Τμήμα Α

Το πρώτο τμήμα του ερωτηματολογίου περιείχε 12 ερωτήσεις, οι οποίες αναφέρονταν σε προσωπικά και δημογραφικά στοιχεία του ερωτώμενου.

Συγκεκριμένα, στην 1^η ερώτηση, ο ερευνητής ρωτούσε το φύλο του ερωτώμενου.

Στη 2^η ερώτηση, ο ερωτώμενος συμπλήρωνε την ηλικιακή κλάση, στην οποία εντασσόταν, με τις εναλλακτικές επιλογές να είναι 6 (18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, ≥ 65).

Η 3^η ερώτηση αφορούσε την οικογενειακή κατάσταση του ερωτώμενου, δηλαδή αν είναι άγαμος ή έγγαμος και, αν τελικά ήταν παντρεμένος, με πόσα παιδιά, καθώς και πόσα άτομα βρίσκονται στο νοικοκυριό του σπιτιού του.

Η 4^η ερώτηση αναφερόταν στο μορφωτικό επίπεδο του ερωτώμενου, με τις εναλλακτικές απαντήσεις να είναι : Γυμνάσιο – Λύκειο – Πανεπιστήμιο.

Στην 5^η ερώτηση, ο ερωτώμενος καλούνταν να συμπληρώσει την επαγγελματική του κατάσταση, με την ύπαρξη 7 διαφορετικών απαντήσεων : Δημόσιος Υπάλληλος, Ιδιωτικός Υπάλληλος, Ελεύθερος Επαγγελματίας, Φοιτητής, Συνταξιούχος, Άνεργος ή Άλλο.

Στην 6^η και τελευταία ερώτηση της πρώτης ενότητας, ο ερωτώμενος έπρεπε να απαντήσει εάν έχει διαθέσιμο – και όχι απαραίτητα ιδιόκτητο – όχημα για την κάλυψη των αναγκών μετακίνησης του. Εάν αποκρινόταν θετικά, ακολουθούσαν ερωτήσεις, οι οποίες αφορούσαν τον τύπο του οχήματος, την πρώτη χρονολογία κυκλοφορίας του, τον κυβισμό του οχήματος, την απόδοση του κινητήρα και τον τύπο καυσίμου. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως σημαντικό ποσοστό των ερωτώμενων δεν είχε γνώση για την απόδοση του κινητήρα του οχήματος I.X. του σε άλογα, καθώς και το πρώτο έτος κυκλοφορίας. Σε αρκετές των περιπτώσεων, γνωρίζοντας τα κυβικά του οχήματος και το μοντέλο του, κατέστη εφικτή η συμπλήρωση των στοιχείων που έλλειπαν, από τον ερευνητή, με τη βοήθεια του διαδικτύου και ειδικότερα μέσω των ιστοσελίδων www.4-trochoi.gr και www.auto-data.gr. Επιπλέον, με τη βοήθεια των προαναφερθέντων ιστοσελίδων, ο μελετητής ήταν σε θέση, εντοπίζοντας το μοντέλο του οχήματος, να προσθέσει στοιχεία κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών CO₂, στο φύλλο Excel του ερωτηματολογίου. Τέλος, για την επιτυχή συμπλήρωση του τμήματος Α, ο ερωτώμενος καλούνταν να εντάξει τον εαυτό του σε μία από τις 4 ακόλουθες κατηγορίες μηνιαίου ατομικού

εισοδήματος, με τις επιλογές να είναι οι εξής : <800 ευρώ, 800 – 1500 ευρώ, 1501 – 2500 ευρώ, >2500 ευρώ.

Τμήμα Β

Το τμήμα Β του ερωτηματολογίου περιλαμβάνει 8 ερωτήσεις.

Αρχικά, ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει εάν είναι κάτοικος του κέντρου της Αθήνας και ειδικότερα εάν διαμένει εντός του μικρού δακτυλίου. Ακολούθως, απαντά εάν οι διαδρομές που ακολουθεί περιλαμβάνουν το κέντρο της Αθήνας. Σε περίπτωση θετικής απόκρισης, ερωτάται εάν η διαδρομή που ακολουθεί συχνότερα περνάει απλώς μέσα από το δακτύλιο ή τερματίζει εντός αυτού.

Η 4^η ερώτηση του τμήματος Β αναφέρεται στη συχνότητα μετακινήσεων του ερωτώμενου, με την ύπαρξη 3 εναλλακτικών απαντήσεων : Κάθε ημέρα, 2-4 φορές την εβδομάδα, <2 φορές την εβδομάδα). Η επόμενη ερώτηση αφορά το μέσο μετακίνησης που επιλέγει ο χρήστης για την είσοδο του στο δακτύλιο, παρέχοντας του τις ακόλουθες επιλογές : Ι.Χ., Ταξί, Λεωφορείο-Τρόλεϊ, Δίκυκλο, Τραμ, Μετρό-Ηλεκτρικός, Ημιφορτηγό, Φορτηγό, Επαγγελματικό Όχημα. Στην περίπτωση, κατά την οποία ο ερωτηθείς επέλεγε ως μέσο μετακίνησης του στο δακτύλιο ένα από τα Ι.Χ., δίκυκλο ή ταξί, ακολουθούσαν δύο ερωτήσεις αναφορικά με τη δυνατότητα λήψης εναλλακτικής διαδρομής, καθώς και με το ενδεχόμενο χρήσης των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς για την πραγματοποίηση της εξεταζόμενης μετακίνησης. Στη συνέχεια, διερευνάται ο σκοπός μετακίνησης, με την ύπαρξη 4 εναλλακτικών απαντήσεων : Εργασία, Αναψυχή/Αγορές, Σπουδές, Άλλο. Τέλος, αντικείμενο μελέτης αποτέλεσαν τα χαρακτηριστικά μετακίνησης, δηλαδή η ώρα έναρξης, η διάρκεια της διαδρομής, η διανυόμενη απόσταση, καθώς και οι περιοχές προέλευσης – προορισμού.

Τμήμα Γ

Το τρίτο και τελευταίο τμήμα του ερωτηματολογίου αποσκοπεί στη διερεύνηση της συμπεριφοράς του μετακινούμενου, σε περίπτωση εφαρμογής του συστήματος οδικής τιμολόγησης στο κέντρο της Αθήνας. Στις ερωτήσεις του προκειμένου τμήματος, καλούνταν να απαντήσουν μόνο όσοι, προηγουμένως, είχαν επιλέξει ως μέσο μετακίνησης το όχημα Ι.Χ. ως μέσο μετακίνησης στο δακτύλιο της Αθήνας. Να σημειωθεί πως η συγκεκριμένη ερώτηση δεν ετίθετο καν στους κατοίκους εντός του δακτυλίου, αφού ο σχεδιασμός του έργου προβλέπει την εξαίρεση τους από τη χρέωση.

Πιο συγκεκριμένα, στο τμήμα Γ, υπήρχαν δύο πίνακες, οι οποίοι ως σειρές είχαν τα εξής ενδεικτικά ποσά : 0,5 €, 1 €, 1,5 € και 3 €. Ως στήλες, υφίσταντο οι διατιθέμενοι τρόποι μετακίνησης που θα ακολουθούσαν οι ερωτώμενοι, ανάλογα με το κόστος

μετακίνησης. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως οι χρήστες καλούνταν να επιλέξουνμόνο έναντρόπο μετακίνησης. Για λόγους καλύτερης αντίληψης, παρατίθενται οι περιγραφόμενοι πίνακες, υπό τη φυσική μορφή των Πινάκων 3.1 και 3.2.

Πίνακας 3.1 Τμήμα Γ(α) Ερωτηματολογίου

Κόστος εισόδου	Θα χρησιμοποιούσα το Ι.Χ.	Θα χρησιμοποιούσα Ι.Χ αλλά όχι καθημερινά	Θα χρησιμοποιούσα τα Μ.Μ.Μ.	Θα σκεφτόμουν την αγορά οικολογικού οχήματος	Θα άλλαζα την ώρα των μετακινήσεων μου	Θα χρησιμοποιούσα δίκυκλο	Θα πήγαινα περπατώντας ή με το ποδήλατο
0,5 €							
1 €							
1,5 €							
3 €							

Πίνακας 3.2 Τμήμα Γ(β) Ερωτηματολογίου

Κόστος εισόδου	Θα χρησιμοποιούσα το Ι.Χ.	Θα χρησιμοποιούσα Ι.Χ αλλά όχι καθημερινά	Θα χρησιμοποιούσα τα Μ.Μ.Μ.	Θα σκεφτόμουν την αγορά οικολογικού οχήματος	Θα άλλαζα την ώρα των μετακινήσεων μου	Θα χρησιμοποιούσα δίκυκλο	Θα πήγαινα περπατώντας ή με το ποδήλατο	Θα άλλαζα διαδρομή (εκτός δακτυλίου)
0,5 €								
1 €								
1,5 €								
3 €								

Ο Πίνακας 3.1 συμπληρωνόταν από όσους χρήστες απαντούσαν στο προηγούμενο τμήμα ότι η διαδρομή τους τερμάτιζε εντός του δακτυλίου, ενώ ο Πίνακας 3.2 από τους χρήστες που απαντούσαν πως η διαδρομή τους απλά περνούσε μέσα από το δακτύλιο. Στο συγκεκριμένο τμήμα, κρίσιμη πληροφορία προς αξιοποίηση, συνιστούσε το ενδεχόμενο αλλαγής των μετακινησιακών συνηθειών του χρήστη, συναρτήσει του αντίστοιχου κομίστρου, γεγονός που θα είχε ευεργετικές συνέπειες, τόσο για την εκτόνωση του κυκλοφοριακού όγκου στο κέντρο της Αθήνας, όσο και για τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων στο περιβάλλον.

3.3 Προσομοίωση Οδικού Δικτύου Αθήνας

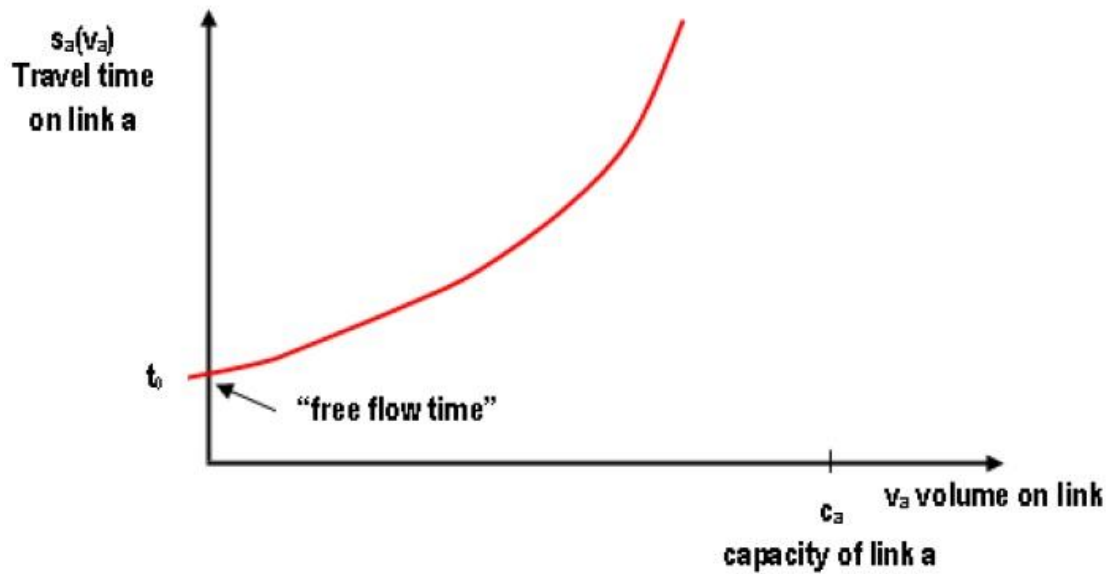
3.3.1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού έργου, χρησιμοποιείται αρχικά μακροσκοπική και στη συνέχεια μικροσκοπική εξέταση των χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας για το οδικό δίκτυο της Αττικής. Στην ενότητα αυτή, επεξηγείται το θεωρητικό υπόβαθρο τόσο της μακροσκοπικής, όσο και της μικροσκοπικής ανάλυσης που χρησιμοποιεί το λογισμικό Aimsun. Ειδικότερα, αντικείμενο μελέτης αποτελεί ο τρόπος κατά τον οποίο κατανέμεται η κυκλοφοριακή ροή εντός του δικτύου του ψηφιακού προσομοιώματος.

Αναφορικά με το μακροσκοπικό σκέλος της ανάλυσης, το λογισμικό πρέπει να υπολογίσει τις διαδρομές που θα ακολουθήσουν τα οχήματα, βάσει των επικαιροποιημένων κυκλοφοριακών στοιχείων που εισάγονται σε αυτό. Για την επίτευξη των παραπάνω υπολογισμών, λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι δύο αντικρουόμενοι κανόνες.

- Οι οδηγοί επιδιώκουν να ελαχιστοποιήσουν το χρόνο μετακίνησης τους, προσπαθώντας να ακολουθήσουν τη χιλιομετρικά συντομότερη διαδρομή
- Οι οδηγοί επιδιώκουν να ελαχιστοποιήσουν το χρόνο μετακίνησης τους, προσπαθώντας να χρησιμοποιήσουν τις οδούς με τη μικρότερη κυκλοφοριακή ζήτηση, ήτοι οδούς χωρίς συμφόρηση

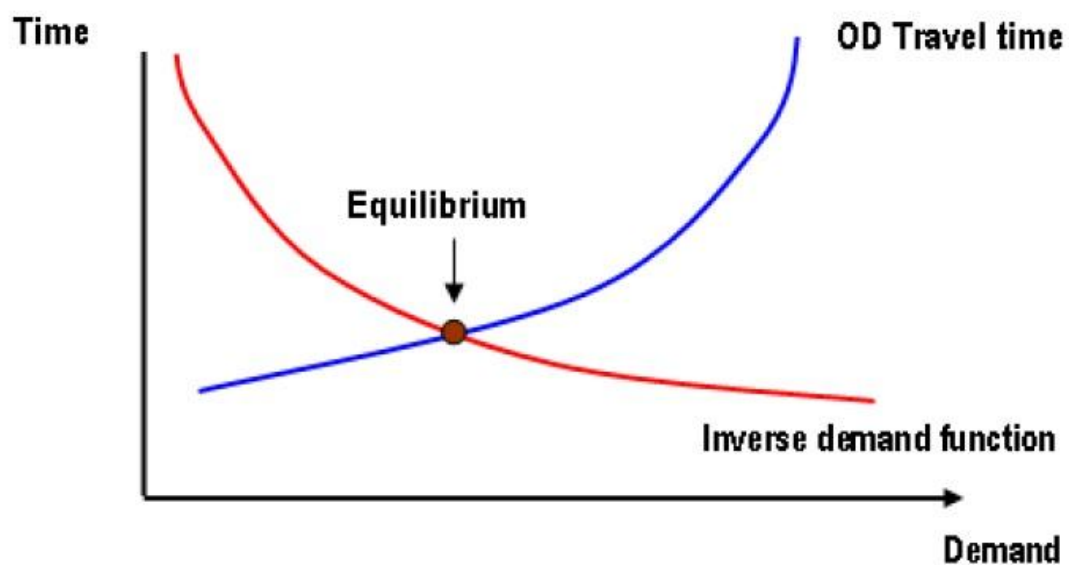
Κατα αυτόν τον τρόπο, το λογισμικό κατανέμει την ροή εντός του δικτύου, εξετάζοντας σε κάθε διαδρομή τη στάθμη εξυπηρέτησης, καθώς και το φόρτο των οδικών στοιχείων κατά μήκος της διαδρομής. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την παραπάνω κατανομή, συνθέτουν ένα σύνολο από ζευγάρια στάθμης εξυπηρέτησης και φόρτου, τα οποία βρίσκονται σε ισορροπία. Η στάθμη εξυπηρέτησης που χαρακτηρίζει μία οδό στο λογισμικό, υπολογίζεται μέσω μιας συνάρτησης για τη χρήση της. Για το μακροσκοπικό ή αλλιώς στατικό πείραμα που διενεργήθηκε, χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις κυκλοφοριακού όγκου και καθυστέρησης, προκειμένου εκτιμηθεί ο χρόνος διάνυσης μιας οδού από ένα όχημα, συναρτήσει του κυκλοφοριακού όγκου που κινείται επί αυτής. Ενδεικτικά, μια τέτοια συνάρτηση απεικονίζεται στο κάτωθι Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3 Ο χρόνος διάνυσης μιας οδού συναρτήσει του κυκλοφοριακού όγκου που κινείται επί αυτής

Από την αναπαράσταση του παραπάνω Σχήματος, αξιοπρόσεκτο συνιστά το γεγονός πως η συνάρτηση που συσχετίζει τον κυκλοφοριακό φόρτο με τη στάθμη εξυπηρέτησης, είναι μη γραμμική. Επιπλέον, συνάγεται πως για μηδενικό κυκλοφοριακό όγκο, προκύπτει ο χρόνος ελεύθερης ροής t_0 .

Η κατανομή της κυκλοφοριακής ροής ανά οδικό στοιχείο πραγματοποιείται με τον τρόπο που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.4.



Σχήμα 3.4 Συνάρτηση Ζήτησης – Προσφοράς για ένα μεταφορικό σύστημα

Στο άνωθι Σχήμα, με τη μπλε καμπύλη απεικονίζεται η συνάρτηση που περιέχει τους χρόνους διάνυσης των πιθανών διαδρομών του δικτύου, ενώ με την κόκκινη διακρίνεται η αντίστροφη συνάρτηση, αυτή της ζήτησης. Το σημείο τομής των δύο αυτών καμπύλων αποτελεί το σημείο ισορροπίας της λειτουργίας του οδικού δικτύου και ισοδυναμεί με την κατάσταση, όπου κανένας χρήστης δε δύναται πλέον να αλλάξει τη διαδρομή του, προκειμένου να μειώσει το χρόνο μετακίνησής του.

Η μακροσκοπική προσομοίωση που πραγματοποιεί το λογισμικό Aimsun, λειτουργεί αποκλειστικά στην κατάσταση ισορροπίας του δικτύου, δηλαδή με την υπόθεση πως όλοι οι οδηγοί εκτελούν τις συντομότερες διαδρομές, βάσει των στοιχείων συμφόρησης και χωρικά συντομότερης διαδρομής.

Σχετικά με τη μικροσκοπική ανάλυση της κυκλοφορίας, αυτή βασίζεται στην ικανοποίηση των εξής δύο συνθηκών.

- Κατανομή της ροής, σύμφωνα με τις διαδρομές που προέκυψαν, έπειτα από την εκτέλεση της μακροσκοπικής ανάλυσης
- Ομαλή και ασφαλή ροή των οχημάτων στο δίκτυο, βάσει ορθολογικού πλαισίου οδηγικής συμπεριφοράς, ακολουθώντας παράλληλα το πρότυπο ακολουθίας οχημάτων που ανέπτυξε ο Gibbs, η λογική του οποίου περιγράφεται στο Κεφάλαιο 2, Ενότητα 6 (2.6)

Ωστόσο, η επίτευξη των δύο, ως άνωθι περιγραφέντων, συνθηκών δεν καθίσταται πάντα εύκολη ή εφικτή και, συνεπώς, δύναται να παρατηρηθεί το φαινόμενο έντονης διαφοροποίησης της κυκλοφοριακής κατανομής που προέκυψε, κατόπιν μακροσκοπικής ανάλυσης, από εκείνη που προήλθε, μέσω μικροσκοπικής εξέτασης.

3.3.2 Το Οδικό Δίκτυο της Αθήνας στο λογισμικό Aimsun

Για την εκτέλεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το ήδη υπάρχον ψηφιακό προσομοίωμα του οδικού δικτύου της Αττικής, σχεδιασμένο στο περιβάλλον του λογισμικού προσομοίωσης κυκλοφοριακών λειτουργιών, Aimsun. Το προκείμενο προσομοίωμα δημιουργήθηκε στα πλαίσια εκπόνησης Διδακτορικής Διατριβής. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε, για το σχεδιασμό του δικτύου, είναι η ακόλουθη :

- Αποτύπωση του οδικού δικτύου της Αττικής
- Εισαγωγή των γεωμετρικών στοιχείων του δικτύου
- Εισαγωγή των πραγματικών συνθηκών ελέγχου της κυκλοφορίας, ήτοι σταθερών και φωτεινών σηματοδοτών
- Αναπροσαρμογή του Πίνακα Προέλευσης – Προορισμού με επικαιροποιημένα κυκλοφοριακά στοιχεία και δημιουργία Πίνακα Π/Π για το διάστημα πρωινής αιχμής (07:00 – 10:00)

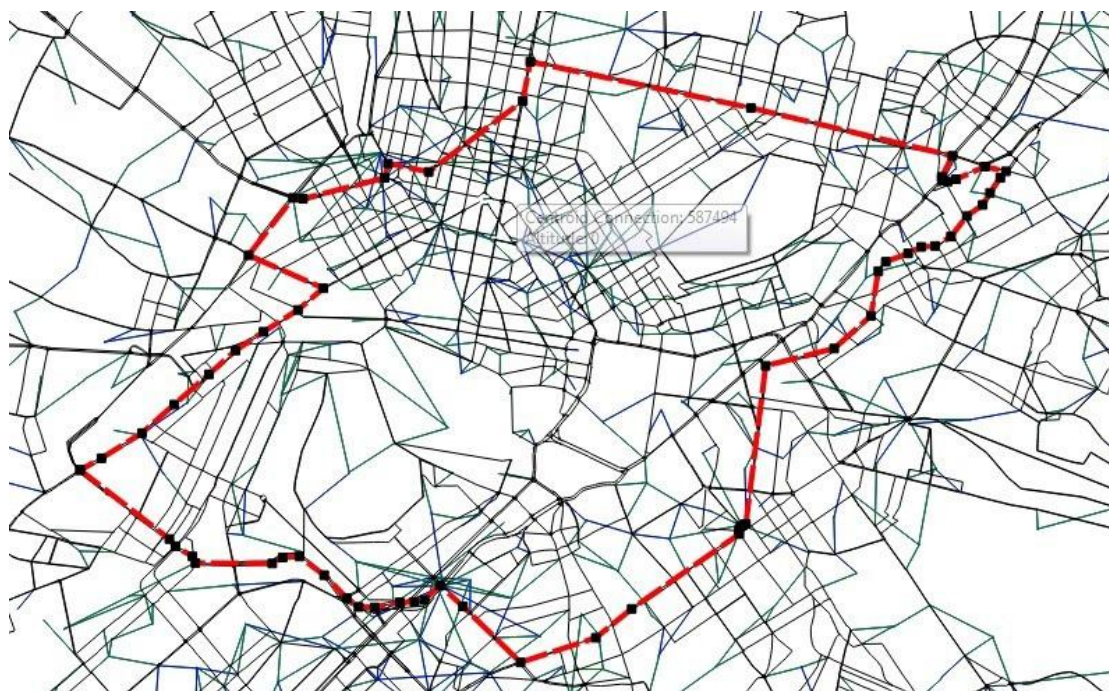
- Φόρτιση και έλεγχος καλής λειτουργίας του συνόλου του δικτύου
- Σχηματισμός υποδικτύου (περιοχή μελέτης) και αντίστοιχου Πίνακα Π/Π

Στο Σχήμα 3.5, απεικονίζεται το σύνολο του οδικού δικτύου της Αττικής, όπως αυτό έχει δημιουργηθεί στο ψηφιακό περιβάλλον του λογισμικού, ενώ με κόκκινο χρώμα διακρίνεται το υποσύνολο του μικρού δακτυλίου της Αθήνας.



Σχήμα 3.5 Το ψηφιακό προσομοίωμα του οδικού δικτύου της Αττικής

Το Σχήμα 3.6 συνιστά λεπτομέρεια του Σχήματος 3.5 και συγκεκριμένα αναπαριστά το οδικό δίκτυο του δακτυλίου της Αθήνας. Με μπλε και πράσινες γραμμές στο Σχήμα 3.6, διακρίνονται οι συνδέσεις των κεντροειδών, η έννοια των οποίων θα οριστεί παρακάτω. Τέλος, με την κόκκινη γραμμή, καθορίζονται τα σύνορα της προκείμενης περιοχής.



Σχήμα 3.6 Το ψηφιακό προσομοίωμα του δακτυλίου της Αθήνας

➤ **Περιεχόμενα του ψηφιακού προσομοιώματος:**

α) Οδικά στοιχεία (sections) : Στο υφιστάμενο ψηφιακό προσομοίωμα, έχει επιτευχθεί πλήρης αποτύπωση του συνόλου των οδών της Αττικής, μαζί με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους (αριθμός λωρίδων, πλάτος λωρίδας). Σημειώνεται πως, για απλοποιητικούς λόγους, το πλάτος λωρίδας όλων των οδικών τμημάτων έχει οριστεί στα 3 m. Επιπλέον, τα οδικά τμήματα συνοδεύονται από το όνομα της οδού, στην οποία ανήκουν, καθώς και τον μοναδικό αριθμό ταυτοποίησης, όπως αυτός έχει οριστεί αυτόματα από το λογισμικό. Επιπρόσθετα, υπάρχει κατηγοριοποίηση, ανάλογα με το είδος της οδού (μη σηματοδοτούμενη οδός, σηματοδοτούμενη οδός, αρτηρία, αυτοκινητόδρομος), η οποία και χαρακτηρίζει τη μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας επί αυτής, καθώς και το μέγιστο φόρτο ανά λωρίδα οδικού στοιχείου. Έτσι, οι μη σηματοδοτούμενες οδοί αναφέρονται σε οδικά στοιχεία με μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας 50 χλμ/ώρα και μέγιστο φόρτο λωρίδας 850 οχήματα/ώρα. Αντίθετα, οι σηματοδοτούμενες οδοί σχετίζονται με οδικά τμήματα με μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας 60 χλμ/ώρα και μέγιστο φόρτο λωρίδας 1000 οχήματα/ώρα. Τέλος, οι αρτηρίες περιλαμβάνουν οδούς με μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας 80 χλμ/ώρα και μέγιστο φόρτο λωρίδας 2100 οχήματα/ώρα.

Στο Σχήμα 3.7, αναπαρίσταται ενδεικτικά η καρτέλα με τα στοιχεία μιας τυπικής σηματοδοτούμενης οδού.

Section: 372771, Name: ΛΕΩΦ.ΑΘΗΝΩΝ, External ID: 7535 (Layer: Network)

Main | Dynamic Models | Static Model | Lanes | Attributes | OSM

Name: ΛΕΩΦ.ΑΘΗΝΩΝ External ID: 7535

Road Type: 94: Signalized Street Maximum Speed: 60.00 km/h

User-defined Cost: 0.00 Second User-defined Cost: 0.00

Third User-defined Cost: 0.00 Capacity: 5000.00 PCUs/h

Altitude

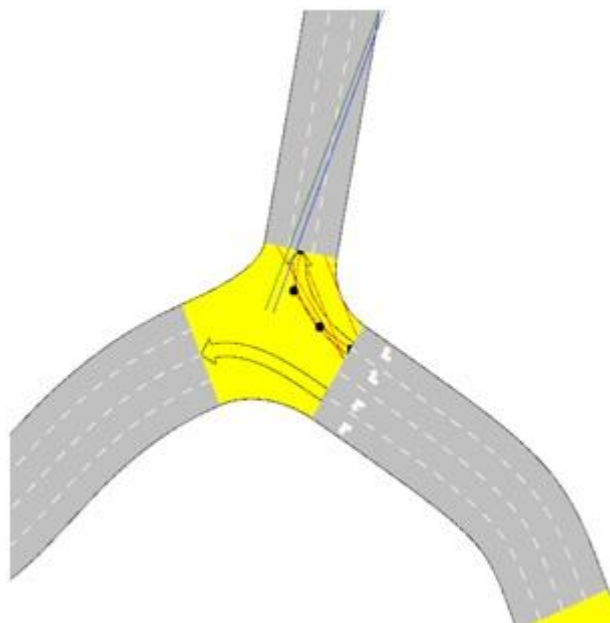
Initial: 0.00 m Final: 0.00 m ☒ Calculate Intermediates

Length: 79.5699 m

OK Cancel

Σχήμα 3.7 Καρτέλα στοιχείων μιας τυπικής σηματοδοτούμενης οδού

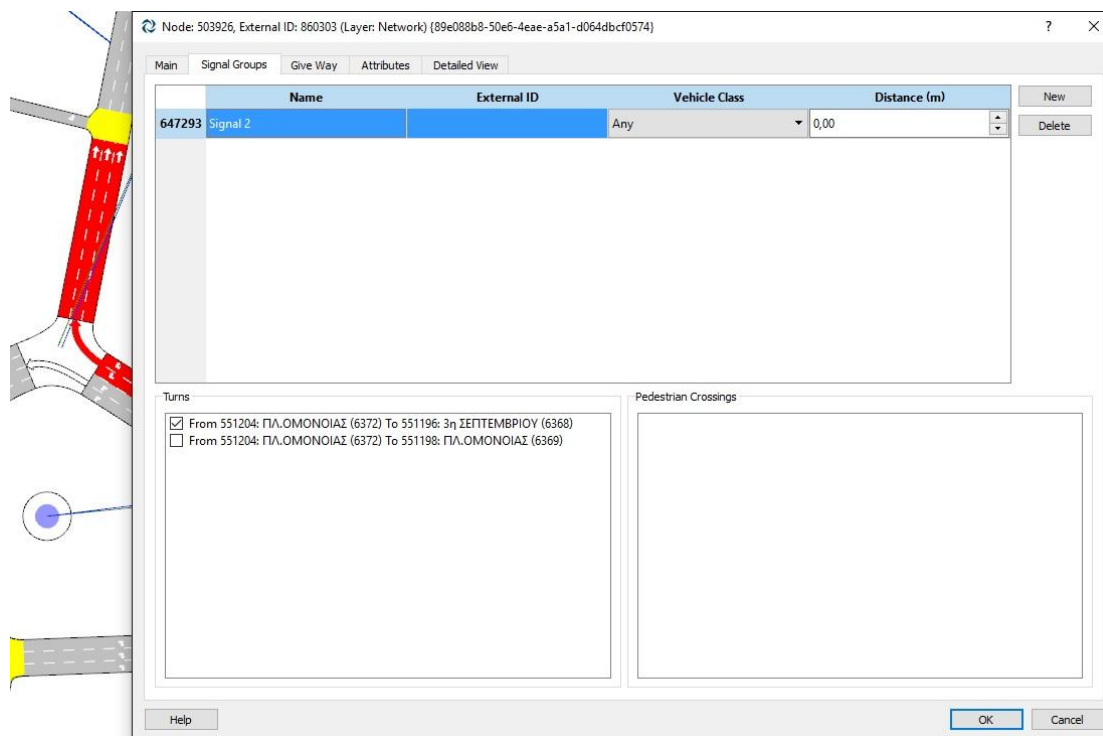
β) Κόμβοι(nodes): Οι συμβολές των οδών απεικονίζονται στο λογισμικό, υπό τη μορφή κόμβων (nodes). Απλή περίπτωση τυπικού κόμβου αναπαρίσταται στο Σχήμα 3.8 (Συμβολή των Πανεπιστημίου και Γ' Σεπτεμβρίου).



Σχήμα 3.8 Περίπτωση αναπαράστασης τυπικού κόμβου στο λογισμικό
(Συμβολή των οδών Πανεπιστημίου και Γ' Σεπτεμβρίου)

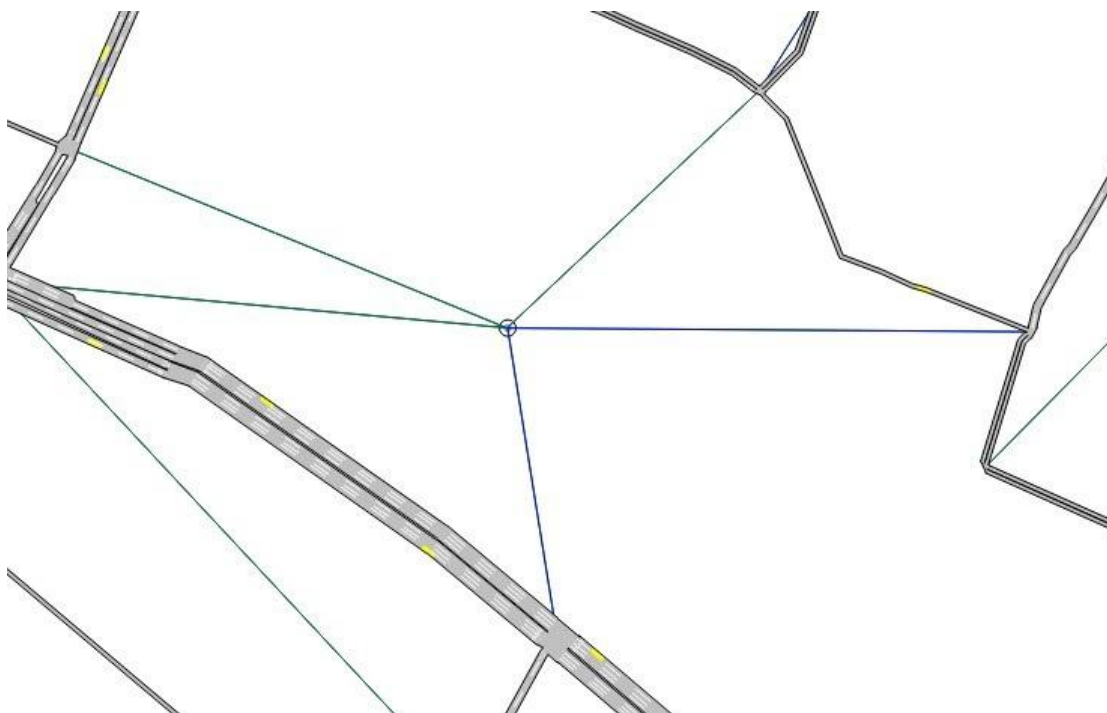
Στο Σχήμα 3.8, διακρίνονται όχι μόνο οι συνδέσεις μεταξύ των οδικών στοιχείων, αλλά και οι συνδέσεις μεταξύ των λωρίδων προέλευσης – προορισμού των ανάντη και κατάντη οδικών τμημάτων, αντίστοιχα.

Επιπλέον, με διπλό κλικ, παρέχεται η δυνατότητα εποπτείας των επιτρεπόμενων στροφών, καθώς και της σηματοδότησης που καθορίζει τις προτεραιότητες των κινήσεων επί του κόμβου. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχήμα 3.9 που ακολουθεί, απεικονίζεται το πρόγραμμα φωτεινής σηματοδότησης που ρυθμίζεται χρόνο τέλεσης της δεξιάς στρέφουσας επί του κόμβου, ήτοι από την οδό Πανεπιστημίου προς την Γ' Σεπτεμβρίου.



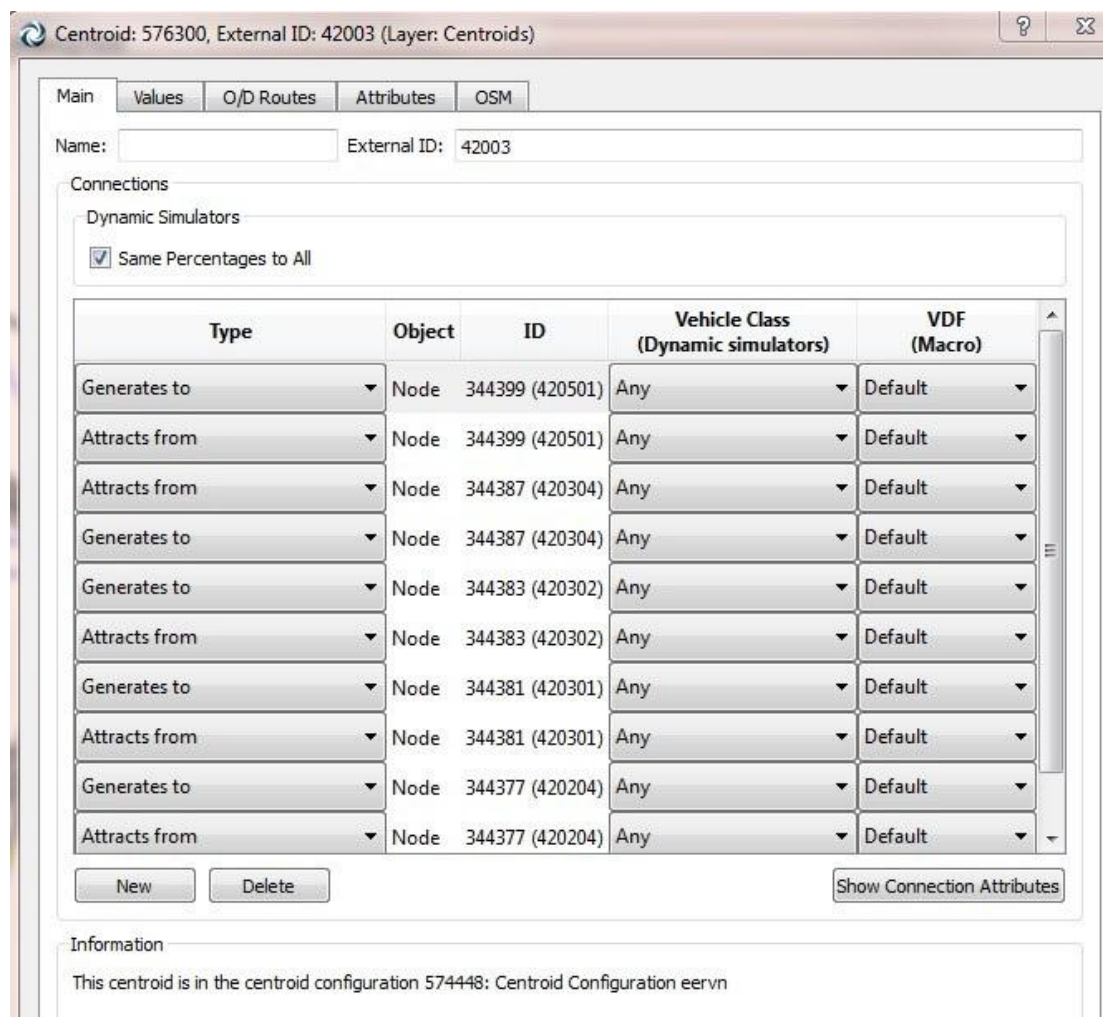
Σχήμα 3.9 Ισχύον πρόγραμμα φωτεινής σηματοδότησης επί του κόμβου

γ) Κεντροειδή (centroids) : Ως κεντροειδές ορίζεται το γεωμετρικό κέντρο βάρους μιας περιοχής, το οποίο θεωρείται πως παράγει και έλκει όλες τις πραγματοποιούμενες μετακινήσεις από και προς τη ζώνη που αντιπροσωπεύει. Συνολικά, στο ψηφιακό προσομοίωμα του οδικού δικτύου της Αττικής, υφίστανται 1154 κεντροειδή, αριθμός που κρίνεται ικανός για την πυκνή και επαρκή κάλυψη του προκείμενου δικτύου. Στο περιβάλλον του λογισμικού, τα κεντροειδή αναπαρίστανται με τη βοήθεια ενός κύκλου και συνδέονται με κόμβους, τους οποίους είτε τροφοδοτούν με οχήματα, είτε έλκουν οχήματα εξ αυτών. Κάθε κεντροειδές χαρακτηρίζεται από το ίδιο νούμερο – ταυτότητα του. Τυπικό παράδειγμα κεντροειδούς διακρίνεται στο Σχήμα 3.10.



Σχήμα 3.10 Τυπικό παράδειγμα κεντροειδούς στο περιβάλλον του λογισμικού

Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικές με τα κεντροειδή, πραγματοποιώντας διπλό κλικ σε ένα από αυτά, εμφανίζεται η ακόλουθη καρτέλα του Σχήματος 3.11. Στην προκειμένη καρτέλα, παρατίθενται οι κόμβοι, τους οποίους είτε τροφοδοτεί, είτε δέχεται μετακινήσεις εξ αυτών, το κεντροειδές.



Σχήμα 3.11 Στοιχεία φόρτισης του κεντροειδούς

δ) Πίνακας Προέλευσης – Προορισμού (O/DMatrix) : Καταλυτική παράμετρο για την ορθολογική φόρτιση του προσομοιώματος συνιστά ο Πίνακας Προέλευσης – Προορισμού (O/DMatrix). Στον συγκεκριμένο πίνακα, έχει εισαχθεί ένα αρχείο excel, το οποίο περιέχει ως σειρές και στήλες τα νούμερα – ταυτότητα των κεντροειδών. Το τυχόν στοιχείο του πίνακα, που προκύπτει ως συνδυασμός σειράς – στήλης, εκφράζει τον αριθμό των οχημάτων (ή μετακινούμενων, ανάλογα με τη μορφή του πίνακα), τα οποία μεταβαίνουν από το κεντροειδές της αναφερόμενης σειράς προς το αντίστοιχο της εξεταζόμενης στήλης. Στην τελευταία σειρά του Πίνακα Προέλευσης – Προορισμού, έγκειται ο αθροιστικός φόρτος των οχημάτων που κινούνται προς ένα συγκεκριμένο κεντροειδές.

Στο Σχήμα 3.12, διακρίνεται η μορφή του Πίνακα Προέλευσης – Προορισμού στο περιβάλλον του λογισμικού προσομοίωσης κυκλοφορίας, Aimsun.

O/D Matrix: 665449, Name: Vehicle: Car Purpose: Any Macro Adjustment Experiment 665444

Headers: ID: Name Grouping: None

☐ Allow Negative Values ☐ Show All Centroids

	574450	574452	574454	574456	574458	574460
574450	1.92	1.02	1.14	1.50	0.54	0.78
574452	0.96	0.72	0.54	0.96	0.42	0.42
574454	1.14	0.66	0.72	0.96	0.54	0.60
574456	1.50	0.84	0.96	24.54	0.48	0.72
574458	0.72	0.42	0.48	0.72	0.36	0.36
574460	0.78	0.42	0.54	0.72	0.36	10.08
574462	1.02	0.72	0.90	1.08	0.60	0.60
574464	0.78	0.42	0.60	0.72	0.12	0.36
574466	0.66	0.48	0.30	0.84	0.36	0.48
574468	0.42	0.30	0.06	0.30	0.24	0.18
574470	0.52	0.40	0.41	0.41	0.29	0.17
574472	0.87	0.52	0.58	0.64	0.35	0.29
574474	0.96	0.54	0.66	0.72	0.42	0.42
574476	0.03	0.02	0.03	0.05	0.03	0.04
574478	0.02	0.01	0.01	0.02	0	0.01
574480	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Operation: None

Copy Paste

Duplicate OK Cancel

Σχήμα 3.12 Μορφή του Πίνακα Προέλευσης – Προορισμού (O/DMatrix)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

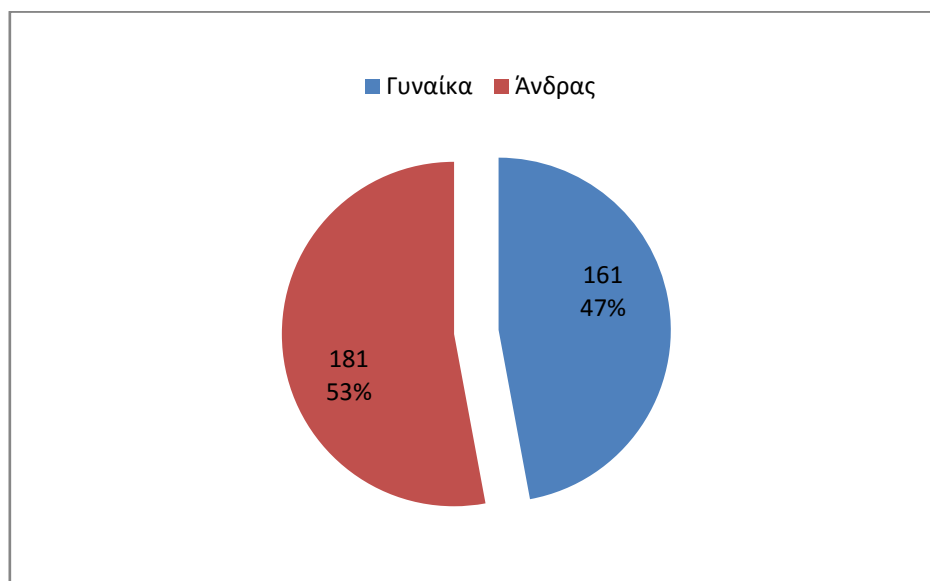
ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ

4.1 Ανάλυση Δείγματος και Αποτελέσματα

Στην πρώτη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου, παρουσιάζονται, μέσω της χρήσης διαγραμμάτων, για λόγους καλύτερης εποπτείας, τα εξαχθέντα αποτελέσματα από την διενέργεια της έρευνας πεδίου. Τα αποτελέσματα κατηγοριοποιούνται, σύμφωνα με τη φύση και το στόχο των αποτελεσμάτων.

