ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης

Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής

Εκτίμηση των επιπτώσεων της παραβατικότητας στη στάθμευση με χρήση προσομοίωσης

Διπλωματική Εργασία

Κλαδευτήρας Μάρκος

Επιβλέπων: Κ. Αντωνίου, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη Διπλωματική Εργασία μου, με την οποία ολοκληρώνω τις σπουδές μου στη Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αντικείμενο της μελέτης αποτελεί «η εκτίμηση των επιπτώσεων της παραβατικότητας στη στάθμευση με χρήση προσομοίωσης». Η επιλογή του θέματος αυτού προέκυψε ύστερα από προσωπικό ενδιαφέρον για το φαινόμενο της παράνομης στάθμευσης και της εκτίμησης των επιπτώσεων αυτού, και διαμορφώθηκε ύστερα από αρκετή σκέψη και συζήτηση με τον επιβλέποντα καθηγητή.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας αρχικά, αλλά και των σπουδών μου γενικότερα.

Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Κωνσταντίνο Αντωνίου, Επίκουρο Καθηγητή του Ε.Μ.Π., για το άριστο κλίμα συνεργασίας και το χρόνο που αφιέρωσε συμβάλοντας καθοριστικά στην επίλυση όλων των προβληματισμών μου και στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Dr. Qi Yang και τον Dr. Ramachandran Balakrishna για τη βοήθεια τους σε οποιοδήποτε τεχνικό εμπόδιο παρουσιάστηκε κατά τη χρήση του λογισμικού TransModeler.

Ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω και στις κυρίες Βελαώρα Βασιλική και Κωνσταντινίδου Γεωργία για το χρόνο που αφιέρωσαν διορθώνοντας γλωσσικά λάθη.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές του Εργαστηρίου Συγκοινωνιακής Τεχνικής, αλλά και όλης της Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών για τις επιστημονικές βάσεις που μου έδωσαν όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη στήριξη και την υπομονή που έδειξαν καθ’όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων της παραβατικότητας στη στάθμευση με χρήση προσομοίωσης. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού TransModeler της Caliper και με βάση τις επιπτώσεις που έχει η στάση και η στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος σε βασικά κυκλοφοριακά μεγέθη (μέση ταχύτητα, καθυστέρηση και χρόνο σε στάση). Στόχος της εργασίας αποτέλεσε η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων αυτών, αλλά και των οφελειών που θα προκύψουν στα μεγέθη αυτά όταν η παραβατικότητα αυτή σταδιακά μειωθεί.

Αρχικά, παρουσιάζεται μία εισαγωγή κατά την οποία σημειώνεται ο σκοπός της εργασίας και παραθέτονται βασικά κυκλοφοριακά στοιχεία για την πόλη της Αθήνας. Πραγματοποιείται μία ταξινόμηση των χώρων στάθμευσης και παρουσιάζονται οι υπεύθυνοι φορείς για τον έλεγχο των θέσεων στάθμευσης επί της οδού στην Ελλάδα. Ακολουθεί ο ορισμός της παράνομης στάθμευσης που μελετάται στην παρούσα εργασία σύμφωνα με τον ΚΟΚ που ισχύει στην Ελλάδα και σε αλλοδαπές χώρες. Τέλος, παρουσιάζεται η δομή της εργασίας.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με θέματα στάθμευσης. Το κεφάλαιο αυτό χωρίζεται σε τρεις ενότητες. Αρχικά, παρουσιάζονται οι πολιτικές και τα μέτρα διαχείρησης της στάθμευσης. Σε αυτά καταγράφονται οι απαιτούμενες θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού (off-street parking requirements), οι θέσεις στάθμευσης της οδού με περιορισμούς (restricted on-street parking), τα έξυπνα συστήματα διαχείρησης της στάθμευσης (smart parking management technologies) και η επιβολή των περιορισμών σχετικά με τη στάθμευση (parking enforcement). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται μοντέλα προσομοίωσης (simulation models). Η κατηγοριοποίησή τους γίνεται με βάση την κλίμακα και χωρίζονται σε μακροσκοπικά (macroscopic), μεσοσκοπικά (mesoscopic) και μικροσκοπικά (microscopic). Στην τελευταία ενότητα, παρουσιάζεται ο τρόπος που εκτιμήθηκε σε κάθε περίπτωση η επίπτωση των διαφόρων θεμάτων στάθμευσης στο οδικό δίκτυο.

Στο τρίτο μέρος παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε κατά την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας. Το πλαίσιο αυτό αναπτύσεται σε δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζεται αναλυτικά η προτυποποίηση του προβλήματος. Αναλύεται η κατασκευή του οδικού δικτύου στο λογισμικό και το θέμα μοντελοποίησης της νόμιμης στάθμευσης. Αναλυτικά παρουσιάζεται η μοντελοποίηση της στάσης και της στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος και οι παράμετροι που υπεισέρχονται σε αυτό. Σημειώνεται η εκτίμηση των μεγεθών που επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση του φαινομένου και η επαναληπτική διαδικασία που απαιτείται για τον υπολογισμό τους. Καταγράφεται επίσης, η

αρχική φόρτιση του οδικού δικτύου και η προτυποποίηση του δικτύου των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζεται η συλλογή των δεδομένων και η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων, από το σύνολο των διαθέσιμων, για την περιοχή μελέτης. Η περιοχή μελέτης αποτελεί ένα μέρος της γειτονιάς του Κολωνακίου του Δήμου της Αθήνας και για αυτή καταγράφονται η δημιουργία του οδικού δικτύου και οι μετρήσεις πεδίου που πραγματοποιήθηκαν (και ο τρόπος που αξιοποιήθηκαν). Επίσης, στοιχεία σχετικά με τη νόμιμη στάθμευση αλλά και με το μοτίβο παράνομης στάθμευσης που μελετήθηκε, καθώς και το δίκτυο Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε για την αξιολόγηση του φαινομένου. Η ανάλυση αυτή χωρίστηκε σε δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα γίνεται η εκτίμηση της στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος, μέσα από ένα μεγάλο εύρος σεναρίων, σε ένα οδικό δίκτυο αναφοράς μίας λωρίδας ανά κατεύθυνση. Στη δεύτερη ενότητα πραγματοποιείται η εκτίμηση των επιπτώσεων του φαινομένου, από μία σειρά σεναρίων, σε ένα οδικό δίκτυο αναφοράς δύο λωρίδων ανά κατεύθυνση. Στα σενάρια και των δύο ενοτήτων θεωρούνται ως μεταβαλλόμενα μεγέθη ο κυκλοφοριακός φόρτος του δικτύου και η πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Τα αποτελέσματα των σεναρίων κάθε ενότητας παρουσιάζονται αναλυτικά και καταγράφονται τάσεις και συσχετίσεις.

Στο πέμπτο μέρος της εργασίας παρουσιάζεται η εκτίμηση των αποτελεσμάτων της στάσης και της στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος στην περιοχή μελέτης (Κολωνάκι). Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε για ένα εύρος κυκλοφοριακών φόρτων και προθέσεων στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Ο κυκλοφοριακός φόρτος που δοκιμάστηκε ήταν ίσος, αυξημένος και μειωμένος σε σχέση με τον παρατηρούμενο στο πεδίο. Η πρόθεση έλαβε τιμή μηδενική (κανένα παράνομα όχημα), παρατηρούμενη και μειωμένη της παρατηρούμενης. Από τα παραπάνω προέκυψαν εννέα διαφορετικά σενάρια, των οποίων εκτιμήθηκαν τα αποτελέσματα και καταγράφηκαν τάσεις και συσχετίσεις. Σκοπός των πολλαπλών σεναρίων ήταν η κατά το δυνατόν βέλτιστη εκτίμηση των επιπτώσεων του φαινομένου, καθώς και η εκτίμηση των επιπτώσεων αν η παραβατικότητα περιοριστεί χωρίς να εξαλειφθεί το φαινόμενο.

Κατά το τελευταίο μέρος παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας και πραγματοποιείται μία γενίκευση των αποτελεσμάτων σε δύο διαφορετικές χωρικές ενότητες, (α) του Δήμου Αθηναίων και (β) της Περιφέρειας της Αθήνας. Στο πλαίσιο της γενίκευσης αυτής γίνεται και μία εκτίμηση των οικονομικών αλλά και περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού του μοτίβου παράνομης στάθμευσης. Τέλος, προτείνονται τρόποι και μέθοδοι για την περαιτέρω μελέτη και ανάλυση του φαινομένου με χρήση προσομοίωσης.

ABSTRACT

The objective of this study is to assess the impact of parking violations using microscopic simulation. TransModeler Simulation software from Caliper Corporation was used, in order to estimate the impacts of double-parking violations in main traffic indicators (average speed, delay and stopped time). The goal of this study was to estimate these impacts, as well as the benefits that will arise by the containment of the phenomenon.

Initially, an introduction is presented. The purpose of the study and some main traffic data for the city of Athens, Greece are displayed. A classification of parking spots is made, as well as a reference to the authorities responsible for parking violations according to the Greek legislation. Additionally, the definition of double-parking according to the Greek and foreign Highway Codes is underlined. At the end of this part, the main components and the structure of the study are presented.

At the second part the literature review regarding parking issues is undertaken. This part is organized in three sections. In the first section policies and measures regarding parking are analyzed. The main policies and measures are off-street parking requirements, restricted on-street parking, smart parking management technologies and parking enforcement. In the second part simulation models used for parking issues are presented. A classification of those based on the scale and the level of detail is made. According to this classification, simulation models are divided into macroscopic, mesoscopic and microscopic. In the last section, the way of estimating the impacts of parking related issues is presented.

At the third part, the main methodological components that were used in this study are analyzed. These methodological components are separated in to two sections. In the first section the modeling of double-parking is presented. The construction of the road network, the modeling of legal parking and cruising for parking are presented. The basic parameters of double-parking, the results that were used to assess the impacts of this type of illegal parking and how these results were extracted using a repetition processes are displayed as well. Moreover, the initial state of the network and the modeling of Public Transit systems are also introduced. In the second part the process of collecting the data for the area of the case study is presented. The area is a part of Kolonaki, a downtown neighborhood of the city of Athens, in which data related to the road network were collected. In addition, field measurements were carried out and their results regarding traffic volumes were processed. Also, data regarding the legal parking maneuvers, the double-parking characteristics for the area and the Public Transit system were collected and analyzed.

Thereafter, the sensitivity analysis is described, in order to assess the double-parking phenomenon. The sensitivity analysis consists of two sections. The first section deals with the impacts of double-parking when it occurs in one-lane street segments per direction. The second section deals with the impact of the phenomenon when it occurs in two-lane street segments per direction. For every case a number of scenarios were tested. The parameters altered in every scenario were the traffic volume and the intention of double-parking. The results are presented for every case, and trends as well as correlations are underlined.

In the fifth part the impacts of double-parking from the case study are presented. Results were estimated and presented for different traffic volumes and intentions. The recorded traffic volume, as well as an increased and a decreased one were tested. The intention added was the one collected in the field, a reduced one and a zero intention (and hence no double-parking). From these alternatives, a number of nine scenarios came up and results were calculated and correlated. Alternative scenarios were tested in order to cover most cases and to show what the outcome of double-parking can be if the phenomenon is confined or eliminated.

In the last part of the study conclusions regarding the methodology, the sensitivity analysis and the case study are presented. Moreover, the results from the case study are generalized in order to indicate how double-parking affects the close district of the Municipality of Athens, as well as the whole urban periphery of Athens. This generalization of the results also estimates the impacts of the phenomenon from an economical and an environmental perspective. Finally, a discussion regarding further study and research in the subject using simulation is being made.

ΠΕΡΙΟΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ iii
ABSTRACT vi
ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ xii
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ xviii
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ xviii
ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ xx
ΛΙΣΤΑ ΧΑΡΤΩΝ xxi
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
1.1. ΣΚΟΠΟΣ 1
1.2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΘΗΝΑ 1
1.3. ΕΙΔΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ 2
1.4. ΠΑΡΑΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 5
1.5. ΔΟΜΗ 7
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 8
2.1. ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ 8
2.1.1. Θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού (off-street parking requirements) 8
2.1.2. Θέσεις στάθμευσης επί της οδού με περιορισμούς (restricted on-street parking) 10
2.1.3. Έξυπνα συστήματα διαχείρισης θέσεων στάθμευσης (Smart parking management technologies) 17
2.1.4. Επιβολή των περιορισμών σχετικά με τη στάθμευση (parking enforcement) 18
2.2. Η ΣΤΑΘΜΕΥΣΗ ΣΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (SIMULATION MODELS) 20
2.2.1. Μακροσκοπικά μοντέλα (Macroscopic Models) 22
2.2.2. Μεσοσκοπικά μοντέλα προσομοίωσης (mesoscopic simulation models) 32
2.2.3. Μικροσκοπικά μοντέλα προσομοίωσης (microscopic simulation models) 38
2.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ 51

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ 56
3.1. ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ 56
3.1.1. Οδικό δίκτυο 56
3.1.2. Νόμιμη στάθμευση 58
3.1.3. Στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 60
3.1.4. Συσχέτιση πρόθεσης- πιθανότητας 64
3.1.5. Αποτελέσματα 70
3.1.6. Επαναληπτική διαδικασία 72
3.1.7. Αρχική κατάσταση δικτύου 76
3.1.8. Μέσα Μαζικής Μεταφοράς 76
3.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 77
3.2.1. Επιλογή περιοχής μελέτης 78
3.2.2. Οδικό δίκτυο 80
3.2.3. Μετρήσεις πεδίου 81
3.2.4. Νόμιμη στάθμευση 84
3.2.5. Μέσα Μαζικής Μεταφοράς 86
3.2.6. Κυκλοφοριακός φόρτος 90
3.2.7. Στάση ή στάθμευση παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 93
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ 97
4.1. ΜΙΑ ΛΩΡΙΔΑ ΑΝΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ 97
4.1.1. Οδικό δίκτυο 97
4.1.2. Σύσταση κυκλοφορίας 98
4.1.3. Παράμετροι στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 99
4.1.4. Μελέτη 99
4.1.5. Ανάλυση 122
4.2. ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΕΣ ΑΝΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ 129
4.2.1. Οδικό δίκτυο 129
4.2.2. Σύσταση κυκλοφορίας 129
4.2.3. Παράμετροι στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 130
4.2.4. Μελέτη 131
4.2.5. Ανάλυση 184
5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ 193

5.1. ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ 193
5.2. ΜΕΙΩΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ 195
5.3. ΑΥΞΗΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ..... 197
5.4. ΑΝΑΛΥΣΗ..... 199
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ..... 203
6.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ 203
6.2. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ..... 204
6.3. ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ 204
6.3.1. Δήμος Αθηναίων..... 205
6.3.2. Περιφέρεια Αθηνών 208
6.4. ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ 211
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 214

ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 1: Οχήματα που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 1% 66

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 2: Ποσοστό οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 1% .. 66

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 3: Οχήματα που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 2% 67

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 4: Ποσοστό οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 2% .. 67

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 5: Οχήματα που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 5% 68

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 6: Ποσοστό οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 5% .. 68

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 7: Οχήματα που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 10% 69

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 8: Ποσοστό οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 10% 69

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 9: Μέση τιμή της μέσης ταχύτητας (Δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση, πρόθεση 5%, 500 οχήματα ανά ώρα) 73

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 10: Τυπική απόκλιση του χρόνου σε στάση (Δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση, πρόθεση 5%, 800 οχήματα ανά ώρα) 74

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 11: Μέση τιμή της καθυστέρησης (Μία λωρίδα ανά κατεύθυνση, πρόθεση 5%, 300 οχήματα ανά ώρα) 74

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 12: Τυπική απόκλιση της μέση ταχύτητας (100% παρατηρούμενου κυκλοφοριακού φόρτου, μειωμένη παραβατικότητα) 75

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 13: Μέση τιμή της καθυστέρησης (80% παρατηρούμενου κυκλοφοριακού φόρτου, μηδενική παραβατικότητα) 75

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 14: Διασπορά μεταξύ των κυκλοφοριακών φόρτων του πεδίου και της προσομοίωσης (25η επανάληψη) 93

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 1: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 102

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 2: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 103

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 3: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 104

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 4: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 107

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 5: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 108

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 6: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 109

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 7: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 2% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 112

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 8: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 2% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 113

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 9: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 2% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 114

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 10: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 116

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 11: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 117

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 12: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 118

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 13: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 120

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 14: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (μία λωρίδες ανά κατεύθυνση) 121

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 15: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 122

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 16: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 124

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 17: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για την καθυστέρηση (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 126

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 18: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για το χρόνο σε στάση (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 128

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 19: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 133

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 20: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 134

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 21: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 135

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 22: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 141

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 23: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 142

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 24: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 143

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 25: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 147

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 26: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 148

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 27: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 149

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 28: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 152

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 29: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 153

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 30: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 154

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 31: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 20% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 157

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 32: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 20% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 158

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 33: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 20% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 159

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 34: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 30% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 162

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 35: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 30% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 163

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 36: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 30% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 164

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 37: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 40% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 167

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 38: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 40% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 168

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 39: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 40% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 169

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 40: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 50% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 172

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 41: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 50% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 173

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 42: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 50% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 174

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 43: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 60% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 177

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 44: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 60% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 178

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 45: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 60% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 179

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 46: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 70% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 182

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 47: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 70% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 183

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 48: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 70% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 184

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 49: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 187

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 50: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για την καθυστέρηση (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 190

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 51: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για το χρόνο σε στάση (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 192

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. 1: Η μέση ταχύτητα για τα σενάρια προσομοίωσης της μελέτης περίπτωσης 200

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. 2: Η καθυστέρηση για τα σενάρια προσομοίωσης της μελέτης περίπτωσης 201

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. 3: Ο χρόνος σε στάση για τα σενάρια προσομοίωσης της μελέτης περίπτωσης 202

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1. 1: Στάση και στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (Οδός Πλουτάρχου, Κολωνάκι) 5

ΕΙΚΟΝΑ 1. 2: Παράνομη στάθμευση παρά τω κράσπεδω (Οδός Πατριάρχου Ιωακείμ, Κολωνάκι) 6

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 1: Σύγκιση σεναρίων Northeast Cordon Charge και Focus Area Parking Charge 22

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 2: Συνολικές απώλειες κυκλοφοριακής ικανότητας και καθυστερήσεις 29

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 3: Ποσοστιαία αλλαγή της μέσης ταχύτητας (σε σύγκριση με το σενάριο βάσης) 31

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 4: Ποσοστιαία αλλαγή των ατμοσφαιρικών ρύπων (σε σύγκριση με το σενάριο βάσης) 32

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 5: Λειτουργικό κόστος οχήματος κινούμενο σε υπόγειο χώρο στάθμευσης 51

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 1: Σύσταση κυκλοφορίας κατά το στάδιο της ανάλυσης ευαισθησίας (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 99

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 2: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 100 οχήματα ανά ώρα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 105

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 3: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 200 οχήματα ανά ώρα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 105

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 4: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 2% και κυκλοφοριακό φόρτο 100 οχήματα ανά ώρα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 110

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 5: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 2% και κυκλοφοριακό φόρτο 200 οχήματα ανά ώρα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 110

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 6: Σύσταση κυκλοφορίας κατά το στάδιο της ανάλυσης ευαισθησίας (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 130

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 7: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 100 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 136

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 8: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 200 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 137

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 9: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 300 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 137

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 10: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 400 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 138

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 11: Επανάληψη που απορρίφθηκε για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 500 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 138

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 12: Επαναλήψεις που απορρίφθηκαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 600 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 139

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 13: Επανάληψη που απορρίφθηκε για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 1200 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 140

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 14: Επανάληψη που απορρίφθηκε για πρόθεση 5% και κυκλοφοριακό φόρτο 100 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 144

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 15: Επανάληψη που απορρίφθηκε για πρόθεση 5% και κυκλοφοριακό φόρτο 200 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 144

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 1: Αποτελέσματα για τον παρατηρούμενο κυκλοφοριακό φόρτο 195

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 2: Αποτελέσματα για μειωμένο κυκλοφοριακό φόρτο 197

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 3: Αποτελέσματα για αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο 199

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 1: Μείωση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση για την πρωινή ώρα αιχμής (Δήμος Αθηναίων) 206

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 2: Μείωση κόστους για την πρωινή ώρα αιχμής (Δήμος Αθηναίων) 207

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 3: Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογονανθράκων για την πρωινή ώρα αιχμής (Δήμος Αθηναίων) 207

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 4: Μείωση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση για την πρωινή ώρα αιχμής (Περιφέρεια Αθηνών) 210

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 5: Μείωση κόστους για την πρωινή ώρα αιχμής (Περιφέρεια Αθηνών) 210

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 6: Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογονανθράκων για την πρωινή ώρα αιχμής (Περιφέρεια Αθηνών) 211

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1. 1: Κύριες κατηγορίες χώρων στάθμευσης 4

ΣΧΗΜΑ 2. 1: Το μοντέλο συμπεριφοριακής μικροπροσομοίωσης 43

ΣΧΗΜΑ 3. 1: Στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση) 62

ΣΧΗΜΑ 3. 2: Προτυποποίηση της στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)..... 63

ΣΧΗΜΑ 3. 3: Στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση) 64

ΛΙΣΤΑ ΧΑΡΤΩΝ

ΧΑΡΤΗΣ 3. 1: Η περιοχή της μελέτης περίπτωσης..... 79

ΧΑΡΤΗΣ 3. 2: Σημεία πραγματοποίησης μετρήσεων..... 83

ΧΑΡΤΗΣ 3. 3: Η ελεγχόμενη στάθμευση στην περιοχή του Κολωνακίου 85

ΧΑΡΤΗΣ 3. 4: Οι στάσεις της λεωφορειογραμμής 022 (Ν. Κυψέλη- Μαράσλειος) 87

ΧΑΡΤΗΣ 3. 5: Οι στάσεις της λεωφορειογραμμής 060 (Μουσείο- Ακαδημίας- Λυκαβηττός)..... 88

ΧΑΡΤΗΣ 3. 6: Οι στάσεις της λεωφορειογραμμής 100 (Πλατεία Κουμουνδούρου- Κολωνάκι- Αγορά)..... 90

ΧΑΡΤΗΣ 3. 7: Σημεία στο οδικό δίκτυο όπου εμφανίζονται οχήματα τα οποία πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος..... 95

ΧΑΡΤΗΣ 6. 1: Περιφέρεια Αθηνών 208

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται ο σκοπός και οι στόχοι της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ενώ καταγράφονται τα βασικά κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά για το κέντρο της Αθήνας. Επίσης, παρουσιάζονται τα βασικά είδη στάθμευσης, οι εμπλεκόμενοι φορείς και ο ορισμός της στάσης και της στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Τέλος, πραγματοποείται μία συνοπτική παρουσία των κεφαλαίων που απαρτίζουν την εργασία.

1.1. ΣΚΟΠΟΣ

Σποκός της εργασίας είναι η μελέτη και εκτίμηση των επιπτώσεων της παραβατικότητας στη στάθμευση. Η μελέτη πραγματοποιείται με χρήση λογισμικού προσομοίωσης, και συγκεκριμένα του προσομοιωτή TransModeler της Caliper. Η εκτίμηση γίνεται με την επίπτωση που έχει η παράνομη στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου οχήματος σε τρία βασικά κυκλοφοριακά μεγέθη:

- Τη μέση ταχύτητα
- Την καθυστέρηση
- Το χρόνος σε στάση

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού αναπτύχθηκε ένα μεθοδολογικό πλαίσιο, πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση ευαισθησίας και εκτελέστηκε μία μελέτη περίπτωση για μία περιοχή του κέντρου της Αθήνας, όπου εμφανίζεται συστηματικά το φαινόμενο.

1.2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

Σύμφωνα με τους Milakis et al. (2008), η Αθήνα είναι μία πόλη 4 εκατομμυρίων κατοίκων και καλύπτει μία έκταση η οποία φτάνει τα 427 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Το 25% του πληθυσμού ζει και το 30% εργάζεται στο κέντρο της πόλης. Η πόλη έχει μία τυπική μονοκεντρική δομή με έντονη εναλλαγή των χρήσεων γης. Η ευρύτερη περιοχή της Αθήνας βρίσκεται σε ένα λεκανοπέδιο και περιβάλλεται από βουνά και θάλασσα, τα οποία αποτελούν εμπόδιο στην ανάπτυξη και περιορίζουν τη συνεκτικότητα των μέσων μεταφοράς.

Οι Papathanasopoulou and Antoniou (2010) αναφέρουν πως το 2007 ο δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ υπολογίστηκε για την περιοχή της Αθήνας στο 0,6 κατά κεφαλήν, και το 2010 εκτιμήθηκε στο 0,65. Το πρόβλημα της κυκλοφορίακής συμφόρησης είναι έντονο, ειδικά στην περιοχή του κέντρου. Μέτρα όπως η

ύπαρξη δακτυλίου (που τέθηκε σε ισχύ κατά τη δεκαετία του 1980) στον οποίο επιτρέπεται η είσοδος των οχημάτων στο κέντρο με βάση το λίγοντα αριθμό των πινακίδων κυκλοφορίας και είχε ως σκοπό τον περιορισμό του κυκλοφοριακού φόρτου και των ατμοσφαιρικών ρύπων, οδήγησε σε σημαντική αύξηση το δείκτη αυτό καθώς, ώθησε σε αγορά δεύτερου αυτοκινήτου. Έργα που σχεδιάστηκαν για τους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας όπως η Αττική Οδός και το σύστημα του μετρό βοήθησαν στη βελτίωση της συμφώρησης στο οδικό δίκτυο της Αθήνας ωστόσο, το πρόβλημα παραμένει εξαιρετικά έντονο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται από το Σύλλογο Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων (2008) πως το 2008 το 55% των κύριων οδικών αρτηριών κατά τις ώρες αιχμής παρουσίαζαν συμφορημένη κατάσταση, ενώ το 2012 εκτιμάται ότι αυτό το ποσοστό θα φτάσει το 95%. Καθημερινά το 2008 η ζήτηση για το οδικό δίκτυο έφτανε τις 8 εκατομμύρια διαδρομές, με το νούμερο αυτό να αυξάνεται στις 10 εκατομμύρια για το 2012. Από αυτές τις διαδρομές το 50% πραγματοποείται με αυτοκίνητο, 40% με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και 10% πραγματοποείται από πεζούς. Εκτιμάται πως 340.000 περίπου οχήματα (μεταξύ αυτών και δίκυκλα) εισέρχονται καθημερινά στο δακτύλιο του κέντρου της Αθήνας.

Η στάθμευση στο κέντρο της Αθήνας ρυθμίζεται πλέον από ένα σύστημα διάθεσης των θέσεων στάθμευσης με καταβολή κομίστρου (parking pricing). Συγκεκριμένα, και σύμφωνα με τον ιστότοπο του Δήμου Αθηνών, το σύστημα ελεγχόμενης στάθμευσης περιέχει τρείς κατηγορίες θέσεων στάθμευσης (κατοίκων, επισκεπτών και ειδικής χρήσης). Για την περίπτωση των επισκεπτών ορίζεται κόμιστρο που αυξάνεται αναλόγως με τη χρονική διάρκεια κατάληψης μίας θέσής. Υπεύθυνη για την τήρηση και αστυνόμευσή του είναι η Δημοτική Αστυνομία. Ωστόσο, η καθημερίνη ζήτηση θέσεων στάθμευσης για το κέντρο της Αθήνας εκτιμάται στις 50.000, ενώ η προσφορά των νόμιμων επί της οδού θέσεων είναι 33.000 με αποτέλεσμα την παράνομη στάθμευση 8.000 οχημάτων (Δήμος Αθηναίων, 2008).

1.3. ΕΙΔΗ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ

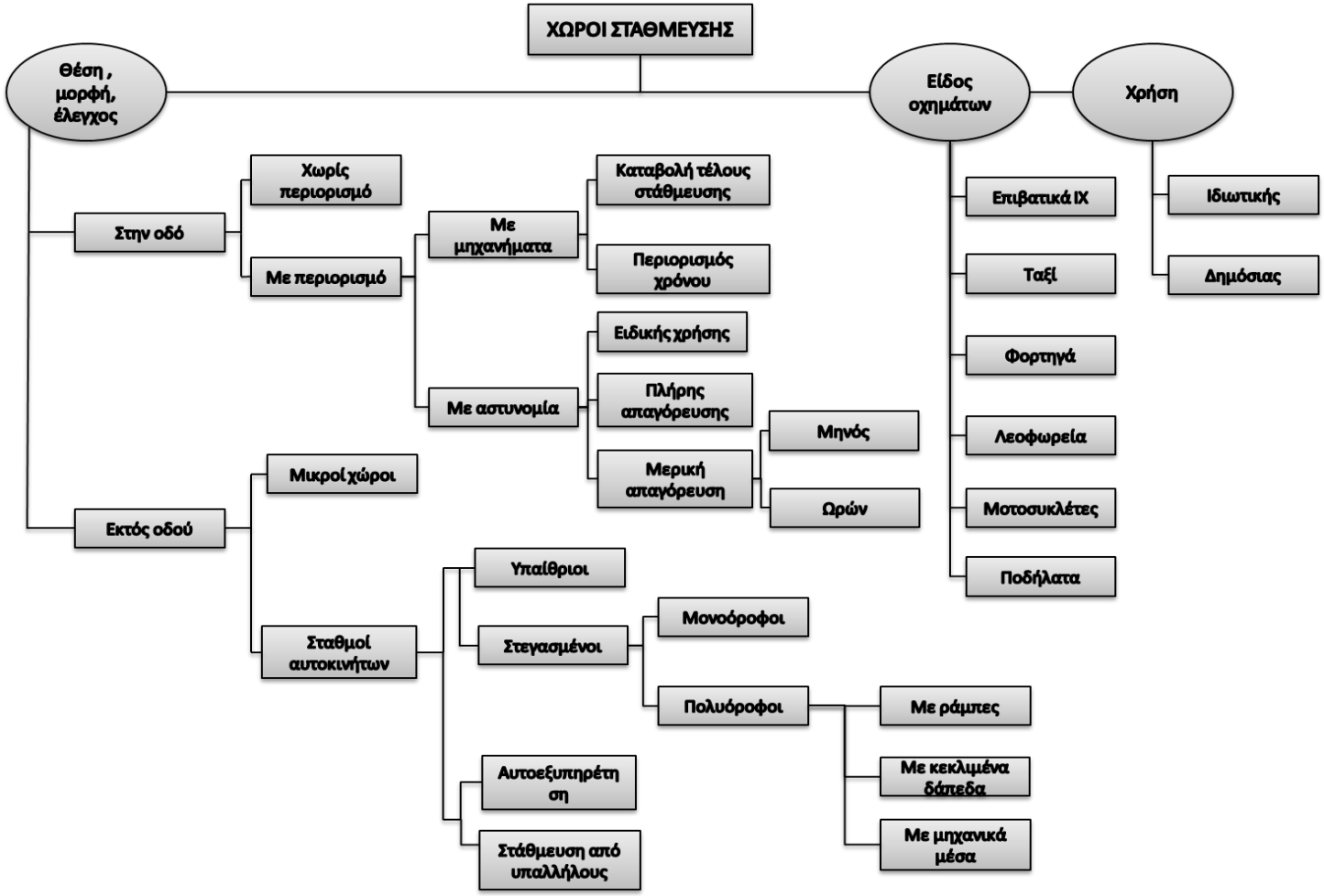
Η ταξινόμηση των χώρων στάθμευσης σύμφωνα με τους Φραντζεσκάκης κ.ά. (2002) παρουσιάζει τις παρακάτω κύριες κατηγορίες

- Ως προς τις θέσεις τους στο οδικό δίκτυο: σε χώρους επί της οδού (on street or curb parking) και εκτός της οδού (off-street parking).
- Ως προς το είδος των οχημάτων που σταθμεύουν: σε χώρους στάθμευσης για επιβατικά αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης ή ταξί, σε χώρους στάθμευσεις φορτηγών, πούλμαν, μοτοσυκλετών, ποδηλάτων κ.λ.π.

- Ως προς τη χρήση τους: σε ιδιωτικής χρήσης, που διατίθενται αποκλειστικά για μία ειδική κατηγορία οχημάτων π.χ. υπαλλήλους ή πελάτες μίας επιχείρησης και σε δημοσίας χρήσης, που χρησιμοποιούνται για το κοινό χωρίς ή με καταβολή τελών στάθμευσης.
- Ως προς τον έλεγχο οι χώροι στάθμευσης της οδού υποδιαιρούνται σε χώρους χωρίς περιορισμό στάθμευσης (unrestricted) και σε χώρους με περιορισμό (restricted). Οι τελευταίοι χωρίζονται σε:
    - Ελεγχόμενοι με παρκόμετρα (meter controlled)
    - Ελεγχόμενοι από την αστυνομία (police controlled). Αυτοί αστυνομεύονται σύμφωνα με τις ενδείξεις των απαγορευτικών ή περιοριστικών πινακίδων.
- Οι χώροι στάθμευσης εκτός της οδού όταν είναι μεγαλύτεροι από ένα ορισμένο μέγεθος, ονομάζονται και σταθμοί αυτοκινήτων και διαιρούνται σε στεγασμένους (garage) και υπαίθριους (lots).

Οι σταθμοί αυτοκινήτων που είναι κλειστοί ή μερικώς ανοιχτοί μπορεί να υποδιαιρεθούν σε υπέργειους ή υπόγειους και σε μονοόροφους ή πολυόροφους. Οι τελευταίοι, ανάλογα με τη σύνδεση μεταξύ των ορόφων επιμερίζονται σε σταθμούς αυτοκινήτων με ράμπες (ramp garages), με κεκλιμένα δάπεδα (ramped floor) και σε μηχανικά μέσα (mechanical garages). Τέλος, ανάλογα με τον τρόπο μετακίνησης των αυτοκινήτων οι σταθμοί αυτοκινήτων υποδιαιρούνται σε σταθμούς με αυτοεξυπηρέτηση (self-parking) ή σταθμούς με στάθμευση από υπαλλήλους (attendant parking). Στο σχήμα 1.1 παρουσιάζονται διαγραμματικά τα παραπάνω.

Στην Ελλάδα ο φορέας που είναι κύρια υπεύθυνος για τα θέματα σχετικά με τη στάθμευση είναι η Τοπική Αυτοδιοίκηση. Οι Δήμοι, είτε μέσω της Τεχνικής τους Υπηρεσίας, είτε μέσω μίας Δημοτικής Επιχείρησης καλύπτουν το θέμα της στάθμευσης επί της οδού, όσο και τη δημιουργία και εκτέλεση χώρων στάθμευσης εκτός της οδού. Παλαιότερα πιο έντονα, αλλά και σήμερα, οι Δήμοι αναπτύσουν και εφαρμόζουν ολοκληρωμένα συστήματα ελεγχόμενης στάθμευσης για τις θέσεις επί της οδού. Οι Δήμοι είναι επίσης υπεύθυνοι και για το θέμα της αστυνόμευσης, ωστόσο σύμφωνα με απόφαση του Συμβουλίου της Επικρατείας αυτή μπορεί να εφαρμόζεται αποκλειστικά από την εκάστοτε Δημοτική Αστυνομία και όχι από ιδιωτικές επιχειρήσεις συνεργαζόμενες με το Δήμο (φαινόμενο σύνηθες παλαιότερα). Τέλος, συμβουλευτικό ρόλο προς τους Δήμους για θέματα στάθμευσης προσφέρουν και άλλοι φορείς, όπως η Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Κατασκευής Σταθμών Αυτοκινήτων. (Φραντζεσκάκης κ.ά., 2002)



ΣΧΗΜΑ 1. 1: Κύριες κατηγορίες χώρων στάθμευσης

Πηγή: Φραντζεσκάκης κ.ά. (2002)

1.4. ΠΑΡΑΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας, όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω, είναι η εκτίμηση της επίπτωσης της παραβατικότητας στη στάθμευση. Ωστόσο, στην πραγματικότητα παρουσιάζεται ένα μεγάλο εύρος παραβάσεων σε σχέση με τη στάση και τη στάθμευση. Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας οι παραβάσεις στάσης και στάθμευσης που μελετήθηκαν παρουσιάζουν ομοιογένεια ως προς τα χαρακτηριστικά της αντίδρασης των οδηγών που καλούνται να ελιχθούν για να προσπεράσουν το παράνομα σταθμευμένο όχημα. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν δύο διαφορετικές περιπτώσεις παράνομης στάσης και στάθμευσης.

Η πρώτη περίπτωση είναι αυτή που ορίζεται από τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (2007) ως «στάση και στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος» (διπλοπαρκάρισμα). Η περίπτωση αναφέρεται και σε αλλοδαπούς κανονισμούς που περιγράφουν επίσης το φαινόμενο. Σύμφωνα με το δήμο της πόλης της Νέας Υόρκης (http://www.nyc.gov) η περίπτωση περιγράφεται ως «στάση ή στάθμευση επί της οδού και παραπλεύρως οχήματος, το οποίο έχει σταθμεύσει νόμιμα». Ωστόσο, ο πληρέστερος ορισμός παρουσιάζεται στο αναθεωρημένο το 2004 εγχειρίδιο κανονισμών του Ηνωμένου Βασιλείου (Traffic Management Act, 2004) σύμφωνα με τον οποίο «νόμιμα σταθμευμένο όχημα θεωρείται οποιοδήποτε όχημα δεν έχει σταθμεύσει σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 εκατοστών από την άκρη του οδοστρώματος». Ο ορισμός αυτό δεν προϋποθέτει την ύπαρξη νομίμως σταθμευμένου οχήματος επί της οδού, εστιάζοντας ουσιαστικά στην επίδραση που παρουσιάζεται στην κυκλοφορία της οδού.

ΕΙΚΟΝΑ 1. 1: Στάση και στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (Οδός Πλουτάρχου, Κολωνάκι)

Η δεύτερη περίπτωση αφορά ένα μέρος των παραβιάσεων που σχετίζονται με τη παρά τω κράσπεδω στάση ή στάθμευση. Η παράνομη στάση ή στάθμευση παρά τω κράσπεδο καθορίζεται από μία σειρά περιορισμών που αναφέρονται στον ΚΟΚ (2007) όπως η στάθμευση σε απόσταση πέντε μέτρων από την τομή οικοδομικών γραμμών ή των νοητών προεκτάσεων αυτών, ή στάθμευση σε απόσταση μικρότερη από είκοσι μέτρα από φωτεινούς σηματοδότες και δώδεκα μέτρα από πινακίδες υποχρεωτικής διακοπής πορείας (STOP), ως και σε θέση, στην οποία το όχημα κρύβει από τους χρήστες της οδού τη θέα των πινακίδων σήμανσης και σηματοδοτών. Στο πλαίσιο αυτή της εργασίας μελετήθηκε αυστηρά η παράνομη στάση και στάθμευση παρά τω κράσπεδω για την οποία τα οχήματα που διαπερνούν το σταθευμένο πραγματοποιούν ελιγμούς με παρόμοια χαρακτηριστικά με εκείνα της πρώτης περίπτωσης.

ΕΙΚΟΝΑ 1. 2: Παράνομη στάθμευση παρά τω κράσπεδω (Οδός Πατριάρχου Ιωακείμ, Κολωνάκι)

Οι δύο αυτές περιπτώσεις ενώ διαφέρουν σχετικά με την ύπαρξη ή μη ενός (νόμιμα) σταθμευμένου οχήματος, έχουν κοινά χαρακτηριστικά ως προς τον τρόπο που καλούνται να επιλέξουν οι οδηγοί ώστε να προσπεράσουν το παράνομα σταθμευμένο όχημα. Συγκεκριμένα, και στις δύο περιπτώσεις τα οχήματα που ακολουθούν οφείλουν να μειώσουν ταχύτητα ώστε, να εκμεταλευτούν τη μειωμένη σε πλάτος λωρίδα κυκλοφορίας στο σημείο της διατομής όπου το όχημα έχει σταθμεύσει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Στην πράξη, και σε οδικά τμήματα δύο κατευθύνσεων χωρίς διαχωριστικό έρεισμα ή νησίδα (αδιαίρετες οδοί), τα οχήματα κατά τον ελιγμό προσπέρασης μπορεί να χρειαστεί να χρησιμοποιήσουν επιφάνεια από το απέναντι ρεύμα κυκλοφορίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ταχύτητας κίνησης και στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.

Συνεπώς, καθ'όλη την έκταση της παρούσας εργασίας και οι δύο διαφορετικές περιπτώσεις παράνομης στάθμευσης θα αναφέρονται ως «στάση και στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος», σύμφωνα με τον ορισμό του Ελληνικού ΚΟΚ.

1.5. ΔΟΜΗ

Η εργασία αποτελείται συνολικά από έξι κεφάλαια, συμπεριλαμβανομένης και της εισαγωγής. Η δόμηση των κεφαλαίων έγινε με βάση το περιεχόμενο και με σκοπό τη βέλτιστη κατανόηση του θέματος από τον αναγνώστη.

Στο *πρώτο κεφάλαιο* πραγματοποιείται μία σύντομη εισαγωγή. Παρουσιάζονται ο σκοπός της εργασίας και η κυκλοφοριακή κατάσταση στην Αθήνα. Καταγράφονται τα είδη στάθμευσης και οι φορείς που είναι υπεύθυνοι για αυτή. Τέλος, παρουσιάζονται οι παραβάσεις παράνομης στάσης και στάθμευσης που μελετούνται.

Στο *δεύτερο κεφάλαιο* πραγματοιείται η βιβλιογραφική ανασκόπηση της εργασίας. Αρχικά, καταγράφονται οι πολιτικές και τα μέτρα διαχείρησης της στάθμευσης. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται μοντέλα προσομοίωσης που έχουν χρησιμοποιηθεί σχετικά με τη στάθμευση και τέλος, πως σε κάθε περίπτωση εκτιμήθηκαν οι επιπτώσης σχετικά με θέματα στάθμευσης.

Στο *τρίτο κεφάλαιο* παρουσιάζεται το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Κατά το πρώτο μέρος του κεφαλαίου αυτού, καταγράφεται ο τρόπος προτυποποίησης του προβλήματος, ενώ κατά το δεύτερο, πως έγινε η συλλογή των δεδομένων για την περιοχή του Κολωνακίου (περιοχή μελέτης περίπτωσης).

Στο *τέταρτο κεφάλαιο* παρουσιάζεται η ανάλυση ευαισθησίας που πραγματοποιήθηκε. Η ανάλυση αυτή αποτελείτο από ένα τμήμα που σχετίζεται με την επίπτωση του φαινομένου σε ένα οδικό τμήμα μίας λωρίδας κυκλοφορίας, και από δεύτερο τμήμα που σχετίζεται με την επίπτωση της στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος σε ένα οδικό τμήμα δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

Στο *πέμπτο κεφάλαιο* καταγράφονται τα αποτελέσματα από μία σειρά σεναρίων για τη μελέτη περίπτωσης. Τα σενάρια διαφοροποιούνταν σχετικά με τον κυκλοφοριακό φόρτο και την πρόθεση.

Στο *έκτο κεφάλαιο* σημειώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν. Τα αποτελέσματα γενικεύονται σε επίπεδο Δήμου Αθηναίων και Περιφέρεια της Αθήνας και συνοδεύονται από μία οικονομική και περιβαλλοντική εκτίμηση για το φαινόμενο. Τέλος, καταγράφονται προτάσεις για την περαιτέρω έρευνα και μελέτη του θέματος.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται μία ανασκόπηση των μελετών και των ερευνών που έχουν γίνει σε θέματα σχετικά με τη στάθμευση. Αρχικά, σημειώνονται κάποιες βασικές πολιτικές και μέτρα διαχείρησης της στάθμευσης που έχουν χρησιμοποιηθεί ανά τον κόσμο. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί για να προσομοιώσουν τη στάθμευση (νόμιμη και παράνομη). Στο τελευταίο μέρος του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι τρόποι εκτίμησης των επιπτώσεων σε θέματα που σχετίζονται με τη στάθμευση.

2.1. ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Πολλά μέτρα διαχείρισης των θέσεων στάθμευσης έχουν προταθεί με σκοπό την βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών στις πόλεις. Κάποια από τα μέτρα έχουν ήδη υλοποιηθεί και κάποια άλλα αποτελούν απλά προτάσεις προς υλοποίηση. Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστούν τα μέτρα αναλυτικά και θα αξιολογηθούν με βάση εμπειρικά ή μαθηματικά αποτελέσματα.

2.1.1. Θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού (off-street parking requirements)

Το 1923 ο δήμος του Columbus στην πολιτεία του Οχάιο (Η.Π.Α.) ανακοίνωσε για πρώτη φορά την θεσμοθέτηση απαιτούμενων θέσεων στάθμευσης εκτός της οδού (off-street parking requirements). Η λύση αυτή κατέστη ως ιδανική στην επιτακτική ανάγκη προσφοράς θέσεων στάθμευσης λόγω της συνεχούς αυξανόμενης χρήσης του αυτοκινήτου. Όμως, όπως χαρακτηριστικά σημειώνει ο Barter (2011) «οι απαιτούμενες θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού (off-street parking requirements) αποτελούν ένα αμφισβητούμενο μέτρο της πολιτικής διαχείρισης της στάθμευσης, παρόλο που αυτό εφαρμόζεται παγκοσμίως». Επιπλέον, ο Shoup (1997, 2004) και ο Barter (2011) τονίζουν ότι το μέτρο αυτό προσφέρει περισσότερες θέσεις από εκείνες που ζητούν οι οδηγοί και συνεπώς ωθεί τους μετακινούμενους προς την ευρύτερη χρήση του αυτοκινήτου. Αυτό συνεπάγεται την επιδείνωση των κυκλοφοριακών συνθηκών στις πόλεις, καθώς αυξάνει τους κυκλοφοριακούς φόρτους και συμβάλει στην μόλυνση του περιβάλλοντος. Όμως, εκτός από τις αρνητικές συνέπειες σε κυκλοφοριακό και περιβαλλοντικό επίπεδο, το μέτρο αυτό έχει αρνητικά αποτελέσματα και στην ανάπτυξη των ίδιων των πόλεων. Ο Shoup (1997, 2004) και ο Jung (2010) συγκεκριμένα αναφέρουν εμπειρικά στοιχεία που δείχνουν ότι σε όσες πόλεις θεσμοθετήθηκαν απαιτούμενες θέσεις στάθμευσης, η πυκνότητα στη δόμηση μειώθηκε έως και 30%. Αυτή ακριβώς η μειωμένη πυκνότητα δόμησης συνεπάγεται την αύξηση των αποστάσεων, η

οποία έχει ως αποτελέσματα την περαιτέρω χρήση του αυτοκινήτου, την αύξηση των δαπανών που σχετίζονται με τα μέσα μαζικής μεταφοράς, ενώ παρατηρείται μείωση της ποιότητας των υπηρεσιών τους, την κατάργηση του ποδηλάτου, τη μείωση των αποστάσεων που διανύουν οι άνθρωποι πεζοί και την αύξηση των δημόσιων δαπανών που σχετίζονται με την κατασκευή τεχνικών έργων οδοποιίας (Greenberg, 2004).

Επιπρόσθετες αρνητικές επιπτώσεις του μέτρου αυτού εμφανίζονται και στον τομέα του κόστους ενός σπιτιού και της προσιτότητας αυτού σε οικογένειες με χαμηλά εισοδήματα. Είναι γεγονός ότι στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μεταφέρεται συνολικά το ποσό της κατασκευής της θέσης στάθμευσης στους αγοραστές ενός σπιτιού, καθώς όπως σημειώνει ο Jung (2010) καλύπτεται μερικώς και από τους κατασκευαστές. Είναι χαρακτηριστικό, όμως, ότι η θέση στάθμευσης ανάλογα με το είδος της (υπόγεια, υπέργεια, κ.λ.π) έχει διαφορετικό κόστος κατασκευής. Εκτιμήσεις, δείχνουν ότι μία υπόγεια θέση στάθμευσης στο κέντρο μίας Ευρωπαϊκής πρωτεύουσας κοστίζει κατ'ελάχιστον 50.000 ευρώ και μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 80.000 ευρώ (Jung, 2010). Εμπειρικά στοιχεία τελικά έδειξαν αύξηση της τιμής πώλησης των σπιτιών μετά την θέσπιση των απαιτούμενων θέσεων στάθμευσης εκτός της οδού, που κυμαίνεται από 13% (Jung, 2010) έως 18% (Shoup, 1997). Το μέτρο αυτό όμως, δεν αντιμετωπίζει διαφορετικά οικογένειες που έχουν στην ιδιοκτησία τους ένα ή περισσότερα αυτοκίνητα και αυτές που δεν έχουν κανένα. Έτσι, οικογένειες που δεν επιθυμούν να έχουν ΙΧ, επωμίζονται το κόστος της θέσης στάθμευσης, ανεξάρτητα από το ότι δεν τις χρησιμοποιούν (Greenberd, 2004).

