



7ο ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΕΔΡΙΟ για την
ΕΡΕΥΝΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
"Από την πρωτογενή έρευνα
στις καινοτόμες εφαρμογές"



7th INTERNATIONAL CONGRESS on
TRANSPORTATION RESEARCH
"From basic research to
innovative applications"



Επιρροή Πολιτικών Τιμολόγησης Κορεσμού στην Κυκλοφορία σε Αστικά Δίκτυα

Παπαδούλης Λάμπρος-Αλέξανδρος
Γκότσης Ηλίας
Βλαχογιάννη Ελένη
Κωνσταντίνος Κεραπτσόγλου
Χριστίνα Μηλιώτη
Ιωάννης Γκόλιας

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

E-mail: l.a.papadoulis@gmail.com, igkotsis@mail.ntua.gr, elenivl@mail.ntua.gr,
kkepap@central.ntua.gr, cmilioti@mail.ntua.gr, igolias@central.ntua.gr

Περίληψη

Ο κορεσμός στο οδικό δίκτυο της Αθήνας αποτελεί μείζον πρόβλημα που επηρεάζει το αστικό περιβάλλον της και υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής των κατοίκων της. Ο περιορισμός της χρήσης του ΙΧ. μέσω ενός συστήματος αστικής τιμολόγησης κορεσμού, είναι ένας διαδεδομένος τρόπος αντιμετώπισης της κυκλοφοριακής συμφόρησης σε αστικά κέντρα. Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων που προκύπτουν από την εφαρμογή ενός Συστήματος Αστικής Τιμολόγησης (ΣΑΤ) της συμφόρησης στον δακτύλιο της Αθήνας. Για την αξιολόγηση του παραπάνω ΣΑΤ, διαμορφώθηκαν σενάρια τιμολόγησης, τα οποία βασίστηκαν στα αποτελέσματα της έρευνας πεδίου (μέσω ερωτηματολογίων), σχετικά με την αποδοχή των χρηστών σε διάφορες πολιτικές τιμολόγησης κορεσμού. Τα σενάρια, αξιολογούνται με τη βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης Aimsun και με βάση τα εξαγόμενα αποτελέσματα, αναλύεται η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων κομίστρου στα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του δικτύου.

Λέξεις-κλειδιά: δακτύλιος Αθήνας, σύστημα αστικής τιμολόγησης κορεσμού, λογισμικό προσομοίωσης

Abstract

Traffic congestion in the Athens road network is a major problem that affects its urban environment and its residents' quality of life. Limiting car usage by applying a congestion pricing measure, is one of the most widespread approaches to reduce traffic in large metropolitan areas. This paper presents the main findings from a study of the effects of congestion pricing approaches on traffic in the inner ring of Athens. Four different scenarios are considered, using the results of a survey on the willingness to pay for reducing congestion. The scenarios are evaluated using Aimsun traffic simulation software, through the analysis of traffic outcomes of each congestion pricing static traffic assignment scenario.

Keywords: urban road networks, traffic management, congestion pricing, willingness to pay, traffic simulation

1. Εισαγωγή



Η συμφόρηση των οχημάτων σε ένα αστικό οδικό δίκτυο αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο υποβαθμίζει το αστικό περιβάλλον και την ποιότητα του αέρα μιας πόλης. (Keraptsoglou et al, 2014). Ένας από τους αποτελεσματικότερους τρόπους αντιμετώπισης της συμφόρησης είναι ο περιορισμός της χρήσης του Ι.Χ. μέσω της συνδυασμένης ενίσχυσης των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, αλλά και ενός συστήματος τιμολόγησης κορεσμού (Jones et al, 1992).

Η τιμολόγηση κορεσμού αποσκοπεί στη μείωση της αλόγιστης χρήσης Ι.Χ. και στον περιορισμό των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων από τη χρήση τους. Το Σύστημα Αστικής Τιμολόγησης (ΣΑΤ) όπως ονομάζεται αλλιώς, περιλαμβάνει την επιβολή σταθερών ή μεταβλητών διοδίων, για την πρόσβαση του χρήστη σε μια ορισμένη περιοχή. Σκεπτικό του συστήματος, είναι , οι χρήστες να τιμολογούνται για την επιβάρυνση που προκαλούν σε ένα αγαθό (στην προκειμένη περίπτωση το οδικό δίκτυο του κέντρου της Αθήνας), το οποίο έχει υπερβολική ζήτηση. (Rentziou et al, 2010)

Συστήματα τιμολόγησης κορεσμού έχουν ήδη εφαρμοστεί στο εξωτερικό με επιτυχία από το 2003. Συγκεκριμένα, στη Στοκχόλμη και το Λονδίνο, έχει αποδειχτεί ότι στην περιοχή που εφαρμόστηκε η πολιτική τιμολόγησης ο φόρτος των οχημάτων έχει μειωθεί κατά μέσο όρο 25% και έχει παρατηρηθεί βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα (TfL, 2008, Eliasson, 2009).

Στην περίπτωση του οδικού δικτύου των Αθηνών, για να αντιμετωπιστούν τα κυκλοφοριακά προβλήματα, έχει διατυπωθεί η ανάγκη ύπαρξης ενός ολοκληρωμένου και πολύπλευρου σχεδίου, στο οποίο περιλαμβάνεται και ο περιορισμός της χρήσης του Ι.Χ. μέσω του συστήματος τιμολόγησης της συμφόρησης (ΣΕΣ 2005).

Σκοπός της εργασίας είναι η αξιολόγηση των επιπτώσεων που θα έχει η εφαρμογή ενός ΣΑΤ στους δρόμους της Αθήνας και πιο συγκεκριμένα στο μικρό δακτύλιο, χρησιμοποιώντας λογισμικό πακέτο κυκλοφοριακής ανάλυσης. Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι πρότινος σχετικά με το σύστημα τιμολόγησης, εξετάζουν την αποδοχή του από τους χρήστες του οδικού δικτύου της Αθήνας. Στην παρούσα εργασία, με τη βοήθεια κατάλληλα διαμορφωμένου ερωτηματολογίου καταγράφεται η αποδοχή των χρηστών για διάφορες τιμές κομίστρου ως προς την επιλογή μέσου και διαδρομής. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, διαμορφώνονται τέσσερα διαφορετικά σενάρια, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει μία διαφορετική τιμή κομίστρου. Στη συνέχεια, αναλύεται η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων κομίστρου στα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του δικτύου.