4.1.1 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά Δείγματος

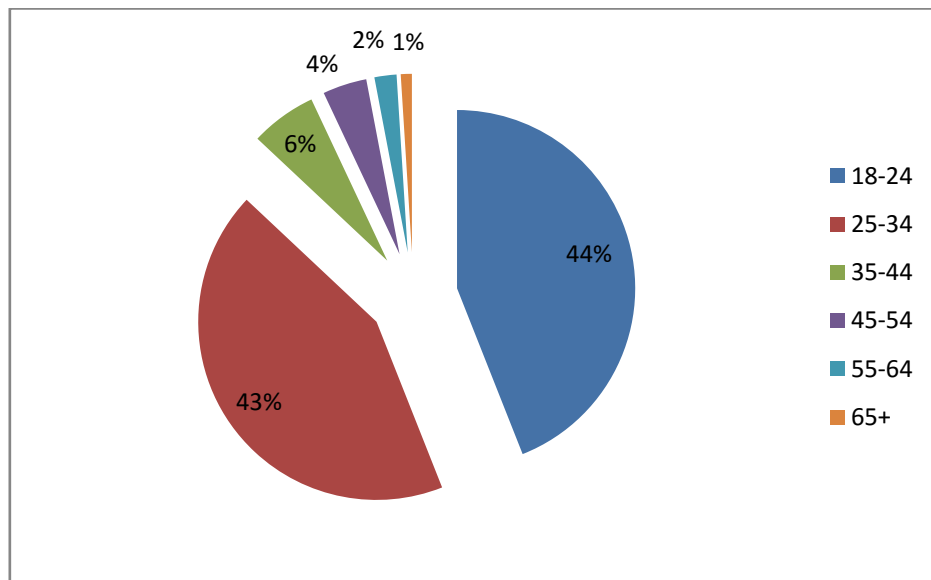
Στο Διάγραμμα 4.1 αποτυπώνεται ο διαχωρισμός του δείγματος βάσει φύλου. Όπως αναμενόταν, λόγω του τυχαίου χαρακτήρα της επιλογής των ερωτηθέντων του δείγματος, το ποσοστό των ανδρών που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο είναι περίπου ίσο με το αντίστοιχο ποσοστό των γυναικών.



Διάγραμμα 4.1 Διαχωρισμός του δείγματος βάσει φύλου

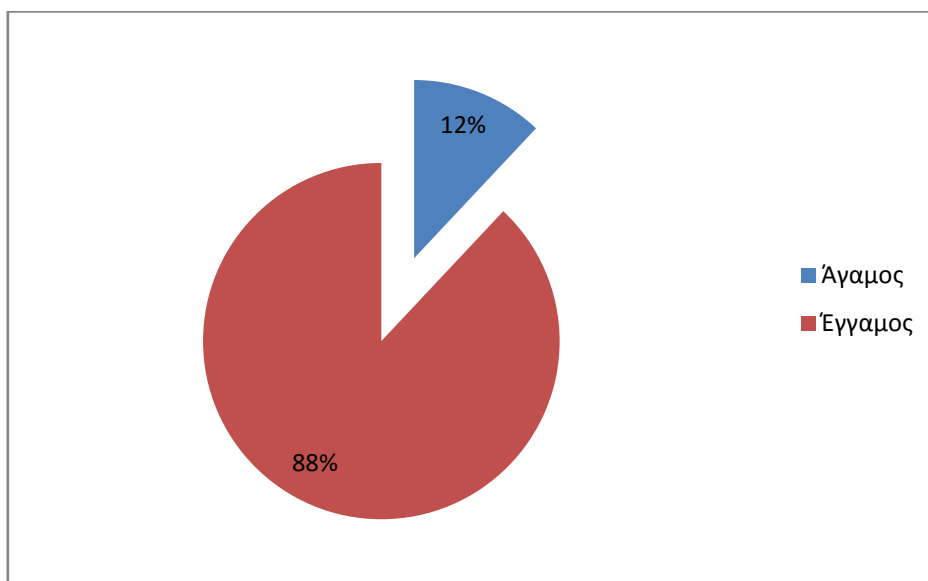
Στη συνέχεια, στο Διάγραμμα 4.2 απεικονίζεται η ποσοστιαία κατανομή του δείγματος, συναρτήσει της ηλικιακής κλάσης, στην οποία ανήκουν οι ερωτηθέντες. Αξιοσημείωτο καθίσταται το γεγονός πως παρατηρούνται υψηλά ποσοστά στις μικρές

ηλικιακές κατηγορίες και αυτό οφείλεται σε δύο παράγοντες. Κατ' αρχάς, ένα μεγάλο ποσοστό των ερωτηματολογίων συμπληρώθηκε ηλεκτρονικά, με το μεγαλύτερο ποσοστό χρηστών του διαδικτύου να απαρτίζεται κυρίως από άτομα ηλικίας, μεταξύ των 18 – 24, 25 – 34 (Βέργη, Ταυτότητα των χρηστών Ίντερνετ στην Ελλάδα, 2008). Κατά δευτέρους, το σύνολο των ηλικιωμένων που κυκλοφορεί στο κέντρο της πόλης κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα και, συνεπώς, οι κλάσεις 55 – 64 και 65+ παρουσιάζουν μικρά ποσοστά.



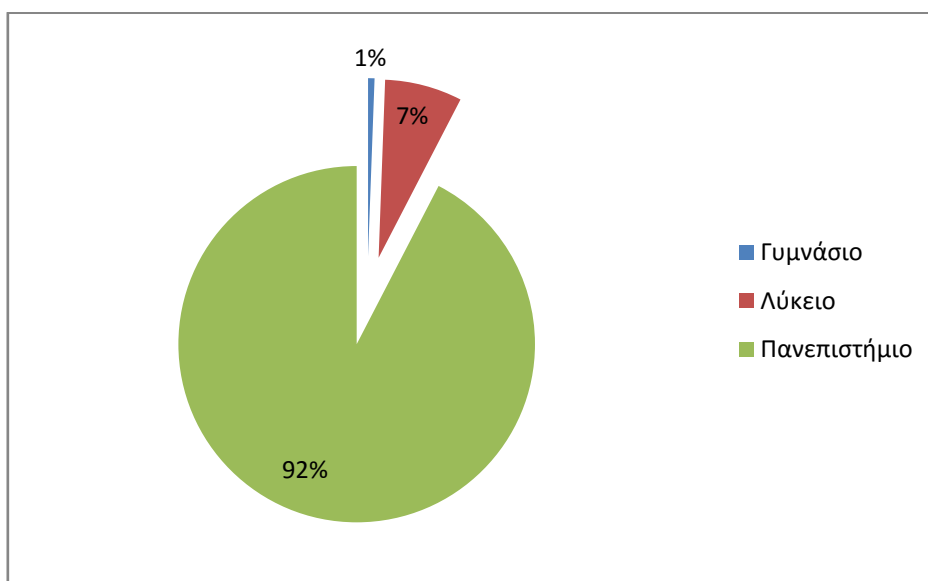
Διάγραμμα 4.2 Κατανομή του δείγματος συναρτήσει ηλικιακής κλάσης

Στο Διάγραμμα 4.3 διακρίνεται το ποσοστό έγγαμων μεταξύ των ερωτηθέντων. Αυτό έγκειται σε χαμηλό επίπεδο, γεγονός που οφείλεται αρχικά στο νεαρό της ηλικίας της πλειοψηφίας των ερωτηθέντων, ενώ η οικονομική κρίση των τελευταίων ετών αποτρέπει σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού από τη σύναψη γάμου.



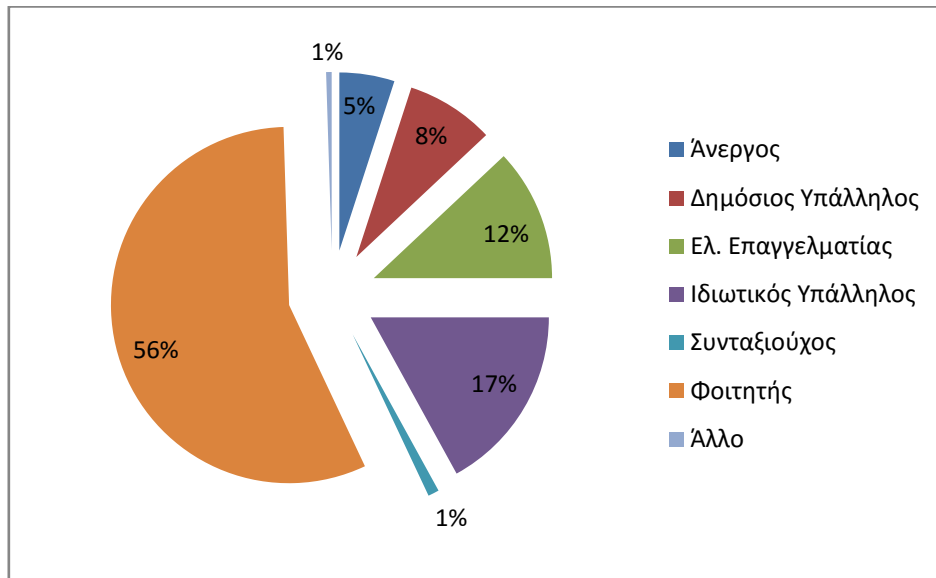
Διάγραμμα 4.3 Ποσοστό έγγαμων μεταξύ των ερωτηθέντων

Στο Διάγραμμα 4.4 παρουσιάζεται η κατανομή βάσει του μορφωτικού επιπέδου των ερωτηθέντων. Παρατηρείται πως τη συντριπτική πλειοψηφία του δείγματος, συνιστούν απόφοιτοι Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης.



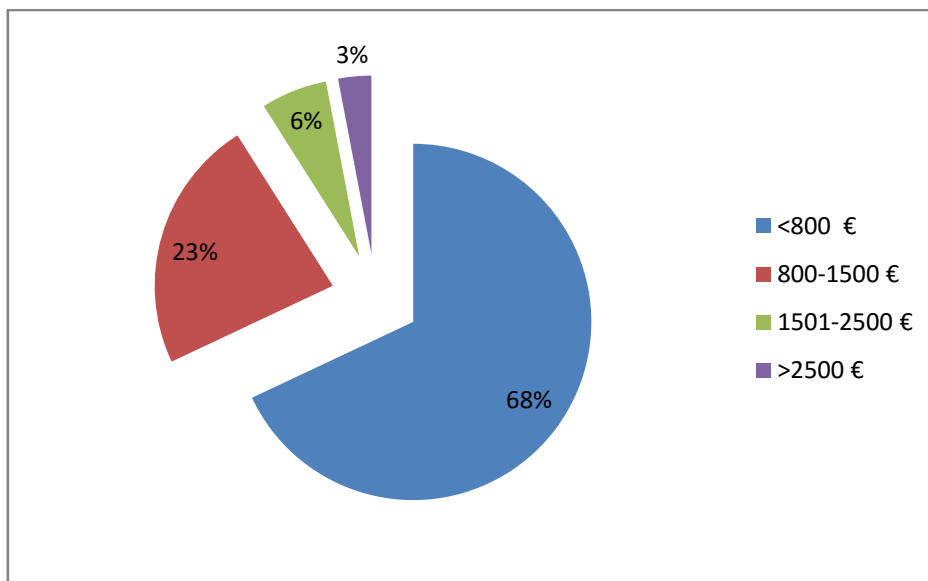
Διάγραμμα 4.4 Κατανομή δείγματος σύμφωνα με το μορφωτικό επίπεδο

Στο Διάγραμμα 4.5 παρατηρείται η κατανομή του δείγματος συναρτήσει του επαγγέλματος. Σε αυτήν την κατηγορία, επικρατούν οι φοιτητές, με τους ιδιωτικούς υπαλλήλους και ελεύθερους επαγγελματίες να ακολουθούν.



Διάγραμμα 4.5 Επαγγελματική κατάρτιση των ερωτηθέντων

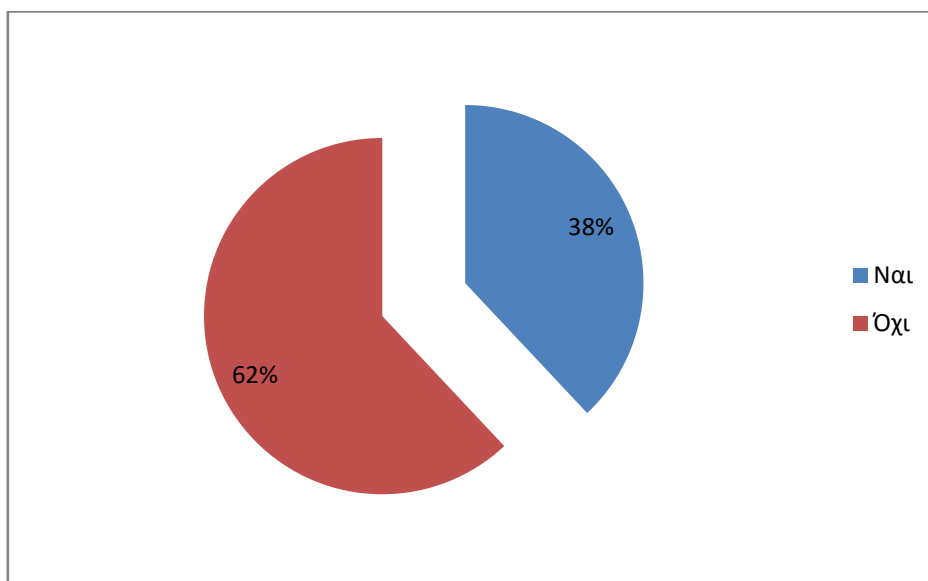
Τέλος, στο Διάγραμμα 4.6 που ακολουθεί, έχει πραγματοποιηθεί κατανομή του δείγματος, σύμφωνα με το εισόδημα. Ως λογική απόρροια της οικονομικής ύφεσης και αβεβαιότητας, διακρίνονται ιδιαίτερα χαμηλά ποσοστά στις υψηλές εισοδηματικές κλάσεις.



Διάγραμμα 4.6 Κατανομή του δείγματος βάσει του ετήσιου εισοδήματος

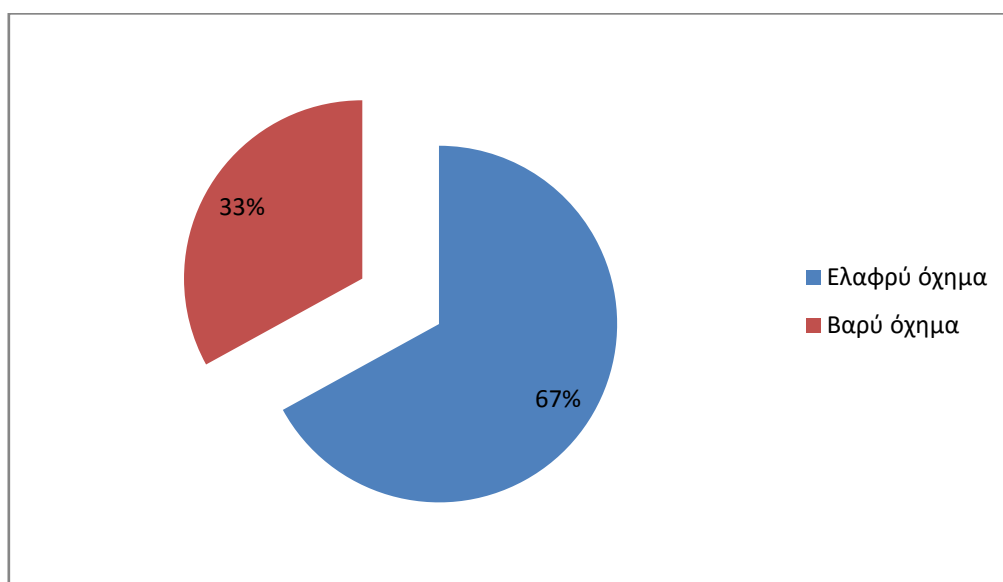
4.1.2 Ερωτήσεις αναφορικά με το Ι.Χ.

Στο Διάγραμμα 4.7 απεικονίζονται τα ποσοστά θετικής και αρνητικής απάντησης στην ερώτηση περί ύπαρξης διαθέσιμου Ι.Χ. για την πραγματοποίηση μετακίνησης.



Διάγραμμα 4.7 Διαθεσιμότητα Ι.Χ. μεταξύ των ερωτηθέντων

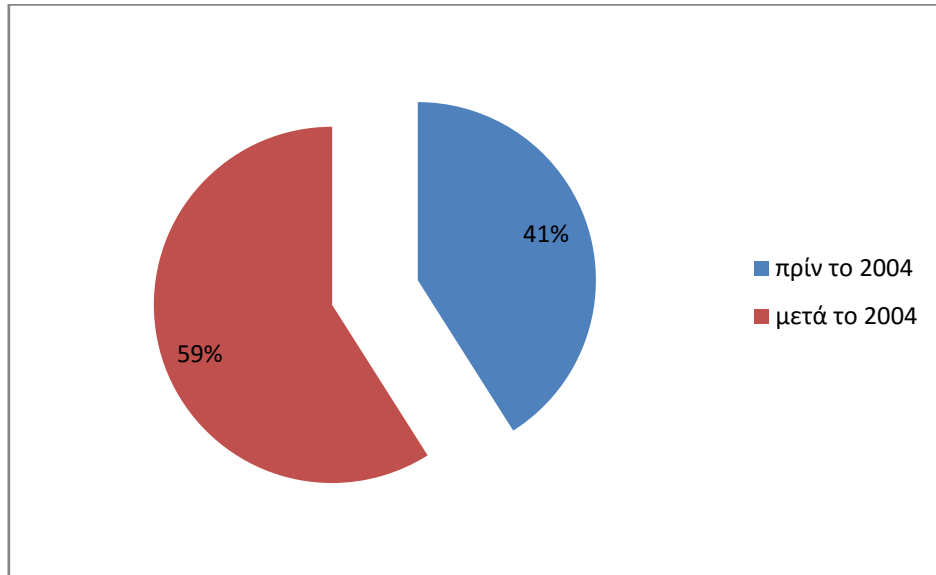
Στο Διάγραμμα 4.8 πραγματοποιείται κατάταξη των οχημάτων, βάσει τύπου, σε ελαφρά και βαρέα. Σύμφωνα με το δηλωθέν μοντέλο από τον αντίστοιχο κάτοχο οχήματος Ι.Χ., αλλά και με τη βοήθεια του διαδικτύου, κατέστη εφικτό για τον ερευνητή να πραγματοποιήσει την παραπάνω κατάταξη, η οποία θεωρείται καταλυτική για τη μελέτη της εκπομπής ρύπων ενός οχήματος.



Διάγραμμα 4.8 Διαχωρισμός των οχημάτων σε ελαφρά και βαρέα

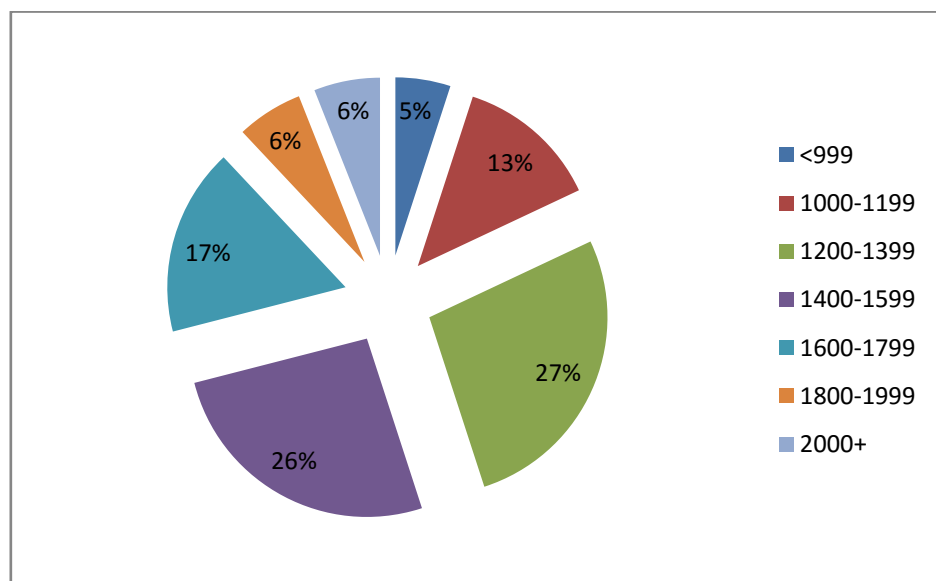
Στο Διάγραμμα 4.9 παρατίθεται η κατανομή των οχημάτων των ερωτηθέντων, σύμφωνα με το πρώτο έτος κυκλοφορίας τους. Η ως άνω περιγραφείσα κατανομή διακρίνει τα οχήματα σε κυκλοφορούντα πριν και μετά το 2004. Το έτος 2004 ορίστηκε ως το κρίσιμο χρονικό σημείο, διότι ο μέσος όρος ηλικίας του συνόλου των

αυτοκινήτων στην Ελλάδα εκτιμήθηκε στα 10,1 έτη, σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Σύνδεσμο Εισαγωγέων Μηχανοκίνητων Οχημάτων (<http://www.semo.org.cy/stoicheia-agoras/meletes---ereunes>). Η συγκεκριμένη τιμή θεωρείται από τους μεγαλύτερους μέσους όρους στην Ευρώπη.



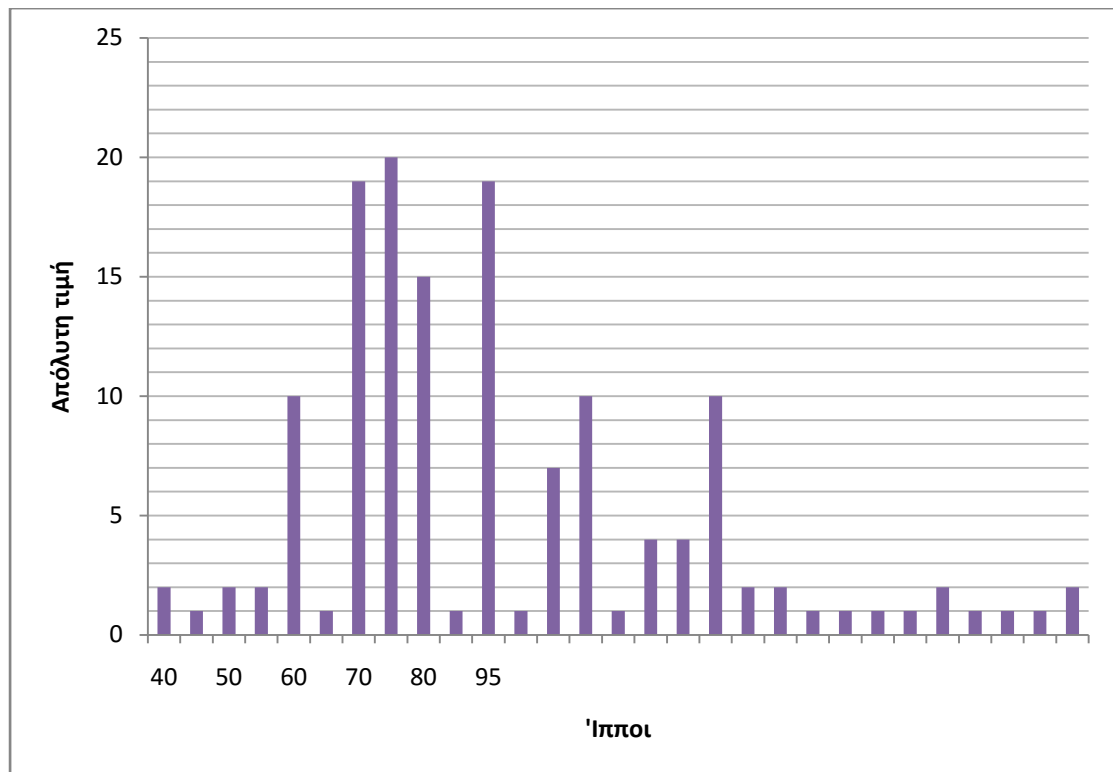
Διάγραμμα 4.9 Κατανομή των οχημάτων σύμφωνα με το πρώτο έτος κυκλοφορίας τους

Στο Διάγραμμα 4.10 πραγματοποιείται κατηγοριοποίηση των οχημάτων συναρτήσει του κυβισμού τους. Η προκειμένη κατηγοριοποίηση βασίστηκε σε φορολογικά κριτήρια που αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα www.taxspirit.gr.



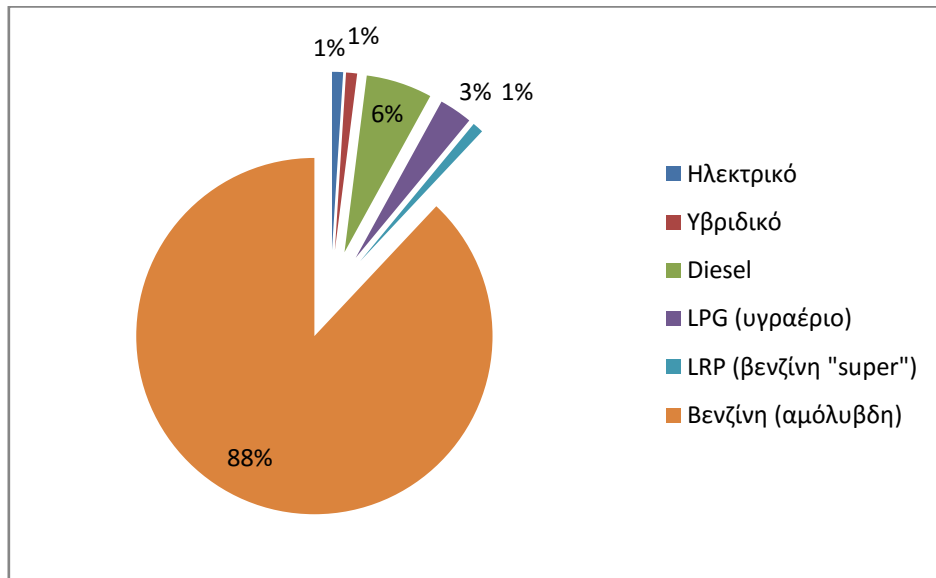
Διάγραμμα 4.10 Κατηγοριοποίηση των οχημάτων συναρτήσει του κυβισμού

Στο Διάγραμμα 4.11 απεικονίζεται η κατάταξη των οχημάτων βάσει της ισχύος του κινητήρα, εκφρασμένης σε ίππους. Παρατηρείται πως η πλειοψηφία του στόλου των οχημάτων διαθέτει ισχύ κινητήρα μεταξύ 60 και 120 ίππων.



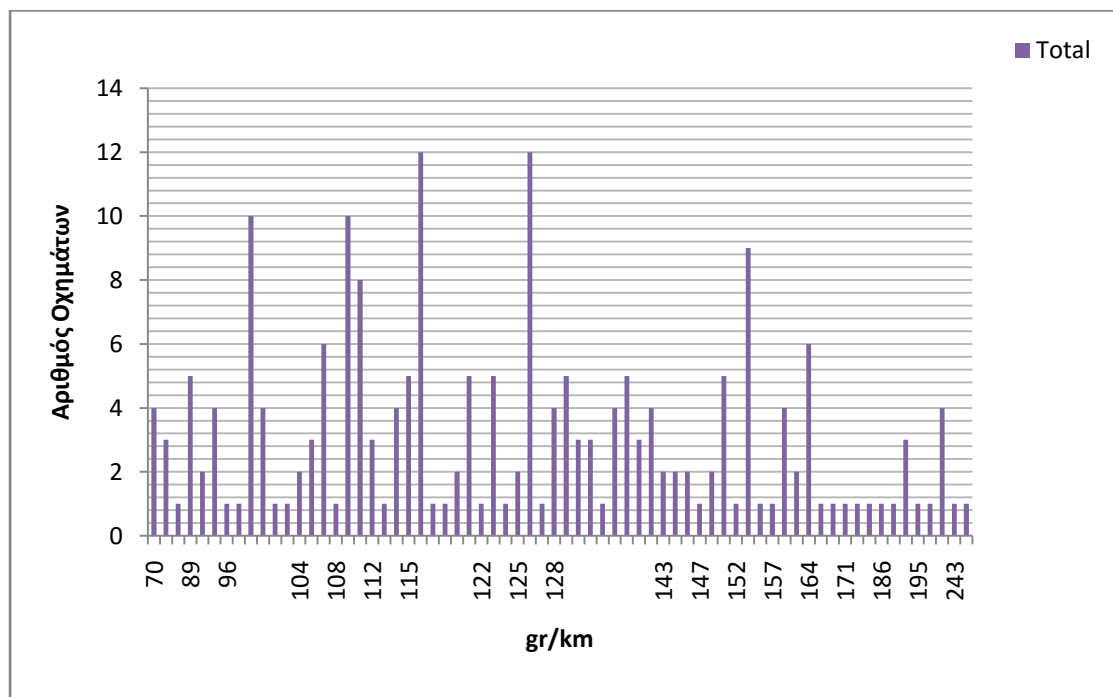
Διάγραμμα 4.11 Κατάταξη των οχημάτων βάσει της ισχύος κινητήρα

Στο Διάγραμμα 4.12 διακρίνεται η κατανομή των οχημάτων σύμφωνα με τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιείται για την λειτουργία τους. Εξ αυτού συνάγεται πως επικρατεί η χρήση των βενζινοκίνητων, έναντι των πετρελαιοκίνητων οχημάτων.



Διάγραμμα 4.12 Κατανομή των οχημάτων σύμφωνα με τον τύπο καυσίμου

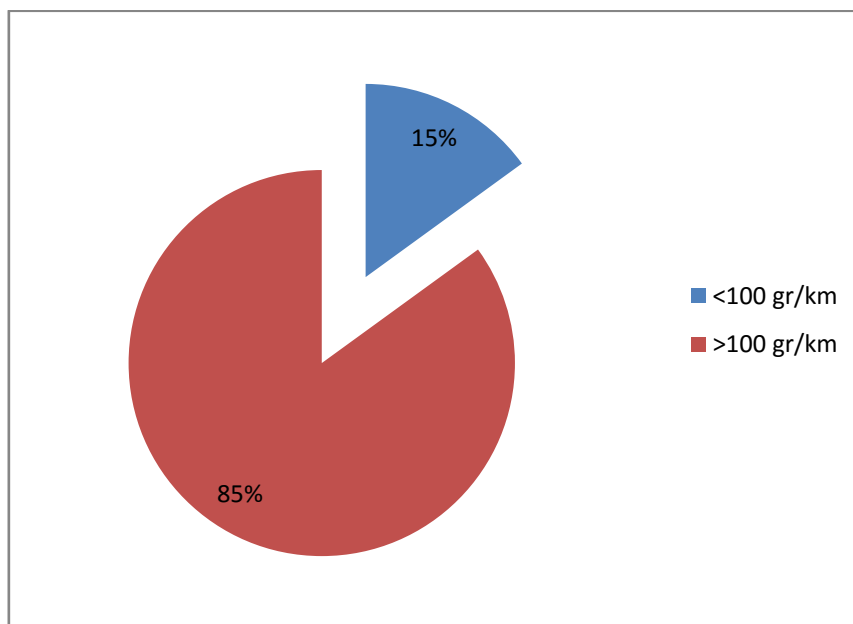
Στο Διάγραμμα 4.13 παρουσιάζεται το ιστόγραμμα εκπομπής ρύπων για τα οχήματα που ανήκουν στην κατοχή των ερωτηθέντων.



Διάγραμμα 4.13 Ιστόγραμμα εκπομπής ρύπων για τα οχήματα των ερωτηθέντων

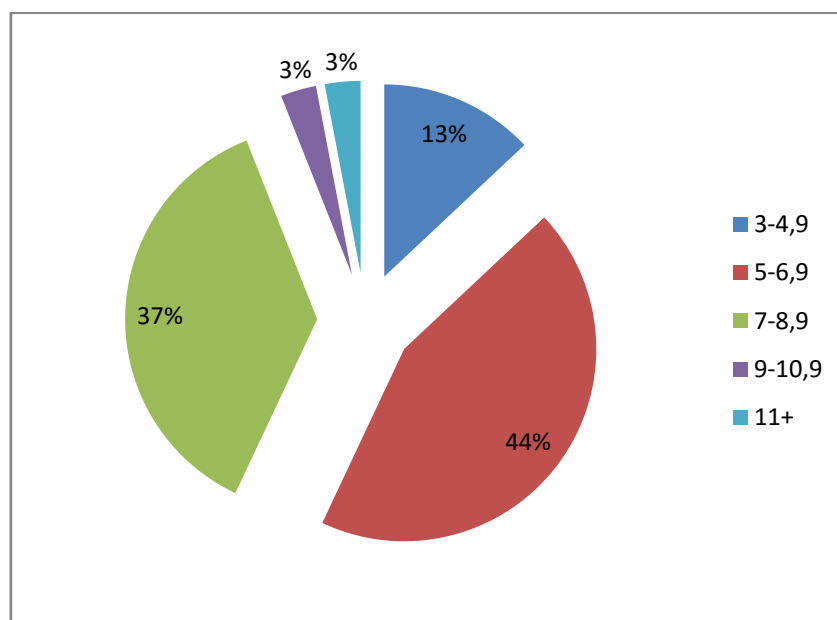
Όπως αναφέρεται στο αμέσως προηγούμενο κεφάλαιο, οχήματα με εκπομπές ρύπων <100 gr/χλμ, θα απαλλάσσονταν της χρέωσης για την κυκλοφορία τους εντός του δακτυλίου. Σαν λογική συνέπεια, στο Διάγραμμα 4.14 που ακολουθεί, καταγράφεται

το ποσοστό των οχημάτων που θα εξαιρούνταν της χρέωσης, καθώς θα εντάσσονταν στην κατηγορία οικολογικής λειτουργίας.



Διάγραμμα 4.14 Ποσοστό εξαιρούμενων και μη οχημάτων από τη χρέωση

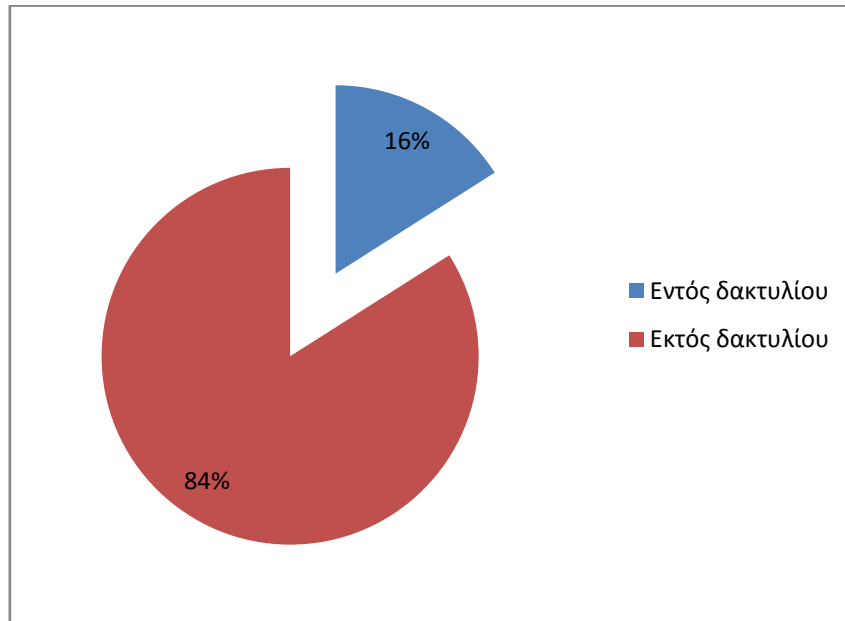
Τέλος, στο Διάγραμμα 4.15 παρατίθεται η κατάταξη των οχημάτων σύμφωνα με την κατανάλωση καυσίμου.



Διάγραμμα 4.15 Κατάταξη των οχημάτων σύμφωνα με την κατανάλωση καυσίμου

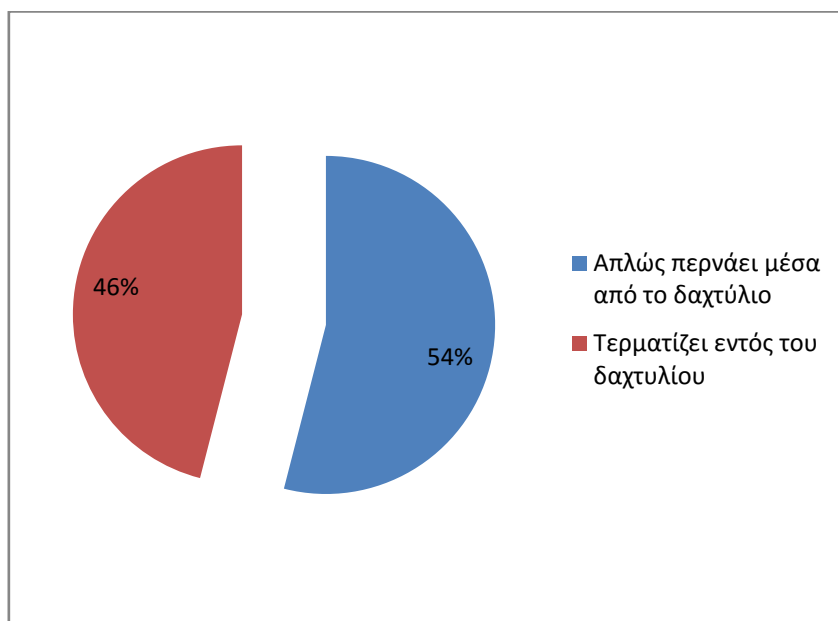
4.1.3 Ερωτήσεις αναφορικά με τη χρησιμοποιούμενη διαδρομή

Στο Διάγραμμα 4.16 αποτυπώνεται η κατανομή των ερωτηθέντων βάσει της περιοχής διαμονής τους. Συνεπώς, πραγματοποιείται διάκριση μεταξύ κατοίκων του δακτυλίου και μη.



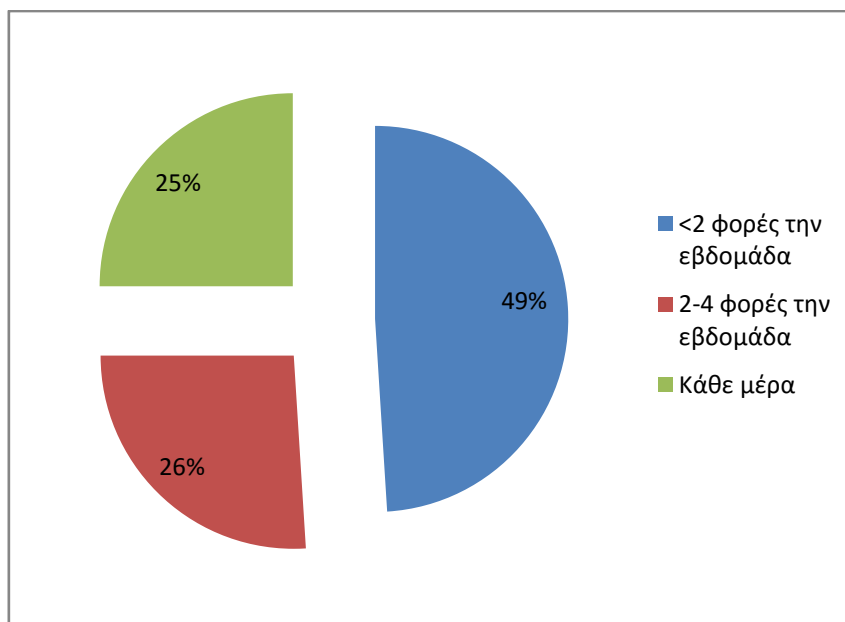
Διάγραμμα 4.16 Κατανομή των ερωτηθέντων βάσει της περιοχής διαμονής τους

Στο Διάγραμμα 4.17 απεικονίζεται η κατάταξη των χρησιμοποιούμενων διαδρομών συναρτήσει της χάραξης που ακολουθούν. Έτσι, διακρίνονται διαδρομές οι οποίες τερματίζουν εντός του δακτυλίου, καθώς και διαδρομές που απλώς τον διασχίζουν.



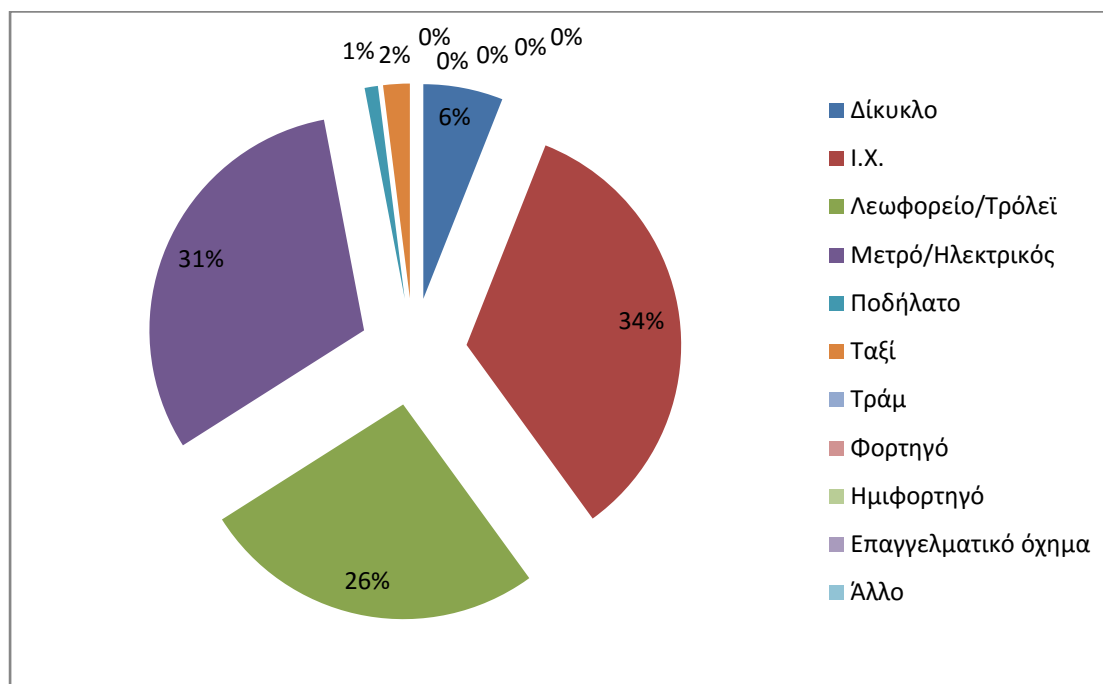
Διάγραμμα 4.17 Κατάταξη των διαδρομών συναρτήσει της γεωμετρικής χάραξης

Στο Διάγραμμα 4.18 παρουσιάζεται η κατανομή των διαδρομών σύμφωνα με τη συχνότητα χρήσης τους. Άξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός πως περίπου οι μισοί από τους μετακινούμενους μεταβαίνουν στο κέντρο λιγότερο από δυο φορές την εβδομάδα.