Ο Shoup (2004) σημειώνει ότι η θέσπιση των θέσεων αυτών μέσω νόμου μπορεί να παρουσιαστεί σαν ένας φόρος στην ακίνητη περουσία, που ωστόσο δεν εξυπηρετεί κανένα δημόσιο και κοινωνικό όφελος. Τονίζει, επίσης, ότι το μέτρο αυτό αποτελεί διέξοδο για την πολιτεία, η οποία υποχρεώνει τους κατασκευαστές να προσφέρουν θέσεις στάθμευσης στους αγοραστές, θεωρώντας ότι λύνει ένα σημαντικό πρόβλημα. Στην πραγματικότητα όμως, δεν επιλύει κανένα πρόβλημα καθώς προωθεί την αλόγιστη χρήση του αυτοκινήτου με όλα τα αρνητικά αποτελέσματα που συνεπάγεται και παράλληλα αυξάνει τις αγοραστικές τιμές στα ακίνητα, συμβάλλοντας σε αύξηση του κόστους μίας σειράς αγαθών.

Αν όλα αυτά βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με τη θέσπιση των απαιτούμενων θέσεων στάθμευσης εύλογα τίθεται το ερώτημα: για ποιό λόγο τέτοια μέτρα ίσχυσαν και συνεχίζουν να βρίσκονται σε ισχύ μεχρι και σήμερα; Ο Greenberg (2004) υποστηρίζει ότι ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι οι παλιοί κάτοικοι μίας γειτονίας ασκούν πίεση στις αρμόδιες αρχές για την υιοθέτηση τέτοιων μέτρων, ωστέ να διασφαλίσουν ότι όσοι νέοι κάτοικοι και αν εγκατασταθούν εκεί τα επόμενα χρόνια, εκείνοι θα συνεχίσουν να βρίσκουν χωρίς δυσκολία θέσεις στάθμευσης επί της οδού. Από την άλλη πλευρά, ο

Barter (2011) θεωρεί ότι το μέτρο αυτό είναι τόσο δημοφιλές, διότι είναι εύκολο στην εφαρμογή του και περιορίζει τις διαμάχες για την εξεύρεση θέσεων στάθμευσης. Μία τρίτη άποψη αναφέρει ο Shoup (1997, 2004), ο οποίος θεωρεί ότι οι αρμόδιες αρχές προσπαθώντας να λύσουν το πρόβλημα της προσφοράς θέσεων στάθμευσης, απέδωσαν την ευθύνη στους κατασκευαστές. Τονίζει επίσης, ότι οι πολεοδόμοι που ορίζουν τις απαιτούμενες θέσεις ανά χρήση γης, χρησιμοποιούν καθαρά εμπειρικές μεθόδους για τον προσδιορισμό τους. Οι μέθοδοι αυτές οδηγούν σε υπερβολικές εκτιμήσεις, προσφέροντας τελικά περισσότερες από τις ζητούμενες θέσεις.

Συνοψίζοντας σχετικά με αυτό το μέτρο αυτό, διαπιστώνεται ότι δημιουργεί μακροπρόθεσμα σοβαρότερα προβλήματα από αυτά που καλείται βραχυπρόθεσμα να επιλύσει. Οι περισσότεροι ερευνητές συνηγορούν με την άποψη ότι «με τις απαιτούμενες θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού ζητάμε περισσότερες κατοικίες για τα αυτοκίνητα και λιγότερες κατοικίες για τους ανθρώπους» (Greenberg, 2004) και πως τελικά καλείται συνολικά η κοινωνία να πληρώσει αυτό που οφείλει κάθε χρήστης αυτοκινήτου ατομικά.

2.1.2. Θέσεις στάθμευσης επί της οδού με περιορισμούς (restricted on-street parking)

Οι περιορισμοι στις θέσεις στάθμευσης επί της οδού αποτελούν ένα από τα πλέον γνωστά μέτρα που εφαρμόζεται στα κέντρα των πόλεων. Οι περιορισμοί αυτοί αναφέρουν τόσο στην χρέωση των θέσεων στάθμευσης επί της οδού, όσο και στον ορισμό μέγιστης διάρκειας στάθμευσης στην θέση αυτή. Από το 1935, όπου πρωτοεμφανίστηκε η παραπάνω τακτική στην πόλη της Oklahoma στις Η.Π.Α. (Cerreno, 2003), εφαρμόζεται πλέον στις περισσότερες μεγάλες χώρες του κόσμου. Τέτοια πολιτική έχει εφαρμοστεί και σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, όπως στο δήμο της Αθήνας, όπου στη σημερινή του μορφή λειτουργεί από το 2006, στη Γλυφάδα, στο Μαρούσι, στην Καλλιθέα, στο Ηράκλειο, στην Αγία Παρασκευή, στην Κω, στο Ναύπλιο, κ.α (Σπηλιοπούλου, 2011). Οι Tivendale and Tsigos (2010) αναφέρουν ότι η εφαρμογή μίας τέτοιας απόφασης πολιτικής διαχείρισης της στάθμευσης εμπλέκει την πολιτεία, την κοινωνία και τους επιστήμονες με γνώση στο αντικείμενο και σημειώνουν πως η εμπειρική γνώση στο θέμα αυτό είναι απαραίτητη για την χάραξη τέτοιας πολιτικής.

Ο σκοπός και οι λόγοι που οδηγούν την πολιτεία να πάρει ένα τέτοιο μέτρο ποικίλουν. Ο Petiot (2004) αναφέρει τα εξής επιχειρήματα:

- Η χρέωση των θέσεων στάθμευσης επί της οδού αποθαρρύνει τη χρήση του αυτοκινήτου, αλλά διαφέρει από την απλή χρέωση της οδού, δηλαδή τα αστικά διόδια (road pricing).

- Η χρέωση των θέσεων στάθμευσης επί της οδού είναι το δεύτερο πιο αποτελεσματικό μέτρο μετά τα αστικά διόδια, ώστε να ρυθμίσει τη ζήτηση στους δρόμους.
- Η χρέωση των θέσεων στάθμευσης επί της οδού μπορεί να αποφέρει, υπό συνθήκες, τα ίδια αποτελέσματα όπως η ύπαρξη αστικών διοδίων (road pricing).

Σύμφωνα με τους Schaller et al. (2010), η χρέωση των θέσων στάθμευσης επί της οδού (parking pricing) ενθαρρύνει τους οδηγούς να επιλέξουν κάποιο μέσο μαζικής μεταφοράς, το ποδήλατο ή να πραγματοποιήσουν αποστάσεις πεζοί και συνεπώς να μειωθεί η ζήτηση για θέσεις στάθμευσης επί της οδού από οχήματα χαμηλής πληρότητας. Επίσης, μπορεί να αυξήσει τις ελεύθερες θέσεις στάθμευσης, μειώνοντας έτσι το χρόνο που απαιτείται από έναν οδηγό για να βρεί μία διαθέσιμη θέση στάθμευσης. Το ίδιο σημειώνουν και οι Rey et al. (2004), οι οποίοι θεωρούν πως η διαθεσιμότητα και το κόστος της στάθμευσης στον προορισμό μπορούν να επηρεάσουν τους χρήστες των αυτοκινήτων προκειμένου να χρησιμοποιήσουν κάποιο άλλο μέσο μεταφοράς.

Οι Kepaptsoglou et al. (2010) παρουσιάζουν την αξιολόγηση ενός τέτοιου μέτρου, εξετάζοντας τον χώρο στάθμευσης οχημάτων (park-and-ride) πλησίον του σταθμού μετρό Φιξ στα όρια του κέντρου της Αθήνας, πριν και μετά την επιβολή των περιοριστικών όρων στάθμευσης στο κέντρο της πόλης το 2006. Χρησιμοποιώντας στατιστικές μεθόδους (MWW-U test) παρατήρησαν πως αν και οι χρήστες οχημάτων που χρησιμοποιούν τον σταθμό συνεχώς αυξάνονται, σε σχέση με το χρόνο, μετά τα νέα μέτρα η αύξηση έγινε εντονότερη. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει την αποστροφή μίας μερίδας οδηγών από το κέντρο μετά τους περιορισμούς και την εναλλαγή των χρηστών τους σε άλλο μέσο μετακίνησης, όπως το μετρό.

Παρόμοια αποτελέσματα αποτυπώνονται και στην έρευνα των Rey et al. (2004). Οι ερευνητές διεξήγαγαν έρευνα ερωτηματολογίων στους οδηγούς που μετέβαιναν στο κέντρο του Εδιμβούργου στη Σκωτία με το αυτοκίνητό τους. Στόχος της έρευνας ήταν να διαπιστωθεί ο αντίκτυπος που θα είχε η διεύρυνση της ζώνης, όπου ισχύουν τα περιοριστικά μέτρα σχετικά με τις θέσεις στάθμευσης επί της οδού. Τα ερωτηματολόγια περιλάμβαναν διαφορετικά σενάρια επέκτασης της ζώνης κατά μισό, ένα και ενάμισι μίλι. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επέκταση θα αύξανε την χρήση του αστικού λεωφορείου από 1,3% έως και 5%, ανάλογα με τη διεύρυνση. Επίσης, το 14,3% των οδηγών στην ακραία επέκταση του ενάμισι μιλίου απάντησε πως θα σταματούσαν να χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο και θα προσέγιζαν το κέντρο πεζοί.

Ωστόσο, σύμφωνα με τον Shoup (2004, 1997), ο περιορισμός των θέσεων στάθμευσης χωρίς σωστή αξιολόγηση δεν αποφέρει τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα. Αυτό επιβεβαιώνεται από έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 11 πόλεις παγκοσμίως. Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι

οδηγοί που αναζητούν μία θέση στάθμευσης (cruising for parking) αποτελούν το 8% έως και το 74% αυτών που κινούνται στην οδό. Σημειώνουν πως ο χρόνος αναζήτησης μίας θέσης κυμαίνεται από 3,5 λεπτά έως 13,9 λεπτά. Οι οδηγοί των οχημάτων αυτών δαπανούν χρόνο και χρήμα, που αν και δεν το εντοπίζουν άμεσα, τους επιβαρύνει. Επιπλέον, όπως τονίζουν οι Clinch and Kelly (2004) και ο Shoup (2004), επειδή τα οχήματα που αναζητούν μια θέση στάθμευσης κινούνται με χαμηλότερες ταχύτητες, προκαλούν καθυστερήσεις και μολύνουν περισσότερο την ατμόσφαιρα. Οι Omerrer et al. (2011) σημειώνουν χαρακτηριστικά ότι «στα κέντρα των μεγάλων πόλεων, λόγω της αξίας που δίνεται στις θέσεις στάθμευσης επί της οδού, η αναζήτηση μίας θέσης στάθμευσης οδηγεί σε μεγάλη οικονομική ζημία». Ο Shoup (2004) υπολόγισε πως λόγω αυτής της αναζήτησης, κάθε νόμιμη θέση στάθμευσης στο κέντρο μίας πόλης παράγει 100.000 οχηματο-χιλιόμετρα ετησίως, τα οποία δεν ικανοποιούν καμία ανάγκη μετακίνησης.

Οι Omerren et al. (2011) χρησιμοποίησαν ένα εμπειρικό τρόπο για να υπολογίσουν το κόστος της αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης (cruising for parking), αλλά και τη διάθεση των ανθρώπων για να πληρώσουν ώστε να εξασφαλίσουν μία μόνιμη θέση (Willingness To Pay) στο κέντρο της πόλης του Άμστερνταμ. Με βάση τις αγοραστικές αξίες κατοικιών, και συγκρίνοντας την διαφορά των σπιτιών που έχουν μία θέση στάθμευσης με αυτά που δεν έχουν, υπολόγισαν την μέση αξία της αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης, η οποία φτάνει τα 1,15 ευρώ ανά ημέρα. Στην συνέχεια, συσχετίστηκαν τα εξής: η αξία των ακινήτων σε περιοχές που υπάρχουν λίστες αναμονής για μία μόνιμη δημόσια θέση στάθμευσης συγκρίνοντας, τις τιμές των σπιτιών που είναι σε λίστα αναμονής και των σπιτιών που έχουν ήδη μία θέση. Η συσχέτιση αυτή είχε ως αποτέλεσμα τον υπολογισμό της διάθεσης των ανθρώπων να πληρώσουν για μία θέση στάθμευσης στα 10,00 ευρώ ανά ημέρα.

Το πρόβλημα της μεγάλης ζήτησης των θέσεων στάθμευσης επί της οδού εντοπίζεται στη μεγάλη διαφορά που υπάρχει στην τιμή μεταξύ των θέσεων στάθμευσης εντός και εκτός της οδού. Από τις αναφερόμενες τιμές σε αρκετές πόλεις, υπολογίστηκε ότι ένα τέταρτο της ώρας για μία θέση στάθμευσης εκτός δρόμου κοστίζει όσο 5 ώρες για μία θέση στάθμευσης επί της οδού. Η υποεκτίμηση δηλαδή, των θέσεων στάθμευσης επί της οδού με τις πολύ χαμηλές τιμές στα κόμιστρα, αποτελεί την εστία του προβλήματος (Shoup, 2004).

Η επίλυση του προβλήματος βρίσκεται στην αύξηση του κόστους της στάθμευσης επί της οδού. Η αύξηση όμως αυτή, πρέπει να είναι δυναμική, ακολουθώντας την ζήτηση που υπάρχει για θέσεις στάθμευσης. Αν το ιδανικό ποσοστό ελεύθερων θέσεων στάθμευσης επί της οδού εκτιμάται σε 15%, τότε το κόστος στάθμευσης θα πρέπει να αυξάνει ή να μειώνεται μέσα στην διάρκεια μίας ημέρας σε τέτοιο βαθμό, ώστε να ικανοποιείται η παραπάνω

συνθήκη (εφόσον η προσφορά παραμένει σταθερή). Σκοπός είναι να μην εμφανίζεται κορεσμός, διότι σε αύτη την περίπτωση θα παρατηρείται το φαινόμενο της αναζήτησης θέσεων στάθμευσης (cruising for parking) με όλες τις αρνητικές συνέπειές του, αλλά ούτε και έλλειμα, καθώς σε αυτή την περίπτωση θα υπάρχουν μειωμένα δημόσια έσοδα (Shoup, 2004).

Στη Νέα Υόρκη των Η.Π.Α. τέθηκε σε ισχύ το σύστημα PAPK Smart, το οποίο προσπάθησε να ικανοποιήσει ακριβώς αυτή τη δυναμική σχέση που παρουσιάζει ο Shoup. Το πιλοτικό αυτό πρόγραμμα, στο οποίο η τιμή στις θέσεις στάθμευσης επί της οδού είναι υψηλότερη κατά τις ώρες αιχμής, προσπαθώντας να εξισορροπίσει τη προσφορά με τη ζήτηση. Οι Schaller et al. (2010) πραγματοποίησαν έρευνα σχετικά με τις επιπτώσεις του προγράμματος PARK Smart στις περιοχές Greenwich Village του Manhattan και Park Slope του Brooklyn. Οι περιοχές αυτές έχουν διαφορετικές χρήσεις γης, καθώς στο Greenwich Village οι χρήσεις είναι μικτές, υπάρχουν κατοικίες, αρκετοί χώροι εστίασης (εστιατόρια, καφετέριες), κατατήματα λιανικού εμπορίου και εντοπίζεται και η έδρα του New York University, ενώ στο Park Slope η κυρίαρχη χρήση είναι η κατοικία χωρίς έντονες διακυμάνσεις, με εξαίρεση δύο εμπορικές λεωφόρους. Τα κύρια αποτελέσματα ήταν τα εξής:

- Η διαθεσιμότητα των θέσεων στάθμευσης επί της οδού αυξήθηκε. Στο Greenwich Village οι κατειλημένες θέσεις στάθμευσης μειώθηκαν από το 76% στο 70%, ενώ στο Park Slope από 91% σε 82%.
- Το δημόσιο εισόδημα από τα σταθμευμένα οχήματα αυξήθηκε. Αυτό δεν οφείλεται μόνον στις υψηλότερες τιμές, αλλά και στο ότι όλο και λιγότερα οχήματα σταματούσαν για περισσότερη από μία ώρα (η τιμή ανά ώρα μειώνεται όσο αυξάνεται η διάρκεια στάθμευσης).
- Ένα σημαντικό ποσοστό οδηγών δήλωσαν ότι άλλαξαν την διάρκεια παραμονής τους στη περιοχή λόγω του νέων τιμών. Στην περιοχή του Manhattan το ποσοστό αυτό έφτασε 18%, ενώ σε αυτή του Brooklyn το 14%.
- Δεδομένα σχετικά με τους κυκλοφοριακούς φόρτους στις περιοχές έδειξαν μείωση κατά 7%.

Τα παραπάνω δείχνουν ότι η αύξηση των τιμών κατά τις ώρες αιχμής έχει σημαντικά άμεσα και έμμεσα αποτελέσματα. Ωστόσο, οι ερευνητές τονίζουν ότι τα αποτελέσμα αυτά ποικίλουν ανάλογα με την περιοχή και την ενημέρωση των πολιτών σε σχέση με το μέτρο. Ειδικά για το τελευταίο, τονίζουν ότι αν δεν υπάρχει σωστή ενημέρωση, έμποροι και κάτοικοι μπορεί να διαμαρτυρηθούν, καθώς θεωρούν ότι η αύξηση στο ποσό της στάθμευσης θα μπορούσε να έχει αρνητικά αποτελέσματα για την ελκυστικότητα της περιοχής τους. Τέλος, σημειώνουν οτι το μέτρο αυτό θα πρέπει να συνοδεύεται από βελτίωση της δημόσιας συγκοινωνίας στην περιοχή, καθώς μόνον έτσι μπορεί να επιτευχθεί μία μακροπρόθεσμη ισορροπία στο συγκοινωνιακό δίκτυο.

Μία εμπειρική μελέτη σχετικά με την συμπεριφορά των οδηγών μετά από αύξηση των χρεώσεων στις θέσεις στάθμευσης επί της οδού στο κέντρο του Δουβλίνου στην Ιρλανδία πραγματοποίησαν οι Clinch and Kelly (2004a). Οι ερευνητές χορήγησαν ερωτηματολόγια σε οδηγούς δύο διαφορετικές χρονιές (2000 και 2001), όπου μεταξύ των δύο ερευνών πεδίου είχε σημειωθεί αύξηση του κομήστρου της στάθμευσης κατά 50%. Μέσα από τα ερωτηματολόγια θέλησαν να δούν την ανοχή τους και τις επιλογές τους μετά από διαφορετικά σενάρια τιμολογιακής πολιτικής. Στο ερώτημα τι ωθεί τους οδηγούς να μετακινηθούν στο κέντρο με το όχημα τους, η πλειονότητα απάντησε ότι απλά «είναι πιο εύκολο να οδηγείς», ενώ το 12,5% δήλωσε «λόγω της κακής δημόσιας συγκοινωνίας» (κακές ανταποκρίσεις, καθυστερήσεις, κ.λ.π.) δείχνοντας την συσχέτιση μεταξύ δημόσιας συγκοινωνίας και χρήσης ΙΧ. Ωστόσο, ο κύριος λόγος που σταθμεύουν επί της οδού (και όχι εκτός) ήταν διότι είναι πλησιέστερα στον προορισμό τους. Ο αμέσως επόμενος λόγος ήταν ότι η θέση στάθμευσης επί της οδού έχει χαμηλότερο κόστος. Όμως το 2001, μετά την αύξηση δηλαδή του κομίστρου, το ποσοστό οδηγών που σημείωσε το χαμηλότερο κόστος ως λόγο που σταθμεύουν επί της οδού μειώθηκε, γεγονός που δείχνει πως η αύξηση του κομίστρου είχε αποτέλεσμα. Στα σενάρια αύξησης το 2000, η μέγιστη τιμή κομίστρου έφτανε τα 3,81 ευρώ, ενώ το 2001 τα 8,89 ευρώ. Σε αυτά τα σενάρια το 2000 το 63% οδηγών δήλωσε ότι θα αντιδρούσε με κάποιον τρόπο, ενώ το 2001 το 79%. Τα αποτελέσματα για τους οδηγούς που δήλωσαν πως θα αντιδρούσαν σε αυτά τα σενάρια ήταν τα εξής:

- Το 2000 και το 2001, ο ίδιος περίπου αριθμός οδηγών θα ακύρωνε την μετακίνηση του προς το κεντρό λόγω των αυξημένων κομίστρων (ποσοστό γύρω στο 5%).
- Το 2000 το 19% δήλωσε ότι θα μετακινούνταν με κάποιο μέσο μαζικής μεταφοράς λόγω της αύξησης, ενώ το 2001 το ποσοστό αυτο μειώθηκε σε 11%.
- Το 2000 το 66% των οδηγών θα μετακινούνταν σε άλλο μέρος για να σταθμεύσει, ενώ το 2001 το ποσοστό έφτασε το 83%. Από το παραπάνω ποσοστό, το 54% το 2000 θα μετακινούνταν σε θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού, ενώ το 2001 το 73%.

Τα παραπάνω δείχνουν άμεση αντίδραση των οδηγών στις έντονες αυξήσεις κομίστρων και σημειώνουν αυτό που αναμένοταν με βάση την υπόλοιπη βιβλιογραφία, καθώς η πλειονότητα θα συνέχιζε να μετακινείται στο κέντρο της πόλης του Δουβλίνου, αλλά είτε θα άλλαζε μέσο μετακίνησης είτε θα στάθμευε εκτός της οδού. Πάντως οι ερευνητές σημειώνουν ότι «ο παράγοντας της αύξησης του κομίστρου διαδραματίζει ρόλο μόνο όταν δίνονται εναλλακτικές επιλογές. Ένας χρήστης δεν μπορεί να επιλέξει το μετρό ως εναλλακτική αν κάποιος δε το έχει κατασκευάσει ή αν αυτό έχει φτάσει τα όρια της χωρητικότητάς του».

Από τις έρευνες των Clinch and Kelly (2004b) στο Δουβλίνο το 2000 και το 2001 προέκυψαν και άλλα συμπεράσματα σχετικά με τις επιπτώσεις που έχει η αλλαγή του κομίστρου (μετά την αύξηση από το 2000 στο 2001). Σύμφωνα, με τα αποτελέσματα, τα ποσοστά των κοινωνικών στρωμάτων που χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο τους για να μεταβούν στο κέντρο της πόλης μένουν αμετάβλητα μετά την αύξηση του κομίστρου. Επίσης, τα ηλικιακά χαρακτηριστικά των οδηγών μένουν ανεπηρέαστα. Και συμπέραναν πως τα δημογραφικά στοιχεία των χρηστών δεν αλλάζουν με την αλλαγή του κομίστρου. Από τα αποτελέσματα δεν προέκυψε διαφορά όσον αφορά τη μείωση της επισκεψιμότητας του κέντρου από τους οδηγούς λόγω της αύξησης του κομίστρου. Ωστόσο, διαφορά εντοπίστηκε στα ποσοστά εκείνων, που ο σκοπός του ταξιδιού ήταν «επαγγελματικός» με εκείνων που δεν ήταν «επαγγελματικός». Συγκεκριμένα, το 2000 η πλειονότητα (53%) των χρηστών είχαν επαγγελματικούς σκοπούς για την μετάβασή τους στο κέντρο της πόλης, ενώ το 2001 η πλειονότητα (53%) είχε σκοπούς. Αυτό σχετίζεται με το γεγονός ότι ενώ το 2000, οι εταιρίες κάλυπταν τα κόμιστρα για επαγγελματικούς σκοπούς σε ποσοστό 25%, το ποσοστό αυτό μειώθηκε στο 19% το 2001. Διαφορές, επίσης, υπήρξαν και σε θέματα αναζήτησης θέσης στάθμευσης. Στην δεύτερη περίοδο υπήρχε μείωση στη διάρκεια κατάληψης μίας θέσης κατά ποσοστό 16,5%, ενώ τα δημοτικά έσοδα αυξήθηκαν. Επιπλέον, το 2001, το ποσοστό των οδηγών που έψαχναν θέση στάθμευσης για περισσότερο από 5 λεπτά μειώθηκε, γεγονός που συνηγορεί με την υπόθεση πως αύξηση του κομίστρου θα οδηγήσει σε μειώση της υπερβολικής ζήτησης θέσεων στάθμευσης επί της οδού.

Οι παραπάνω έρευνες και τα συμπεράσματα, τα οποία αναφέρθηκαν, ήταν αποτέλεσμα εμπειρικών ερευνών που μελέτησαν τα αποτελέσματα στην υλοποίηση μίας τέτοιας πολιτικής ή αύξησης του κομίστρου. Όμως ο Shoup (2006) προσπάθησε να μαθηματικοποιήσει τη συσχέτιση μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν τον χρήστη να επιλέξει τη στάθμευση επί της οδού, ώστε να εξισορροπίσει την προσφορά με την ζήτηση ανάλογα με τα δεδομένα κάθε περιοχής και κάθε χρήστη. Έτσι, οι παράμετροι που συσχέτισε ήταν:

- Το κόστος της στάθμευσης επί της οδού (p σε $/ώρα)
- Το κόστος στάθμευσης εκτός της οδού (m σε $/ώρα)
- Η διάρκεια στάθμευσης (t σε ώρα)
- Η διάρκεια που αναζητά ο οδηγός μία θέση στάθμευσης (c σε ώρα)
- Το κόστος των καυσίμων (f σε $/ώρες)
- Ο αριθμός των ανθρώπων που βρίσκονται μέσα στο αυτοκίνητο (n)
- Η αξία του χρόνου κατά τον χρόνο αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης (u σε $/ώρα/επιβάτη)

Η σχέση που συνδέει τα παραπάνω μεταξύ τους σε σχέση με τη διάρκεια που αναζητά ο οδηγός μία θέση στάθμευσης είναι: $c=t(m-p)/(f+nu)$. Από την σχέση

αυτή προκύπτει ότι ακόμα και αν το κόμιστρο των θέσεων στάθμευσης επί της οδού είναι μηδενικό, η αναζήτηση από μόνη της κοστίζει και ότι ο χρόνος που είναι διατεθειμένος κάποιος να διαθέσει αναζητώντας μία θέση στάθμευσης σχετίζεται με την αξία του χρόνου που δίνει κάθε άνθρωπος. Επίσης, είναι εύκολο να υπολογισθεί το κόστος των θέσεων στάθμευσης επί της οδού έτσι ώστε η προσφορά να εξισορροπισθεί με τη ζήτηση. Αρκεί στον παραπάνω τύπο να μηδενισθεί το αριστερό σκέλος και με βάση το κόστος των θέσεων στάθμευσης εκτός της οδού, το κόστος το καυσίμων, τον αριθμό των ατόμων (μία μέση τιμή) και την αξία του χρόνου ανά επιβάτη (μέση τιμή) μπορεί να υπολογισθεί η αξία p.

Βέβαια, όπως σημειώνει και ο ίδιος ο μελετητής, το συγκεκριμένο μοντέλο έχει κάποιες αδυναμίες. Καταρχήν, η αξία του χρόνου ποικίλει από άνθρωπο σε άνθρωπο αλλά και για τον ίδιο άνθρωπο από μία περίοδο της ημέρας στην άλλη. Δεύτερον, το μοντέλο είναι ντετερμινιστικό και υποθέτει ότι ο κάθε οδηγός έχει πλήρη και ακριβή πληροφόρηση καθώς θεωρεί ότι ο οδηγός γνωρίζει εκ των προτέρων πόση ώρα θα ψάχνει για μία θέση στάθμευσης, ενώ στην πραγματικότητα δεν είναι σε θέση να το γνωρίζει πάντα και με ακρίβεια. Τρίτον, οι θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού δεν μπορούν να αντικαταστήσουν απόλυτα αυτές επί της οδού, καθώς οι πρώτες έχουν μία συγκεκριμένη θέση στο χώρο. Συνεπώς, ο χρόνος μεταξύ τελικού προορισμού και θέσης στάθμευσης είναι σταθερός, ενώ στις θέσεις επί της οδού ποικίλει. Τέταρτον, ο χρήστης μπορεί να μην γνωρίζει τις χρεώσεις των θέσεων στάθμευσης επί της οδού σε μία συγκεκριμένη ή και σε μία ευρύτερη περιοχή. Πέμπτον, όπου υπάρχει μέγιστη διάρκεια παραμονής για τις θέσεις στάθμευσης επί της οδού, αυτοί οι οποίοι επιθυμούν να διαμείνουν περισσότερο δεν θα αναζητήσουν μία τέτοια θέση. Τέλος, το μοντέλο, όπως και κάθε μοντέλο, λαμβάνει υπόψην κάποιες βασικές παραμέτρους, όμως είναι αδύνατον να ληφθούν όλες. Αν, για παράδειγμα, ένας οδηγός επιλέξει τελικά να σταθμεύσει παράνομα καθώς αδυνατεί να μεταβεί σε μία θέση στάθμευσης εκτός ή της οδού ή δεν επιθυμεί να αναζητήσει περαιτέρω μία θέση επί της οδού, δεν μπορέι να προβλεφθεί από την μαθηματικοποίηση του Shoup.

Με βάση όλα τα παραπάνω, μπορούμε να πούμε ότι η πολιτική αυτή αποτελεί ένα ικανοποιητικό μέσον της πολιτείας ώστε να ρυθμίσει τους κυκλοφοριακούς φόρτους στα κέντρα των πόλεων, όπου παρατηρούνται και εντονότερα προβλήματα, προκειμένου να αυξήσει τα έσοδα και να οδηγήσει τους μετακινούμενους σε δημόσια και περισσότερο οικολογικά μέσα. Για να επιτευχθούν όμως οι στόχοι αυτοί, τα κόμιστρα και γενικότερα οι περιορισμοί που διέπουν τη διαχείριση των θέσεων στάθμευσης επί της οδού, θα πρέπει να αποφαζίζονται με σωστό και επιστημονικό τρόπο, ώστε η ζήτηση να εξισορροπισθεί με την προσφορά και να δίνονται οι κατάλληλες εναλλακτικές

στους χρήστες. Μόνον έτσι θα υπάρχει η απαραίτητη ισορροπία σε ένα ευαίσθητο σύστημα μεταφορών, όπως αυτό των μεγάλων πόλεων.

2.1.3. Έξυπνα συστήματα διαχείρισης θέσεων στάθμευσης (Smart parking management technologies)

Τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης θέσεων στάθμευσης αποτελούν την περισσότερο σύγχρονη και τεχνολογικά εξελιγμένη μέθοδο διαχείρισης της στάθμευσης. Το μέτρο αυτό, το οποίο δοκιμάζεται σε αρκετές Ευρωπαϊκές και Ιαπωνικές πόλεις (Rodier and Shaheen, 2006), βρίσκει μεγαλύτερη εφαρμογή σήμερα στις περιπτώσεις χώρων στάθμευσης, οι οποίοι βρίσκονται πλησίον ενός σταθμού ενός μέσου σταθερής τροχιάς (park-and-ride). Τα συστήματα αυτά μπορούν να βοηθήσουν τους οδηγούς να εντοπίζουν μία θέση στάθμευσης, να πραγματοποιούν κράτηση και να πληρώνουν για αυτή. Συγκεκριμένα, οι οδηγοί μπορούν να ενημερώνονται μέσω μίας πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων (Variable Message Sing ή VMS) σε πραγματικό χρόνο για τον αριθμό των διαθέσιμων θέσεων σε ένα χώρο στάθμευσης πλησίον ενός σταθμού καθώς και για τον χρόνο προσέγγισης του επόμενου συρμού και τον εκτιμώμενο κυκλοφοριακό φόρτο στην συνέχεια της οδού.

Οι Rodier and Shaheen (2006) πραγματοποίησαν μία σειρά από δοκιμές με χρήση έξυπνου συστήματος διαχείρισης θέσεων στάθμευσης σε χώρο στάθμευσης, ο οποίος βρίσκεται κοντά σε σταθμό του προαστιακού σιδηρόδρομου στην περιοχή του κόλπου του San Francisco στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α. Το σύστημα ουσιαστικά αποτελείται από δύο διεπαφές (interfaces), δύο πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (VMS), οι οποίες ενημέρωναν τους οδηγούς για την διαθεσιμότητα των θέσεων και τις καθυστερήσεις στον αυτοκινητόδρομο που διαπερνά τον σταθμό και διασχίζει το κέντρο των πόλεων Oakland και San Francisco. Επιπροσθέτως, το σύστημα περιλαμβάνει ένα έξυπνο σύστημα κρατήσεων που δίνει την ευκαιρία στους οδηγούς να πραγματοποιήσουν κράτηση για μία θέση στάθμευσης μέσω τηλεφώνου ή διαδικτύου (Internet). Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν είχαν περιορισμένο αριθμό διαθέσιμων θέσεων και ο χρήστης περιορίζονταν σχετικά με τις διαθέσιμες κρατήσεις (επιτρέπονταν μόνον τρεις ανά 15 ημέρες). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα χρησιμοποιήθηκε κυρίως από γυναίκες (σε ποσοστό 60%), ανθρώπους ηλικίας 41 έως 60, έγγαμους με ένα ή δυο παιδιά, με υψηλό μορφωτικό επίπεδο, σχετικά υψηλό ετήσιο εισόδημα και καλή γνώση της τεχνολογίας. Οι κρατήσεις έγιναν τόσο μέσω τηλεφώνου όσο και μέσω διαδικτύου, ενώ η συντριπτική πλειοψηφία των χρήστων δήλωσε ότι ο προορισμός τους ήταν το κέντρο της πόλης του San Francisco (σε ποσοστό 83,7%). Τέλος, οι ερευνητές παρατήρησαν μία αύξηση της χρήσης του χώρου στάθμευσης και τόνισαν ότι το σύστημα αυτό φαίνεται να οδηγεί τα αυτοκίνητα εκτός του

δρόμου και τους οδηγούς να αλλάξουν μέσο ώστε να μεταβούν στο κέντρο της πόλης τους με τον σιδηρόδρομο.

2.1.4. Επιβολή των περιορισμών σχετικά με τη στάθμευση (parking enforcement)

«Τόσο η χρέωση των θέσεων στάθμευσης, όσο και η επιβολή της επηρεάζουν άμεσα την αποτελεσματικότητα τόσο της πολιτικής διαχείρισης της στάθμευσης όσο και της πολιτικής διαχείρισης της κυκλοφορίας.» (Petiot, 2004). Χαρακτηριστικά, αναφέρεται ότι το 1990 στη Γαλλία τα 2/3 των τροχαίων παραβάσεων σχετίζονταν με την στάθμευση, ενώ στο Άμστερνταμ της Ολλανδίας το 50% των χρηστών των θέσεων στάθμευσης επί της οδού δεν πληρώνουν το κόμιστρο παίρνοντας το ρίσκο να δεχθούν κάποιο πρόστιμο, ενώ το 67% των ωρών στάθμευσης δεν πληρώνονται (Petiot, 2004).

Από νομικής πλευράς οι Fishman and Miguel (2007), θεωρούν ότι δύο είναι οι παράγοντες εκείνοι, οι οποίοι οδηγούν τους ανθρώπους στην παραβατική συμπεριφορά. Ο πρώτος παράγοντας αφορά την κουλτούρα και τις νόρμες που έχει ο κάθε χρήστης ενώ, ο δεύτερος σχετίζεται με τη επιβολή της νομιμότητας. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε μετά απνό ερευνα βασισμένη σε εμπειρικά στοιχεία, που πραγματοποίησαν οι Fishman and Miguel (2007) στην πόλη της Νέας Υόρκης στις Η.Π.Α, όπου πριν το 2002 οι διπλωματικοί ακόλουθοι λόγω ασυλίας, είχαν την δυνατότητα να μην πληρώνουν σε περίπτωση επιβολής προστίμου για παράνομη στάθμευση. Μετά το 2002, ο νόμος άλλαξε και τους υποχρέωνε να πληρώνουν κανονικά σε περίπτωση διαπιστωμένης παράβασης των κανονισμών στάθμευσης. Με τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τις αστυνομικές αρχές της πόλης παρατηρήθηκε ότι πριν το 2002 οι διπλωματικοί ακόλουθοι χωρών, στις οποίες η διαφθορά βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα με βάση τον σχετικό κατάλογο του Ο.Η.Ε, όπως η Νιγηρία και η Μοζαμβίκη, ήταν συχνοί παραβάτες. Αντιθέτως, διπλωματικοί ακόλουθοι χωρών που έχουν χαμηλά ποσοστά διαφθοράς, όπως οι Σκανδιναβικές, δεν είχαν προβεί σε καμία παράβαση. Από τον παραπάνω συσχετισμό, οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η κουλτούρα αποτελεί σημαντικό κίνητρο που οδηγεί τους ανθρώπους στην παράβαση. Ωστόσο, με βάση και πάλι τα στοιχεία της αστυνομίας, παρατηρήθηκε πως μετά το 2002 και την παύση της ασυλίας στην στάθμευση, οι παραβάσεις μειώθηκαν κατά 98%. Από το παραπάνω γεγονός είναι εμφανές πως αν και οι κοινωνικές νόρμες μπορεί να αποτελούν σημαντική παράμετρο για την διατήρηση ή μη της νομιμότητας, η ύπαρξη ελέγχου και επιβολής αυτής είναι ικανή να αλλάξει αυτές τις νόρμες και να οδηγήσει τελικά τους καθ’έξην παραβάτες σε νόμιμη συμπεριφορά.

Η Jolls (2004) εισάγει στα κλασικά οικονομικά που σχετίζονται με την εφαρμογή των νόμων, την έννοια της οριακής ορθολογιστικής (Bounded Rationality). Για να γίνει κατανοητή η οικονομική προσέγγιση στην εφαρμογή του νόμου, η ίδια υποστηρίζει πως αν το κόστος που επιφέρει κάποιος, ο οποίος σταθμεύει παράνομα είναι 10$ (με την καθυστέρηση της κυκλοφορίας, τη μόλυνση της ατμόσφαιρας κ.λ.π) τότε θα πρέπει το πρόστιμο να εξισορροπεί το γενικευμένο κόστος που εκείνος προκαλεί σταθμεύοντας παράνομα, δηλαδή 10$. Όμως, για να διατηρηθεί η οικονομική ισορροπία θα πρέπει το πρόστιμο αυτό να επιβάλλεται σε κάθε παραβάτη. Όταν όμως αυτό δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί (και στην πράξη δεν είναι), τότε το πρόστιμο θα πρέπει να σχετίζεται άμεσα με την πιθανότητα επιβολής του. Αν, για παράδειγμα, η πιθανότητα να εντοπισθεί ο παραβάτης που στάθμευσε παράνομα είναι 0,1 τότε, για να διατηρηθεί η οικονομική ισορροπία στο ευρύτερο σύστημα (μία πόλη λόγου χάριν) θα πρέπει να του επιβληθεί πρόστιμο 100$. Αν η πιθανότητα να εντοπισθεί ο παραβάτης είναι 0,01, τότε πρέπει να του επιβληθεί πρόστιμο 1000$, ενώ αν η πιθανότητα μειωθεί και άλλο, δηλαδή στο 0,001, τότε το πρόστιμο θα πρέπει να αυξηθεί στα 10000$ και ούτω καθ'εξής. Όμως, η συγγραφέας προχωρά περαιτέρω, και σημειώνει ότι στην πράξη ο άνθρωπος που θα σκεφτεί να σταθμεύσει παράνομα δεν λαμβάνει υπόψην του την πραγματική πιθανότητα να εντοπισθεί, καθώς δεν την γνωρίζει. Ο άνθρωπος εκτιμά την κατάσταση με την πιθανότητα που υπολογίζει εκείνος, και αυτή είναι μικρότερη από την πραγματική. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους, καταρχήν οι άνθρωποι είναι εκ φύσεως αισιόδοξοι και δευτερευόντος, αν η πιθανότητα είναι πολύ μικρή να συμβεί κάτι, τότε στην πράξη την υπολογίζουν ως μηδενική. Όσον αφορά το τελευταίο ωστόσο, τονίζει πως για να σχηματίσουμε την άποψη αυτή, τόσο η πραγματική πιθανότητα να εντοπισθεί κάποιος παραβάτης, όσο και το αν και σε τι βαθμό γίνεται γνωστή η παράβαση έχουν εξίσου σημαντικό αντίκτυπο.

Τα παραπάνω σχετίζονταν άμεσα με τη νομική και την οικονομική διάσταση του θέματος. Η συγκοινωνιακή διάσταση διαπιστώνεται από τον Petiot (2004), ο οποίος προσπάθησε να υπολογίσει τον αντίκτυπο που θα έχει η επιβολή διάφορων προστίμων σε παραβάτες των κανόνων στάθμευσης με βάση ένα μαθηματικό μοντέλο. Το συγκεκριμένο μοντέλο αναφέρεται σε νόμιμες θέσεις στάθμευσης, όπου κάποιος σταθμεύει χωρίς να πληρώσει. Οι παραβάτες αγνοούν τελείως τον κίνδυνο να εντοπιστούν και η επιλογή (να πληρώσουν το κόμιστρο στάθμευσης ή όχι) τους δεν εξαρτάται από το κόστος του προστίμου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε περίπτωση συμφορημένου δικτύου όσο πιο πολύ αυξάνεται το πρόστιμο για παράνομη στάθμευση τόσο μειώνεται η συμφόρηση και οι κυκλοφοριακοί φόρτοι. Αλλά, από την άλλη πλευρά, όσο μειώνεται η συμφόρηση και οι κυκλοφοριακοί φόρτοι, η επιλογή του αυτοκινήτου γίνεται όλο και πιο ελκυστική. Με άλλα λόγια, όσο περισσότερο αυξάνονται τα πρόστιμα, τόσο περισσότερο προωθείται η χρήση του αυτοκινήτου (γεγονός που σχετίζεται και με θέματα κοινωνικής ισότητας

καθώς η χρήση αυτοκινήτου δεν πρέπει να αποτελεί τρόπο μετακίνησεις για τους λίγους). Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι όσο αυξάνονται τα πρόστιμα, τόσο περισσότερο μειώνεται ο μέσος χρόνος αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης (cruising for parking) και ο μέσος χρόνος που ο οδηγός χρειάζεται για να κινηθεί πεζός (walking time) από την θέση στάθμευσης έως τον τελικό του προορισμό. Τέλος, σημειώνεται ότι το μοντέλο βρίσκει μία τιμή, η οποία όμως δεν είναι ακραία για την οποία οποία οι παράνομες σταθμεύσεις μειώνονται, αλλά δεν προωθείται και η χρήση του αυτοκινήτου.

Εκτός όμως, από την επιβολή των κανόνων στάθμευσης με τη χρήση προστίμων, οι Orr et al. (2005) χρησιμοποίησαν κόνους κατά τις ώρες αιχμής, ώστε να επιβάλλουν τις συνθήκες στάθμευσης έξω από δύο σχολικούς χώρους στο Σίδνευ της Αυστραλίας. Συγκεκριμένα, τοποθέτησαν κόνους σε στρατηγικώς επιλεγμένα σημεία με σκοπό να μειώσουν την διαθεσιμότητα των παράνομων θέσεων στάθμευσης στους δρόμους γύρω από τα σχολικά συγκροτήματα κατά τις ώρες έναρξης και λήξης του σχολικού προγράμματος. Τα αποτελέσματα στο πρώτο σχολείο σημείωσαν αύξηση των διπλοπαρκαρισμένων οχημάτων κατά 14%, αλλά μείωση στο σύνολο των οχημάτων που σταθμεύουν παράνομα κατά 18%. Στο δεύτερο σχολείο τα διπλοπαρκαρισμένα οχήματα έμειναν σταθερά (αύξηση 1%), ενώ στο σύνολο των οχημάτων που σταθμεύουν παράνομα παρατηρήθηκε μείωση κατά 16%. Φαίνεται λοιπόν, πως ένα απλό μέτρο επέφερε αποτελέσματα, αλλά όπως τονίζουν οι ερευνητές η αύξηση στα διπλοπαρκαρισμένα στο πρώτο χώρο των δοκιμών δημιούργησε ερωτηματικά σχετικά τους κινδύνους που μπορεί να ενέχει μία τετοιου είδος παρέμβαση.

2.2. Η ΣΤΑΘΜΕΥΣΗ ΣΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (SIMULATION MODELS)

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται διάφορα μοντέλα προσομοίωσης, τα οποία περιλαμβάνουν λειτουργικότητα σχετικά με την διαχείριση της στάθμευσης. Με τα μοντέλα αυτά δίνεται η δυνατότητα εκτίμησης μίας υφιστάμενης κατάστασης, η προβολή και πρόβλεψη της εξέλιψης στο χρόνο αλλά και η ανάπτυξη μίας σειράς λύσεων και εναλακτικών που εμφανίζονται με την μορφή σεναρίων (scenarios). Τα μοντέλα αυτά παρουσιάζονται εδώ με βάση την κλίμακα μελέτης και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες (Barcelo, 2010):

- Μακροσκοπικά μοντέλα (macroscopic models).
- Μέσοσκοπικά μοντέλα προσομοίωσης (mesoscopic simulation models).
- Μικροσκοπικά μοντέλα προσομοίωσης (microscopic simulation models.

Αξίζει να σημειωθεί ωστόσο, πως υπάρχουν και άλλες κατηγορίες μοντέλων προσομοίωσης (π.χ. activity-based models, μοντέλα χρήσεων γης και νανοσκοπικά μοντέλα). Τα μοντέλα αυτά λαμβάνουν υπόψη τους τη στάθμευση.

Ένα Activity-based model χρησιμοποιήθηκε και από τους Zong et al. (2011), ώστε να εκτιμήσουν τα θετικά και τα αρνητικά αποτελέσματα από δύο σειρές σεναρίων διαχείρισης της κυκλοφορίας στο κέντρο της πόλης του San Francisco στις Η.Π.Α. Στο πρώτο σενάριο, που αποτελούσε τη μία εναλλακτική λύση, ήταν η χρέωση των θέσεων στάθμευσης (parking pricing) και το άλλο, το οποίο αποτελούσε τη δεύτερη εναλλακτική, ήταν η χρέωση των οχημάτων που θα εισέρχονταν σε ένα δακτύλιο με τη μορφή διοδίων (road pricing). Στην πρώτη περίπτωση το σενάριο ονομάστηκε Focus Area Parking Charge και αποτελούσε χωρικά το κέντρο της πόλης (ζώνη Focus Area), στο οποίο κατά τις ώρες αιχμής υπήρχε κόμιστρο στάθμευσης για τις θέσεις επί της οδού στα $3. Στην δεύτερη περίπτωση το σενάριο ονομάστηκε Northeast Cordon Charge και χωρικά καταλάμβανε έναν ευρύτερο χώρο σε σχέση με το Focus Area Parking Charge (ζώνη Northeast). Η μοντελοποίηση και για τις δύο εναλλακτικές λύσεις έγινε με το Βασισμένο στις Δραστηριότητες Περιφερειακό Μοντέλο Ζήτησης της Κυκλοφορίας του San Francisco (San Francisco's Regional Activity-based Travel Demand Model ή αλλιώς SF-CHAMP4) και παρατηρήθηκαν οι εξής περιορισμοί:

- Το μοντέλο αδυνατούσε να ξεχωρίσει το χώρο στάθμευσης από αυτό του χώρου γένεσης και τερματισμού της μετακίνησης. Συνεπώς, αν κάποιος εργάζεται κοντά στα όρια της περιοχής και επιλέξει να σταθμεύσει οριακά έξω από αυτή και να περπατήσει την εναπομένουσα απόσταση, το μοντέλο δεν θα το αξιολογήσει.
- Το παραπάνω συμβαίνει και στο σενάριο των διοδίων. Μπορεί κάποιος να μην εισέλθει στη ζώνη λόγω κοντινής απόστασης του χώρου γένεσης ή τερματισμού της μετακίνησης από τα όρια του δακτυλίου. Το μοντέλο όμως και εδώ δεν μπορεί να ανταπεξέλθει.
- Στη βάση των δύο παραπάνω, το μοντέλο αδυνατεί να λάβει υπόψη όσους θα σταθμεύσουν εκτός των ορίων και θα κινηθούν με άλλο μέσο στο κέντρο (kiss-and-ride).