2. Τιμολόγηση σε Αστικά Κέντρα: Βέλτιστες Πρακτικές και Αποδοχή

Υπάρχουν διάφορα είδη μέτρων τιμολόγησης που διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά το είδος της χρέωσης που επιβάλλεται (de Palma and Lindsey, 2011). Η χρέωση μπορεί να είναι κοινή για όλους τους χρήστες, να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του οχήματος, τους ρύπους, τον αριθμό των χιλιομέτρων (που πρόκειται να διανύσει ο χρήστης μέσα στην περιοχή τιμολόγησης) και την ώρα της μετακίνησης. Κάποια από τα πλεονεκτήματα του ΣΑΤ είναι τα εξής: Αποτελεί σημαντική πηγή εσόδων, η αξιοποίηση των οποίων θα συνεισφέρει στην κατασκευή νέων οδικών αξόνων, χώρων στάθμευσης και στη βελτίωση του ήδη υπάρχοντος οδικού δικτύου. Ακόμη, τα έσοδα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για βελτίωση των υπηρεσιών των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς (Μ.Μ.Μ.) καθώς τμήμα των οδηγών Ι.Χ. που λόγω του συστήματος τιμολόγησης θα το εγκαταλείψουν, θα καταφύγουν στη χρήση των Μ.Μ.Μ. Τέλος, ένα σύστημα τιμολόγησης της συμφόρησης υπερέχει έναντι άλλων μέτρων περιορισμού της συμφόρησης διότι έμμεσα αναγκάζει τους μετακινούμενους να αλλάξουν

αρκετές από τις συνήθειες των μετακινήσεών τους όπως η συχνότητα, ο προορισμός, το μέσο μετακίνησης, η ώρα πραγματοποίησης, η διαδρομή που ακολουθείται. Σε σπάνιες περιπτώσεις έχει παρατηρηθεί ότι ένα μέτρο αστικής τιμολόγησης έχει επηρεάσει τον τόπο διαμονής των μετακινούμενων (de Palma and Lindsey, 2011).

Ο μηχανισμός τιμολόγησης της συμφόρησης εφαρμόστηκε στη Στοκχόλμη, σε πιλοτικό στάδιο, από τον Ιανουάριο του 2006 έως τον Ιούλιο του ίδιου έτους και τέθηκε σε πλήρη ισχύ τον Αύγουστο του 2007. Πρωταρχικός στόχος του συστήματος ήταν η αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, η βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, με τη μείωση της εκπομπής ρύπων και η αναβάθμιση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Το σύστημα λειτουργεί με ένα σύστημα καμερών, laser και κεραιών το οποίο καταγράφει τις πινακίδες του εισερχόμενου οχήματος στην περιοχή τιμολόγησης και έπειτα αποστέλλεται στο χρήστη η σχετική ειδοποίηση για να πληρώσει το κόμιστρο που οφείλει. Το σύστημα είναι ενεργό από Δευτέρα έως Παρασκευή και ώρες 06:30-18:30, με το ύψος του κόμιστρου να έχει τιμές 1 €, 1.5 €, 2 €, ανάλογα με την ώρα διέλευσης στην περιοχής τιμολόγησης, με μέγιστη χρέωση την ημέρα τα 6 € (Eliasson, 2009).

Ο έλεγχος γίνεται σε 18 σημεία της πόλης. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα καταβολής των τελών των διοδίων μέσω προπληρωμένου ποσού με Auto Pass, μέσω διαδικτύου, πληρωμής σε καταστήματα ή σε τράπεζες, σε μηνιαία βάση. Της χρέωσης εξαιρούνται οχήματα έκτακτης ανάγκης, λεωφορεία με ολικό βάρος περισσότερα από 14τόνους, αυτοκίνητα διπλωματικού σώματος, μοτοσυκλέτες, αυτοκίνητα με πινακίδες εξωτερικού, στρατιωτικά οχήματα, οχήματα εναλλακτικών καυσίμων ως το 2012 και όλα τα οχήματα τον Ιούλιο. Για τους παραβάτες, το πρόστιμο είναι 50 €. Μετά την εφαρμογή του ΣΑΤ στη Στοκχόλμη, η κυκλοφοριακή συμφόρηση εμφάνισε μείωση της τάξης του 22%, με μετέπειτα εξομάλυνση της αρχικής αύξησης της κυκλοφοριακής κίνησης στις ώρες αιχμής (TfL, 2008). Επίσης οι χρόνοι μετακίνησης μειώθηκαν κατά 30-50%, ενώ η ταχύτητα ελέγχου στην περιοχή τιμολόγησης αυξήθηκε κατά 30-50%, με 33% αύξηση τις πρωινές ώρες αιχμής και τα Μ.Μ.Μ. παρουσίασαν αύξηση 9% στη χρήση τους. Όσον αφορά στο σκέλος των περιβαλλοντικών συνθηκών, ο στόχος βελτίωσής τους επετεύχθη, με μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα κατά 14% στην περιοχή χρέωσης. Τα καθαρά ετήσια έσοδα είναι 52 εκατομμύρια ευρώ, με ποσοστό 25% λειτουργικών εξόδων επί των εισόδων, τα οποία αποτέλεσαν επενδύσεις σε υποδομές, σε αναβάθμιση των Μ.Μ.Μ. και σε αξιολόγηση των αστικών διοδίων.

Το ΣΑΤ του Λονδίνου τέθηκε σε ισχύ τον Φεβρουάριο του 2003 με σκοπό την μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, την μείωση του μέσου χρόνου μετακίνησης και τη βελτίωση των Μ.Μ.Μ. (TfL, 2008). Η περιοχή που ελέγχεται καλύπτει το 2,6% της πόλης του Λονδίνου. Το ΣΑΤ του Λονδίνου, περιλάμβανε χρέωση κατά την είσοδο, έξοδο, κίνηση ή στάθμευση μέσα στη ζώνη χρέωσης. Περιλάμβανε 174 σημεία ελέγχου και ίσχυε από Δευτέρα έως Παρασκευή 07:00-18:00. Το κόμιστρο ανέρχονταν σε 8 λίρες (9,2 €). Για την χρέωση, χρησιμοποιείται παρόμοια με αυτή του συστήματος της Στοκχόλμης. Στη συνέχεια, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα πληρωμής μέσω διαδικτύου, γραπτών μηνυμάτων (sms), με μετρητά σε ειδικά μηχανήματα καθώς και εξουσιοδοτημένα καταστήματα, μέχρι τις 22:00 της ίδιας ημέρας. (TfL, 2008).