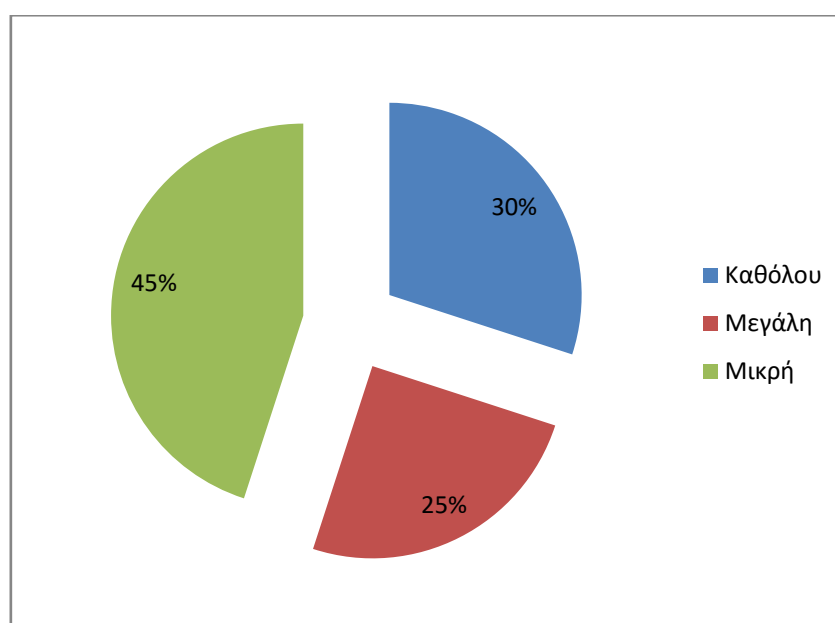
Διάγραμμα 4.18 Κατανομή των διαδρομών σύμφωνα με τη συχνότητα χρήσης τους

Στο Διάγραμμα 4.19 παρατηρείται η διάκριση των μετακινήσεων συναρτήσει του χρησιμοποιούμενου μέσου μεταφοράς. Παρατηρούνται υψηλά ποσοστά στη χρήση Λεωφορείου/Τρόλεϊ, Ι.Χ. και Μετρό/Ηλεκτρικού.



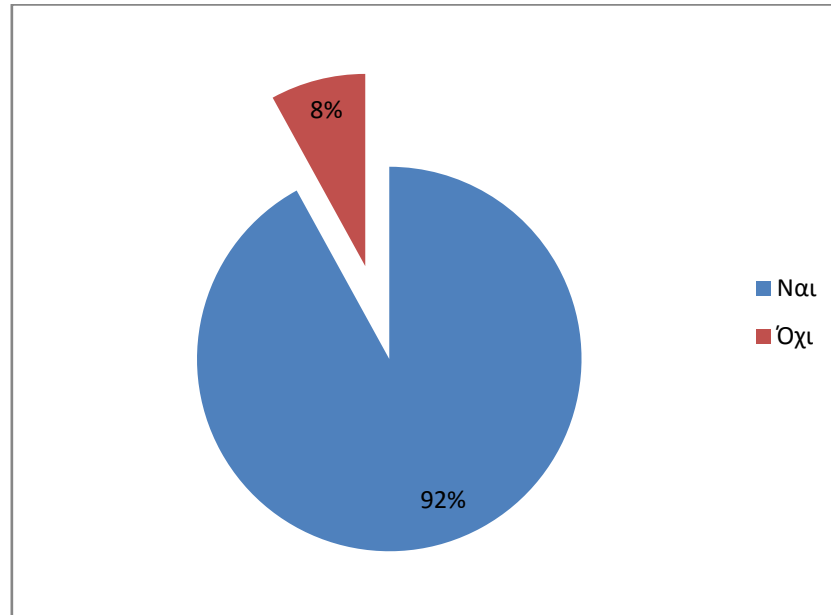
Διάγραμμα 4.19 Διάκριση των μετακινήσεων συναρτήσει του χρησιμοποιούμενου μέσου μεταφοράς

Στο Διάγραμμα 4.20 διακρίνεται η κατανομή των απαντήσεων, σύμφωνα με την ύπαρξη ή όχι της δυνατότητας λήψης εναλλακτικής διαδρομής για την πραγματοποίηση των εξεταζόμενων μετακινήσεων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως η πλειονότητα των ερωτηθέντων δηλώνει μικρή ελαστικότητα στην πιθανότητα ακολούθησης διαφορετικής διαδρομής.



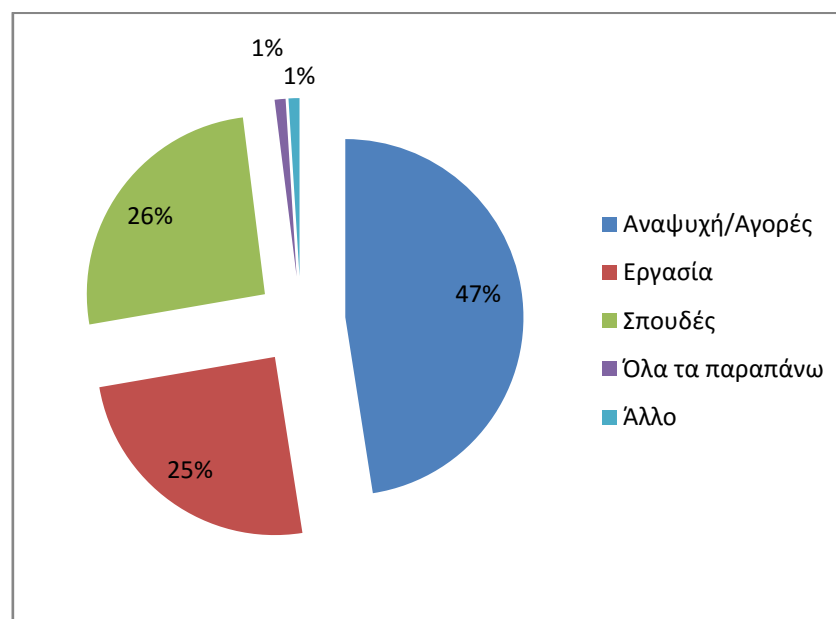
Διάγραμμα 4.20 Δυνατότητα λήψης εναλλακτικής διαδρομής

Στο Διάγραμμα 4.21 παρατίθεται το ποσοστό των ερωτηθέντων που απάντησαν ότι δύνανται να πραγματοποιήσουν τη μετακίνησή τους με τη χρήση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Από τα εξαγόμενα αποτελέσματα, συνάγεται πως η πλειοψηφία των μετακινούμενων διατίθεται να χρησιμοποιήσει κάποιο δημόσιο μεταφορικό μέσο.



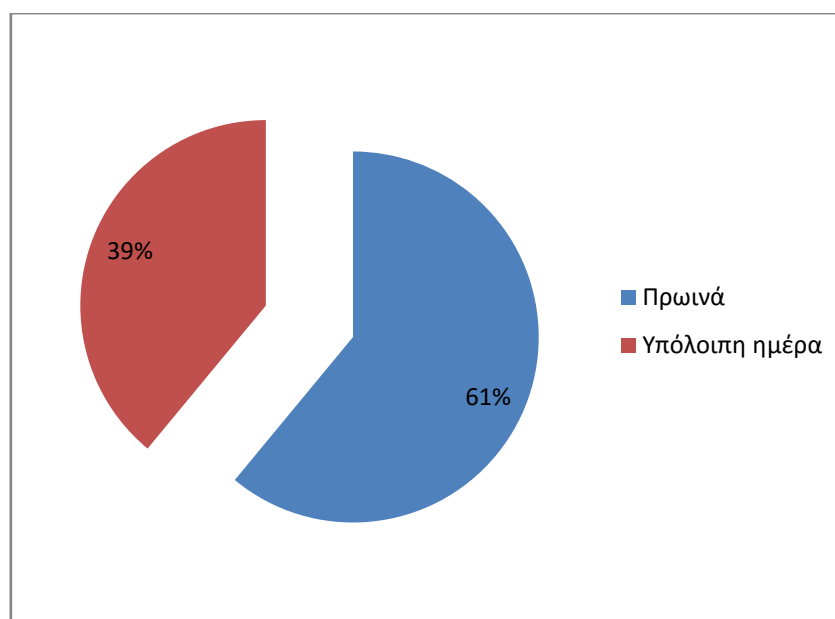
Διάγραμμα 4.21 Δυνατότητα χρήσης Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

Στο Διάγραμμα 4.22 αποτυπώνεται η κατάταξη των απαντήσεων, ανάλογα με το σκοπό μετακίνησης. Σημειώνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό του συνόλου των μετακινήσεων εντός του δακτυλίου πραγματοποιείται με σκοπό την αναψυχή/αγορές.



Διάγραμμα 4.22 Διάκριση των μετακινήσεων σύμφωνα με το σκοπό

Τέλος, στο Διάγραμμα 4.23 απεικονίζεται το ποσοστό των πραγματοποιηθέντων μετακινήσεων που θεωρήθηκαν ως πρωινές ή μη. Ως πρωινές χαρακτηρίστηκαν οι μετακινήσεις που λαμβάνουν χώρα μεταξύ 07:00 – 12:00.



Διάγραμμα 4.23 Πρωινές ή μη μετακινήσεις

4.1.4 Συνδυαστική Ανάλυση Μεταβλητών

Οι Πίνακες 4.1 και 4.2 αναπαριστούν το τρίτο τμήμα του ερωτηματολογίου. Σε αυτούς, παρατηρείται η μεταβολή της συμπεριφοράς των μετακινούμενων, οι οποίοι χρησιμοποιούν όχημα Ι.Χ. για την είσοδο τους στο δακτύλιο, ελέω της ενδεχόμενης εφαρμογής πολιτικών τιμολόγησης του κορεσμού. Στα πλαίσια της έρευνας, καταγράφονται οι αντιδράσεις των οδηγών σε 4 διαφορετικά σενάρια, για ισόποσες εναλλακτικές τιμές κομίστρου. Ο πρώτος Πίνακας αναφέρεται στις πρωινές μετακινήσεις, όπως αυτές ορίστηκαν παραπάνω, ενώ ο δεύτερος σχετίζεται με τις μετακινήσεις που δύνανται να συμβούν καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Πίνακας 4.1 Μεταβολή της συμπεριφοράς των οδηγών ελέω εφαρμογής πολιτικών τιμολόγησης της κυκλοφορίας (Πρωινές Μετακινήσεις)

Για κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
€0,50	31,15%	52,60%
€1,00	47,54%	10,53%
€1,50	75,41%	15,79%
€3,00	91,80%	23,68%

Πίνακας 4.2 Μεταβολή της συμπεριφοράς των οδηγών ελέω εφαρμογής πολιτικών τιμολόγησης της κυκλοφορίας (Μετακινήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας)

Για κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
€0,50	30,30%	3,77%
€1,00	49,49%	11,32%
€1,50	79,79%	16,98%
€3,00	88,88%	26,41%

Σε επιτακτική ανάγκη ανάγεται η ανάλυση των μεταβλητών του ερωτηματολογίου ανά ζεύγη, προκειμένου να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα για το είδος των μετακινήσεων εντός του δακτυλίου της Αθήνας. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανάλυση τόσο των πρωινών μετακινήσεων, όσο και εκείνων συνολικά.

Πίνακας 4.3 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με το σκοπό μετακίνησης κατά τις πρωινές ώρες

Σκοπός μετακίνησης/ύψους κομίστρου	€0,5	€1,0	€1,5	€3,0
Εργασία	32%	36%	56%	76%
Αναψυχή/Αγορές	23%	38%	92%	93%
Σπουδές	35%	36%	95%	100%

Πίνακας 4.4 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με το σκοπό μετακίνησης κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας

Σκοπός μετακίνησης/ύψους κομίστρου	€0,5	€1,0	€1,5	€3,0
Εργασία	28,5%	45,7%	65,0%	80,0%
Αναψυχή/Αγορές	30,0%	55,0%	87,5%	90,0%
Σπουδές	33,3%	47,6%	95,0%	99,0%

Σχόλιο : Σημειώνεται πως για τις δύο χαμηλότερες τιμές κομίστρου, η μείωση στη ζήτηση του οχήματος Ι.Χ. κυμαίνεται σε συναφή χαμηλά επίπεδα, ανεξάρτητα του σκοπού μετακίνησης. Αντίθετα, για κόστος ίσο ή μεγαλύτερο του 1,5 €, παρατηρείται δυσανάλογα μεγαλύτερη μείωση, όταν ο σκοπός της μετακίνησης αναφέρεται σε αναψυχή/αγορές και σπουδές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως η αξία του χρόνου μετακίνησης εκτιμάται διαφορετικά από τον ερωτώμενο, όταν έχει ως σκοπό την αναψυχή/αγορές και προφανώς θεωρείται χαμηλότερη από την αντίστοιχη που αναφέρεται σε μετακίνηση με σκοπό την εργασία.

Αναμενόμενα, από τον Πίνακα 4.5 εξάγεται το συμπέρασμα πως όσο συχνότερα εισερχόταν ο ερωτώμενος στο δακτύλιο, πραγματοποιώντας χρήση οχήματος Ι.Χ., τόσο αυξανόταν η πιθανότητα να στραφεί σε εναλλακτικό δημόσιο μέσο μεταφοράς, σε ενδεχόμενη επιβολή τέλους συμφόρησης.

Πίνακας 4.5 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με τη συχνότητα μετακίνησης καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας

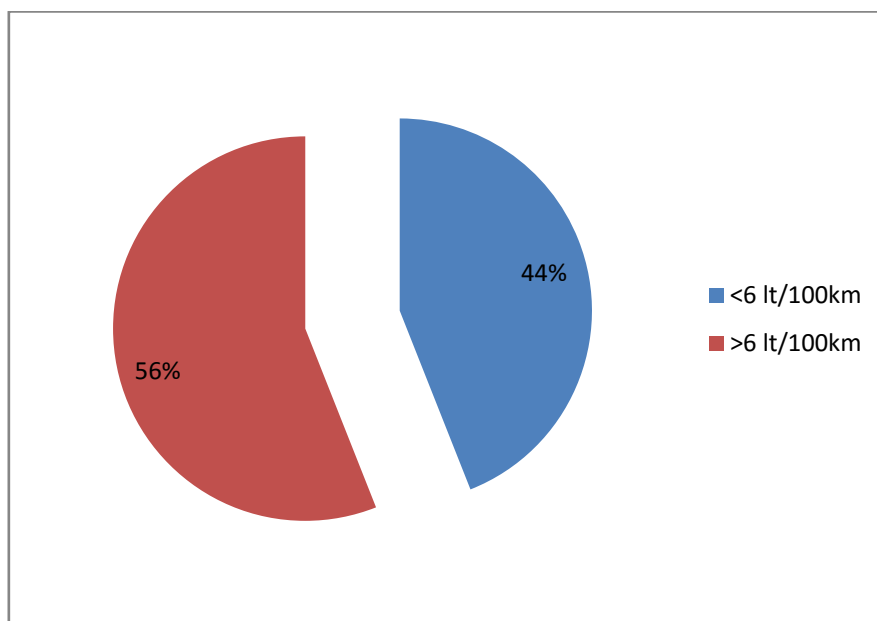
Σκοπός μετακίνησης/ύψους κομίστρου	€0,5	€1,0	€1,5	€3,0
<2 φορές την εβδομάδα	15,20%	50,00%	89,00%	95,00%
2-4 φορές την εβδομάδα	19,00%	38,00%	73,00%	84,60%
Κάθε μέρα	44,40%	59,30%	70,40%	81,50%

Επιπλέον, από τον Πίνακα 4.6 συνάγεται πως υπάρχει άμεση συσχέτιση του εισοδήματος του μετακινούμενου με τη συμπεριφορά του απέναντι σε ενδεχόμενη εφαρμογή πολιτικών τιμολόγησης του κορεσμού. Ως λογική απόρροια, λοιπόν, όσο χαμηλότερο θεωρείται το εισόδημα του ερωτώμενου, τόσο πιο άμεσα θα εγκατέλειπε τη χρήση του Ι.Χ., σε περίπτωση εφαρμογής τέλους κορεσμού.

Πίνακας 4.6 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με το εισόδημα του ερωτώμενου (μετακινήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας)

Εισόδημα/ύψος κομίστρου	€0,5	€1,0	€1,5	€3,0
<800	31,50%	53,70%	86,00%	90,40%
800-1500	29,34%	48,70%	79,00%	91,00%
1500-2500	12,50%	24,60%	37,50%	75,00%
>2500	8,00%	15,00%	36,00%	70,30%

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε για λογαριασμό του Ινστιτούτου Καταναλωτών (INKA) το 2011, η μέση κατανάλωση καυσίμου για ένα όχημα Ι.Χ. που κινείται εντός του ελληνικού αστικού οδικού δικτύου, εκτιμάται στα 6 λίτρα/100 χλμ. (<http://www.euro2day.gr/news/economy/article/624169/inka-akrivotero-to-leoforeio-apo-to-ih.html>). Συνεπώς, στο Διάγραμμα 4.24 που ακολουθεί, αποτυπώνεται η κατανομή του συνόλου των οχημάτων, συναρτήσει της αντίστοιχης μέσης κατανάλωσης καυσίμου.



Διάγραμμα 4.24 Κατανομή του συνόλου των οχημάτων συναρτήσει της μέσης κατανάλωσης καυσίμου

Ακολουθώς, καταγράφεται η μείωση στη χρήση του οχήματος Ι.Χ. ως μέσο μεταφοράς, συναρτήσει της αντίστοιχης κατανάλωσης καυσίμου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.7, οι κάτοχοι οχήματος με κατανάλωση <6 λίτρα/100 χλμ, θα εγκατέλειπαν πιο εύκολα το αυτοκίνητο τους, σε ενδεχόμενη εφαρμογή συστήματος οδικής τιμολόγησης.

Πίνακας 4.7 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με την κατανάλωση καυσίμου (μετακινήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας)

Κατανάλωση οχήματος/ύψος κομίστρου	€0,5	€1,0	€1,5	€3,0
<6 lt/100km	34,90%	51,00%	81,80%	93,20%
>6 lt/100km	25,45%	48,15%	76,36%	85,50%

Στον Πίνακα 4.8 αποτυπώνεται η μείωση στη χρήση του οχήματος Ι.Χ., σύμφωνα με το φύλο του ερωτώμενου οδηγού. Ελαφρώς χαμηλότερη εκτιμάται η μείωση της χρήσης οχήματος Ι.Χ. από τους άνδρες, έναντι της αντίστοιχης των γυναικών.

Πίνακας 4.8 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με το φύλο του ερωτώμενου

Φύλο/ύψος κομίστρου	€0,5	€1,0	€1,5	€3,0
Γυναίκα	29,40%	52,90%	82,40%	85,30%
Άνδρας	29,90%	46,30%	76,20%	88,00%

Επιπλέον, στον Πίνακα 4.9 καταγράφεται η μείωση στη χρήση του οχήματος Ι.Χ., ανάλογα με την ηλικία του ερωτώμενου, με τις μικρότερες ηλικιακά ομάδες να αποδέχονται δυσκολότερα το πρόγραμμα αστικής τιμολόγησης.

Πίνακας 4.9 Καταγραφή της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. ανάλογα με την ηλικία του ερωτώμενου (μετακινήσεις καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας)

Ηλικία/ύψος κομίστρου	€0,5	€1,0	€1,5	€3,0
18-24	37,80%	62,20%	91,90%	94,60%
25-34	27,80%	44,40%	75,90%	87,00%

Εν κατακλείδι, ενδιαφέρον για την εκπόνηση του παρόντος ερευνητικού έργου παρουσιάζει η συλλογή των στοιχείων που αναφέρονται στη μείωση της ζήτησης για χρήση οχήματος Ι.Χ., σε ενδεχόμενη εφαρμογή πολιτικών τιμολόγησης του κορεσμού. Συγκεκριμένα, για τη συνέχιση της εργασίας, τα στοιχεία που περιέχονται στον Πίνακα 4.2 θα εισαχθούν στο λογισμικό προσομοίωσης κυκλοφοριακών λειτουργιών, προκειμένου να προκύψει η μεταβολή των εξεταζόμενων χαρακτηριστικών της κυκλοφορίας και, συνεπώς, να εξαχθούν ασφαλή και αξιόπιστα συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

5.1 Περιγραφή των σεναρίων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας δεδηλωμένης προτίμησης και πιο συγκεκριμένα από εκείνα τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2, προκύπτουν τέσσερα διαφορετικά σενάρια οδικής τιμολόγησης, τα οποία θα εισαχθούν στο λογισμικό προσομοίωσης κυκλοφορίας, Aimsun και θα συγκριθούν τόσο με το βασικό σενάριο, όσο και μεταξύ τους. Ακολουθεί, λοιπόν, η επεξήγηση των σεναρίων.

Βασικό Σενάριο: Το βασικό σενάριο αναπαριστά την υφιστάμενη κυκλοφοριακή κατάσταση στο οδικό δίκτυο της Αθήνας, συναρτήσει επικαιροποιημένων κυκλοφοριακών στοιχείων. Στο σενάριο αυτό, δεν εφαρμόζεται σύστημα τιμολόγησης του κορεσμού.

Σενάριο Α : Το σενάριο Α απεικονίζει την κυκλοφοριακή ροή στο αστικό οδικό δίκτυο, σε περίπτωση επιβολής τέλους συμφόρησης, με σταθερό ύψος κομίστρου ίσο με 0,5 €. Για τον κατάλληλο προγραμματισμό του σεναρίου Α στο λογισμικό Aimsun, θα χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία που διακρίνονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Στοιχεία ζήτησης για το Σενάριο Α

Για κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
€0,50	30,30%	3,77%

Ο Πίνακας 5.1 εκφράζει τα ακόλουθα : Σε περίπτωση εφαρμογής συστήματος τιμολόγησης με ύψος κομίστρου ορισμένο στα 0.5 €, ένα ποσοστό της τάξης του 30,3% των οδηγών που εισέρχονται στο δακτύλιο των Αθηνών με το Ι.Χ. τους θα επιλέξει κάποιον εναλλακτικό τρόπο να μετακινηθεί. Οι εναλλακτικές επιλογές που μπορούσε να επιλέξει ο ερωτώμενος του ερωτηματολογίου ήταν να μετακινηθεί με το Ι.Χ. αλλά σπανιότερα, όπου προσμετρούνταν ως μείωση της ζήτησης για Ι.Χ. από τον ερευνητή, να χρησιμοποιήσει τα Μέσα μαζικής μεταφοράς, να σκεφτόταν την αγορά οικολογικού οχήματος, να άλλαζε την ώρα των μετακινήσεων του, να χρησιμοποιούσε δίκυκλο, να πήγαινε πεζή ή με το ποδήλατο, ή ακόμη να άλλαζε διαδρομή (εκτός δακτυλίου). Εντός του ποσοστού μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ., που διακρίνεται στον Πίνακα 5.1, συμπεριλαμβάνονται και οι οδηγοί εκείνοι οι οποίοι

θα διατηρήσουν τη χρήση του οχήματος Ι.Χ. που βρίσκεται στην κτήση τους, όμως θα επιλέξουν τελικά διαφορετική διαδρομή εκτός δακτυλίου. Τα στοιχεία του Πίνακα 5.1 εισάγονται στο λογισμικό προσομοίωσης με κατάλληλο τρόπο. Ο ενδεδειγμένος τρόπος εισαγωγής τους θα παρουσιαστεί στην ενότητα 5.3 του παρόντος κεφαλαίου.

Σενάριο Β : Στο σενάριο Β, προσομοιώνεται η κυκλοφοριακή κατάσταση, σε ενδεχόμενο εφαρμογής συστήματος αστικών διοδίων, με σταθερό κόμιστρο ορισμένο στα 1,0 €. Τα στοιχεία που ενδιαφέρουν για την εισαγωγή του σεναρίου Β στο λογισμικό προσομοίωσης, διακρίνονται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 Στοιχεία ζήτησης για το Σενάριο Β

Για κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
€1,00	49,49%	11,32%

Σενάριο Γ : Στο σενάριο Γ, επιχειρείται η αποτύπωση της ροής στο οδικό δίκτυο της Αθήνας, σε περίπτωση επιβολής τέλους συμφόρησης, με κόμιστρο ορισμένο στα 1,5 €. Τα στοιχεία ζήτησης για το σενάριο Γ παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3 Στοιχεία ζήτησης για το Σενάριο Γ

Για κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
€1,50	79,79%	16,98%

Σενάριο Δ : Στο Σενάριο Δ, λαμβανόταν υπόψη σύστημα αστικών διοδίων με τέλος ορισμένο στα 3 €. Ωστόσο, λόγω της υφιστάμενης οικονομικής κρίσης, καθώς και των έκτακτων φοροεισπρακτικών μέτρων που τίθενται συνεχώς σε εφαρμογή, κρίνονται αμφίβολες τόσο η αποδεκτικότητα, όσο και η πλήρης κατανόηση της λογικής του μέτρου, εκ μέρους των οδηγών. Συνεπώς, το συγκεκριμένο σενάριο δε μελετήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

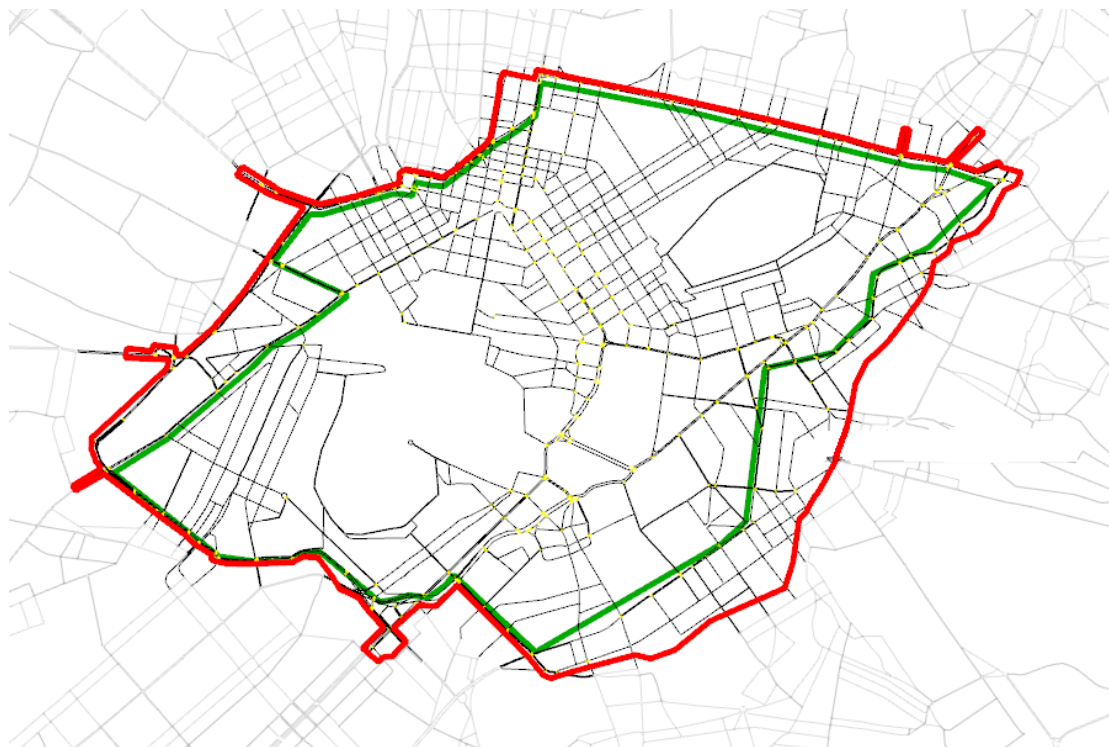
Τα στοιχεία των Σεναρίων Α, Β, Γ εισάγονται στο λογισμικό προσομοίωσης με τον τρόπο που θα παρουσιαστεί στην ενότητα 5.3.

5.2 Παραδοχές για την εκτέλεση των σεναρίων

Για την εκτέλεση των σεναρίων λήφθηκαν υπόψη οι ακόλουθες παραδοχές :

5.2.1 Περιοχή Μελέτης

Ως περιοχή μελέτης των κυκλοφοριακών επιπτώσεων από την εφαρμογή ενός συστήματος οδικής τιμολόγησης στην Αθήνα, ορίστηκε η κάτωθι απεικονιζόμενη περιοχή του Σχήματος 5.1.



Σχήμα 5.1 Περιοχή μελέτης

Η προκείμενη ζώνη περιέχει στο σύνολο της το δακτύλιο της Αθήνας και οριοθετείται από το κόκκινο πολύγωνο, ενώ ο δακτύλιος αποτελεί το εσώκλειστο τμήμα του πράσινου πολυγώνου.

Κριτήρια για την επιλογή της υπό εξέταση ζώνης αποτέλεσαν τα εξής :

α. Η γεωμετρική διάταξη του δικτύου, προκειμένου να περιλαμβάνει το δακτύλιο στο σύνολο του, ει δυνατόν και σημαντικές αρτηρίες εντός και περί τούτου (Πανεπιστημίου, Σταδίου, Β. Κωνσταντίνου, Αλεξάνδρας, Αμαλίας, Φιλελλήνων, Λ. Συγγρού κ.ά.).

β. Η πυκνή κάλυψη του δικτύου από φωρατές, για την παροχή μεγάλου πλήθους κυκλοφοριακών στοιχείων στο λογισμικό σε μια μικρή ζώνη μελέτης. Προέκυψαν τελικά 90 φωρατές ($90/450 = 20\%$ του συνόλου των φωρατών, σε ένα υπο-δίκτυο μικρότερο από το 10% του συνολικού). Έτσι, στα πλαίσια της μικροσκοπικής προσομοίωσης, δύναται να επιτευχθεί καλύτερη και πιο αξιόπιστη κυκλοφοριακή κατανομή στο δίκτυο.

γ. Η δημιουργία οδικών <<ποδών>> στα άκρα του δικτύου, προκειμένου να λαμβάνονται υπόψη μικρά οδικά τμήματα αρτηριών, τα οποία περιέχουν ανιχνευτές. Με τον τρόπο αυτό, καθίσταται εφικτή η γνώση των κυκλοφοριακών στοιχείων σε σημαντικά σημεία εισόδου/εξόδου του δικτύου (είσοδος/έξοδος προς/από Λ. Κηφισίας, Λ. Αθηνών, Λ. Συγγρού, Αλεξάνδρας κ.ά.).

5.2.2 Χρονικό Διάστημα Μελέτης

Αρχική πρόθεση για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας αποτελούσε η μελέτη του υπόψη συγκοινωνιακού συστήματος και σεναρίων τιμολόγησης, για το τρίωρο πρωινής αιχμής 7-10 π.μ. Κατόπιν, όμως, εκτέλεσης πλήθους μικροσκοπικών σεναρίων, με τη βοήθεια του λογισμικού Aimsun, διαπιστώθηκε πως για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα δεν πραγματοποιούνταν αξιόπιστη κυκλοφοριακή κατανομή εντός του δικτύου. Επιπλέον, οι υπολογιστικές απαιτήσεις για την εκτέλεση των σεναρίων θεωρήθηκαν υπερβολικές και η μελέτη του εξεταζόμενου δικτύου κατέστη μη διαχειρίσιμη, χωρίς πρακτική σκοπιμότητα. Συνεπώς, ως χρονικό διάστημα μελέτης ορίστηκε εκ νέου η ώρα πρωινής αιχμής, μεταξύ 8-9 π.μ.

5.2.3 Σύνθεση Κυκλοφορίας

Ιδιαίτερη σημασία για την μικροσκοπική ανάλυση του βασικού σεναρίου, καθώς και των σεναρίων οδικής τιμολόγησης, αποκτά η εξαγωγή αξιόπιστης σύνθεσης κυκλοφορίας. Για τον καθορισμό, λοιπόν, της σύνθεσης κυκλοφορίας εντός του δακτυλίου της Αθήνας, λήφθηκαν υπόψη κυκλοφοριακά δεδομένα που παρείχε το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας, για δύο θέσεις μέτρησης. Οι προκείμενες θέσεις βρίσκονται επί των αρτηριών Βασιλίσσης Σοφίας και Βασιλέως Κωνσταντίνου. Ωστόσο, η τελική σύνθεση κυκλοφορίας εξήχθη κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας και συγκερασμού των δεδομένων με στοιχεία μελέτης του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών (Ο.Α.Σ.Α., Τσαμπούλας, 2008).

Τελικά, η σύνθεση κυκλοφορίας αποτελείται από τις εξής κατηγορίες οχημάτων με τα αντίστοιχα ποσοστά :

α. Οχήματα Ι.Χ. : 94,50 %

β. Λεωφορεία : 4,50 %

γ. Βαρέα Οχήματα – Φορτηγά : 1,00 %

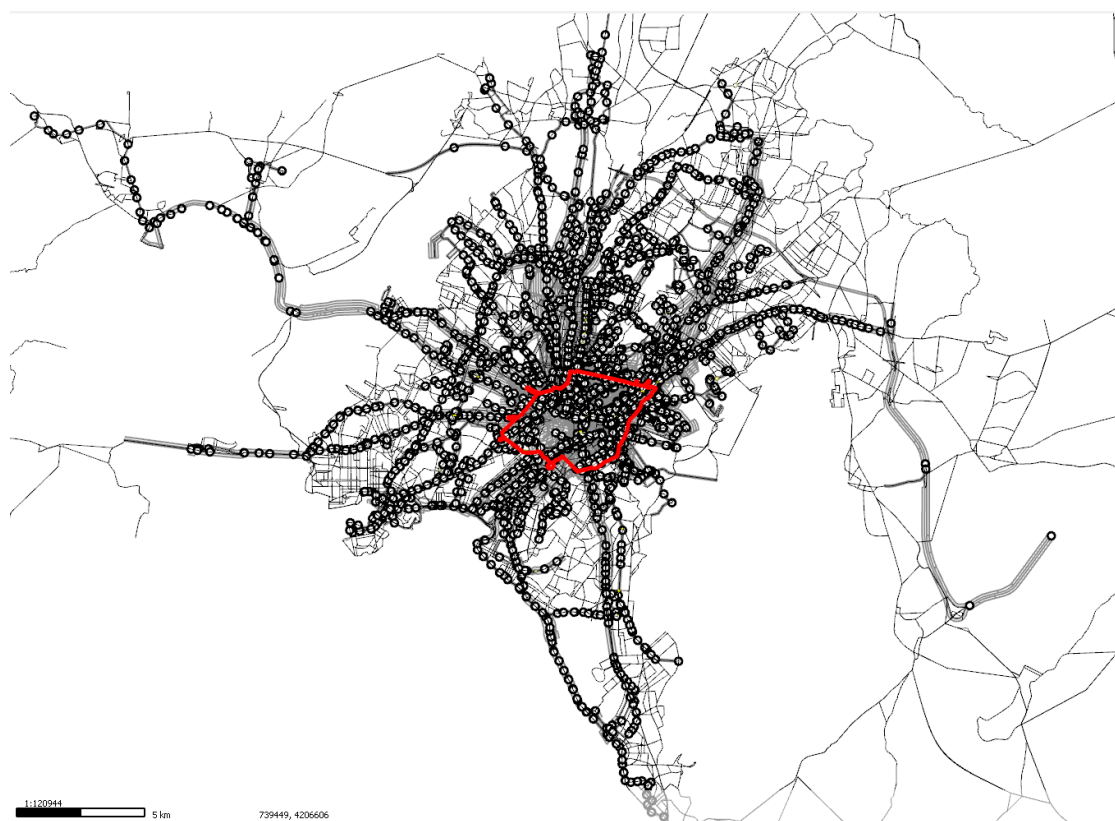
Σχόλιο : Από την εξεταζόμενη σύνθεση κυκλοφορίας, απουσιάζουν τα ταξί και τα δίκυκλα. Για τα μεν ταξί, δεν κατέστη εφικτό να προσομοιωθεί, μέσω του λογισμικού ο στοχαστικός χαρακτήρας των συχνών στάσεων που πραγματοποιούν εντός του

δικτύου, ενώ για τα δίκυκλα, δε δύναται να προσομοιωθεί η ιδιαιτερότητα της κίνησης τους ανάμεσα στα υπόλοιπα οχήματα, στο όριο μεταξύ δύο λωρίδων. Αναφορικά με τα λεωφορεία του Ο.Α.Σ.Α., αυτά έχουν εισαχθεί ξεχωριστά στο λογισμικό, με τον τρόπο που περιγράφεται στην παράγραφο 5.2.4.

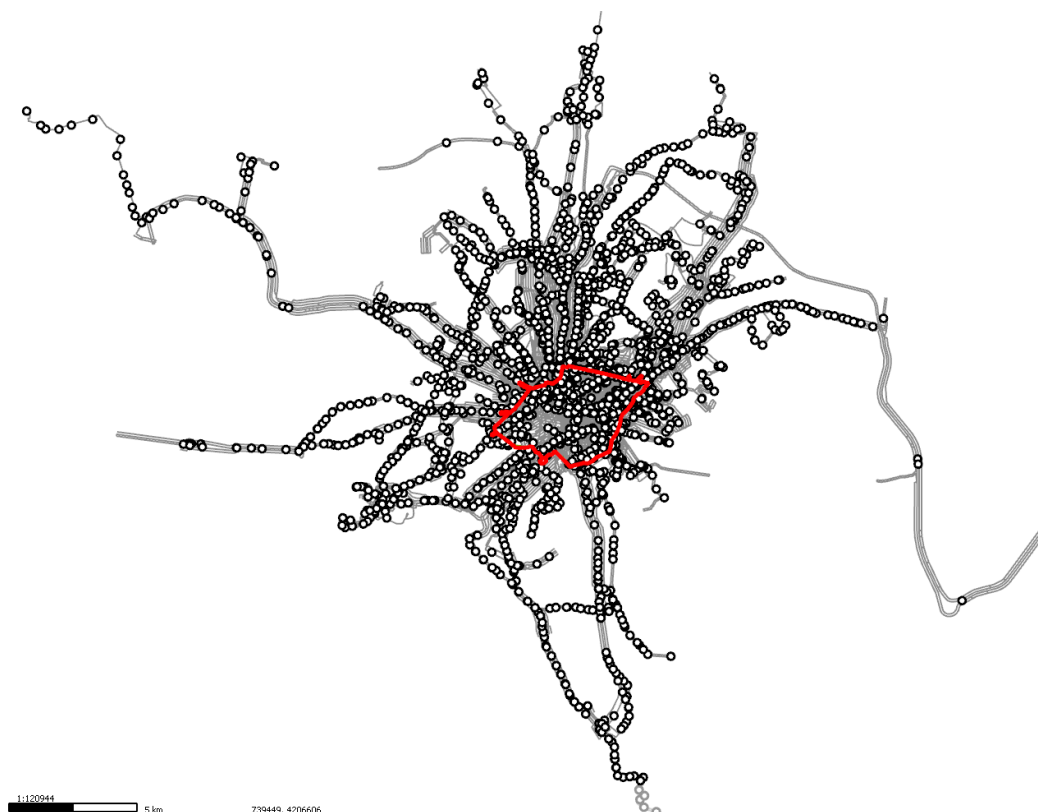
5.2.4 Δίκτυο Λεωφορειογραμμών

Στα πλαίσια της μικροσκοπικής εξέτασης που πραγματοποιείται για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κρίθηκε σκόπιμη η δημιουργία των λεωφορειογραμμών του Ο.Α.Σ.Α. εντός του δικτύου στο λογισμικό προσομοίωσης. Στόχο αποτελεί η μελέτη της περιοχής ενδιαφέροντος, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών (Δ.Α.Σ.), ενώ οι λεωφορειογραμμές που τελικά εισήχθησαν στο λογισμικό, είναι όσες πραγματοποιούνται πλήρως εντός του δακτυλίου ή απλά τον διασχίζουν. Οι πληροφορίες για το χώρο και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας των εκάστοτε γραμμών, λήφθηκαν από την ιστοσελίδα <http://www.oasa.gr/search.php?id=searchroute>, με φίλτρο αποκλειστικά για τις γραμμές που εκτελούνται εντός του Δήμου Αθηνών.

Συνολικά, εισήχθησαν 173 λεωφορειογραμμές του Ο.Α.Σ.Α., αριθμός που αποτελεί περίπου το 50% του συνόλου των γραμμών του Οργανισμού. Στον αριθμό αυτό, λαμβάνονται υπόψη και οι αντίστροφες γραμμές των διπλών γραμμών, καθώς απαιτούσαν ξεχωριστό προγραμματισμό στο περιβάλλον του λογισμικού. Στα Σχήματα 5.2 και 5.3 απεικονίζεται το δημιουργηθέν δίκτυο λεωφορειογραμμών, με ή χωρίς την αναπαράσταση του οδικού δικτύου, αντίστοιχα. Με μικρούς κύκλους, απεικονίζονται οι στάσεις των γραμμών στο δίκτυο.



Σχήμα 5.2 Δημιουργηθέν δίκτυο λεωφορειακών γραμμών διερχόμενων από το δακτύλιο



Σχήμα 5.3 Δημιουργηθέν δίκτυο λεωφορειακών γραμμών διερχόμενων από το δακτύλιο (χωρίς απεικόνιση του οδικού δικτύου)

Για τις διπλές γραμμές, θεωρήθηκε η εξής κωδικοποίηση στην ονομασία :

- [Αριθμός Γραμμής] για την αρχική διαδρομή
- [Αριθμός ΓραμμήςR] για την αντίστροφη διαδρομή της γραμμής

Το λατινικό σύμβολο "R" αποτελεί αρχικό γράμμα της λέξης "Reverse" (Αντίστροφη).