Για την καλύτερη αξιολόγηση των παραπάνω σεναρίων οι ερευνητές αρχικά δημιούργησαν ένα σενάριο βάσης (base scenario), το οποίο αποτύπωνε την εικόνα που θα είχε το κέντρο της πόλης το 2015, αν δεν προέβαιναν σε καμία αλλαγή. Στην συνέχεια, εκτέλεσαν τα σενάρια Focus Area Parking Charge και Northeast Cordon Charge για την ίδια χρονιά (2015). Και στα δύο σενάρια παρατηρήθηκε αλλαγή του μέσου και της ώρα μετακίνησης, καθώς και μερικές νεές διαδρομές προς το κέντρο παρατηρήθηκαν λόγω των καλύτερων κυκλοφοριακών συνθηκών. Ωστόσο, το σενάριο Focus Area Parking Charge στόχευσε τις διαδρομές που είχαν

αφετηρία ή προορισμό το κέντρο του San Francisco και συνεπώς κατέστειλε κάποιες από αυτές. Εν αντιθέσει, στο σενάριο Northeast Cordon Charge οι διαδρομές εντός του δακτυλίου αυξήθηκαν καθώς οι οδηγοί αποφεύγουν να τον διαπερνούν σε περίπτωση που επιθυμούν να μεταβούν στα όρια του για να αποφύγουν την χρέωση, ενώ το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει στο άλλο σενάριο, καθώς οι οδηγοί προτιμούν να σταθμεύσουν εκτός των ορίων για να αποφύγουν το κόμιστρο της στάθμευσης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

	Northeast Cordon Charge	**Focus Area Parking Charge**
Συνολικές διαδρομές με χρέωση	250.000	145.000
Συνολικές διαδρομές στην πόλη	-	-3%
Διαδρομές οχημάτων κατά την ώρα Αιχμής (ζώνη Focus Area)	-14%	-22%
Διαδρομές οχημάτων κατά την ώρα Αιχμής (ζώνη Northeast)	-12%	-12%
Ημερήσιες διαδρομές για μη-επαγγελματικούς λόγους (ζώνη Focus Area)	-	-4%
Ημερήσια χιλιόμετρα οχημάτων (ζώνη Focus Area)	-10%	-9%
Ημερήσια χιλιόμετρα οχημάτων στην πόλη	-5%	-3%
Διαδρομές κατά την ώρα αιχμής με τα μέσα μαζικής μεταφοράς (ζώνη Focus Area)	+12.000	+15.500
Διαδρομές με ποδήλατο/πεζοί (ζώνη Focus Area)	+6.000	-500

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 1: Σύγκιση σεναρίων Northeast Cordon Charge και Focus Area Parking Charge

Πηγή: Zorn et al. (2011)

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα δείχνουν πως και οι δύο εναλλακτικές λύσεις είναι ικανοποιητικές, ωστόσο τονίζετε από τους συγγραφείς ότι σε αστικό περιβάλλον η ύπαρξη κομίστρου στη στάθμευση επί της οδού είναι ευκολότερα αποδεκτή από τους οδηγούς, σε σύγκριση με την ύπαρξη δακτυλίου με διόδια, τακτική που αποδέχονται καθολικά σε υπεραστικές ή περιφερειακές οδούς.

2.2.1. Μακροσκοπικά μοντέλα (Macroscopic Models)

Τα μακροσκοπικά μοντέλα (macroscopic models) βασίζουν τις αρχές τους στη θεωρία της συνεχόμενης ροής της κυκλοφορίας. Η θεωρία αυτή αντιμετωπίζει τον φόρτο (q), την ταχύτητα (u) και την πυκνότητα (k) ως συνάρτηση δύο μεταβλητών, της θέσης (x) και του χρόνου (t): q(x,t), u(x,t), k(x,t). Οι εξισώσεις που διέπουν τα παραπάνω μεγέθη αντιστοιχούν σε αυτές της υδροδυναμικής, όπως αυτή της συνέχειας, και απαιτούν την μικρότερη υπολογιστική ισχύ (σε σχέση με τα άλλα μοντέλα προσομοίωσεις) για την επίλυση τους. Τα μοντέλα αυτά είναι τα παλαιότερα και περισσότερο ολοκληρωμένα. Μπορούν να

αναπαραστήσουν ολοκληρωμένα και εκτενή δίκτυα σε μικρή κλίμακα (Barcelo, 2010).

Οι Qian et al. (2011) χρησιμοποιώντας ένα μακροσκοπικό μοντέλο προσπάθησαν να δώσουν μία οικονομετρική προσέγγιση στο θέμα των χώρων στάθμευσης κατά την πρωινή αιχμή. Για τις ανάγκες του μοντέλου τους θεωρούν δύο συμπλέγματα (cluster) από χώρους στάθμευσης, το πρώτο αφορά στο κέντρο της πόλης και το δεύτερο περιφερειακά. Με τον όρο σύμπλεγμα, οι μελετητές εννοούν πως στο μοντέλο κάθε ξεχωριστός χώρος στάθμευσης που βρίσκεται στο κέντρο ομαδοποιείται με τους υπόλοιπους χώρους στάθμευσης οι οποίοι βρίσκονται στο κέντρο και κάθε ξεχωριστός χώρος στάθμευσης που βρίσκεται στην περιφέρεια του κέντρου, ομαδοποιείται με τους υπόλοιπους περιφερειακούς χώρους στάθμευσης. Για τους χώρους αυτούς γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Κάθε σύμπλεγμα έχει συγκεκριμένες θέσεις στάθμευσης, για τις οποίες υπάρχει η ίδια χρέωση. Δηλαδή, κάθε σύμπλεγμα έχει ένα κόμιστρο.
- Τόσο η χωρητικότητα όσο και ο χρόνος προσέλευσης στο κάθε σύμπλεγμα είναι δυναμικά, αποτελούν μεταβλητές του συστήματος, που υπολογίζονται από την αγορά και την ισορροπία στο δίκτυο.
- Κάθε χώρος στάθμευσης, που ανήκει σε ένα από τα δύο συμπλέγματα, απέχει τον ίδιο χρόνο από το χώρο όπου βρίσκονται τα γραφεία στο κέντρο όσο και οι υπόλοιποι χώροι στο ίδιο σύμπλεγμα.
- Κάθε σύμπλεγμα θεωρείται πλήρως ιδιωτικοποιημένο και συνεπώς υπάρχει μία αγορά, όπου κάθε διαχειριστής ενός χώρου στάθμευσης καθορίζει την τιμή με βάση την χωρητικότητα και τον χρόνο προσέλευση, ώστε να ανταγωνίζεται πλήρως τους υπόλοιπους.

Επίσης, στο μοντέλο ισχυεί ότι κατά την πρωινή αιχμή οι χρήστες του δικτύου ξεκινούν από τον χώρο διαμονής, όπου εδώ θεωρείται εκτός του κέντρου της πόλης, και μεταβαίνουν σε αυτό όπου βρίσκεται ο χώρος εργασίας τους. Για τη μετάβαση τους χρησιμοποιούν έναν αυτοκινητόδρομο ο οποίος έχει μία συγκεκριμένη χωρητικότητα, η οποία κατά την πρωινή αιχμή υπερβαίνεται από τη ζήτηση και συνεπώς υπάρχουν καθυστερήσεις και ουρές αναμονής. Θεωρείται επίσης, ότι καθένας από τους χρήστες ξεκινά μία συγκεκριμένη στιγμή, ώστε να έχει το μικρότερο γενικευμένο κόστος μετακίνησης και να μπορεί να φτάσει στην εργασία του νωρίτερα ή αργότερα από την απαιτούμενη ώρα προσέλευσής του. Επιπλέον, δίνονται οι εξής 2 ορισμοί:

1^{ος} Ορισμός: «Στην αγορά των χώρων στάθμευσης, η κατανομή των δύο χωρητικοτήτων, των δύο διαφορετικών κομίστρων και των δύο διαφορετικών χρόνων προσέλευσης δομούν ένα ανταγωνιστικό ισοζύγιο». Από τον παραπάνω ορισμό προκύπτουν τα παρακάτω:

- Οι ιδιώτες-διαχειρηστές κάθε συμπλέγματος προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν το κέρδος τους με βάση τις τρείς παραπάνω μεταβλητές (κόμιστρο, χωρητικότητα, χρόνος προσέλευσης).
- Οι χρήστες των οδών προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν τα οφέλη τους, επιλέγοντας την βέλτιστη ώρα εκκίνησης και το βέλτιστο χώρο στάθμευσης, λαμβάνοντας υπόψη το κόμιστρο, τη χωρητικότητα και τον χρόνο προσέλευσης. Αυτό από μόνο του αποτελεί μία κατάσταση ισορροπίας που χαρακτηρίζεται ως μέρα-με-τη-μέρα εξισορρόπηση χρηστών (day-by-day user equilibrium).
- Εκκαθάριση της αγοράς. Κάθε χρήστης θα χρησιμοποιήσει μία θέση στάθμευσης σε ένα από τα δύο συμπλέγματα θέσεων στάθμευσης.

2ος Ορισμός: «Λόγω της δεδομένης κυκλοφοριακής ικανότητας της οδού, της χωρητικότητας των συμπλεγμάτων στάθμευσης και των κομίστρων στάθμευσης επιτυγχάνεται η μέρα-με-τη-μέρα εξισορρόπιση χρηστών (day-by-day user equilibrium) αν:

- όλοι οι χρήστες γνωρίζουν πλήρως τις κυκλοφοριακές συνθήκες, τις χωρητικότητες των χώρων στάθμευσης, τους χρόνους προσέλευσης σε αυτούς καθώς και το κόμιστρο από την καθημερινή τους (μερα-με-τη-μέρα) οδηγική εμπειρία και επιλέγουν ώρα αναχώρησης και σύμπλεγμα χώρων στάθμευσης, έτσι ώστε να διατηρήσουν σταθερό το γενικευμένο κόστος μετακίνησής τους και
- κανένας χρήστης δεν μπορεί να αλλάξει μεμονωμένα το σύμπλεγμα στάθμευσης ή το χρόνο εκκίνησης του/της με σκοπό να μειώσει το γενικευμένο κόστος μετακίνησης του/της».

Με βάση τα παραπάνω ισοζύγια και τις ισορροπίες προέκυψαν οι εξής εναλλακτικές περιπτώσεις για την αγορά των θέσεων στάθμευσης:

- Το πιο απομακρυσμένο, εν προκειμένω το περιφερειακό σύμπλεγμα, να μην είναι καθόλου ανταγωνιστικό. Η περίπτωση αυτή ονομάστηκε από τους ερευνητές ως «έντονα εξωστρεφής» (strongly outward).
- Για τους χρήστες εκείνους που καταφθάνουν νωρίτερα από την απαιτούμενη ώρα προσέλευσης στη δουλειά τους, υπάρχει πλήρης ανταγωνισμός μεταξύ περιφερειακού και κεντρικού συμπλέγματος χώρων στάθμευσης. Ωστόσο, για εκείνους τους χρήστες που καταφθάνουν αργοπορημένοι, η μοναδική συμφέρουσα λύση είναι το κεντρικό. Η περίπτωση αυτή φέρει το όνομα «αδύναμα εξωστρεφής» (weakly outward).
- Το πλησιέστερο, εν προκειμένω το κεντρικό σύμπλεγμα, να μην είναι καθόλου ανταγωνιστικό. Πρόκειται για την περίπτωση «έντονα εσωστρεφής» (strongly inward).
- Οι χρήστες, οι οποίοι καταφθάνουν νωρίτερα από την απαιτούμενη ώρα στον χώρο εργασίας τους, θα προτιμούν αποκλειστικά το απομακρυσμένο σύμπλεγμα, ενώ οι χρήστες που καταφθάνουν

αργοπορημένοι, θα χρησιμοποιούν είτε το κεντρικό είτε το περιφερειακό σύμπλεγμα χώρων στάθμευσης. Η περίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται ως «αδύναμα εσωστρεφής» (weakly inward).

- Το περιφερειακό σύμπλεγμα επιλέγεται από εκείνους που καταφθάνουν νωρίτερα από την απαιτούμενη ώρα στο χώρο εργασίας τους, ενώ το κεντρικό προτιμάται από εκείνους που φθάνουν αργοπορημένοι. Η περίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται ως «υβριδική» (Hybrid).

Η περίπτωση «έντονα εξωστρεφής» όμως, δεν είναι δυνατόν να υπάρχει στην πραγματικότητα, καθώς το κόστος συντήρησης των χώρων στάθμευσης που υπάρχουν στο κέντρο είναι υψηλότερη και συνεπώς οδηγεί σε μεγαλύτερα κόμιστρα. Επίσης, αν στην πράξη συνέβαινε κάτι τέτοιο, τότε οι διαχειριστές του κεντρικού συμπλέγματος θα αύξαναν το κόμιστρο, ώστε να αυξήσουν τα έσοδα, ενώ με τη σειρά τους οι διαχειριστές του εξωτερικού συμπλέγματος θα μείωναν το κόμιστρο μεταξύ των χώρων στάθμευσης τους και αυτών του κέντρου καταστρέφοντας αυτή την μορφή ισορροπίας της αγοράς. Αδύνατη είναι και η ισορροπία στην περίπτωση των «αδύναμα εξωστρεφής» και «αδύναμα έσωστρεφης», καθώς η παραμικρή αλλαγή στο κόμιστρο θα άλλαζε το ισοζύγιο της αγοράς. Αδύνατη στην πράξη επιπλέον, είναι και η «έντονα έσωστρεφης» καθώς οι διαχειριστές του κεντρικού συμπλέγματος θα μείωναν τις τιμές για να γίνουν ανταγωνιστικοί, ενώ εκείνοι του περιφερειακού θα τις αύξαναν, ώστε να πετύχουν μέγιστο κέρδος. Η μόνη στην πράξη δυνατή κατάσταση ισορροπίας στην αγορά των θέσεων στάθμευσης θα ήταν η «υβριδική», καθώς δίνεται η δυνατότητα επιλογής στους χρήστες, ενώ επιτυγχάνεται κέρδος και για τους δύο διαχειριστές.

Μελετώντας συνεπώς, τη μοναδική περίπτωση που επιτυγχάνεται ισορροπία στην αγορά οι ερευνητές διαπίστωσαν πως δημιουργούνται δύο πρωινές αιχμές στο οδικό δίκτυο μεταξύ των χώρων διαμονής και εργασίας, στις οποίες δημιουργούνται ουρές αναμονής. Η μία αιχμή δημιουργείται για τους χρήστες εκείνους που επιλέγουν το απομακρυσμένο-περιφερειακό σύμπλεγμα θέσεων στάθμευσης και η άλλη αιχμή για τους χρήστες εκείνους που επιλέγουν το πλησιέστερο-κεντρικό σύμπλεγμα θέσεων στάθμευσης. Όμως, σημειώνεται ότι, αν και αυτή η περίπτωση μειώνει το γενικευμένο κόστος μετακίνησης για κάθε χρήστη μεμονομένα, δεν μειώνει το συνολικό-κοινωνικό κόστος. Επίσης για βέλτιστη λειτουργία της αγοράς οι Qian et al. (2011) προτείνουν:

- Ύπαρξη μέγιστου επιτρεπόμενου κομίστρου (price ceiling regulation). Αυτό επιτυγχάνει τη μείωση του γενικευμένου κόστους κάθε χρήστη, αλλά παράλληλα εμποδίζει το διαχειριστή να είναι ρυθμιστής της κυκλοφορίας, καθώς με τη ρύθμιση των κομίστρων ρυθμίζει και τις ουρές αναμονής. Βέβαια, επιβάλλεται η σωστή τιμή του μέγιστου

επιτρεπόμενου κομίστρου, ώστε οι ουρές αναμονής να μην είναι πολύ μεγάλες.

- Ύπαρξη φόρου στους χώρους στάθμευσης. Ο φόρος αυτός θα μειώσει τους φόρτους και θα επιφέρει δημόσιο εισόδημα, βελτιώνοντας έτσι το κοινωνικό κόστος.

Τέλος, πραγματοποιείται μία σειρά από δοκιμές με αριθμητικά στοιχεία, ώστε να ελεγχθούν στην πράξη τα παράπανω. Αρχικά, στο σύστημα εισέρχονται τα δεδομένα και δοκιμάζονται τα εξής:

- Το σύστημα αφήνεται ελεύθερο και τρέχει το «υβριδικό» μοντέλο χωρίς περιορισμούς. Τα αποτελέσματα δείχνουν κόμιστρα που φτάνουν τα $15,8 για το κεντρικό σύμπλεγμα θέσεων στάθμευσης και τα $11,9 για το περιφερειακό σύμπλεγμα.
- Όταν στο σύστημα ορίζεται μέγιστο κόμιστρο στο περιφερειακό σύμπλεγμα (στα $1,1) τότε αυξάνεται πάρα πολύ η χρήση του. Ωστόσο μειώνονται σημαντικά τα έσοδά του. Το ίδιο συμβαίνει και στα έσοδα του κεντρικού συμπλέγματος. που αν και μείωσε το κόμιστρο (στα $10,2) είχε πολύ μικρή επισκεψιμότητα. Φαίνεται λοιπόν ότι το μέτρο αυτό στην ακραία του μορφή, κρίνεται μη συμφέρον για τους ιδιώτες-διαχειρηστές αλλά εξαιρετικά οφέλιμο για τους χρήστες, όπου μειώνεται δραματικά το γενικευμένο κόστος μετακίνησής τους.
- Ενώ με την επιβολή φόρων και στα δύο συμπλέγματα, με εντονότερη όμως φορολογία στο κεντρικό, παρατηρείται προτίμηση του περιφερειακού συμπλέγματος θέσεων στάθμευσης από τους χρήστες της οδού που οδηγεί σε αυξημένα έσοδα για αυτό και μειωμένα για το κεντρικό. Στην περίπτωση αυτή όμως δεν παρατηρείται μείωση του γενικευμένου κόστους μετακίνησης των χρηστών Ωστόσο, αν δοθεί επιδότηση στο πιο απομακρυσμένο σύμπλεγμα, τότε τα αποτελέσματα μπορεί να είναι θετικά τόσο για το σύστημα (μείωση της συνολικής δαπάνης έως και 80%) όσο και για τους χρήστες (μείωση έως και 12%).

Συνεπώς, το παραπάνω μοντέλο δίνει απάντηση σε ερωτήματα, όπως πώς λειτουργεί μία ελεύθερη αγορά σε θέματα στάθμευσης, πώς αυτή επηρεάζει το μοτίβο της πρωινής αιχμής, πώς οι διαχειριστές θα εξασφαλίσουν μέγιστα εισοδήματα και πώς οι χρήστες των οδών θα αυξήσουν το γενικευμένο κόστος μετακίνησής τους. Ωστόσο, το μοντέλο έχει τις εξής σημαντικές αδυναμίες:

- Δεν υπολογίζεται ο πιθανός χρόνος αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης (cruising for parking). Ο χρόνος αυτός είναι πολύτιμος τόσο για τον υπολογισμό του γενικευμένου κόστους κάθε χρήστη, αλλά και για τον υπολογισμό των καθυστερήσεων στο δίκτυο.
- Μία από τις βασικές υποθέσεις, η οποία αναφέρθηκε στην αρχή, είναι ότι αναφέρεται πάντα σε ιδιωτικούς κατόχους των θέσεων στάθμευσης.

Στην πραγματικότητα στην αγορά αυτή συμμετέχουν τόσο ιδιώτες όσο και δημόσιες υπηρεσίες.

- Δεν συμμετέχουν στο δίκτυο άλλα μέσα μεταφοράς.

Τα μακροσκοπικά μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς για την εκτίμηση των επιπτώσεων που έχει η παράνομη στάθμευση φορτηγών οχημάτων που χρησιμοποιούνται κατά την παραλαβή και παράδοση (pickup-and-delivery) προϊόντων στα κέντρα διάφορων πόλεων. Επίσης, είναι ιδανικά για την ανάπτυξη σεναρίων, ώστε να μελετηθούν τα διάφορα μέτρα που μπορούν να ληφθούν, ώστε να μειωθεί το πρόβλημα. Η παράνομη στάθμευση που σχετίζεται με την παράδοση και παραλαβή είναι, σύμφωνα με τον Hal et al. (2005) η τρίτη σημαντικότερη αιτία για την πρόκληση καθυστερήσεων και ουρών στο οδικό δίκτυο (μόνο κάτω από ατυχήματα και ζώνες εργασίας (work-zones) και πάνω από περιπτώσεις κατάρρευσης του δικτύου και καιρικά φαινόμενα). Αξίζει να σημειωθεί ότι η αιτία αυτή είναι η μοναδική μεταξύ των τριών πρώτων που συμβαίνει εσκεμμένα, καθώς τα ατυχήματα είναι αδύνατον να εξαλειφθούν τελείως, ενώ η πραγματοποίηση έργων σχετίζεται με το κοινωνικό όφελος και είναι απαραίτητη για την βελτίωση των συνθηκών μακροπρόθεσμα.

Οι Han et al. (2005) δημιούργησαν ένα μοντέλο με σκοπό να υπολογίσουν τις απώλειες που δημιουργούνται στην κυκλοφοριακή ικανότητα και τις καθυστερήσεις που δημιουργούν παράνομες σταθμεύσεις που σχετίζονται με την παραλαβή και παράδοση προϊόντων στην κλίμακα ολόκληρων των Η.Π.Α. Για το λόγο αυτό στο μοντέλο εισάγονται δεδομένα από αρκετές βάσεις δεδομένων (databases), οι οποίες λειτουργούν σε εθνική κλίμακα, και χρησιμοποιείται μία γεωγραφική βάση, ώστε να εξάγονται συμπεράσματα. Η έρευνα εστιάζεται μόνον στο αστικό περιβάλλον και κατά τις εργάσιμες ημέρες και ώρες και ενώ καλύπτει σε μεγάλο βαθμό τις απώλειες αυτές, τα αποτελέσμα είναι ελαφρώς πιο συντηρητικά από τα πραγματικά.

Από τις βάσεις δεδομένων δημιουργήθηκαν πέντε επίπεδα εργασίας (layers) για να δημιουργήσουν την γεωγραφική βάση. Τα επίπεδα αυτά είναι τα εξής:

- Επίπεδο αστικών περιοχών (Urbanized Areas Layer). Το επίπεδο αυτό δημιουργήθηκε από τη βάση δεδομένων Census 2000, η οποία περιέχει όλες τις αστικές περιοχές των Η.Π.Α., και μία γεωγραφική βάση δεδομένων, η οποία περιέχει τη γεωγραφική θέση αυτών. Επίσης, δημογραφικά στοιχεία και στοιχεία σχετικά με κυκλοφοριακά μεγέθη αντλήθηκαν από το Highway Performance Management System (HPMS).
- Επίπεδο επιχειρήσεων και χώρων απασχόλησης (Employment and Business Pattern Layer). Το επίπεδο αυτό δημιουργήθηκε με βάση

δημογραφικά δεδομένα και από το σύστημα North American Industry Classification System (NAICS).

- Επίπεδο διαδρομών παράδοσης και παραλαβής (Pickup-and-Delivery Trips Layer). Το επίπεδο αυτό δημιουργήθηκε από ένα προϋπάρχον επίπεδο, το NCHRP Synthesis 298, το οποίο εκτιμά τον αριθμό των διαδρομών παράδοσης και παραλαβής από δημογραφικά στοιχεια.
- Επίπεδο παράνομης στάθμευσης (Illegal Parking Layer). Το επίπεδο αυτό εκτιμά από τις διαδρομές και τις στάσεις των φορτηγών πόσα από αυτά σταθμεύουν παράνομα. Αυτό υπολογίστηκε με την πιθανότητα P_{DP}=0,49-0,39P_B, όπου P_{DP} είναι η πιθανότητα ένα όχημα να σταθμεύει παράνομα και P_B είναι ο λόγος των θέσεων οι οποίες υπάρχουν σε ένα οικοδομικό τετράγωνο για αποκλειστική χρήση παραλαβής και παράδοσης προϊόντων σε σχέση με το σύνολο των θέσεων. Αξίζει να παρατηρήσει κανείς ότι αν όλες οι θέσεις ενός οικοδομικού τετραγώνου ήταν διαθέσιμες για ανάγκες μεταφοράς (δηλαδή P_B=1,00), θα εξακολουθούσαν τα φορτηγά οχήματα να σταθμεύουν παράνομα (P_{DP}=0,19>0).
- Επίπεδο συνεπειών στην κυκλοφορία (Traffic Effects Layer). Σε αυτό το επίπεδο υπολογίζεται η καθυστέρηση στο χρόνο διαδρομής. Θεωρείται ότι κάθε φορτηγό μπορεί να σταθμευει παράνομα, όπου υπάρχει δρόμος με δύο λωρίδες ή και μία λωρίδα ανά κατεύθυνση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως απώλειες της κυκλοφοριακής ικανότητας συμβαίνουν στο οδικό δίκτυο κάθε πόλης ανεξαρτήτως μεγέθους, όμως πάνω από το 50% των απωλειών παρατηρούνται σε πολύ μεγάλα αστικά κέντρα, όπως η πόλη της Νέας Υόρκης και το Λος Άντζελες, κατά τις ώρες όπου δεν εμφανίζεται αιχμή. Στις Η.Π.Α. η καθυστέρηση αυτή φθάνει τις 500 εκατομμύρια ώρες και στοιχίζει πάνω από $10 δισεκατομμύρια.

Μέγεθος αστικής περιοχής	Περίοδος	Χαμένη κυκλοφοριακή ικανότητα (x1000 οχήματα ανά έτος)	Καθυστέρηση (x1000 οχηματοώρες ανά έτος)
Πολύ μεγάλη (>3.000.000 κατ.)	Αιχμή	782.092	12.131
	Εκτός αιχμής	26.806.456	233.572
Μεγάλη (1.000.000-3.000.000 κατ.)	Αιχμή	733.342	5.217
	Εκτός αιχμής	23.348.243	101.823
Μεσαία (500.000-1.000.000 κατ.)	Αιχμή	275.241	2.315
	Εκτός αιχμής	9.401.065	49.715
Μικρή (<500.000 κατ.)	Αιχμή	660.201	3.650
	Εκτός αιχμής	22.517.774	67.569
Σύνολο	Αιχμή	2.450.876	23.314
	Εκτός αιχμής	82.073.538	452.679
Γενικό σύνολο		84.524.414	475.993

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 2: Συνολικές απώλειες κυκλοφοριακής ικανότητας και καθυστερήσεις

Πηγή: Han et al. (2005)

Αποτίμηση των κυκλοφοριακών και περιβαλλοντικών συνεπειών της παράνομης στάθμευσης των φορτηγών διανομής στο κέντρο του δήμου της Αθήνας πραγματοποίησαν και οι Yannis et al. (2006) χρησιμοποιώντας ένα μακροσκοπικό μοντέλο. Μεθοδολογικά η έρευνα χωρίστηκε σε δύο επιμέρους άξονες. Στο πρώτο, συλλέχθησαν δεδομένα ώστε να δημιουργηθεί το βασικό δίκτυο και να βαθμονομηθεί το μοντέλο. Το μοντέλο διαχείρισης της κυκλοφορίας, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ήταν το SATURN, το οποίο είναι κατάλληλο για προσομοιώσεις μεγάλων αστικών δικτύων. Μετά την βαθμονόμηση, το μοντέλο διαχείρισης της κυκλοφορίας είχε μέγιστη απόκλιση 15% από τα μετρημένα δεδομένα. Στοιχεία σχετικά με την σύσταση της κυκλοφορίας, αλλά και τις διαδρομές συλλέχθησαν από πληθώρα δεδομένων, μεταξύ αυτών μετρήσεις κυκλοφορίας, έρευνες πεδίου και πίνακες προέλευσης-προορισμού (ο πίνακας προέλευσης προορισμού των οχημάτων συλλέχθηκε από στοιχεία της Αττικό Μετρό Α.Ε.). Για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών συνεπειών χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο εκτίμησης τους που ως στοιχεία εισόδου έχει τα κυκλοφοριακά μεγέθη και στοιχεία σύστασης της κυκλοφορίας.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα που προέκυψαν παραπάνω και προσομοιώθηκαν διάφορα σενάρια σχετικά με μία σειρά περιορισμών σχετικά με τη στάθμευση των οχημάτων παράδοσης και παραλαβής. Για κάθε σενάριο υπολογίστηκαν:

- Συνολικός χρόνος διαδρομής (οχηματο-ώρες/ώρα)
- Συνολική απόσταση διαδρομής (οχηματό-χιλιόμετρα/ώρα)
- Μέση ταχύτητα (χιλιόμετρα/ώρα)
- Μέση απόσταση ανά όχημα (χιλιόμετρα/ώρα)

- Μέσος χρόνος διαδρομής (λεπτά/όχημα)

Τα αποτελέσματα των σεναρίων ενσωματώθηκαν και σε ένα μοντέλο εκτίμησης των περιβαλλοντικών συνεπειών, ώστε να εκτιμήσουν τις σχετικές επιπτώσεις. Η παραπάνω εκτίμηση έγινε σε δύο φάσεις. Αρχικά, υπολογίστηκαν οι εκπομπές ρύπων ανά σύνδεσμο και στην συνέχεια με βάση αυτό υπολογίστηκαν τα επίπεδα περιβαλλοντικής μόλυνσης σε ολόκληρο το δίκτυο.

Για το κέντρο του δήμου της Αθήνας, το οποίο αποτελεί και την περιοχή μελέτης, σημειώνονται οι εξής τρείς υποπεριοχές που για την κάθε μία ισχύουν και διαφορετικοί περιορισμοί:

- Ο εσωτερικός δακτύλιος. Στην περιοχή εντός του εσωτερικού δακτυλίου ισχύει ο περιορισμός εισόδου των οχημάτων, ο οποίος επιβάλει το κριτήριο του λήγοντα αριθμού της πινακίδας ανάλογα με την ημερομηνία
- Ο μπλέ δακτύλιος. Στον οποίο απαγορεύονται να εισέρχονται φορτηγά οχήματα κατά τις ώρες 07:00 με 14:30 και 17:00 με 21:00
- Το ιστορικό τρίγωνο. Στην περιοχή του ιστορικού τριγώνου η κυκλοφορία οχημάτων απαγορεύεται με μόνη εξαίρεση την διέλευση φορτηγών οχημάτων για παραδόσεις κατά τις ώρες 07:00 με 10:30 και 14:00 με 17:00.

Στα συγκριτκά αποτελέσματα με και χωρίς περιορισμούς στα φορτηγά οχήματα για παραδόσεις και παραλαβές δίνεται καταρχήν έμφαση στην πρωινή αιχμή και δευτερευόντως στην απογευματινή αιχμή. Σημειώνεται λοιπόν ότι, επειδή με βάση τα στοιχεία, στην Αθήνα οι περισσότερες παραδόσεις και παραλαβές λαμβάνουν χώρα πριν τις 17:00, οι ερευνητές αποφάσισαν στα σενάρια να μην περιλάβουν κανέναν περιορισμό μετά την απογευματινή περίοδο (19:00 με 21:30). Αναλυτικά τα σενάρια ήταν τα εξής:

- Σενάριο βάσης (base scenario). Στο σενάριο αυτό προσομοιώθηκε η υφιστάμενη κατάσταση χωρίς κανέναν περιορισμό ή απαγόρευση.
- Σενάριο 1. Κατά τις καθημερινές (από Δευτέρα έως και Παρασκευή) απαγορεύεται η παραλαβή και παράδοση προϊόντων κατά την πρωινή (07:00 με 10:30) και απογευματινή αιχμή (14:30 με 16:30) σε όλα τα καταστήματα λιανικής πώλησης και τα εστιατόρια.
- Σενάριο 2. Κατά τις καθημερινές (από Δευτέρα έως και Παρασκευή) απαγορεύεται η παραλαβή και παράδοση προϊόντων κατά την πρωινή αιχμή (07:00 με 10:30) μόνον για τα καταστήματα λιανικής πώλησης.

Επισημαίνεται ότι για να μην υπάρχει αλλοίωση των αποτελεσμάτων η ανάλυση δεν έγινε σε ημερήσια βάση, αλλά στη βάση των ωρών από τις 07:00 έως και τις 16:30.

Τα αποτελέσματα των σεναρίων εξετάζονται σε επίπεδο κυκλοφοριακό, περιβαλλοντικό αλλά και κοινωνικοικονομικό. Στον τομέα της κυκλοφορίας

από τα πολλά και αναλυτικά αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτό το μοντέλο προσομοίωσης επιλέχθηκε ως κύριο μέγεθος για την αξιολόγηση η μέση ταχύτητα σε σχέση με το σενάριο βάσης, καθώς αυτή αντανακλά καλύτερα τις συνέπειες των μέτρων. Πιο αναλυτικά, για το πρώτο σενάριο σημειώθηκε σημαντική αύξηση της μέσης ταχύτητας (+4,7%) κατά την πρωινή αιχμή και μία λιγότερο σημαντική κατά την απογευματινή αιχμή (+1,0%). Ωστόσο, παρατηρήθηκε μία σημαντική μείωση της μέσης ταχύτητας στο ενδιάμεσο διάστημα (-5,8%). Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η μοναδική διαθέσιμη ώρα πλέον για να πραγματοποιηθούν οι παραδόσεις και παραλαβές στα καταστήματα και τα εστιατόρια είναι μεταξύ της πρωινής και της απογευματινής αιχμής και συνεπώς όλες πραγματοποιούνται τότε, με αποτέλεσμα σημαντικές καθυστερήσεις. Στο δεύτερο σενάριο τα πράγματα κινήθηκαν προς τις ίδιες κατευθύνσεις, αλλά περισσότερο ομάλα. Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκε αύξηση της μέσης ταχύτητας (+2,6%) κατά την πρωινή αιχμή, μείωση μεταξύ πρωινής και απογευματινής αιχμής (-0.9%), ενώ παρέμεινε αμετάβλητη κατά την απογευματινή αιχμή.

Ώρες	Σενάριο 1	Σενάριο 2
07:00-10:30	+4,7%	+2,6%
10:30-14:00	-5,8%	-0,9%
14:00-16:30	+1,0%	+0,0%

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 3: Ποσοστιαία αλλαγή της μέσης ταχύτητας (σε σύγκριση με το σενάριο βάσης)

Πηγή: Yannis et al. (2006)

Στον τομέα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μελετήθηκαν τρείς ρυπογόνες ουσίες, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα νιτρώδης οξέα (NOx) οι υδρογονάνθρακες (VOC) και το διοξείδιο του θείου (SO_2). Για το πρώτο σενάριο παρατηρήθηκε μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων κατά την πρωινή και απογευματινή αιχμή και αύξηση στο ενδιάμεσο διάστημα. Όσον αφορά το δεύτερο σενάριο παρατηρήθηκε μείωση κατά την πρωινή αιχμή, καμία μεταβολή κατά την απογευματινή αιχμή και αύξηση κατά το ενδιάμεσο διάστημα. Αξίζει πάντως να σημειωθεί ότι στο σύνολο της χρονικής περιόδου το δεύτερο σενάριο έδωσε καλύτερα αποτελέσματα (μεγαλύτερη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων), αν και επιβάλει λιγότερους περιορισμούς.

Ώρες	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)		Υδρογονάνθρακες (VOC)		Διοξείδιο του θείου (SO_2)	
	Σενάριο 1	**Σενάριο 2**	**Σενάριο 1**	**Σενάριο 2**	**Σενάριο 1**	**Σενάριο 2**
07:00-10:30	-9%	-9%	-5%	-5%	-5%	-5%
10:30-14:00	+7%	+3%	+5%	+2%	+5%	+2%
14:00-16:30	-3%	0%	-2%	0%	-1%	0%
07:00-16:30	-3%	-3%	-1%	-2%	-1%	-2%

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 4: Ποσοστιαία αλλαγή των ατμοσφαιρικών ρύπων (σε σύγκριση με το σενάριο βάσης)

Πηγή: Yannis et al. (2006)

Στη συνέχεια, σημειώνεται ο κοινωνικοοικονομικός αντίκτυπος των παραπάνω μέτρων. Συγκεκριμένα, αναμένεται να επηρεάσει τους εργαζόμενους στις μεταφορές και την τροφοδοσία, καθώς και τους εργαζόμενους στα καταστήματα. Επίσης, αντίκτυπο θα έχει και στη δημιουργία ηχορύπανσης κατά τις βραδυνές ώρες (καθώς κάποιοι διανομείς μπορεί να μετακυλίσουν τις παραλαβές και παραδόσεις τους εκείνες τις ώρες). Όμως, το φαινόμενο αυτό υπήρχε και πριν την θέσπιση οποιουδήποτε περιορισμού και η κλιμάκωση του δεν θα επηρεάσει ουσιαστικά τους κατοίκους του κέντρου.

Τέλος, οι συγγραφείς σημειώνουν ότι το σενάριο δύο είναι το βέλτιστο, καθώς επιτυγχάνει βελτίωση των κυκλοφοριακών και περιβαλλοντικών συνθηκών στο κέντρο της πόλης, χωρίς να περιέχει τόσους περιορισμούς όσο το πρώτο σενάριο.

2.2.2. Μεσοσκοπικά μοντέλα προσομοίωσης (mesoscopic simulation models)

Τα μεσοσκοπικά μοντέλα προσομοίωσης είναι χρονικά μεταγενέστερα από τους άλλους δύο τύπους μοντέλων και μπορούν (αν και δεν συμβαίνει πάντα) να προσομοιώσουν κάθε όχημα ξεχωριστά, όπως συμβαίνει στα μικροσκοπικά μοντέλα, ή να υπολογίσουν κυκλοφοριακά μεγέθη χρησιμοποιώντας τη θεωρία της συνεχούς κυκλοφοριακής ροής, όπως τα μακροσκοπικά μοντέλα. Κάποια χαρακτηριστικά τέτοια προγράμματα είναι το DYNAMIT και το DYNASMART (Mahmassani, 2001). Έτσι, και με βάση το παραπάνω χαρακτηριστικό, τα μεσοσκοπικά μοντέλα μπορούν να χωριστούν σε δύο υποκατηγορίες. Στην πρώτη υποκατηγορία είναι εκείνα που αντιμετωπίζουν τα οχήματα σε μικρές ομάδες (platoons) ή και κάθε ένα ξεχωριστά. Ενώ, στην δεύτερη υποκατηγορία είναι εκείνα τα οποία λειτουργούν με βάση σχέσεις ροής που προκύπτουν από απλοποιημένες

σχέσεις που ισχύουν για κάθε όχημα. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των μοντέλων αυτών, είναι η ξεχωριστή αντιμετώπιση που έχουν σχετικά με τον χρόνο. Ανάλογα με το μοντέλο, μπορεί ο χρόνος να αποτελείται από ορισμένα διαστήματα Δt, τα οποία είναι σταθερά και ορίζονται ως βήμα προσομοίωσης (simulation step), ή ο χρόνος να σχετίζεται άμεσα με ένα γεγονός, οπότε η κατάσταση του μοντέλου αλλάζει όταν συμβεί ένα συμβάν (Barcelo, 2010).

Ένα τέτοιο μοντέλο χρησιμοποίησαν και οι Gallo et al. (2011) για να προσομοιώσουν τον αντίκτυπο που έχει η αναζήτηση μίας θέσης στάθμευσης επί της οδού (cruising for parking) σε αστικό περιβάλλον. Το τελικό μοντέλο αποτελείται στην ουσία από δύο μοντέλα (ένα ζήτησης και ένα προσφοράς), τα οποία αποτελούνται από πολλά επίπεδα (layers), ώστε να μπορέσει να προσομοιώσει όσο το δυνατόν καλύτερα όλα τα στάδια μίας διαδρομής σε αστικό περιβάλλον. Τα στάδια αυτά είναι:

- Ο χρόνος όπου ο χρήστης του οχήματος κινείται πεζός από τον τόπο γένεσης της μετακίνησης έως τη θέση στάθμευσης του οχήματός του (walking access time).
- Τη διαδρομή με το όχημα έως ότου φθάσει στην περιοχή του προορισμού του (on-board time).
- Την αναζήτηση μία θέσης στάθμευσης (cruising for parking).
- Τη διαδρομή όπου καλείται να καλύψει πεζός ώστε να μεταβεί από τη θέση στάθμευσης του οχήματός του στον τελικό προορισμό (walking egress time).

Το πρώτο μοντέλο είναι εκείνο της ζήτησης. Η ζήτηση υπολογίζεται από έναν πίνακα προέλευσης- προορισμού και γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Η ζήτηση είναι σταθερή σε σχέση με το χρόνο.
- Η μέγιστη χωρητικότητα των χώρων στάθμευσης είναι γνωστή καθώς επίσης και η διαθέσιμη χωρητικότητα κάθε μία ώρα.
- Σε διάστημα μίας ώρας, κανένα όχημα δεν εξέρχεται από τον χώρο στάθμευσης.
- Κάθε χρήστης του δικτύου χρησιμοποιεί τη διαδρομή εκείνη, η οποία ελαχιστοποιεί το γενικευμένο κόστος μετακίνησης του.

Το δεύτερο μοντέλο είναι εκείνο της προσφοράς. Αυτό αποτελείται από τρία επίπεδα:

- Το επίπεδο που ο χρήστης του δικτύου βρίσκεται εντός του οχήματος και μεταβαίνει από την προέλευση στην περιοχή του προορισμού (trip layer).
- Το επίπεδο της αναζήτησης μία θέσης στάθμευσης στην περιοχή του προορισμού (cruising layer).
- Το επίπεδο μετάβασης του χρήστη, πεζού πλέον, από την θέση στάθμευσης στον τελικό προορισμό (walking layer).

Στο πρώτο επίπεδο (trip layer) η διαδρομή ξεκινά στο κεντροειδές προέλευσης (origin centroid) με τον χρόνο που απαιτεί να βρεθεί ο χρήστης πεζός από ένα σημείο εντός της ζώνης στο κεντροειδές προέλευσης μέσω του συνδέσμου ένωσης (connector link). Στο επίπεδο αυτό, υπολογίζεται και ο χρόνος που απαιτείται, ώστε ο χρήστης να φτάσει από το κεντροειδές προέλευσης στο κεντροειδές προορισμού οχημάτων (car destination centroid) μέσω των οδικών συνδέσμων (road links). Αφού φτάσει εκεί, μέσω ενός διεπίπεδου συνδέσμου (inter-layer link), συνδέεται με ένα βοηθητικό σημείο (support node) στο επίπεδο της αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης (cruising layer). Στο επίπεδο αυτό, κάθε βοηθητικό σημείο ενώνεται με ένα σημείο στάθμευσης (parking node) μέσω ενός συνδέσμου στάθμευσης (parking link). Στην συνέχεια, μέσω πάλι ενός διεπίπεδου συνδέσμου, εισέρχεται στο επίπεδο μετάβασης στον τελικό προορισμό (walking layer), όπου μέσω ενός συνδέσμου πεζής διαδρομής (walking link) μπορεί να φτάσει και στο κεντροειδές προορισμού (destination centroid). Το γενικευμένο κόστος μετακίνησης για κάθε χρήστη υπολογίζεται από κάθε σύνδεσμο. Έτσι, υπολογίζεται το κόστος (κατά σειρά) για τον σύνδεσμο ένωσης, τους οδικούς συνδέσμους, το σύνδεσμο στάθμευσης και τέλος, το σύνδεσμο πεζής διαδρομής. Το κόμιστρο της στάθμευσης υπολογίζεται στο σύνδεσμο στάθμευσης. Οι διεπίπεδοι σύνδεσμοι έχουν δημιουργηθεί με μόνο σκοπό τη σύνδεση των επιμέρους επιπέδων και συνεπώς έχουν μηδενικό κόστος.

Η δοκιμή του μοντέλου αυτού έγινε σε πραγματικό δίκτυο, στο οποίο δοκιμάστηκαν διάφορες τιμές ζήτησης οι οποίες αντιστοιχούσαν σε επίπεδο κατάληψης των θέσεων στάθμευσης από 0.17 έως και 1.11 και σύγκριναν τις κυκλοφοριακές ροές με ένα κλασικό μοντέλο. Για χαμηλό ποσοστό κατάληψης των θέσεων στάθμευσης (έως και 0.7) τα δύο μοντέλα παρουσίαζαν ασήμαντες διαφορές. Ωστόσο, για βαθμό κατάληψης που ξεπερνά το 0.7 προέκυψαν οι εξής διαφορές:

- Το προτεινόμενο μοντέλο έδειξε αύξηση των οχηματο-χιλιομέτρων στο οδικό δίκτυο σε σχέση με το κλασικό μοντέλο.
- Το προτεινόμενο μοντέλο παρουσίασε αύξηση στο βαθμό κορεσμού του οδικού δικτύου εν συγκρίσει με το κλασικό μοντέλο.

Οι ερευνητές τονίζουν ότι το προτεινόμενο μοντέλο λειτουργεί καλύτερα με μικρούς πίνακες προέλευσης προορισμού και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών ζωνών και συνεπώς τον περιορισμό της ακρίβειας του μοντέλου. Επίσης, το μοντέλο περιορίζει την κίνηση στους συνδέσμους στάθμευσης κατά την αναζήτηση μίας θέσης στάθμευσης, καθώς δεν επιτρέπει την επανάληψη ενός συνδέσμου αν σε αυτό αρχικά δεν βρεθεί διαθέσιμη θέση στάθμευσης. Αυτό οδηγεί σε υποεκτίμηση ορισμένων αποτελεσμάτων.

Ένα μεσοσκοπικό μοντέλο χρησιμοποίησαν και οι Martens et al. (2007). Το υπόβαθρο του μοντέλου αυτού στηρίζεται στο ArcGIS και είναι

ικανό να αντιμετωπίζει διάφορα σενάρια σχετικά με τις πολιτικές διαχείρισης της στάθμευσης. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα εισόδου δεδομένων σχετικά με θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού, αλλά και εντός αυτής, καθιστώντας εφικτή την αξιολόγηση της σχέσης μεταξύ δύο διαφορετικών ή και συνδυαστικών λύσεων. Το ίδιο το μοντέλο αποτελείται από δύο ειδών στοιχεία:

- Τα μη-κινητά στοιχεία. Αυτά είναι το οδικό δίκτυο, οι προορισμοί, οι θέσεις στάθμευσης επί της οδού και εκτός αυτής.
- Τα κινητά στοιχεία. Αυτά είναι οι χρήστες του οδικού δικτύου. Οι χρήστες χαρακτηρίζονται ανάλογα με το σκοπό της μετάβασής τους στην περιοχή σε επισκέπτες, εργαζόμενους ή κατοίκους Τα κινητά στοιχεία περνούν από τέσσερα στάδια:
    - της μετακίνησης στον προορισμό
    - της αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης
    - τη διαδικασία της στάθμευσης
    - την έξοδο από το σύστημα.

Το μοντέλο χαρακτηρίζεται ως ντετερμινιστικό καθώς θεωρεί ότι οι οδηγοί έχουν πλήρη και απόλυτη γνώση του οδικού δικτύου. Αν και αυτό δεν είναι θεμιτό για ένα μοντέλο, ωστόσο μπορεί να θεωρηθεί ότι σε μία πόλη η πλειονότητα των χρηστών του οδικού δικτύου είναι καλοί γνώστες αυτού, και συνεπώς η απλοποίηση αυτή δεν είναι απολύτως λανθασμένη. Έτσι, κατά το πρώτο στάδιο οι χρήστες επιλέγουν την συντομότερη διαδρομή (χιλιομετρικά). Κατά το δεύτερο στάδιο, αναζητούν μία θέση στάθμευσης. Η αναζήτηση αυτή μπορεί και πραγματοποιείται πριν φτάσουν οι χρήστες με τα οχήματα τους στον τελικό προορισμό. Οι χρήστες που δεν καταφέρουν να βρουν διαθέσιμη θέση στάθμευσης επί της οδού μέχρις ότου φτάσουν στον προορισμό τους, ξεκινούν και αναζητούν μία θέση στάθμευσης πλησίον αυτής. Αν μετά την πάροδο κάποιου χρόνου η αναζήτηση δεν οδηγήσει σε εξέυρεση μίας ελεύθερης θέσης στάθμευσης επί της οδού, τότε οι οδηγοί στρέφονται σε χώρο στάθμευσης εκτός της οδού. Στο τρίτο στάδιο, το όχημα του χρήστη παραμένει στη θέση του ανάλογα με το χαρακτηρισμό του χρήστη (επισκέπτης, εργαζόμενος ή κάτοικος). Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο, η στάθμευση ολοκληρώνεται και ο χρήστης, μαζί με το όχημά του, εξέρχονται από το σύστημα.

Το μοντέλο υπολογίζει για κάθε χρήστη:

- Το χρόνο αναζήτησης στάθμευσης
- Την απόσταση μεταξύ θέσης στάθμευσης και τελικού προορισμού
- Το συνολικό και ωριαίο κόστος στάθμευσης

Ενώ, τα δεδομένα του δικτύου που υπολογίζει είναι:

- Η εναλλαγή των θέσεων στάθμευσης και η μεταβολή αυτής της εναλλαγής στο χρόνο.

- Τα οχήματα που αναζητούν μία θέση στάθμευσης και η μεταβολή αυτών στο χρόνο.
- Το εισόδημα που μπορεί να αποταμιευθεί για τις θέσεις στάθμευσης επί της οδού.
- Το εισόδημα που μπορεί να αποταμιευθεί για τις θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού.