Της χρέωσης απαλλάσσονταν δίτροχα οχήματα, λεωφορεία, οχήματα έκτακτης ανάγκης μερικά δημόσια οχήματα, ποδήλατα, ταξί, οχήματα εναλλακτικών καυσίμων και οχήματα κατοίκων ζώνης χρέωσης οι οποίοι δικαιούνταν έκπτωση 90%. Τον πρώτο χρόνο μετά την εφαρμογή του συστήματος αστικής τιμολόγησης στο Λονδίνο, παρατηρήθηκε μείωση των εισερχομένων Ι.Χ. στην περιοχή τιμολόγησης κατά τις ώρες αιχμής της τάξης του 33%. Επίσης, παρατηρήθηκε αιχμή της κίνησης αμέσως μετά τη λήξη της χρέωσης, πρόβλημα το

οποίο εξομαλύνθηκε αργότερα. Το 2013, 10 χρόνια μετά την πρώτη εφαρμογή του μέτρου, η μείωση του φόρτου στην περιοχή τιμολόγησης υπολογίστηκε ότι ήταν της τάξης του 11% (TfL, 2014). Επίσης, παρατηρήθηκε μείωση στον χρόνο μετακίνησης κατά 30% ενώ η ταχύτητα στην περιοχή ελέγχου αυξήθηκε στα 18 χλμ/ώρα από 14 χλμ/ώρα. Αναφορικά με τα Μ.Μ.Μ., παρατηρήθηκε αύξηση στη χρήση τους κατά 7% και μάλιστα οι επιβάτες αστικών λεωφορείων που εισέρχονταν στη ζώνη τιμολόγησης αυξήθηκαν κατά 37%. Τα καθαρά ετήσια έσοδα από την εφαρμογή του μέτρου, ανέρχονται σε 157 εκατομμύρια ευρώ, (Eliasson, 2008). Τέλος, σημειώθηκε σημαντική μείωση στην εκπομπή ρύπων και πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε 15,7% μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), μείωση κατά 17% των οξειδίων του αζώτου, τα PM10 κατά 24%. Το 2011 μια έρευνα του Health Effects Institute¹, διαπίστωσε ότι δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να τεκμηριώνουν ότι η βελτίωση στην ποιότητα του αέρα συνδέεται άμεσα με την εφαρμογή του μέτρου τιμολόγησης. (Kelly et al, 2011).

Έρευνες που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια που εξετάζουν την αποδοχή του μέτρου της αστικής τιμολόγησης της συμφόρησης στην Ελλάδα έχουν δείξει τα εξής: Ένα ποσοστό της τάξης του 60% των χρηστών του οδικού δικτύου της Αττικής αποδέχεται πλήρως ή υπό προϋποθέσεις το προτεινόμενο σύστημα τιμολόγησης (Milioti et al, 2008). Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή του μέτρου είναι το ύψος του κομίστρου, η μείωση του χρόνου της μετακίνησης που θα επέλθει λόγω της εφαρμογής του συστήματος τιμολόγησης, η ύπαρξη αξιόπιστων εναλλακτικών μέσων μετακίνησης καθώς και η επένδυση των εσόδων του συστήματος για τη βελτίωση των Μ.Μ.Μ. (Rentziou et al, 2010). Ακόμα, παράγοντες που επηρεάζουν αλλά σε μικρότερο βαθμό την αποδοχή είναι η διάρκεια της μετακίνησης, η συχνότητα της μετακίνησης, η διαδρομή που ακολουθείται, σε αντίθεση με τον σκοπό του ταξιδιού και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά τα οποία δεν επηρεάζουν την αποδοχή του μέτρου. (Milioti et al, 2008).

Όσον αφορά στο εξωτερικό, και συγκεκριμένα σε τρεις διαφορετικές ευρωπαϊκές πρωτεύουσες Στοκχόλμη, Ελσίνκι και Λυόν, οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή του μέτρου αστικής τιμολόγησης, είναι οι παράγοντες εκείνοι που αφορούν προσωπικά τον κάθε χρήστη, δηλαδή το κόστος που αυτός καλείται να πληρώσει και ο χρόνος που αυτός θα εξοικονομήσει από την εφαρμογή του μέτρου (Hamilton, 2012). Ακόμη σημαντικός παράγοντας στην αποδοχή του μέτρου αποδείχθηκε ότι είναι ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται τα έσοδα από το σύστημα τιμολόγησης. Εάν τα έσοδα χρησιμοποιούνται με τρόπο που ικανοποιεί τους χρήστες, η αποδοχή του μέτρου αυξάνεται (Hårsman and Quigley, 2010; J. Schade & Schlag, 2003, Eliasson & Jonsson, 2011, Hamilton, 2012). Επιπλέον παράγοντας ο οποίος επηρεάζει σε μικρότερο βαθμό την αποδοχή του μέτρου, είναι η βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών λόγω αυτού (Eliasson & Jonsson, 2011; Hamilton, 2012).

3. Συμπεριφορά Χρηστών στην Τιμολόγηση Κορεσμού στην Αθήνα

3.1 Περιγραφή και Στόχοι Προτεινόμενου Συστήματος

Εξετάζεται ένα ΣΑΤ που θα εφαρμοστεί στην περιοχή του μικρού δακτυλίου της Αθήνας. Οι ώρες κατά τις οποίες θα εφαρμόζεται θα είναι από τις 07:00-21:00 εκτός από τις Κυριακές, τις αργίες και τις μέρες που δεν θα λειτουργεί το μετρό. Το Σάββατο θα τίθεται σε ισχύ κατά τις εργάσιμες ώρες, δηλαδή από τις 07:00-15:00. Το σύστημα που θα εφαρμοστεί πρέπει να είναι όσο πιο απλό και κατανοητό γίνεται. Έτσι, αποφεύγονται οι εγκαταστάσεις σταθμών

¹<http://www.healtheffects.org/>



διοδίων, προκειμένου να μην δημιουργηθούν χρονικές καθυστερήσεις. Αντ' αυτού, κατά την είσοδο ενός οχήματος στο μικρό δακτύλιο, θα γίνεται καταγραφή και αναγνώριση των πινακίδων του από κάμερες και ο οδηγός, θα καλείται να πληρώσει το αντίστοιχο αντίτιμο. Η πληρωμή θα γίνεται μέσω ειδικών καρτών τις οποίες οι χρήστες θα μπορούν να προμηθευτούν από πρατήρια ή περίπτερα στην περιοχή χρέωσης, μέσω διαδικτύου (πιστωτικής κάρτας) και μέσω γραπτού μηνύματος από κινητό. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν πληρώσει το αντίτιμο εντός 10 ημερών, το ποσό θα διπλασιάζεται και με την πάροδο 20 ημερών θα αφαιρούνται οι πινακίδες από το όχημα του παραβάτη.