Επιπλέον οι μονές, κυκλικές γραμμές ονομάστηκαν ως εξής :

- [Αριθμός ΓραμμήςC]

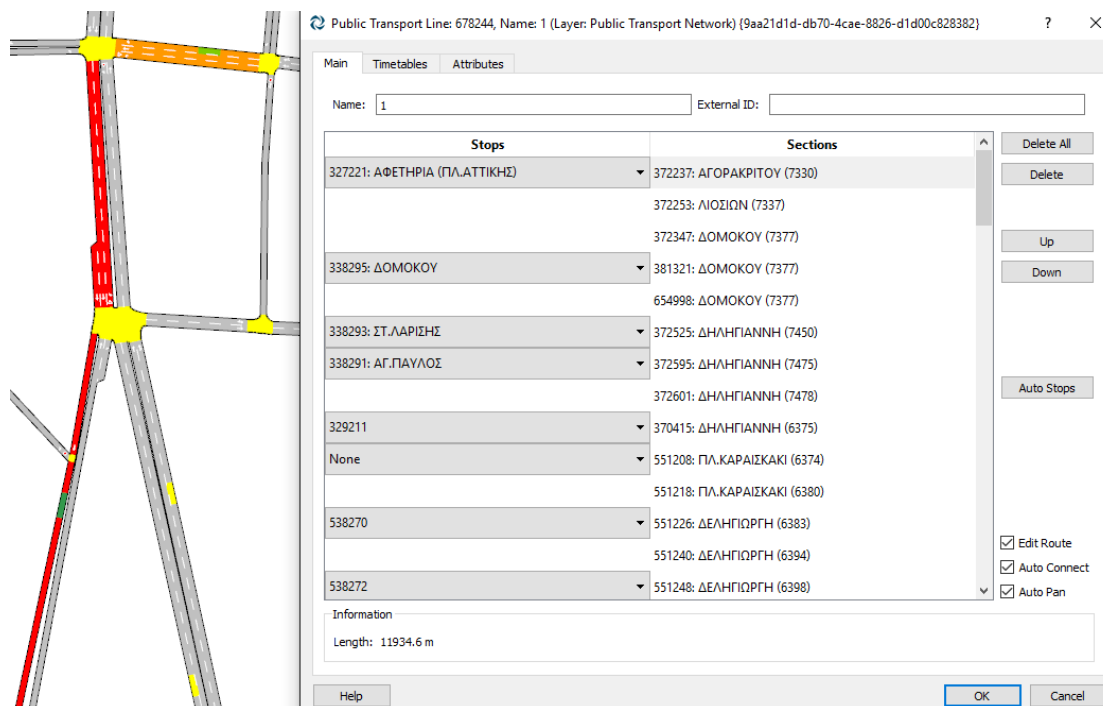
, όπου το λατινικό σύμβολο "C" συνιστά αρχικό γράμμα της λέξης "Circular" (Κυκλική).

Στο Σχήμα 5.4 απεικονίζεται μέρος της λίστας των λεωφορειακών γραμμών, μαζί με την κωδική ονομασία τους.

	137C
	140
	140R
	165C
	203C
	204C
	209C
	220C
	221C
	224
	224R
	227
	227R
	230
	230R
	235C
	242C
	250C
	402
	402R
	409C
	413C
	420
	420R
	444C

Σχήμα 5.4 Λίστα λεωφορειακών γραμμών και κωδικοποίηση της ονομασίας αυτών

Αναφορικά με τον προγραμματισμό των γραμμών, αρχικά έπρεπε να οριστεί η χωρική χάραξη αυτών, με την επιλογή κάθε οδικού τμήματος (section) από το οποίο περνάει η εκάστοτε γραμμή. Η χάραξη μιας γραμμής – εν προκειμένω της Γραμμής 1 – απεικονίζεται στο Σχήμα 5.5.



Σχήμα 5.5 Χωρικός προγραμματισμός λεωφορειακής γραμμής

Κατόπιν, απαιτείτο να οριστεί το χρονοδιάγραμμα πραγματοποίησης της εκάστοτε γραμμής (timetable). Το συγκεκριμένο εγχείρημα επιτεύχθηκε, μέσω της καρτέλας "Timetables" των γραμμών. Σε αυτή, ορίστηκε ο τύπος οχήματος που χρησιμοποιεί την εκάστοτε γραμμή, η αρχική ώρα αναχώρησης, το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών αναχωρήσεων, καθώς και το χρονικό διάστημα πραγματοποίησης της γραμμής. Εν προκειμένω, ορίζεται για την πρωινή αιχμή, μεταξύ 7-10 π.μ.. Επιπλέον, ορίζονται ο μέσος χρόνος αναμονής των λεωφορείων ανά στάση, καθώς και η τυπική απόκλιση αυτού. Ο χρονικός προγραμματισμός μιας γραμμής απεικονίζεται στο Σχήμα 5.6.

Public Transport Line: 678244, Name: 1 (Layer: Public Transport Network) {9aa21d1d-db70-4cae-8826-d1d00c828382}

Timetable: Work Day

Schedules

Initial Time	Duration	Departure Times
07:00:00	01:00:00	Interval (Punctual)
08:00:00	01:00:00	Interval (Punctual)
09:00:00	01:00:00	Interval (Punctual)

Departure

Vehicle Type: 58: Bus

Time Interval between Departures: 00:15:00

Deviation: 00:00:00

Linked to Line: None

Link Delay Time: 00:00:00

☒ Link First Vehicle

☐ Show Pedestrian Info

Dwell Times

Stop	Mean (s)	Dev.
327221: ΑΦΕΤΗΡΙΑ (ΠΛ.ΑΤΤΙΚΗΣ)	10,0	2,0
338295: ΔΟΜΟΚΟΥ	10,0	2,0
338293: ΣΤ.ΛΑΡΙΣΗΣ	10,0	2,0
338291: ΑΓ.ΠΑΥΛΟΣ	10,0	2,0
329211	10,0	2,0

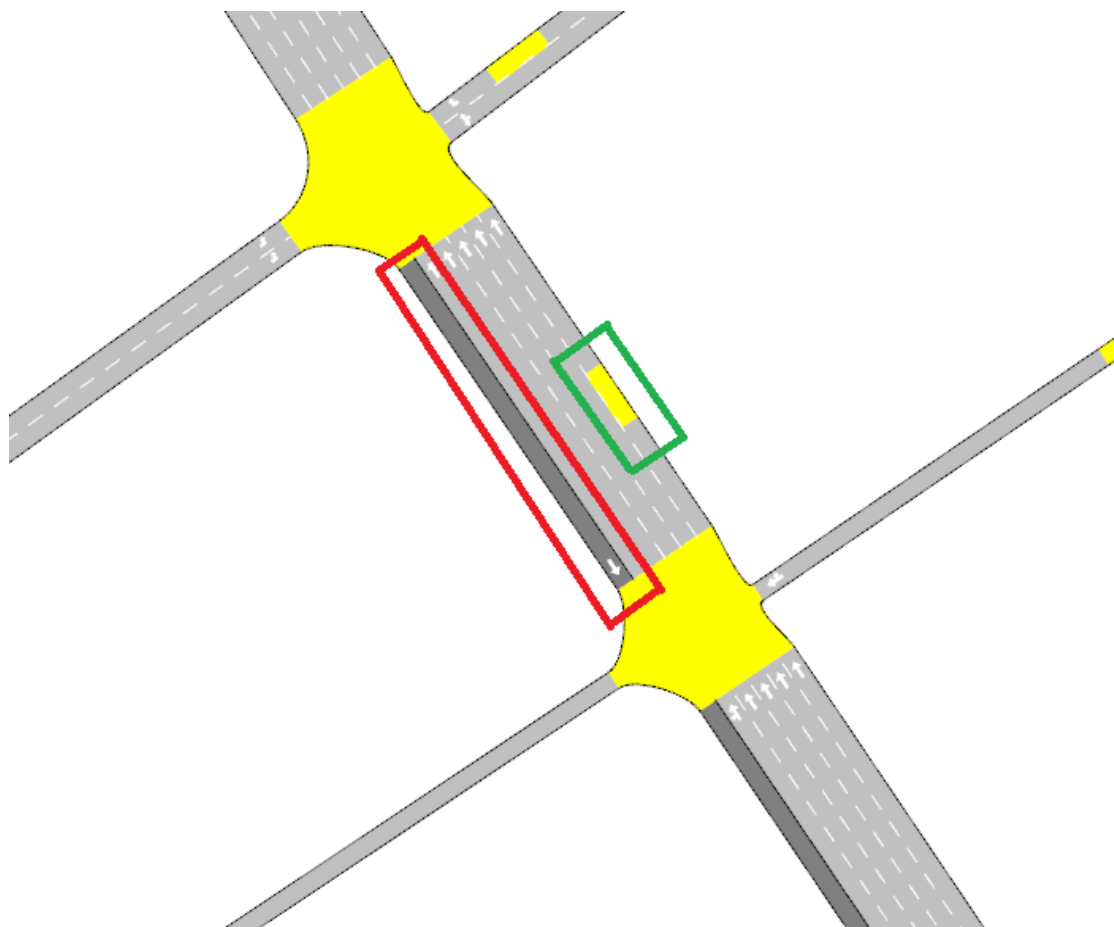
☐ Show Offsets

Set All Times...

Help OK Cancel

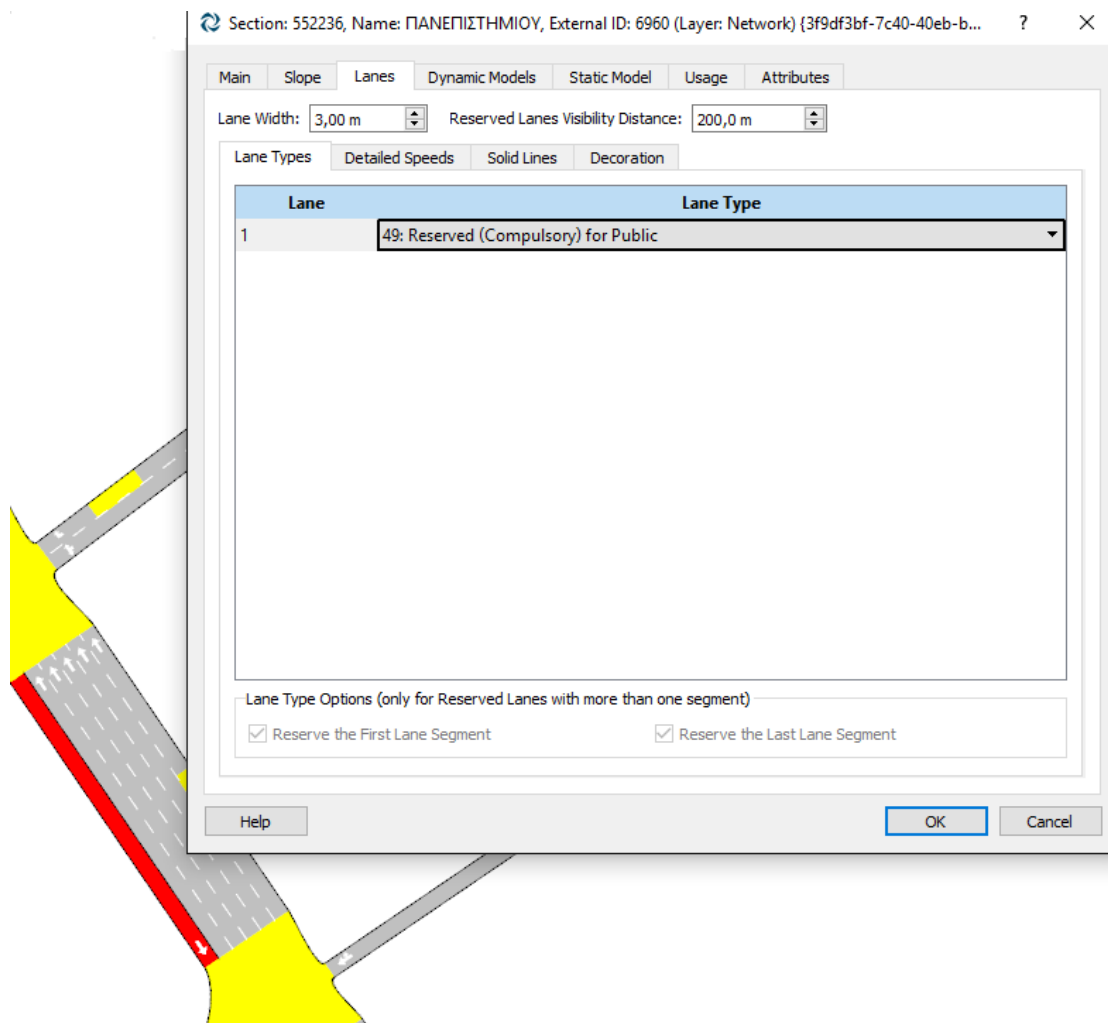
Σχήμα 5.6 Χρονικός προγραμματισμός λεωφορειακής γραμμής

Επιπρόσθετα, στο δίκτυο του λογισμικού που ελήφθη για προσομοίωση, υφίσταντο ήδη οι στάσεις των λεωφορειακών γραμμών και οι λεωφορειολωρίδες. Όπου, διαπιστώθηκε έλλειψη στάσης, αυτή προστέθηκε άμεσα στο δίκτυο. Στο Σχήμα 5.7, στο κόκκινο πλαίσιο απεικονίζεται λεωφορειολωρίδα, ενώ στο πράσινο αναπαρίσταται στάση γραμμής επί της οδού Πανεπιστημίου.



Σχήμα 5.7 Λεωφορειολωρίδα και στάση επί της οδού Πανεπιστημίου

Τέλος, ο ορισμός οδικού τμήματος (section) σε αποκλειστική λεωφορειολωρίδα πραγματοποιήθηκε με τον τρόπο που διακρίνεται στο Σχήμα 5.8.



Σχήμα 5.8 Ορισμός οδικού τμήματος σε αποκλειστική λεωφορειολωρίδα

5.3 Προγραμματισμός των σεναρίων στο περιβάλλον του λογισμικού Aimsun

Στα πλαίσια της παρούσας ενότητας, παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή των στοιχείων ζήτησης για κάθε ένα από τα εξεταζόμενα σεναρία στο περιβάλλον του λογισμικού προσομοίωσης κυκλοφορίας, Aimsun. Τα στοιχεία που θα εισαχθούν στο λογισμικό, παρατίθενται στον Πίνακα 5.4.

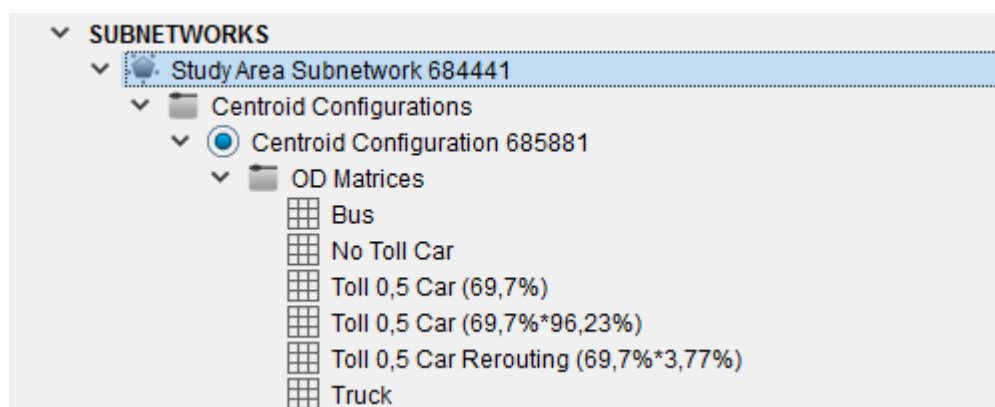
Πίνακας 5.4 Στοιχεία προγραμματισμού σεναρίων

Για κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
€0,50	30,30%	3,77%
€1,00	49,49%	11,32%
€1,50	79,79%	16,98%

Στα πλαίσια της τρίτης ενότητας του ερωτηματολογίου, ο οδηγός που χρησιμοποιούσε όχημα Ι.Χ. για την πραγματοποίηση της μετακίνησης του στο κέντρο της Αθήνας, καλείτο να αναφέρει την πιθανή αντίδραση του στο ενδεχόμενο εφαρμογής αστικών διοδίων, για διαφορετικά ύψη κομίστρου.

Η αποτύπωση της μείωσης στη χρήση οχήματος Ι.Χ. στο εξεταζόμενο ψηφιακό οδικό προσομοίωμα, μετά την επιβολή του τέλους συμφοράρησης, πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού.

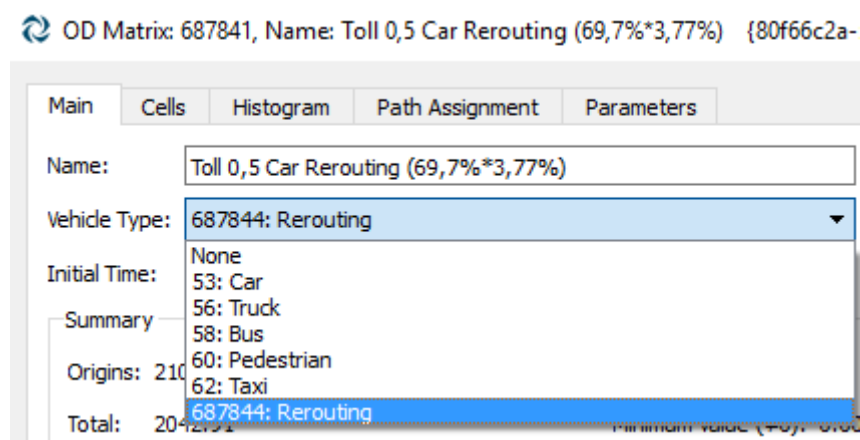
Αρχικά, εντοπίστηκαν στο προσομοίωμα όλα τα κεντροειδή τα οποία είτε βρίσκονταν εντός δακτυλίου είτε είχαν τουλάχιστον μία σύνδεση "attractsfrom" εντός δακτυλίου. Ύστερα, μεταβαίνοντας στον Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού για τα οχήματα Ι.Χ. (car), επιλέχθηκαν οι στήλες οι οποίες αντιστοιχούσαν σε κάθε κεντροειδή που εντοπίστηκε νωρίτερα. Οι στήλες αυτές πολλαπλασιάστηκαν με τον συντελεστή της μείωσης της ζήτησης Ι.Χ. Για παράδειγμα, για κόμιστρο 0,5 €, η μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ. ήταν 30,3% , γεγονός που σημαίνει ότι το 30,3% των οδηγών που χρησιμοποιούν το Ι.Χ. για να πραγματοποιήσουν την μετακίνησή τους, θα κατέφευγαν σε διαφορετικό μέσο προκειμένου να μετακινηθούν ή θα άλλαζαν διαδρομή (εκτός δακτυλίου). Άρα, ο συντελεστής με τον οποίο πολλαπλασιάστηκαν οι στήλες των κεντροειδών είναι 0,697. Κατά αυτόν τον τρόπο, προκύπτει για κάθε σενάριο τιμολόγησης, ένας διαφορετικός Πίνακας Προέλευσης-Προορισμού που θα χρησιμοποιηθεί στην προσομοίωση. Οι Πίνακες αυτοί διακρίνονται στο Σχήμα 5.9.



Σχήμα 5.9 Λίστα Πινάκων Προέλευσης-Προορισμού για τον προγραμματισμό των σεναρίων

Ακολούθως, έπρεπε να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση της πρόθεσης πραγματοποίησης εναλλακτικής διαδρομής σε περίπτωση που η διαδρομή του ερωτώμενου περνούσε απλώς μέσα από το δακτύλιο. Αυτό επετεύχθη με τον ακόλουθο τρόπο: Αρχικά, ο τροποποιημένος Πίνακας Προέλευσης-Προορισμού (δηλαδή ο Πίνακας που είχε πολλαπλασιαστεί με τον συντελεστή μείωσης της ζήτησης του I.X. όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο) χωρίστηκε σε δύο. Καθένας από τους δύο πίνακες προορισμού που δημιουργήθηκαν περιείχε ένα ποσοστό του αρχικού Πίνακα. Για παράδειγμα, για τον προγραμματισμό του σεναρίου Α, όπου το 3,77% των χρηστών θα πραγματοποιούσε εναλλακτική διαδρομή εκτός δακτυλίου, ο αρχικός Πίνακας Προέλευσης-Προορισμού χωρίστηκε σε έναν Πίνακα ο οποίος περιείχε τους φόρτους των κεντροειδών πολλαπλασιασμένους με 3,77% και έναν δεύτερο που περιείχε τους φόρτους των κεντροειδών πολλαπλασιασμένους με 96,23% (100%-3,77%).

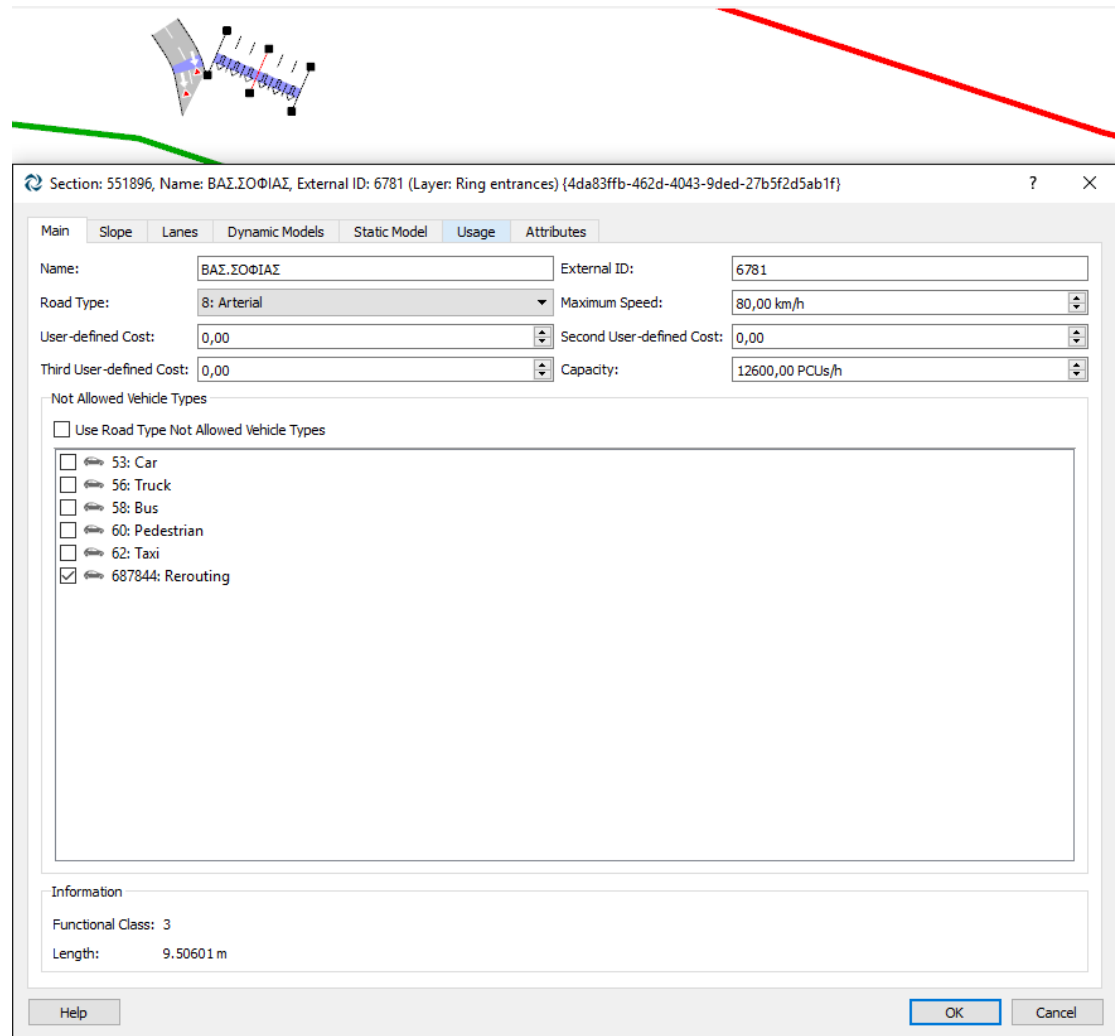
Επιπρόσθετα, δημιουργήθηκε στο περιβάλλον του λογισμικού μια ειδική κατηγορία οχημάτων με τα ίδια χαρακτηριστικά με τα συμβατικά οχήματα τα οποία ονομάστηκαν "Rerouting" δηλαδή "αυτοί που αλλάζουν διαδρομή". Έτσι, ο Πίνακας Π/Π που είχε πολλαπλασιαστεί με 3,77% αντιστοιχήθηκε στα οχήματα "rerouting" και ο Πίνακας που είχε πολλαπλασιαστεί με 96.23% αντιστοιχήθηκε στα συμβατικά οχήματα. Η ως άνω αναφερόμενη διαδικασία διακρίνεται στο Σχήμα 5.10.



Σχήμα 5.10 Αντιστοίχιση του Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού με την κατηγορία οχήματος

Τέλος, έπρεπε να προγραμματιστεί στο περιβάλλον του λογισμικού η απαγόρευση της εισόδου των οχημάτων τύπου "Rerouting" εντός δακτυλίου. Αυτό έγινε, με τη βοήθεια των ιδιοτήτων των οδικών στοιχείων (sections) στο λογισμικό Aimsun καθώς απαγορεύτηκε η κίνηση των οχημάτων I.X. τύπου "Rerouting" σε όλες τις εισόδους του δακτυλίου (ringentrances). Για την ταχύτερη πραγματοποίηση της ως άνω περιγραφόμενης διαδικασίας, απομονώθηκαν στο λογισμικό οι εισοδοί του δακτυλίου, σύμφωνα με τη στρώση στην οποία αναπαρίστανται (RingEntrancesLayer). Έτσι, οι οδηγοί οι οποίοι θα επιχειρήσουν να εισέλθουν εντός

του δακτυλίου για τον προορισμό τους εκτός δακτυλίου, θα επιλέξουν τελικά μία εναλλακτική διαδρομή περιμετρικά του δακτυλίου. Σε περίπτωση που κάποιο όχημα τύπου "Rerouting" πρέπει, σύμφωνα με τον Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού, να εισέλθει απευθείας σε κάποια είσοδο του δακτυλίου, το λογισμικό δεν του επιτρέπει την παραπάνω κίνηση και τελικά δεν το εισάγει στο δίκτυο. Η περιγραφείσα διαδικασία απεικονίζεται μέσω καρτέλας του λογισμικού στο Σχήμα 5.11.

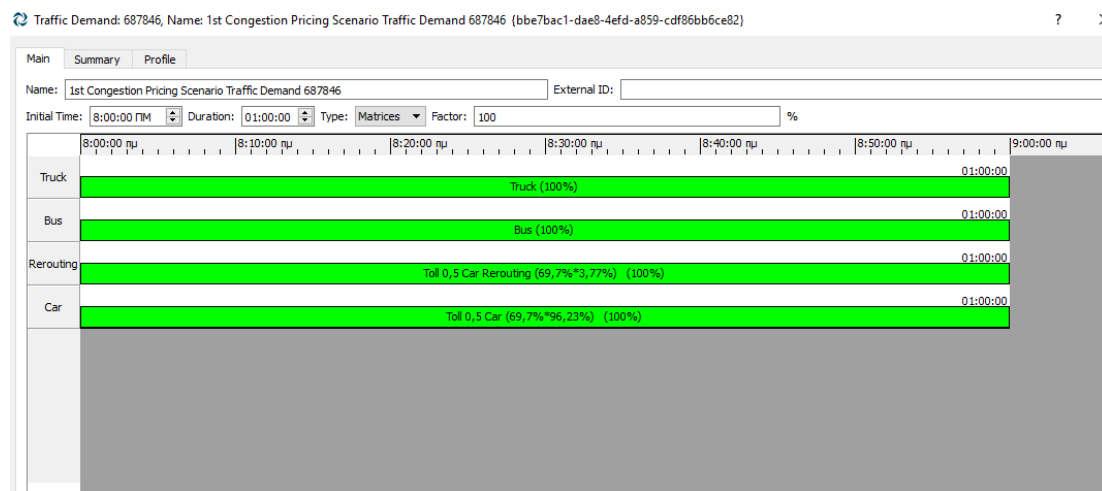


Σχήμα 5.11 Καθορισμός της απαγόρευσης εισόδου των οχημάτων "Rerouting" στο δακτύλιο από οδικό τμήμα της Βασ. Σοφίας

Έχοντας προγραμματίσει όλα τα δεδομένα που εξήχθησαν από τα ερωτηματολόγια, πριν πραγματοποιηθεί το εκάστοτε μικροσκοπικό σενάριο, για να εξαχθούν τα αποτελέσματα έπρεπε να γίνουν οι παρακάτω ενέργειες: Αρχικά, δημιουργήθηκαν τρεις διαφορετικές ζητήσεις κυκλοφορίας, μία για κάθε τύπο οχήματος. Οι ζητήσεις κυκλοφορίας περιείχαν τους αντίστοιχους πίνακες Π/Π για κάθε σενάριο. Έτσι, για το βασικό σενάριο δημιουργήθηκε η ζήτηση κυκλοφορίας η οποία περιείχε τον αρχικό Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού για τα οχήματα Ι.Χ. του προσομοιώματος, χωρίς

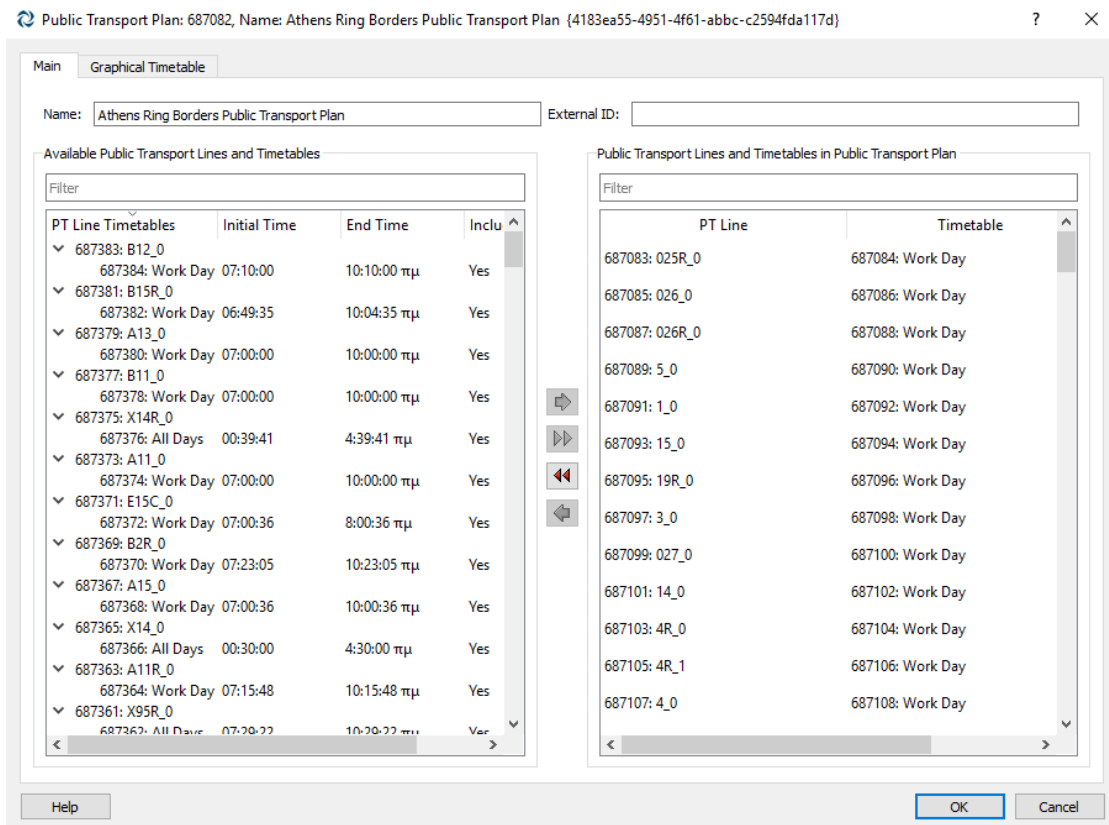
καμία τροποποίηση, συν τους πίνακες που αντιστοιχούν στα φορτηγά και λεωφορεία. Τελικά, για κάθε σενάριο οδικής τιμολόγησης, δημιουργήθηκε η ζήτηση κυκλοφορίας που περιείχε τους δύο πίνακες προέλευσης προορισμού για τα οχήματα I.X. (οχήματα I.X. που συνεχίζουν την πορεία τους εντός δακτυλίου και οχήματα τύπου Rerouting που κινούνται στο παρακείμενο δίκτυο) που δημιουργήθηκαν με τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω συν τους σταθερούς πίνακες που αφορούσαν φορτηγά και λεωφορεία. Η ζήτηση που αναφέρεται στις λεωφορειογραμμές του Ο.Α.Σ.Α. ενσωματώνεται στο λογισμικό μέσω της ένταξης των λεωφορειογραμμών σε ένα Σχέδιο Δημοσίων Μεταφορών (PublicTransportPlan), το οποίο με τη σειρά του εισάγεται στο εκάστοτε δυναμικό-μικροσκοπικό σενάριο.

Στο Σχήμα 5.12 διακρίνονται όλοι οι πίνακες Προέλευσης-Προορισμού που εισήχθησαν στην ζήτηση κυκλοφορίας του σεναρίου Α. Επίσης, απεικονίζονται όλοι οι διαφορετικοί τύποι οχημάτων: Συμβατικά οχήματα I.X., Λεωφορεία, Φορτηγά και οχήματα I.X., τύπου Rerouting.

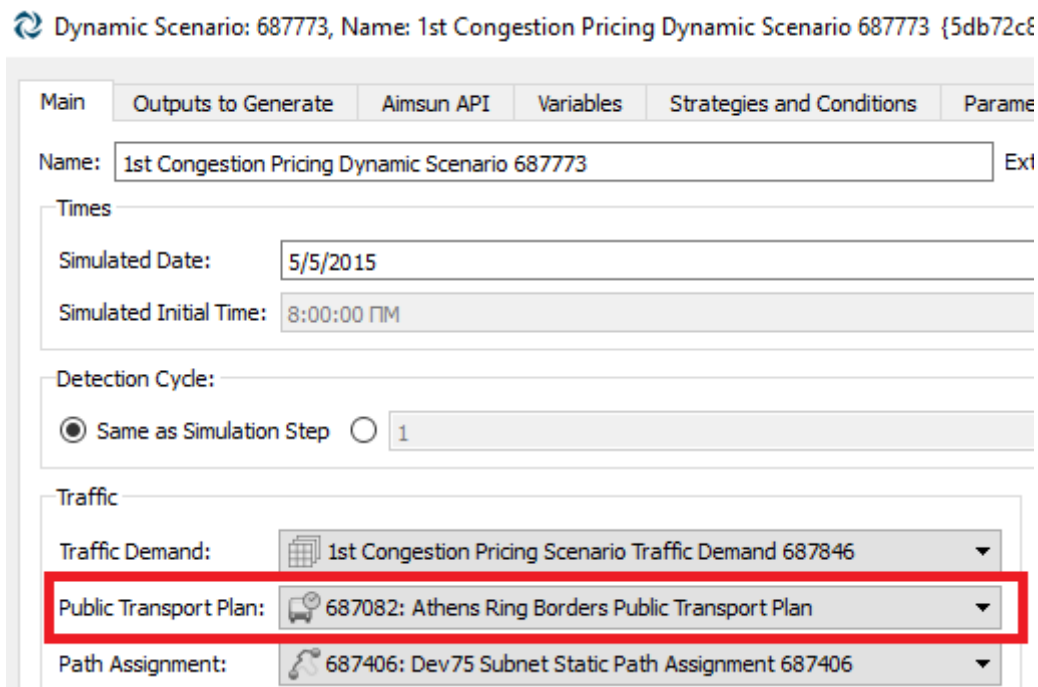


Σχήμα 5.12 Καρτέλα ζήτησης κυκλοφορίας για το Σενάριο Α

Επιπρόσθετα, στο Σχήμα 5.13 απεικονίζεται η διαδικασία ένταξης των λεωφορειογραμμών σε ένα Σχέδιο Δημοσίων Μεταφορών (Σ.Δ.Μ.) αποκλειστικά για τις γραμμές που διασχίζουν το δακτύλιο, ενώ στο Σχήμα 5.14 παρουσιάζεται ο τρόπος εισαγωγής του Σ.Δ.Μ. στο εκάστοτε μικροσκοπικό σενάριο.



Σχήμα 5.13 Ένταξη των λεωφορειογραμμών σε Σ.Δ.Μ.



Σχήμα 5.14 Εισαγωγή του Σ.Δ.Μ. σε μικροσκοπικό σενάριο

Τέλος, δημιουργήθηκαν τέσσερα διαφορετικά μικροσκοπικά σενάρια και τα αντίστοιχα πειράματα στο περιβάλλον του λογισμικού και εισήχθησαν σε αυτά οι ζητήσεις κυκλοφορίας, τα δεδομένα ημέρας, ώρας και εποχής. Πιο συγκεκριμένα, οι συνθήκες για το πείραμα αφορούν την Τρίτη, 5 Μαΐου 2015 (σύμφωνα με τα ληφθένταεπικαιροποιημένα κυκλοφοριακά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν), κατά το χρονικό διάστημα 8-9 π.μ. (όπως καιαναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα).

Στα Σχήματα 5.15 και 5.16 διακρίνεται η ρύθμιση των παραμέτρων ενός μικροσκοπικού σεναρίου. Έτσι, στο Σχήμα 5.15 παρατηρείται η ζήτηση κυκλοφορίας που εισήχθη κατά το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα, ενώ από το Σχήμα 5.16, διακρίνονται η ημέρα της εβδομάδας, η εποχή και ο καιρός κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Dynamic Scenario: 687773, Name: 1st Congestion Pricing Dynamic Scenario 687773 {5db72c8

Main Outputs to Generate Aimsun API Variables Strategies and Conditions Param

Name: 1st Congestion Pricing Dynamic Scenario 687773 Ext

Times

Simulated Date: 5/5/2015

Simulated Initial Time: 8:00:00 ΠΜ

Detection Cycle:

☒ Same as Simulation Step ☐ 1

Traffic

Traffic Demand: 1st Congestion Pricing Scenario Traffic Demand

Public Transport Plan: 687082: Athens Ring Borders Public Transport Plan

Path Assignment: 687406: Dev75 Subnet Static Path Assignment 687406

Σχήμα 5.15 Εισαγωγή ζήτησης κυκλοφορίας στο μικροσκοπικό σενάριο Α

Dynamic Scenario: 687773, Name: 1st Congestion Pricing Dynamic Scenario 687773 {5db72c82-3cc9-47f2-9b50-9fadd45babb2} ?

Main Outputs to Generate Aimsun API Variables Strategies and Conditions Parameters Attributes

Name: 1st Congestion Pricing Dynamic Scenario 687773 External ID:

Times

Simulated Date: 5/5/2015

Simulated Initial Time: 8:00:00 ΠΜ Duration: 01:00:00

Dynamic Scenario: 687773, Name: 1st Congestion Pricing Dynamic Scenario 687773 {5db72c82-3cc9-47f2-9b50-9fadd45babb2} ?

Main Outputs to Generate Aimsun API Variables Strategies and Conditions Parameters Attributes

Day of the Week: Tuesday Season: Spring

Weather: Sunny Event: No Event

Methodology: Not set

Σχήμα 5.16 Καθορισμός ημέρας, ώρας, εποχής και καιρού προσομοίωσης

5.4 Αποτελέσματα

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων για κάθε σενάριο πραγματοποιείται σε δύο βαθμίδες. Η πρώτη αφορά καθολική ανάλυση του συνόλου της περιοχής μελέτης, ενώ η δεύτερη αναφέρεται τοπικά σε τυπικές θέσεις εισόδου στο δακτύλιο και, κατά συνέπεια, στην ζώνη τιμολόγησης.

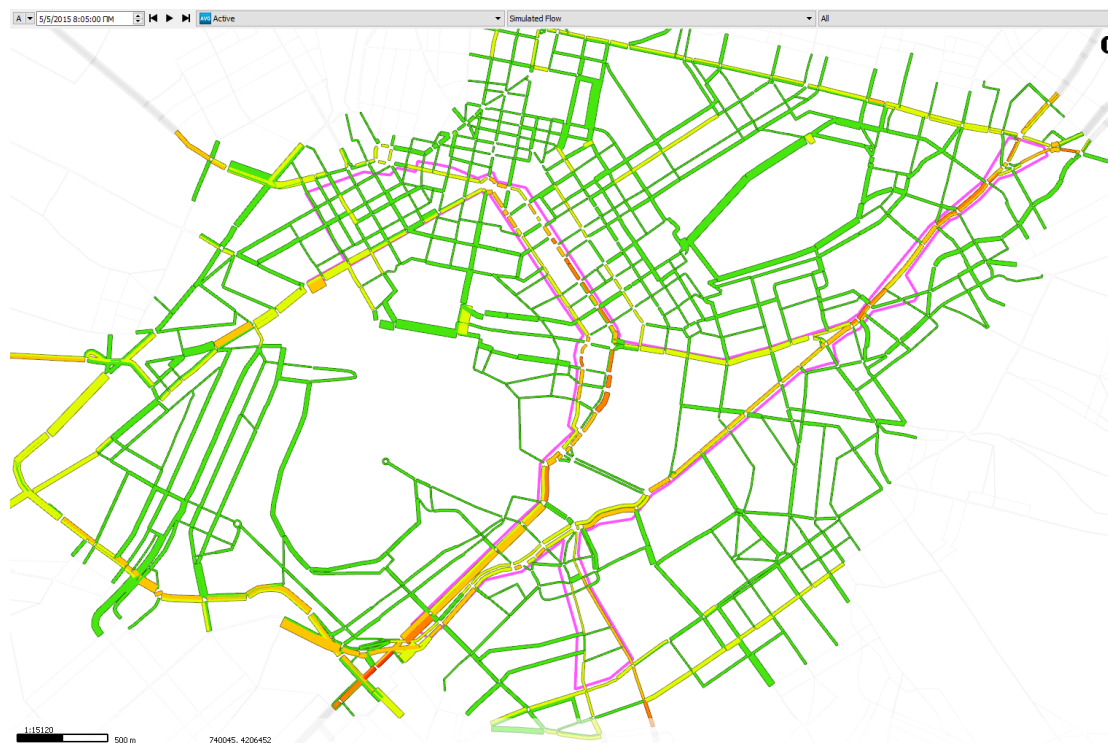
5.4.1 Αποτελέσματα καθολικής ανάλυσης

Στα πλαίσια της καθολικής ανάλυσης που πραγματοποιείται για κάθε σενάριο, παρουσιάζονται, για λόγους καλύτερης εποπτείας, δύο χάρτες. Ο πρώτος απεικονίζει τον προσομοιωμένο φόρτο ανά οδικό τμήμα, ενώ ο δεύτερος αναπαριστά την μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα και σενάριο.

Επιπλέον, στο δεύτερο τμήμα της παρούσας ανάλυσης για κάθε σενάριο, παρουσιάζονται χρήσιμα στατιστικά από την ανάλυση μακροσκοπικών και μικροσκοπικών κυκλοφοριακών μεγεθών.

5.4.1.1 Αποτελέσματα Βασικού Σεναρίου

Στο Σχήμα 5.17 διακρίνεται ο χάρτης που απεικονίζει τον προσομοιωμένο φόρτο για το βασικό σενάριο. Από τον χάρτη του Σχήματος 5.17, διακρίνεται έντονη κυκλοφοριακή ροή στους βασικούς οδικούς άξονες και ειδικότερα στις σηματοδοτούμενες αρτηρίες πολλών λωρίδων, εντός του δακτυλίου, γεγονός απόλυτα αναμενόμενο. Ωστόσο, ακόμη και οι εξεταζόμενες αρτηρίες δε θεωρούνται απόλυτα συμφορημένες. Αντίθετα, οι απλές οδοί διακρίνονται για το χαμηλό επίπεδο φόρτισης τους. Η παραπάνω προσομοιωμένη φόρτιση όμως οφείλεται εν πολλοίς στην οικονομική ύφεση που πλήττει τη χώρα, με αποτέλεσμα πλήθος οδηγών να έχει εγκαταλείψει τη χρήση του οχήματος Ι.Χ. ούτως ή άλλως. Επιπλέον, μέρος του αποτελέσματος της πραγματοποιηθείσας φόρτισης οφείλεται στο γεγονός πως η μικροσκοπική προσομοίωση λαμβάνει υπόψη τις πραγματικές κυκλοφοριακές συνθήκες, καθώς και συνθήκες περιορισμού της ροής (σηματοδοτούμενοι κόμβοι, καθυστερήσεις οδηγών ανά κόμβο) και, συνεπώς, δύναται να δείχνει κάποιες οδούς ως θεωρητικά αφόρτιστες, ενώ στην πραγματικότητα αναπτύσσεται συμφόρηση σε αυτές. Για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την υφιστάμενη κυκλοφοριακή κατάσταση, κρίνεται απαραίτητη η εξέταση μικροσκοπικών μεγεθών της κυκλοφορίας. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί πως το πράσινο χρώμα υποδηλώνει οδούς εξυπηρέτησης χαμηλών κυκλοφοριακών φόρτων, ενώ τα πορτοκαλί και κόκκινο απεικονίζουν οδούς που εξυπηρετούν υψηλό όγκο οχημάτων.