Το σεναρίο το οποίο εκτέλεσαν, σχετίζεται με τη δημιουργία ενός υπόγειου χώρου στάθμευσης με πολλά επίπεδα στην περιοχή Basel της πόλης του Tel Aviv. Στόχος ήταν με τη δημιουργία αυτού του υπόγειου χώρου, να περιοριστούν οι πιέσεις που ασκούνται στην πολιτεία από τους μόνιμους κατοίκους για την ανεπάρκεια εξεύρεσης μίας θέσης στάθμευσης επί της οδού. Για την περιοχή εκτιμήθηκε, μέσω του προγράμματος γεωπληροφορικής, οι διαθέσιμες θέσεις στην περιοχή (οι οποίες ήταν 7.000) και τα οχήματα (τα οποία εκτιμήθηκαν στα 8.000). Με τη δημιουργία του χώρου στάθμευσης με διάφορες χωρητικότητες (150, 200 και 250 θέσεις στάθμευσης) διαπιστώθηκε ότι η επίλυση του προβλήματος δε θα ήταν ουσιαστική καθώς, ακόμα και στο σενάριο των 250 θέσεων ο μέσος χρόνος αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης επί της οδού μειώθηκε μόλις κατά δύο λεπτά της ώρας (από 12 σε 10) και η μέση απόσταση στάθμευσης από τον τελικό προορισμό μόλις κατά 30 μέτρα (από 160 σε 130).

Οι Arnott and Inci (2006) δημιούργησαν ένα μοντέλο με σκοπό την ανάλυση του φαινομένου αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης (cruising for parking). Συγκεκριμένα, το μοντέλο αναλύει τις οικονομικές προεκτάσεις του παραπάνω προβλήματος σε αστικό οδικό δίκτυο, όπου παρατηρείται συμφόρηση. Τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι ότι είναι ευαίσθητο τόσο στο κόστος όσο και στην διάρκεια πραγματοποίησης μίας διαδρομής προς ένα συμφορημένο δίκτυο στο κέντρο μίας πόλης. Επίσης, θεωρεί ότι υπάρχει κορεσμός στο θέμα της στάθμευσης, καθώς κάθε θέση είναι κατειλημμένη και μόλις απελευθερώνεται καλύπτεται άμεσα από ένα νέο όχημα. Η ταχύτητα διαδρομής εξαρτάται από το ποσοστό των οχημάτων τα οποία αναζητούν μία θέση στάθμευσης, τις υπάρχουσες θέσεις στάθμευσης επί της οδού και το ποσοστό των οχημάτων τα οποία κινούνται κανονικά στο δίκτυο.

Το μοντέλο αντιμετωπίζει αρκετά απλοϊκά την πραγματική κατάσταση καθώς θεωρεί πως στη διάρκεια του χρόνου οι κυκλοφοριακές συνθήκες παραμένουν σταθερές (το δίκτυο βρίσκεται συνεχώς σε συμφόρηση), όλες οι μετακινήσεις πραγματοποιούνται από Ι.Χ. αυτοκίνητα και δεν υπάρχουν θέσεις στάθμευσης εκτός της οδού. Για τη σωστή λειτουργία του μοντέλου το οδικό δίκτυο στο κέντρο πρέπει να είναι συμμετρικό (τύπου Manhattan). Κάθε διαδρομή έχει παρόμοια χαρακτηριστικά καθώς το σημείο γένεσης της είναι μία περιοχή, η οποία βρίσκεται μακριά από το κέντρο, έχει συγκεκριμένο μήκος και ο χρήστης με το όχημα του καταφθάνει σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο κέντρο (που είναι και ο προορισμός του). Εκεί, αν υπάρχει διαθέσιμη θέση

στάθμευσης, σταθμεύει (πάντα επί της οδού), ενώ αν δεν υπάρχει, τότε ξεκινά μία διαδικασίας αναζήτησης στο οικοδομικό τετράγωνο όπου βρίσκεται το σημείο προορισμού του έως ότου ελευθερωθεί μία θέση. Ο χρόνος που απαιτείται από το χρήστη για να μεταβεί (πεζός) από τη θέση όπου στάθμευσε στον τελικό του προορισμό δεν υπολογίζεται καθόλου από το μοντέλο. Μέτα την στάθμευση του χρήστη στη διαθέσιμη θέση, παραμένει το όχημα του εκεί για μία χρονική διάρκεια και στη συνέχεια το όχημα αποχωρεί από το σύστημα. Η διάρκεια παραμονής κάθε χρήστη στη θέση στάθμευσης είναι σταθέρη και ίση για όλους τους χρήστες. Η ζήτηση των διαδρομών προς το κέντρο συνδέεται αντιστρόφως ανάλογα με το συνολικό κόστος της διαδρομής.

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το μοντέλο, είναι λειτουργικά και οικονομικά βέλτιστο να αυξηθεί τόσο το κόμιστρο της στάθμευσης επί της οδού σε τέτοιο βαθμό ώστε να υπάρχει κορεσμός των θέσεων στάθμευσης χωρίς να υπάρχουν οχήματα που αναζητούν μία θέση στάθμευσης. Όμως, το παραπάνω μπορεί να λειτουργήσει και αντίστροφα. Έτσι, είναι δυνατόν να υπολογιστεί ο βέλτιστος αριθμός των θέσεων στάθμευσης επί της οδού ανά οικοδομικό τετράγωνο, αν το κόμιστρο θεωρηθεί σταθερό.

Στη συνέχεια, δοκιμάζεται το μοντέλο σε μία σειρά σεναρίων. Η περιοχή μελέτης είναι το κέντρο της πόλης της Βοστώνης στις Η.Π.Α. Αρχικά, εισέρχεται το μήκος διαδρομής εντός του κέντρου στα 2 μίλια και η διάρκεια στάθμευσης στις 2 ώρες. Θεωρήθηκε κόμιστρο στάθμευσης στο $1,00 ανά ώρα (η πραγματική τιμή) και η αξία της ώρας κάθε χρήστη στα $20,00 (θεωρήθηκε τόσο υψηλά, καθώς συνήθως οι μετακινήσεις στο κέντρο κατά τις εργάσιμες ημέρες και ώρες σχετίζονται με επαγγελματικούς σκοπούς). Επίσης, με βάση το μέσο μήκος κάθε οικοδομικού τετραγώνου στην πόλη της Βοστώνης και το μέσο μήκος οχήματος υπολογίστηκε ότι 58 οχήματα μπορούν να σταθμεύσουν σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο. Συνολικά προκύπτουν 3.712 θέσεις ανά τετραγωνικό μίλι (ο αριθμός των οικοδομικών τετραγώνων είναι γνωστός και ίσος με 64 ανά τετραγωνικό μίλι).

Στο σενάριο βάσης παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι 30% των οχημάτων που κινούνται στο κέντρο της πόλης στην πραγματικότητα αναζητούν μία θέση στάθμευσης. Η μέση ταχύτητα στην περιοχή περιορίζεται στα 4,4 μίλια ανά ώρα ενώ ο χρόνος αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης φτάνει τις 0,2 ώρες (ή 12 λεπτά). Το συνολικό κόστος της διαδρομής και της παραμονής του χρήστη στο κέντρο φτάνει τα $55,00, εκ των οποίων $9,10 οφείλονται στη διαδρομή εντός της πόλης έως ότου φτάσει το όχημα στο σημείο προορισμού, $3,90 οφείλονται στην αναζήτηση μίας θέσης στάθμευσης, $2,00 αποτελούν το κόμιστρο στάθμευσης και $40,00 είναι ο χρόνος (που έχει μετατραπεί σε χρηματικές μονάδες) κατά την παραμονή του χρήστη.

Στο επόμενο σενάριο αφήνουν το σύστημα ελεύθερο να δημιουργήσει μία ισόρροπη κατάσταση (απουσία οχημάτων που αναζητούν μία θέση στάθμευσης σε συνδυασμό με τον κορεσμό των θέσεων) θεωρώντας ως μεταβλητή το ωριαίο κόμιστρο και διατηρώντας σταθερές σε αριθμό τις θέσεις στάθμευσης. Το τελικό κόμιστρο αυξάνει στα $6,37 ανά ώρα στάθμευσης και τα αποτελέσματα δείχνουν αύξηση της ταχύτητας στα 17,6 μίλια (αύξηση 400%), ενώ το κόστος της διαδρομής για την κίνηση του οχήματος εντός της πόλης μειώθηκε στα $2,27. Αν η κατάσταση παρέμενε έτσι από τις 07:30 έως τις 19:30 για όλες τις εργάσιμες μέρες ενός έτους (όπου συνεπάγεται το κόμιστρο στα $6,37), τότε τα δημόσια έσοδα από την στάθμευση θα αυξάνονταν κατά $47,8 εκατομύρια ανά τετραγωνικό μίλι ετησίως.

Στη συνέχεια, ελέγχεται η αντίστροφη εναλλακτική. Διατηρείται σταθερό το κόμιστρο και μεταβάλλεται ο αριθμός των θέσεων στάθμευσης επί της οδού, έτσι ώστε να υπάρχει ισόρροπη κατάσταση. Τελικά, οι θέσεις στάθμευσης αυξάνονται στις 5.248 ανά τετραγωνικό μίλι, το οποίο σημαίνει ότι το 70,7% του ορίου μεταξύ πεζοδρομίου και οδού θα χρησιμοποιείται για τη στάθμευση οχημάτων. Σε αυτή την περίπτωση, όπως και στην προηγούμενη, η κυκλοφοριακή συμφόρηση εξαφανίζεται, το φαινόμενο της αναζήτησης θέσεων στάθμευσης (cruising for parking) μηδενίζεται και σε συνδυασμό με την μείωση του συνολικού κόστους της διαδρομής (εφόσον η ζήτηση είναι ελαστική στο μοντέλο) τα οχήματα που διαπερνούν το κέντρο αυξάνονται κατά 41,3%.

2.2.3. Μικροσκοπικά μοντέλα προσομοίωσης (microscopic simulation models)

Τα μικροσκοπικά μοντέλα προσομοίωσεις κινούν κάθε οχήμα ξεχωριστά. Η κίνηση βασίζεται σε μοντέλα που σχετίζονται τόσο με την ακολουθία του προηγούμενου οχήματος από το προπορευόμενο όσο και στην αλλαγή των λωρίδων κυκλοφορίας (Astarita et al., 2001). Τα μοντέλα αυτά χαρακτηρίζονται ως σύγχρονοι προσομοιωτές (synchronous simulators) και αυτό γιατί ενημερώνουν για τα επιμέρους στοιχεία σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές που ισαπέχουν (χρονικά) μεταξύ τους. Ο σταθερός χρόνος μεταξύ των δύο ενημερώσεων - Δt - ονομάζεται βήμα της προσομοίωσης (simulation step) (Barcelo, 2010). Τα μοντέλα αυτά είναι πολύ λεπτομερή και απαραίτητη διαδικασία για τη σωστή λειτουργία τους είναι η βαθμονόμησή τους. Με σωστή βαθμονόμηση, τα μοντέλα αυτά είναι ικανα σήμερα να παρέχουν αποτελέσματα και για μεσαίας κλίμακας δίκτυα (Astarita et al., 2001). Τα μοντέλα εξελίσσονται αρκετές δεκαετίες τώρα και έχουν χρησιμοποιηθεί, όπως θα δούμε και παρακάτω, σε πολλές εφαρμογές που σχετίζονται με θέματα διαχείρισης της στάθμευσης. Κάποια από αυτά τα μοντέλα είναι το INTEGRATION, το MITSIM, το VISSIM κ.α.

Ένα τέτοιο μοντέλο, που έχει τη δυνατότητα να προσομοιώσει όλα τα στάδια της διαδικασίας της στάθμευσης παρουσιάζεται και από τους Waerden et al. (2002). Το μοντέλο προσομοίωσεις που δημιούργησαν ονομάστηκε από τους ίδιους PAMELA (Parking Analysis Model for predicting Effects in Local Areas) και διαφέρει από τα υπόλοιπα μοντέλα που προσομοιώνουν το θέμα της στάθμευσης καθώς:

- Μπορεί να προσομοιώσει την επιλογή που θα κάνει κάποιος οδηγός, εάν βρεθεί αντιμέτωπος με μία περιοχή όπου όλες οι θέσεις είναι κατειλημένες.
- Περιέχει ένα υπο-μοντέλο (sub-model) που εκτιμά τη διάρκεια στάθμευσης.
- Διαφέρει στον τρόπο που προσεγγίζει το θέμα της μοντελοποίησης.

Το μοντέλο μπορεί να προσομοιώσει τη στιγμή που ο χρήστης του δικτύου θα φύγει από το σπίτι του έως τη στιγμή που έχει ολοκληρώσει τη δραστηριότητά του στο χώρο προορισμού και φεύγει από την περιοχή απελευθερώνοντας τη θέση στάθμευσης που κατείχε. Η θέση στάθμευσης πρέπει να βρίσκεται σε ένα χώρο στάθμευσης ο οποίος είναι εκτός της οδού. Τα δεδομένα εισόδου (input data) μπορεί να είναι είτε τα μοτίβα δραστηριοτήτων-διαρομών (activity-travel patterns) οποιουδήποτε μοντέλου που εκτιμά τη ζήτηση με βάση τις δραστηριότητες, είτε οι επιλογές προέλευσης οποιουδήποτε κλασικού μοντέλου τεσσάρων βημάτων. Ουσιαστικά, αρκούν ως δεδομένα ο αριθμός των ατόμων που φτάνουν σε μία περιοχή κατά τη διάρκεια μίας ημέρας ή περισσότερων ημερών και ο αριθμός και τα στοιχεία των χώρων στάθμευσης που βρίσκονται στην περιοχή αυτή. Οι δοκιμές που έχουν γίνει στο PAMELA σχετίζονται κυρίως με δραστηριότητες που σχετίζονται με την ψυχαγωγία, ωστόσο αυτό δεν είναι δεσμευτικό και τα υπο-μοντέλα του είναι δυνατόν να βαθμονομηθούν έτσι, ώστε να εκτιμήσουν και άλλες δραστηριότητες. Επίσης, το σύστημα είναι δυναμικό και δίνει την δυνατότητα εκτίμησης των αποτελεσμάτων των αλλαγών στο θέμα της στάθμευσης κατά τη διάρκεια μίας ημέρας.

Όταν ο χρήστης φτάσει σε ένα χώρο στάθμευσης, θα σταθμεύσει αμέσως αν υπάρχει άμεσα μη κατειλημμένη θέση στάθμευσης ή θα ξεκινήσει να αναζητά για μία διαθέσιμη. Στην τελευταία περίπτωση ο χρήστης τελικά έχει τρείς επιλογές: να συνεχίσει να ψάχνει, να περιμένει έως ότου σε αυτή την περιοχή, έως ότου κάποια θέση γίνει διαθέσιμη ή να σταθμεύσει παράνομα. Στην επιλογή του αυτή, καθοριστικό ρόλο παίζει και η διάρκεια που σκοπεύει να σταθμεύσει. Όσο δηλαδή λιγότερη είναι η διάρκεια που σκοπεύει να παραμείνει εκεί, τόσο λιγότερη ώρα είναι διατεθιμένος να αναζητά μία θέση στάθμευσης. Ωστόσο, ο χρόνος που θα σταθμεύσει εξαρτάται από δύο παραμέτρους: τη δραστηριότητα που επιθυμεί να εκτελέσει στον προορισμό και το ωριαίο κόμιστρο στάθμευσης.

Η χρήση του υπο-μοντέλου είναι απαραίτητη στην επιλογή του χώρου στάθμευσης στην περιοχή προορισμού του χρήστη. Η επιλογή αυτή εξαρτάται από την γνώση που έχει για την περιοχή και συνεπώς η αναζήτηση μίας διαθέσιμης θέσης στάθμευσης περιορίζεται σε ένα μικρότερο αριθμό από τον πραγματικό. Για τον λόγο αυτό, ένα υπό-μοντέλο χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει την εξοικείωση κάθε χρήση με την περιοχή. Στην πραγματικότητα, υπολογίζεται μία πιθανότητα η οποία εξαρτάται από την απόσταση του σπιτιού του χρήστη σε σχέση με κάθε χώρο στάθμευσης, τον αριθμό των θέσεων στάθμευσης που έχει ο κάθε χώρος και μία σταθερά που εξαρτάται από την περιοχή. Ωστόσο, αν είναι ένας χώρος στάθμευσης γνωστός στο χρήστη, δεν σημαίνει ότι θα τον αναλογιστεί σαν επιλογή. Συνεπώς, ένα δεύτερο υπό-μοντέλο υπολογίζει την πιθανότητα ένας χώρος στάθμευσης που είναι γνωστός στο χρήστη να αποτελεί και μία από τις εναλλακτικές του. Για το λόγο αυτό οι ερευνητές πραγματοποίησαν μία έρευνα πεδίου, ώστε να δουν ποιοι παράγοντες είναι αυτοί που επηρεάζουν τελικά τους οδηγούς να ξεχωρίσουν ένα χώρο στάθμευσης από μία ομάδα γνωστών χώρων στην ίδια περιοχή. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι όσο πιο μεγάλος σε μέγεθος είναι ο χώρος στάθμευσης τόσο αποφεύγεται από τους οδηγούς, γεγονός που σχετίζεται κυρίως με θέματα ασφάλειας και προσανατολισμού. Άλλοι παράγοντες που συνδέονται με την εκτίμηση της επιλογής του χώρου στάθμευσης είναι το κόμιστρο, η μέγιστη δυνατή διάρκεια παραμονής, η απόσταση μεταξύ τελικού προορισμού και χώρου, αν ο χώρος είναι στο επίπεδο του εδάφους ή υπόγειος (προτιμάται το πρώτο), κ.α.

Με βάση τα παραπάνω ένας χώρος μπορεί να είναι γνωστός σε κάποιο χρήστη και αν τηρεί κάποια κριτήρια να θεωρείται ως εναλλακτική επιλογή. Τελικά όμως, η επιλογή του χώρου στάθμευσης καθορίζεται από ένα υπό-μοντέλο, το οποίο δίνει τρία γνωρίσματα (attributes) σε κάθε χώρο στάθμευσης. Τα γνωρίσματα αυτά είναι η απόσταση που απέχει, και που πρέπει να καλύψει πεζός κάθε χρήστης από το χώρο στάθμευσης σε ένα συγκεκριμένο κατάστημα (για τις καθημερινές διαδρομές το κατάστημα αυτό είναι το σούπερ μάρκετ, ενώ για τις υπόλοιπες ένα κατάστημα λιανικής πώλησης), το κόμιστρο και η μέγιστη διάρκεια στάθμευσης. Με το ίδιο υπο-μοντέλο και αλλάζοντας απλά τα χαρακτηριστικά γίνεται και η επιλογή της περιοχής των καταστημάτων από το χρήστη (εδώ τα γνωρίσματα σχετίζονται με την πυκνότητα των καταστημάτων), το είδος του μεταφορικού μέσου που θα χρησιμοποιήσει (τα γνωρίσματα σχετίζονται με το χρόνο που θα διαρκέσει η μετακίνηση με κάθε μέσο) καθώς επίσης στην περίπτωση που επιλεχθεί ποδήλατο, αντί για αυτοκίνητο, η επιλογή του χώρου στάθμευσης ποδηλάτου (τα γνωρίσματα σχετίζονται με την ασφάλεια, το κόμιστρο και την απόσταση από τα καταστήματα).

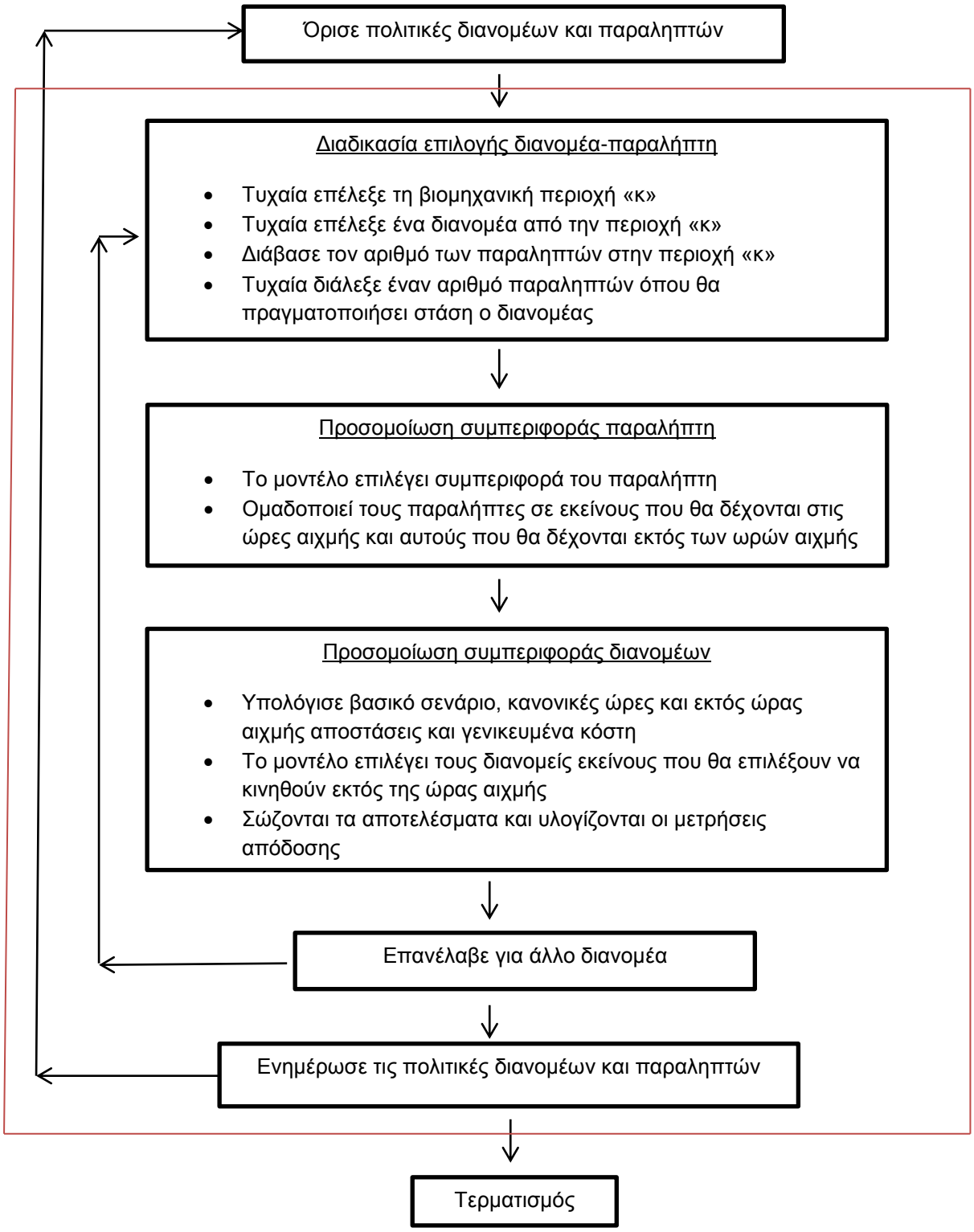
Ο συνδυασμός των παραπάνω υπό-μοντέλων δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης των αφίξεων σε διάφορους χώρους στάθμευσης για συγκεκριμένες

χρονικές στιγμές. Κατά την προσομοίωση κάθε όχημα εισέρχεται στο χώρο στάθμευσης που έχει επιλεγεί και είτε βρίσκει αμέσως θέση, είτε αναζητά κάποια διαθέσιμη. Κάθε χρήστης έχει μία σειρά από δραστηριότητες που καλείται να εκτελέσει στην περιοχή και μία μέγιστη διάρκεια που μπορεί το όχημα του να παραμείνει σταθμευμένο. Ωστόσο, όπως σημειώθηκε και παραπάνω, η αναζήτηση της θέσης στάθμευσης έχει τρεις εναλλακτικές στο μοντέλο. Η πρώτη αποτελεί την αναζήτηση θέσης στον ίδιο χώρο, η δεύτερη τη μετακίνηση σε άλλο χώρο στάθμευσης και η τρίτη τη στάθμευση παράνομα. Για να διαπιστωθεί πώς οι χρήστες συμπεριφέρονται σε τέτοιες καταστάσεις, πραγματοποιήθηκε έρευνα πεδίου που περιείχε μία σειρά από εναλλακτικά σενάρια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πιθανότητα να αναζητήσει κάποιος θέση στάθμευσης στον ίδιο χώρο, μειώνεται όσο αυξάνεται ο χρόνος αναζήτησης χωρίς αποτέλεσμα όταν συμετέχουν και άλλα οχήματα στην αναζήτηση και όταν έχει ήδη αναζητήσει θέση σε άλλους χώρους στάθμευσης. Η επιλογή για παράνομη στάθμευση φαίνεται να γίνεται αποδεκτή μόνον όταν έχει προηγηθεί αναζήτηση σε άλλους χώρους, χωρίς αποτέλεσμα και όταν η πιθανότητα για επιβολή ενός προστίμου είναι μικρή. Σχετικά με την διάρκεια στάθμευσης, οι ερευνητές εκτίμησαν ότι οι παράμετροι που σχετίζονται με αυτή είναι οι δραστηριότητες που οφείλει να ολοκληρώσει ο χρήστης και το ωριάιο κόμιστρο.

Οι Silas and Holguin-Veras (2009) προσπάθησαν να αξιολογήσουν και να αυξήσουν τη συμμετοχή των παραδόσεων και παραλαβών εκτός της ώρας αιχμής χρησιμοποιώντας συμπεριφορική μικροπροσομοίωση (Behavioral Microsimulation ή BMS).

Το μοντέλο συμπεριφοριακής μικροπροσομοίωσης το οποίο χρησιμοποίησαν, αποτελείται από δύο επιμέρους μοντέλα. Όσον αφορά το πρώτο μοντέλο, χρησιμοποιήθηκε για να προσομοιώσει τη συμπεριφορά των διανομέων και το δεύτερο των παραλήπτων. Στο μοντέλο ορίζονται οι διαφορετικές πολιτικές οι οποίες θα εφαρμοστουν και στη συνέχεια (μέσω του μοντέλου των διανομέων) ελέγχεται η συμπεριφορά τους, η οποία έχει αντίκτυπο (μέσω του αντίστοιχου μοντέλου) στους παραλήπτες. Η διαδικασία, η οποία περιγράφεται αναλυτικά από το σχήμα 2.1, ξεκινά με την επιλογή μίας βιομηχανικής περιοχής και από τη σχετική λίστα. Ακολουθεί η επιλογή ενός διανομέα από εκείνους που βρίσκονται στην συγκεκριμένη περιοχή που έχει επιλεγεί. Με βάση τις στάσεις του διανομέα που επιλέχθηκε, επιλέγονται οι παραλήπτες, οι οποίοι βρίσκονται στο σχετικό πληθυσμό της περιοχής. Στους παραλήπτες που επελέγησαν κατά το προηγούμενο βήμα, εφαρμόζεται το μοντέλο συμπεριφοράς των παραληπτών. Στη συνέχεια ο διανομέας, με βάση τις αποφάσεις των παραληπτών που προσεγγίζονται από το μοντέλο, θα εκτιμήσει το κόστος που θα έχει σε περίπτωση που λειτουργήσει εντός ή εκτός του υπάρχοντος ωραρίου.

Τα δεδομένα για την δημιουργία του μοντέλου συμπεριφοράς των παραληπτών αντλήθηκαν από το New York State Department of Transportation και βασίζονταν σε μία έρευνα πεδίου, η οποία κατέγραφε στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά των επιχειρήσεων, με το μοτίβο των διανομών-παραλαβών, με την αποδεκτικότητα του εκτός συνηθισμένου ωραρίου διανομών-παραλαβών σε ένα πλαίσιο φοροαπαλλαγών, κ.α. Η κατάταξη της έρευνα παρέταξε τις επιχειρήσεις ανά προϊόν (ξυλεία, αλκοόλ, χαρτικά, ιατροφαρμακευτικά, τρόφημα, έντυπο υλικό και μέταλλα). Το μοντέλο των διανομέων θεωρεί ότι η απόφαση τους εξαρτάται από τη στάση των παραληπτών και κριτήριο για την απόφαση τους είναι το γενικευμένο κόστος που θα έχουν. Για να υπολογιστεί το κόστος των διανομών χρειάστηκε η προσομοίωση αυτών κατά τις ώρες που ισχύει το κανονικό ωράριο και σε ώρες έξω από αυτό. Εφόσον είναι γνωστές οι θέσεις τόσο των διανομέων όσο και των παραληπτών, το πρόβλημα επιλύθηκε εύκολα.



ΣΧΗΜΑ 2. 1: Το μοντέλο συμπεριφοριακής μικροπροσομοίωσης

Πηγή: Τροποποιημένο από Silas and Holguin-Veras (2009)

Ένα πρώτο σενάριο, το οποίο δοκιμάστηκε από τους ερευνητές, είχε σκοπό να εντοπίσει την επίπτωση σε διάφορες φορολογικές μειώσεις. Οι φοροελαφρύνσεις που τέθηκαν έφταναν έως και τα $50.000. Όπως δείχνουν τα σχετικά αποτελέσματα, μία μείωση στον καταβαλλόμενο φόρο κατα $10.000 στους διανομείς θα προκαλέσει μεταφορά 15% αυτών κατά τις ώρες εκτός του συνηθισμένου ωραρίου. Το παραπάνω δείχνει πως αυτό το μέτρο θα μπορούσε επιτυχώς να μειώσει την κυκλοφοριακή συμφόριση.

Ένα δεύτερο σενάριο σχετιζόταν με τον ορισμό διοδίων στο οδικό δίκτυο της περιοχής για μεταφορές κατά τις ώρες του συνηθισμένου ωραρίου. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές και το μέτρο αυτό κρίνεται ανεπιτυχές καθώς, στη βέλτιστη περίπτωση μόλις το 10% των διανομών θα αλλάξει ωράριο. Η αποτυχία του μέτρου αυτού, εκτιμούν οι συγγραφείς, ότι οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι διανομείς θα απορροφούσαν το κόστος του διοδίου, χωρίς να το περάσουν στους παραλήπτες τους, λόγω της μικρής δυναμικής που έχουν στον καθορισμό των τιμών της αγοράς.

Ένα τρίτο σενάριο που δοκιμάστηκε από τους ερευνητές είχε σχέση με τη φοροελάφρυνση στους διανομείς σε συνδυασμό με την επιβολή προστίμου για παράνομη στάθμευση κατά τις ώρες του κανονικού ωραρίου. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένας έμμεσος μοχλός πίεσης προς τους διανομείς. Επειδή όμως, η πιθανότητα επιβολής προστίμου σε διανομείς δεν είναι γνωστή, δοκιμάστηκαν τρεις περιπτώσεις για πιθανότητες: 1/120, 1/18, 1/10. Στοιχεία δείχνουν ότι η επιβολή προστίμων έχει αποτελέσματα και θα οδηγούσε τους διανομείς στην πραγματοποίηση των μεταφορών τους κατά τις ώρες εκτός του συνηθισμένου ωραρίου. Το μέτρο σχετικά με τις φορολογικές μειώσεις από $10.000 έως και $50.000 έχει παρόμοια αποτελέσματα, ανεξαρτήτως της πιθανότητας επιβολής του προστίμου. Για φοροελαφρύνση έως και 10.000$, που είναι και περισσότερο υλοποιήσιμη, η πιθανότητα 1/10 δείχνει πολύ μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από εκείνη του 1/120, καθώς στην πρώτη περίπτωση τελικά θα έχω μετακύληση του ωραρίου στο 50% των διανομέων, ενώ στο 1/120 στο 20%.

Μία τέταρτη σειρά από σενάρια σχετιζόταν με την επιχορήγηση των διανομέων με βάση την απόσταση που διανύουν εκτός του συνηθισμένου ωραρίου. Συγκεκριμένα το μέτρο αυτό εφαρμόστηκε για ένα συνεχές διάστημα από $0,00 έως και $0,50 ανά μίλι. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μέτρο αυτό θα κρινόταν επιτυχές, καθώς οδηγεί στη μεταφορά των διανομών από 12% έως και 27%. Έτσι, για παράδειγμα, για μία επιχορήγηση της τάξεως των $0,20 ανά μίλι θα είχε ως αποτέλεσμα τη διεξαγωγή του 20% των διανομών εκτός του συνηθισμένου ωραρίου βελτιώνοντας την κυκλοφοριακή εικόνα στο οδικό δίκτυο.

Συνοψίζοντας, από τα αποτελέσματα των παραπάνω σεναρίων φαίνεται πως μία φοροελάφρυνση έως $10.000 στους διανομείς θα απέφερε

τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα. Επίσης, η ενίσχυση της αστυνόμευσης, σε συνδυασμό με το παραπάνω μέτρο, θα μπορούσε να αποδόσει σημαντικά οφέλη. Η ύπαρξη διοδίων δεν επηρεάζει (ούτε θετικά, ούτε αρνητικά) την υφιστάμενη κατάσταση. Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές προτείνουν την φοροελάφρυνση στους διανομείς σε συνδυασμό τη θέσπιση διοδίων. Αποτέλεσμα αυτού θα είναι ότι το εισόδημα που χάνεται κάτα την φοροαπαλλαγή θα αντλείται έμμεσα από τα διόδια, χωρίς καμία οικονομική ζημία για το κοινωνικό σύνολο.

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό προσομοίωσης VISSIM, οι Lu and Viegas (2007) θέλησαν να εκτιμήσουν τα αποτελέσματα που σημειώνονται στην κυκλοφορία από τα οχήματα που σταθμεύουν παράλληλα, από άλλα οχήματα που έχουν σταθμεύσει νόμιμα επί της οδού (διπλοπαρκαρισμένα). Το πρόβλημα αυτό, το οποίο σύμφωνα με τους ερευνητές είναι σχετικά συχνό φαινόμενο σε αρκετές Ευρωπαϊκές πόλεις, συνεχίζει να αποτελεί μείζον κυκλοφοριακό πρόβλημα στην πόλη της Λισαβώνας στην Πορτογαλία. Έμμεσες προσπάθειες για την επίλυση του έχουν πραγματοποιηθεί (όπως η δημιουργία χώρων στάθμευσης εκτός της οδού) ωστόσο, χωρίς να παρουσιάσουν ουσιώδη αποτελέσματα.

Μετά από μερικές σχετικές έρευνες πεδίου στο κέντρο της πόλης, οι ερευνητές παρατήρησαν ότι τα οχήματα που διπλοπαρκάρουν σταθμεύουν σε διάφορες θέσεις, είτε κοντά είτε μακριά από μία διασταύρωση. Επίσης, η διάρκεια παραμονής τους σε αυτή τη θέση ποικίλει, από μερικά λεπτά έως και περισσότερο από μισή ώρα. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα, διαπιστώθηκε ότι σε μία λωρίδα περισσότερα του ενός οχήματος είχαν σταθμεύσει παράνομα με αυτόν τον τρόπο.

Επιπροσθέτως, στοιχεία έδειξαν ότι υπό κανονικές συνθήκες και χωρίς περιορισμούς (όπως περιπτώσεις διαστάυρωσης με φωτεινό σηματοδότη), οι κυκλοφοριακοί φόρτοι στις δύο λωρίδες του ίδιου ρεύματος έχουν ισοδύναμους κυκλοφοριακούς φόρτους. Ωστόσο, όταν τα οχήματα πλησιάζουν σε φωτεινό σηματοδότη προτιμούν να πάρουν θέση στην αριστερή λωρίδα. Συνεπώς, τα οχήματα αυτά, που είναι και περισσότερα σε αριθμό, αναμένεται να μην επηρεαστούν τόσο από διπλοπαρκαρισμένα οχήματα. Σε περιπτώσεις όμως, όπου υπάρχουν μεγάλοι κυκλοφοριακοί φόρτοι, όπως κατά την ώρα αιχμής, ακόμα και σε διασταυρώσεις με φωτεινούς σηματοδότες οι κυκλοφοριακοί φόρτοι και στις δύο λωρίδες τείνουν να είναι ίσοι και συνεπώς η επίδραση ενός οχήματος που έχει διπλοπαρκάρει είναι μέγιστη.

Αρχικά λοιπόν, και για να γίνει κατανοητό το πρόβλημα, χρησιμοποιήθηκε ένα μικρό τμήμα, ενός ευρύτερου οδικού δικτύου. Το τμήμα αυτό, αποτελούνταν ουσιαστικά από δύο διασταυρώσεις, την Α και τη Β, και κάθε κατεύθυνση είχε στη διάθεση της από δύο λωρίδες κυκλοφορίας. Στη

δεξιά πλευρά κάθε δεξιάς λωρίδας, όπως συμβαίνει στις περισσότερες περιπτώσεις, επιτρεπόταν η στάθμευση των οχημάτων επί της οδού παράλληλα με το πεζοδρόμιο. Επιλέχθηκε από τους ερευνητές το οδικό αυτό τμήμα να αποτελείται από τέσσερις λωρίδες κυκλοφορίας, καθώς από τις έρευνες πεδίου διαπιστώθηκε ότι στους δρόμους με δύο λωρίδες κυκλοφορίας, τα οχήματα δεν διπλοπαρκάρουν το ίδιο συχνά, αφού επιβάλλονται πρόστιμα από τις αστυνομικές αρχές. Σημειώνεται ότι, οι διασταυρώσεις Α και Β είναι σηματοδοτούμενες. Αν δεν υπήρχε φωτεινός σηματοδότης, αλλά απλή σήμανση, τα αποτελέσματα δεν θα άλλαζαν σημαντικά καθώς ο χρόνος αναμονής κατά την ώρα αιχμής λόγω των διπλοπαρκαρισμένων δε θα είχε αξιοσημείωτες διαφορές.

Οι θέσεις που τοποθετήθηκαν τα διπλοπαρκαρισμένα οχήματα ήταν:

- Κοντά στη διασταύρωση Α (περίπτωση a). Σε αυτή την περίπτωση είναι αναμενόμενο, οχήματα τα οποία βρίσκονται στην κάθετη οδό και επιθυμούν να στρίψουν στην υπό μελέτη να δυσκολεύονται και να αντιμετωπιζουν καθυστερήσεις. Καθυστερήσεις εμφανίζονται, και στα οχήματα τα οποία κινούνται στην υπό εξέταση οδό, καθώς οι οδηγοί πραγματοποιούν αλλαγή λωρίδας για να αποφύγουν το διπλοπαρκαρισμένο όχημα.
- Μεταξύ των διασταυρώσεων Α και Β. (περίπτωση b). Σε αυτή την περίπτωση αναμένονται μικρότερες καθυστερήσεις, καθώς τα οχήματα έχουν περισσότερο χρόνο να ελιχθούν και μπορούν να το κάνουν με μεγαλύτερες ταχύτητες.
- Κοντά στη διαστάυρωση Β (περίπτωση c). Οι ουρές αναμονής μεταξύ των διασταυρώσεων Α και Β αναμένεται να μεγαλώσουν, καθώς στη διαστάυρωση Β για τον ίδιο χρόνο πρασίνου εκκενώνουν λιγότερα οχήματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μία λωρίδα (από τις δύο) είναι κατειλημμένη από το παράνομα σταθμευμένο όχημα.

Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί πως διπλοπαρκαρισμένα οχήματα μπορεί να βρίσκονται σε περισσότερες από μία θέσεις. Αναμένεται όμως πως στο διάκενο μεταξύ των δύο σταθμευμένων οχημάτων κανένα όχημα δε θα κάνει χρήση της λωρίδας όπου έχουν παράνομα σταθμεύσει.

Για την προσομοίωση, και εφόσον το λογισμικό VISSIM δεν έδινε τη δυνατότητα στους ερευνητές να αποτυπώσουν την πραγματική κατάσταση χρησιμοποιώντας όχημα, το οποίο διπλοπαρκάρει, τοποθετήθηκε στη δεξιά λωρίδα νοητός φωτεινός σηματοδότης. Η θέση του, καθώς και οι χρόνοι, καθορίστηκαν έτσι ώστε να ταυτίζονται όσο το δυνατόν περισσότερο στην πραγματική περίπτωση, ενώ όσο ο φωτεινός σηματοδότης εμφανίζεται τα οχήματα οφείλουν να σταματούν στη νοητή γραμμή την οποία ορίζει. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν από μία κεντρική οδό της πόλης της Λισαβώνας, όπου η απόσταση μεταξύ των διασταυρώσεων είναι 500 μέτρα και ο κύκλος των φωτεινών σηματοδοτών, οι οποίοι βρίσκονται σε

συντονισμό, είναι 90 δευτερόλεπτα. Τα κυκλοφοριακά μεγέθη συλλέγονται κάθε 15 λεπτά της ώρας (από τις 07:30 έως τις 21:00) και οι φόρτοι κυμένονται από 450 έως 1.100 ΜΕΑ ανά ώρα (τα οποία παρατηρούνται κατά την πρωινή και απογευματινή ώρα αιχμής).

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα πραγματοποιήθηκε μία μεγάλη σειρά από διαφορετικά σενάρια. Συγκεκριμένα:

- Κανένα διπλοπαρκαρισμένο όχημα και φόρτοι ίσοι με 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000 και 1.100 ΜΕΑ ανά ώρα.
- Για κάθε φόρτο από τους παραπάνω ελέχθησαν οι περιπτώσεις a, b και c.
- Παράλληλα διπλοπαρκαρισμένα οχήματα σε παραπάνω από μία θέσεις.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μεγαλύτερη επίπτωση στη διατρέχουσα κυκλοφορία υπάρχει όταν εμφανίζεται διπλοπαρκαρισμένο όχημα κοντά στη διασταύρωση Α (περίπτωση a). Επίσης, ο φόρτος της κυκλοφορίας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για την περίπτωση a με κυκλοφοριακό φόρτο 700 ΜΕΑ ανά ώρα η ταχύτητα μειώθηκε 12% (σε σχέση με την ελεύθερη κατάσταση), ενώ με κυκλοφοριακό φόρτο 1.100 ΜΕΑ ανά ώρα παρατηρήθηκε συμφόρηση. Περισσότερα διπλοπαρκαρισμένα οχήματα δημιουργούν πρόβλημα στο απέναντι ρεύμα κυκλοφορίας, ενώ μεταξύ αυτών, ελάχιστα οχήματα κινούνται στη λωρίδα την οποία καταλαμβάνουν. Τέλος, στην περιοχή κοντά στα παρανόμως σταθμευμένα οχήματα παρατηρήθηκαν περισσότερες αλλαγές λωρίδες και συγκρούσεις, γεγονός το οποίο οδηγεί τους ερευνητές εύλογα στο συμπέρασμα της αύξησης των τροχαίων ατυχημάτων.

Για την βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών σε εξαιρετικές περιπτώσεις οι Sarasua et al. (2005) έκαναν χρήση ενός συστήματος γεωπληροφορικής (GIS) και ενός μικροσκοπικού προσομοιωτή. Επικέντρωσαν λοιπόν, την επίλυση του προβλήματος στη σωστή διαχείριση των οχημάτων και τη χωροθέτηση τους στους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης με σκοπό τη συνολική μείωση των καθυστερήσεων στο δίκτυο.

Συγκεκριμένα, θέλησαν να διαχειριστούν τα οχήματα, τα οποία καταφθάνουν στην Πανεπιστημιούπολη Clemson, στις Η.Π.Α., κατά την ημέρα διεξαγωγής αθλητικών γεγονότων. Το Clemson βρίσκεται στη διασταύρωση δύο εθνικών αυτοκινητόδρομων, των US 123 και US 76. Τους δύο αυτοκινητόδρομους με το οδικό δίκτυο της πόλης ενώνουν δύο ράμπες εισόδου/εξόδου (στα ανατολικά και δυτικά της πόλης). Επίσης το Clemson διαθέτει στο κέντρο 4 χώρους στάθμευσης με μεγάλη χωρητικότητα. Γενικά, οι κυκλοφοριακές συνθήκες μίας τυπικής καθημερινής ημέρας είναι καλές με καποιες μικρές καθυστερήσεις σε κάποια σημεία κατά την ώρα αιχμής, η οποία ταυτίζεται με την έναρξη και λήξη των μαθημάτων του Πανεπιστημίου.

Η πόλη είναι μικρή (12.000 κάτοικοι) και το οδικό της δίκτυο είναι αδύνατον να υποστηρίξει κυκλοφοριακούς φόρτους που οδηγούν περίπου 80.000 επισκέπτες σε αυτή. Όπως τονίζουν οι ερευνητές, το πρόβλημα είναι πιο έντονο σε αυτή την περίπτωση σε σχέση με τα οδικά δίκτυα των μεγάλων πόλεων, καθώς η χωρητικότητα του δικτύου αυτού είναι εκ των πραγμάτων εξαιρετικά περιορισμένη.

Ο στόχος της εργασίας ήταν η ανακατανομή των θέσεων στάθμευσης των οχημάτων για εκείνους τους φιλάθλους οι οποίοι κατέχουν εισιτήριο διαρκείας. Η συλλογή των βασικών στοιχείων έγινε:

- Από τη βάση δεδομένων των κατόχων εισιτηρίων διαρκείας. Περιείχε στοιχεία σχετικά με τους χρήστες, όπως ονόματα και διευθύνσεις, καθώς και στοιχεία σχετικά με τις πιθανές μισθωμένες θέσεις στάθμευσης.
- Από κάμερες καταγραφής της κυκλοφορίας σε συνδυασμό με έρευνες πεδίου. Στοιχεία σχετικά με την προσέλευση των οχημάτων κατά τις ημέρες διεξαγωγής αγώνων συλλέχθησαν από 13 συνολικά δισταυρώσεις.

Μετά τη συλλογή των πρωτογενών δεδομένων, και με τη χρήση συστήματος γεωπληροφορικής (TransCAD GIS), χαρτογραφήθηκαν και χωροθετήθηκαν οι κάτοχοι των εισιτηρίων. Επίσης, το οδικό δίκτυο της πόλης δημιουργήθηκε και περιείχε στοιχεία σχετικά με το όνομα κάθε οδού, το μήκος αλλά και το επίπεδο λειτουργίας της. Από τα παραπάνω, και με βάση την προέλευση των χρηστών, το δίκτυο χωρίστηκε σε 6 ζώνες.

Από τους 4 χώρους στάθμευσης μόνον 3 τέθηκαν στη διάθεση της έρευνας. Η συνολική χωριτηκότητα αυτών ήταν περίπου 5.600 θέσεις. Στη συνέχεια, επιλύθηκε το πρόβλημα Χίτσκοκ για τις μεταφορές. Σε αυτό απαιτείται το σύνολο της προσφοράς (οχήματα) να είναι ίσο με τη ζήτηση (θέσεις στάθμευσης). Έτσι, προέκυψε ένας αρχικός πίνακας προέλευσης-προορισμού, ο οποίος αποτύπωνε την υφιστάμενη κατάσταση μεταξύ των ζωνών. Ένας νέος πίνακας προέλευσης-προορισμού προέκυψε όταν απαιτήθηκε το γενικευμένο κόστος να είναι μηδενικό.

Η αξιολόγη του νέου πίνακα έγινε με τη χρήση μικρο-προσομοίωσης. Στην αρχή υπολογίστηκε ο χρόνος διαδρομής με βάση τη μέση ταχύτητη σε ελεύθερο δίκτυο. Ο συνολικός χρόνος καθυστέρησης στο δίκτυο πρέκυψε με το επιμέρους άθροισμα των καθυστερήσεων σε κάθε διασταύρωση. Το στάδιο της προσομοίωσης χωρίστηκε στα εξής μέρη:

- Επεξεργασία των δεδομένων σχετικά με τα οχήματα (process vehicle data). Σε αυτό το στάδιο υπολογίστηκε η πιθανότητα ένα όχημα να καταφθάνει για τον αγώνα και να έχει μισθωμένη θέση στάθμευσης. Η πιθανότητα αύτη προσεγγίζεται από τη σχέση $PV_A = F_A / F_T$, όπου F_A

είναι τα οχήματα που έχουν προκαθορισμένη θέση στάθμευσης και F_T το σύνολο των οχημάτων.

- Τροποποίηση του μοντέλου (model modification). Για κάθε διασταύρωση, ο φόρτος των οχημάτων που έχουν προκαθορισμένη θέση στάθμευσης δίνεται από το φόρτο των συνολικών οχημάτων στη διασταύρωση πολλαπλασμένος με την πιθανότητα PV_A. Από αυτά υπολογίζονται τα οχήματα που καταλήγουν σε κάθε χώρο στάθμευσης.
- Εκτίμηση των καθυστερήσεων με τις διάφορες εναλλακτικές στρατηγικες. Στο σημείο αυτό δοκιμάζονται δύο εναλλακτικές (σενάρια). Το πρώτο ουσιαστικά είναι το σενάριο βάσης, καθώς δεν πραγματοποιείται καμία αλλαγή και απλά αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση. Στο δεύτερο σενάριο εφαρμόζεται ο πίνακας προέλευσης-προορισμού που δημιουργήθηκε με την ελαχιστοποίηση του γενικευμένου κόστους.