Το ύψος του κομίστρου πρέπει να είναι τόσο ώστε να μην υπάρχουν μαζικές αντιδράσεις από τους χρήστες ειδικά τον πρώτο καιρό της εφαρμογής του συστήματος. Κατηγορίες χρηστών οι οποίες απαλλάσσονται από τη χρέωση, είναι οι μόνιμοι κάτοικοι της περιοχής τιμολόγησης, τα Μ.Μ.Μ., τα οχήματα σωμάτων ασφαλείας (αστυνομία πυροσβεστική, στρατιωτικά οχήματα), ασθενοφόρα, ταξί, οι οδηγοί δικύκλων και οι οδηγοί οχημάτων με εκπομπές ρύπων $CO_2 < 100$ g/km. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα έκπτωσης για χρήστες οι οποίοι χρησιμοποιούν το κέντρο καθημερινά.

Τα έσοδα από το σύστημα τιμολόγησης, θα χρησιμοποιηθούν πρωταρχικά στην κάλυψη των εξόδων συντήρησης και λειτουργίας του. Επιπρόσθετα, τα καθαρά κέρδη από την τιμολόγησης θα χρησιμοποιηθούν για εργασίες αναβάθμισης των δρόμων στο κέντρο της Αθήνας καθώς και για την αναβάθμιση των υποδομών των Μ.Μ.Μ (Milioti et al, 2008). Τα παραπάνω, θα επηρεάσουν θετικά τους πολίτες, ώστε να αποδεχτούν ευκολότερα το σύστημα.

3.2 Περιγραφή Έρευνας Πεδίου

Στόχος της έρευνας που πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο 11/2014 έως 2/2015, ήταν η διερεύνηση της αποδοχής των πολιτών που κινούνται στο κέντρο της Αθήνας για διάφορες τιμές του κομίστρου. Ακόμη, εξετάζονται τα στοιχεία του οχήματος των χρηστών που εισέρχονται στο μικρό δακτύλιο, το Μ.Μ.Μ που επιλέγουν πριν και μετά την εφαρμογή του μέτρου καθώς και η δυνατότητα που έχουν οι χρήστες α) με προορισμό το κέντρο της Αθήνας, να πραγματοποιήσουν εναλλακτικά τη διαδρομή τους με Μ.Μ.Μ, ή β) με προορισμό εκτός δακτυλίου αλλά διερχόμενοι μέσω αυτού (διαμπερής κίνηση), να την πραγματοποιήσουν παρακάμπτοντας την συγκεκριμένη περιοχή.

Το δείγμα της έρευνας έχει μέγεθος 400 ατόμων και περιλαμβάνει πολίτες, που διέρχονται από το Κέντρο της Αθήνας, λόγω εργασίας, σπουδών, αναψυχής ή για αγορές. Αποτελείται από γυναίκες σε ποσοστό 47% και άνδρες σε ποσοστό 53%. Οι ηλικιακές κατηγορίες που συμμετείχαν στην έρευνα είναι 18-24 ετών σε ποσοστό 42%, 25-34 ετών σε ποσοστό 43%, 35-44 ετών σε ποσοστό 8% και 45 χρονών και άνω σε ποσοστό 7%. Η έρευνα βασίστηκε στη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης, προκειμένου να διερευνηθεί η αποδοχή των ερωτηθέντων. Η επιλογή των ατόμων έγινε τυχαία ώστε το δείγμα να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό. Τα άτομα που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο ήταν πεζοί, εργαζόμενοι σε γραφεία και νοσοκομεία, ιδιοκτήτες Ι.Χ. που μόλις είχαν σταθμεύσει καθώς και φοιτητές εξερχόμενοι από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στην οδό Στουρνάρη.

Η πλατφόρμα η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον ηλεκτρονικό σχεδιασμό του ερωτηματολογίου και τη συλλογή των δεδομένων, ήταν εταιρείας Google². Δημιουργήθηκε μια φόρμα συλλογής απαντήσεων (GoogleForms), στη συνέχεια τα στοιχεία αποθηκεύονται σε ένα αρχείο GoogleDocs (στο GoogleDrive) και εξάγονται σε ένα αρχείο τύπου Excel.

²www.google.com



Το ερωτηματολόγιο της έρευνας περιέχει τρία τμήματα. Το τμήμα Α περιέχει ερωτήσεις σχετικά με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του ερωτώμενου. Το τμήμα Β περιέχει ερωτήσεις σχετικά με την μετακίνηση που αυτός πραγματοποιεί συχνότερα στο κέντρο της Αθήνας. Το σημαντικότερο τμήμα του ερωτηματολογίου το τρίτο τμήμα περιέχει ερωτήσεις που εξετάζουν την αποδοχή του σε σχέση με ένα ΣΑΤ που θα βασίζεται στην κυκλοφοριακή συμφόρησης.

3.3 Ανάλυση Δείγματος και Σενάρια Τιμολόγησης

Τα σημαντικότερα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από την ανάλυση των ερωτηματολογίων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, ο οποίος καταγράφει τη συμπεριφορά των χρηστών του δακτυλίου της Αθήνας ανάλογα με το ύψος του κομίστρου. Τα αποτελέσματα αυτά προέκυψαν από το τρίτο τμήμα του ερωτηματολογίου της έρευνας που διενεργήθηκε.

Ο Πίνακας 1 υποδηλώνει τα εξής: Σε περίπτωση εφαρμογής συστήματος τιμολόγησης με ύψος κομίστρου 0.5 € ένα ποσοστό της τάξης του 30.3% των οδηγών που εισέρχονται στο δακτύλιο των Αθηνών με το Ι.Χ. τους θα διαλέξει κάποιο διαφορετικό τρόπο να μετακινηθεί. Μέσα σε αυτό το 30.3% που φαίνεται στον πίνακα 1 συμπεριλαμβάνονται και οι οδηγοί εκείνοι οι οποίοι θα επιλέξουν να χρησιμοποιήσουν και πάλι το Ι.Χ. τους αλλά θα επιλέξουν διαδρομή εκτός δακτυλίου για λόγους λειτουργικότητας των ποσοστών αυτών στο λογισμικό προσομοίωσης.