Σχήμα 5.17 Χάρτης προσομοιωμένου φόρτου για το βασικό σενάριο

Στη συνέχεια, στο Σχήμα 5.18 αναπαρίσταται ο χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής. Το κόκκινο χρώμα αναπαριστά χαμηλής τάξεως ταχύτητες, ενώ όσο πιο ανοιχτόχρωμο δείχνει ένα οδικό τμήμα, τόσο πιο υψηλές ταχύτητες αναπτύσσονται σε αυτό.

Από το παραπάνω Σχήμα, λοιπόν, και σε συνάρτηση με όσα αναφέρθηκαν για την επεξήγηση του Σχήματος 5.17, κρίνεται πως αναπτύσσεται έντονη συμφόρηση στις οδούς εντός του δακτυλίου.

Στη συνέχεια της ανάλυσης, παρατίθενται χρήσιμα στατιστικά που εξήχθησαν από την ανάλυση του σεναρίου και αφορούν βασικά μικροσκοπικά μεγέθη κυκλοφοριακής ροής. Τα μεγέθη αυτά θα συγκριθούν στην επόμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου με τα αντίστοιχα κάθε σεναρίου τιμολόγησης, προκειμένου να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.



Σχήμα 5.18 Χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το βασικό σενάριο

Στον Πίνακα 5.5 παρουσιάζεται η μέση καθυστέρηση ανά όχημα, εκφρασμένη σε δευτερόλεπτα/όχημα/χιλιόμετρο (sec/veh/km). Το συγκεκριμένο μέγεθος προκύπτει ως η αναμενόμενη διαφορά του χρόνου που απαιτείται για τη διάνυση ενός χιλιομετρικού οδικού τμήματος υπό ιδανικές συνθήκες ροής και του χρόνου διάνυσης ενός οδικού στοιχείου, ίσου μήκους, υπό τις επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες και περιορισμούς ροής. Ελέγχοντας τη μέση χιλιομετρική καθυστέρηση ανά όχημα, η οποία λαμβάνει υπόψη το σύνολο των οχημάτων και η οποία έχει τιμή 149 sec/veh/km, αυτή κρίνεται αρκετά υψηλή, αφού αναφέρεται σε καθυστέρηση περίπου ίση με 2,5 λεπτά/όχημα/χιλιόμετρο (2,5 min/veh/km).

Πίνακας 5.5 Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (Βασικό Σενάριο)

Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	149,01	5,07
I.X.	148,6	5,11
Βαρέα Οχήματα	157,68	12,67
Λεωφορεία	155,03	7,38

Στον Πίνακα 5.6 παρουσιάζεται η μέση πυκνότητα εντός του δικτύου, εκφρασμένη σε αριθμό οχημάτων ανά χιλιόμετρο οδικού στοιχείου (veh/km). Η τιμή της μέσης πυκνότητας για το σύνολο των οχημάτων μεγιστοποιείται, λαμβάνοντας υπόψη κυρίως την τιμή που αντιστοιχεί στα I.X., ενώ η τιμή που αναφέρεται στα βαρέα οχήματα και λεωφορεία είναι μικρή, διότι ούτως ή άλλως αποτελούν μικρό ποσοστό

του συνολικού στόλου οχημάτων που κυκλοφορεί εντός του δακτυλίου (5,50 % αθροιστικά).

Πίνακας 5.6 Μέση πυκνότητα εντός του δικτύου (Βασικό Σενάριο)

Μέση Πυκνότητα (veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	28,72	0,58
I.X.	26,26	0,54
Βαρέα Οχήματα	0,29	0,02
Λεωφορεία	2,18	0,07

Επιπλέον, στον Πίνακα 5.7 παρατίθεται ο κυκλοφοριακός όγκος που εξυπηρετείται, για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα μελέτης, εν προκειμένω 8-9 π.μ. Για να θεωρηθεί ότι ένα όχημα εξυπηρετήθηκε, πρέπει να ολοκληρώσει τη διαδρομή του εντός του δικτύου, καθώς και να εξέλθει αυτού.

Πίνακας 5.7 Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος κατά την ώρα αιχμής (Βασικό Σενάριο)

Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος/ώρα (veh/h)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	48234	1309
I.X.	45366	1244
Βαρέα Οχήματα	473	25
Λεωφορεία	2394	74

Ακολουθεί ο Πίνακας 5.8, στον οποίο παρουσιάζεται η μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου και αναφέρεται στην περίοδο προσομοίωσης, η οποία εν προκειμένω ταυτίζεται με την ώρα πρωινής αιχμής, ενώ εκφράζεται σε απόλυτο αριθμό οχημάτων (veh).

Πίνακας 5.8 Μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου (Βασικό Σενάριο)

Μέση ουρά αναμονής (veh)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	9680	289
I.X.	8851	269
Βαρέα Οχήματα	94	7
Λεωφορεία	735	28

Στον Πίνακα 5.9 προβάλλεται ένα ακόμη ενδιαφέρον μέγεθος, αυτό του πλήθους των απολυμένων στρεφουσών κινήσεων εντός του δικτύου. Το μέγεθος αυτό εκφράζει τον αριθμό αποτυχημένων προσπαθειών των οδηγών να λάβουν την επιθυμητή στρέφουσα κίνηση για τη συνέχιση της διαδρομής τους. Σε περίπτωση αδυναμίας ολοκλήρωσης της επιθυμητής κίνησης, οι οδηγοί των προσομοιωμένων οχημάτων επαναυπολογίζουν τη διαδρομή τους και επιχειρούν λήψη νέας στρέφουσας σε επόμενο κόμβο.

Πίνακας 5.9 Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (Βασικό Σενάριο)

Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (#)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	3023	287
I.X.	2723	274
Βαρέα Οχήματα	23	6
Λεωφορεία	277	29

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 5.10 παρατίθεται η μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα, η οποία εκφράζεται σε χιλιόμετρα/ώρα (km/h).

Πίνακας 5.10 Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (Βασικό Σενάριο)

Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (km/h)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	29,86	0,35
I.X.	30,16	0,35
Βαρέα Οχήματα	26,53	0,85
Λεωφορεία	24,84	0,44

Στον Πίνακα 5.11 παρουσιάζεται ο μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα και ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου (sec/veh/km).

Πίνακας 5.11 Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (Βασικό Σενάριο)

Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	124,64	4,84
I.X.	124,55	4,89
Βαρέα Οχήματα	131,55	12,42
Λεωφορεία	124,95	7,2

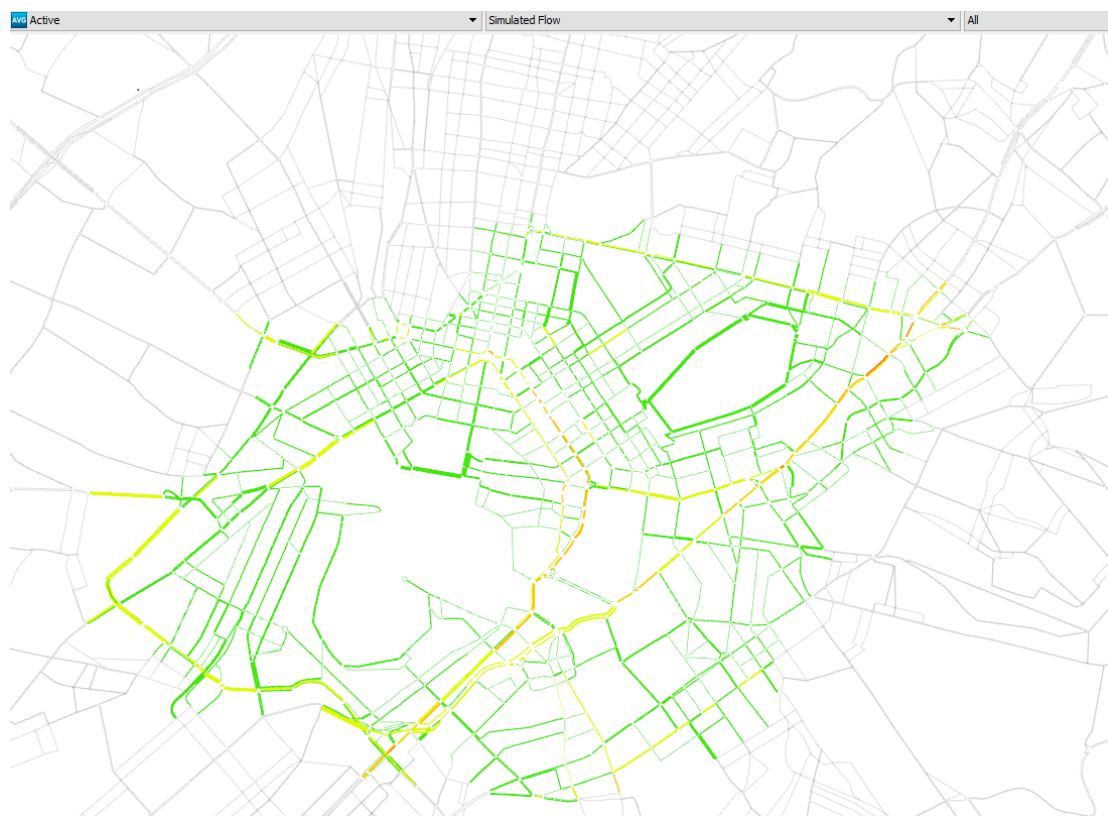
Τέλος, στον Πίνακα 5.12 παρατίθεται ο μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα. Ο προκύπτων χρόνος εκφράζει το μέσο χρόνο που απαιτείται για τη διάνυση ενός οδικού τμήματος, μήκους ενός χιλιομέτρου, εντός του δικτύου, από ένα όχημα.

Πίνακας 5.12 Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (Βασικό Σενάριο)

Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	201,17	5,1
I.X.	200,01	5,14
Βαρέα Οχήματα	216,59	12,68
Λεωφορεία	220,18	7,5

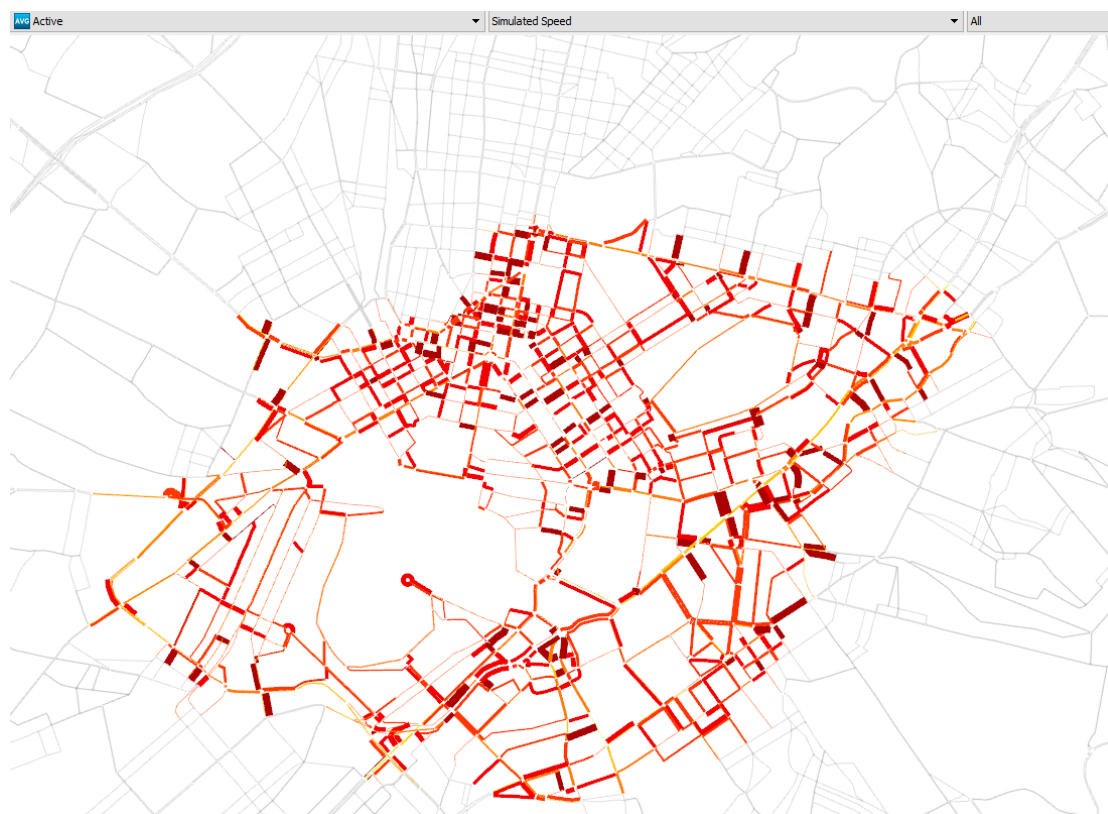
5.4.1.2 Αποτελέσματα Σεναρίου Α

Στο Σχήμα 5.19 παρουσιάζεται ο χάρτης που αναπαριστά τον προσομοιωμένο φόρτο για το σενάριο Α. Στο προκείμενο σχήμα παρατηρείται μειωμένη ροή στα οδικά στοιχεία του δακτυλίου. Η σύγκριση όμως που θα πραγματοποιηθεί στην επόμενη ενότητα μεταξύ των σεναρίων τιμολόγησης και του βασικού, θα συναρτάται από μικροσκοπικά μεγέθη της κυκλοφορίας, τα οποία είναι και πιο αντιπροσωπευτικά για την εξαγωγή χρήσιμων και ασφαλών συμπερασμάτων. Αξίζει να σημειωθεί πως στο σενάριο Α, καθώς και στα δύο εναπομείναντα σενάρια τιμολόγησης που ακολουθούν, τα οχήματα Ι.Χ. έχουν διασπαστεί σε οχήματα που περνούν μέσα από το δακτύλιο και οχήματα που επαναυπολογίζουν τη διαδρομή τους και κινούνται στο παρακείμενο οδικό δίκτυο.



Σχήμα 5.19 Χάρτης προσομοιωμένου φόρτου για το σενάριο Α

Στο Σχήμα 5.20 παρατίθεται ο χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το σενάριο Α. Ήδη είναι εμφανής η επιρροή της μείωσης στη ζήτηση των οχημάτων Ι.Χ., καθώς στον εξεταζόμενο χάρτη διαπιστώνονται περισσότερα οδικά τμήματα χρώματος πορτοκαλί, γεγονός που σημαίνει ανάπτυξη υψηλότερων μέσων ταχυτήτων ανά οδικό στοιχείο.



Σχήμα 5.20 Χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το σενάριο Α

Στον Πίνακα 5.13 παρουσιάζεται η μέση καθυστέρηση ανά όχημα.

Πίνακας 5.13 Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (Σενάριο Α)

Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	117,02	8,38
Ι.Χ.	115,54	8,29
Βαρέα Οχήματα	127,26	12,66
Λεωφορεία	132,27	10,46
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	117,35	10,42

Στον Πίνακα 5.14 διακρίνεται η μέση πυκνότητα εντός του δικτύου.

Πίνακας 5.14 Μέση πυκνότητα εντός του δικτύου (Σενάριο Α)

Μέση Πυκνότητα (veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	15,68	0,64
Ι.Χ.	13,23	0,55
Βαρέα Οχήματα	0,23	0,02
Λεωφορεία	1,84	0,08
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	0,39	0,03

Επιπλέον, στον Πίνακα 5.15 παρατίθεται ο κυκλοφοριακός όγκος που εξυπηρετείται κατά την ώρα αιχμής.

Πίνακας 5.15 Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος κατά την ώρα αιχμής (Σενάριο Α)

Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος/ώρα (veh/h)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	45910	1595
Ι.Χ.	40631	1412
Βαρέα Οχήματα	638	41
Λεωφορεία	3492	140
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	1150	49

Ακολουθεί ο Πίνακας 5.16, στον οποίο παρουσιάζεται η μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου.

Πίνακας 5.16 Μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου (Σενάριο Α)

Μέση ουρά αναμονής (veh)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	4487	311
Ι.Χ.	3782	264
Βαρέα Οχήματα	62	6
Λεωφορεία	531	38
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	111	12

Στον Πίνακα 5.17 παρατίθεται ο αριθμός των απολυμένων στρεφουσών κινήσεων εντός του δικτύου.

Πίνακας 5.17 Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (Σενάριο Α)

Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (#)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	1987	159
Ι.Χ.	1653	146
Βαρέα Οχήματα	20	5
Λεωφορεία	264	23
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	51	10

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 5.18 παρατίθεται η μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα.

Πίνακας 5.18 Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Α)

Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (km/h)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	31,9	0,51
Ι.Χ.	32,54	0,51
Βαρέα Οχήματα	28,2	0,68
Λεωφορεία	25,63	0,56
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	30,52	0,62

Στον Πίνακα 5.19 παρουσιάζεται ο μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα και ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου.

Πίνακας 5.19 Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (Σενάριο Α)

Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	94,79	8,04
Ι.Χ.	93,96	7,95
Βαρέα Οχήματα	102,78	12,36
Λεωφορεία	102,71	10,07
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	95,68	10,07

Τέλος, στον Πίνακα 5.20 παρατίθεται ο μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα.

Πίνακας 5.20 Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Α)

Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	169,95	8,52
Ι.Χ.	167,24	8,37
Βαρέα Οχήματα	186,47	12,73
Λεωφορεία	198,54	11,27
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	169,53	10,45

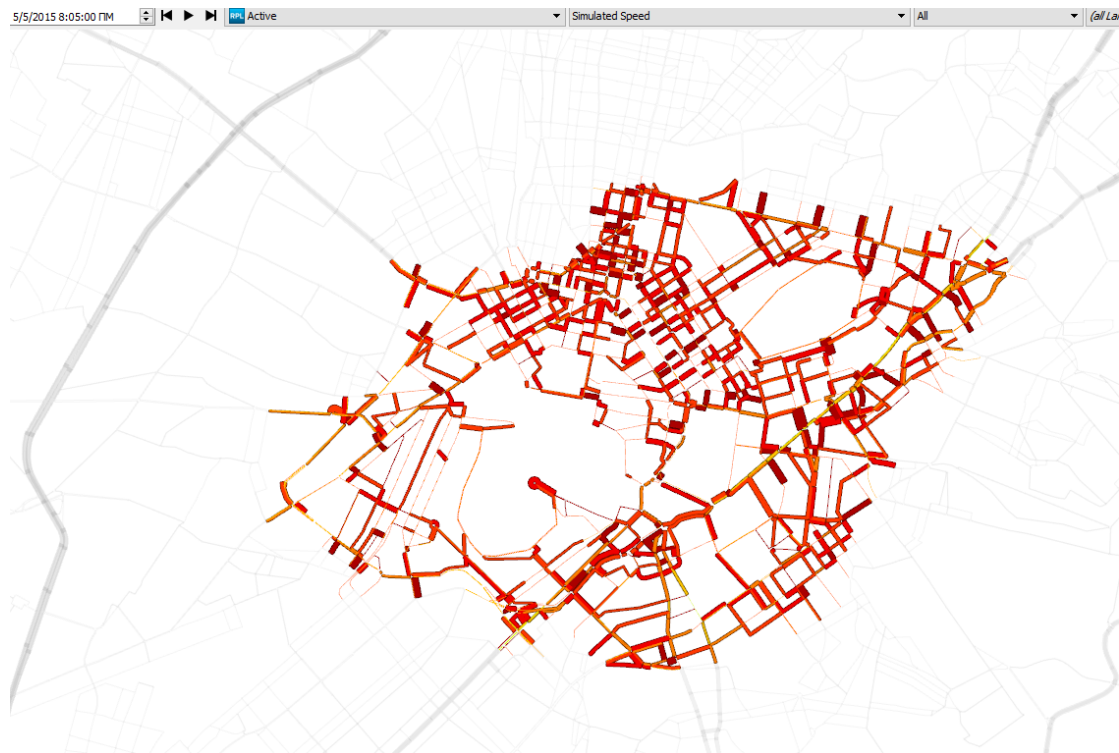
5.4.1.3 Αποτελέσματα Σεναρίου Β

Στο Σχήμα 5.21 παρουσιάζεται ο χάρτης που αναπαριστά τον προσομοιωμένο φόρτο για το σενάριο Β.



Σχήμα 5.21 Χάρτης προσομοιωμένου φόρτου για το σενάριο Β

Στο Σχήμα 5.22 προβάλλεται ο χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το σενάριο Β.



Σχήμα 5.22 Χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το σενάριο Β

Στον Πίνακα 5.21 παρουσιάζεται η μέση καθυστέρηση ανά όχημα.

Πίνακας 5.21 Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (Σενάριο Β)

Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	92,08	3,36
Ι.Χ.	89,44	3,38
Βαρέα Οχήματα	99,31	6,12
Λεωφορεία	109,75	5,11
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	93,11	4,33

Στον Πίνακα 5.22 παρουσιάζεται η μέση πυκνότητα εντός του δικτύου.

Πίνακας 5.22 Μέση πυκνότητα εντός του δικτύου (Σενάριο Β)

Μέση Πυκνότητα (veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	8,77	0,53
Ι.Χ.	6,45	0,41
Βαρέα Οχήματα	0,17	0,01
Λεωφορεία	1,5	0,08
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	0,65	0,05

Επιπρόσθετα, στον Πίνακα 5.23 διακρίνεται ο κυκλοφοριακός όγκος που εξυπηρετείται κατά την ώρα αιχμής.

Πίνακας 5.23 Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος κατά την ώρα αιχμής (Σενάριο Β)

Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος/ώρα (veh/h)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	39154	1110
Ι.Χ.	31362	890
Βαρέα Οχήματα	736	37
Λεωφορεία	4213	148
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	2843	92

Ακολουθεί ο Πίνακας 5.24, στον οποίο παρατίθεται η μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου.

Πίνακας 5.24 Μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου (Σενάριο Β)

Μέση ουρά αναμονής (veh)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	1977	247
Ι.Χ.	1436	189
Βαρέα Οχήματα	35	5
Λεωφορεία	357	38
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	149	22

Στον Πίνακα 5.25 διακρίνεται ο αριθμός των απολυμένων στρεφουσών κινήσεων εντός του δικτύου.

Πίνακας 5.25 Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (Σενάριο Β)

Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (#)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	1453	98
Ι.Χ.	1086	86
Βαρέα Οχήματα	18	4
Λεωφορεία	227	21
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	122	17

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 5.26 παρουσιάζεται η μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα.

Πίνακας 5.26 Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Β)

Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (km/h)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	33,76	0,34
Ι.Χ.	34,89	0,34
Βαρέα Οχήματα	30,1	0,7
Λεωφορεία	26,84	0,44
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	32,46	0,38

Στον Πίνακα 5.27 παρατίθεται ο μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα και ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου.

Πίνακας 5.27 Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (Σενάριο Β)

Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	71,7	3,17
Ι.Χ.	70,14	3,2
Βαρέα Οχήματα	76,62	5,88
Λεωφορεία	81,4	4,85
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	73,25	4,21

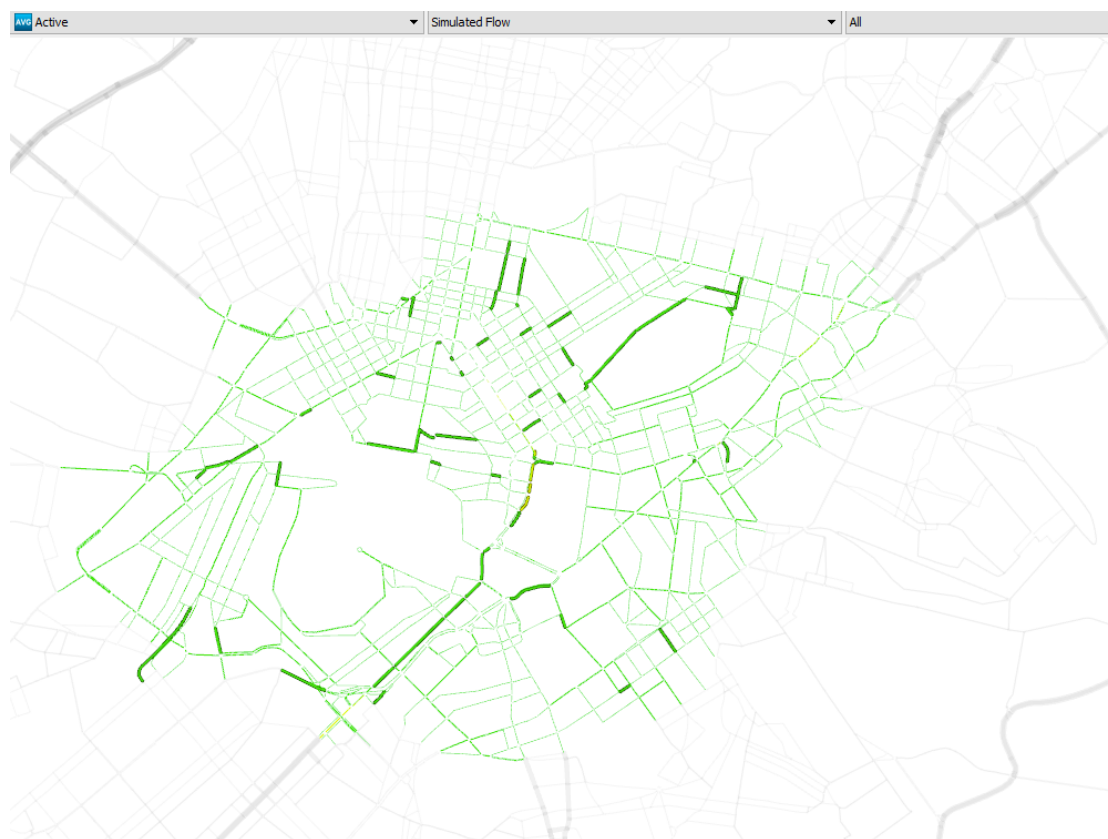
Τέλος, στον Πίνακα 5.28 διακρίνεται ο μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα.

Πίνακας 5.28 Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Β)

Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	145,79	3,42
Ι.Χ.	141,4	3,42
Βαρέα Οχήματα	158,84	6,18
Λεωφορεία	176,36	5,47
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	145,45	4,34

5.4.1.4 Αποτελέσματα Σεναρίου Γ

Στο Σχήμα 5.23 παρουσιάζεται ο χάρτης που αναπαριστά τον προσομοιωμένο φόρτο για το σενάριο Γ. Το δίκτυο διακρίνεται ως σχεδόν αφόρτιστο.



Σχήμα 5.23 Χάρτης προσομοιωμένου φόρτου για το σενάριο Γ

Στο Σχήμα 5.24 προβάλλεται ο χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το σενάριο Γ. Παρατηρούνται πλέον αρκετά περισσότερα οδικά τμήματα, χρώματος πορτοκαλί, στοιχείο που υποδηλώνει την ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων, συγκριτικά με τα προηγούμενα σενάρια.



Σχήμα 5.24 Χάρτης μέσων ταχυτήτων διαδρομής για το σενάριο Γ

Στον Πίνακα 5.29 παρουσιάζεται η μέση καθυστέρηση ανά όχημα.

Πίνακας 5.29 Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (Σενάριο Γ)

Μέση καθυστέρηση ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	65,61	1,13
Ι.Χ.	59,75	0,9
Βαρέα Οχήματα	69,24	2,47
Λεωφορεία	80,63	2,76
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	66,21	1,68

Στον Πίνακα 5.30 παρουσιάζεται η μέση πυκνότητα εντός του δικτύου.

Πίνακας 5.30 Μέση πυκνότητα εντός του δικτύου (Σενάριο Γ)

Μέση Πυκνότητα (veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	3,29	0,1
Ι.Χ.	1,73	0,05
Βαρέα Οχήματα	0,13	0,01
Λεωφορεία	1,14	0,05
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	0,29	0,01

Επιπλέον, στον Πίνακα 5.31 διακρίνεται ο κυκλοφοριακός όγκος που εξυπηρετείται κατά την ώρα αιχμής.

Πίνακας 5.31 Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος κατά την ώρα αιχμής (Σενάριο Γ)

Εξυπηρετούμενος κυκλοφοριακός όγκος/ώρα (veh/h)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	20154	222
Ι.Χ.	12774	156
Βαρέα Οχήματα	803	37
Λεωφορεία	4722	86
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	1855	45

Ακολουθεί ο Πίνακας 5.32, στον οποίο παρατίθεται η μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου.

Πίνακας 5.32 Μέση ουρά αναμονής εντός του δικτύου (Σενάριο Γ)

Μέση ουρά αναμονής (veh)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	513	41
Ι.Χ.	254	21
Βαρέα Οχήματα	17	2
Λεωφορεία	196	18
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	46	4

Στον Πίνακα 5.33 διακρίνεται ο αριθμός των απολυμένων στρεφουσών κινήσεων εντός του δικτύου.

Πίνακας 5.33 Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (Σενάριο Γ)

Απολυμένες στρέφουσες κινήσεις (#)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	626	56
Ι.Χ.	340	52
Βαρέα Οχήματα	14	5
Λεωφορεία	215	20
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	57	12

Στη συνέχεια, στον Πίνακα 5.34 παρουσιάζεται η μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα.

Πίνακας 5.34 Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Γ)

Μέση ταχύτητα διαδρομής ανά όχημα (km/h)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	36,02	0,13
Ι.Χ.	38,72	0,14
Βαρέα Οχήματα	33,18	0,51
Λεωφορεία	29,36	0,26
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	35,64	0,36

Στον Πίνακα 5.35 παρατίθεται ο μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα και ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου.

Πίνακας 5.35 Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (Σενάριο Γ)

Μέσος χρόνος στάσης ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	46,85	1,08
Ι.Χ.	43,57	0,86
Βαρέα Οχήματα	48,98	2,28
Λεωφορεία	54,63	2,59
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	48,77	1,53

Τέλος, στον Πίνακα 5.36 διακρίνεται ο μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα.

Πίνακας 5.36 Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (Σενάριο Γ)

Μέσος χρόνος διαδρομής ανά όχημα (sec/veh/km)	Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Σύνολο Οχημάτων	121,49	1,13
Ι.Χ.	111,89	0,9
Βαρέα Οχήματα	128,93	2,54
Λεωφορεία	147,28	2,72
Ι.Χ. εκτός δακτυλίου	118,68	1,71

5.4.2 Αποτελέσματα σημειακής ανάλυσης

Στα πλαίσια της παρούσας υπο-ενότητας, επειδή η πραγματοποιηθείσα ανάλυση του συνόλου του δικτύου δεν λαμβάνει υπόψη κάποιο ομοιογενές δίκτυο κοινών γεωμετρικών χαρακτηριστικών και κυκλοφοριακών περιορισμών, αλλά περιλαμβάνει δίκτυο αποτελούμενο από πολλές οδούς διαφορετικών τύπων, εκτελείται σημειακή ανάλυση σε δύο συγκεκριμένες θέσεις του δικτύου.

Στα πλαίσια της σημειακής ανάλυσης, λαμβάνονται υπόψη δύο διατομές μέτρησης σε ισάριθμες χαρακτηριστικές εισόδους του δακτυλίου. Οι διατομές βρίσκονται επί της λεωφόρου Συγγρού και της Βασ. Σοφίας και εισήχθησαν στο λογισμικό υπό τη μορφή φωρατών, προκειμένου να υπάρχει καταγραφή της εξέλιξης των κυκλοφοριακών μεγεθών στις κύριες εισόδους της ζώνης τιμολόγησης. Στην παρούσα ενότητα, λοιπόν, θα εξεταστούν για κάθε θέση τα ακόλουθα τέσσερα κυκλοφοριακά μεγέθη, για τα οποία υπήρχε η δυνατότητα κατάγραφης και ορίζονται ως εξής :

- Φόρτος (Count)
- Πυκνότητα (Density)
- Κατάληψη (Occupancy)
- Ταχύτητα (Speed)

Επιπλέον, επειδή κατά τη βαθμονόμηση των μικροσκοπικών σεναρίων, έχει οριστεί καταγραφή των παραπάνω μεγεθών ανά 5 λεπτά, θα παρουσιαστούν, ανά θέση και σενάριο, τέσσερα διαγράμματα που απεικονίζουν την μεταβολή τους ανά ισόποσα χρονικά διαστήματα, κατά τη διάρκεια της ώρας αιχμής. Επιπρόσθετα, για κάθε θέση

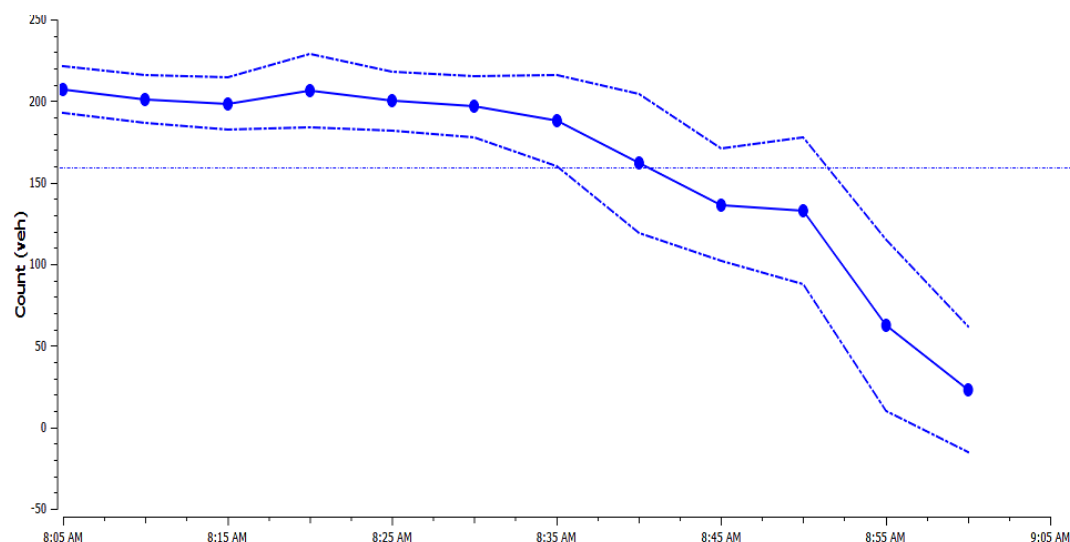
και σενάριο τιμολόγησης παρουσιάζονται τα διαγράμματα Φόρτου-Κατάληψης και Ταχύτητας-Φόρτου, προκειμένου να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα για τις τοπικά επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες. Τελικά, στην επόμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου, θα πραγματοποιηθεί σύγκριση μεταξύ των καταγραφέντων μεγεθών ανά θέση και σενάριο, χρησιμοποιώντας τη μέση τιμή του εκάστοτε μεγέθους.

5.4.2.1 Α. Συγγρού

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα καταγραφέντα κυκλοφοριακά μεγέθη για τη θέση φωρατή εισόδου, επί της Α. Συγγρού. Με συνεχή γραμμή, αναπαρίσταται ο μέσος όρος του εκάστοτε μεγέθους, ενώ με διακεκομμένη προβάλλεται η ελάχιστη και μέγιστη τιμή του μεγέθους, μέσω της υπολογισθείσας τυπικής απόκλισης. Επιπρόσθετα, με συνεχή σταθερή γραμμή, διακρίνεται ο μέσος όρος της ώρας αιχμής για κάθε καταγραφέν μέγεθος.

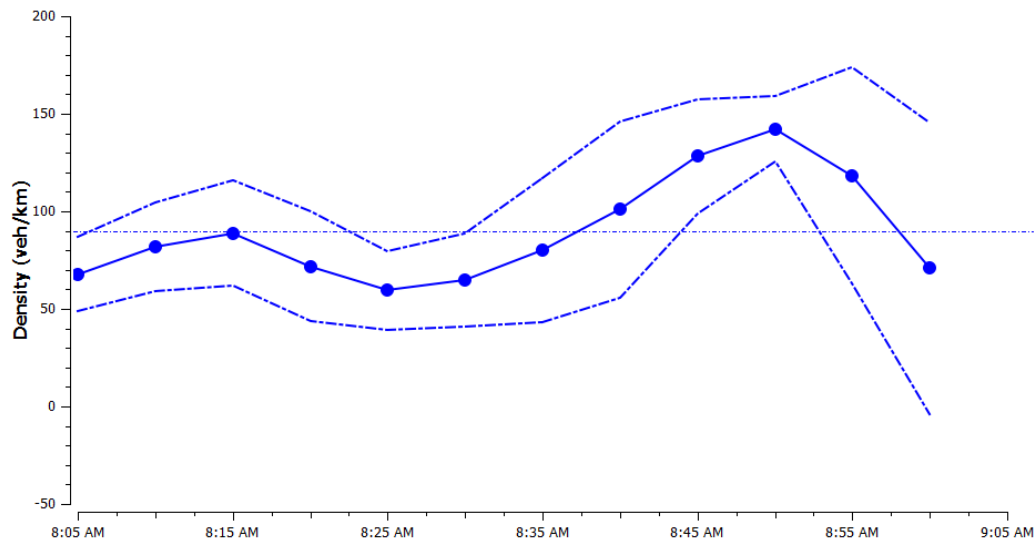
5.4.2.1.1 Βασικό Σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.1 απεικονίζεται η εξέλιξη του φόρτου ανά πέντε λεπτά, κατά τη διάρκεια της πρωινής ωριαίας αιχμής. Παρατηρείται ότι μετά το πέρας του πρώτου μισάωρου, καταγράφεται απότομη μείωση του φόρτου και, συνεπώς, γίνεται εύκολα αντιληπτό πως πλέον υπάρχει δυσχέρεια στην εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας. Ο μέσος φόρτος ανά πεντάλεπτο υπολογίστηκε σε 160 οχήματα, ενώ ο συνολικά μετρημένος ανήλθε στα 1914 οχήματα/ώρα μελέτης.



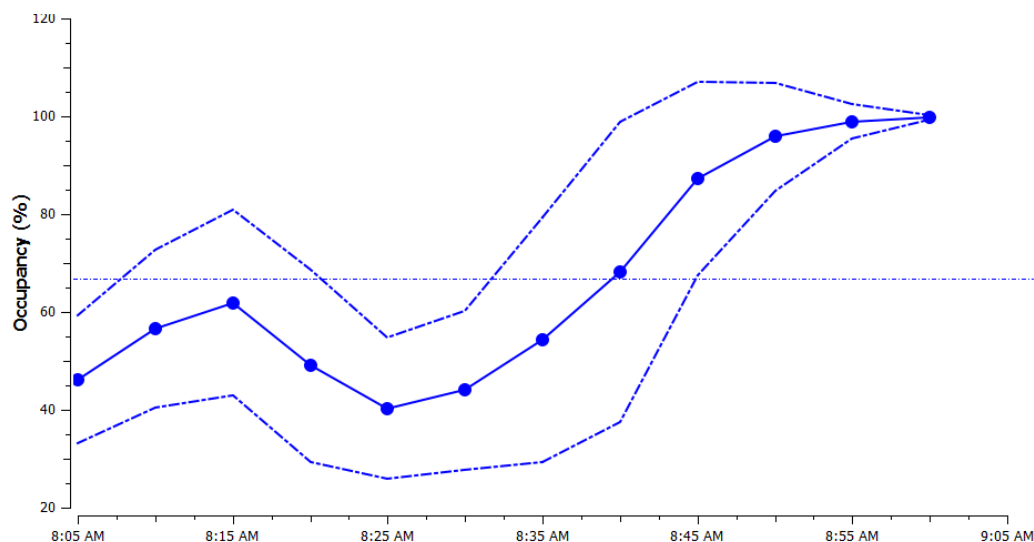
Διάγραμμα 5.1 Φόρτος/5 λεπτο στην Α. Συγγρού για το βασικό σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.2 αναπαρίσταται η μεταβολή της πυκνότητας ανά πέντε λεπτά στην εξεταζόμενη θέση. Για το συγκεκριμένο μέγεθος, παρατηρείται αρχικά χαμηλή τιμή, η οποία εξελίσσεται ομαλά γενικά, ενώ και αυτή μετά το πέρας του πρώτου μισάωρου, αυξάνει απότομα, γεγονός που υποδηλώνει το κώλυμα στην εξυπηρέτηση της ροής. Η μέση πυκνότητα για την ώρα αιχμής υπολογίστηκε σε 89,59 οχήματα/χιλιόμετρο.



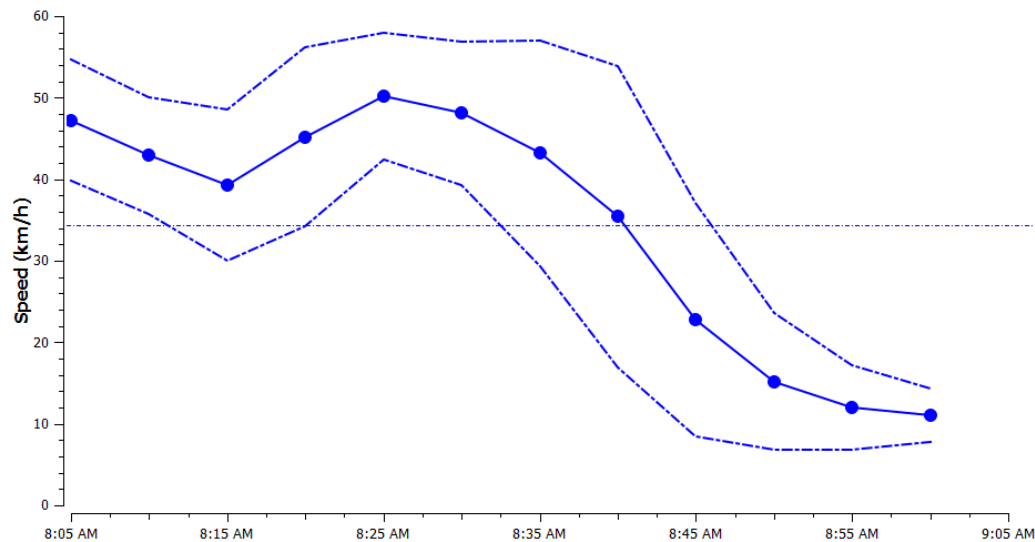
Διάγραμμα 5.2 Πυκνότητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το βασικό σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.3 παρουσιάζεται η μετρημένη κατάληψη και η εξέλιξη αυτής ανά πεντάλεπτο. Παρατηρείται και σε αυτό το μέγεθος, απότομη αύξηση μετά το πέρας των πρώτων τριάντα λεπτών. Η μέση κατάληψη εκτιμήθηκε σε 66,87 %.