Τα αποτελέσματα του δεύτερου σεναρίου συγκρίθηκαν με αυτά του σεναρίου βάσης. Η συνολική εξοικονόμηση χρόνου στο δίκτυο έφτασε τις 46,9 ώρες, από τις οποίες 10 είναι αποτέλεσμα της μειωμένης αναμονής στις διασταυρώσεις και οι υπόλοιπες 36,9 είναι αποτέλεσμα των καλύτερων συνθηκών γενικά στο δίκτυο που οδηγούν σε μεγαλύτερη μέση ταχύτητα.

Μικρο-προσομοίωση εφάρμοσαν και οι Caicedo et al. (2006) για την καλύτερη λειτουργία ενός υπόγειου χώρου στάθμευσης εκτός της οδού. Επίσης, πραγματοποίησαν μία έρευνα, ώστε να εξακριβώσουν τί ακριβώς επιθυμούν οι χρήστες ενός τέτοιου χώρου.

Στην έρευνα συμμετείχαν χρήστες ενός υπόγειου τέτοιου χώρου. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό για τους ερωτηθέντες ήταν η διαθεσιμότητα, ενώ ακολουθήσε ο χρόνος που θα αναζητήσουν μία θέση στάθμευσης και «διάφορα περιστατικά» που μπορεί να συμβούν στους χώρους αυτούς, όπως διαφωνίες μεταξύ οδηγών, κλοπές και η αίσθηση ασφάλειας. Τη σχετική λίστα συμπλήρωναν δύο ακόμα χαρακτηριστικά, ο χρόνος προσέγγισης του χώρου και το βάθος.

Επίσης, οι ερευνητές θέλησαν να παρακαλουθήσουν την συμπεριφορά των οδηγών στους χώρους αυτούς. Αν και η επιλογή ενός επιπέδου, όπου τελικά ο χρήστης θα σταθμεύσει μπορεί να εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως αν ο όροφος διαθέτει ανελκυστήρα, κυλιόμενες σκάλες κ.λπ. η συμπεριφορά δείχνει ότι υπάρχει μία προδιάθεση. Συγκεκριμένα, οι χρήστες προτιμούν να προσεγγίζουν έναν τέτοιο χώρο με πολλούς ορόφους, θεωρώντας ότι έτσι θα βρούν σίγουρα μία θέση στάθμευσης. Όμως όταν φτάνουν σε αυτούς επιθυμούν να βρούν μία θέση στάθμευσης όσο πιο κοντά στην επιφάνεια γίνεται. Φαίνεται συνεπώς, ότι υπάρχουν και διάφοροι ψυχολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τους χρήστες. Βέβαια, η επιλογή μίας θέσης κοντά στην επιφάνεια σχετίζεται και με άλλες παραμέτρους. Για παράδειγμα, οι οδηγοί που είναι εξοικειωμένοι με τον χώρο, γνωρίζουν τις

ώρες της ημέρας όπου σημειώνεται αιχμή. Συνεπώς, επιλέγουν θέσεις κοντά στην επιφένεια ώστε να ελαχιστοποιούν το χρόνο αναμονής κατά την αναχώρηση. Επίσης, δεν είναι ψευδές το γεγονός ότι στα χαμηλότερα επίπεδα φαινόμενα όπως κλοπές και ζημιές σε οχήματα είναι περισσότερο συχνά από ό,τι στα επίπεδα κοντά στην επιφάνεια.

Για να μπορέσουν συνεπώς οι ερευνητές να προσομοιώσουν την συμπεριφορά των χρηστών χρησιμοποίησαν τόσο τη θεωρία μεγιστοποίησης της ωφέλειας (utility) σε συνδυασμό με κάποια προδιάθεση, κάποιες αρχικές δηλαδή προτιμήσεις. Με βάση τη θεωρία μεγιστοποίησης της ωφέλειας, οι οδηγοί επιλέγουν την εναλλακτική εκείνη (εδώ το χώρο στάθμευσης), η οποία τους μεγιστοποιεί το όφελος. Η οφέλεια (V) λοιπόν, μπορεί να εκφραστεί με βάση δύο παραμέτρους: μία μετρήσιμη, ντετερμινιστική (Vi) και ένα στοχαστικό σφάλμα (ξi). Ισχύει δηλαδή: V=Vi+ξi. Σε αυτή την περίπτωση η ντετερμινιστική παράμετρος της ωφέλειας είναι μία συνάρτηση του χρόνου (οδήγησης, στάθμευσης και ανόδου στην επιφάνεια), της διαθεσιμότητας του χώρου στάθμευσης και προηγούμενων εμπειριών (που σχετίζονται με θέματα ασφάλειας, σύγκρουσης μεταξύ οδηγών ή μεταξύ οδηγών και πεζών). Η προδιάθεση σχετίζεται με την επιλογή του επιπέδου που θα επιλέξουν οι χρήστες. Αυτή η επιλογή μπορεί να γίνει είτε πριν ακόμα φτάσουν στον χώρο στάθμευσης, είτε στην είσοδο του, όπου πληροφορίες σχετικά με την διαθεσιμότητα κάθε επιπέδου δίδονται στον χρήστη. Έτσι, το μοντέλο συμπεριλαμβάνει τόσο την a priori επιθυμία των χρηστών όσο και τις πληροφορίες που λαμβάνονται κατά την είσοδο.

Κατά την προσομοίωση δοκιμάστηκε η λειτουργία ενός προγράμματος για την διαχείριση του χώρου στάθμευσης. Όταν το πρόγραμμα αυτό λειτουργεί, τότε μπορεί να δώσει πληροφορίες σχετικά με την διαθεσιμότητα θέσεων ανά επίπεδο κατά την είσοδο των χρηστών. Ως εκ τούτου, υιοθετήθηκαν τα εξής:

- Οι χρήστες που εισέρχονται γνωρίζουν τη διαθεσιμότητα θέσεων ανά επίπεδο.
- Αποφαζίσουν το επίπεδο που θα επιλέξουν με βάση τόσο την προτίμησή τους όσο και πληροφορίες σχετικά με την διαθεσιμότητα αλλά και το βάθος.
- Σε κάθε θέση υπάρχει αισθητήρας ο οποίος ενημερώνει άμεσα αν μία θέση σε κάποιο επίπεδο καταλήφθηκε και συνεπώς ενημερώνεται άμεσα το σύστημα.
- Όταν χρήστες φθάνουν σε ένα επίπεδο που επιθυμούν να σταθμεύσουν και πολλές θέσεις είναι διαθέσιμες θα επιλέξουν εκείνη που είναι πιο κοντά στην έξοδο.
- Τα οχήματα παραμένουν σταθμευμένα όσο οι χρήστες πραγματοποιούν τις εργασίες τους.

- Όταν οι χρήστες ολοκληρώσουν την εργασία τους εισέρχονται στο όχημα και εξέρχονται από τον χώρο. Το σύστημα υπολογίζει άμεσα το όχημα που αποχώρησε.

Τρία σενάρια προσομοιώθηκαν (S1, S2 και S3). Η διαφορά των σεναρίων σχετίζεται με τον τρόπο προσέλευσης και την διάρκεια παραμονής των χρηστών. Τα στοιχεία αυτά αντλήθηκαν από δεδομένα σχετικά με την λειτουργία ενός τέτοιου χώρου στάθμευσης. Κάθε σενάριο προσομοιώθηκε δύο φορές. Κατά την πρώτη, καμία πληροφορία σχετικά με τη διαθεσιμότητα των θέσεων δεν παρέχεται στους χρήστες, ενώ στη δεύτερη λειτουργεί το σύστημα που αναφέρθηκε παραπάνω και παρέχονται πληροφορίες κατά την είσοδο. Όταν δεν υπάρχει ενημέρωση, τότε το σενάριο συμβολίζεται ως SA ενώ όταν υπάρχει CA.

Στην προσομοίωση SA1 ο μέσος χρόνος αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης ήταν 1,11 λεπτά, δηλαδή 50% περισσότερο από την περίπτωση CA1. Επίσης, 23,33% των χρηστών χρειάστηκε να αλλάξει τουλάχιστον μία φορά να πάρει και άλλες αποφάσεις οδηγώντας 173,66 μέτρα (13,00% περισσότερο από την περίπτωση CA1). Παρόμοια αποτελέσματα είχε και η προσομοίωση SA2, η οποία οδήγησε τους χρήστες σε 77% περισσότερο μέσο χρόνο αναζήτησης και 25% περισσότερη διανύουσα απόσταση από την περίπτωση CA2. Στην SA3 ο μέσος χρόνος αναζήτης ήταν 1,87 λεπτά σε σχέση με τα 0,84 λεπτά της περίπτωσης CA3.

Τέλος, οι συγγραφείς εκτιμούν, έχοντας εμπειρικά στοιχεία, το κόστος κίνησης ενός οχήματος σε ένα υπόγειο χώρο στάθμευσης. Τονίζεται ότι για τον υπολογισμό ισχύει ό,τι ισχύει και για την αναζήτηση μία θέσης στάθμευσης επί της οδού καθώς οι ταχύτητες είναι παρόμοιες. Έτσι, υπολόγισαν (για ταχύτητα 10 χ.α.ω.) το κόστος κίνησης ενός οχήματος ανα χιλιόμετρο.

Καύσιμα	$ 0,083/χιλιόμετρο
Λιπαντικά	$ 0,018/χιλιόμετρο
Ελαστικά	$ 0,011/χιλιόμετρο
Σύνολο	**$ 0,112/χιλιόμετρο**

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. 5: Λειτουργικό κόστος οχήματος κινούμενο σε υπόγειο χώρο στάθμευσης

Πηγή: Caicedo et al. (2006)

2.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν από την διεθνή βιβλιογραφία με σκοπό την εκτίμηση του γενικευμένου κόστους σε θέματα που σχετίζονται με την στάθμευση. Πολλοί ερευνητές συμφωνούν στο γεγονός ότι η αναζήτηση μίας θέσης στάθμευσης ή η παράνομη στάθμευση

συνοδεύεται από από μία σειρά αρνητικών επιπτώσεων, τόσο σε ατομικό επίπεδο (αυτό του χρήστη για παράδειγμα), όσο και σε κοινωνικό και περιβαλλοντικό. Ωστόσο, οι προσπάθειες ποσοτικοποίησης των παραπάνω επιπτώσεων είναι περιορισμένες. Όμως, αν αναλογιστεί κανείς ότι ο δεύτερος μεγαλύτερος τομέας παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα (μετά την παραγωγή ενέργειας) είναι αυτός των μεταφορών (King, 2009) και πως σύμφωνα με τα προσωρινά στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ για το έτος 2010 συνέβησαν 15.146 ατυχήματα (εκ των οποίων 1.265 θανατηφόρα) στην Ελλάδα τότε, οι τομείς αυτοί είναι εξίσου σημαντικοί.

Οι Guo et al. (2011) πραγματοποίησαν μία ανάλυση, ώστε να διαπιστώσουν πώς επηρεάζουν τη διάρκεια μίας διαδρομής τα οχήματα που σταθμεύουν επί της οδού. Συγκεκριμένα, δημιούργησαν ένα μοντέλο κινδύνου διαρκείας (hazard-based duration models) και έλεγξαν την επίπτωση που έχουν διάφοροι παράγοντες, όπως το πλάτος της λωρίδας, οι κινήσεις εισόδου/εξόδου (parking/unparking maneuvers), το επίπεδο κατάληψης των θέσεων κ.α.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μία έρευνα πεδίου. Αυτή περιελάμβανε επτά συγκεκριμένα οδικά τμήματα (δύο λωρίδω κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση μήκους 200 μέτρων και συνολικού πλάτους 15 μέτρων), στα οποία μετρήθηκε πόσος χρόνος απαιτείται από τα οχήματα για να τα διανύσουν κάτω από τις υφιστάμενες συνθήκες. Επίσης, κατεγράφησαν στοιχεία σχετικά με τις κινήσεις εισόδου/εξόδου και το επίπεδο κατάληψης. Τα πλάτη των λωρίδων κυμαίνονταν από 2,8 μέτρα έως 3,75 μέτρα, οι φόρτοι ήταν σχετικά χαμηλοί (περίπου 300 οχήματα/ώρα) και το ποσοστό κατάληψης των θέσεων στάθμευσης επί της οδού έφτανε έως και το 90%.

Στην συνέχεια, ακολούθησε μία στατιστική ανάλυση, η οποία έδειξεότι όσο πιο μεγάλο είναι το πλάτος της λωρίδας τόσο πιο γρήγορα τα οχήματα διασχίζουν το οδικό τμήμα. Συγκεκριμένα, τα οχήματα που κινούνται σε λωρίδα 3,75 μέτρων έχουν 15,88 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να διασχίσουν το ίδιο οδικό τμήμα γρηγορότερα από ότι αν είχε πλάτος 3,00 μέτρα. Επίσης, όσες περισσότερες κινήσεις εισόδου/εξόδου παρατηρούνται, τόσο περισσότερο χρόνο απαιτείται από τα οχήματα που διαπερνούν το οδικό τμήμα να το διασχίσουν. Στην περίπτωση που η κατάληψη των θέσεων στάθμευσης είναι χαμηλή (στο 40%) τα οχήματα είναι 4,39 φορές πιο πιθανό να διασχίζουν γρηγορότερα το ίδιο τμήμα σε σχέση με την κατάσταση του κορεσμού (100% κατάληψη).

Ο Shoup (2004, 2006) τονίζει ότι αποτέλεσμα των υποτιμιμένων κομίστρων στα κέντρα των πόλεων είναι το φαινόμενο της αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης (cruising for parking). Το φαινόμενο αυτό πλήττει, αρχικά, τον ίδιο τον οδηγό, ο οποίος καθώς αναζητά μία διαθέσιμη θέση στάθμευσης ζημιώνεται οικονομικά, καθώς εκτός από το ίδιο το κόμιστρο σπαταλά χρόνο

και καύσιμα. Ο ερευνητής λοιπόν, θεωρεί πως το γενικευμένο κόστος που έχει ο χρήστης δίνεται συναρτήση του χρόνου και του καυσίμου. Προσπαθώντας λοπόν να τα ποσοτικοποιήσει λαμβάνει μία μέση τιμή για την αξία του χρόνου. Βέβαια, τονίζει πως η αξία αυτή ποικίλει αναλόγως τον άνθρωπο αλλά και την ώρα και την ημέρα. Το κόστος του καυσίμου θεωρεί πως ποικίλει από χώρα σε χώρα. Ωστόσο, σημειώνει ότι το φαινόμενο αυτό πλήττει και την υπόλοιπη κυκλοφορία. Δεν προχωρά όμως, σε ποσοτικοποίηση αυτής της ζημίας, παρά μόνο παραθέτει στοιχεία σχετικά με το ποσοστό των οχημάτων τα οποία αναζητούν μία θέση σε σχέση με το σύνολο των οχημάτων στο οδικό δίκτυο αρκετών πόλεων. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση του περιβάλλοντος, αλλά και της ασφάλειας. Αναφέρει ότι η αναζήτηση θέσεων στάθμευσης έχει αρνητικές επιπτώσεις και σε αυτά τα θέματα, καθώς αυξάνει τους ατμοσφαιρικούς ρύπους και είναι εστία πρόκλησης ατυχημάτων. Ώστόσο δεν προβαίνει σε υπολογισμό των παραπάνω με κάποιο εμπειρικό ή μαθηματικό τρόπο.

Μία περισσότερο αναλυτική εκτίμηση του φαινομένου αυτού όμως, πραγματοποιεί ο King (2009), ο οποίος μέσα από μία έρευνα πεδίου και μέσω στατιστικών μεθόδων υπολογίζει τις επιπτώσεις που έχει η αναζήτηση μίας θέσης στάθμευσης επί της οδού στην κυκλοφορία. Το πρόβλημα είναι πολύπλοκο στην μοντελοποίησή του για τους εξής δύο λόγους:

- Το ποσοστό των οχημάτων που αναζητά μία θέση στάθμευσης μεταβάλλεται έντονα. Αυτό εν μέρει, είναι αποτέλεσμα της συσχέτισης μίας κοινωνίας με το αυτοκίνητο ως μέσο, αλλά και με την ελκυστικότητα ενός προορισμού.
- Η διάρκεια της αναζήτησης ποικίλει. Από έρευνες έχει προκύψει ένας μέσος χρόνος αναζήτησης που κυμαίνεται από 7 έως 8 λεπτά. Ωστόσο, ο χρόνος αυτός έχει έντονες διακυμάνσεις.

Ο τρόπος που επέλεξε ο ερευνητής να συλλέξει πρωτογενή δεδομένα ήταν με έρευνα πεδίου. Χρησιμοποίησε σύστημα παρακολούθησης (κάμερα), ώστε να καταγράψει 7 θέσεις στάθμευσης επί της οδού, οι οποίες βρίσκονταν στο κέντρο ενός οικοδομικού τετραγώνου. Τα θετικά της παραπάνω μεθόδου είναι η δυνατότητα συγκέντρωσης περισσότερων δεδομένων σε σχέση με την τοποθέτηση ενός ανθρώπου-παρατηρητή στο σημείο. Για τον υπολογισμό του ποσοστού των οχημάτων που αναζητούσαν μία θέση στάθμευσης, υπολογίζονταν πόσα οχήματα θα περάσουν χωρίς να σταματήσουν από μία ελεύθερη θέση στάθμευσης έως ότου ένα όχημα σταθμεύσει. Έτσι, για παράδειγμα αν 3 οχήματα περνούσαν από την θέση χωρίς να σταθμεύσουν και το τέταρτο σταματούσε, τότε το ποσοστό των οχημάτων που αναζητούν μία θέσης τάθμευσης ήταν 25%.

Τα δεδομένα που συλλέχθησαν ακολουθούσαν κατανομή Poisson, από την οποία προέκυψε ότι για να είναι βέβαιο το ενδεχόμενο (πιθανότητα 100%) ένας οδηγός να βρεί μία διαθέσιμη θέση στάθμευσης πρέπει να περάσει 150

θέσεις. Αν θεωρήσει κανείς ένα μέσο οικοδομικό τετράγωνο με 10 θέσεις στάθμευσης σε κάθε πλευρά του (40 θέσεις περιμετρικά), αυτό σημαίνει πως θα πρέπει ο οδηγός να διανύσει κατά μέγιστο 4 οικοδομικά τετράγωνα. Αυτό, μεταφραζόμενο σε απόσταση, σημαίνει ότι ένα όχημα, το οποίο αναζητά θέσης στάθμευσης επί της οδού πραγματοποιεί επιπλέον 2 μίλια από τη στιγμή που θα φτάσει στον προορισμό του. Η απόσταση αυτή αποτελεί μία μέση απόσταση απαραίτητη για την ανεύρεση μίας θέσης στάθμευσης. Τα δεδομένα του πεδίου έδειξαν ότι ένα όχημα μπορεί να κινείται μέχρι και για 4,13 μίλια κατά την ώρα αιχμής, ώστε να απελευθερωθεί μία θέση. Ο χρόνος αναζήτησης σε αυτή την περίπτωση φτάνει τα 11,27 λεπτά και έχει εκτιμώμενο κόστος $2,25. Κάνοντας αναγωγή των παραπάνω σε όλες τις θέσεις στάθμευσης της περιοχής μελέτης προέκυψε μία συνολική καθυστέρηση 15 ωρών κατά τις ώρες αιχμής με συνολικό κόστος $180,32.

Από την παρατήρηση προέκυψε επίσης, ότι στις περιπτώσεις των οδών με δύο λωρίδες κυκλοφορίας λόγω της αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης μειώνεται η κυκλοφοριακή ικανότητα και στις δύο λωρίδες. Αυτό συμβαίνει καθώς τα οχήματα που αναζητούν μία θέση στάθμευσης κινούνται στην δεξιά λωρίδα και τα οχήματα που διασχίζουν την περιοχή και δεν επιθυμούν να σταθμεύσουν μετακινούνται στο σύνολο τους στην αριστερή, λόγω των χαμηλών ταχυτήτων της δεξιάς λωρίδας. Η μετακίνηση αυτή των οχημάτων στην αριστερή λωρίδα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της ταχύτητας και σε αυτή και καθιστά το φαινόμενο του κορεσμού της ευκολότερο.

Εκτίμηση της αναζήτησης θέσεως στάθμευσης έγινε και από τους Caicedo et al. (2006). Όμως, όπως παρουσιάστηκε και παραπάνω (κεφάλαιο 2.2.3.), η αξιολόγηση σχετίζονταν με θέσεις στάθμευσης, οι οποίες βρίσκονται σε υπόγειο χώρο στάθμευσης. Οι ερευνητές υποστηρίζουν πως η διαφορά μεταξύ αναζήτησης θέσης στάθμευσης επί της οδού και σε υπόγειο ειδικά διαμορφωμένο χώρο είναι μικρή, καθώς και στις δύο περιπτώσεις οι ταχύτητες είναι χαμηλές. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως διαφέρουν σημαντικά σε θέματα επίπτωσης σχετικά με την κυκλοφορία. Τα οχήματα που αναζητούν θέση στάθμευσης επί της οδού συνυπάρχουν στο δίκτυο με οχήματα που πραγματοποιούν μία διαδρομή. Σε ένα υπόγειο χώρο στάθμευσης το φαινόμενο αυτό δεν υπάρχει. Αρχικά, στην σύγκριση των διάφορων σεναρίων, σύγκριναν μέσο χρόνο αναζήτησης και μέση διανυόμενη απόσταση για τα οχήματα. Επιπροσθέτως, εκτίμησαν το κόστος αναζήτησης θέσης ανά χιλιόμετρο για κάθε όχημα. Το κόστος αυτό αποτελούνταν από τρείς συνιστώσες, το κόστος καυσίμου, το κόστος λιπαντικού και το κόστος στα ελαστικά.

Στο θέμα της παράνομης στάθμευσης και ειδικά των παραδόσεων και παραλαβών (Pickup-and-delivery), η εκτίμηση των επιπτώσεων είναι πιο αναλυτική. Οι Han et al. (2005) αξιολόγησαν την επίπτωση των παραδόσεων

και παραλαβών (κεφάλαιο 2.2.1.) σε εθνική κλίμακα. Η ανάλυση αναφερόνταν μόνο σε αστικό περιβάλλον και οι πόλεις ήταν ομαδοποιημένες με βάση πληθυσμιακά κριτήρια. Για την αξιολόγηση των επιπτώσεων διαχειρίστηκαν μεγέθη, όπως η χαμένη κυκλοφοριακή ικανότητα, όπου μετρούνταν σε οχήματα, και ο χρόνος καθυστέρησης, ο οποίος μετρήθηκε σε ώρες. Η μετατροπή των ωρών καθυστέρησης σε χρηματικές μονάδες παρουσίασε και μία εκτίμηση της οικονομικής διάστασης του προβλήματος.

Την περισσότερο ολοκληρωμένη ανάλυση σχετικά με τις επιπτώσεις των παραδόσεων και παραλαβών πραγματοποίησαν οι Yannis et al. (2006). Όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά (κεφάλαιο 2.2.1.), οι ερευνητές πραγματοποίησαν μία σειρά σεναρίων ώστε να διαπυστώσουν την επίπτωση που έχει μία σειρά περιορισμών στις διανομές στο κέντρο της Αθήνας. Τα σενάρια αξιολογήθηκαν σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση (σενάριο βάσης) τόσο σε επίπεδο κυκλοφοριακών επιπτώσεων όσο και ατμοσφαιρικών ρύπων στις επιμέρους χρονικές περιόδους, αλλά και στο σύνολο. Σε επίπεδο κυκλοφοριακών επιπτώσεων, μελετήθηκε η μεταβολή της μέσης ταχύτητας στο δίκτυο. Σε επίπεδο ατμοσφαιρικών ρύπων μελετήθηκε η μεταβολή τριών ουσιών: μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες (VOC) και διοξείδιο του θείου (SO_2).

Τέλος, για την επίπτωση των παράνομα σταθμευμένων οχημάτων στην κυκλοφορία, μία ανάλυση πραγματοποιήθηκε από τους Lu and Viegas (2007). Η επίδραση των οχημάτων τα οποία σταθμεύουν παράλληλα σε οχήματα που έχουν σταθμεύσει νόμιμα επί της οδού (διπλοπαρκάρισμα) στην κυκλοφορία εκτιμήθηκε με χρήση προσομοίωσης (κεφάλαιο 2.2.3.) από τους ερευνητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θέση του παράνομα σταθμευμένου οχήματος αλλά και ο φόρτος της κυκλοφρίας είναι οι δύο σημαντικότεροι παράγοντες για τις καθυστερήσεις και τον σχηματισμό ουρών. Το μέγεθος, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογήσει ποσοτικά αυτή την επίδραση ήταν η μέση ταχύτητα των οχημάτων που διαπερνούν το οδικό τμήμα, όπου πραγματοποιείται η μελέτη. Η αρχική τιμή της ταχύτητας είναι αυτή που παρουσιάζει το οδικό τμήμα υπό συνθήκες ελεύθερης ροής. Κάτα τις ώρες αιχμής, όπου ο κυκλοφοριακός φόρτος ήταν πολύ μεγάλος, παρατηρούνταν συμφόρηση και συνεπώς η επί της % σύγκριση της ταχύτητας δεν έδινε αριθμητικό αποτέλεσμα. Τέλος, οι ερευνητές εκτίμησαν και την επίπτωση των διπλοπαρκαρισμένων οχημάτων στον τομέα της ασφάλειας, καθώς υπολόγισαν την αύξηση των συγκρούσεων που εμμέσως παρουσιάζει την αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται η ανάλυση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την προσομοίωση αυτού του είδους παράνομης στάσης και στάθμευσης (στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος). Στο πρώτο μέρος, παρουσιάζεται η μοντελοποίηση του προβλήματος με χρήση του λογισμικού προσομοίωσης TransModeler της Caliper. Στο δεύτερο μέρος, παρουσιάζεται το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη περίπτωσης, καθώς και ο τρόπος συλλογής τους.

3.1. ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο το πραγματικό πρόβλημα της στάσης και στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος προτυποποιήθηκε στο πλαίσιο αυτής της μελέτης. Η επιστημονική διαδικασία που ακολουθήθηκε και περιγράφεται παρακάτω σχετίζεται με τη δημιουργία του οδικού δικτύου στο TransModeler, τον τρόπο προσομοίωσης της νόμιμης στάθμευσης, την προτυποποίηση του προβλήματος αλλά και τον τρόπο εξαγωγής και ανάλυσης των αποτελεσμάτων.

3.1.1. Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο δημιουργείται στο λογισμικό με χρήση μίας σειράς εντολών διαθέσιμων στο μενού Road Editor. Το οδικό τμήμα είναι δυνατόν να δημιουργηθεί είτε ελεύθερα από το χρήστη (όπως στην ανάλυση ευαισθησίας), είτε με χρήση ενός υπόβαθρου-χάρτη (περίπτωση μελέτης περίπτωσης). Τα δομικά στοιχεία του οδικού δικτύου είναι τα εξής:

- Σύνδεσμοι (Links). Οι σύνδεσμοι καθορίζονται κατά το πρωταρχικό στάδιο του σχεδιασμού και ορίζουν τις βασικές θέσεις των πραγματικών οδικών αξόνων. Ο χρήστης ορίζει το επίπεδο ανάλυσης που επιθυμεί (μακροσκοπικό- μεσοσκοπικό- μικροσκοπικό) για κάθε σύνδεσμο καθώς και την κατηγορία της οδού (τοπική οδός, συλλεκτήρια οδός, αυτοκινητόδρομος κ.λ.π.). Η κατηγορία ορίζει την κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού και την ταχύτητα ελεύθερης ροής.
- Τμήματα (Seagments). Αποτελούν στοιχεία που δημιουργούνται με βάση τους συνδέσμους και ορίζονται πάνω σε αυτούς. Σε αυτά ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει μόνον κάποια τεχνικά θέματα, όπως η οριζόντια κλίση της οδού.
- Λωρίδες κυκλοφορίας (Lanes). Ο χρήστης μπορεί να ορίσει των αριθμό των λωρίδων που έχει κάθε οδικό τμήμα ή σύνδεσμος καθώς και το

πλάτος κάθε λωρίδας. Το πλάτος της λωρίδας επίσης, συμβάλει στην κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού και την ταχύτητα ελεύθερης ροής. Μία λωρίδα επίσης, μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο για νόμιμη στάθμευση. Μέσω του Parking Editor ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποιές λωρίδες έχουν τέτοια χρήση. Επίσης ,για κάθε λωρίδα μπορεί να οριστεί αν είναι ειδικής χρήσης (π.χ. να χρησιμοποιείται αποκλειστικά από βαρέα οχήματα ή Μέσα Μαζικής Μεταφοράς). Δίδεται και η δυνατότητα ορισμού μία λωρίδας ως βοηθητικής (Auxiliary). Τέτοιου είδους λωρίδες στο πρόγραμμα χρησιμοποιούνται κυρίως για σκοπούς οπτικοποίησης ενός οδικού δικτύου και, υπο κανονικές συνθήκες, δε χρησιμοποιούνται από τα οχημάτα που κινούνται σε αυτό. Η μοναδική εξαίρεση που γίνεται είναι σε περιπτώσεις στρεφουσών κινήσεων ή όταν οχήματα κινούνται με εξαιρετικά χαμηλή ταχύτητα. Επιπλέον, για κάθε λωρίδα μπορεί ο χρήστης να ορίσει αν θα πραγματοποιείται στάση ή στάθμευση παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος καθώς, και τις παραμέτρους αυτού (αναλυτικά η παρουσίαση των παραμέτρων γίνεται στην παράγραφο3.1.3).

- Υποδοχείς λωρίδων (Lane Connectors). Οι υποδοχείς αυτοί χρησιμεύουν ώστε, να καθορίζονται οι επιτρεπόμενες στρέφουσες κινήσεις εντός του δικτύου.
- Κόμβοι (Nodes). Κόμβοι στην περίπτωση του TransModeler θεωρούνται όλοι οι φυσικοί οδικοί ισόπεδοι κόμβοι καθώς, και τα όρια του οδικού δικτύου.

Το οδικό δίκτυο επίσης, συμπληρώνεται από μία σειρά βοηθητικών στοιχείων που σχετίζονται τόσο με τη φόρτιση αυτού. Στοιχεία απαραίτητα για τη φόρτιση του δικτύου είναι:

- Τα κεντροειδή (Centroids). Τα κεντροειδή είναι σημεία από τα οποία παράγονται και έλκονται μετακινήσεις. Κεντροειδή μπορούν να τοποθετηθούν στα όρια του δικτύου αλλά και σε κεντρικά σημεία. Η τοποθέτηση κεντροειδών όπου υπάρχουν διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης συνεπάγεται την έλξη και παραγωγή μετακινήσεων προς και από αυτές τις νόμιμες θέσεις στάθμευσης.
- Οι υποδοχείς κεντροειδών (Centroid Connectors). Πρόκεται για υποδοχείς που συνδέουν τα κεντροειδή με το δίκτυο. Κάθε κεντροειδές πρέπει να συνδέεται με τουλάχιστον έναν υποδοχέα ώστε να μπορεί να μετέχει στο δίκτυο.

Επίπροσθέτως, απαραίτητη είναι και η δημιουργία ενός Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού. Σε αυτόν, με βάση τα κεντροειδή που έχουν δημιουργηθεί καθορίζεται ο καταμερισμός των μετακινήσεων από κεντροειδές σε κεντροειδές. Ο Πίνακας Π-Π έχει χρονικό σημείο εκκίνησης και πεπερασμένη διάρκεια (κατά κανόνα μίας ώρας). Το χρονικό σημείο έναρξης της προσομοίωσης δεν είναι απαραίτητο να ταυτίζεται με το σημείο εκκίνησης που

έχει ορισθεί στον Πίνακα Π-Π. Το ίδιο συμβαίνει και για τα χρονικά σημεία λήξης.

Τέλος, στοιχεία που σχετίζονται με την κατανομή και προτεραιότητα των κινήσεων συμπληρώνουν το οδικό δίκτυο. Τέτοια στοιχεία είναι:

- Κόμβοι προτεραιότητας. Ο χρήστης μπορεί να εισάγει στο οδικό δίκτυο που δημιουργεί στο TransModeler κανόνες προτεραιότητας σε κάθε κόμβο. Είναι δυνατή η τοποθετήση σχετικής σήμανσης (Stop ή τριγωνική πινακίδα παραχώρησης προτεραιότητας).
- Κόμβοι με πρόγραμμα φωτεινής σηματοδότησης. Πρόγραμμα φωτεινής σηματοδότησης είναι δυνατόν να εισαχθεί από το χρήστη σε συγκεκριμένους κόμβους στο δίκτυο. Ωστόσο, το TransModeler μπορεί να προχωρήσει σε προσδιορισμό και βελτιστοποίηση ενός προγράμματος σηματοδότησης, εφόσον ο χρήστης το επιθυμεί.

3.1.2. Νόμιμη στάθμευση

Το λογισμικό TransModeler χρησιμοποιεί μία σειρά από παραμέτρους για τη μοντελοποιήση του φαινομένου της νόμιμης στάθμευσης επί της οδού. Δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής μία σειράς στοιχείων που σκοπό έχουν τη σωστή γεωμετρική αποτύπωση των θέσεων στάθμευσης, αλλά και τη συμπεριφορά των οχημάτων που επιθυμούν να σταθμεύσουν ή να απομακρυνθούν από μία θέση νόμιμη θέση στάθμευσης.

Τα είδη νόμιμης στάθμευσης που είναι διαθέσιμα στο λογισμικό είναι:

- Παράλληλη στάθμευση. Στην περίπτωση αυτή, τα οχήματα σταθμεύουν σε θέσεις παράλληλα διατεταγμένες στη λωρίδα κυκλοφορίας.
- Στάθμευση υπό γωνία. Οι θέσεις στάθμευσης είναι διατεταγμένες η μία δίπλα στην άλλη, και τοποθετούνται σχηματίζοντας οξεία γωνία από 1 έως και 89 μοίρες σε σχέση με τη λωρίδα κυκλοφορίας.
- Κάθετη στάθμευση. Πρόκειται για θέσεις νόμιμης στάθμευσης οι οποίες είναι τοποθετημένες σχηματίζοντας αυστηρά γωνία 90 μοιρών σε σχέση με τη λωρίδα κυκλοφορίας.

Για τις παραπάνω περιπτώσεις καθορίζεται το πλάτος και το μήκος των θέσεων στάθμευσης.

Για τη χρησιμοποίηση μίας σειρά θέσεων στάθμευσης είναι απαραίτητη η σύνδεσή τους με ένα κεντροειδές (centroid). Το λογισμικό δίνει προτεραιότητα στη θέση στάθμευσης που είναι άμεσα συνδεδεμένη με το κεντροειδές με ένα υποδοχέα κεντροειδούς (centroid connector). Ένας υποδοχέας κεντροειδούς είναι απαραίτητος για τη χρησιμοποίηση μίας σειράς θέσεων στάθμευσης από τα οχήματα που έλκονται/παράγονται από το

συγκεκριμένο κεντροειδές. Ωστόσο, περισσότεροι των ένα υποδοχέων δίνουν τη δυνατότητα εκκίνησης ή τερματισμού της διαδρομής με προτεραιότητα όσων θέσεων συνδέονται άμεσα με τους υποδοχείς, προσθέτοντας πολυπλοκότητα και τυχαιότητα στη διαδικασία της νόμιμης στάθμευση.

Για την έλξη και παραγωγή διαδρομών προς και από ένα κεντροειδές, που συνδέεται με θέσεις στάθμευσης, δύο τρόποι παρουσιάζονται από το πρόγραμμα.

- Στον πρώτο τρόπο ορίζεται στον Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού (O-D matrix) ο αριθμός των διαδρομών που παράγονται και έλκονται από και προς ένα τέτοιο κεντροειδές. Στο χρονικό βήμα του πίνακα αυτού, θα πραγματοποιηθούν τόσες διαδρομές από και προς αυτό το κεντροειδές, οι οποίες θα συνδέονται με τόσες κινήσεις εισόδου σε μία θέση στάθμευσης και εξόδου από μία θέση στάθμευσης (parking/unparking maneuver).
- Στο δεύτερο τρόπο, το TransModeler πραγματοποιεί τις προκαθορισμένες κινήσεις εισόδου και εξόδου από μία θέση στάθμευσης, ωστόσο για να προσδριορίσει τη χρονική διάρκεια στάθμευσης ενός οχήματος ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή και τυπική απόκλιση που του δίνεται από το χρήστη. Επίσης, ορίζονται και δύο όρια (ένα άνω και ένα κάτω) που σκοπό έχουν να περιορίσουν τα όρια τις κανονικής κατανομής που ακολουθείται και να αποφευχθούν φαινόμενα στάθμευσης πολύ μικρής ή μεγάλης διάρκειας.

Η πρώτη μέθοδος είναι περισσότερο απλοϊκή. Ορίζεται σε περιπτώσεις όπου η προσομοίωση είναι περιορισμένης διάρκειας και ο ερευνητής ενδιαφέρεται κυρίως να προσομοιώσει μία σειρά κινήσεων εισόδου και εξόδου από μία σειρά θέσεων στάθμευσης. Στη δεύτερη περίπτωση, η διαδικασία ακολουθεί μία περισσότερο πολύπλοκη μέθοδο. Μπορεί ωστόσο, να χρησιμοποιηθεί ώστε να προσομοιωθεί ένα αστικό δίκτυο για μεγάλη χρονική διάρκεια. Στη χρονική αυτή διάρκεια, το όχημα έλκεται σε ένα κεντροειδές που συνδέεται με θέσεις στάθμευσης, παραμένει σε αυτό για κάποια χρονική διάρκεια και στη συνέχεια αποχωρεί από τη θέση που κατέχει.

Επιπλέον, το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα αναπαράστεις του φαινομένου αναζήτησης μίας θέσης στάθμευσης (cruising for parking). Όταν ένα όχημα έλκεται από ένα κεντροειδές που είναι συνδεδεμένο με μία σειρά θέσεων στάθμευσης, και καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, τότε εκείνο συνεχίζει τη διαδρομή του καταγράφοντας κυκλικές κινήσεις γύρω από το κεντροειδές μέχρις ότου μία θέση απελευθερωθεί. Με όσες περισσότερες θέσεις στάθμευσης συνδέεται ένα κεντροειδές (μέσω υποδοχέων), τόσο μπορεί η χωρική ενότητα στην οποία αναζητεί μία διαθέσιμη θέση στάθμευσης ένα όχημα να μεγαλώνει. Ωστόσο, ο χώρος αναζήτησης καθορίζεται ντετερμινιστικά από την έναρξη της προσομοίωσης και δε μεταβάλλεται δυνητικά στο χρόνο, κάτι το οποίο δε συμβάινει στην πραγματικότητα, καθώς

όσο η αναζήτηση μία θέσης στάθμευσης παραμένει άκαρπη τόσο οι οδηγοί διευρύνουν το χώρο.

3.1.3. Στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος

Το λογισμικό προσομοίωσης TransModeler μοντελοποιεί τη στάση ή στάθμευση παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος κάνοντας χρήση μίας άμεσης εντολής, χωρίς αυτή να είναι διαθέσιμη στο γραφικό περιβάλλον του προγράμματος. Με την εντολή αυτή δίνεται η δυνατότητα επιλογής από το χρήστη μίας λωρίδας, στην οποία ένα προκαθορισμένο ποσοστό οχημάτων έχει πρόθεση να πραγματοποιήσει στάση ή στάθμευση παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος. Για την προσομοίωση του φαινομένου το λογισμικό ακολουθεί κανονική κατανομή, ως αναφορά τη χρονική διάρκεια της στάσης, και ένα σταθερό βήμα για τη χωροθέτηση των οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Αναλυτικά οι παράμετροι που επεισέρχονται είναι οι εξής:

- Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Ορίζεται από το χρήστη ο αριθμός των οχημάτων τα οποία επιθυμούν να σταθμεύσουν με τον τρόπο αυτό, εφόσον εισέλθουν στη λωρίδα. Συγκεκριμένα, όταν ένα όχημα εισέρχεται στη λωρίδα που έχει επιλέξει ο χρήστης και πραγματοποιείται το φαινόμενο, τότε με προσομοίωση τύπου monte carlo ορίζεται αν ένα όχημα επιθυμεί να σταματήσει ή οχι. Η πρόθεση ωστόσο, δεν ταυτίζεται με την πιθανότητα, καθώς η πραγματοποίηση ή μη της στάσης ή της στάθμευσης παράπλευρα άλλου οχήματος από ένα όχημα που επιθυμεί να το πράξει εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία εισέρχεται στη λωρίδα, αλλά και το χώρο που είναι διαθέσιμος σε αυτό. Αναλυτική συσχέτιση μεταξύ πρόθεσης και πιθανότητας πραγματοποείται στην παράγραφο 3.1.3.
- Μέση τιμή. Ορίζεται η μέση χρονική διάρκεια (σε δευτερόλεπτα) που σταθμεύουν τα οχήματα. Αποτελεί το ένα χαρακτηριστικό μέγεθος για τον προσδιορισμό της κανονικής κατανομής που ακολουθεί το TransModeler για να προσδιορίσει σε κάθε περίπτωση τη χρονική διάρκεια της στάθμευσης. Θεωρείται πως το 50% των παρατηρήσεων υπερβαίνει τη μέση τιμή και το άλλο 50% σημειώνει τιμές μικρότερες από τη μέση τιμή.
- Τυπική απόκλιση. Ορίζεται η τυπική απόκλιση (σε δευτερόλεπτα) που ακολουθεί η κανονική κατανομή που προδιορίζει τη χρονική διάρκεια στάθμευσης και είναι το δεύτερο χαρακτηριστικό της μέγεθος. Όπως ορίζεται από το μαθηματικό προσδιορισμό της κατανομής κατά Γκάους, το 68,3% των παρατηρήσεων βρίσκεται στο διάστημα $[\mu - \sigma, \mu + \sigma]$, το

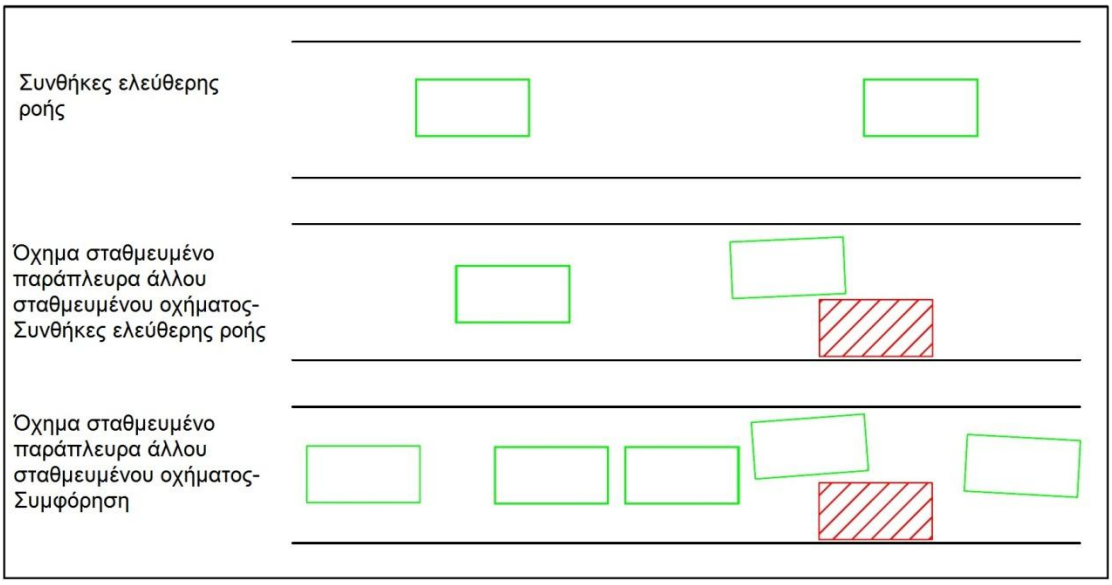
95,5% των παρατηρήσεων βρίσκεται στο [μ − 2σ,μ + 2σ] και το 99,7% στο [μ − 3σ,μ + 3σ] (Κοκολάκης και Σπηλιώτης, 2010).

- Θέση στάσης ή στάθμευσης. Πρόκειται για ένα βήμα (σε μέτρα) με το οποίο το λογισμικό τοποθετεί τα οχήματα που στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου οχήματος. Το βήμα έχει ως αφετηρία την αρχή του συνδέσμου (link).

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης η μοντελοποίηση του φαινομένου πραγματοποιείται σε δύο περιπτώσεις. Κατά την πρώτη μελετάται η προσομοίωση του προβλήματος σε ένα οδικό δίκτυο μίας λωρίδας ανά κατεύθυνση, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η προσομοίωση πραγματοποιείται σε ένα δίκτυο δύο λωρίδων ανά κατεύθυνση.

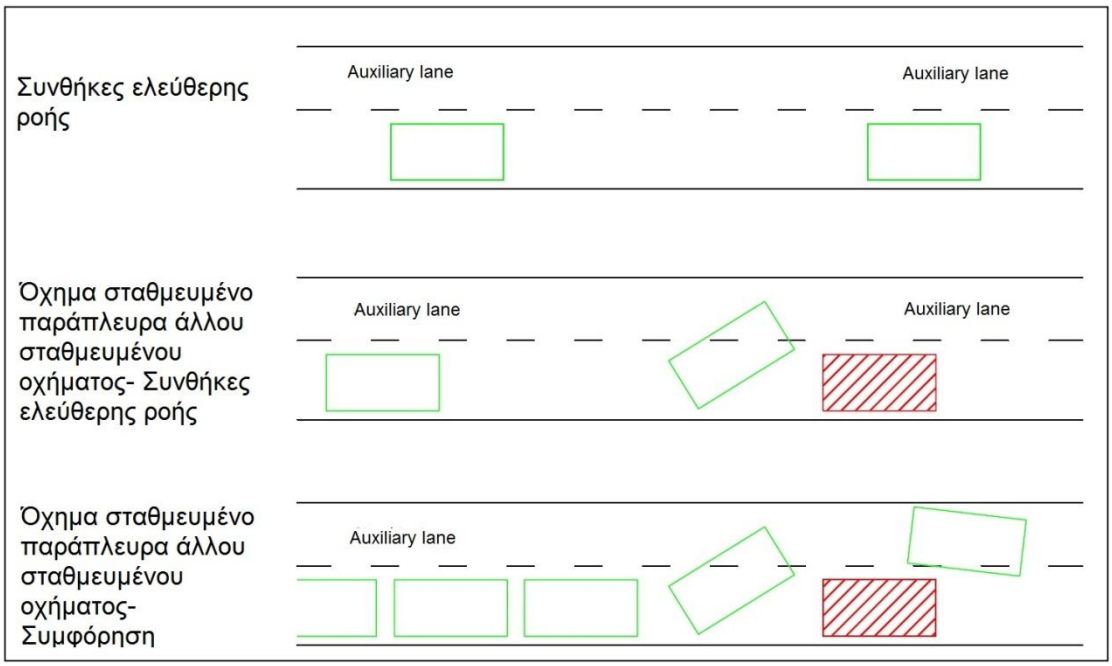
Μία λωρίδα ανά κατεύθυνση

Η περίπτωση αυτή περιλαμβάνει οδικά τμήματα τα οποία είναι μίας λωρίδας ανά κατεύθυνση ωστόσο, δίνεται η δυνατότητα σε κάποια οχήματα να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου οχήματος χωρίς να αποκλείουν πλήρως την κίνηση των διερχόμενων οχημάτων. Τα οδικά αυτά τμήματα μπορεί να είναι είτε μονόδρομοι, στους οποίους παρατηρούνται σταθμευμένα οχήματα και στις δύο πλευρές τις οδού, είτε οδικοί άξονες διπλής κυκλοφορίας στους οποίος η στάθμευση είτε επιτρέπεται μόνο στη δεξιά πλευρά, είτε απαγορεύεται πλήρως (με σχετική σήμανση). Στην πραγματικότητα, σε τέτοιες περιπτώσεις πραγματοποιείται στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου οχήματος μόνον όταν το πλάτος της λωρίδας κίνησης είναι τέτοιο που επιτρέπει την ταυτόχρονη διέλευση και άλλων οχημάτων στο σημείο της διατομής όπου υπάρχει παράνομα σταθμευμένο όχημα. Η διέλευση των υπόλοιπων οχημάτων συνδιάζεται από σημαντική μείωση της ταχύτητας και καθυστερήσεις. Σε περίπτωση κυκλοφοριακής συμφόρησης η μείωση της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων οδηγεί σε σχηματισμό ουρών, οι οποίες δημιουργούνται με μορφή οπίσθιου κρουστικού κύματος. Εκτόνωση γίνεται σταδιακά και εμπρόσθιο κρουστικό κύμα εμφανίζεται μετά την απομάκρυνση του σταθμευμένου (παράνομα) οχήματος.