Πίνακας 1. Καταγραφή συμπεριφοράς ερωτώμενων για τις εναλλακτικές τιμές κομίστρου

Κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
Σενάριο Α (0.5 €)	30.30%	3.77%
Σενάριο Β (1.0 €)	49.49%	11.32%
Σενάριο Γ (1.5 €)	79.79%	16.98%
Σενάριο Δ (3.0 €)	88.88%	26.41%

4. Ανάλυση Επιρροής Τιμολόγησης Κορεσμού στην Κυκλοφορία

Προκειμένου να εξεταστεί η επιρροή του μέτρου τιμολόγησης κορεσμού στην κυκλοφορία του δακτυλίου της Αθήνας, τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων, διαμορφώνουν τα αντίστοιχα σενάρια τα οποία θα αξιολογηθούν μέσω του κυκλοφοριακού μοντέλου της Αθήνας, που έχει δημιουργηθεί με τη βοήθεια του Aimsun. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

- Αποτύπωση του οδικού δικτύου της Αττικής βάση ψηφιακού υποβάθρου υψηλής ανάλυσης, συνολικού μήκους 5419χλμ
- Εισαγωγή γεωμετρικών στοιχείων του δικτύου (οδικά τμήματα, κόμβοι, επιτρεπόμενες στροφές, φορατές, κεντροειδή, στάσεις MMM, διαγραμμίσεις, κλπ)αποτελούμενο από 15567 τμήματα και 6257 κόμβους.
- Εισαγωγή σήμανσης και φωτεινών σηματοδοτών(583σηματοδοτούμενοι κόμβοι)



- Εισαγωγή πίνακα Προέλευσης-Προορισμού και επικαιροποίησή του με πραγματικά κυκλοφοριακά στοιχεία από 253 σημεία του οδικού δικτύου (από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Αττικής)
- Παραγωγή του πίνακα Προέλευσης-Προορισμού για την πρωινή ώρα αιχμής.
- Φόρτιση, έλεγχος και διόρθωση του συνολικού δικτύου

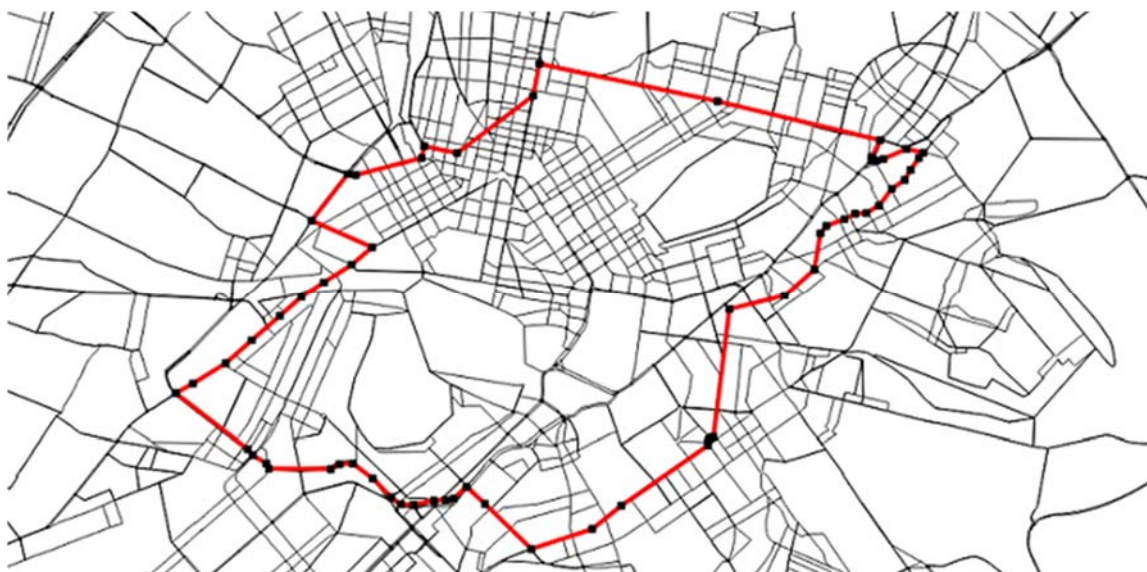
Το τελικό μοντέλο περιλαμβάνει τμήματα δρόμων (sections), κόμβους (nodes), πηγές και οι πόλους έλξης οχημάτων (centroids) που έχουν συνδέσεις με τις οδούς τις οποίες είτε τροφοδοτούν είτε προσελκύουν από αυτές οχήματα.

Στο Σχήμα 1 φαίνεται το ψηφιοποιημένο δίκτυο της περιοχής του μικρού δακτυλίου των Αθηνών σε περιβάλλον AIMSUN.

Ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται το σύνολο των διαδρομών που ακολουθούν τα οχήματα εντός του δικτύου του μοντέλου λαμβάνει υπόψη δύο αντικρουόμενους κανόνες:

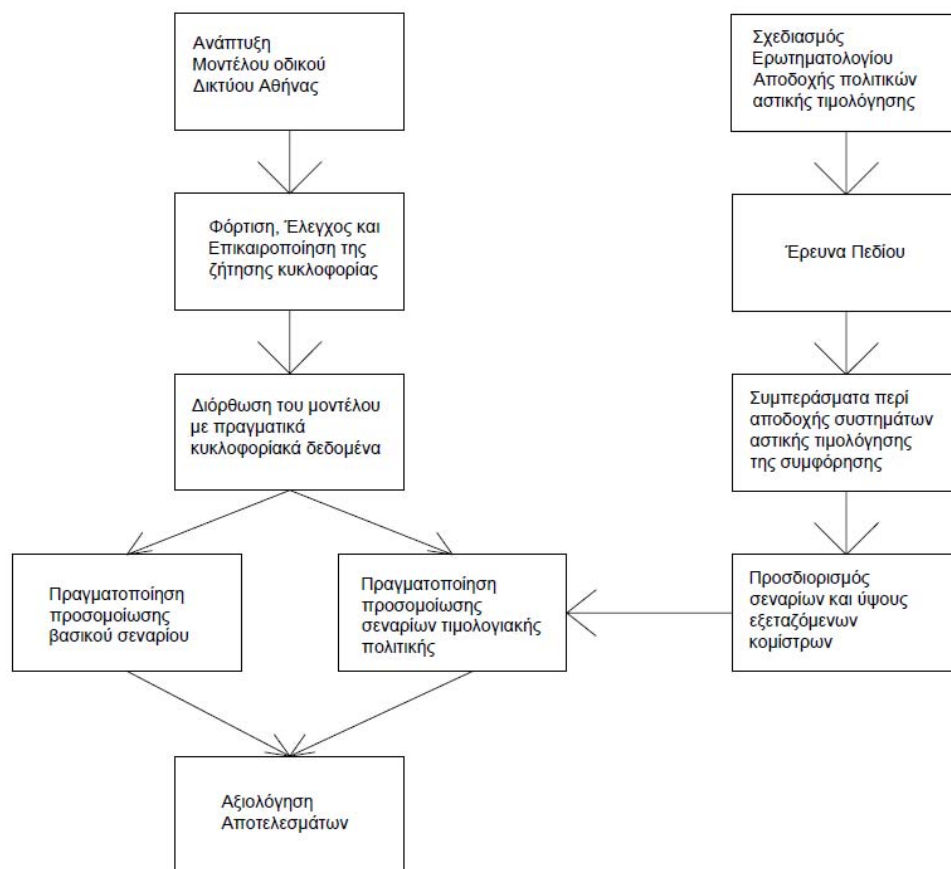
- Οι οδηγοί πρέπει να προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τον χρόνο που διαρκεί η μετακίνηση τους προσπαθώντας κάθε φορά να κάνουν την συντομότερη σε μήκος διαδρομή.
- Οι οδηγοί πρέπει να προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τον χρόνο που διαρκεί η μετακίνησή τους προσπαθώντας να διαλέγουν τις οδούς οι οποίες έχουν όσο το δυνατό μικρότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Με βάση τα παραπάνω, το λογισμικό εξετάζει σε κάθε διαδρομή τη στάθμη εξυπηρέτησης και το φόρτο των δρόμων κατά μήκος της διαδρομής. Τα αποτελέσματα από αυτή την ανάλυση των μετακινήσεων συνθέτουν ένα σύνολο από ζευγάρια στάθμης εξυπηρέτησης και φόρτου τα οποία βρίσκονται σε ισορροπία. Η στάθμη εξυπηρέτησης ενός δρόμου στο λογισμικό προσομοίωσης είναι συνάρτηση της χρήσης του. Για τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις φόρτου και καθυστέρησης προκειμένου να εκφραστεί ο χρόνος που κάνει ένα όχημα να διανύσει το δρόμο συναρτήσει του όγκο οχημάτων που τον διατρέχει (TSS, 2013).