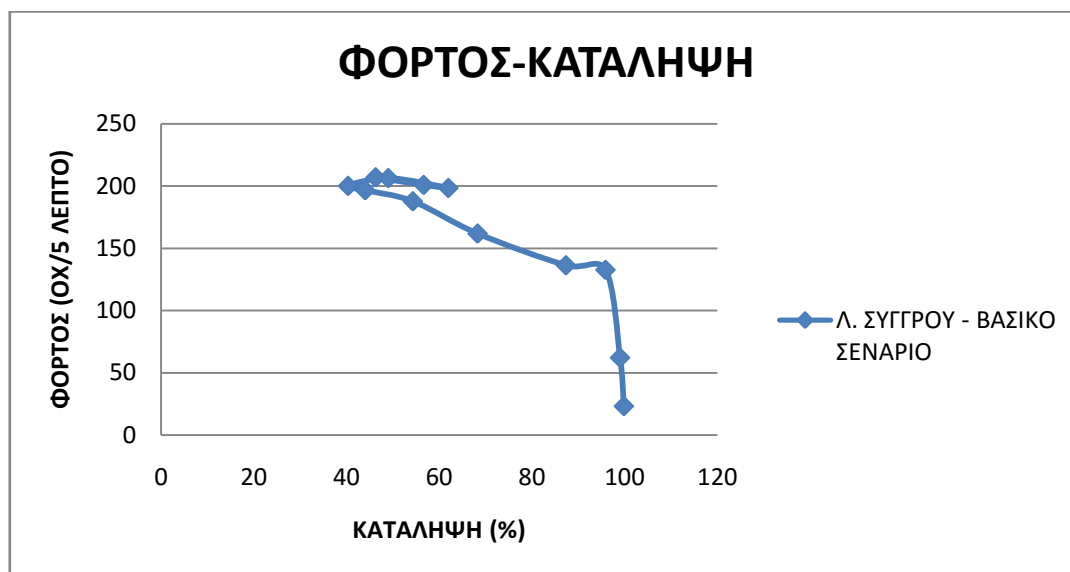
Διάγραμμα 5.3 Κατάληψη/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το βασικό σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.4 απεικονίζεται η μεταβολή της ταχύτητας ανά πέντε λεπτά. Αξιοσημείωτη κρίνεται η απότομη πτώση του μεγέθους, μετά το πέρας του μισάωρου, υποδηλώνοντας έτσι τοπικό κορεσμό. Τελικά, η μέση ταχύτητα υπολογίστηκε σε 34,36 χιλιόμετρα/ώρα.



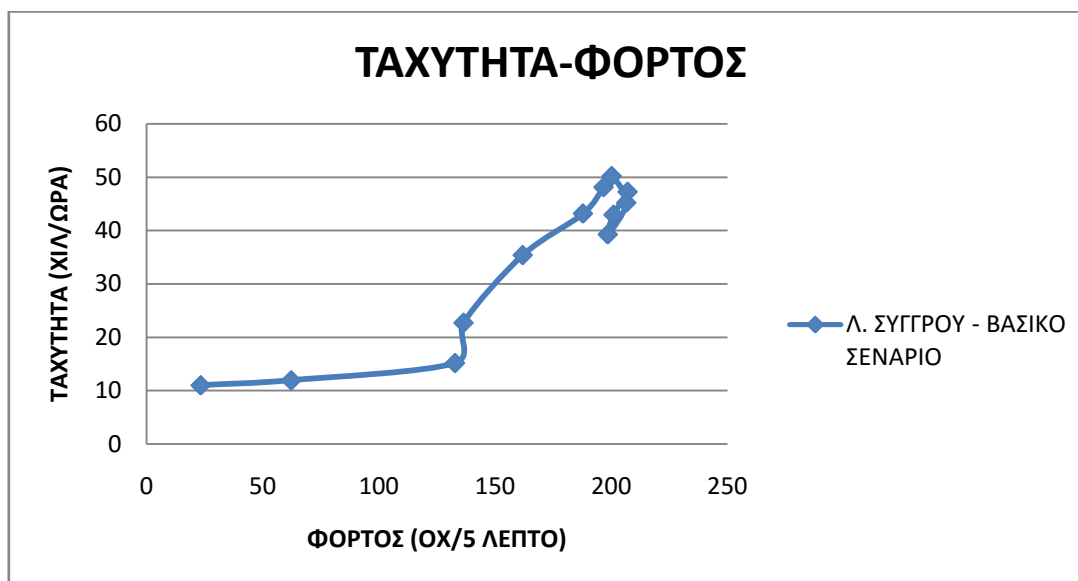
Διάγραμμα 5.4 Ταχύτητα/5 λεπτο στην Α. Συγγρού για το βασικό σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.5 παρατίθεται το πραγματοποιηθέν θεμελιώδες διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για το βασικό σενάριο. Τα σημεία επί του συγκεκριμένου διαγράμματος απεικονίζονται χρονολογικά - γενικά - από αριστερά προς τα δεξιά. Παράλληλα, για το προκείμενο και συνάμα υφιστάμενο σενάριο κυκλοφοριακής ζήτησης, παρατηρείται πως για αύξηση της κατάληψης από 80 σε 100%, πραγματοποιείται κατάρρευση της κυκλοφορίας και σοβαρή παρεμπόδιση στην εξυπηρέτηση της ροής.



Διάγραμμα 5.5 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για την Λ. Συγγρού και το βασικό σενάριο

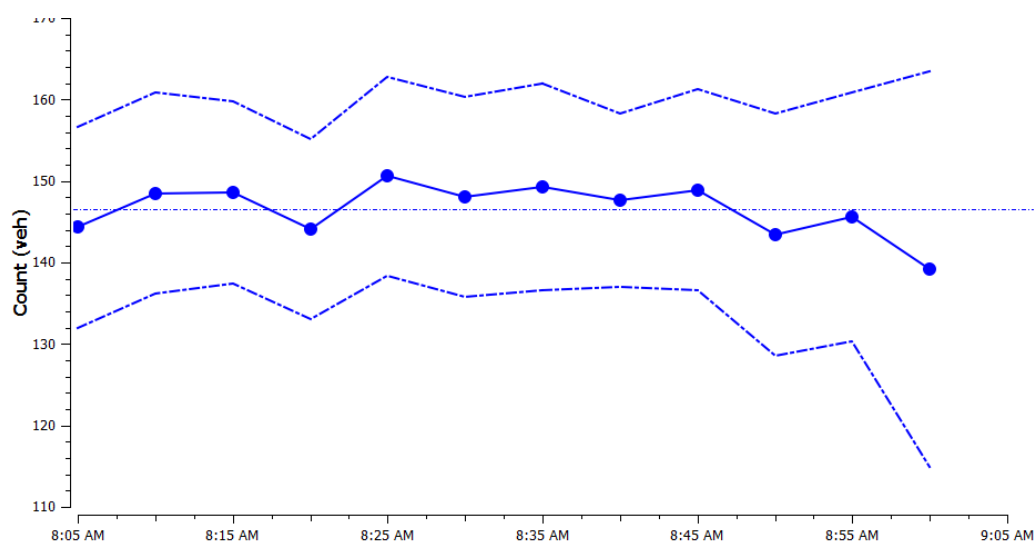
Επιπλέον, στο Διάγραμμα 5.6 παρουσιάζεται το πραγματικό θεμελιώδες διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για το βασικό σενάριο. Για το υφιστάμενο σενάριο ζήτησης κυκλοφορίας, η χρονολογική απεικόνιση των σημείων επί του προκείμενου διαγράμματος συμβαίνει γενικά από τα δεξιά προς τα αριστερά, με αποτέλεσμα να αναπαριστά σε πολύ μεγάλο βαθμό το κάτω σκέλος του ανίστοιχου θεωρητικού διαγράμματος. Έτσι, το συγκεκριμένο διάγραμμα υπό τη μορφή αυτή εκφράζει την περιοχή συμφορημένης ροής, αφού μείωση της ταχύτητας συνεπάγεται με σοβαρή μείωση στην εξυπηρέτηση του διερχόμενου κυκλοφοριακού φόρτου ανά πεντάλεπτο. Συγκεκριμένα, παρατηρείται πως επέρχεται κατάρρευση της κυκλοφορίας, μετά την πτώση της ταχύτητας κάτω από 25 χιλιόμετρα/ώρα.



Διάγραμμα 5.6 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για την Λ. Συγγρού και το βασικό σενάριο

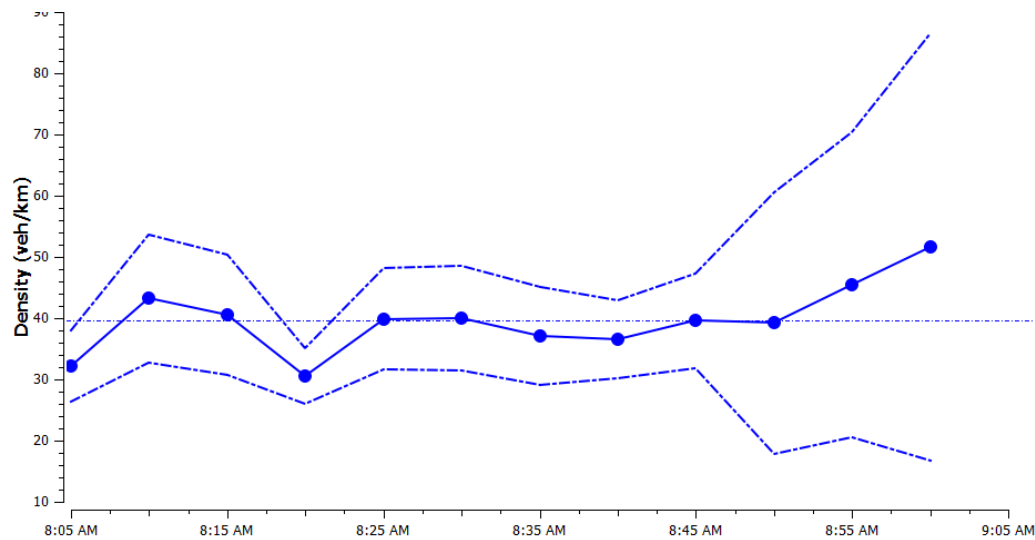
5.4.2.1.2 Σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.7 απεικονίζεται η εξέλιξη του φόρτου ανά πέντε λεπτά, κατά το ορισθέν χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Για το συγκεκριμένο σενάριο, παρατηρείται μεγαλύτερη ομαλότητα στην εξέλιξη του μεγέθους, συγκριτικά με το βασικό σενάριο, κάτι που αναμένεται και για τα υπόλοιπα κυκλοφοριακά μεγέθη του ίδιου σεναρίου, γεγονός που υποδηλώνει καλύτερη εξυπηρέτηση της κυκλοφοριακής ζήτησης. Ο μέσος φόρτος ανά πεντάλεπτο υπολογίστηκε σε 146 οχήματα, ενώ ο συνολικός ανήλθε στα 1758 οχήματα/ώρα μελέτης.



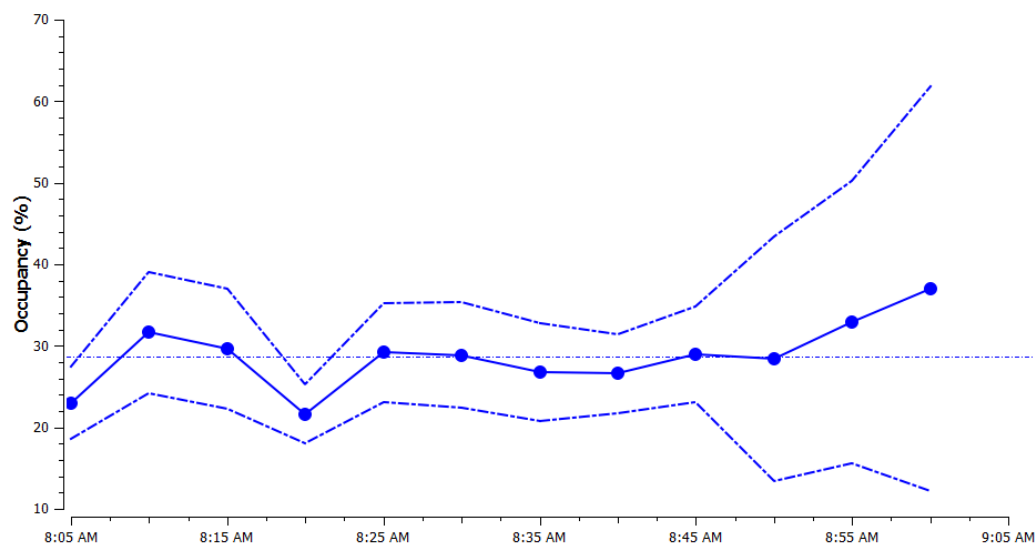
Διάγραμμα 5.7 Φόρτος/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.8 αναπαρίσταται η εξέλιξη της πυκνότητας ανά πέντε λεπτά, στην εξεταζόμενη θέση. Η μέση πυκνότητα εκτιμήθηκε σε 39,65 %.



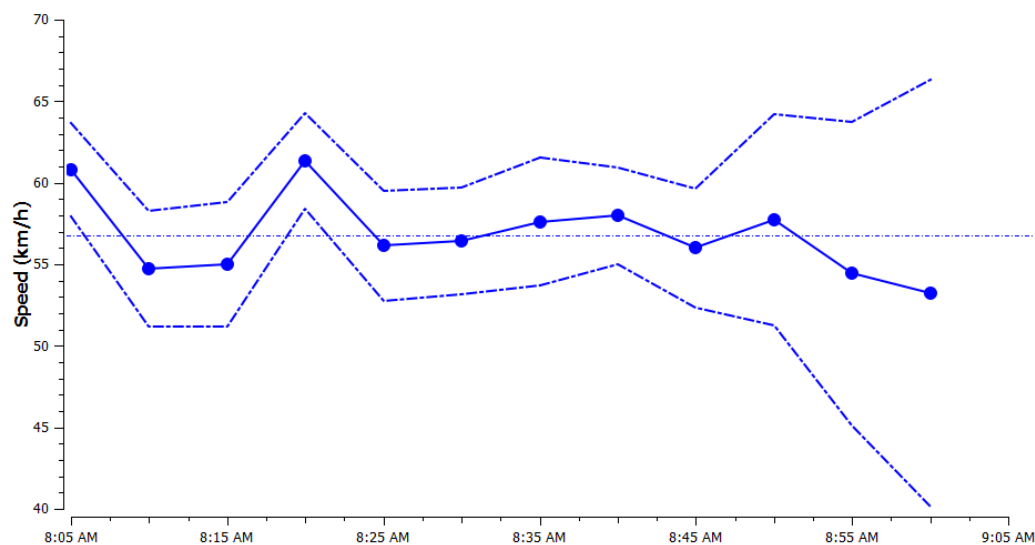
Διάγραμμα 5.8 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Λ. Συγγρού για το σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.9 παρουσιάζεται η μετρημένη κατάληψη και η μεταβολή αυτής ανά πέντε λεπτά, κατά το χρονικό διάστημα μελέτης. Η μέση κατάληψη υπολογίστηκε σε 28,71 %.



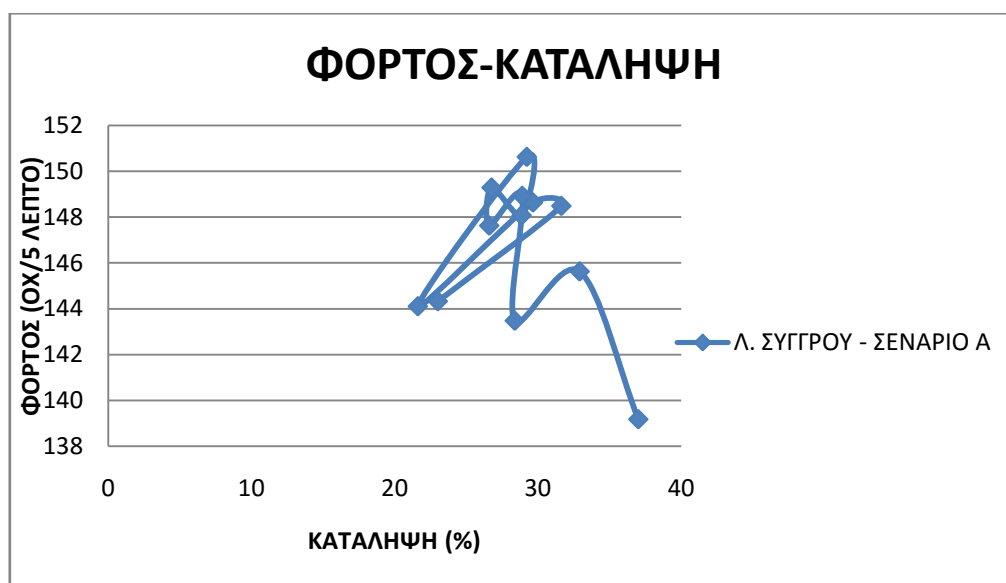
Διάγραμμα 5.9 Κατάληψη/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.10 απεικονίζεται η εξέλιξη της ταχύτητας ανά πέντε λεπτά για το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η μέση ταχύτητα εκτιμήθηκε σε 56,78 χιλιόμετρα/ώρα.



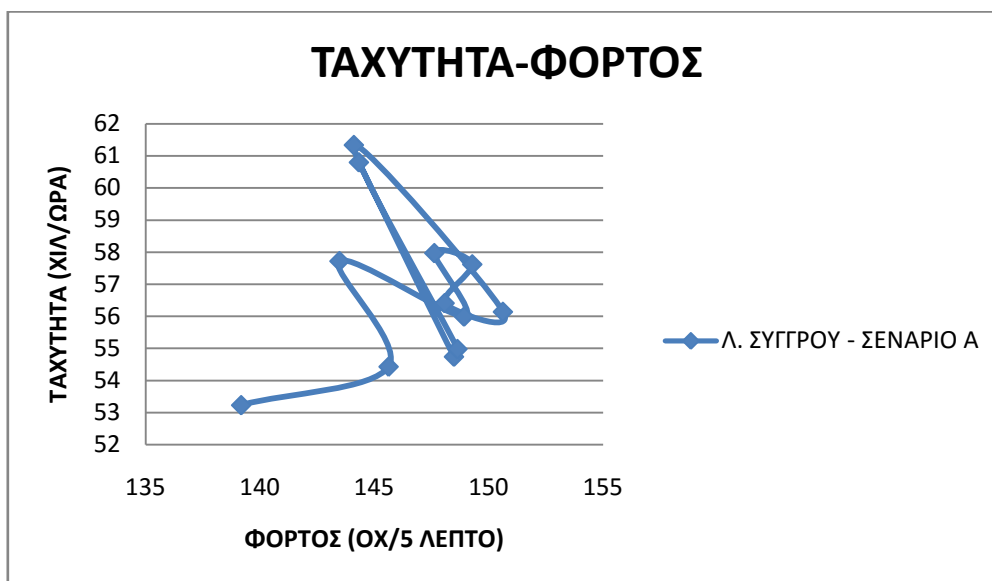
Διάγραμμα 5.10 Ταχύτητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.11 παρατίθεται το πραγματικό θεμελιώδες διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για το σενάριο Α.



Διάγραμμα 5.11 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Α

Επιπρόσθετα, στο Διάγραμμα 5.12 παρουσιάζεται το υλοποιηθέν θεμελιώδες διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για το σενάριο Α.

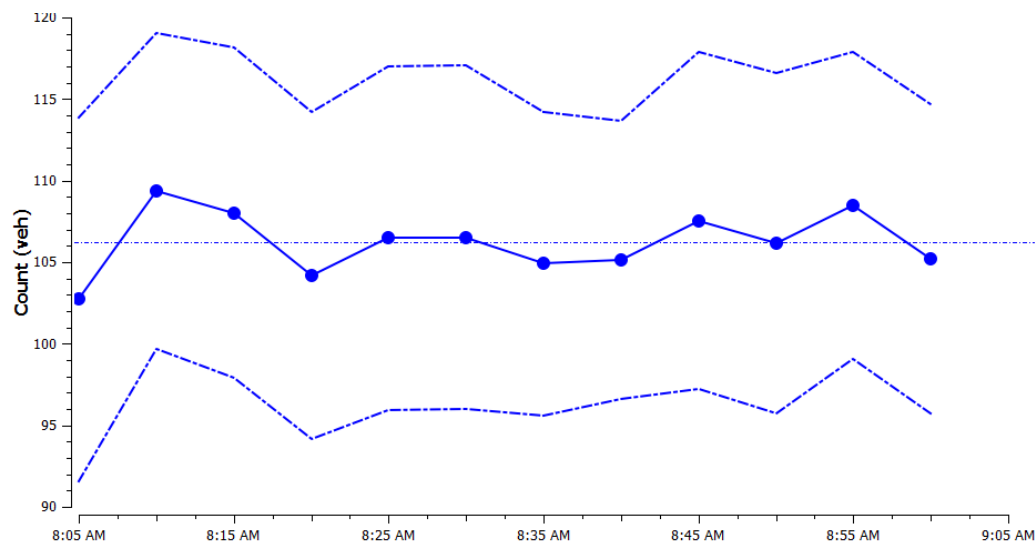


Διάγραμμα 5.12 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Α

Σχόλιο : Από την οπτική επισκόπηση των Διαγραμμάτων 5.11 και 5.12, γίνεται εύκολα αντιληπτή η «περίεργη» μορφή τους, με τις τροχιές των σημείων επί των διαγραμμάτων να μην κινούνται σταθερά προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση. Το προκείμενο φαινόμενο οφείλεται στο γεγονός πως μείωση στη ζήτηση Ι.Χ. και, συνεπώς, στη χρήση των οδικών υποδομών επιφέρει έντονη μεταβλητότητα στην εξέλιξη των κυκλοφοριακών μεγεθών εντός του χρονικού διαστήματος μελέτης. Αυτό συμβαίνει, διότι όσο μειώνεται η κυκλοφοριακή ζήτηση, δημιουργούνται όλο και περισσότερες συνθήκες ελεύθερης ροής (free flow conditions), με αποτέλεσμα οι αφίξεις να θεωρούνται πλέον τυχαίες, αποκτώντας έντονα στοχαστικό χαρακτήρα. Το ως άνω περιγραφέν φαινόμενο γίνεται ακόμη περισσότερο αντιληπτό στα αντίστοιχα διαγράμματα για τα σενάρια Β και Γ, καθώς και σε εκείνα επί της Βασ. Σοφίας για τα αντίστοιχα σενάρια τιμολόγησης.

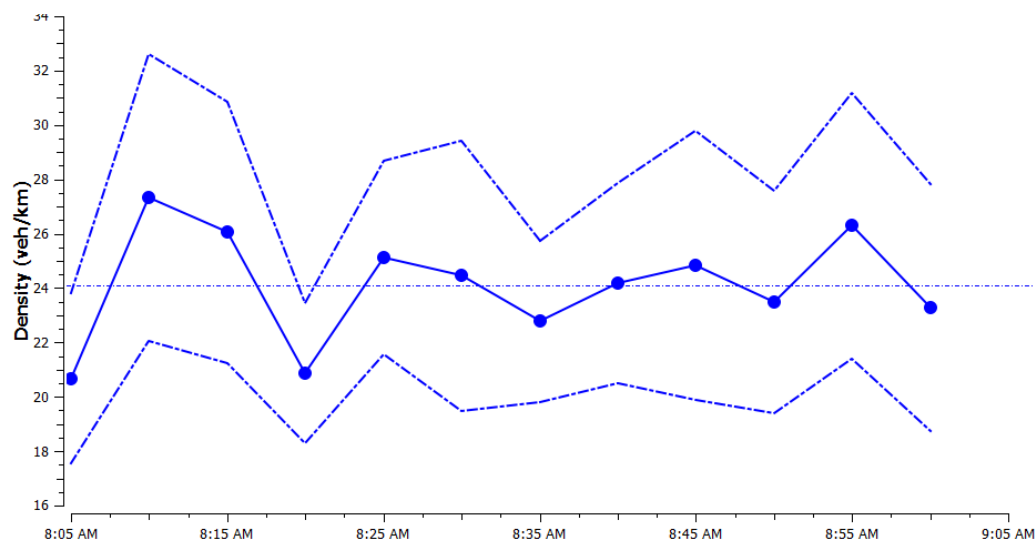
5.4.2.1.3 Σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.13 απεικονίζεται η εξέλιξη του φόρτου ανά 5 λεπτά, κατά τη διάρκεια της πρωινής ωριαίας αιχμής. Ο μέσος φόρτος ανά πεντάλεπτο υπολογίστηκε σε 107 οχήματα, ενώ ο συνολικός ανήλθε στα 1276 οχήματα/ώρα μελέτης.



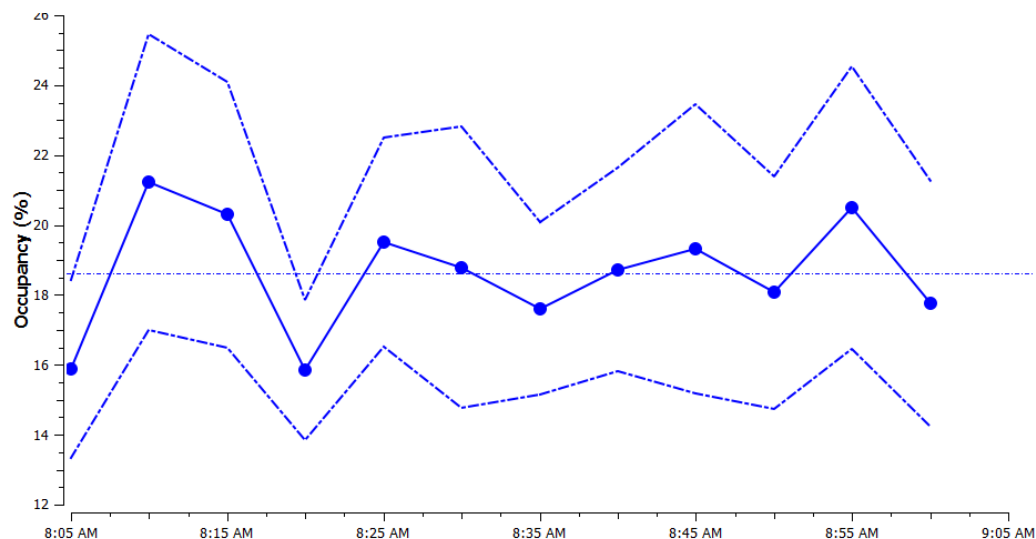
Διάγραμμα 5.13 Φόρτος/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.14 αναπαρίσταται η εξέλιξη της πυκνότητας ανά πεντάλεπτο, για την εξεταζόμενη θέση. Παρατηρείται ήδη έντονη διακύμανση στην εξέλιξη του συγκεκριμένου, καθώς και των υπόλοιπων κυκλοφοριακών μεγεθών. Η μέση πυκνότητα εκτιμήθηκε σε 24,11 οχήματα/χιλιόμετρο.



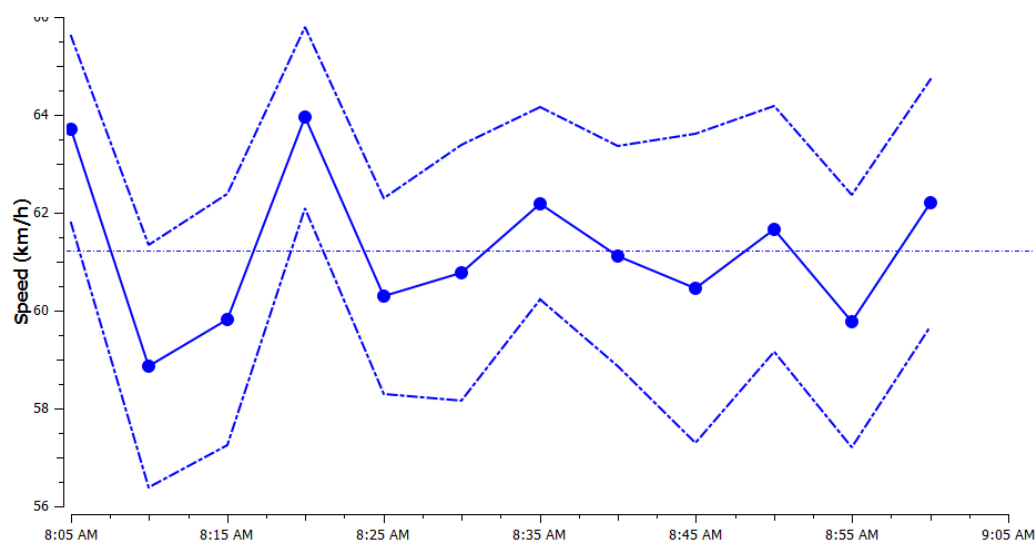
Διάγραμμα 5.14 Πυκνότητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.15 παρουσιάζεται η μετρημένη κατάληψη και η μεταβολή αυτής ανά πεντάλεπτο, κατά το χρονικό διάστημα μελέτης. Η μέση κατάληψη υπολογίστηκε σε 18,63 %.



Διάγραμμα 5.15 Κατάληψη/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.16 απεικονίζεται η εξέλιξη της ταχύτητας ανά πέντε λεπτά, για το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η μέση ταχύτητα εκτιμήθηκε σε 61,24 χιλιόμετρα/ώρα.



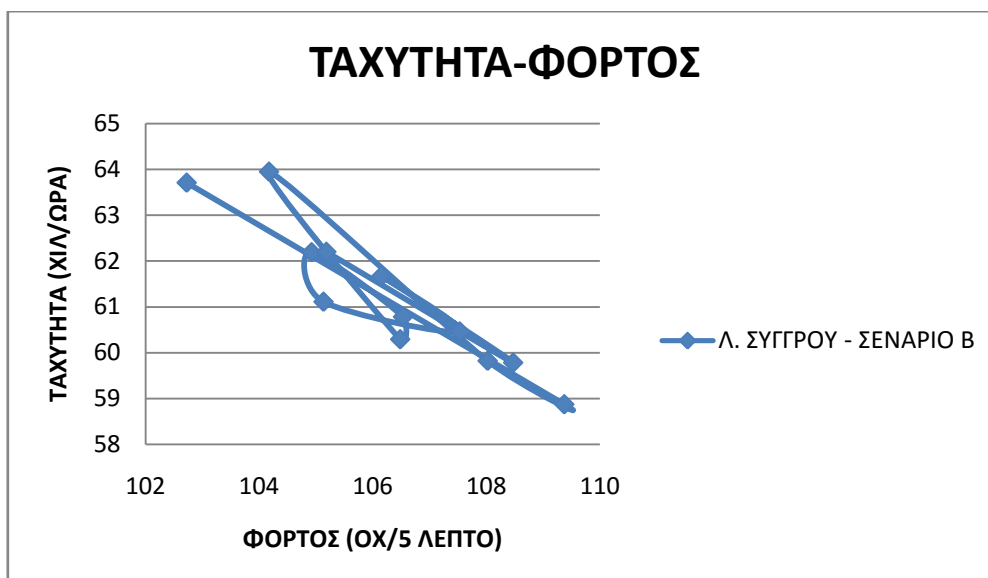
Διάγραμμα 5.16 Ταχύτητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.17 παρατίθεται το πραγματικό θεμελιώδες διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για το σενάριο Β.



Διάγραμμα 5.17 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Β

Επιπλέον, στο Διάγραμμα 5.18 παρουσιάζεται το υλοποιηθέν θεμελιώδες διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για το σενάριο Β.

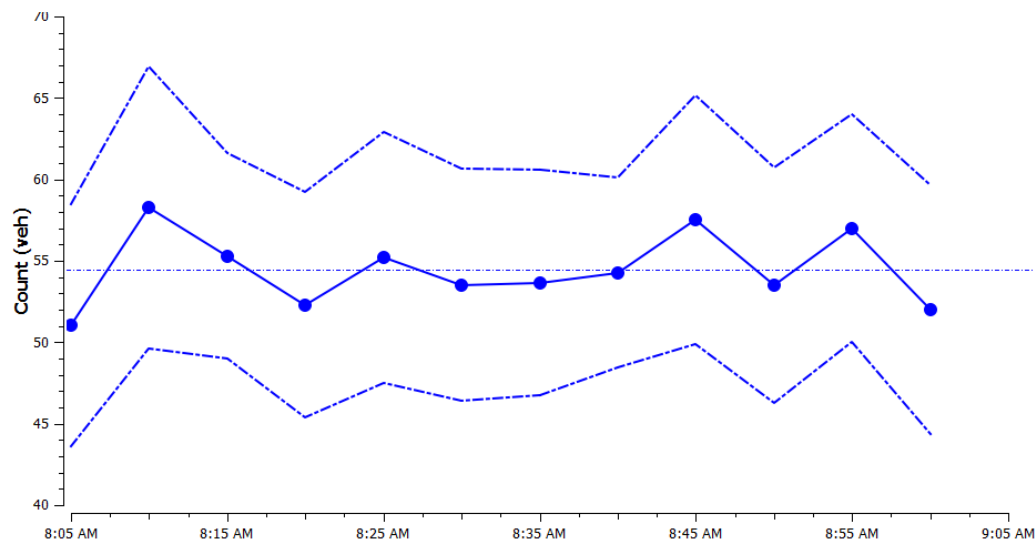


Διάγραμμα 5.18 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Β

5.4.2.1.4 Σενάριο Γ

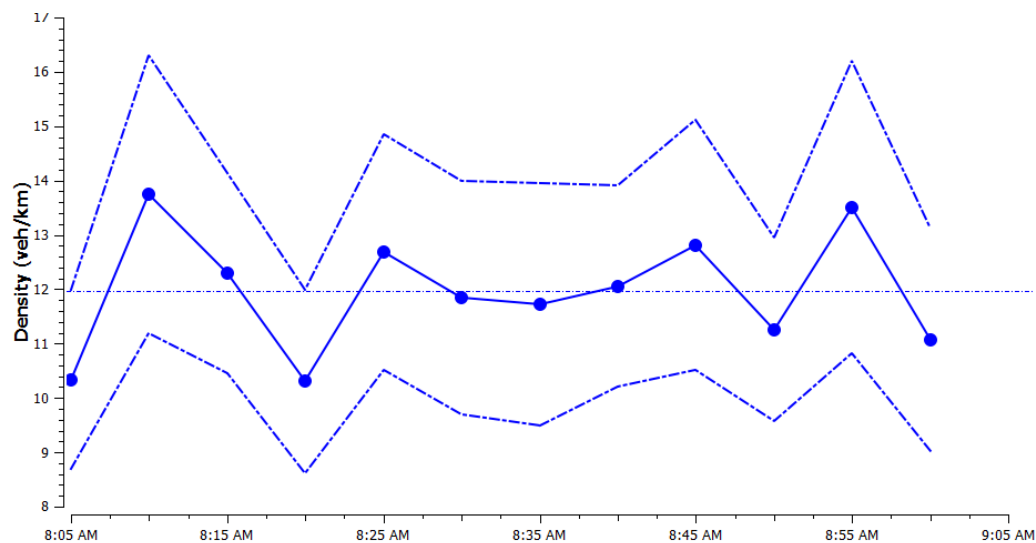
Στη συνέχεια, παρατίθενται τα εξεταζόμενα κυκλοφοριακά μεγέθη και η εξέλιξη αυτών ανά πέντε λεπτά, κατά τη διάρκεια της πρωινής ωριαίας αιχμής, για το σενάριο

Γ. Η έντονη διακύμανση που παρατηρήθηκε στην εξέλιξη των υπό εξέταση κυκλοφοριακών μεγεθών για το σενάριο Β, καθίσταται ακόμη περισσότερο αντιληπτή πλέον. Το παραπάνω φαινόμενο είναι απόλυτα αναμενόμενο, καθώς όσο μειώνεται η ζήτηση στη χρήση οχημάτων Ι.Χ. και, συνεπώς, στη χρήση των οδικών υποδομών, οι αφίξεις των οχημάτων γίνονται ολοένα και περισσότερο τυχαίες, αποκτώντας έτσι έντονα στοχαστικό χαρακτήρα. Στο Διάγραμμα 5.19 απεικονίζεται η εξέλιξη του φόρτου ανά πέντε λεπτά, κατά τη διάρκεια της πρωινής ωριαίας αιχμής. Ο μέσος φόρτος ανά πέντε λεπτά υπολογίστηκε σε 55 οχήματα, ενώ ο συνολικός ανήλθε στα 653 οχήματα/ώρα μελέτης.



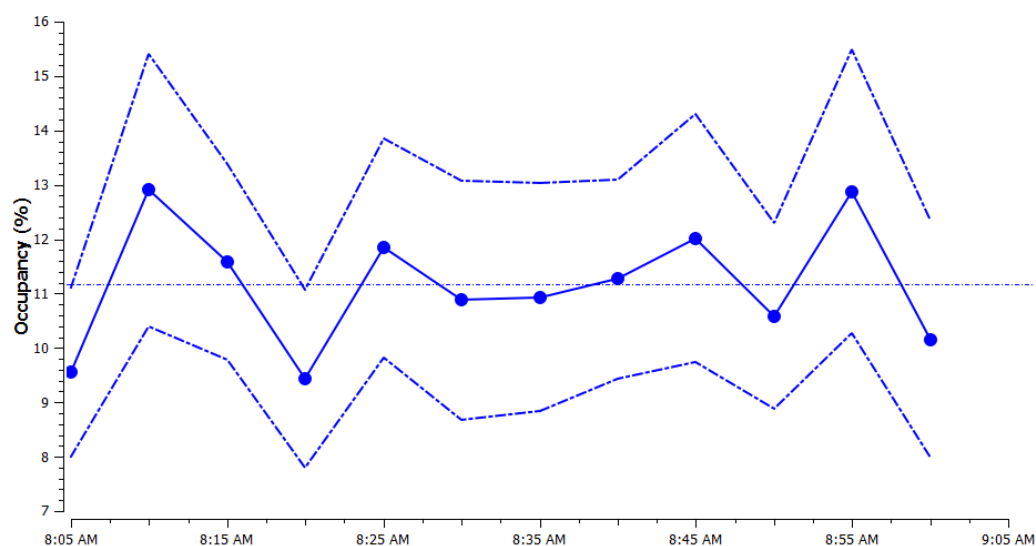
Διάγραμμα 5.19 Φόρτος/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Γ

Στο Διάγραμμα 5.20 αναπαρίσταται η μεταβολή της πυκνότητας ανά πέντε λεπτά, για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα μελέτης. Η μέση πυκνότητα εκτιμήθηκε σε 12 οχήματα/χιλιόμετρο.



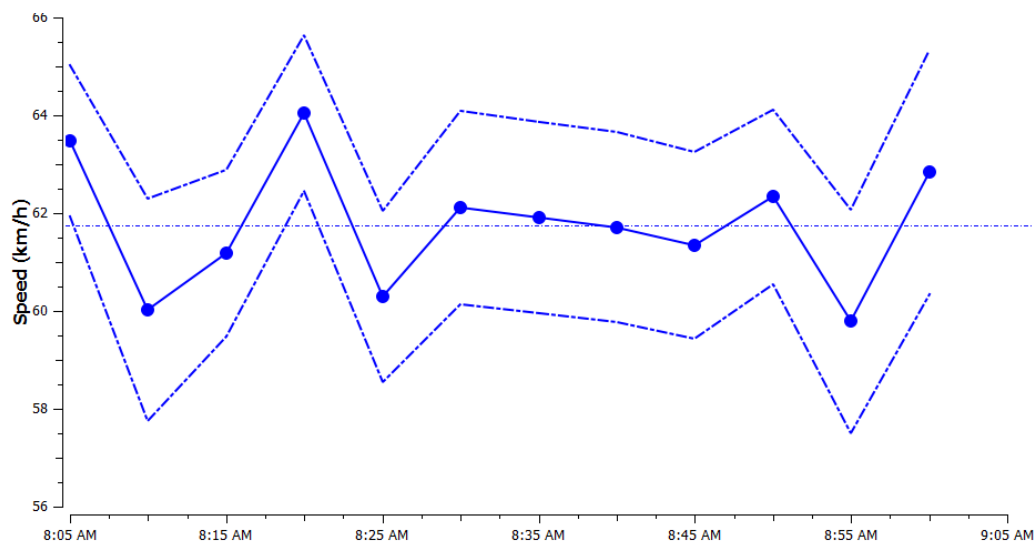
Διάγραμμα 5.20 Πυκνότητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Γ

Στο Διάγραμμα 5.21 παρουσιάζεται η μετρημένη κατάληψη και η εξέλιξη αυτής ανά πέντε λεπτά, κατά το χρονικό διάστημα μελέτης. Η μέση κατάληψη υπολογίστηκε σε 12 %.



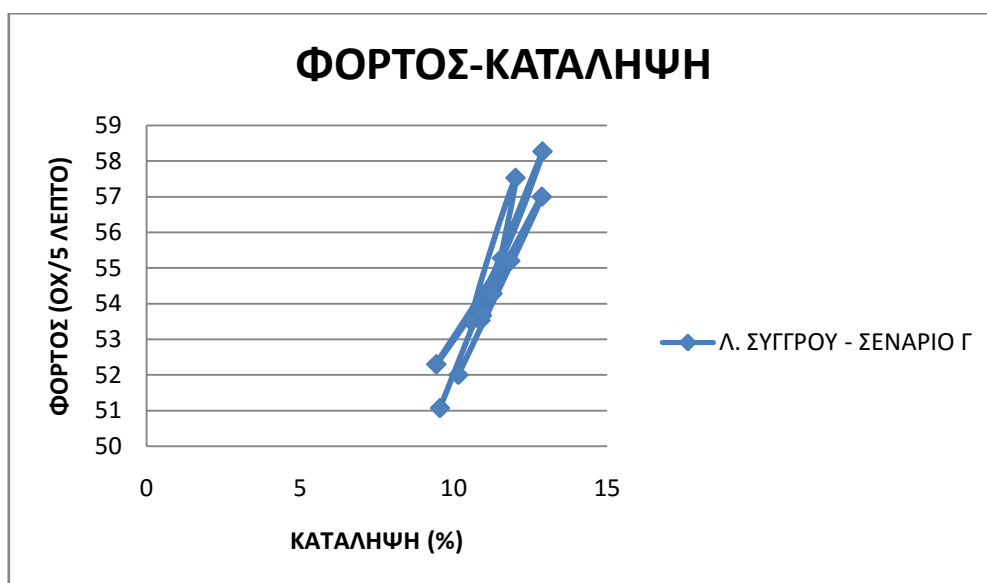
Διάγραμμα 5.21 Κατάληψη/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Γ

Στο Διάγραμμα 5.22 απεικονίζεται η μεταβολή της ταχύτητας ανά πεντάλεπτο για το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η μέση ταχύτητα εκτιμήθηκε σε 61,75 χιλιόμετρα/ώρα.