ΣΧΗΜΑ 3. 1: Στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

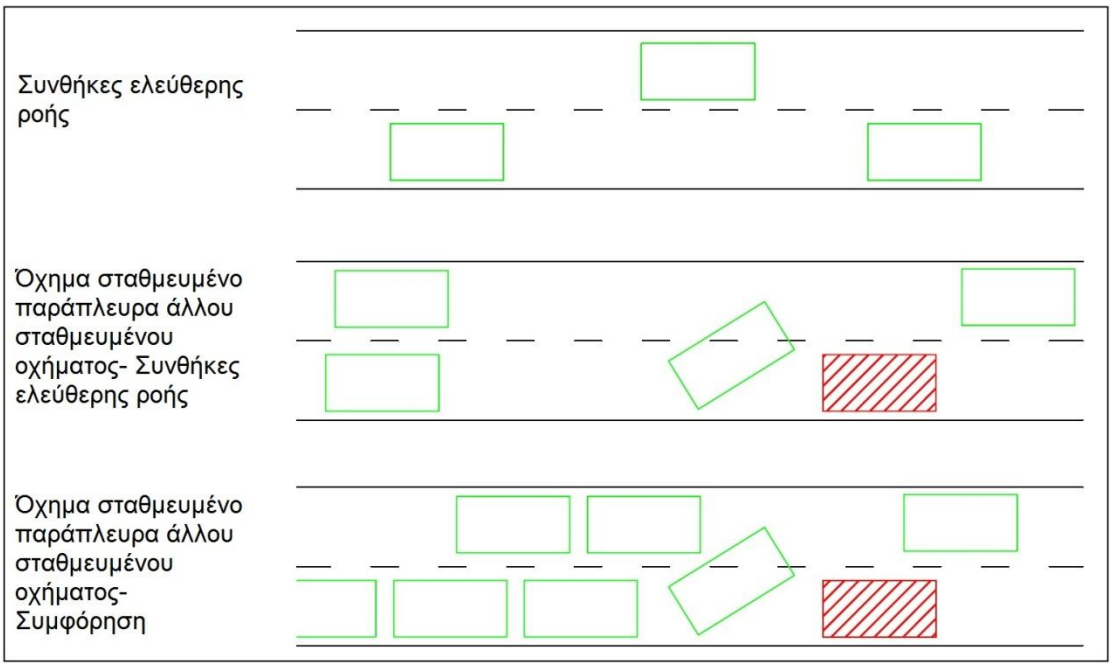
Για τη μοντελοποίηση του συγκεκριμένου τύπου παράνομης στάθμευσης παράπλευρα άλλου οχήματος στο TransModeler χρησιμοποιήθηκε μία επιπρόσθετη λωρίδα στο δίκτυο. Η λωρίδα αυτή τοποθετήθηκε στα αριστερά της λωρίδας κίνησης. Η επιπλέον αυτή λωρίδα θεωρήθηκε ως βοηθητική (Auxiliary lane). Με βάση τα παραπάνω, θεωρώντας τη λωρίδα στα αριστερά ως βοηθητική, η λωρίδα αυτή δε χρησιμοποιείται όταν κανένα όχημα δεν είναι παράνομα σταθμευμένο και συνεπώς, δε διπλασιάζεται η κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού. Όταν ωστόσο, ένα όχημα πραγματοποιεί στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου οχήματος, στο σημείο της διατομής που το πραγματοποιεί τα οχήματα εκτελούν έναν ελιγμό χρησιμοποιώντας αυτή τη βοηθητική λωρίδα και προσπερνώντας το παράνομα σταθμευμένο όχημα. Σε συνθήκες συμφόρησης, τα οχήματα που διαπερνούν την οδό μπορεί να είναι τόσα σε αριθμό ώστε να σχηματίζουν ουρές και να δημιουργούν οπίσθιο κρουστικό κύμα. Τα οχήματα στην ουρά εκκενόνται με χαμηλό ρυθμό από τη βοηθητική λωρίδα, και με την επανακίνηση του παράνομα σταθμευμένου οχήματος ένα εμπρόσθιο κρουστικό κύμα εκκενώνει γρήγορα την ουρά.



ΣΧΗΜΑ 3. 2: Προτυποποίηση της στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση

Στην περίπτωση αυτή γίνεται μελέτη οδικών τμημάτων με δύο λωρίδες ανα κατεύθυνση στα οποία, η στάθμευση είτε επιτρέπεται στη δεξιά πλευρά της οδού είτε απαγορεύεται πλήρως (με σχετική σήμανση). Στην πράξη, σε αυτές τις περιπτώσεις το όχημα που έχει σταθμεύσει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος σταθμεύει στη δεξιά λωρίδα της οδού παρεμποδίζοντας πλήρως την κίνηση σε αυτή. Στο σημείο της διατομής όπου το όχημα σταθμεύει, τα οχήματα κινούνται μόνον κάνοντας χρήση της αριστερής λωρίδας. Τα οχήματα, τα οποία βρίσκονται στη δεξιά λωρίδα, πρέπει να πραγματοποιήσουν ελιγμό, ελέγχοντας αν υπάρχει το κατάλληλο διάκενο που το επιτρέπει. Σε συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης παρατηρούνται ουρές στη δεξιά λωρίδα, καθώς ο φόρτος στην αριστερή λωρίδα είναι υψηλός και διάκενα δεν προσφέρονται. Οι οδηγοί της δεξιάς λωρίδας όσο αυξάνει ο χρόνος αναμονής, τόσο πιο επιθετικοί θα γίνονται με αποτέλεσμα την πραγματοποίηση επιθετικού ελιγμού για την είσοδό τους στην αριστερή λωρίδα, γεγονός που οδηγεί με τη σειρά του στο σχηματισμό ουράς και στην αριστερή λωρίδα.



ΣΧΗΜΑ 3. 3: Στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για την προσομοίωση του φαινομένου γίνεται χρήση της άμεσης εντολής για στάση ή στάθμευση παράπλευρά άλλου σταθμευμένου οχήματος στη δεξιά λωρίδα. Τα οχήματα όταν συναντούν το παράνομα σταθμευμένο όχημα πραγματοποιούν ελιγμό, εφόσον οι συνθήκες στην αριστερή λωρίδα ανάντη δίνουν τη δυνατότητα (ύπαρξη απαραίτητων διακένων). Σε συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης τα οχήματα στη δεξιά λωρίδα σχηματίζουν ουρά πίσω από το παράνομα σταθμευμένο όχημα. Καθώς αδυνατούν να βρουν ικανοποιητικό διάκενο για την πραγματοποίηση ελιγμού και τη μετάβαση τους στην αριστερή λωρίδα παραμένουν στα δεξιά. Όταν ένα χρονικό διάστημα περάσει, πραγματοποιούν βίαια ελιγμό, εμποδίζοντας την ομαλή κίνηση στην αριστερή λωρίδα, προκαλώντας και σε αυτή καθυστερήση και ουρές. Να σημειωθεί ωστόσο, πως σε αυτή την περίπτωση η πρόθεση αντιστοιχεί στα οχήματα τα οποία εισέρχονται στη δεξιά λωρίδα μόνον και όχι στο σύνολο της διατομής της οδού.

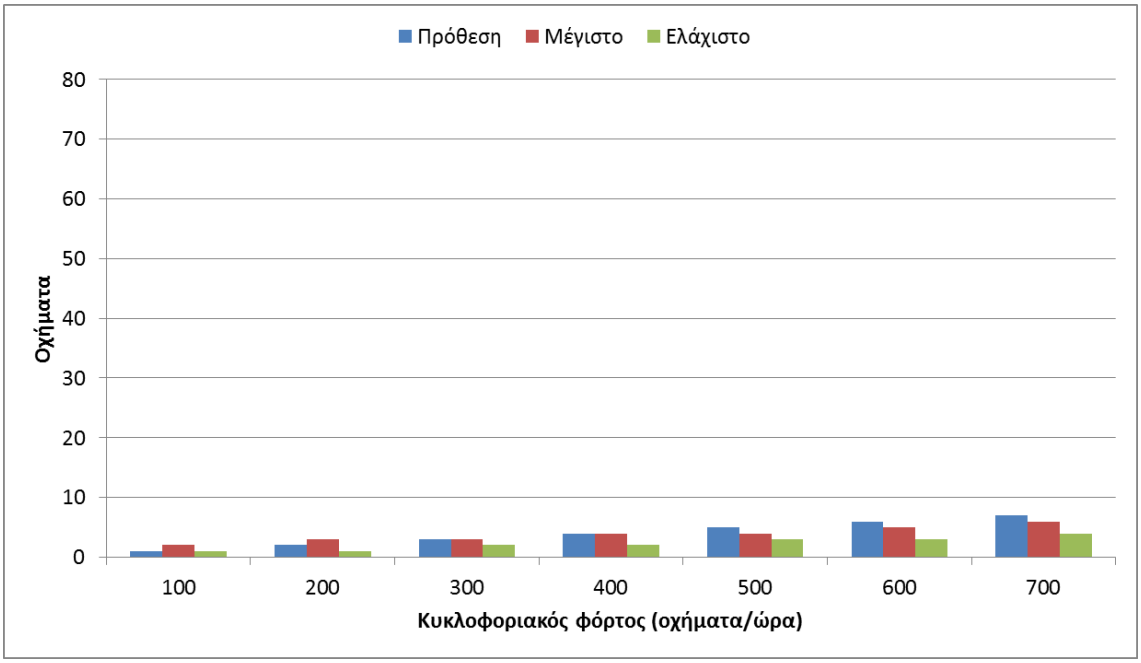
3.1.4. Συσχέτιση πρόθεσης- πιθανότητας

Όπως σημειώθηκε και παραπάνω (παράγραφος 3.1.2), στον προσομοιωτή ορίζεται μία πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Ωστόσο, η πρόθεση δεν ταυτίζεται με την πιθανότητα καθώς, από το σύνολο των οχημάτων που έχουν πρόθεση να το πράξουν, μόνον ένα ποσοστό αυτών θα το πραγματοποιήσει. Καθώς όμως, το πραγματικό ποσοστό των οχημάτων που σταθμεύει παράπλευρα άλλου

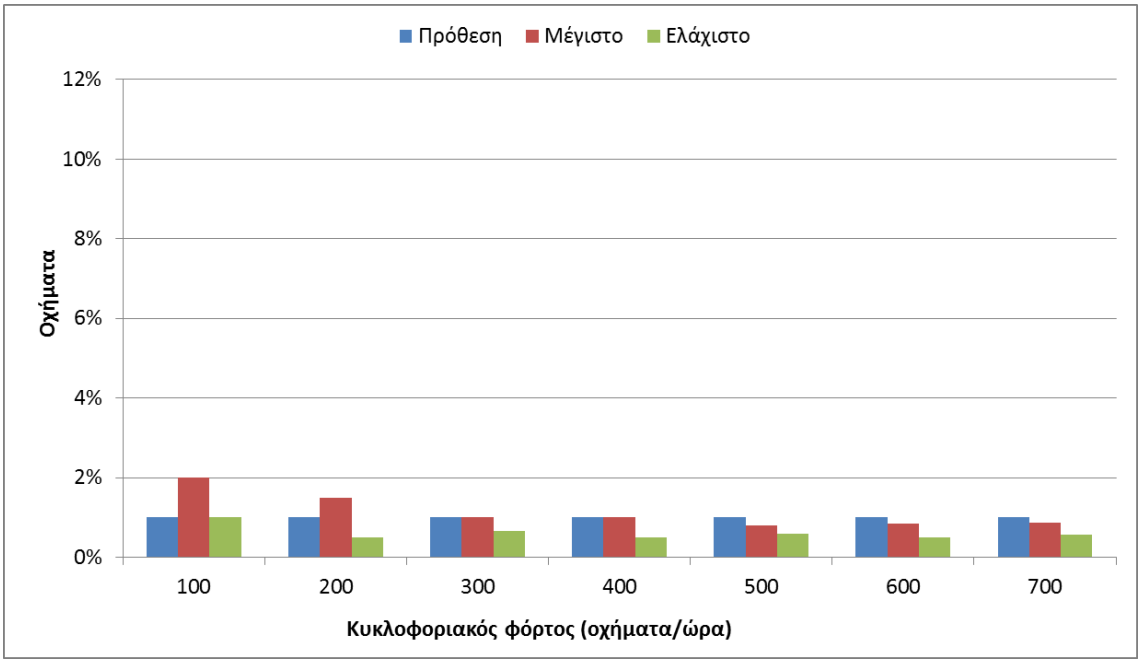
σταθμευμένου οχήματος έχει σημασία στην πραγματοποίηση της μελέτης, πραγματοποιήθηκε μία συσχέτιση μεταξύ της πρόθεσης που εισάγει ο χρήστης και του ποσοστού των παράνομα σταθμευμένων οχημάτων που υλοποιεί το TransModeler.

Κατά την ανάλυση αυτή, πραγματοποιήθηκε μία σειρά από δοκιμές για ένα εύρος προθέσεων και κυκλοφοριακών φόρτων. Για το σωστό έλεγχο της διαδικασίας, η συσχέτιση πραγματοποιήθηκε σε ένα οδικό τμήμα μία λωρίδας κυκλοφορίας μήκους 100 μέτρων. Η επιλογή αυτή έγινε καθώς με αυτή τη μέθοδο γνωρίζαμε πλήρως τα οχήματα τα οποία κινούνται στην οδό και συνεπώς, πόσα από αυτά έχουν πρόθεση (το γινόμενο του φόρτου επί την πρόθεση). Οι κυκλοφοριακοί φόρτοι που δοκιμάστηκαν ήταν 100, 200, 300, 400, 500, 600 και 700 οχήματα ανά ώρα, για προθέσεις στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1%, 2%, 5% και 10%. Πραγματοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις για κάθε ζευγάρι κυκλοφοριακού φόρτου- πρόθεσης, καταγράφηκε ο αριθμός των οχημάτων που στάθμευσε παράπλευρα άλλου νόμιμα σταθμευμένου οχήματος και συγκρίθηκε με τον αριθμό των οχημάτων που έχουν πρόθεση να το πράξουν.

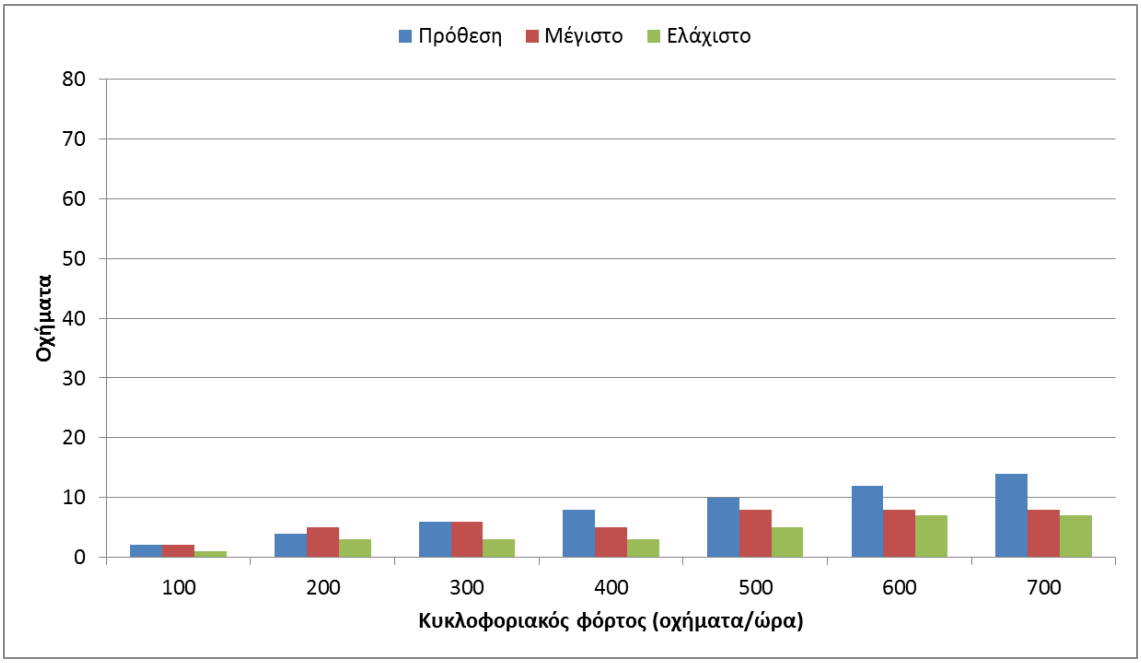
Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε πως ο αριθμός των οχημάτων που στάθμευε παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος αυξάνετο όσο αυξανόνταν ο κυκλοφοριακός φόρτος του δικτύου. Ωστόσο, η πιθανότητα παράνομης στάθμευσης (ο λόγος των οχημάτων που παρανομούν προς το συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο) μειώνεται καθώς ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται. Αυτό συμβαίνει καθώς ο ρυθμός αύξησης του κυκλοφοριακού φόρτου είναι μεγαλύτερος του ρυθμού αύξησης των παρατηρούμενων οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Συνεπώς, όσο η ζήτηση στο δίκτυο αυξάνεται, αυξάνεται ο παρατηρούμενος αριθμός των οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου οχήματος, αλλά μειώνεται η πιθανότητα του φαινομένου. Το γεγονός αυτό είναι εντονότερο όσο αυξάνει η πρόθεση.



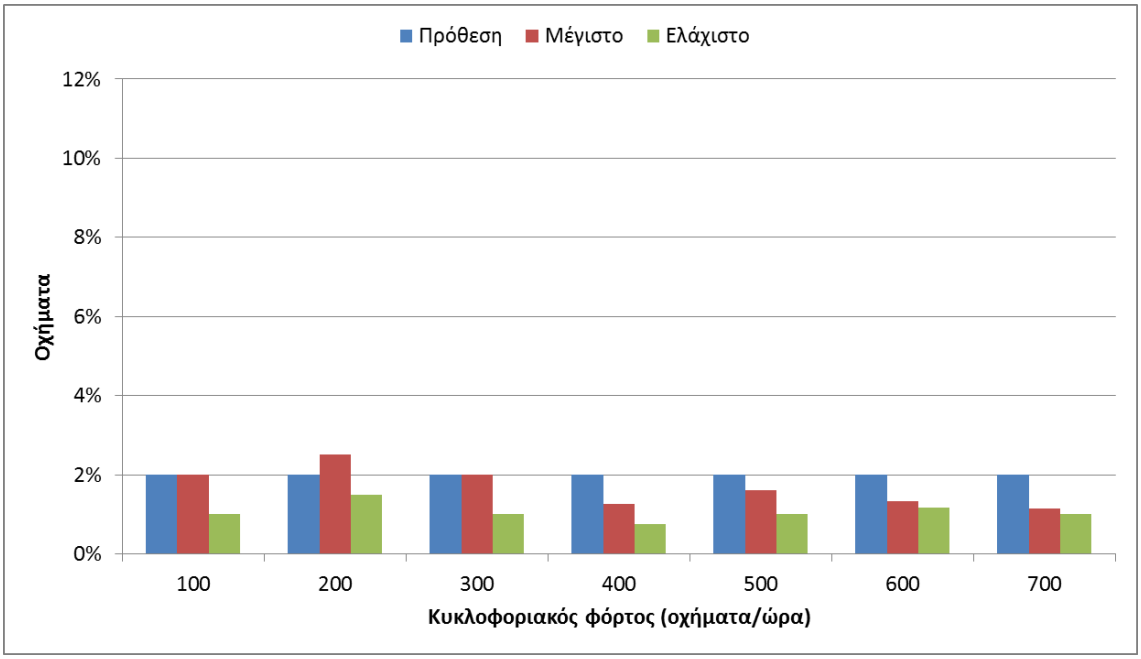
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 1: Οχήματα που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 1%



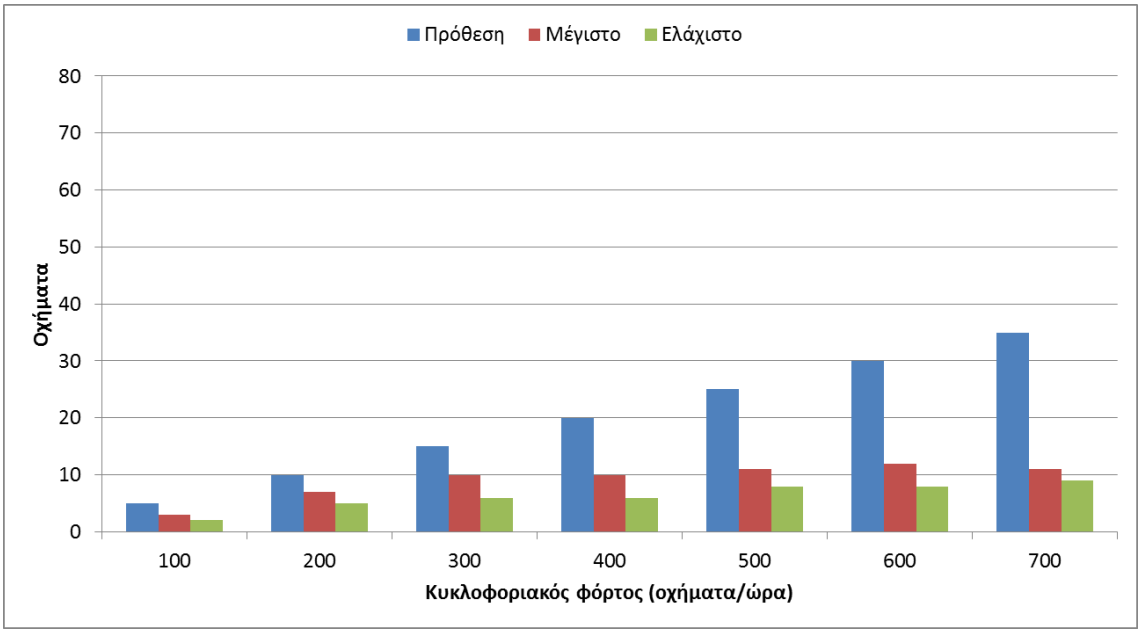
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 2: Ποσοστό οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 1%



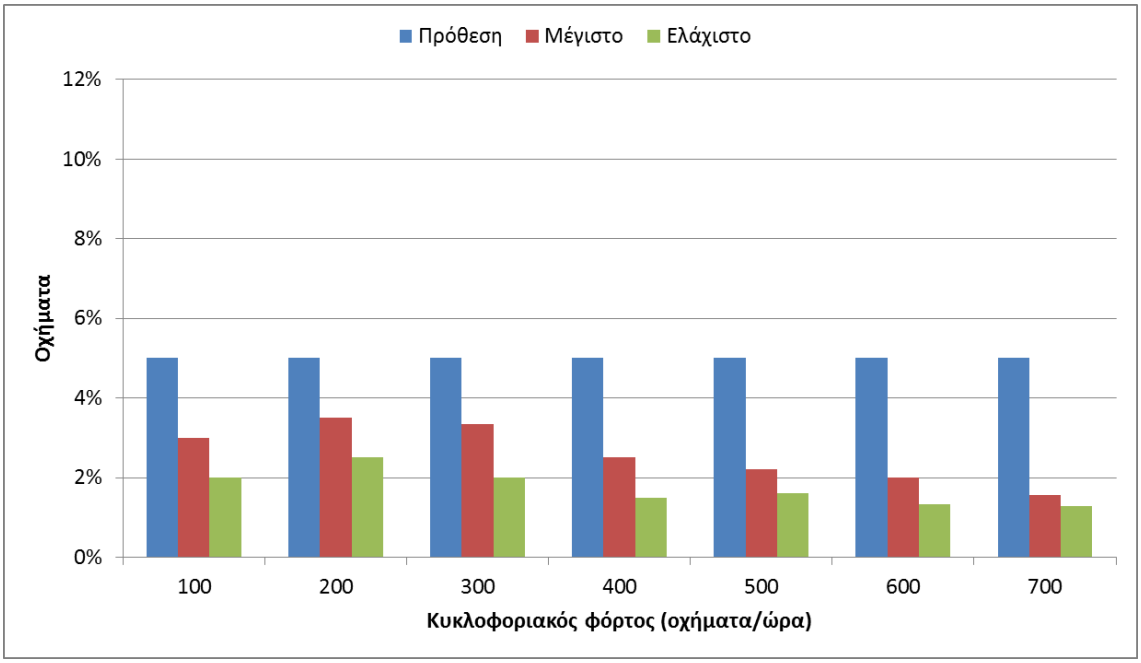
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 3: Οχήματα που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 2%



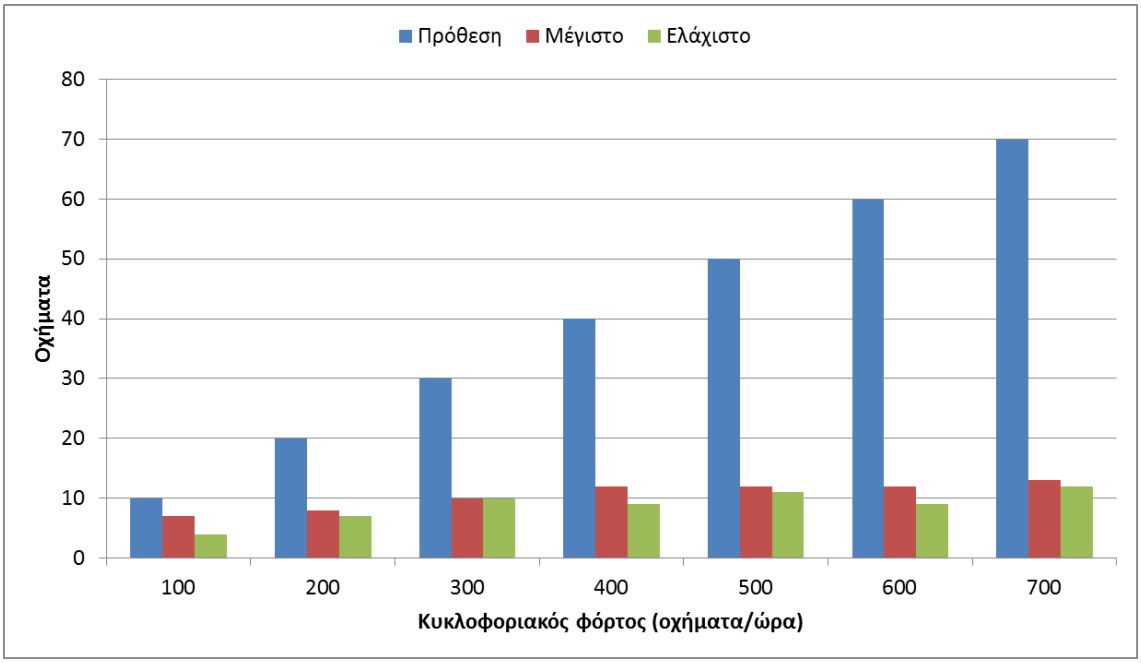
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 4: Ποσοστό οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 2%



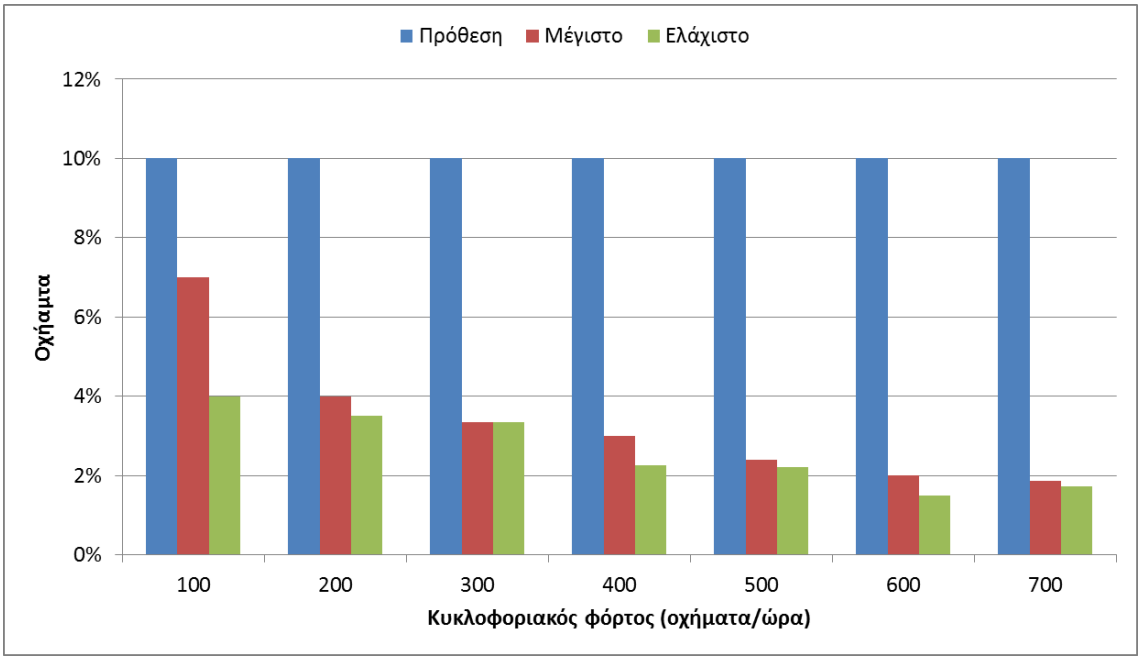
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 5: Οχήματα που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 5%



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 6: Ποσοστό οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 5%



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 7: Οχήματα που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 10%



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 8: Ποσοστό οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος για πρόθεση 10%

3.1.5. Αποτελέσματα

Με το πέρας της πραγματοποίησης μία προσομοίωσης μπορεί ο χρήστης να εξάγει από το TransModeler μία σειρά αποτελεσμάτων τα οποία σχετίζονται με το σενάριο το οποίο προσομοιώθηκε. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να προκύψουν άμεσα από το πρόγραμμα χωρίς καμία επιπλέον εντολή από τον χρήστη, ενώ άλλα προϋποθέτουν την ύπαρξη ειδικών αισθητήρων που εισάγονται σε επιλεγμένες θέσεις του δικτύου και όπου ο χρήστης το επιθυμεί.

Τα στοιχεία των διαδρομών (Trip Statistics) αποτελούν τα βασικά στατιστικά αποτελέσματα που εξάγει το πρόγραμμα με τον τερματισμό κάθε προσομοίωσης. Τα στοιχεία αυτα παρουσιάζονται σε σχετική αναφορά στην οποία ο χρήστης ορίζει το χρονικό βήμα παρουσίασης, και είναι τα εξής:

- Αριθμός των διαδρομών (Number of Trips). Πρόκειται για τις διαδρομές που εκκινούν στο διάστημα της προσομοίωσης.
- Μέσο μήκος διαδρομής (Trip Length). Είναι το μέσο μήκος διαδρομής που ακολουθούν τα οχήματα, υπολογισμένο σε χιλιόμετρα.
- Συνολικό μήκος διαδρομών ή οχηματοχιλιόμετρα (VMT). Πρόκειται για τη συνολική απόσταση που καλύπτει το σύνολο των οχημάτων. Μονάδα μέτρησης είναι τα χιλιόμετρα. Υπολογίζεται ως το γινόμενο του αριθμού των διαδρομών επί το μέσο μήκος της διαδρομής.
- Συνολική διάρκεια διαδρομής (VMH). Το άθροισμα των χρονικών διαστημάτων που απαιτήθηκε για κάθε διαδρομή. Μετρίεται σε ώρες (δεκαδική μορφή).
- Μέση ταχύτητα (Average Speed). Η μέση ταχύτητα που προκείπτει από το σύνολο των διαδρομών. Μονάδα μέτρησης είναι τα χιλιόμετρα ανά ώρα.
- Καθυστέρηση (Delay). Η συνολική καθυστέρηση που καταγράφεται στο δίκτυο, σε ώρες (δεκαδική μορφή). Για κάθε όχημα υπολογίζεται η διαφορά μεταξύ χρόνου διαδρομής και χρόνου διαδρομής σε συνθήκες ελεύθερης ροής. Το άθροισμα των επιμέρους τιμών δίνει τη συνολική καθυστέρηση.
- Μέση καθυστέρηση (Average Delay). Η μέση καθυστέρηση που καταγράφεται ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου. Μονάδα μέτρησης δευτερόλεπτα ανά χιλιόμετρο.
- Χρόνος σε στάση (Stopped Time). Το άθροισμα του χρόνου που κάθε όχημα παραμένει σε στάση στη διάρκεια μιάς διαδρομής. Αποτελεί υποσύνολο της συνολικής καθυστέρησης του δικτύου καθώς, σε κάθε περίπτωση στάσης ενός οχήματος στη διάρκεια μία διδρομής συμπεριλαμβάνεται σε αυτή. Μετριέται σε ώρες (δεκαδική μορφή).
- Μέσος χρόνος σε στάση (Average Stopped Time). Ο μέσος χρόνος σε στάση που καταγράφεται ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου. Μετριέται σε δευτερόλεπτα ανά χιλιόμετρο.

- Αριθμός στάσεων (Number of Stops). Το άθροισμα των στάσεων που πραγματοποιεί κάθε όχημα στη διάρκεια της διαδρομής του. Είναι φυσικός αριθμός και εκφράζεται σε εκαντοντάδες.
- Μέσος αριθμός στάσεων (Average Number of Stops). Ο αριθμός των στάσεων που καταγράφονται ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου. Μετρίεται σε παρατηρήσεις ανά χιλιόμετρο.

Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται επίσης και για τρία διαφορετικά είδη διαδρομών. Τα είδη καθορίζονται με βάση την αρχική και τελική κατάσταση μίας διαδρομής και χωρίζονται στις εξής τρεις κατηγορίες:

- Διαδρομές που ολοκληρώθηκαν (Completed Trips). Πρόκειται για διαδρομές που ξεκίνησαν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και ολοκληρώθηκαν μέχρι το πέρας αυτής.
- Διαδρομές που δεν ολοκληρώθηκαν (Uncompleted Trips). Πρόκειται για διαδρομές που ξεκίνησαν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και δεν ολοκληρώθηκαν μέχρι το πέρας αυτής. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στο γεγονός ότι η εκκίνηση της διαδρομής έγινε λίγα λεπτά πριν το τέλος της προσομοίωσης και συνεπώς, απαιτείται περαιτέρω χρόνος για την ολοκήρωση της, είτε ότι το όχημα έλκεται από κάποιο κεντροειδές στάθμευσης και αναζητά κάποια διαθέσιμη θέση, ωστόσο μέχρι την ολοκλήρωση της προσομοίωσης καμία δεν παρουσιάστηκε.
- Διαδρομές σε αναμονή (Queued Trips). Πρόκειται για περιπτώσεις που ενώ το όχημα κανονικά θα έπρεπε να έχει ξεκινήσει τη διαδρομή του, στο δίκτυο στο σημείο του κεντροειδούς παραγωγής της μετακίνησης εμφανίζεται ουρά τέτοια που δεν του το επιτρέπει. Καθώς τα οχήματα αυτά όσο είναι σε αναμονή δεν συμπεριλαμβάνονται στα αποτελέσματα, δεν είναι επιθυμιτή η ύπαρξη τους. Για το λόγο αυτό προτείνεται η ανάπτυξη του δικτύου στο σημείο αυτό ώστε σε κάθε περίπτωση οι διαδομές αυτές να συμπεριλαμβάνονται στα αποτελέσματα.
- Φορτισμένες διαδρομές (Loaded Trips). Πρόκειται για διαδρομές που φορτίζουν το δίκτυο μετά το πέρας της προσομοίωσης ενός άλλου σεναρίου, και εισάγονται άμεσα με την έναρξη αυτής, προ-φορτίζοντας το δίκτυο. Τα οχήματα αυτά, συμβάλλουν ώστε να υπάρχει κατάλληλη προετοιμασία του οδικού δικτύου (π.χ. με νόμιμα σταθμευμένα οχήματα).

Από τα πάραπανω στοιχεία επιλέχθηκε ότι η αξιολόγηση της επίπτωσης των οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος θα γίνει από:

- Τη μέση ταχύτητα (Average Speed) κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο
- Τη συνολική καθυστέρηση (Delay) που καταγράφεται στο δίκτυο
- Από τον καταγραφόμενο χρόνο σε στάση (Stopped Time).

Ωστόσο, να σημειωθεί πως ο χρόνος σε στάση των οχημάτων που έχουν πραγματοποιήσει στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος συμμετέχει στα αποτελέσματα που εξάγει το λογισμικό και συνεπώς, η εκτίμηση της αύξησης του χρόνου σε στάση στην κυκλοφορία είναι μικρότερη από την καταγραφόμενη. Επίσης, η ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε στις ολοκληρωμένες διαδρομές, ενώ διαδρομές σε αναμονή δεν συνυπολογίστηκαν σε όλη τη διάρκεια της παρούσας εργασίας.

Αποτελέσματα, όπως σημειώθηκε και παραπάνω, μπορούν να εξαχθούν και μετά την τοποθέτηση συγκεκριμένων αισθητήρων (Sensors) σε προκαθορισμένες θέσεις. Οι αισθητήρες μπορούν να μετρήσουν μία σειρά από δεδομένα όπως ο αριθμός των οχημάτων που διαπερνά από αυτούς, την κατάληψη και την ταχύτητα διέλευσης των οχημάτων. Στην παρούσα έρευνα αισθητήρες χρησιμοποιήθηκαν μόνο για να καταγράψουν τον αριθμό των οχημάτων που περνούν απο προκαθορισμένες θέσεις- διασταυρώσεις στο δίκτυο του Κολωνακίου.

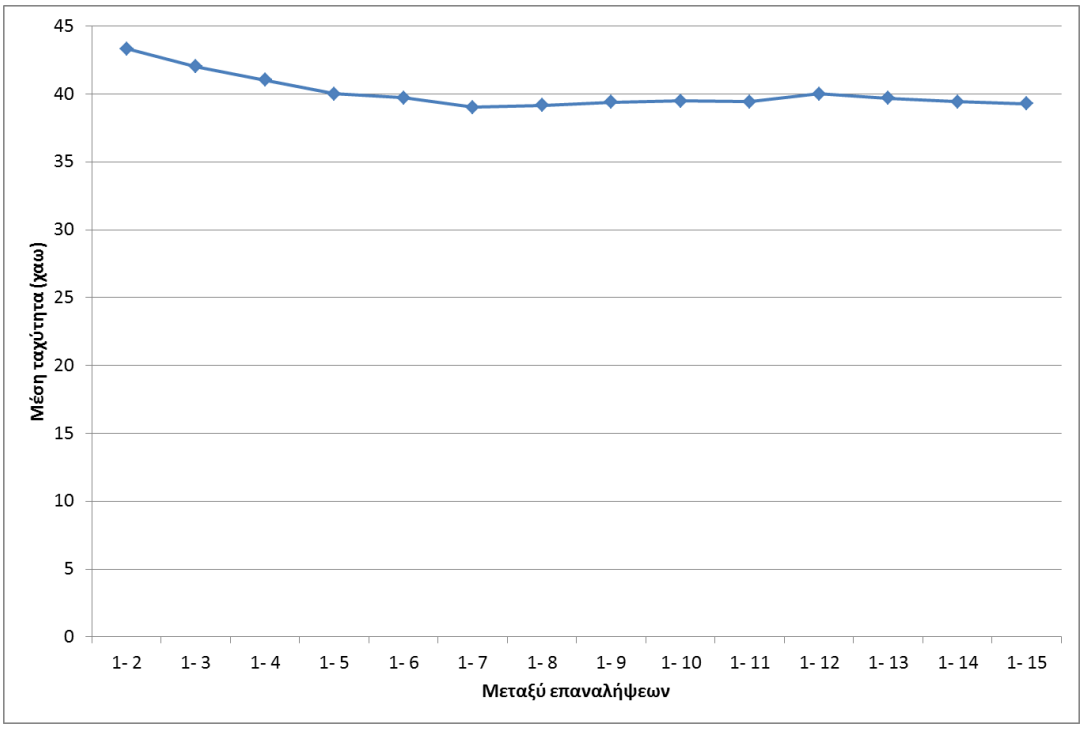
3.1.6. Επαναληπτική διαδικασία

Με το πέρας κάθε προσομοίωσης μία σειρά αποτελεσμάτων είναι διαθέσιμη άμεσα στο χρήση του TransModeler. Ωστόσο, κάθε σειρά αποτελεσμάτων που προκύπτει από μία προσομοίωση δεν παρουσιάζει τα ίδια αποτελέσματα. Για τον καθορισμό συνεπώς, των αποτελεσμάτων απαιτείται μία σειρά επαναλήψεων.

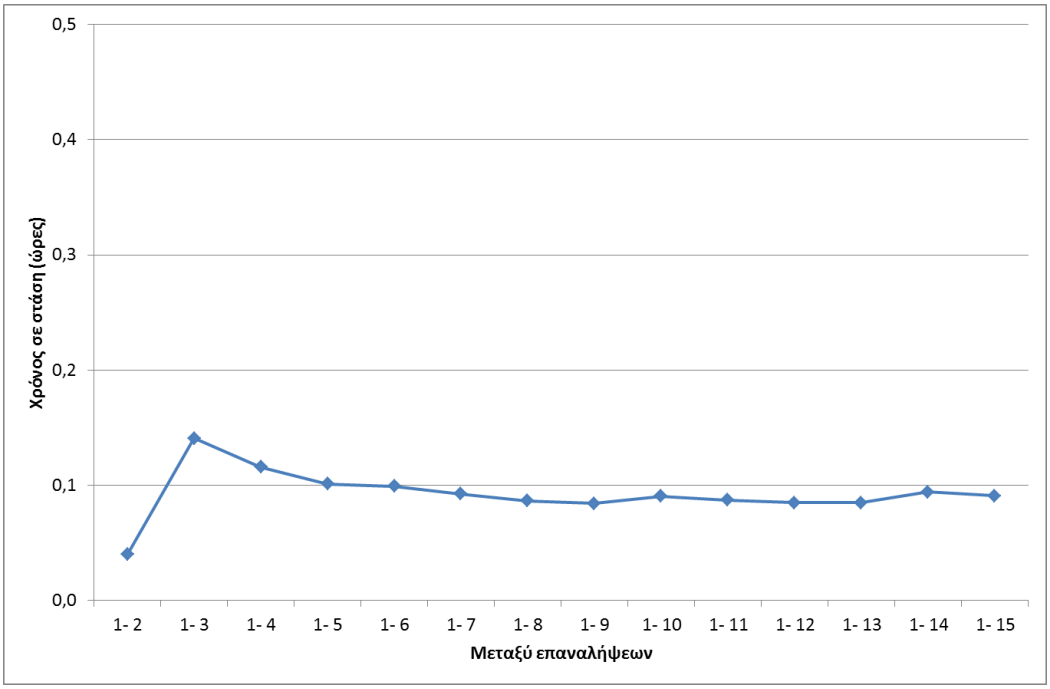
Ο καθορισμός των απαιτούμενων επαναλήψεων προκύπτει από την επεξεργασία των ίδιων των στοιχείων. Συγκεκριμένα, με το πέρας κάθε επανάληψης τα αποτελέσματα εξάγονται και συμμετέχουν στον καθορισμό της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης μαζί με τις προηγούμενες παρατηρήσεις. Έτσι, για «ν» αριθμό παρατηρήσεων υπολογίζονται «ν-1» μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις. Η διαδικασία πραγματοποίησης επαναλήψεων και υπολογισμού μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης συνεχίζεται μέχρις ότου η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση σταθεροποιηθούν σε μία τιμή.