Σχήμα 1. Ψηφιοποιημένο δίκτυο

Τα αποτελέσματα των ερωτηματολογίων(Πίνακας 1) ενσωματώθηκαν στο λογισμικό Aimsun με τον παρακάτω τρόπο: Αρχικά, εντοπίστηκαν στο μοντέλο τα κεντροειδή εκείνα, που είτε βρίσκονταν εντός δακτυλίου, είτε είχαν τουλάχιστον μία σύνδεση εντός δακτυλίου. Ο Π/Π που προκύπτει προσαρμόζεται ανάλογα με τη μείωση της ζήτησης για μετακινήσεις ανά σενάριο τιμολόγησης. Για παράδειγμα, για κόμιστρο 0.5€, η μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ. ήταν 30.3%, πράγμα 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). Με τον τρόπο αυτό προκύπτει για κάθε ένα σενάριο, ένας διαφορετικός πίνακας προέλευσης προορισμού που θα χρησιμοποιηθεί στην προσομοίωση.



Σχήμα 2. Διάγραμμα Ροής Εργασίας

Στη συνέχεια έγινε η προσομοίωση της πρόθεσης πραγματοποίησης εναλλακτικής διαδρομής, σε περίπτωση που η διαδρομή του ερωτώμενου για προορισμό εκτός δακτυλίου, γινόταν μέσω αυτού. Αυτό επετεύχθη με τον εξής τρόπο: Αρχικά, ο τροποποιημένος Π/Π χωρίστηκε σε δύο. Καθένας από τους δύο πίνακες προορισμού που δημιουργήθηκαν περιείχε ένα ποσοστό του αρχικού πίνακα. Για παράδειγμα για τη διαμόρφωση του Σεναρίου Α όπου το 3.77% των χρηστών θα πραγματοποιούσαν εναλλακτική διαδρομή εκτός δακτυλίου, ο αρχικός πίνακας Π/Π χωρίστηκε σε έναν πίνακα που περιείχε τους φόρτους των κεντροειδών



σε ποσοστό 3.77%(Rerouting) και έναν δεύτερο που περιείχε τους φόρτους των κεντροειδών πολλαπλασιασμένους σε ποσοστό 96.23%επι του αρχικού.

Στη συνέχεια απαγορεύτηκε η κίνηση των αυτοκινήτων τύπου «Rerouting»σε όλες τις εισόδους του δακτυλίου. Έτσι οι οδηγοί «Rerouting» οι οποίοι χρησιμοποιούσαν οδικό δίκτυο εντός δακτυλίου για μετακινήσεις με προορισμό εκτός δακτυλίου, διάλεγαν μία εναλλακτική διαδρομή εκτός δακτυλίου.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν πέντε διαφορετικές ζητήσεις κυκλοφορίας. 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 Π/Π του μοντέλου χωρίς καμία τροποποίηση, και για κάθε ένα εναλλακτικό σενάριο δημιουργήθηκε η ζήτηση κυκλοφορίας που περιείχε τους δύο πίνακες προέλευσης προορισμού που δημιουργήθηκαν με τη διαδικασία που επιγράφηκε παραπάνω. Σημειώνεται ότι στις φορτίσεις του δικτύου για τα διαφορετικά σενάρια προστίθεται και η σταθερή φόρτιση (σταθεροί πίνακες προορισμού) που αφορά ταξί, φορτηγά, λεωφορεία, και δίκυκλα.

Οι συνθήκες που επιλέχθηκαν για το πείραμα είναι μία καθημερινή (Τρίτη)της Άνοιξης, με ηλιοφάνεια, από τις 8:00 έως τις 9:00 το πρωί. Η σύγκριση των σεναρίων γίνεται ως προς το Βασικό Σενάριο που αντιστοιχεί στην υφιστάμενη κυκλοφορία στο δίκτυο της Αττικής.

Από την ανάλυση των παραπάνω στοιχείων που εισάχθηκαν στο λογισμικό προσομοίωσης προέκυψαν τα αποτελέσματα του Πίνακα 2. Τα στοιχεία που επιλέχθηκαν από τα αποτελέσματα, σαν μετρικές απόδοσης είναι:

- Ο φόρτος των οχημάτων μετρημένος σε οχήματα/ώρα (flow)
- Η καθυστέρηση που αντιλαμβάνεται ένα όχημα του προγράμματος προσομοίωσης προκειμένου να διασχίσει μία οδό, ή στροφή.
- Ο συντελεστής V/C (Volume/Capacity) ενός δρόμου που εκφράζεται σε όγκο οχημάτων/χωρητικότητα του δρόμου.