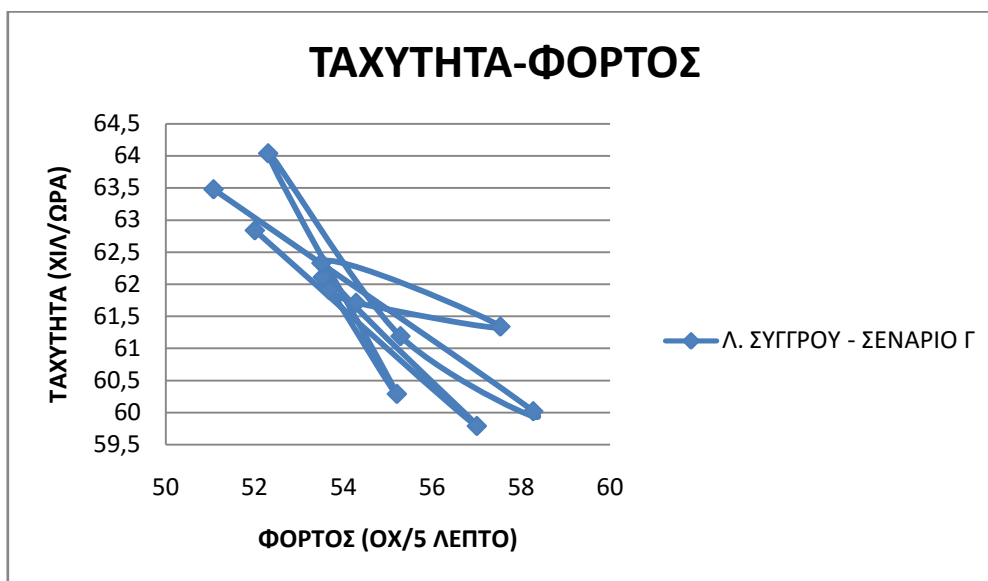
Διάγραμμα 5.22 Ταχύτητα/5 λεπτο στην Λ. Συγγρού για το σενάριο Γ

Στο Διάγραμμα 5.23 παρατίθεται το πραγματικό θεμελιώδες διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για το σενάριο Γ.



Διάγραμμα 5.23 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Γ

Επιπλέον, στο Διάγραμμα 5.24 παρουσιάζεται το υλοποιηθέν θεμελιώδες διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για το σενάριο Γ.



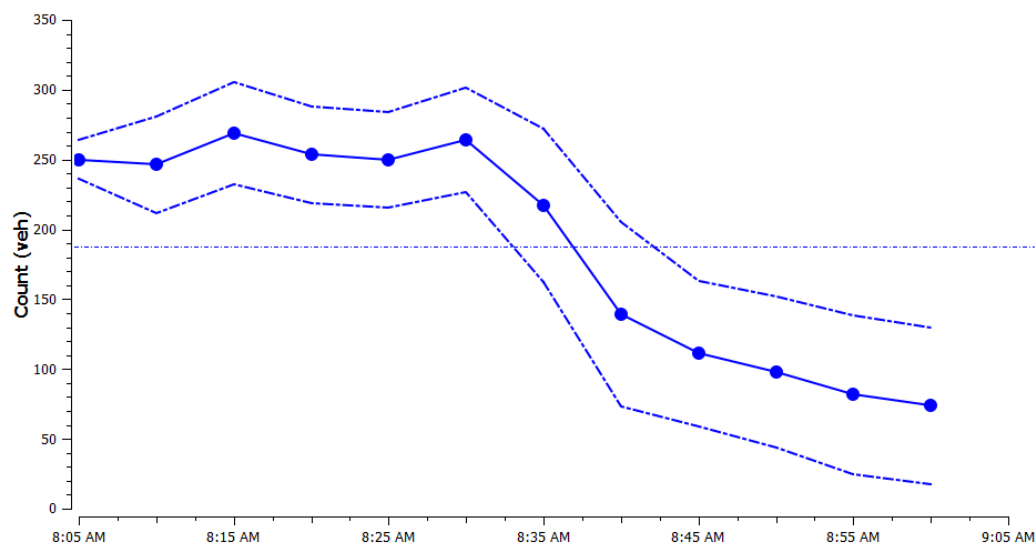
Διάγραμμα 5.24 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για την Λ. Συγγρού και το σενάριο Γ

5.4.2.2 Βασ. Σοφίας

Σε αυτήν την υπο-ενότητα παρουσιάζονται τα αντίστοιχα εξελισσόμενα κυκλοφοριακά μεγέθη για τη διατομή επί της Βασ. Σοφίας. Αναφορικά με την εξέλιξη αυτών, κατά τη διάρκεια της πρωινής ωριαίας αιχμής και ανά σενάριο, ισχύουν τα σχόλια που παρατέθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, για το φωρατή εισόδου στο δακτύλιο, επί της Λ. Συγγρού. Επιπλέον, η συσχέτιση Φόρτου-Κατάληψης και Ταχύτητας-Φόρτου για το εκάστοτε σενάριο είναι ανάλογη με εκείνη η οποία περιγράφηκε και σχολιάστηκε για τη διατομή επί της Λ. Συγγρού.

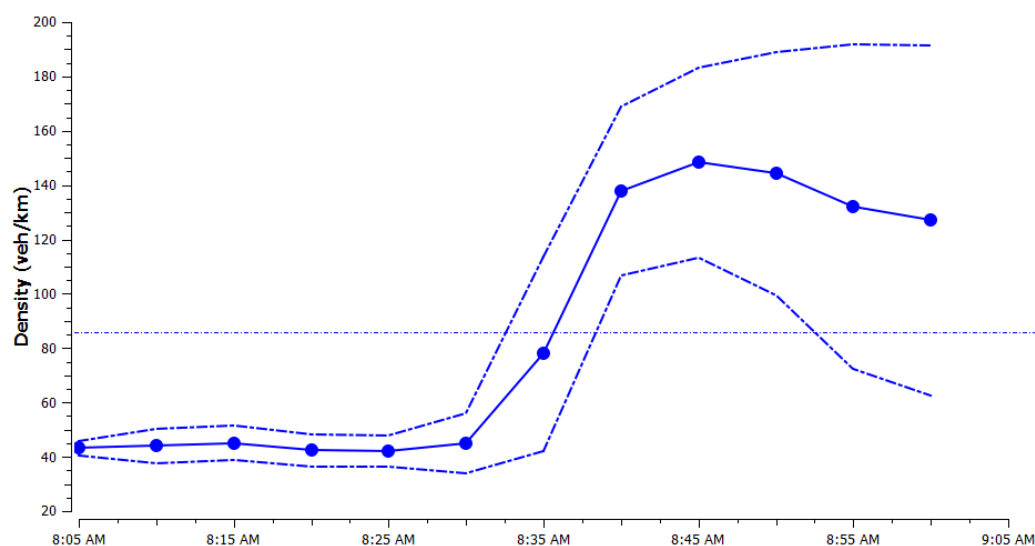
5.4.2.2.1 Βασικό Σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.25 απεικονίζεται η εξέλιξη του φόρτου ανά πέντε λεπτά, κατά τη διάρκεια της πρωινής ωριαίας αιχμής. Ο μέσος φόρτος ανά πεντάλεπτο υπολογίστηκε σε 188 οχήματα, ενώ ο συνολικός ανήλθε στα 2253 οχήματα/ώρα μελέτης.



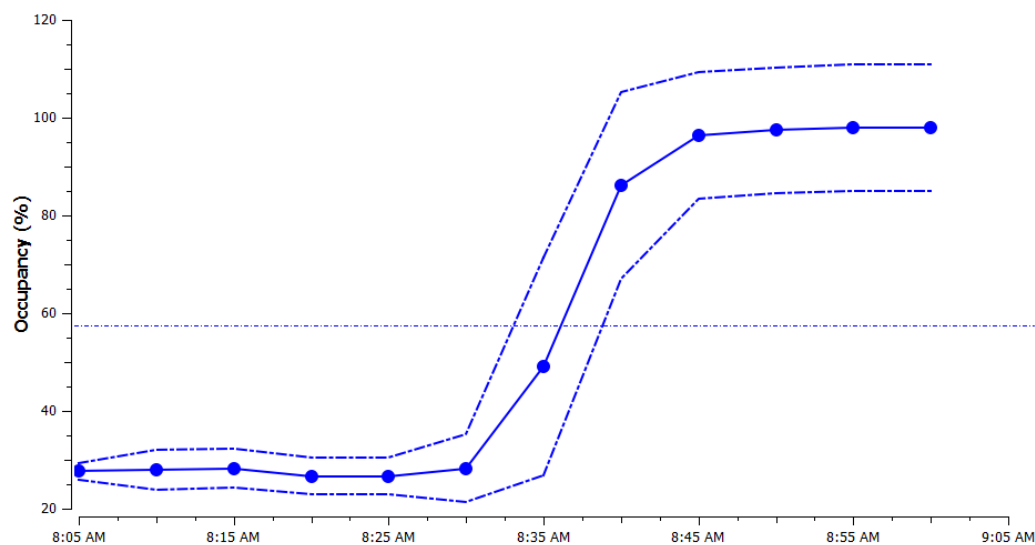
Διάγραμμα 5.25 Φόρτος/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το βασικό σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.26 αναπαρίσταται η μεταβολή της πυκνότητας ανά πέντε λεπτά, κατά το χρονικό διάστημα μελέτης. Η μέση πυκνότητα εκτιμήθηκε σε 85,75 οχήματα/χιλιόμετρο.



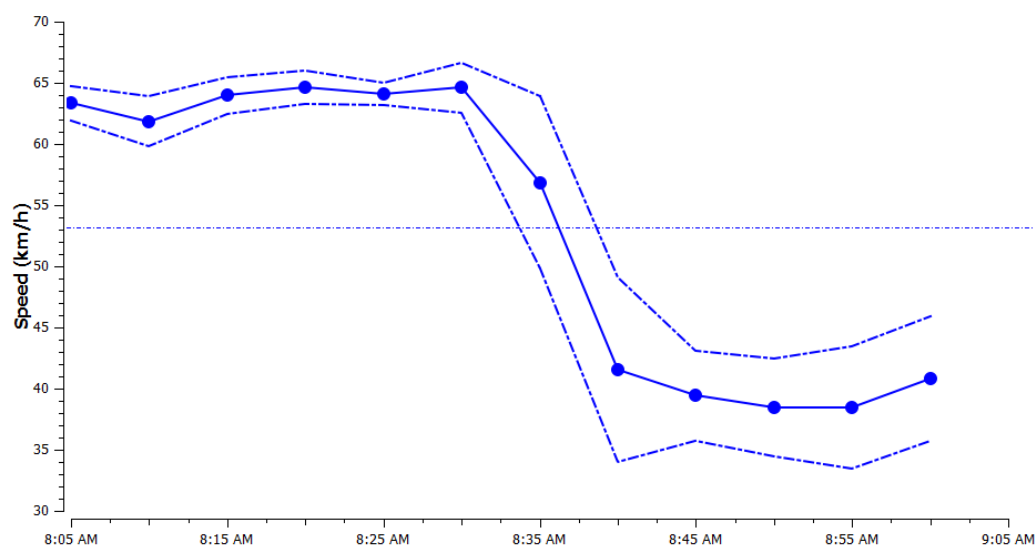
Διάγραμμα 5.26 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το βασικό σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.27 παρουσιάζεται η μετρημένη κατάληψη και η εξέλιξη αυτής ανά πέντε λεπτά, κατά το χρονικό διάστημα μελέτης. Η μέση κατάληψη υπολογίστηκε σε 57,52 %.



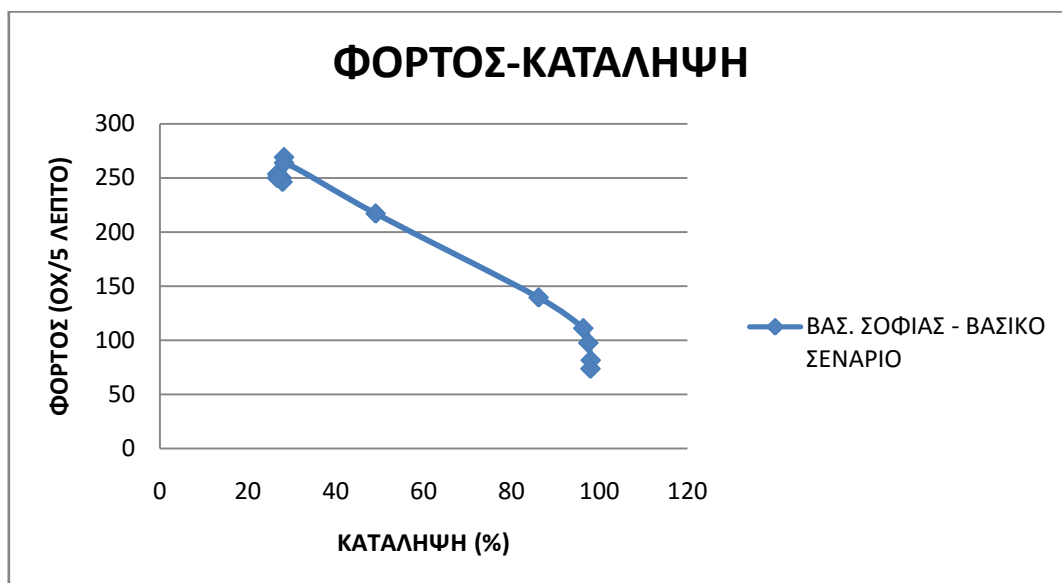
Διάγραμμα 5.27 Κατάληψη/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το βασικό σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.28 απεικονίζεται η εξέλιξη της ταχύτητας ανά πέντε λεπτά, για το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η μέση ταχύτητα εκτιμήθηκε σε 53,16 χιλιόμετρα/ώρα.



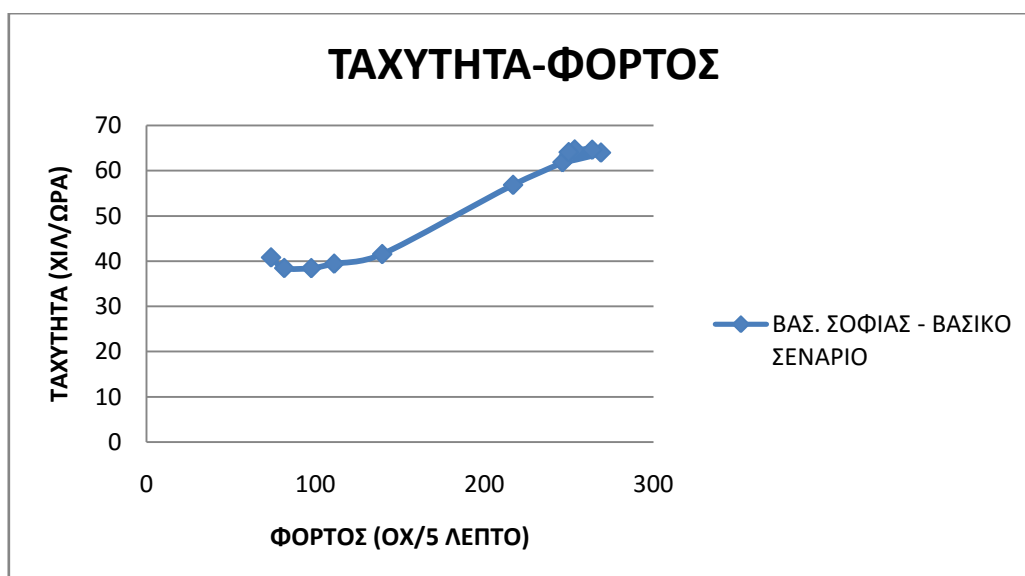
Διάγραμμα 5.28 Ταχύτητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το βασικό σενάριο

Στο Διάγραμμα 5.29 παρατίθεται το πραγματικό θεμελιώδες διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για το βασικό σενάριο.



Διάγραμμα 5.29 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για τη Βασ. Σοφίας και το βασικό σενάριο

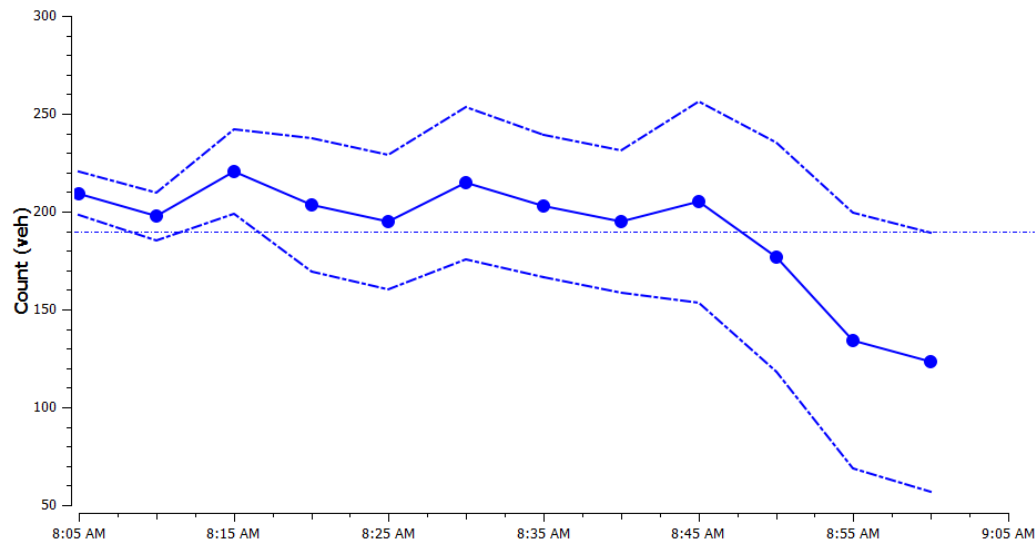
Επιπλέον, στο Διάγραμμα 5.30 παρουσιάζεται το υλοποιηθέν θεμελιώδες διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για το βασικό σενάριο.



Διάγραμμα 5.30 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για τη Βασ. Σοφίας και το βασικό σενάριο

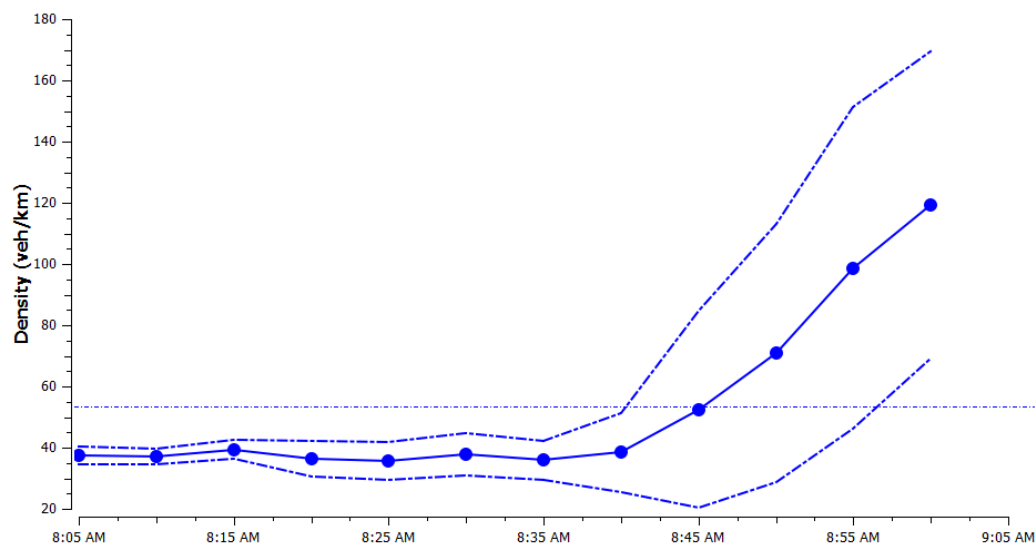
5.4.2.2 Σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.31 απεικονίζεται η εξέλιξη του φόρτου ανά πέντε λεπτά, για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα. Ο μέσος φόρτος ανά πεντάλεπτο υπολογίστηκε σε 185 οχήματα, ενώ ο συνολικός ανήλθε στα 2232 οχήματα/ώρα μελέτης.



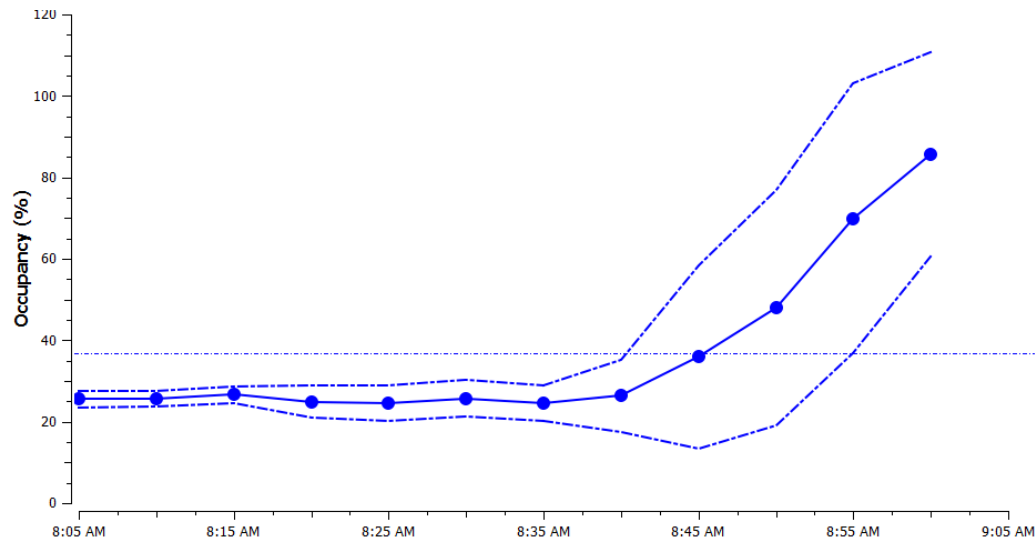
Διάγραμμα 5.31 Φόρτος/5 λεπτο Βασ. Σοφίας για το σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.32 αναπαρίσταται η μεταβολή της πυκνότητας ανά πέντε λεπτά, για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα. Η μέση πυκνότητα εκτιμήθηκε σε 53,30 οχήματα/χιλιόμετρο.



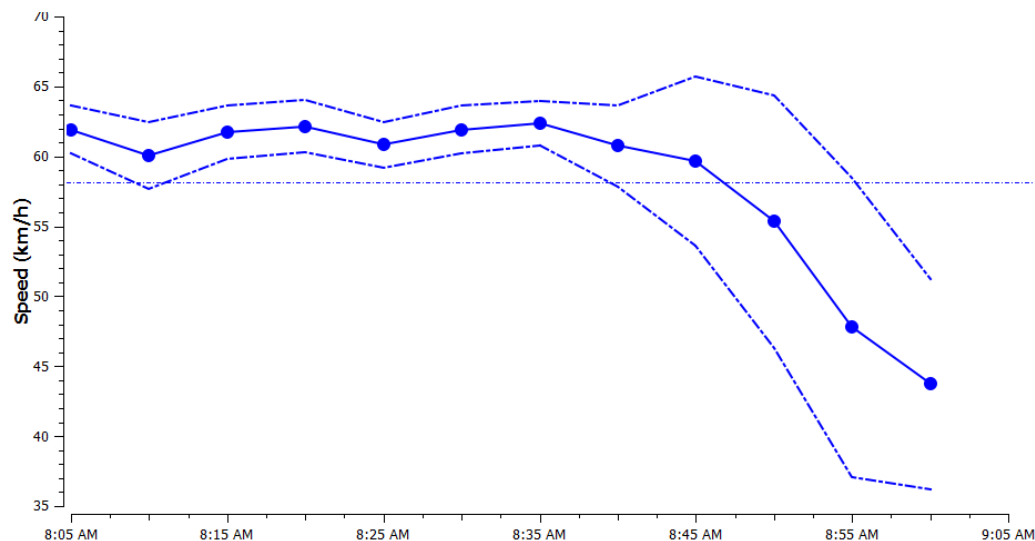
Διάγραμμα 5.32 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.33 παρουσιάζεται η μετρημένη κατάληψη και η ανά πέντε λεπτά εξέλιξη αυτής κατά το χρονικό διάστημα μελέτης. Η μέση κατάληψη υπολογίστηκε σε 37 %.



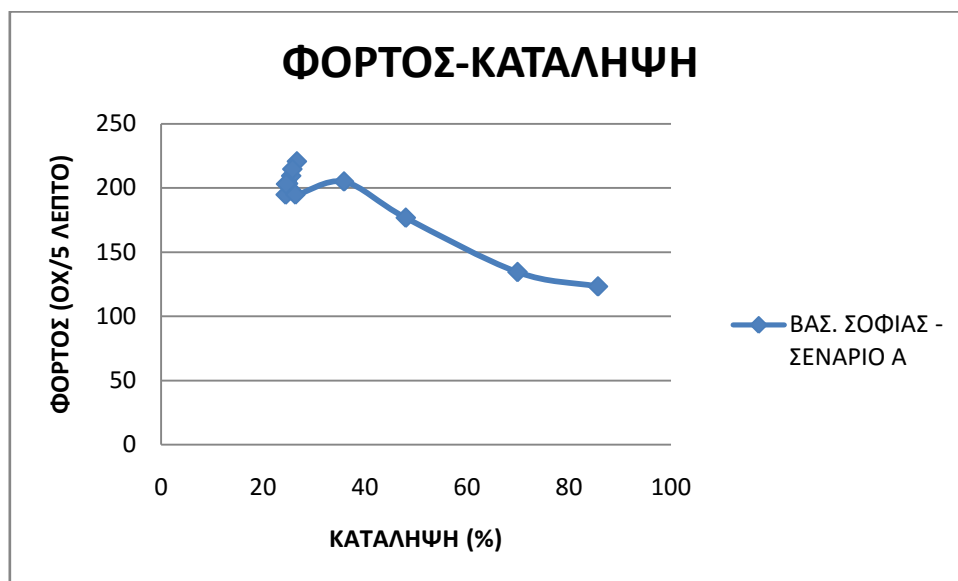
Διάγραμμα 5.33 Κατάληψη/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.34 απεικονίζεται η μεταβολή της ταχύτητας ανά πεντάλεπτο, για το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η μέση ταχύτητα εκτιμήθηκε σε 58,19 χιλιόμετρα/ώρα.



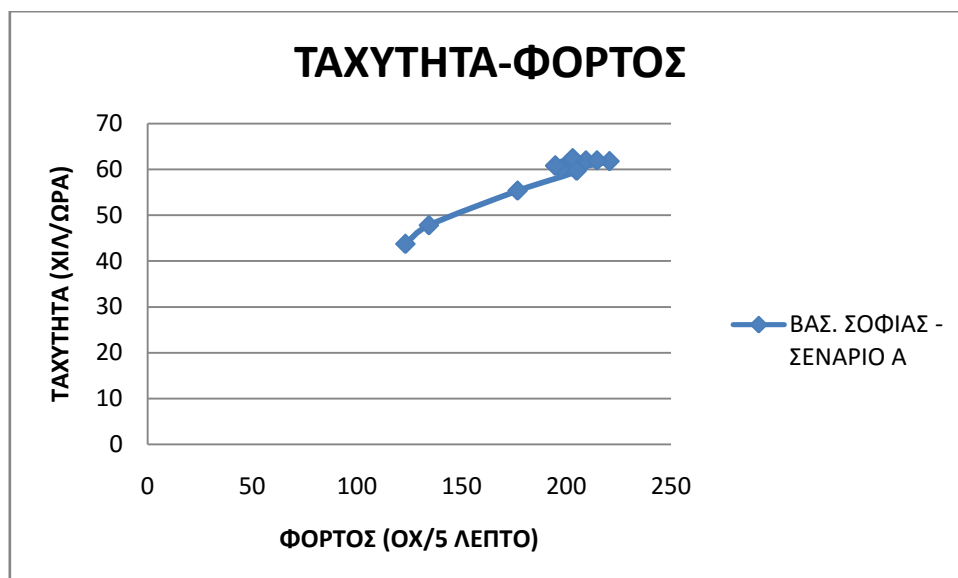
Διάγραμμα 5.34 Ταχύτητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Α

Στο Διάγραμμα 5.35 παρατίθεται το πραγματικό θεμελιώδες διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για το σενάριο Α.



Διάγραμμα 5.35 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Α

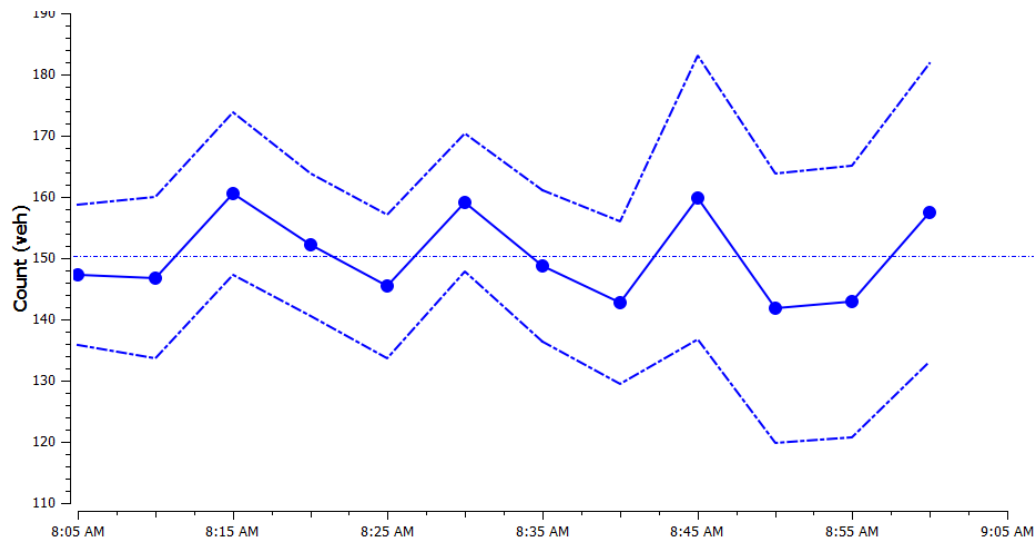
Επιπλέον, στο Διάγραμμα 5.36 παρουσιάζεται το υλοποιηθέν θεμελιώδες διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για το σενάριο Α.



Διάγραμμα 5.36 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Α

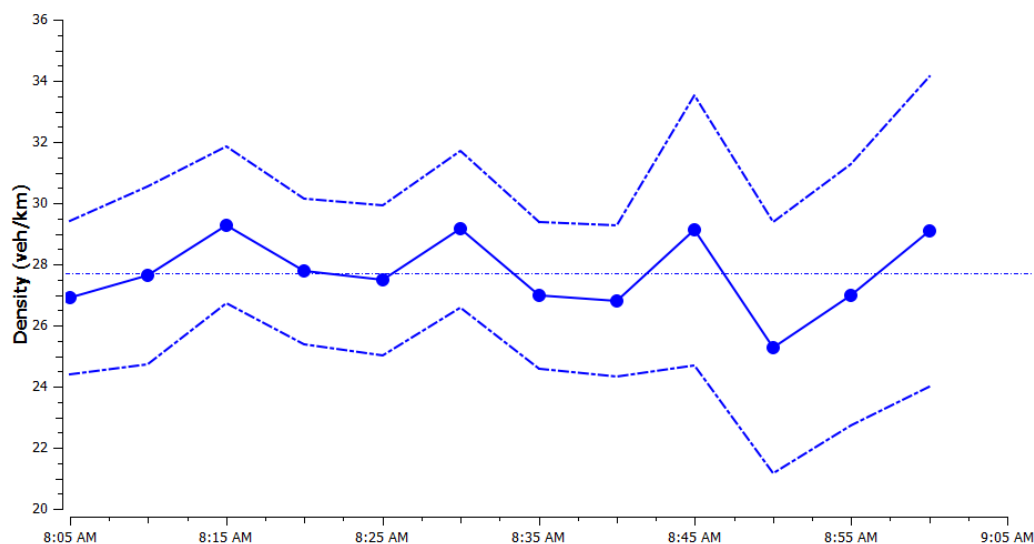
5.4.2.2.3 Σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.37 απεικονίζεται η εξέλιξη του φόρτου ανά πεντάλεπτο για το ορισθέν χρονικό διάστημα μελέτης. Ο μέσος φόρτος ανά πεντάλεπτο υπολογίστηκε σε 150 οχήματα, ενώ ο συνολικός ανήλθε στα 1804 οχήματα/ώρα μελέτης.



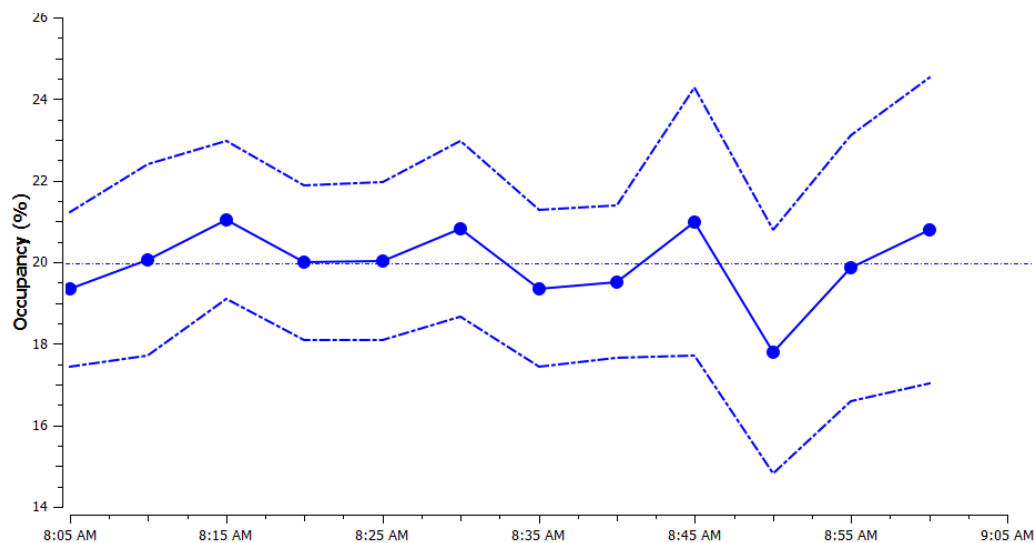
Διάγραμμα 5.37 Φόρτος/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.38 αναπαρίσταται η μεταβολή της πυκνότητας ανά πέντε λεπτά, στην εξεταζόμενη θέση. Η μέση πυκνότητα εκτιμήθηκε σε 27,71 οχήματα/χιλιόμετρο.



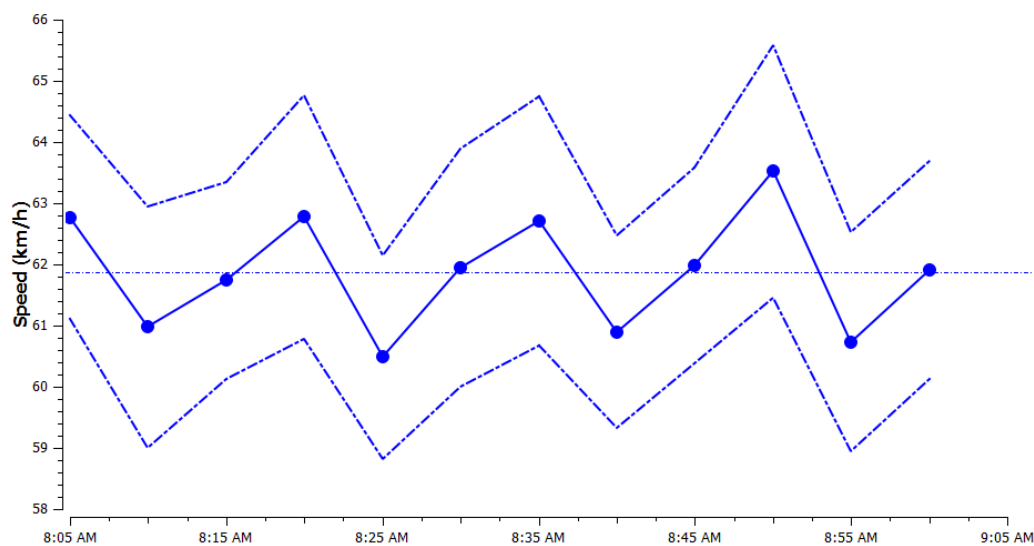
Διάγραμμα 5.38 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.39 παρουσιάζεται η μετρημένη κατάληψη και η εξέλιξη αυτής ανά πεντάλεπτο, κατά το χρονικό διάστημα μελέτης. Η μέση κατάληψη υπολογίστηκε σε 20 %.



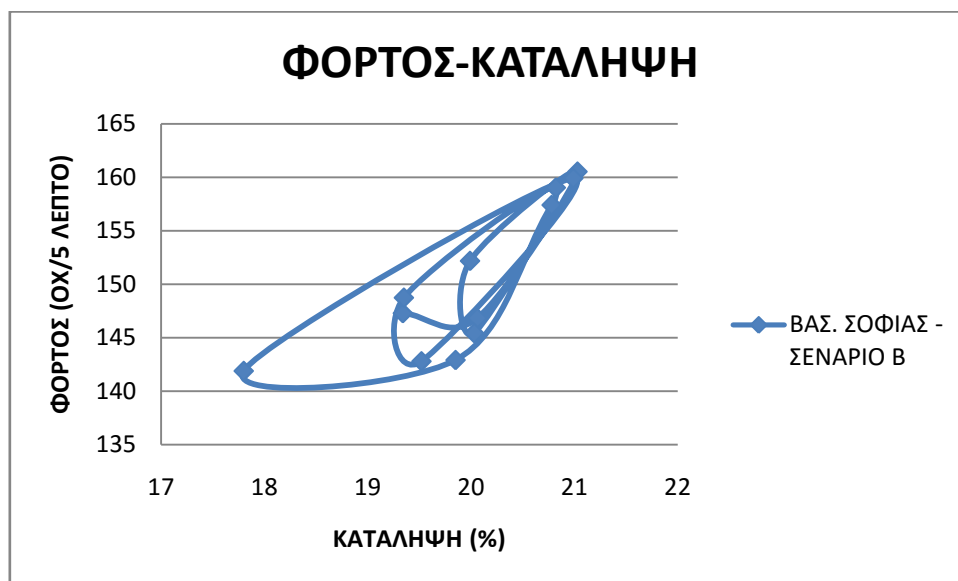
Διάγραμμα 5.39 Κατάληψη/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.40 απεικονίζεται η μεταβολή της ταχύτητας ανά πέντε λεπτά, για το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η μέση ταχύτητα εκτιμήθηκε σε 61,87 χιλιόμετρα/ώρα.



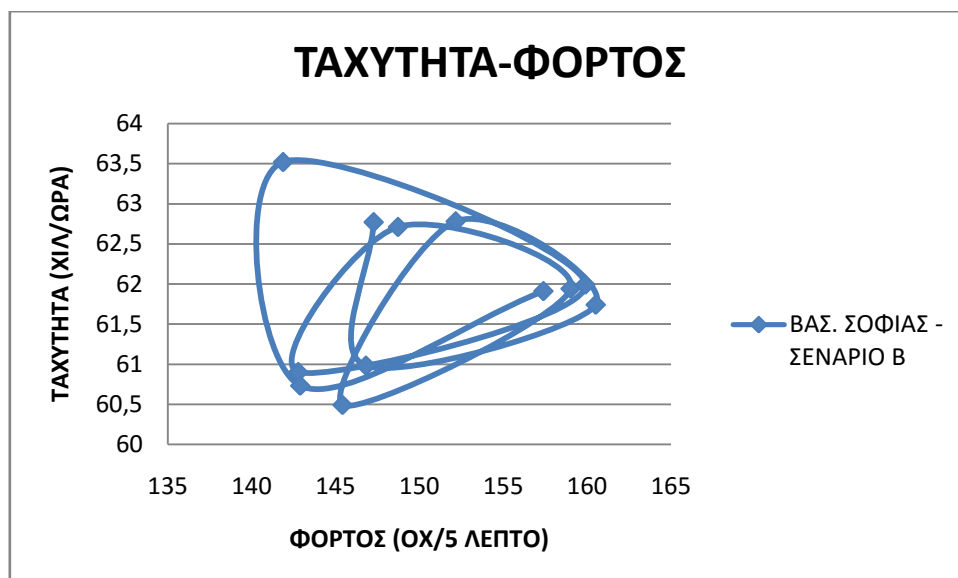
Διάγραμμα 5.40 Ταχύτητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Β

Στο Διάγραμμα 5.41 παρατίθεται το πραγματικό θεμελιώδες διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για το σενάριο Β.



Διάγραμμα 5.41 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Β

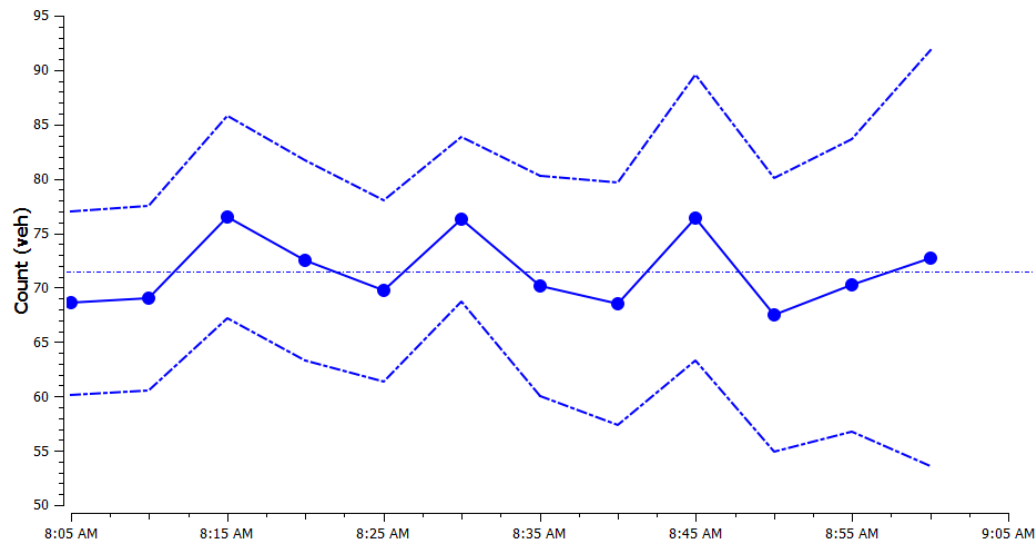
Επιπλέον, στο Διάγραμμα 5.42 παρουσιάζεται το υλοποιηθέν θεμελιώδες διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για το σενάριο Β.



Διάγραμμα 5.42 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Β

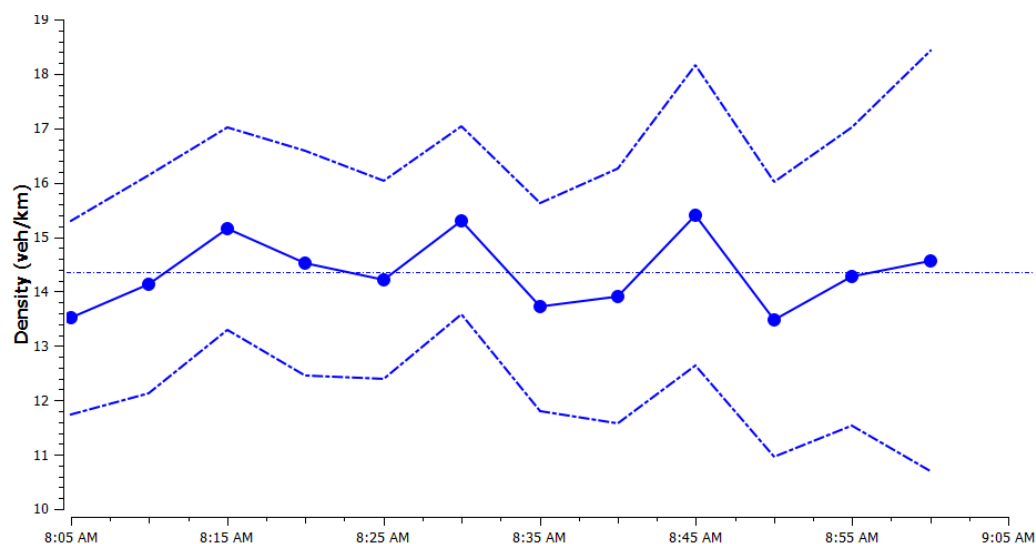
5.4.2.2.4 Σενάριο Γ

Στο Διάγραμμα 5.43 απεικονίζεται η εξέλιξη του φόρτου ανά πέντε λεπτά, κατά τη διάρκεια της πρωινής ωριαίας αιχμής. Ο μέσος φόρτος ανά πέντε λεπτά υπολογίστηκε σε 72 οχήματα, ενώ ο συνολικός ανήλθε στα 858 οχήματα/ώρα μελέτης.