Κατά την πραγματοποίηση της ανάλυσης ευαισθησίας (4° Κεφάλαιο) διαπιστώθηκε πως, για να παρατηρηθεί σταθεροποίηση σε κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου-πρόθεσης στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος απαιτείται σε κάποιες περιπτώσεις μία σειρά 15 επαναλήψεων. Για το λόγο αυτό, σε κάθε περίπτωση πραγματοποιήθηκε μία σειρά 15 επαναλήψεων ώστε, να εξασφαλιστεί η σταθεροποίηση των τιμών της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης, και όσο το δυνατόν, η εξάλειψη τυχαίων σφαλμάτων. Σε περιπτώσεις ωστόσο, που λόγο χαμηλής πρόθεσης

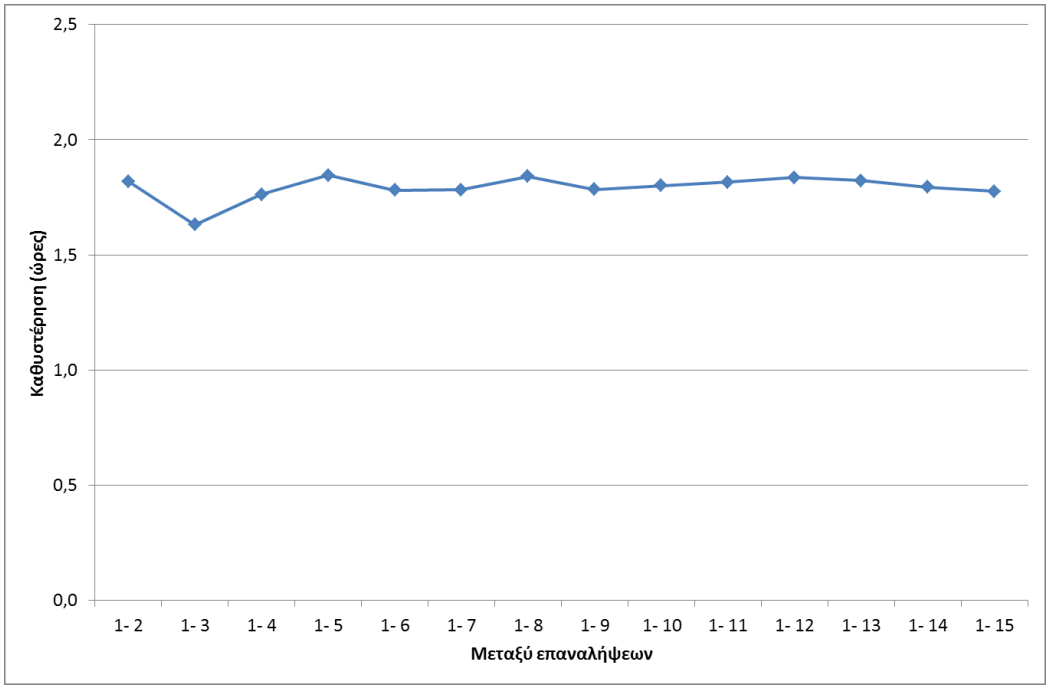
και χαμηλού κυκλοφοριακού φόρτου δεν παρατηρήθηκε κάποιο όχημα που σταθμεύει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος, η επανάληψη αυτή εξαιρέθηκε. Η εξαίρεση έγινε καθώς, σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις του φαινομένου, εφόσον αυτό εμφανίζεται. Σε αυτές τις περιπτώσεις, θεωρήθηκε πως ένα αριθμός 10 επαναλήψεων, σε συνδυασμό με τη σταθεροποίηση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης, είναι αρκετός για το σχηματισμό των αποτελεσμάτων. Εαν περισσότερες των 5 επαναλήψεων εξαιρούνταν, τότε μία σειρά νέων επαναλήψεων πραγματοποιείτο. Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα της παραπάνω μεθοδολογίας.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 9: Μέση τιμή της μέσης ταχύτητας (Δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση, πρόθεση 5%, 500 οχήματα ανά ώρα)



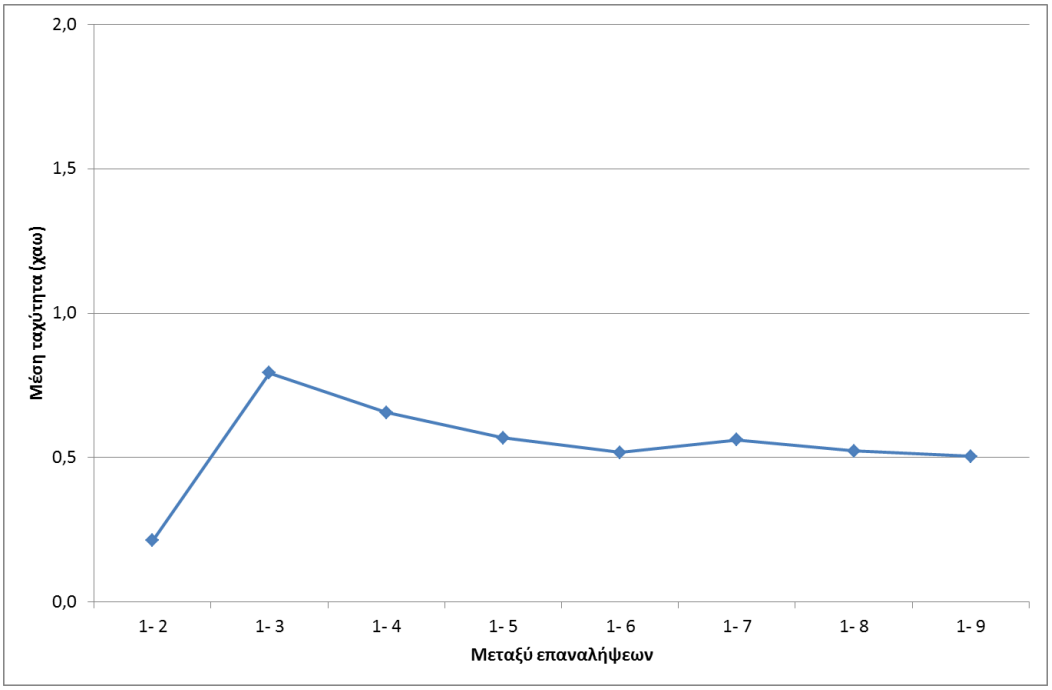
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 10: Τυπική απόκλιση του χρόνου σε στάση (Δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση, πρόθεση 5%, 800 οχήματα ανά ώρα)



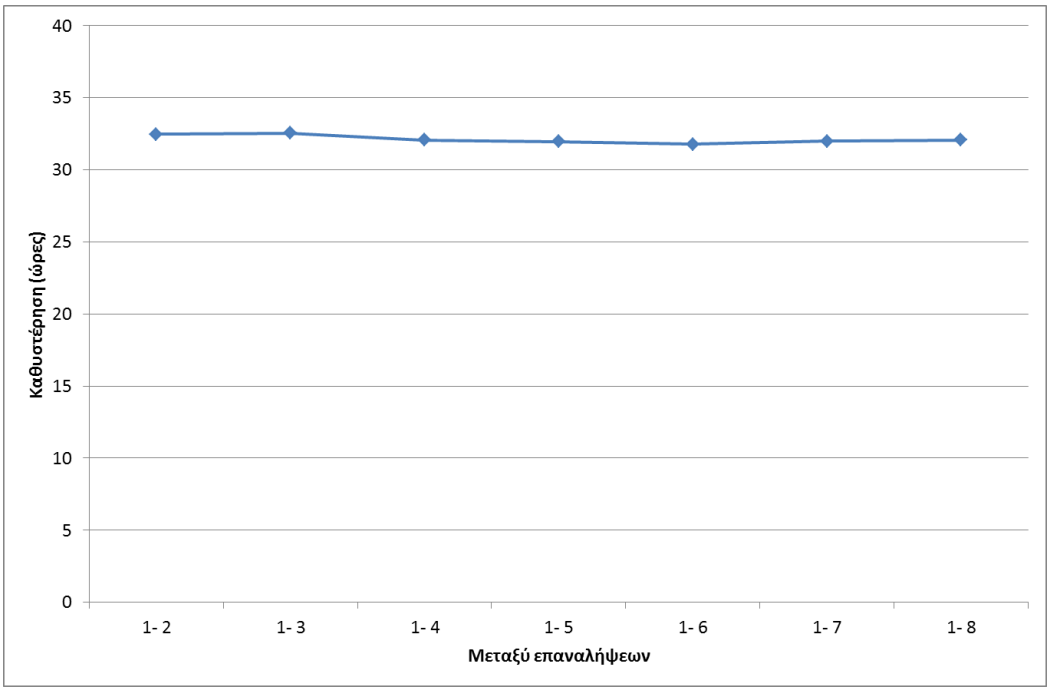
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 11: Μέση τιμή της καθυστέρησης (Μία λωρίδα ανά κατεύθυνση, πρόθεση 5%, 300 οχήματα ανά ώρα)

Κατά την μελέτη περίπτωσης (5^{ο} Κεφάλαιο), με το πέρας κάθε επανάληψης ελέγχονταν η σταθεροποίηση της μέσης τιμής και της τυπικής

απόκλισης. Όταν αυτή πετύχαινε τα αποτελέσματα γίνονταν αποδεκτά και οι επαναλήψεις σταματούσαν. Ο απαιτούμενος αριθμός επαναλήψεων κυμάνθηκε από 7 έως και 10.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 12: Τυπική απόκλιση της μέση ταχύτητας (100% παρατηρούμενου κυκλοφοριακού φόρτου, μειωμένη παραβατικότητα)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 13: Μέση τιμή της καθυστέρησης (80% παρατηρούμενου κυκλοφοριακού φόρτου, μηδενική παραβατικότητα)

3.1.7. Αρχική κατάσταση δικτύου

Πριν την έναρξη προσομοίωσης ενός σεναρίου, το TransModeler δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη φόρτισης του δικτύου με μία αρχική κατάσταση. Η κατάσταση αυτή μπορεί να προέρχεται είτε από τα δεδομένα που δομούν το σενάριο, είτε από ένα σενάριο που έχει προσομοιωθεί από το χρήστη νωρίτερα. Συγεκριμένα οι διαθέσιμες επιλογές είναι οι εξής:

- Κενό δίκτυο (Empty). Το δίκτυο δεν φορτίζεται εκ των προτέρων.
- Φορτισμένο (Preloaded). Το TransModeler χρησιμοποιεί τα δεδομένα για το συγκεκριμένο σενάριο που προσομοιώνει (Πίνακες Προέλευσης-Προορισμού, σύσταση κυκλοφορίας κ.λ.π.), για να φορτίσει αρχικά και για λίγα λεπτά το δίκτυο. Η διάρκεια αυτής της φάσης καθορίζεται από το χρήστη και τα αποτελέσματα της μπορούν να εξαιρεθούν από τα τελικά.
- Με αρχική κατάσταση (Initial State). Όταν πραγματοποιείται η προσομοίωση ενός σεναρίου, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύσει την κατάσταση του δικτύου οποιαδήποτε στιγμή και να την χρησιμοποιήσει ως αρχική, κατά την έναρξη προσομοίωσης ενός άλλου σεναρίου. Η επιλογή αυτή είναι πολύ χρήσιμη, ειδικά στην περίπτωση προσομοίωσης αστικών οδικών δικτύων όπου υπάρχει ένας σταθερός αριθμός σταθμευμένων οχημάτων οχημάτων.

Στην περίπτωση της ανάλυσης ευαισθησίας το οδικό δίκτυο δεν φορτίστηκε αρχικά. Για τη μελέτη περίπτωσης ωστόσο, καθώς το δίκτυο ήταν αστικό με μεγάλο βαθμό κορεσμού στις νόμιμες θέσεις στάθμευσης επιλέχθηκε μία αρχική κατάσταση η οποία φόρτιζε αρχικά το δίκτυο με σταθμευμένα οχήματα.

3.1.8. Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Το δίκτυο Μέσων Μαζικής Μεταφοράς συμβάλλει στον κυκλοφοριακό φόρτο που παρατηρείται σε ένα αστικό οδικό δίκτυο. Για την προσομοίωση του απαραίτητα είναι τα γεωμετρικά στοιχεία του δικτύου, αλλά και στοιχεία σχετικά με τα δρομολόγια και τους τύπους των οχημάτων που χρησιμοποιούνται. Το TransModeler δίνει τη δυνατότητα αναπαραγωγής και βελτιστοποίησης και των μέσων μαζικής μεταφοράς σταθερής τροχίας, ωστόσο στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας κάτι τέτοιο δεν κρίθηκε απαραίτητο. Συνεπώς, αυτά που ακολουθούν αφορούν τα υπόλοιπα δημόσια μέσα μαζικής μεταφοράς (λεωφορεία και τρόλεϋ).

Για την περίπτωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του δικτύου, αυτά αναφέρονται στη διαδρομή που ακολουθείται από τα αστικά μέσα μαζικής μεταφοράς και τις στάσεις που κάθε ένα πραγματοποιεί. Η διαδρομή

μπορεί να δωθεί στο λογισμικό από το χρήστη ή να προσδιορισθεί από το πρόγραμμα. Στην πρώτη περίπτωση, ο χρήστης ορίζει από ποιούς οδικούς συνδέσμους διέρχεται κάθε γραμμή λεωφορείου ή τρόλεϋ, στο οδικό δίκτυο που έχει σχεδιάσει. Ο τρόπος αυτός ενδείκνυται για γραμμές που υφίστανται ήδη. Στη δεύτερη περίπτωση, ο χρήστης ορίζει την αφετηρία και τον τερματισμό και το λογισμικό δημιουργεί τη διαδρομή στο οδικό δίκτυο που έχει σχεδιαστεί από το χρήστη. Αυτός ο τρόπος ενδείνυται για γραμμές οι οποίες είναι σε διαδικασία σχεδιασμού. Κατά την παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο πρώτος τρόπος, καθώς το δίκτυο μέσων μαζικής μεταφοράς στην περιοχή του Κολωνακίου (μελέτη περίπτωσης) ήταν γνωστό. Οι στάσεις και στις δύο περιπτώσεις προσδιορίζονται από το χρήστη.

Στοιχεία σχετικά με τη συχνότητα των δρομολογίων και την ώρα εκκίνησης των μέσων μαζικής μεταφοράς μπορούν να δοθούν στο λογισμικό από το χρήστη. Ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει άλλη συχνότητα για εργάσιμες ημέρες και άλλη για αργίες, καθώς και για αλλαγές στη συχνότητα των δρομολογίων μέσα στην ημέρα. Το λογισμικό θεωρεί πως η πραγματική συχνότητα εμφάνισης των δρομολογίων ακολουθεί κανονική κατανομή. Για τον προσδιορισμό της πραγματικής συχνότητας απαιτούνται οι εξής τρεις παράμετροι:

- Η ώρα έναρξης του δρομολογίου. Προσδιορίζεται από το χρήστη η ώρα προσέλευσης στην πρώτη στάση. Η καταγραφή της ώρας πραγματοποείται είτε με 24ωρη μορφή, είτε σε δευτερόλεπτα από την έναρξη της ημερολογιακής ημέρας (00:00).
- Η συχνότητα του δρομολογίου. Αποτελεί τη μέση τιμή για την κατανονική κατανομή που ακολουθεί το λογισμικό. Η καταχώρηση γίνεται σε δευτερόλεπτα.
- Η τυπική απόκλιση της συχνότητας. Αποτελεί το δεύτερο χαρακτηριστικό μέγεθος για το προσδιορισμό της κανονικής κατανομής. Η καταχώρηση και σε αυτή την περίπτωση γίνεται σε δευτερόλεπτα.

Τέλος, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τον τύπο του οχήματος που υλοποιεί κάθε δρομολόγιο. Οι δυνατότητες που έχει ο χρήστης είναι απλό λεωφορείο ή αρθρωτό.

3.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στην ενότητα αυτή σημειώνονται τα βασικά γνωρίσματα της περιοχής μελέτης, καθώς και η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τη συλλογή των δεδομένων. Η περιοχή μελέτης αποτελεί μέρος της ευρύτερης περιοχής του Κολωνακίου της Αθήνας και η συλλογή των δεδομένων έγινε με χρήση του διαδικτύου, έρευνας πεδίου και βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Κατά το στάδιο αυτό, συλλέχθησαν όλα τα απαραίτητα στοιχεία με σκοπό την, όσο το δυνατόν, πληρέστερη αναπαράσταση του δικτύου της περιοχής του Κολωνακίου. Τα στοιχεία που καταγράφησαν ήταν τα ακόλουθα:

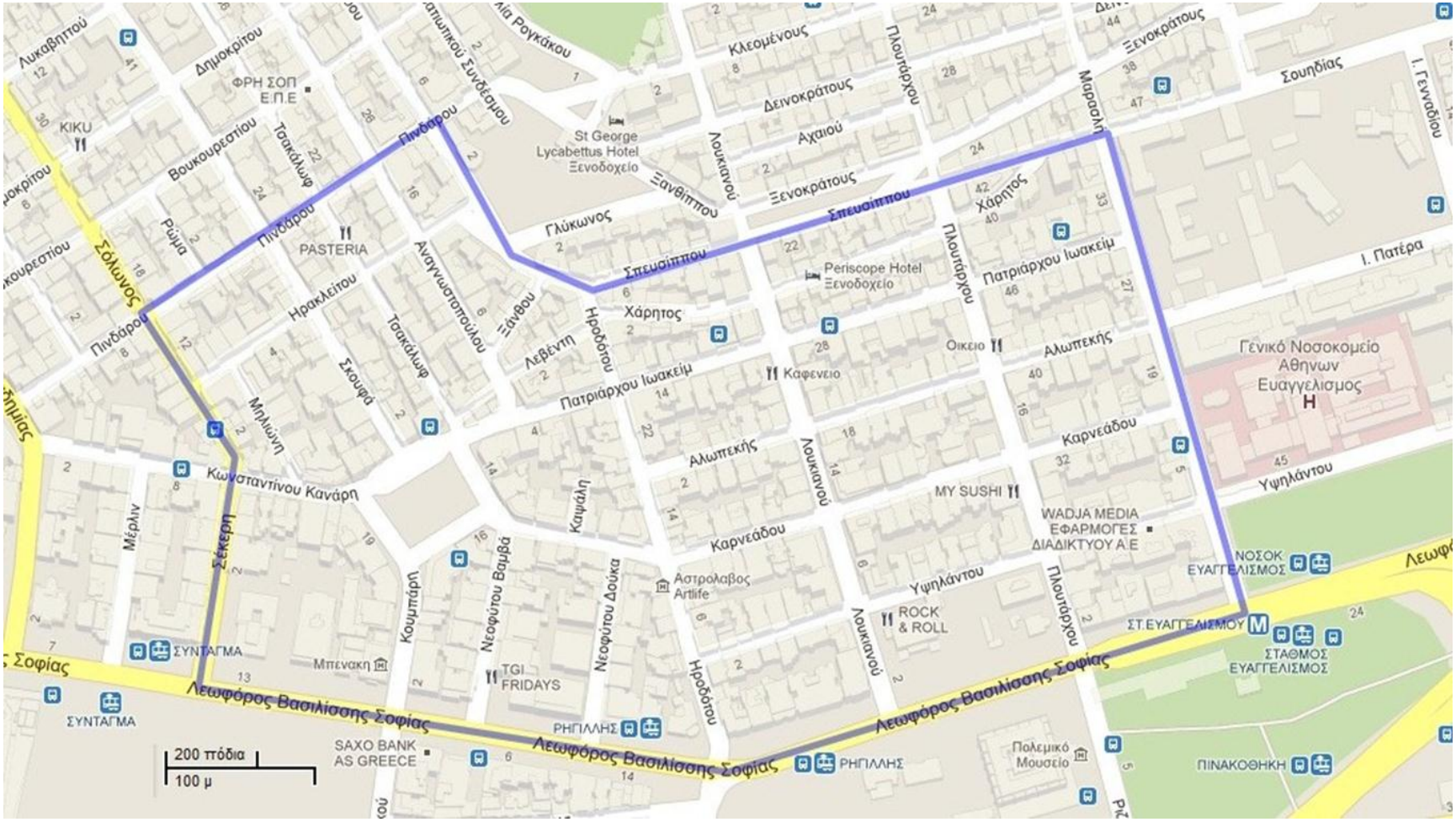
- η γεωμετρία και η συσχέτιση των οδικών αξόνων της περιοχής
- ο κυκλοφοριακός φόρτος και η σύσταση της κυκλοφορίας
- τα προγράμματα σηματοδότησης και τα στοιχεία των κόμβων πρωτεραιότητας
- οι θέσεις στάθμευσης (κατοίκων και επισκεπτών)
- οι εναλλαγές στην κατάληψη των νόμιμων θέσεων στάθμευσης
- τα δρομολόγια (και τα χαρακτηριστικά τους) για όλα τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς που διαπερνούν την περιοχή
- η συχνότητα και η παρουσία των οχημάτων που έχουν πραγματοποιήσει στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος.

3.2.1. Επιλογή περιοχής μελέτης

Επιλέχτηκε ένα κλειστό πολύγωνο που οριοθετείται από τις οδούς Σέκερη/Σόλωνος-Πινδάρου-Φωκυλίδου-Σπευσίππου-Μαρασλή-Βασιλίσης Σοφίας. Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής έγινε καθώς:

- Αποτελεί χαρακτηριστικό αστικό κεντρικό δίκτυο για την περιοχή της Αθήνας
- Παρουσιάζει οχήματα που σταθμεύουν παράπλευρα άλλων σταθμευμένων οχημάτων
- Παρουσιάζει υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους καθ’όλη τη διάρκεια της ημέρας καθώς, έλκει μετακινήσεις τόσο για λόγους εργασίας όσο και για λόγους αναψυχή
- Έχει ικανοποιητική γεωμετρία

Σκοπός ήταν να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις του φαινομένου σε ένα πραγματικό αστικό δίκτυο όπου το φαινόμενο εμφανίζεται συστηματικά. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με βάση την πρωινή ώρα αιχμής (08:00 με 09:00), ωστόσο, πραγματοποιήθηκαν διάφορα σενάρια ώστε να καλύπτουν ένα εύρος κυκλοφοριακών φόρτων και προθέσεων.



ΧΑΡΤΗΣ 3. 1: Η περιοχή της μελέτης περίπτωσης

Πηγή: Google Maps

3.2.2. Οδικό δίκτυο

Για τη δημιουργία του οδικού δικτύου της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το OpenStreetMap. Τα δεδομένα αντλήθηκαν από το διαδίκτυο σε μορφή shapefile (http://www.geofabrik.de) για την ευρύτερη περιοχή της Ευρώπης. Στη συνέχεια, ο χάρτης χρησιμοποιήθηκε ως δεδομένο εισόδου στο TransModeler διατηρώντας τη γεωμετρία των στοιχείων του. Ακολούθησε το στάδιο της ψηφιοποίησης του χάρτη για την περιοχή του Κολωνακίου με τα δομικά στοιχεία του προσομοιωτή.

Συγκεκριμένα, για κάθε οδικό τμήμα δημιουργήθηκε ένας σύνδεσμος (link), ο οποίος σε κάθε φυσική διασταύρωση χωριζόταν σε επιμέρους σύνολα (seagments) δημιουργώντας διασταυρώσεις στο οδικό δίκτυο του προσομοιωτή (nodes). Καθώς ο χάρτης-υπόβαθρο δε διατηρούσε στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των λωρίδων και τις επιτρεπόμενες κατευθύνσεις των οδικών τμημάτων, πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονη επίβλεψη και από τους ορθοφωτοχάρτες της Κτηματολόγιο Α.Ε. (http://www.ktimatologio.gr) και από τη διαδικτυακή υπηρεσία του OpenStreetMap (http://www.openstreetmap.org). Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε:

- Στη διατήρηση της γεωμετρίας των οδικών στοιχείων
- Στη σωστή χωροθέτηση των νόμιμων θέσεων στάθμευσης
- Στην κατεύθυνση και σύνδεση των επιμέρους οδικών τμημάτων. Να σημειωθεί στο σημείο αυτό πως αν και η στρέφουσα κίνηση από Αναγνωστοπούλου προς Πατριάρχου Ιωακείμ στο ρεύμα προς Μαρασλή είναι απαγορευμένη με σχετική σήμανση, στο δίκτυο προσομοίωσης επιτρέπεται καθώς, μεγάλη μερίδα οδηγών υλοποιεί τη στρέφουσα κίνηση παρανομώντας. Αυτό έγινε καθώς, στόχος της μελέτης είναι η βέλτιστη αναπαράσταση της υφιστάμενης κατάστασης.
- Στην τοποθέτηση της βοηθητικής λωρίδας τύπου Auxiliary στα οδικά τμήματα στα οποία πραγματοποιείται παράνομο παρκάρισμα ή στάση και στάθμευση παράπλευρα σταθμευμένων οχημάτων. Τα οδικά αυτά τμήματα είναι τα εξής:
    - Πατριάρχου Ιωακείμ και στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας, από Πλατεία Φιλικής Εταιρίας έως Μαρασλή
    - Πλουτάρχου, από Υψηλάντου έως Σπευσίππου
    - Λουκιανού και στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας, από Υψηλάντου έως Σπευσίππου
    - Στο νότιο τμήμα της Πλατείας Φιλικής Εταιρίας, από Κουμπάρη έως Νεοφύτου Βάμβα.

Επίσης, κατά το στάδιο της δημιουργίας του οδικού δικτύου προσδιορίστηκαν οι διασταυρώσεις που αποτελούν κόμβοι προτεραιότητας και υπάρχει κάθετη σήμανση STOP, καθώς και εκείνοι στους οποίους

υπάρχουν φωτεινοί σηματοδότες. Για την οριστικοποίηση των κόμβων αυτών, αλλά και των προγραμμάτων σηματοδότησης, πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις επι τόπου στο πεδίο κατά την πρωινή ώρα αιχμής.

3.2.3. Μετρήσεις πεδίου

Δεδομένα που σχετίζονται τόσο με τους κυκλοφοριακούς φόρτους όσο και με τη σύσταση των οχημάτων στην περιοχή, δεν ήταν διαθέσιμα από κάποια πηγή. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις πεδίου σε προκαθορισμένα σημεία ώστε να υπάρξει αντιπροσωπευτική μέτρηση κυκλοφοριακών δεδομένων για κάθε οδικό τμήμα της περιοχής του Κολωνακίου.

Οι μετρήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκαν κατά τις ημέρες Δευτέρα, Τρίτη, Πέμπτη και Παρασκευή από τη 2^{α} Απριλίου έως την 6^{η} Απριλίου κατά την πρωινή αιχμή (08:00 με 09:00). Οι ημέρες που επιλέχθησαν ήταν καθημερινές . Κατά τις μετρήσεις καταγράφησαν τα εξής στοιχεία:

- Κυκλοφοριακός φόρτος
- Σύσταση κυκλοφορίας
- Προγράμματα σηματοδότησης

Ο κυκλοφοριακός φόρτος και η σύσταση των οχημάτων μετρήθηκαν ταυτόχρονα σε 7 χαρακτηριστικά σημεία-διασταυρώσεις της περιοχής. Οι θέσεις επιλέχθηκαν με τέτοιον τρόπο ώστε να παρουσιάζεται τουλάχιστον ένα κυκλοφοριακό δεδομένο για κάθε οδικό τμήμα και να είναι όμοιόμορφα κατανεμημένα στο χώρο. Τα σημεία μετρήσεων ήταν τα ακόλουθα:

- Ηρακλείτου και Σκουφά
- Κωνσταντίνου Κανάρη και Πλατεία Φιλικής Εταιρίας
- Νεοφύτου Βάμβα και Πλατεία Φιλικής Εταιρίας
- Ηροδότου και Πατριάρχου Ιωακείμ
- Αλωπεκής και Λουκιανού
- Σπευσίππου και Πλουτάρχου
- Πλουτάρχου και Υψηλάντου

Η διάρκεια μέτρησης ήταν 15 λεπτά της ώρας για κάθε διασταύρωση, το οποίο θεωρήθηκε το τέτατρο αιχμής και πραγματοποιήθηκε η αναγωγή στην ώρα για τον υπολογισμό του φόρτου ώρας αιχμής. Επιπλέον, για τη σύσταση της κυκλοφορίας μετρήθηκαν τα οχήματα ανά τύπο (μοτοσυσκλέτες, επιβατικά αυτοκίνητα, φορτηγά και λεωφορεία) από κάθε διασταύρωση, στη συνέχεια αθροίστηκαν για το σύνολο της περιοχής ανά τύπο και διαιρέθηκαν με το συνολικό αριθμό των οχημάτων ώστε, να ληφθεί μία μέση κατάσταση. Απαιτήθηκε και ένας επιπλέον διαχωρισμός των επιβατικών αυτοκινήτων,

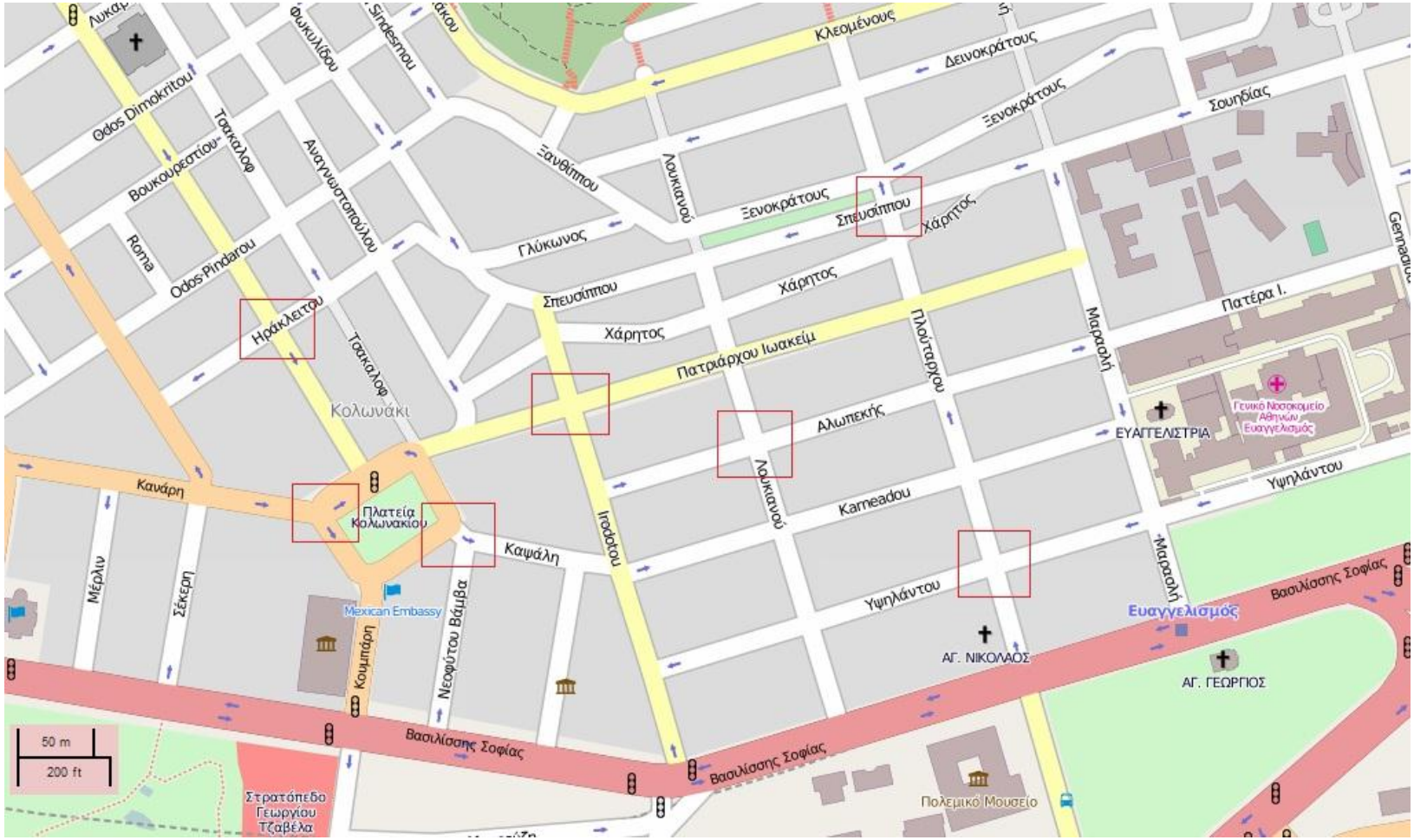
καθώς το TransModeler απαιτεί τον προσδιορισμό του ποσοστού των επιβατικών αυτοκινήτων χαμηλών, μεσαίων και υψηλων επιδόσεων. Για αυτό έγινε η ίδια παραδοχή που είχε πραγματοποιηθεί στην ανάλυση ευαισθησίας, θεωρώντας πως το 50% των επιβατικών οχημάτων είναι χαμηλών επιδόσεων, το 35% μεσαίων και το 15% υψηλών.

Είδος οχήματος	**Καταγραφές**	**Ποσοστό (%)**		**Ποσοστό επί των επιβατικών (%)**	**Ποσοστό επί του συνόλου (%)**
Επιβατικά	693	73,3%	Χαμηλών επιδόσεων	50%	36,6%
			Μεσαίων επιδόσεων	35%	25,6%
			Υψηλών επιδόσεων	15%	11,0%
Φορτηγά	46	4,9 %			
Μοτοσυκλέτες	207	21,9%			
Σύνολο	946	100,0%			

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. 1: Η σύσταση της κυκλοφορίας στην περιοχη του Κολωνακίου

Για το πρόγραμμα σηματοδότησης κάθε φωτεινού σηματοδότη πραγματοποιήθηκε επί τόπου μέτρηση στην οποία σημειώθηκαν ο χρόνος πράσινης ένδειξης, ο χρόνος κίτρινης ένδειξης, ο χρόνος κοινού κόκκινου (όπου υπήρχε) και συνολικής κόκκινης ένδειξης. Επίσης, πραγματοποιήθηκε και μία εκτίμηση του συντονισμού που υπάρχει μεταξύ των προγραμμάτων σηματοδότησης των διαδοχικών κόμβων στην οδό Πατριάρχου Ιωακείμ. Οι διασταυρώσεις όπου υπάρχουν και μετρήθηκαν τα προγράμματα των φωτεινών σηματοδοτών είναι:

- Πλουτάρχου και Πατριάρχου Ιωακείμ
- Ηροδότου και Πατριάρχου Ιωακείμ
- Πατριάρχουν Ιωακείμ και Πλατεία Φιλικής Εταιρίας
- Σκουφά και Πλατεία Φιλικής Εταιρίας
- Κωνσταντίνου Κανάρη και Πλατεία Φιλικής Εταιρίας
- Ηροδότου και Καρνεάδου
- Ηρακλείτου και Σκουφά
- Ηρακλείτου και Αναγνωστοπούλου



ΧΑΡΤΗΣ 3. 2: Σημεία πραγματοποίησης μετρήσεων

Πηγή: OpenStreetMap

3.2.4. Νόμιμη στάθμευση

Για την περιοχή του Κολωνακίου ισχύει η ελεγχόμενη στάθμευση του Δήμου Αθηναίων. Σύμφωνα με στοιχεία του δήμου, διαθέσιμα στο διαδικτυακό του τόπο (http://www.cityofathens.gr/), το σύστημα στην ευρύτερη περιοχή του κέντρου της Αθήνας περιλαμβάνει στάθμευση μόνιμων κατοίκων (2.538 θέσεις), στάθμευση επισκεπτών (1.956 θέσεις) και θέσεις στάθμευσης για ειδική χρήση (1.000 θέσεις). Η ελεγχόμενη στάθμευση για την περίπτωση των επισκεπτών ισχύει για τις καθημερινές ημέρες (Δευτέρα έως και Παρασκευή) από τις 09:00 έως τις 21:00, ενώ το Σάββατο από τις 09:00 έως τις 16:00. Το κόστος στάθμευσης ποικίλει αναλόγως τη διάρκεια, και κυμένεται από 0,50 ευρώ έως και 6 ευρώ. Επίσης, για τους επισκέπτες ορίζεται μέγιστη διάρκεια στάθμευσης τριών ωρών. Για διοικητικούς λόγους η ευρύτερη περιοχή στην οποία εφαρμόζεται η ελεγχόμενη στάθμευση έχει χωριστεί σε 11 ζώνες, το Κολωνάκι (στο σημείο της Πλατείας Φιλικής Εταιρίας) χωρίζεται σε δύο ζώνες, τις 2 και 3. Υπεύθυνος φορέας για την τήρηση των κανόνων στάθμευσης είναι η Δημοτική Αστυνομία.

Στην περιοχή μελέτης προσδιορίστηκαν οι θέσεις στις οποίες επιτρέπεται η στάθμευση των κατοίκων και σε εκείνες που επιτρέπεται η στάθμευση των επισκεπτών. Ο προσδιορισμός αυτός έγινε μέσω του χάρτη που είναι διαθέσιμος στο διαδίκτυο από το Δήμο Αθηναίων.

ΧΑΡΤΗΣ 3. 3: Η ελεγχόμενη στάθμευση στην περιοχή του Κολωνακίου

Πηγή: Δήμος Αθηναίων

Για την προσομοίωση του δικτύου απαιτήθηκε ο προσδιορισμός των εναλλαγών στις θέσεις στάθμευσης τόσο των κατοίκων όσο και των επισκεπτών. Σύμφωνα με τους Spiliopoulou and Antoniou (2012), στην περιοχή του Κολωνακίου πραγματοποιείται μία εναλλαγή σταθμευμένου οχήματος κάθε τρεις θέσεις στάθμευσης σε διάρκεια μίας ώρας για την περίπτωση των επισκεπτών, ενώ μία εναλλαγή κάθε δέκα θέσεις στάθμευσης πραγματοποιείται σε διάρκεια μίας ώρας για την περίπτωση των κατοίκων. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, μετρήθηκαν στο δίκτυο που έχει δομηθεί στο TransModeler οι θέσεις στάθμευσης και θεωρήθηκε στην περίπτωση των θέσεων των επισκεπτών ότι κάθε τρεις θέσεις θα παράγεται και θα έλκεται μία μετακίνηση, ενώ στην περίπτωση των θέσεων των μόνιμων κατοίκων μία μετακίνηση θα παράγεται και θα έλκεται ανά δέκα θέσεις. Όταν ένα κεντροειδές αποτελείται από θέσεις κατοίκων και επισκεπτών οι μετακινήσεις που παράγωνται και έλκονται υπολογίζονται με τον σταθμικό μέσο, με βάρος 0,33 για τις θέσεις των επισκεπτών και 0,1 για τις θέσεις των κατοίκων.

Στην περίπτωση του δικτύου στο TransModeler οι θέσεις που βρίσκονται σε μία σειρά οικοδομικών τετραγώνων αποτελούν ένα κεντροειδές (centroid). Για την σωστή υλοποίηση του δικτύου αυτό προφορτίστηκε (πριν την έναρξη της προσομοίωσης) με κάποια ήδη σταθμευμένα οχήματα. Εν

συνεχεία, από τα κεντροειδή των θέσεων στάθμευσης παράγωνται και έλκονται μετακινήσεις από και προς τα ακραία (στα όρια του οδικού δικτύου) κεντροειδή. Στην περίπτωση που ένα όχημα μετέβαινε στο οικοδομικό τετράγωνο όπου βρίσκεται το κεντροειδές που το έλκει είχε δύο εναλλακτικές επιλογές:

- Αν έβρισκε διαθέσιμη θέση στάθμευσης άμεσα, στάθμευε σε αυτή.
- Αν δεν υπήρχε διαθέσιμη θέση στάθμευσης τότε το όχημα συνέχιζε τη διαδρομή του κυκλώνοντας το οικοδομικό τετράγωνο έως ότου βρει μία διαθέσιμη θέση στάθμευσης (cruising for parking).

3.2.5. Μέσα Μαζικής Μεταφοράς

Για την πιστότερη αναπαράσταση του δικτύου και τη σωστή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της μελέτης του φαινομένου στο δίκτυο του Κολωνακίου, θεωρήθηκε απαραίτητη και η προσομοίωση του δικτύου των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Την περιοχή διαπερνούν τρεις γραμμές λεωφορείων, για τις οποίες καταγράφηκαν η διαδρομή, οι στάσεις και η συχνότητα των δρομολογίων, σύμφωνα με στοιχεία του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Αθηναίων (http://www.oasa.gr).

Γραμμή 022 (Ν.Κυψέλη- Μαράσλειος)

Η γραμμή αύτη, ξεκινά από την περιοχή της Ν. Κυψέλης και μέσω των οδών Πατησίων και Ακαδημίας και διαπερνώντας την περιοχή του Κολωνακίου φτάνει στην περιοχή των Αμπελοκήπων όπου έχει τερματικό σταθμό. Στο οδικό δίκτυο που δημιουργήθηκε στο TransModeler, η γραμμή αυτή περνά από τη μετάβαση της από την αφετηρία στο τέρμα και από το τέρμα στην αφετηρία. Στην πρώτη περίπτωση (από την αφετηρία στο τέρμα), εισέρχεται στην περιοχή μελέτης από την οδό Κωνσταντίνου Κανάρη και εξέρχεται από την οδό Πατριάρχου Ιωακείμ πραγματοποιώντας τις εξής στάσεις:

- Κολωνάκι. Στο Βόρειο τμήμα της πλατείας Φιλικής Εταιρίας, κοντά στη διασταύρωση με την Πατριάρχου Ιωακείμ
- Λουκιανού. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ Λουκιανού και Πλουτάρχου
- Μαράσλειος. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ Μαρασλή και Πλουτάρχου.

Στη δεύτερη περίπτωση (από το τέρμα προς την αφετηρία), εισέρχεται στην περιοχή μελέτης από την οδό Μαρασλή και εξέρχεται από την οδό Κουμπάρη πραγματοποιώντας τις εξής στάσεις:

- Πλουτάρχου. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ Μαρασλή και Πλουτάρχου
- Λουκιανού. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ Λουκιανού και Ηροδότου
- Κολωνάκι. Στο Βόρειο τμήμα της πλατείας Φιλικής Εταιρίας, κοντά στη διασταύρωση με την Πατριάρχου Ιωακείμ.

Σχετικά με τη συχνότητα των δρομολογίων αλλά και τις ώρες προσέλευσης, και πάλι αξιοποιήθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα από τον ιστότοπο του ΟΑΣΑ. Θεωρήθηκε πως τα λεωφορεία της συγκεκριμένης γραμμής έχουν συχνότητα (κατά τις καθημερινές ημέρες από τις 08:00 έως τις 09:00) ενός τετάρτου της ώρας (900 δευτερόλεπτα) με αφετηρία τις 08:00. Η τυπική αυτή απόκλιση θεωρήθηκε στο θεωρήθηκε στο 10% της μέσης συχνότητας, δηλαδή στα 90 δευτερόλεπτα (1,5 λεπτό).

ΧΑΡΤΗΣ 3. 4: Οι στάσεις της λεωφορειογραμμής 022 (Ν. Κυψέλη-Μαράσλειος)

Πηγή: Ο.Α.Σ.Α

Γραμμή 060 (Μουσείο- Ακαδημίας- Λυκαβηττός)

Αυτή η λεωφορειογραμμή, ξεκινά από το Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο και μέσω της οδού Ακαδημίας, του Κολωνακίου, του Περιφερειακού Λυκαβηττού και πάλι διαμέσω του Κολωνακίου πραγματοποιεί μία κυκλική διαδρομή. Στην περιοχή μέλετης, και στο δίκτυο που δημιουργήθηκε στον προσομοιωτή, η γραμμή 060 ακολουθεί ακριβώς την ίδια διαδρομή με αυτή του 024 (Ν. Κυψέλη- Μαράσλειος). Αρχικά, εισέρχεται στην περιοχή μελέτης από την οδό Κωνσταντίνου Κανάρη και εξέρχεται από την οδό Πατριάρχου Ιωακείμ πραγματοποιώντας τις εξής τρεις στάσεις:

- Κολωνάκι. Στο Βόρειο τμήμα της πλατείας Φιλικής Εταιρίας, κοντά στη διασταύρωση με την Πατριάρχου Ιωακείμ
- Λουκιανού. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ Λουκιανού και Πλουτάρχου
- Μαράσλειος. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ Μαρασλή και Πλουτάρχου.

Κατά την ολοκλήρωση της κυκλικής διαδρομής εισέρχεται στην περιοχή μελέτης από την οδό Μαρασλή και εξέρχεται από την οδό Κουμπάρη πραγματοποιώντας τις ακόλουθες στάσεις:

- Πλουτάρχου. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ Μαρασλή και Πλουτάρχου
- Λουκιανού. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ Λουκιανού και Ηροδότου
- Κολωνάκι. Στο Βόρειο τμήμα της πλατείας Φιλικής Εταιρίας, κοντά στη διασταύρωση με την Πατριάρχου Ιωακείμ.

Η συχνότητα των διαδρομών χαρακτηρίζεται ως αραιή, καθώς κατά τις εργάσιμες ημέρες και κατά την πρωινή αιχμή (08:00 με 09:00), πραγματοποιείται μία διαδρομή κάθε 30 λεπτά της ώρας. Συνεπώς, θεωρήθηκε πως για τη γραμμή αυτή ακολουθείται κανονική κατανομή με συχνότητα που παρουσιάζει μέση τιμή 1800 δευτερόλεπτα (μισή ώρα) και τυπική απόκλιση 180 δευτερολέπτων της ώρας (3,0 λεπτά), που ισοδυναμεί με το 10% της μέσης τιμής. Χρόνος εκκίνησης του δρομολογίου θεωρήθηκε η 08:00.

ΧΑΡΤΗΣ 3. 5: Οι στάσεις της λεωφορειογραμμής 060 (Μουσείο- Ακαδημίας- Λυκαβηττός)

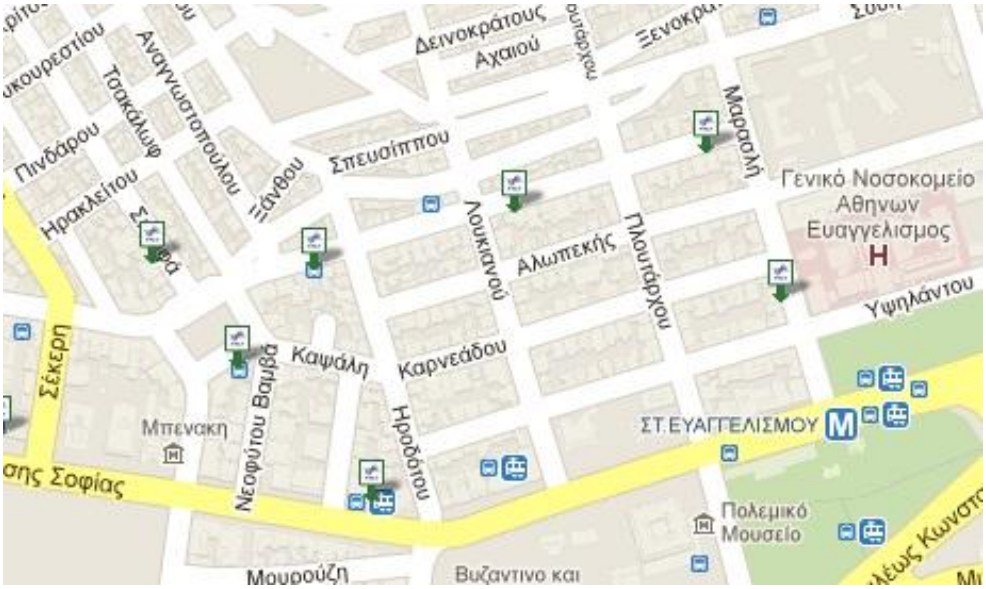
Πηγή: Ο.Α.Σ.Α

Γραμμή 100 (Πλατεία Κουμουνδούρου- Κολωνάκι- Αγορά)

Πρόκειται για μία κυκλική γραμμή η οποία ξεκινά από την οδό Παναγή Τσαλδάρη και μέσω των οδών Δεληγιώργη, Μάρνης και Ακαδημίας φτάνει στην περιοχή του Κολωνακίου, από όπου εξέρχεται μέσω της οδού Βασιλίσης Σοφίας και διασχίζοντας την Πλατεία Συντάγματος και τις οδούς Περικλέους και Ευριπίδου επιστρέφει στο σημείο αφετηρίας. Στην περιοχή μελέτης, καθώς και στο οδικό δίκτυο του TransModeler, εισέρχεται από την οδό Σκουφά και εξέρχεται από την οδό Πατριάρχου Ιωακείμ, κυκλώνοντας την Πλατεία Φιλικής Εταιρίας. Οι στάσεις που πραγματοποιεί είναι οι εξής:

- Ηρακλείτου. Επί της οδό Σκουφά, μεταξύ της οδού Ηρακλείτου και της Πλατείας Φιλικής Εταιρίας.
- Πλατεία Κολωνακίου. Στο νοτιοανατολικό σημείο της πλατείας, μεταξύ των οδών Κουμπράρη και Νεοφύτου Βάμβα.
- Ηροδότου. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ της οδού Ηροδότου και της Πλατείας Φιλικής Εταιρίας.
- Λουκιανού. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ των κάθετων οδών Λουκιανού και Πλουτάρχου.
- Μαράσλειος. Επί της Πατριάρχου Ιωακείμ, μεταξύ των οδών Πλουτάρχου και Μαρασλή.

Η συχνότητα των δρομολογίων αυτής της λεοφορειογραμμής είναι η μικρότερη, καθώς ένα νέο δρομολόγιο ξεκινά κάθε 10 λεπτά κατα την πρωινή αιχμή (08:00 με 09:00) για τις εργάσιμες ημέρες. Έτσι, στο δίκτυο προσομοίωσης, η γραμμή 100 (Πλατεία Κουμουνδούρου- Κολωνάκι- Αγορά) εμφανίζεται σε συχνότητα που προκύπτει από κανονική κατανομή με μέση τιμή ίση με 600 δευτερόλεπτα (10 λεπτά) και τυπική απόκλιση ίση με 60 δευτερόλεπτα (1,0 λεπτό).



ΧΑΡΤΗΣ 3. 6: Οι στάσεις της λεωφορειογραμμής 100 (Πλατεία Κουμουνδούρου-Κολωνάκι- Αγορά)

Πηγή: Ο.Α.Σ.Α

3.2.6. Κυκλοφοριακός φόρτος

Για την τελική προσομοίωση του δικτύου της περιοχής μελέτης απαιτήθηκε ο υπολογισμός των κυκλοφοριακών φόρτων που θα εισάγονταν στο TransModeler με βάση τις μετρήσεις πεδίου, αλλά και μία αρχική φόρτιση στο δίκτυο με υπάρχοντα σταθμευμένα οχήματα.

Η αρχική φόρτιση του δικτύου με σταθμευμένα οχήματα είναι απαραίτητη καθώς, στην περίπτωση ενός αστικού δικτύου, όπως η περιοχή του Κολωνακίου, υπάρχει ένας σημαντικός βαθμός κορεσμού των θέσεων στάθμευσης. Ο κορεσμός των θέσεων στάθμευσης συμβάλλει αρχικά, στη σωστή οπτική αναπαράσταση της αστικής περιοχής, αλλά κυρίως και στην πιθανή παραμονή οχημάτων στο οδικό δίκτυο καθώς αναζητούν μία διαθέσιμη θέση στάθμευσης. Το φαινόμενο αυτό (cruising for parking), φορτίζει συστιματικά ένα οδικό δίκτυο και οδηγεί σε καθυστερήσεις και μείωση της ταχύτητας (King, 2009), και συνεπώς η προσομοίωση του στο βαθμό που επιτρέπεται από το TransModeler κρίθηκε απαραίτητο.

Η υλοποίηση της αρχικής φόρτισης του δικτύου με σταθμευμένα οχήματα προέκυψε μετά από μία επαναληπτική διαδικασία. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε ένας αρχικός Πίνακας Προέλευσης-Προορισμού, ο οποίος αποτελούνταν από διαδρομές οι οποίες παράγονται από τα ακραία κεντροειδή (centroids) και έλκονται από τα κεντρικά κεντροειδή. Μία αρχική κατάσταση που προέκυψε από αυτόν Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού χρησιμοποιήθηκε ώστε να δημιουργηθεί μία δεύτερη, πιο κοντά στην πραγματική κατάσταση,

από ένα δεύτερο Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού με λιγότερες διαδρομές. Η κατάσταση που προέκυψε από το δεύτερο Πίνακα χρησιμοποιήθηκε εκ νέου για την παραγωγή της τελικής κατάστασης που χρησιμοποιήθηκε στο δίκτυο, με χρήση ενός τρίτου Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία κρίθηκε απαραίτητη καθώς, λιγότερες μετακινήσεις θα οδηγούσαν σε μικρό βαθμό κορεσμού του αστικού δικτύου και συνεπώς μηδενική αναζήτηση διαθέσιμης θέσης στάθμευσης, ενώ πολλές μετακινήσεις θα οδηγούσαν σε ένα μεγάλο αριθμό οχημάτων που αναζητούν μία θέση στάθμευσης, και συνεπώς θα συνέβαλαν αρνητικά στα τελικά αποτελέσματα.