Πίνακας 2. Πίνακας μέσω των όρων αποτελεσμάτων σεναρίων

		Σύνολο	Αρτηρίες	Σηματοδοτούμενες οδοί	Μη σηματοδοτούμενες οδοί
Βασικό Σενάριο	Φόρτος	1367.02	3256.93	2123.58	901.77
	Συντελεστής V/C	75.98	68.2	77.3	76.23
	Καθυστέρηση	2.91	0.72	2.88	3.12
Σενάριο Α	Φόρτος	1308.01	3202.59	2026.81	864.13
	Συντελεστής V/C	72.41	66.56	73.92	72.4
	Καθυστέρηση	2.15	0.67	2.17	2.27
Σενάριο Β	Φόρτος	1291.64	3174.8	2004.18	851.15
	Συντελεστής V/C	71.32	66.72	72.93	71.15
	Καθυστέρηση	1.92	0.68	1.85	2.07
Σενάριο Γ	Φόρτος	1244.13	3109.46	1913.85	821.21
	Συντελεστής V/C	68.69	65.03	69.74	68.64
	Καθυστέρηση	1.44	0.59	1.44	1.52
Σενάριο Δ	Φόρτος	1238.37	3119.71	1909.14	813.55
	Συντελεστής V/C	68.16	65.14	69.85	67.8
	Καθυστέρηση	1.39	0.59	1.37	1.46



Τα αποτελέσματα των σεναρίων μπορούσαν εναλλακτικά να παρουσιαστούν και με τη μορφή χάρτη. Ένας τέτοιος χάρτης φαίνεται στο Σχήμα 3 που δείχνει την καθυστέρηση ανά οδό.



Σχήμα 3. Επικρατούσες καθυστερήσεις στη περιοχή του Κέντρου των Αθηνών κατά το Βασικό Σενάριο

Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι μείωση των μεγεθών V/C, φόρτου και καθυστέρησης καθώς αυξάνεται το κόμιστρο. Η μείωση αυτών των μεγεθών φαίνεται καλύτερα στον Πίνακα 3 όπου παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα για το σύνολο των οδών εντός δακτυλίου. Η μεταβολή μετράται ως η σχετική διαφορά επί τοις εκατό του εξεταζόμενου μεγέθους σε σχέση με το βασικό σενάριο

Πίνακας 3. Συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων

Οδοί εντός δακτυλίου	Σχετική διαφορά % Φόρτου οδών	Σχετική διαφορά % συντελεστή V/C	Σχετική διαφορά % καθυστέρησης
Σενάριο Α (0.5 €)	-3.90%	-4.64%	-26.02%
Σενάριο Β (1.0 €)	-5.09%	-6.08%	-33.60%
Σενάριο Γ (1.5 €)	-8.58%	-9.54%	-50.28%
Σενάριο Δ (3.0 €)	-8.99%	-10.24%	-51.91%



Ο Πίνακας 4 περιέχει τις μεταβολές του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης σε σχέση με το βασικό σενάριο σε ποσοστό επί τοις εκατό ανά είδος οδού. Οι αρτηρίες περιλαμβάνουν οδούς με μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας τα 80 χλμ/ώρα, μέγιστος φόρτος λωρίδας 2100 οχήματα/ώρα και πλάτος λωρίδας 3 μέτρα. Οι σηματοδοτούμενες οδοί αφορούν οδικά τμήματα με μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας 60 χλμ/ώρα, μέγιστο φόρτο λωρίδας 1000 οχήματα/ώρα και πλάτος λωρίδας 3 μέτρα. Οι μη σηματοδοτούμενες οδοί περιελάμβαναν οδούς με μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας 50 χλμ/ώρα, μέγιστο φόρτο ανά λωρίδα 850 οχήματα/ώρα και πλάτος λωρίδας 3 μέτρα.

Πίνακας 4. Συγκριτικά αποτελέσματα ανά είδος οδού εντός δακτυλίου

Είδος οδού	Σχετική διαφορά %	Σενάριο A	Σενάριο B	Σενάριο Γ	Σενάριο Δ
Αρτηρία	Φόρτος	-1.7%	-2.5%	-4.5%	-4.2%
	Καθυστέρηση	-7.5%	-5.7%	-17.9%	-17.6%
	Συντελεστής V/C	-1.6%	-1.4%	-3.8%	-3.7%
Σηματοδοτούμενες οδοί	Φόρτος	-4.6%	-5.9%	-10.2%	-10.0%
	Καθυστέρηση	-24.6%	-35.7%	-50.2%	-52.2%
	Συντελεστής V/C	-4.4%	-5.7%	-9.8%	-9.6%
Μη σηματοδοτούμενες οδοί	Φόρτος	-4.7%	-6.4%	-9.8%	-10.9%
	Καθυστέρηση	-27.1%	-33.7%	-51.1%	-52.7%
	Συντελεστής V/C	-5%	-6.7%	-10.0%	-11.0%

Από τον Πίνακα 4 προκύπτει ότι το είδος οδού στο οποίο προκύπτει η μικρότερη βελτίωση όσον αφορά στα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά και τη συμφόρηση λόγω της μείωσης της ζήτησης I.X. στο κέντρο της Αθήνας είναι οι κεντρικές αρτηρίες, όπως η Λεωφόρος Βουλιαγμένης, Βασ. Σοφίας, Μεσογείων, Βασ. Κωνσταντίνου, Καρέα και Ηλιουπόλεως. Η περιορισμένη αυτή βελτίωση οφείλεται στον τρόπο επιλογής διαδρομής από τους οδηγούς. Στην παρούσα εργασία, η επιλογή διαδρομής γίνεται με βάση δύο κριτήρια: το μήκος και τον χρόνο διαδρομής. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι αρτηρίες να φορτίζονται με προτεραιότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες οδούς.

Η παρούσα έρευνα, όπως είναι φυσικό εμπεριέχει τις αβεβαιότητες και τα μειονεκτήματα της μακροσκοπικής προσομοίωσης. Ο τρόπος με τον οποίο το λογισμικό προσομοίωσης αναθέτει τον φόρτο στα κεντροειδή στην περιοχή ενδιαφέροντος αποτελεί αντικείμενο προς συζήτηση. Ακόμη, ακολουθώντας τους κανόνες για να αναθέσει όγκο οχημάτων στις οδούς, το λογισμικό, δημιουργεί ανελαστική ζήτηση κυκλοφορίας και δεν εξετάζει περιπτώσεις ατυχημάτων ή εκτάκτων περιστατικών. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν, δείχνουν να συμβαδίζουν με αντίστοιχα του εξωτερικού.

5. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια ποσοτικοποίησης της επιρροής στρατηγικών τιμολόγησης κορεσμού στην κυκλοφορία στο κέντρο της Αθήνας με τη βοήθεια λογισμικού προσομοίωσης. Για το λόγο αυτό, αξιολογήθηκε η επιρροή τεσσάρων διαφορετικών σεναρίων τιμολόγησης στις υφιστάμενες κυκλοφοριακές συνθήκες. Συνολικά, το σύστημα τιμολόγησης της συμφόρησης σύμφωνα με την εργασία κρίνεται αποτελεσματικό, γιατί

οδηγεί σε μείωση του φόρτου των οχημάτων, της καθυστέρησης των μετακινήσεων και του συντελεστή V/C στο οδικό δίκτυο εντός του δακτυλίου της Αθήνας. Η μείωση αυτή είναι της τάξης του 10% κατά μέσο όρο, ποσοστό συμβατό με τη βιβλιογραφία και πιο συγκεκριμένα με τη μείωση που έχει παρουσιαστεί στην περίπτωση του Λονδίνου.

Ακόμα, προκύπτει ότι η μείωση του φόρτου, του συντελεστή V/C και της καθυστέρησης στην περίπτωση επιβολής υψηλού κομίστρου (3 €) είναι δυσανάλογη με τις αντίστοιχες μειώσεις για χαμηλότερα κόμιστρα. Όταν το κόμιστρο αυξάνεται κατά 1,5 € οι μειώσεις των στοιχείων της κυκλοφορίας αυξάνονται μόλις κατά 4.55%, 6.81% και 3.13%. Από αυτό συμπεραίνεται ότι ένα μεγάλο ποσοστό των ερωτηθέντων που απάντησαν ότι θα χρησιμοποιούσαν το δακτύλιο στην περίπτωση του κομίστρου 1.5 €, θα έδιναν και 3.0 €. Δηλαδή για τιμή κομίστρου μεγαλύτερη του 1.5 €, η πλειοψηφία των χρηστών είναι ανελαστικοί στην επιλογή του τρόπου μετακίνησης τους. Αυτοί μπορεί να είναι επαγγελματίες οδηγοί, οδηγοί που χρησιμοποιούν το Ι.Χ. τους για μέσο μετακίνησης προς την εργασία τους, ή οδηγοί που έχουν πολύ υψηλό εισόδημα (>2,500 €). Άρα εάν εφαρμοζόταν ένα σύστημα τιμολόγησης της συμφόρησης με ύψος κομίστρου 1.5 € θα ήταν σχεδόν εξίσου αποτελεσματικό στη μείωση της κυκλοφορίας στο κέντρο της Αθήνας, με ένα σύστημα με ύψος κομίστρου 3 €.

Προκειμένου όμως να κριθεί ολόπλευρα ένα ΣΑΤ πρέπει να κριθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον που ενδεχομένως θα επιφέρει η εφαρμογή του. Κρίνεται απαραίτητη η σύνδεση των αποτελεσμάτων με τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην πόλη της Αθήνας, μέσω της εξομάλυνσης των κυκλοφοριακών συνθηκών και πιο συγκεκριμένα των ταχυτήτων κυκλοφορίας, αλλά και μέσω κινήτρων για αγορά φιλικότερων προς το περιβάλλον οχημάτων προκειμένου να ενταχθούν στην κατηγορία που απαλλάσσεται από την χρέωση.

Ακόμη, κρίνεται σκόπιμη η αξιολόγηση των παραπάνω σεναρίων μέσω Δυναμικής Κυκλοφοριακής Ανάλυσης (μικροσκοπική προσομοίωση) με στόχο πιο λεπτομερειακή και ρεαλιστική αναπαράσταση της κυκλοφοριακής ροής και της διαδικασίας επιλογής διαδρομής από τους χρήστες.

Τέλος, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας εξετάστηκε ένα σύστημα τιμολόγησης με σταθερό κόμιστρο για κάθε είδος οχήματος, ώρα της ημέρας, και ανεξαρτήτου φόρτου εντός δακτυλίου. Κρίνεται σκόπιμο να μελετηθεί ένα σύστημα τιμολόγησης με μεταβλητή τιμή κομίστρου, εξαρτώμενη από το είδος οχήματος, την ώρα, την ημέρας καθώς και το φόρτο των οχημάτων εντός του δακτυλίου σε πραγματικό χρόνο.

6. Βιβλιογραφία

De Palma, A., & Lindsey, R. (2011). Traffic congestion pricing methodologies and technologies. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(6), 1377-1399

Elliason, J et al. (2008). *Lessons from the Stockholm Congestion Charging Trial*. *Transport Policy*, 15(6), 395-404.

Eliasson, J., & Jonsson, L. (2011). *The unexpected "yes": Explanatory factors behind the positive attitudes to congestion charges in Stockholm*. *Transport Policy*, 18(4), 636-647.

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

Hamilton, C., & Eliasson, J. (2012). *Decisive factors for the acceptability of congestion pricing*. In C. Hamilton (Ed.), *Implementing Road Pricing: Standards, Institutions, Costs, and Public Acceptance*, Doctoral dissertation. Centre for Transport Studies, KTH Royal Institute of Technology.

Hårsman, B., & Quigley, J. M. (2010). *Political and public acceptability of congestion pricing: Ideology and self-interest*. *Journal of Policy Analysis and Management*, 29(4), 854–874.

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.

Kepaptsoglou, K., Karlaftis, M. G., Gkotsis, I., Vlahogianni, E., & Stathopoulos, A. (2014). *Urban Regeneration in Historic Downtown Areas: An Ex-Ante Evaluation of Traffic Impacts in Athens, Greece*. *International Journal of Sustainable Transportation*, forthcoming.

Milioti, C., Spyropoulou, I., & Karlaftis, M. (2008). *Drivers stated preferences towards road pricing: the case of Athens*. In WSEAS International Conference on Urban Planning and Transportation, Greece

Schade, J., & Schlag, B. (2003). *Acceptability of road user charging: Meeting the challenge*. In J. Schade & B. Schlag (Eds.), *Acceptability of Transport Pricing Strategies*. Pergamon.

Rentziou, A., Milioti, C., Gkritza, K., & Karlaftis, M. G. (2010). *Urban road pricing: Modeling public acceptance*. *Journal of Urban Planning and Development*, 137(1), 56-64.

Transport for London-TfL (2008). *Congestion Charging: Sixth Annual Impacts Monitoring Report*. London, accessed at: <https://www.tfl.gov.uk/cdn/static/cms/documents/central-london-congestion-charging-impacts-monitoring-sixth-annual-report.pdf>.

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) *Aimsun Macroscopic Modelling Manual v8*, 77-80

Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων. (2005). *Οι θέσεις του Συλλόγου Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων για τη εφαρμογή Αστικών Διοδίων*.