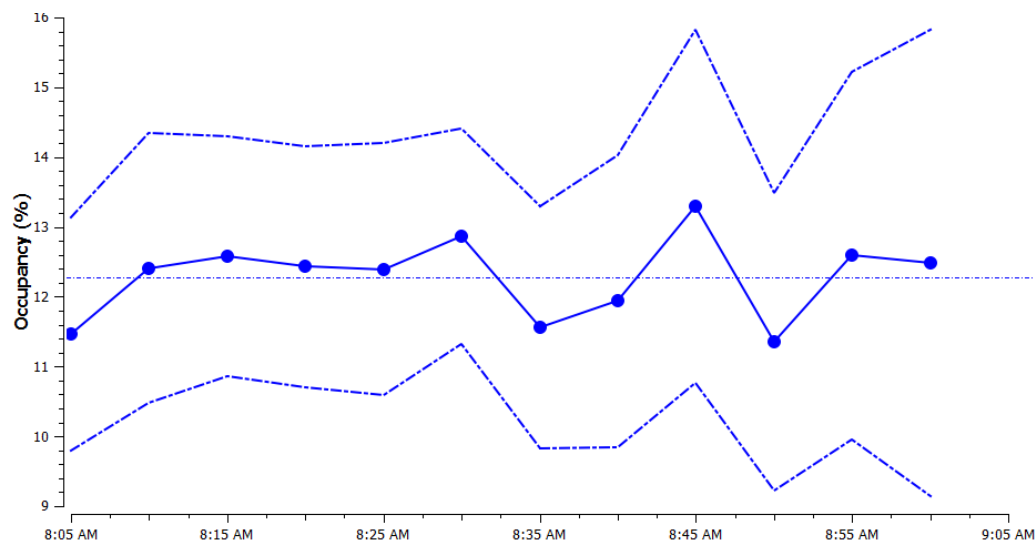
Διάγραμμα 5.43 Φόρτος/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Γ

Στο Διάγραμμα 5.44 αναπαρίσταται η μεταβολή της πυκνότητας ανά πέντε λεπτά, κατά τη διάρκεια της πρωινής ωριαίας αιχμής. Η μέση πυκνότητα εκτιμήθηκε σε 14,35 οχήματα/χιλιόμετρο.



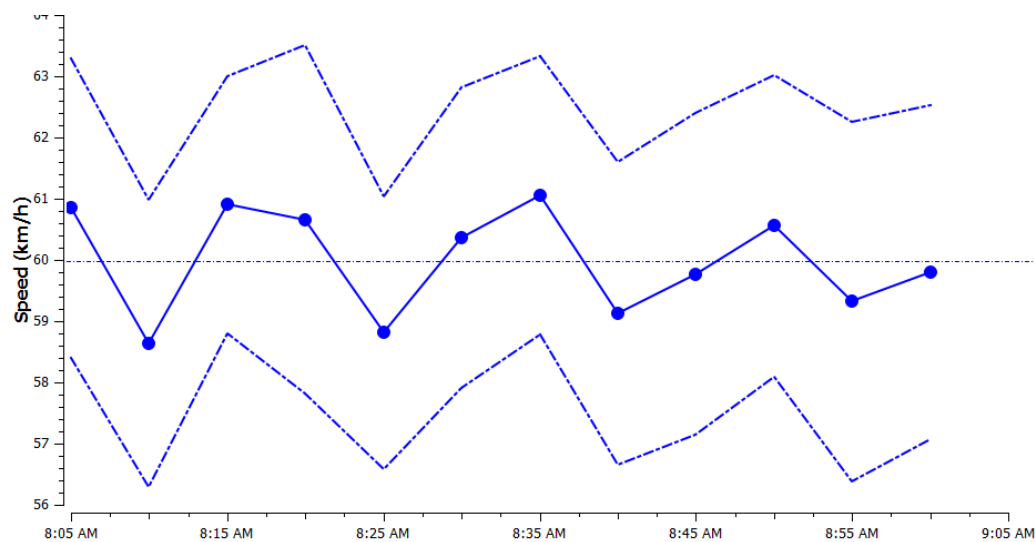
Διάγραμμα 5.44 Πυκνότητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Γ

Στο Διάγραμμα 5.45 παρουσιάζεται η μετρημένη κατάληψη και η εξέλιξη αυτής ανά πέντε λεπτά, κατά το χρονικό διάστημα μελέτης. Η μέση κατάληψη υπολογίστηκε σε 12,28 %.



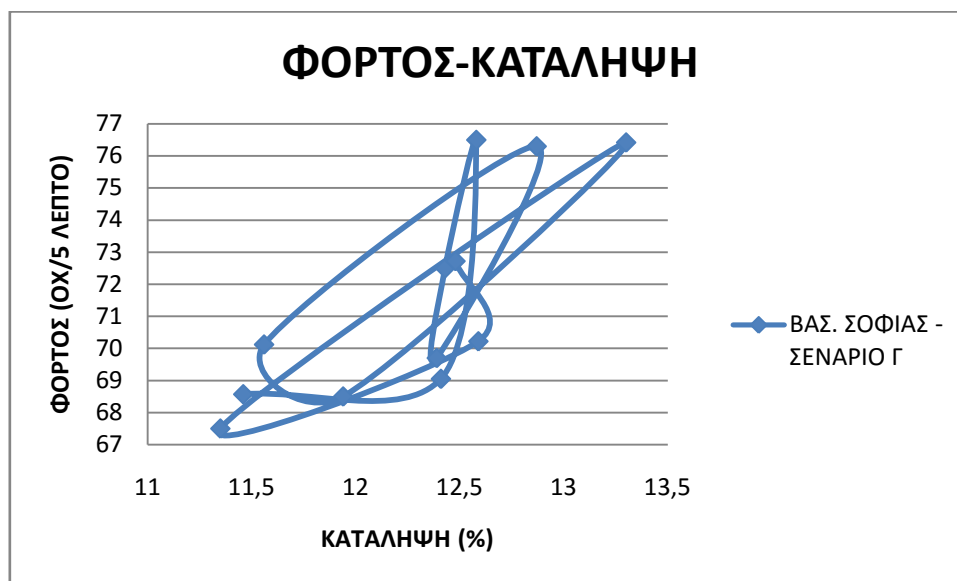
Διάγραμμα 5.45 Κατάληψη/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Γ

Στο Διάγραμμα 5.46 απεικονίζεται η μεταβολή της ταχύτητας ανά πέντε λεπτά, για το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Η μέση ταχύτητα εκτιμήθηκε σε 60 χιλιόμετρα/ώρα.



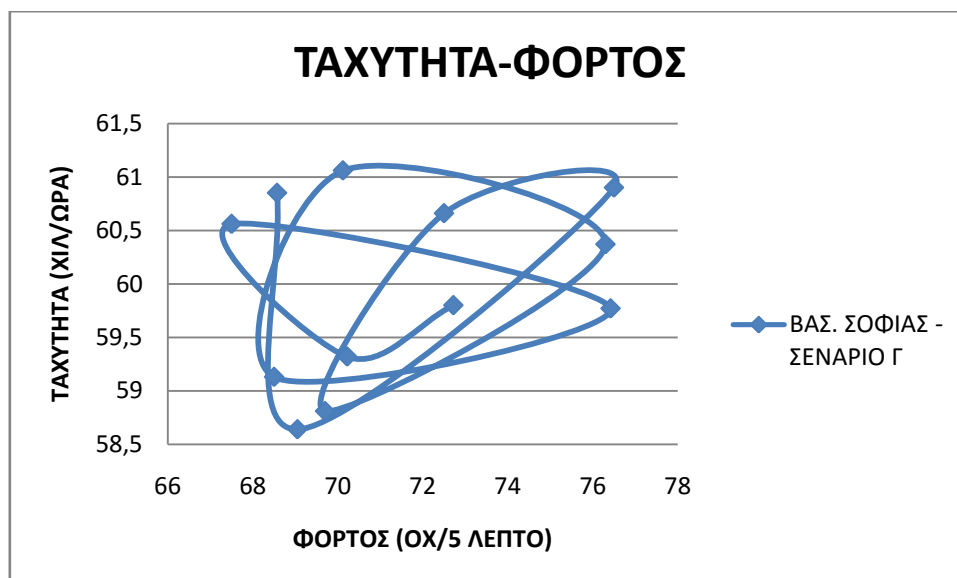
Διάγραμμα 5.46 Ταχύτητα/5 λεπτο στη Βασ. Σοφίας για το σενάριο Γ

Στο Διάγραμμα 5.47 παρατίθεται το πραγματικό θεμελιώδες διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για το σενάριο Γ.



Διάγραμμα 5.47 Πραγματικό διάγραμμα Φόρτου-Κατάληψης για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Γ

Επιπλέον, στο Διάγραμμα 5.48 παρουσιάζεται το υλοποιηθέν θεμελιώδες διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για το σενάριο Γ.



Διάγραμμα 5.48 Πραγματικό διάγραμμα Ταχύτητας-Φόρτου για τη Βασ. Σοφίας και το σενάριο Γ

5.5 Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίων τιμολόγησης

Στην παρούσα ενότητα λαμβάνει χώρα η σύγκριση των τριών σεναρίων τιμολόγησης με το βασικό σενάριο, προκειμένου τελικά να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα για την

πρόκριση του βέλτιστου σεναρίου επιβολής τέλους συμφόρησης. Η σύγκριση των σεναρίων τιμολόγησης με το βασικό πραγματοποιείται σε δύο επίπεδα, ένα για κάθε βαθμίδα ανάλυσης, όπως αυτές περιγράφηκαν στην αμέσως προηγούμενη ενότητα.

5.5.1 Σύγκριση σεναρίων σε επίπεδο δικτύου

Σε επίπεδο δικτύου, η σύγκριση των σεναρίων τιμολόγησης με το βασικό επιτυγχάνεται μέσω του υπολογισμού της μεταβολής των κυκλοφοριακών μεγεθών που παρατέθηκαν στην παράγραφο 5.4.1. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι πίνακες με την μεταβολή των κυκλοφοριακών μεγεθών για κάθε σενάριο τιμολόγησης.

Στον Πίνακα 5.37 διακρίνεται η μεταβολή της μέσης καθυστέρησης ανά οδηγό και χιλιόμετρο για κάθε σενάριο τιμολόγησης. Αξιοσημείωτη κρίνεται η μείωση της καθυστέρησης για κόμιστρο ύψους 1,5 €, όταν και μειώνεται περίπου κατά 56 %.

Πίνακας 5.37 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης καθυστέρησης ανά όχημα και σενάριο τιμολόγησης

Μεταβολή μέσης καθυστέρησης ανά όχημα	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Σύνολο Οχημάτων	-21,47%	-38,21%	-55,97%
I.X.	-22,25%	-39,81%	-59,79%
Βαρέα Οχήματα	-19,29%	-37,02%	-56,09%
Λεωφορεία	-14,68%	-29,21%	-47,99%

Ακολούθως, στον Πίνακα 5.38 παρουσιάζεται η μεταβολή της μέσης πυκνότητας για κάθε σενάριο οδικής τιμολόγησης. Εν προκειμένω, η μέγιστη μείωση ανέρχεται σε 88,50 % για τέλος συμφόρησης ίσο με 1,50 €.

Πίνακας 5.38 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης πυκνότητας ανά σενάριο τιμολόγησης

Μεταβολή μέσης πυκνότητας	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Σύνολο Οχημάτων	-45,40%	-69,46%	-88,54%
I.X.	-49,62%	-75,44%	-93,41%
Βαρέα Οχήματα	-20,69%	-41,38%	-55,17%
Λεωφορεία	-15,60%	-31,19%	-47,71%

Στον Πίνακα 5.39 παρατίθεται η μεταβολή εξυπηρετούμενου κυκλοφοριακού όγκου κατά την ώρα αιχμής, για κάθε σενάριο εφαρμογής τέλους συμφόρησης. Αξιοπρόσεκτο συνιστά το γεγονός πως επέρχεται μείωση μόνο στην κατηγορία των οχημάτων I.X., ενώ πραγματοποιείται αύξηση στα βαρέα οχήματα και λεωφορεία. Η αντίθεση αυτή οφείλεται στο γεγονός πως για κάθε σενάριο οδικής τιμολόγησης επέρχεται μείωση στη χρήση του οχήματος I.X., που αποτελεί και το βασικό ποσοστό της σύνθεσης κυκλοφορίας (95,50%), εξυπηρετώντας έτσι λιγότερα οχήματα I.X. και περισσότερα από τις δύο εναπομείνουσες κατηγορίες, λόγω βελτίωσης των συνθηκών ροής.

Πίνακας 5.39 Ποσοστιαία μεταβολή του εξυπηρετούμενου κυκλοφοριακού όγκου ανά σενάριο τιμολόγησης

Μεταβολή εξυπηρετούμενου κυκλοφοριακού όγκου	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Σύνολο Οχημάτων	-4,82%	-18,82%	-58,22%
Ι.Χ.	-10,44%	-30,87%	-71,84%
Βαρέα Οχήματα	34,88%	55,65%	69,79%
Λεωφορεία	45,84%	75,96%	97,22%

Στον Πίνακα 5.40 απεικονίζεται η μεταβολή της μέσης ουράς αναμονής στο δίκτυο, ανά σενάριο οδικής τιμολόγησης. Στο σενάριο Γ, αξίζει να σημειωθεί πως παρατηρείται σχεδόν καθολική μείωση των ουρών αναμονής, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνθήκες ελεύθερης ροής (free flow conditions).

Πίνακας 5.40 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης ουράς αναμονής ανά σενάριο τιμολόγησης

Μεταβολή μέσης ουράς αναμονής	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Σύνολο Οχημάτων	-53,64%	-79,57%	-94,70%
Ι.Χ.	-57,27%	-83,77%	-97,13%
Βαρέα Οχήματα	-34,01%	-62,46%	-81,86%
Λεωφορεία	-27,68%	-51,48%	-73,37%

Στον Πίνακα 5.41 αναπαρίσταται η μεταβολή του αριθμού των απολυμένων στρεφουσών εντός του δικτύου. Παρατηρείται πως με τη βελτίωση των συνθηκών ροής, κατόπιν εφαρμογής των σεναρίων οδικής τιμολόγησης, επέρχεται μείωση της αποτυχίας των οδηγών να λάβουν την επιθυμητή στρέφουσα κατά τη διάρκεια της διαδρομής τους.

Πίνακας 5.41 Ποσοστιαία μεταβολή των απολυμένων στρεφουσών εντός του δικτύου ανά σενάριο τιμολόγησης

Μεταβολή πλήθους απολυμένων στρεφουσών κινήσεων	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Σύνολο Οχημάτων	-34,25%	-51,94%	-79,30%
Ι.Χ.	-39,29%	-60,11%	-87,52%
Βαρέα Οχήματα	-14,21%	-24,82%	-39,58%
Λεωφορεία	-4,71%	-17,85%	-22,32%

Στον Πίνακα 5.42 παρουσιάζεται η μεταβολή της μέσης ταχύτητας διαδρομής ανά όχημα και σενάριο οδικής τιμολόγησης. Λόγω της βελτίωσης των συνθηκών ροής από την εφαρμογή των σεναρίων τιμολόγησης, παρατηρείται αύξηση, με τη μέγιστη τιμή της να ανέρχεται σε ποσοστό 20 %.

Πίνακας 5.42 Ποσοστιαία μεταβολή της μέσης ταχύτητας διαδρομής ανά όχημα και σενάριο τιμολόγησης

Μεταβολή μέσης ταχύτητας διαδρομής ανά όχημα	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Σύνολο Οχημάτων	6,83%	13,06%	20,63%
Ι.Χ.	7,89%	15,68%	28,38%
Βαρέα Οχήματα	6,29%	13,46%	25,07%
Λεωφορεία	3,18%	8,05%	18,20%

Στον Πίνακα 5.43 παρατίθεται η μεταβολή του μέσου χρόνου στάσης ανά οδηγό και σενάριο τιμολόγησης. Για κάθε σενάριο παρατηρείται μείωση του εξεταζόμενου μεγέθους, η μέγιστη τιμή της οποίας ανέρχεται σε 62,41 %.

Πίνακας 5.43 Ποσοστιαία μεταβολή του μέσου χρόνου στάσης ανά όχημα και σενάριο τιμολόγησης

Μεταβολή μέσου χρόνου στάσης ανά όχημα	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Σύνολο Οχημάτων	-23,95%	-42,47%	-62,41%
Ι.Χ.	-24,56%	-43,69%	-65,02%
Βαρέα Οχήματα	-21,87%	-41,76%	-62,77%
Λεωφορεία	-17,80%	-34,85%	-56,28%

Τελικά, στον Πίνακα 5.44 απεικονίζεται η μεταβολή του μέσου χρόνου διαδρομής ανά οδηγό και σενάριο τιμολόγησης. Η μείωση που επέρχεται έπειτα από την εφαρμογή των σεναρίων τιμολόγησης κρίνεται ως απολύτως λογική, κρίνοντας και από την μείωση των αντίστοιχων ουρών αναμονής και καθυστερήσεων ανά όχημα.

Πίνακας 5.44 Ποσοστιαία μεταβολή του μέσου χρόνου διαδρομής ανά όχημα και σενάριο τιμολόγησης

Μεταβολή μέσου χρόνου διαδρομής ανά όχημα	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Σύνολο Οχημάτων	-15,52%	-27,53%	-39,61%
Ι.Χ.	-16,38%	-29,30%	-44,06%
Βαρέα Οχήματα	-13,91%	-26,66%	-40,47%
Λεωφορεία	-9,83%	-19,90%	-33,11%

5.5.2 Σύγκριση σεναρίων σε τοπικό επίπεδο

Σε τοπικό επίπεδο, η σύγκριση των σεναρίων τιμολόγησης με το βασικό πραγματοποιείται μέσω του υπολογισμού της μεταβολής των κυκλοφοριακών μεγεθών που παρατέθηκαν στην παράγραφο 5.4.2. Στη συνέχεια, παρατίθενται οι πίνακες με την μεταβολή των κυκλοφοριακών μεγεθών για κάθε σενάριο τιμολόγησης.

Στον Πίνακα 5.45 παρουσιάζεται η ποσοστιαία μεταβολή των ανιχνευμένων κυκλοφοριακών μεγεθών επί του φωρατή μέτρησης που βρίσκεται στη Λ. Συγγρού. Μετά την επιβολή των σεναρίων οδικής τιμολόγησης, επέρχεται μείωση των χαρακτηριστικών κυκλοφοριακής ροής, η οποία κρίνεται ως σημαντική.

Πίνακας 5.45 Ποσοστιαία μεταβολή των καταγραφόμενων κυκλοφοριακών μεγεθών επί του φωρατή στη Λ. Συγγρού

ΘΕΣΗ : Λ. ΣΥΓΓΡΟΥ			
Ποσοστιαία Μεταβολή Κυκλοφοριακού Μεγέθους	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Μέσος φόρτος ανά πεντάλεπτο	-8,75%	-33,75%	-65,63%
Συνολικός Φόρτος κατά την ώρα αιχμής	-8,15%	-33,33%	-65,88%
Μέση Πυκνότητα	-55,74%	-73,09%	-86,64%
Μέση Κατάληψη	-57,07%	-72,14%	-83,30%
Μέση ταχύτητα	65,25%	78,23%	79,71%

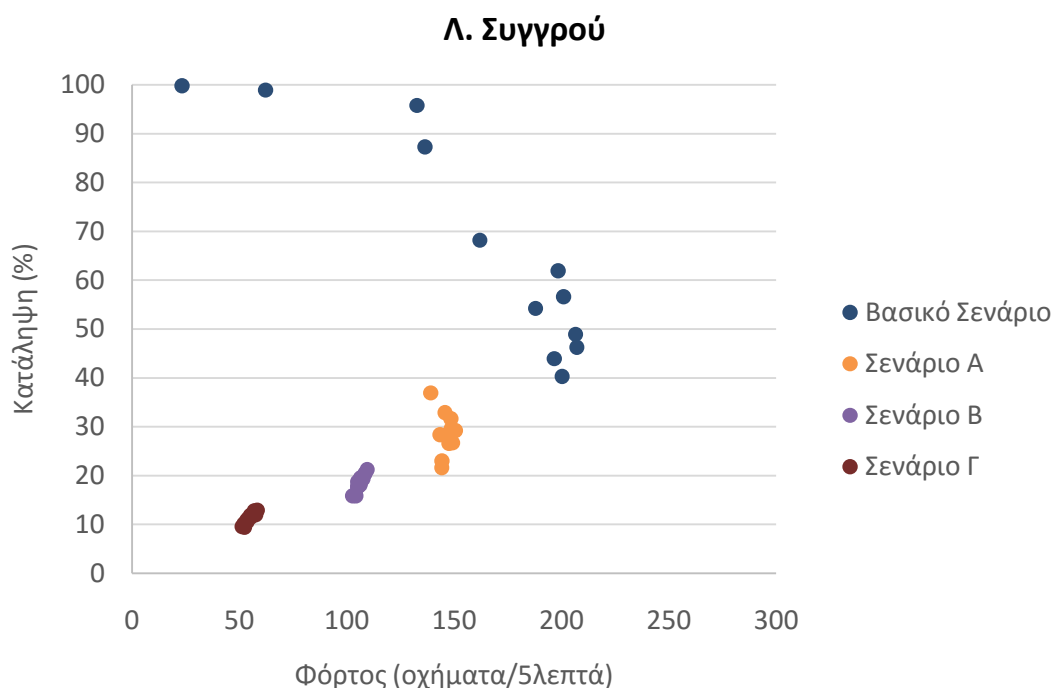
Στον Πίνακα 5.46 καταγράφεται η ποσοστιαία μεταβολή των μετρούμενων κυκλοφοριακών μεγεθών επί του ανιχνευτή στη Βασ. Σοφίας. Και σε αυτήν την περίπτωση, είναι αισθητή η μείωση των καταγραφόμενων μεγεθών κυκλοφοριακής ροής.

Πίνακας 5.46 Ποσοστιαία μεταβολή των καταγραφόμενων κυκλοφοριακών μεγεθών επί του φωρατή στη Βασ. Σοφίας

ΘΕΣΗ : ΒΑΣ. ΣΟΦΙΑΣ			
Ποσοστιαία Μεταβολή Κυκλοφοριακού Μεγέθους	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
Μέσος φόρτος ανά πεντάλεπτο	-1,60%	-20,21%	-61,70%
Συνολικός Φόρτος κατά την ώρα αιχμής	-0,93%	-19,93%	-61,92%
Μέση Πυκνότητα	-37,84%	-67,69%	-83,27%
Μέση Κατάληψη	-35,78%	-65,30%	-78,65%
Μέση ταχύτητα	9,46%	16,38%	16,63%

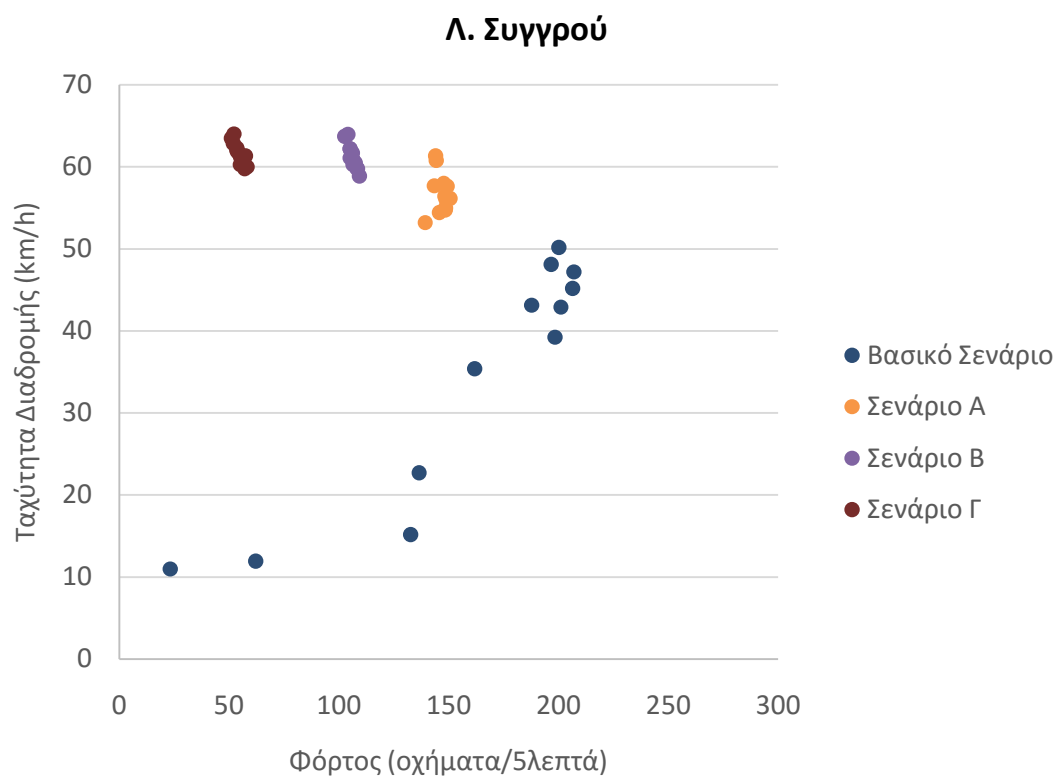
Στη συνέχεια, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, για όλα τα σενάρια και ανά διατομή, τα πραγματικά διαγράμματα Κατάληψης-Φόρτου και Ταχύτητας Διαδρομής-Φόρτου, προκειμένου να καταστεί εφικτή η κατανόηση της μεταβολής της συσχέτισης των εξεταζόμενων κυκλοφοριακών μεγεθών και, τελικά, η εξαγωγή χρήσιμων και ασφαλών συμπερασμάτων για τις κυκλοφοριακές επιπτώσεις που επιφέρει η εφαρμογή του εκάστοτε σεναρίου.

Έτσι, στο Διάγραμμα 5.49 διακρίνεται η γραφική σχέση μεταξύ κατάληψης και φόρτου για όλα τα πιθανά σενάρια επί της Λ. Συγγρού. Παρατηρείται πως αρχικά, για το βασικό σενάριο, εξυπηρετείται υψηλός πεντάλεπτος κυκλοφοριακός όγκος, με ταυτόχρονα υψηλή τιμή κατάληψης. Αντίθετα, όσο εφαρμόζονται αυστηρότερα μέτρα περιορισμού της κυκλοφορίας, υπάρχει η τάση εξυπηρέτησης μικρού αριθμού οχημάτων ανά πέντε λεπτά, με παράλληλη πτώση της κατάληψης. Ωστόσο, το συγκεκριμένο χαμηλό επίπεδο εξυπηρέτησης κυκλοφοριακού όγκου οφείλεται στη χαμηλή ζήτηση του οδικού δικτύου από τους οδηγούς, λόγω της επιβολή του μέτρου οδικής τιμολόγησης και όχι διότι αναπτύσσονται συνθήκες κορεσμού στο δίκτυο.



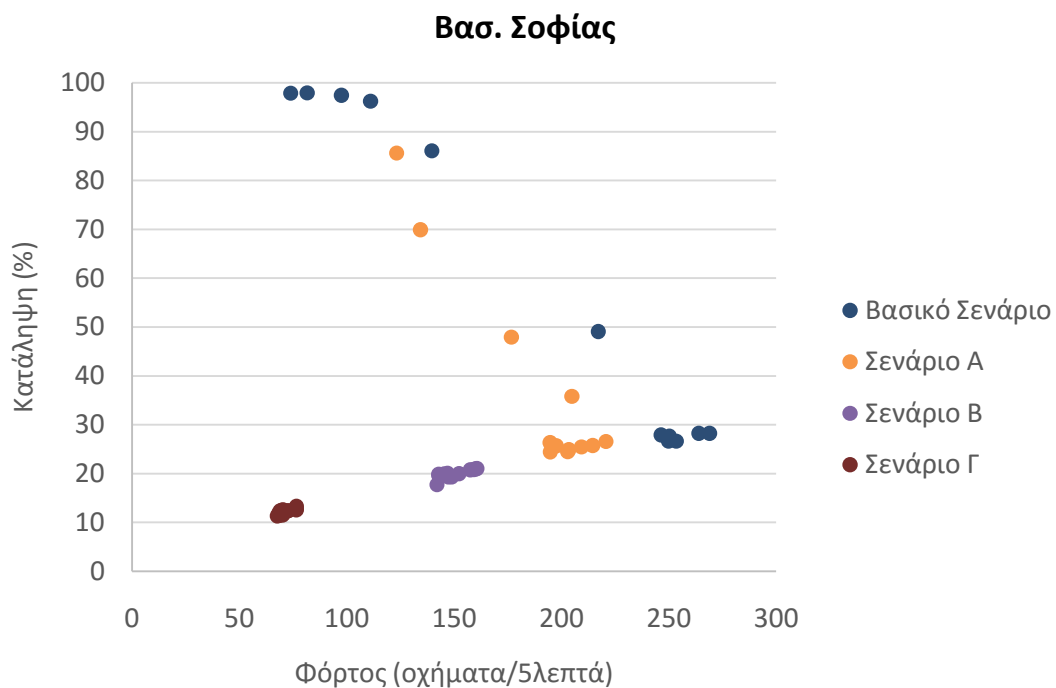
Διάγραμμα 5.49 Σχέση Κατάληψης-Φόρτου για όλα τα σενάρια επί της Λ. Συγγρού

Στο Διάγραμμα 5.50 παρουσιάζεται η γραφική σχέση μεταξύ ταχύτητας διαδρομής και φόρτου για όλα τα πιθανά σενάρια επί της Λ. Συγγρού. Αρχικά, κατά το βασικό σενάριο διακρίνεται η εξυπηρέτηση χαμηλής τάξεως πεντάλεπτου κυκλοφοριακού όγκου υπό την ανάπτυξη χαμηλών ταχυτήτων διαδρομής ανά όχημα. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαμηλά επίπεδα και των δύο εξεταζόμενων κυκλοφοριακών μεγεθών, γίνεται εύκολα αντιληπτό πως επικρατεί κορεσμός στο οδικό δίκτυο. Αντίθετα, με την εφαρμογή μέτρων περιορισμού της ζήτησης των οχημάτων Ι.Χ. και, συνεπώς, και των οδικών υποδομών, παρατηρείται αύξηση του εξυπηρετούμενου κυκλοφοριακού όγκου, με παράλληλη αύξηση της ταχύτητας διαδρομής. Το ως άνω περιγραφέν φαινόμενο, όμως, συμβαίνει μέχρι ένα οριακό σημείο, καθώς για το αυστηρότερο σενάριο τιμολόγησης, δηλαδή το σενάριο Γ με το υψηλότερο τέλος συμφόρησης, παρατηρείται εξυπηρέτηση χαμηλής τάξεως φόρτου, με υψηλές ταχύτητες διαδρομής. Τούτο συμβαίνει διότι κατά το τρίτο σενάριο τιμολόγησης, η χρήση του οδικού δικτύου έχει περιοριστεί σε τόσο μεγάλο βαθμό, ώστε οι αφίξεις των οχημάτων να θεωρούνται πλέον τυχαίες, με αποτέλεσμα οι συνθήκες ροής να προσεγγίζουν εκείνες της ελεύθερης ροής.



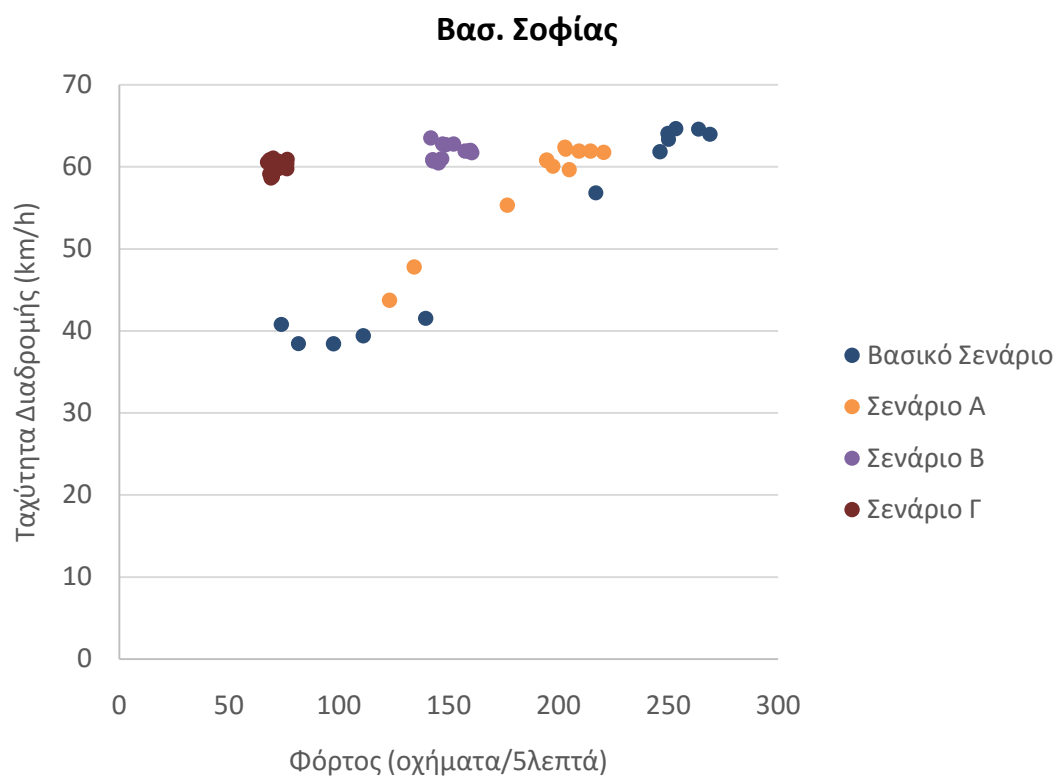
Διάγραμμα 5.50 Σχέση Ταχύτητας Διαδρομής-Φόρτου για όλα τα σενάρια επί της Λ. Συγγρού

Στο Διάγραμμα 5.51 παρουσιάζεται η γραφική σχέση μεταξύ κατάληψης και φόρτου για όλα τα πιθανά σενάρια επί της Βασ. Σοφίας. Για την προκείμενη διατομή και τη συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων κυκλοφοριακών μεγεθών, εξάγονται συμπεράσματα ανάλογα με εκείνα που προέκυψαν για την αντίστοιχη θέση επί της Λ. Συγγρού.



Διάγραμμα 5.51 Σχέση Κατάληψης-Φόρτου για όλα τα σενάρια επί της Βασ. Σοφίας

Τέλος, στο Διάγραμμα 5.52 απεικονίζεται η σχέση μεταξύ ταχύτητας διαδρομής και φόρτου για όλα τα πιθανά σενάρια επί της Βασ. Σοφίας. Για τη συγκεκριμένη θέση και τη συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων κυκλοφοριακών μεγεθών, ισχύουν συμπεράσματα ανάλογα με εκείνα που εξήχθησαν για την αντίστοιχη θέση επί της Λ. Συγγρού.



Διάγραμμα 5.52 Σχέση Ταχύτητας Διαδρομής-Φόρτου για όλα τα σενάρια επί της Βασ. Σοφίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

6.1 Συμπεράσματα

Από τη συγκριτική αξιολόγηση των σεναρίων στατικής τιμολόγησης με το βασικό, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

α. Τόσο από την ανάλυση του δικτύου συνολικά, όσο και από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε τοπικά στους δύο εξεταζόμενους φωρατές των οδών Συγγρού και Βασ. Σοφίας, προκύπτει πως η υπολογισμένη μείωση των μακροσκοπικών και μικροσκοπικών μεγεθών της ροής για το τρίτο σενάριο τιμολόγησης είναι σημαντικά μεγαλύτερη από εκείνη που εκτιμάται για τα δύο υπόλοιπα σενάρια τιμολόγησης. Συνεπώς, ως θεωρητικά καταλληλότερο προς εφαρμογή σενάριο τιμολόγησης κρίνεται το σενάριο Γ.

β. Ωστόσο, η επιλογή του σεναρίου Γ εγκυμονεί τον κίνδυνο υπολειτουργίας των οδικών υποδομών εντός του μικρού δακτυλίου της Αθήνας, θέτοντας, κατά αυτόν τον τρόπο, το δίκτυο σε κατάσταση υποχρησιμοποίησης.

γ. Για τον λόγο αυτό, η πρόκριση και, τελικά, εφαρμογή του βέλτιστου σεναρίου τιμολόγησης έγκειται στη σκοπιά από την οποία εξετάζεται το εγχείρημα από την εκάστοτε πολιτική αρχή. Αυτό σημαίνει πως αν κύριο στόχο αποτελεί η πλήρης αποφόρτιση των κεντρικών οδικών αξόνων του μικρού δακτυλίου και η ευνόηση των πεζή μετακινήσεων, καθώς και των μετακινήσεων με τη χρήση των Δημοσίων Αστικών Συγκοινωνιών, τότε πρέπει να εφαρμοστεί το τρίτο σενάριο τιμολόγησης. Αντίθετα, αν βασικό σκοπό συνιστά η σημαντική αποφόρτιση του αστικού οδικού ιστού, αλλά χωρίς να καταστούν οι οδικές υποδομές παροπλισμένες, τότε καταλληλότερο σενάριο τιμολόγησης προς εφαρμογή κρίνεται το δεύτερο.

6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στα πλαίσια της παρούσας ενότητας παρατίθεται σειρά προτάσεων για περαιτέρω έρευνα :

- Διεύρυνση της περιοχής προσομοίωσης, εκτός από τη μελέτη του μικρού δακτυλίου Αθηνών
- Μικροσκοπική εξέταση του οδικού δικτύου και των επιπτώσεων που προκύπτουν από τα διάφορα σενάρια στατικής τιμολόγησης, ανά τύπο οδού
- Μικροσκοπική εξέταση των διαφόρων σεναρίων τιμολόγησης, με εισαγωγή των ταξί και δικύκλων στη σύνθεση κυκλοφορίας, όταν τεχνικοί λόγοι και νέες προγραμματιστικές δυνατότητες το επιτρέψουν
- Μικροσκοπική εξέταση σεναρίου δυναμικής τιμολόγησης της συμφόρησης, δηλαδή τιμολόγησης που υπολογίζει το ύψος κομίστρου συναρτήσει των εκάστοτε επικρατουσών κυκλοφοριακών συνθηκών και πιο συγκεκριμένα, του φόρτου και της κατάληψης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Φρατζεσκάκης Ι., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ., Τσαμπούλας Δ. «Διαχείριση Κυκλοφορίας», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1997
- Σίσκου Αικατερίνη – Μαρία, Θεσσαλονίκη 2007 «Αστικά διόδια και συστήματα αστικών μαζικών μεταφορών – Αντιθέσεις ή Συμπληρωματικότητα» Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Βέργη Ε., Ταυτότητα των χρηστών Internet στην Ελλάδα, Παρατηρητήριο για την κοινωνία της πληροφορίας, 2010
- Παπαδημητρίου Σ., Καρλαύτης Μ., κ.α. Διερεύνηση Εφαρμογής Μέτρων Αντιμετώπισης της Συμφόρησης: Το Μέτρο της Οδικής Τιμολόγησης για την Πόλη της Αθήνας, Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης, 2008.
- Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων. (2005). Οι θέσεις του Συλλόγου Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων για την εφαρμογή Αστικών Διοδίων.
- Vlahogianni E., Gotsis I., (2015) An Ex-Ante Evaluation Framework of Dynamic Congestion Pricing: Application to Athens, Greece
- Tomer Toledo, Haris N. Koutsopoulos (2016) Statistical Validation of Traffic Simulation Models
- Jones, P., and Hervik, A., (1992) Restraining car traffic in European cities: an emerging role for road pricing, Transportation Research Part A, 26(2), 133-145
- Athens: Modelling congestion pricing and its impact on the environment, www.aimsun.com
- Traffic Technology Today (March 2015) Traffic Technology International: Ahead of the Game,
- Traffic Technology Today (February 2015) Hybrid simulation model of roads surrounding Paris-Charles de Gaulle Airport completed, February 24
- Department of Statistics (2010), Ministry of Trade and Industry, Economic Survey of Singapore, Ministry of Trade and Industry, Republic of Singapore,
- Keong C., Road Pricing, Singapore's Experience, Land Transport Authority Singapore, 2002.
- Ramjerdi et al., Norwegian Urban Tolls, Norwegian Public Roads Administration, 2004. 104

Swedish Transport Agency, Congestion Tax in Stockholm, <http://www.transportstyrelsen.se/en/road/Congestion-tax/Congestion-tax-in-stockholm/>

Kelly, F., Anderson, H. R., Armstrong, B., Atkinson, R., Barratt, B., Beevers, S., ...& Wilkinson, P. (2011). The impact of the congestion charging scheme on air quality in London. Part 1. Emissions modeling and analysis of air pollution measurements. Research report (Health Effects Institute), (155), 5-71.

Elliason, J et al. (2009). *Lessons from the Stockholm Congestion Charging Trial*. Transport Policy, 15(6), 395-404.

Litman, T., London Congestion Pricing – Implications for Other Cities, Centre for Economic Studies, DICE Report, 2005.

Transport for London, Congestion Charging: Sixth Annual Impacts Monitoring Report, 2008.

Namdeo A., Mitchell G., An empirical study of estimating vehicle emissions under cordon and distance based road user charging in Leeds, UK, Environmental Monitoring and Assessment, Volume 136, 2008.

Transport for London, Congestion Charging: Third Annual Impacts Monitoring Report, 2005.

Federal Highway Administration, Congestion Pricing – A Primer, U.S. Department of Transportation, 2006.

Victoria Transport Policy Institute, Congestion Pricing, Value Pricing, Toll Roads and HOT Lanes, Transportation Demand Management Encyclopedia, 2013.

Modelling vehicle interactions in microscopic simulation of merging and weaving, Peter Hidas 2005

Micro- and Macro-simulation of freeway traffic, D. Helbing, A. Hennecke, V.Shvetsov, M.Treiber. March 2002

Macroscopic Traffic Flow models: A question of Order, Elsevier Science Publishing Company, Lebacque JP, Lesort JB. 1999

Transportation and Traffic Theory. Flow, Dynamics and Human Interaction. 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, 2005

Transport for London - TfL (2014). *Public and stakeholder consultation on a Variation Order to modify the Congestion Charging scheme*. Impact Assessment,12, London

Transport Simulation Systems (2013) *AimsunMicroscopicModelling Manual* v8,77-80
105

LandTransportAuthority, <http://www.Ita.gov.sg>

Land Transport Authority, A World Class Land Transport System, White Paper, Land Transport Authority, Republic of Singapore, 1996.

Waersted K., How to Achieve Public and Political Acceptance for Urban Tolling: Experiences from Seven Norwegian Cities, Norwegian Public Roads Administration,2010.

<http://www.cdn.arstechnica.net/wp-content/uploads/sites/32/2015/10/oslo-car-free-map.jpg>

<http://www.autoalert.me.uk>

<http://www.news.bbc.co.uk>

<https://www.aimsun.com/wp/wp-content/uploads/2012/06/Flow-Toronto-SimFrame.png>

<https://www.aimsun.com/wp/wp-content/uploads/2015/02/cdg-airport-aimsun.jpg>

<https://www.aimsun.com/wp/wp-content/uploads/2015/06/CDG-hybrid.png>