Με βάση την αρχική κατάσταση, τους κυκλοφοριακούς φόρτους που παράγονται και έλκονται από και προς τα κεντρικά κεντροειδή, τη συμβολή των Μέζων Μαζικής Μεταφοράς στο δίκτυο και τις μετρήσεις πεδίου δημιουργήθηκε ο τελικός Πίνακας Προέλευσης-Προορισμού για το Κολωνάκι. Συγκεκριμένα, στις 7 διασταυρώσεις που μετρήθηκαν τοποθετήθηκαν στο δίκτυο προσομοίωσης 30 αισθητήρες, με σκοπό να ελεγχθεί η διαφορά μετρημένων κυκλοφοριακών φόρτων, και αυτών που προέκυψαν από την προσομοίωση. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι επαναληπτική της μορφής δοκιμής-λάθους (trial and error). Σε κάθε επανάληψη, γίνονταν μία εκτίμηση της απόκλισης των τιμών των φόρτων της προσομοίωσης και του πεδίου, και διορθώνονταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι που επηρέαζαν τους αισθητήρες που εμφάνιζαν τη μεγαλύτερη διαφορά. Το στατιστικό μέγεθος που χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογηθεί η διαφορά μεταξύ των τιμών της προσομοίωσης και του πεδίου ήταν ο στατιστικός δείκτης RMSN (Antoniou et al., 2011), που εκφράζεται σε ποσοστό επί τις εκατό.

$$\mathrm{RMSN} = \frac{\sqrt{\mathrm{n}\sum_{i=0}^{n}(\mathrm{Y}-\overline{\mathrm{Y}})^2}}{\sum_{i=0}^{n}\mathrm{Y}}$$

Όπου: *n* το πλήθος των παρατηρήσεων
Y ο κυκλοφοριακός φόρτος του πεδίου
$\overline{Y}$ ο κυκλοφοριακός φόρτος της προσομοίωσης

Για την πρώτη επανάληψη ο Πίνακας Προέλευσης-Προορισμού εκτιμήθηκε με τον ακόλουθο τρόπο:

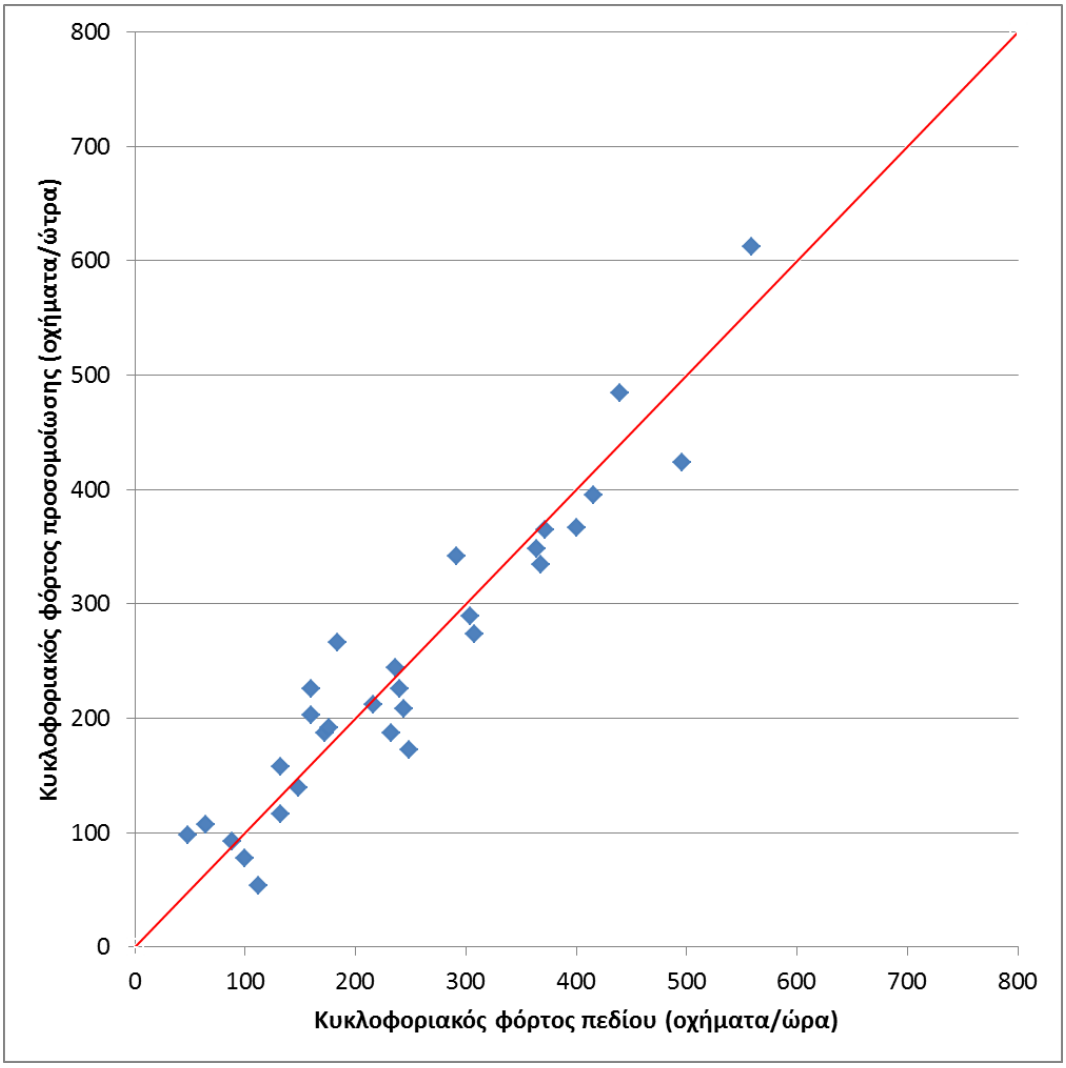
- Κάθε εξωτερικό κεντροειδές παραγωγής μετακινήσεων παράγει τόσες μετακινήσεις όσες το πλησιέστερο σημείο μέτρησης
- Με βάση το ποσοστό των οχημάτων που πραγματοποιούν τις στρέφουσες στο πλησιέστερο σημείο μετρήσεων τα οχήματα

πραγματοποιούν ένα πρώτο καταμερισμό στο δίκτυο στην πρώτη διασταύρωση

- Τα οχήματα που κινούνται στο δίκτυο μετά την πρώτη διασταύρωση πραγματοποιούν εκ νέου καταμερισμό στις επιμέρους στρέφουσες για δεύτερη διασταύρωση, με βάση το ποσοστό των στρεφουσών στο πλησιέστερο σημείο μέτρησης
- Τα οχήματα που προκύπτουν και μετά το δεύτερο καταμερισμό σε στρέφουσες, συνεχίζουν μέχρι να φτάσουν στο πλησιέστερο εξωτερικό κεντροειδές χωρίς να καταμοιράζονται πλέον σε επιμέρους διασταυρώσεις
- Κάθε εσωτερικό κεντροειδές έλκει και παράγει τις μετακινήσεις που προκύπτουν από το είδος των θέσεων στάθμευσης (όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 5.1.3.) προς εξωτερικά κεντροειδή και στις τέσσερις διευθύνσεις (βόρεια-νότια-ανατολικά-δυτικα).

Εφόσον ένα όχημα μπορεί να διαπερνά από μία σειρά αισθητήρων, καθώς πραγματοποιεί μία διαδρομή, το σύστημα χαρακτηρίζεται ως ευαίσθητο, και για το λόγο αυτό ένας αριθμός 25 επαναλήψεων επιβλήθηκε έως ότου επιτευχθεί η απαιτούμενη ακρίβεια. Για την $25^{η}$ επανάληψη ο δείκτης RMSN προσδιορίστηκε στο 15%, που θεωρήθηκε ικανοποιητικό.

Επίσης, αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε και γραφικά, μέσω του διαγράμματος διασποράς. Συγκεκριμένα, το διάγραμμα αυτό προκύπτει δημιουργώντας τα σημεία των οποίων η τετμημένη είναι η πραγματική (καταγραμμένη στο πεδίο) ποσότητα, ενώ στην τεταγμένη η τιμή που προέκυψε από την προσομοίωση. Τα σημεία αυτά θα πρέπει να βρίσκονται ομαλά διασπαρμένα, και χωρίς μεγάλες αποκλίσεις, γύρω από την ευθεία που διχοτομεί το τεταρτημόριο που ορίζεται από τους θετικούς ημιάξονες x και y.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. 14: Διασπορά μεταξύ των κυκλοφοριακών φόρτων του πεδίου και της προσομοίωσης (25η επανάληψη)

3.2.7. Στάση ή στάθμευση παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος

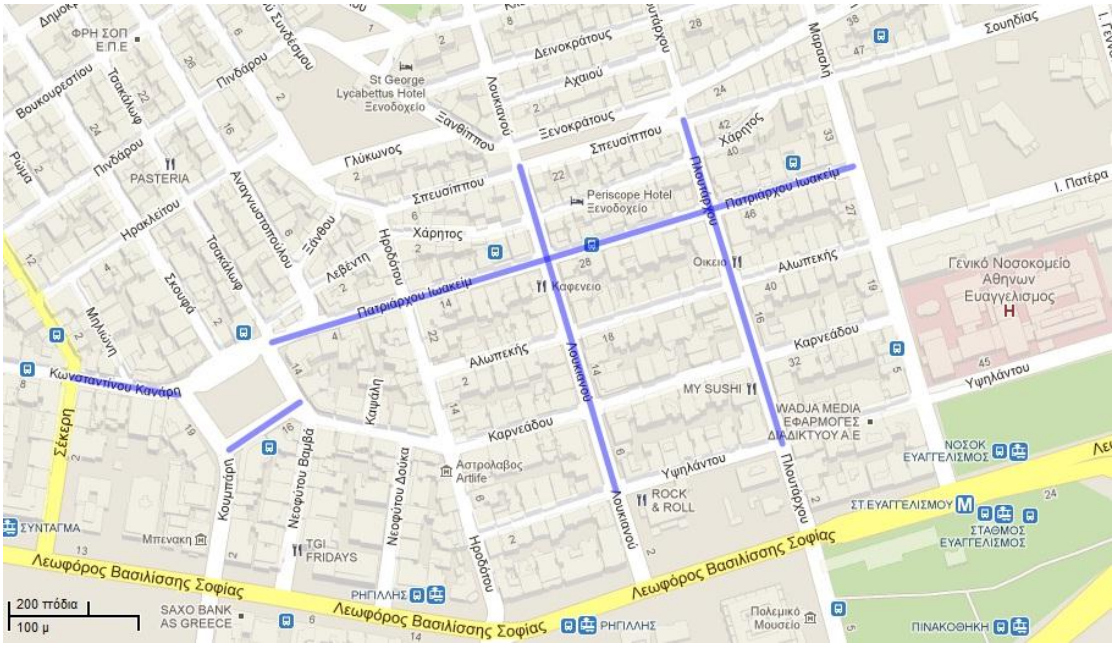
Ο εντοπισμός της παρουσίας του φαινομένου, αλλά και της συχνότητας εμφάνισης του, στην περιοχή μελέτης αποτέλεσε ένα επιπλέον στοιχείο κατά την εποπτεία στο πεδίο. Σημειώθηκαν τα οδικά τμήματα εντός της περιοχής του Κολωνακίου στα οποία παρουσιάζεται το φαινόμενο, και εκτιμήθηκε ο αριθμός των οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος στη διάρκεια μίας ώρας. Υπογραμμίζεται πως η παρατηρούμενη ποσότητα είναι ο αριθμός των οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος, και όχι το σύνολο των οχημάτων που επιθυμούν να το πράξουν.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μία καταγραφή των οδικών τμημάτων στα οποία παρατηρείται το υπό μελέτη φαινόμενο. Αυτά είναι τα εξής:

- Λουκιανού, από Υψηλάντου έως Σπευσίππου και στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα, παρατηρείται συχνά το φαινόμενο, το οποίο υποχρεώνει τα οχήματα που διαπερνούν να μειώνουν σημαντικά την ταχύτητα ή να περνούν στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας (όταν αυτό είναι εφικτό). Στην περίπτωση αυτή στο δίκτυο προσομοίωσης τοποθετήθηκε και στα δύο ρεύματα μία επιπλέον λωρίδα τύπου Auxiliary, μικρότερου πλάτους σε σχέση με την αρχική, έτσι ώστε όταν εμφανίζεται όχημα το οποίο πραγματοποιεί στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος μερίδα των οχημάτων ελίσσονται κάνοντας χρήση αυτής.
- Πλουτάρχου, από Υψηλάντου έως Σπευσίππου. Παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο όπως στην οδό Λουκιάνου, ωστόσο εδώ πρόκειται για οδό μονής κατεύθυνσης και συνεπώς τα οχήματα μειώνουν σημαντικά ταχύτητα ώστε, να χρησιμοποιήσουν το μέρος της οδού το οποίο δεν καταλαμβάνεται από το παράνομα σταθμευμένο όχημα. Στο δίκτυο του TransModeler τοποθετήθηκε μία επιπλέον λωρίδα τύπου Auxiliary, μικρότερου πλάτους από την αρχική, ώστε τα οχήματα να χρησιμοποιούν αυτή όταν ένα όχημα πραγματοποιεί στάση ή στάθμευση παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος.
- Πατριάρχου Ιωακείμ, από Μαρασλή έως Πλατεία Φιλικής Εταιρίας, και στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας. Σε αυτή την περίπτωση πρόκειται για φαινόμενο παράνομης στάσης και στάθμευσης, η οποία όμως φέρει τα χαρακτηριστικά της παράνομης στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Καθώς στην Πατριάρχουν Ιωακείμ δεν επιτρέπεται η στάση και η στάθμευση (παρουσιάζεται σχετική κάθετη σήμανση), οχήματα σταθμεύουν στα δεξιά της οδού και στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας, μειώνοντας το πλάτος της σημαντικά. Για την αποφυγή του παράνομα σταθμευμένου οχήματος γίνεται χρήση της μειωμένης σε πλάτος, εναπωμείνουσας οδού. Ωστόσο, απαιτείται συχνά μείωση της ταχύτητας ή χρήση του αντίθετου ρεύματος κυκλοφορίας (όταν αυτό επιτρέπεται). Το πρόβλημα γίνεται εντονότερο στην περίπτωση που λεωφορεία εμφανίζονται πραγματοποιώντας το δρομολόγιο τους. Αν και δεν ικανοποιείται ο ορισμός της παράνομης στάσης και στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος (καθώς προϋποθέτει την ύπαρξη μία λωρίδας σταθμευμένων οχημάτων), ωστόσο το φαινόμενο φέρει ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά και μπορεί να προσομοιωθεί ικανοποιητικά από τη μεθοθολογία που ακολουθείται σε αυτή τη μελέτη. Συνεπώς, και εδώ έγινε χρήση λωρίδας τύπου Auxiliary, μικρότερου πλάτους από την αρχική, και στα δύο ρεύματα. Η λωρίδα αυτή χρησιμοποιείται από τα οχήματα όταν ένα όχημα σταθμεύει παράνομα σύμφωνα με το μοτίβο που μελετάται.
- Πλατεία Φιλικής Εταιρίας, μεταξύ των οδών Κουμπάρη και Νεοφύτου Βάμβα. Πρόκειται για τη νότια πλευρά της πλατείας, στην οποία

παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο με την οδό Πατριάρχου Ιωακείμ. Παράνομα σταθμευμένα οχήματα εμποδίζουν την ελεύθερη διέλευση των οχημάτων και οδηγούν στη σημαντική μείωση της ταχύτητας αυτών. Μία επιπλέον λωρίδα τύπου Auxiliary τοποθετήθηκε και εδώ για την περίπτωση του δικτύου προσομοίωσης, έτσι ώστε τα οχήματα που κινούνται να κάνουν χρήση αυτής, στην περίπτωση που κάποιο όχημα σταθμεύση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος.

- Κωνσταντίνου Κανάρη. Πρόκειται για οδικό τμήμα με δύο μικρού πλάτους λωρίδες κυκλοφορίας, στις οποίες παρατηρείται πως κατά περιόδους ένα όχημα πραγματοποιεί στάση ή στάθμευση παράλληλα σταθμευμένου οχήματος σε κάποια λωρίδα (συνήθως την αριστερή) εμποδίζοντας πλήρως την κίνηση σε αυτή. Συνεπώς εδώ δεν τοποθετήθηκε επιπλέον λωρίδα, και τα οχήματα που σταθμεύουν παράνομα στο δίκτυο προσομοίωσης εμποδίζουν πλήρως την κίνηση στην αριστερή λωρίδα, όπως συμβαίνει και στην πραγματικότητα.



ΧΑΡΤΗΣ 3. 7: Σημεία στο οδικό δίκτυο όπου εμφανίζονται οχήματα τα οποία πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος

Πηγή: Google maps

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε μία καταγραφή της συχνότητας του φαινομένου στα παραπάνω τμήματα. Γενικά, παρατηρήθηκε ένα μοτίβο για τις οδούς Λουκιανιού και Πλουτάρχου, στο οποίο η συχνότητα του φαινομένου σχετίζεται με την απόσταση από την οδό Πατριάρχου Ιωακείμ. Συγκεκριμένα, κοντά στη διασταύρωση της Πατριάρχου Ιωακείμ με τις δύο αυτές οδούς το πρόβλημα εμφανίζεται συχνότερα. Για την περίπτωση της Πατριάρχου Ιωακείμ το πρόβλημα είναι έντονο. Παράνομα σταθμευμένα οχήματα κάνουν

συχνά την εμφάνιση τους, σχεδόν σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο. Συχνή είναι και η παράνομη στάθμευση στο νότιο τμήμα της Πλατείας Φιλικής Εταιρίας. Το φαινόμενο δεν παρουσιάζει τόση ένταση στην περίπτωση της οδού Κωνσταντίνου Κανάρη. Για τον ορισμό της πρόθεσης στο πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από την επί τόπου επίβλεψη στο πεδίο (κατά την οποία καταγράφησαν πόσα οχήματα στάθμευσαν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος), τους κυκλοφοριακούς φόρτους στην προσομοίωση (οι οποίοι προκύπτουν στα σημεία ελέγχου) και τη σχέση μεταξύ πρόθεσης και πιθανότητας. Έτσι προέκυψαν τα ακόλουθα δεδομένα:

- Στις οδούς Λουκιανού και Πλουτάρχου, από το ύψος της οδού Υψηλάντου έως και την οδό Καρνεάδου (ένα οικοδομικό τετράγωνο) παρατηρήθηκε πως στάθμευσαν παράνομα δύο με τρία οχήματα στο διάστημα μίας ώρας. Με βάση το κυκλοφοριακό φόρτο της οδού (περίπου 200 οχήματα την ώρα) θεωρήθηκε μία πρόθεση 1%.
- Στις οδούς Λουκιανού και Πλουτάρχου, από το ύψος της Καρνεάδου έως και την οδό Σπευσίππου το φαινόμενο είναι περισσότερο έντονο. Παρατηρήθηκαν τέσσερα οχήματα να πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος ανά οικοδομικό τετράγωνο σε διάστημα μίας ώρας και με βάση το κυκλοφοριακό φόρτο από τον πλησιέστερο αισθητήρα (περίπου 200 οχήματα ανά ώρα) θεωρήθηκε μία πρόθεση 2%.
- Στην οδό Πατριάρχου Ιωακείμ, όπου το πρόβλημα εμφανίζεται στη μορφή της παράνομης στάθμευσης, παρατηρήθηκε από το πεδίο παρουσία τουλάχιστον οκτώ οχημάτων που σταθμεύουν παράνομα σε κάθε οικοδομικό τετράγωνο. Με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο που μετρήθηκε στον αισθητήρα επί της Πατριάρχου Ιωακείμ (περίπου 400 οχήματα ανά ώρα) θεωρήθηκε πρόθεση 5%, από την οδό Μαρασλή έως και την Πλατεία Φιλικής Εταιρίας.
- Στο νότιο τμήμα της Πλατείας Φιλικής εταιρίας παρατηρήθηκαν τέσσερα οχήματα να σταθμεύουν παράνομα. Με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο που προέκυψε από την προσομοίωση και καταγράφθηκε στον πλησιέστερο αισθητήρα (περίπου 200 οχήματα ανά ώρα), θεωρήθηκε πρόθεση 2%.
- Στην οδό Κωνσταντίνου Κανάρη παρατηρήθηκαν τέσσερα οχήματα στην ώρα που σταθμεύουν με τέτοιο τρόπο, ώστε να εμποδίζουν πλήρως την κίνηση στην αριστερή λωρίδα. Με βάση το φόρτο από τον αισθητήρα της αριστερής λωρίδας (περίπου 300 οχήματα ανά ώρα), θεωρήθηκε μία πρόθεση 2%.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιούνται δύο σειρές δοκιμών που σκοπό έχουν να ποσοτικοποιηθεί η επίπτωση που έχει η στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος σε βασικά κυκλοφοριακά μεγέθη σε μία σειρά σεναρίων. Κατά την πρώτη σειρά δοκιμών, υπολογίζονται οι επιπτώσεις που έχει το φαινόμενο σε έναν οδικό άξονα μίας λωρίδας ανά κατεύθυνση, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, σε έναν οδικό άξονα δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.

4.1. ΜΙΑ ΛΩΡΙΔΑ ΑΝΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

Στην περίπτωση αυτή, μελετάται η επίπτωση που έχει η στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος στη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων, την καθυστέρηση αλλά και το χρόνο σε στάση σε ένα οδικό τμήμα μία λωρίδας ανά κατεύθυνση. Η μελέτη αφορά οδικά τμήματα που, αν και αποτελούνται από μία λωρίδα ανά κατεύθυνση διαθέσιμη για την κίνηση των οχημάτων, το πλάτος της οδού επιτρέπει τη στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος ενός οχήματος και τη ταυτόχρονη διέλευση κάποιων οχημάτων με σημαντική ωστόσο, μείωση της ταχύτητας κίνησής τους.

4.1.1. Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο που επιλέχθηκε στη συγκεκριμένη ανάλυση ευαισθησίας αποτελείτο από τρεις συνδέσμους (links), οι οποίοι ήταν στοιχισμένοι σε ευθεία διάταξη. Ο κεντρικός σύνδεσμος είχε μήκος 100 μέτρα και σε αυτόν πραγματοποιείτο το φαινόμενο. Το μήκος των 100 μέτρων επιλέχθηκε ώστε να αντιστοιχεί σε ένα αντιπροσωπευτικό μήκος μίας πλευράς ενός οικοδομικού τετραγώνου σε μία κεντρική γειτονιά της Αθήνας, αλλά και γιατί αποτελεί ένα βήμα αναφοράς. Οι άλλοι δύο συνδέσμοι (αρχικός και τελικός), είχαν πολύ μικρό μήκος και σκοπός τους ήταν να ικανοποιούν τη συνθήκη που απαιτείται από το TransModeler, για την ύπαρξη τέτοιων συνδέσμων ώστε να πραγματοποιηθεί η στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Τα οχήματα κινούνται προς τη μία κατεύθυνση (από τα αριστερά προς τα δεξιά). Οι τρεις σύνδεσμοι αποτελούνται από μία λωρίδα στην οποία τα οχήματα μπορούν και κινούνται ελεύθερα όταν κανένα όχημα δε σταθμεύει παράνομα, και έχει πλάτος 3,2 μέτρα. Στα αριστερά αυτής της λωρίδας τοποθετήθηκε μία δεύτερη λωρίδα, τύπου Auxiliary, πλάτους 2,5 μέτρων. Αναλυτικά η προτυποποίηση του προβλήματος παρουσιάζεται στο 3^{ο} κεφάλαιο.

Η κατηγορία της οδού επιλέχθηκε να είναι τοπική οδός, καθώς η μελέτη αφορά δίκτυο με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση και εστιάζεται σε κυκλοφοριακούς φόρτους που συναντάμε σε αντίστοιχες οδούς στο αστικό οδικό δίκτυο. Οι τοπικές οδοί (local roads) χρησιμοποιούνται κυρίως για την άμεση πρόσβαση σε διάφορες χρήσεις γης. Σε αυτές, ο πεζός έχει προτεραιότητα και γενικά επιδιώκεται η αποθάρρυνση της χρησιμοποίησής τους από διαμπερείς κινήσεις (Φραντζεσκάκης κ.ά., 2009).

4.1.2. Σύσταση κυκλοφορίας

Απαραίτητο δεδομένου εισόδου στο λογισμικό αποτελεί το ποσοστό κάθε κατηγορίας οχήματος σε σχέση με το σύνολο της κυκλοφορίας. Σε αυτή την ανάλυση ευαισθησίας χρησιμοποιήθηκε η σύσταση κυκλοφορίας που υπολογίστηκε με βάση τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα στο διαδικτυακό τόπο της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.) για το έτος 2010. Τα δεδομένα της ΕΛ.ΣΤΑΤ. παρουσιάζουν στοιχεία σχετικά με τις άδειες κυκλοφορίες που υπάρχουν, και είναι σε ισχύ, στην ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου της Αττικής. Οι βασικές κατηγορίες που παρουσιάζονται είναι επιβατικά οχήματα, μοτοσυσκλέτες, λεωφορεία και φορτηγά. Στα δεδομένα καταγράφονταν το σύνολο των αδειών που είναι διαθέσιμες για κάθε κατηγορία, και αυτές ανήχθησαν σε ποσοστό επί του συνόλου. Ωστόσο, επειδή το TransModeler απαιτεί την επιμέρους κατηγοροποίηση των επιβατικών αυτοκινήτων σε υψηλών, μεσαίων και χαμηλών επιδόσεων για την κατηγοροποίηση αυτή έγινε η εξής παραδοχή:

- 50% των επιβατικών αυτοκινήτων είναι χαμηλών επιδόσεων
- 35% των επιβατικών αυτοκινήτων μεσαίων επιδόσεων και
- 15% των επιβατικών αυτοκινήτων υψηλών επιδόσεων.

Η παραπάνω παραδοχή οφείλεται τόσο στο αστικό περιβάλλον της Αθήνας, που οδηγεί σε ευρεία χρήση οχημάτων μικρών διαστάσεων, όσο και στην οικονομική συγκυρία, η οποία οδηγεί τους οδηγούς σε επιλογή χρήσης οχημάτων μικρού κυβισμού και συνεπώς, χαμηλών επιδόσεων. Αναλυτικά τα ποσοστά παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Είδος οχήματος	Καταγραφές	Ποσοστό (%)		Ποσοστό επί των επιβατικών (%)	Ποσοστό επί του συνόλου (%)
Επιβατικά	2.756.052	74,0%	Χαμηλών επιδόσεων	50%	37,0%
			Μεσαίων επιδόσεων	35%	25,9%
			Υψηλών επιδόσεων	15%	11,1%
Φορτηγά	285.817	7,7%			
Μοτοσυκλέτες	669.614	18,0%			
Λεωφορεία	12.733	0,3%			
Σύνολο	3.724.216	100,0%			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 1: Σύσταση κυκλοφορίας κατά το στάδιο της ανάλυσης ευαισθησίας (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.

4.1.3. Παράμετροι στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος

Σχετικά με τη στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος εισάγονται δεδομένα που σχετίζονται με την πρόθεση, το μέσο χρόνο, την τυπική απόκλιση του χρόνου και τη θέση του οχήματος. Για τον υπολογισμό της χρονικής διάρκειας του φαινομένου το TransModeler ακολουθεί την κανονική κατανομή. Μέση τιμή για την κατανομή θεωρήθηκε ένας χρόνος 300 δευτερολέπτων (5 λεπτά της ώρας), με τυπική απόκλιση ίση με 100 δευτερόλεπτα (1 λεπτό και 40 δευτερόλεπτα). Η θέση σχετίζεται με το βήμα που ακολουθεί ο προσομοιωτής και τοποθετέι κάθε όχημα, με αφετηρία το τέλος του συνδέσμου (link). Στην συγκεκριμένη περίπτωση θεωρήθηκε πως τα οχήματα θα σταθμεύουν με βήμα 10 μέτρα. Η πρόθεση στάσης ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος στη συγκεκριμένη ανάλυση πήρε διάφορες τιμές, με σκοπό να εξακριβωθεί η επίπτωση του φαινομένου στην κυκλοφορία. Αναλυτικά η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται από το λογισμικό για την πραγματοποίηση του φαινομένου και τη σχέση πρόθεσης-πιθανότητας παρουσιάζεται στο 3^{ο} κεφάλαιο.

4.1.4. Μελέτη

Σκοπός της ανάλυσης ευαισθησίας για την περίπτωση της μία λωρίδας ανά κατεύθυνση ήταν να υπολογιστεί η επίπτωση του φαινομένου σε ένα απλό οδικό δίκτυο. Πραγματοποιήθηκε μία σειρά δοκιμών για ένα μεγάλο εύρος κυκλοφοριακών φόρτων και προθέσεων. Συγκεκριμένα, σειρές επαναλήψεων πραγματοποιήθηκαν για κυκλοφοριακούς φόρτους 100, 200, 300, 400, 500, 600 και 700 οχήματα ανά ώρα. Οι τιμές του κυκλοφοριακού φόρτου θεωρήθηκαν τέτοιες ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες ενός αστικού δικτύου, και συγκεκριμένα αυτού της μελέτης περίπτωσης. Όπως εξακριβώθηκε και από τις μετρήσεις πεδίου, στην περιοχή του Κολωνακίου κατά την πρωινή αιχμή

κανένα οδικό τμήμα δεν παρουσιάζει φόρτο που ξεπερνά τα 700 οχήματα ανά ώρα.

Για κάθε κυκλοφοριακό φόρτο δοκιμάστηκαν προθέσεις ίσες με 0% (απουσία οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος), 1%, 2%, 5% και 10%. Το άνω όριο στην πρόθεση θεωρήθηκε και με βάση τις παρατηρήσεις που έγιναν στην περιοχή του Κολωνακίου και σχετίζονται με τον αριθμό των οχημάτων που πραγματοποιούν το συγκεκριμένο μοτίβο παράνομης στάθμευσης.

Τα μεγέθη που επιλέχθησαν, ώστε να αξιολογήσουν τις επιπτώσεις του φαινομένου στο δίκτυο, είναι η μέση ταχύτητα (σε χαώ), η καθυστέρηση (σε ώρες) και ο χρόνος σε στάση (σε ώρες). Τα δύο τελευταία μεγέθη σχετίζονται μεταξύ τους καθώς, ο χρόνος σε στάση αποτελεί μέρος της συνολικής καθυστέρησης που καταγράφεται στο δίκτυο. Ωστόσο, ο χρόνος σε στάση συμβάλει στον υπολογισμό της καθυστέρησης που οφείλεται στη στάση των οχημάτων που έχουν πραγματοποιήση στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλων σταθμευμένων οχημάτων.

Για κάθε ζευγάρι κυκλοφοριακού φόρτου-πρόθεσης απαιτείται μία σειρά επαναλήψεων ώστε, να υπολογιστεί μία μέση τιμή που αντιπροσωπεύει τη συγκεκριμένη δοκιμή. Οι επαναλήψεις σταματούν όταν μεταξύ διαδοχικών επαναλήψεων υπάρχει σταθεροποίηση για τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση για όλα τα παρατηρούμενα μεγέθη. Παρατηρήθηκε ότι σε κάθε περίπτωση μία σειρά 15 επαναλήψεων ικανοποιεί την παραπάνω συνθήκη, ενώ κατά περίπτωση η συνθήκη ικανοποιείται και με λιγότερες επαναλήψεις που ωστόσο, πρέπει σε κάθε περίπτωση να ξεπερνούν τις 10. Συνεπώς, για τις ανάγκες αυτής της ανάλυσης ευαισθησίας πραγματοποιείθηκαν 525 επαναλήψεις (15 επαναλήψεις επί 7 κυκλοφοριακούς φόρτους επί 5 προθέσεις).

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 0%

Σε αυτή τη σειρά δοκιμών εκτιμάται ο προσδιορισμός της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων, της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση όταν κανένα όχημα δε σταθμεύει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Η περίπτωση αυτή αποτελεί και σημείο αναφοράς για τις άλλες προθέσεις, οι οποίες συνεπάγονται την ύπαρξη του φαινομένου, σε ήπιο ή έντονο βαθμό.

Στην περίπτωση των χαμηλών κυκλοφοριακών φόρτων, χαρακτηριστικό είναι πως η μέση ταχύτητα παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές, ενώ η καθυστέρηση τις χαμηλότερες. Για την περίπτωση των 100 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή για τη μέση ταχύτητα διαμορφώνεται στα 45,7 χαώ,

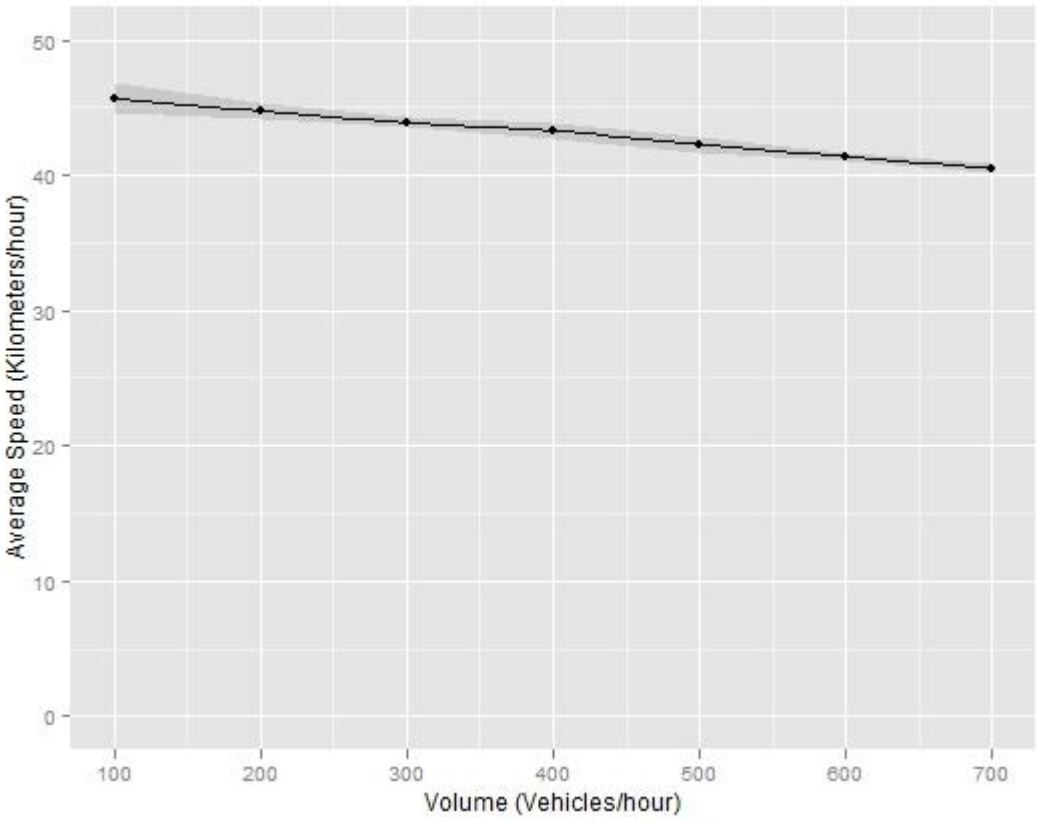
παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση 1,1 χαώ. Μόλις στο 0,1 της ώρα καταγράφεται η καθυστέρηση στο δίκτυο, σημειώνοντας ασήμαντη τυπική απόκλιση (μικρότερη του 0,1 της ώρας). Στο δίκτυο δεν παρουσιάζεται χρόνος σε στάση. Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 200 οχήματα νά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα μειώνονται στα 44,8 και 0,6 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση διπλασιάζεται, φτάνοντας στο 0,2 της ώρας, παραμένοντας ωστόσο σε χαμηλά επίπεδα. Η διασπορά των παρατηρήσεων για την περίπτωση της καθυστέρησης είναι πολύ μικρή (τυπική απόκλιση μικρότερη του 0,1 της ώρας). Ενώ, και σε αυτή την περίπτωση δεν καταγράφεται χρόνος σε στάση.

Η φόρτιση του δικτύου με τις μεσαίες τιμές του κυκλοφοριακού φόρτου συνοδεύεται από μικρή αλλά σταθερή μείωση της ταχύτητας και αύξηση της καθυστέρησης. Φτάνοντας ο φόρτος μελέτης τα 300 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας καταγράφεται στα 43,9 χαώ, με τυπική απόκλιση ίση με 0,4 χαώ. Χρόνος σε στάση δεν καταγράφεται, ενώ η καθυστέρηση παρουσιάζει μέση τιμή 0,4 της ώρας. Στην περίπτωση των 400 οχημάτων ανά ώρα, η μέση ταχύτητα μειώνεται στα 43,3 χαώ, με τυπική απόκλιση 0,6 χαώ. Η καθυστέρηση που παρουσιάζεται στο δίκτυο φτάνει τη μισή ώρα, όμως και σε αυτή την περίπτωση οι παρατηρήσεις παρουσιάζουν πολύ μικρή διασπορά. Σταθερά μηδενικός παραμένει ο χρόνος σε στάση. Αυξάνοντας περαιτέρω τον κυκλοφοριακό φόρτο στα 500 οχήματα ανά ώρα, παρατηρείται εκ νέου μείωση της ταχύτητας στα 42,3 χαώ, παρουσιάζοντας την ίδια τυπική απόκλιση με την προηγούμενη περίπτωση (0,6 χαώ). Οι παρατηρήσεις της καθυστέρησης συνεχίζουν να παρουσιάζουν εξαιρετικά χαμηλές τιμές τυπικής απόκλισης (λιγότερο από 0,1 της ώρας), διαμορφώνοντας μέση τιμή ίση με 0,7 της ώρας. Χρόνος σε στάση και σε αυτή την περίπτωση δεν καταγράφεται.

Για τους υψηλότερους κυκλοφοριακούς φόρτους μελέτης παρατηρείται η ίδια εικόνα με τις προηγούμενες περιπτώσεις. Η μέση ταχύτητα του δικτύου μειώνεται σταθερά, η καθυστέρηση αυξάνεται, ενώ δεν παρουσιάζεται χρόνος σε στάση. Συγκεκριμένα, μετά το πέρας των 15 επαναλήψεων για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 600 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα υπολογίστηκαν στα 41,4 και 0,3 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση οριακά δε ξεπερνά τη μία ώρα (μέση τιμή ίση με 0,9 της ώρας), ενώ η τυπική απόκλιση κειμένεται σταθερά σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Ο χρόνος σε στάση παρουσιάζει μηδενικές τιμές. Τέλος, για τον υψηλότερο φόρτο μελέτης (700 οχήματα ανά ώρα), η μέση ταχύτητα μειώνεται στα 40,5 χαώ, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,4 χαώ. Η καθυστέρηση ξεπερνά τη μία ώρα, και διαμορφώνει μέση τιμή ίση με 1,2 ώρες. Ενώ, και σε αυτή την περίπτωση ο χρόνος σε στάση δεν παρουσιάζει καταγραφόμενη τιμή.

Με βάση τα παραπάνω, η απουσία παράνομα σταθμευμένου οχήματος συνεπάγεται τα ακόλουθα σχετικά με τη μέση ταχύτητα:

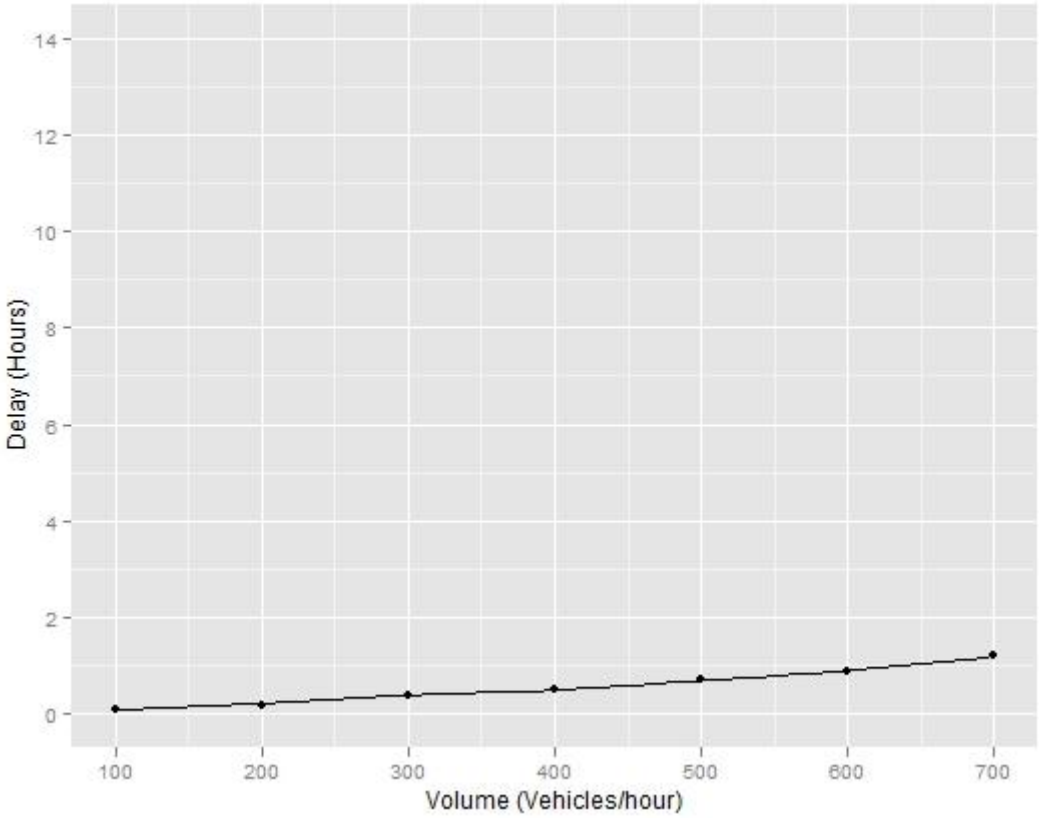
- Η μέση τιμή μειώνεται καθώς ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται
- Η τυπική απόκλιση, που προκύπτει από τη σειρά των 15 επαναλήψεων για κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου μελέτης, παρουσιάζει χαμηλές τιμές.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 1: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

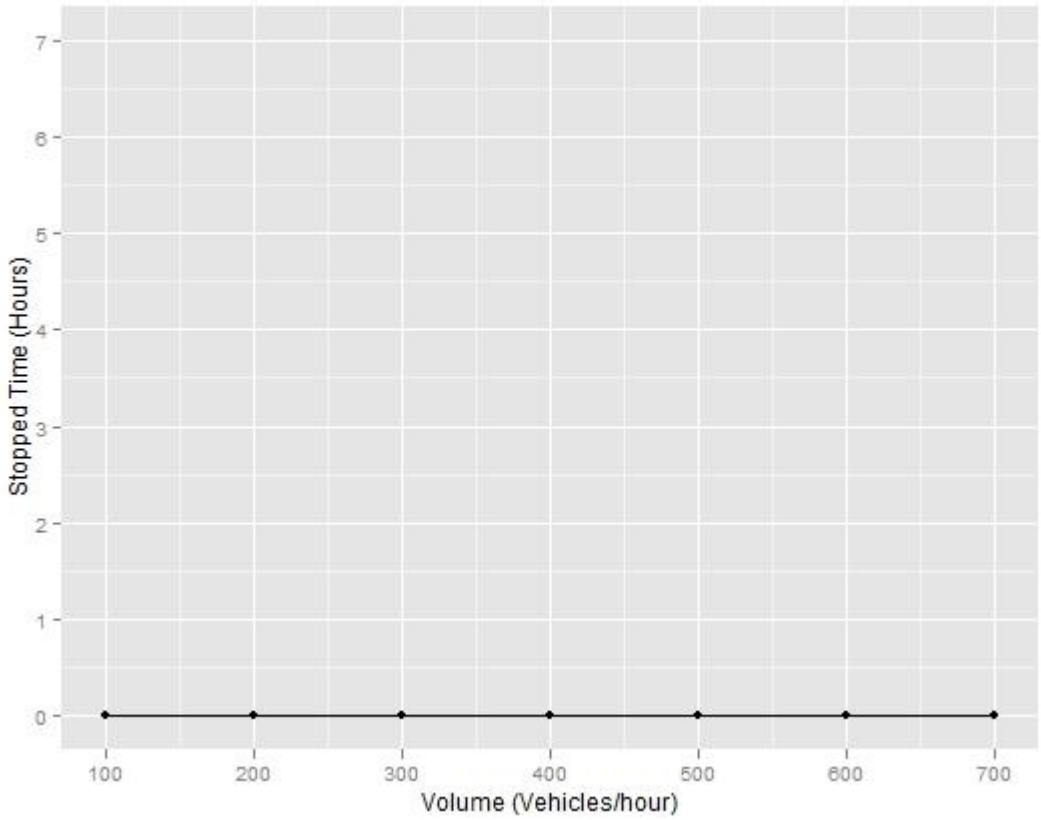
Για την καθυστέρηση γίνονται οι εξής επισημάνσεις:

- Η μέση τιμή αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Η τυπική απόκλιση σε κάθε περίπτωση παρουσιάζει εξαιρετικά χαμηλές τιμές.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 2: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Η απουσία του φαινομένου συνεπάγεται και απουσία καταγραφόμενου χρόνου σε στάση καθώς, σε κάθε περίπτωση αυτό το παρατηρούμενο μέγεθος παρουσιάζει μηδενικές τιμές.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 3: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 1%

Πρόθεση 1% συνεπάγεται πως αυτό το ποσοστό των οχημάτων έχει πρόθεση να σταθμεύσει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Στην περίπτωση όμως, των χαμηλών κυκλοφοριακών φόρτων παρατηρήθηκε πως σε κάποιες επαναλήψεις κανένα όχημα δεν το έπραξε. Η διαπίστωση αυτή έγινε συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των επαναλήψεων αυτών με τα αποτελέσματα των επαναλήψεων όταν δεν εμφανίζεται το φαινόμενο (πρόθεση 0%). Συγκεκριμένα, όταν η μέση ταχύτητα ξεπερνά τα 40,0 χαώ, η καθυστέρηση σημειώνει χαμηλες τιμές που δεν ξεπερνούν τη μισή ώρα και ο χρόνος σε στάση παρουσιάζει μηδενικές τιμές, τότε η επανάληψη αυτή δε συμμετέχει στον προσδιορισμό των αποτελεσμάτων. Σε κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου ωστόσο, οι επαναλήψεις δεν ήταν λιγότερες από 10, και εφόσον υπήρχε σταθεροποίηση των αποτελεσμάτων για αυτό των αριθμό επαναλήψεων δεν πραγματοποιήθηκαν εκ νέου καινούργιες.

Για την περίπτωση των χαμηλών κυκλοφοριακών φόρτων, η μέση τιμή της ταχύτητας σημειώνει τις μεγαλύτερες τιμές, ενώ ο χρόνος σε στάση και η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο τις μικρότερες. Για την περίπτωση του

χαμηλότερου κυκλοφοριακού φόρτου μελέτης (100 οχήματα ανά ώρα), εξαιρέθηκαν τρεις επαναλήψεις. Ωστόσο, τα αποτελέσματα για τις παρατηρούμενες ποσόστητες αντλήθηκαν από τις 12 εναπομείνουσες επαναλήψεις καθώς, παρουσιάστηκε σταθεροποίηση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης. Οι επαναλήψεις που εξαιρέθηκαν παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
7	47.9	0.0	0.0
11	46.2	0.0	0.0
15	46.1	0.0	0.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 2: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 100 οχήματα ανά ώρα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα διαμορφώθηκαν στα 29,7 και 4,6 χαώ αντίστοιχα. Στο 0,2 της ώρα υπολογίστηκε η μέση τιμή του χρόνου σε στάση, ο οποίος αποτελεί σχεδόν το σύνολο της καθυστέρησης που παρατηρείται στο δίκτυο (μέση τιμή 0,2 της ώρας). Επίσης, τα δύο αυτά μεγέθη παρουσιάζουν και ίδια τυπική απόκλιση (0,1 της ώρας). Με την αύξηση ωστόσο, του κυκλοφοριακού φόρτου στα 200 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας μειώνεται στα 28,4 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση αυξάνεται στα 7,8 χαώ. Τη μισή ώρα φτάνει η συνολική καθυστέρηση που παρατηρείται στο δίκτυο, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Στο 0,4 της ώρας διαμορφώνεται η μέση τιμή του χρόνου σε στάση, με τυπική απόκλιση περίπου το 50% της μέσης τιμής (0,2 της ώρας). Σημειώνεται πως και σε αυτή την περίπτωση εξαιρέθηκαν δύο επαναλήψεις, ωστόσο τα αποτελέσματα εξήχθησαν από τις εναπομείνουσες χωρίς την πραγματοποίηση νέων. Τα αποτελέσματα των επαναλήψεων που εξαιρέθηκαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
7	43.3	0.1	0.0
15	46.0	0.1	0.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 3: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 200 οχήματα ανά ώρα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

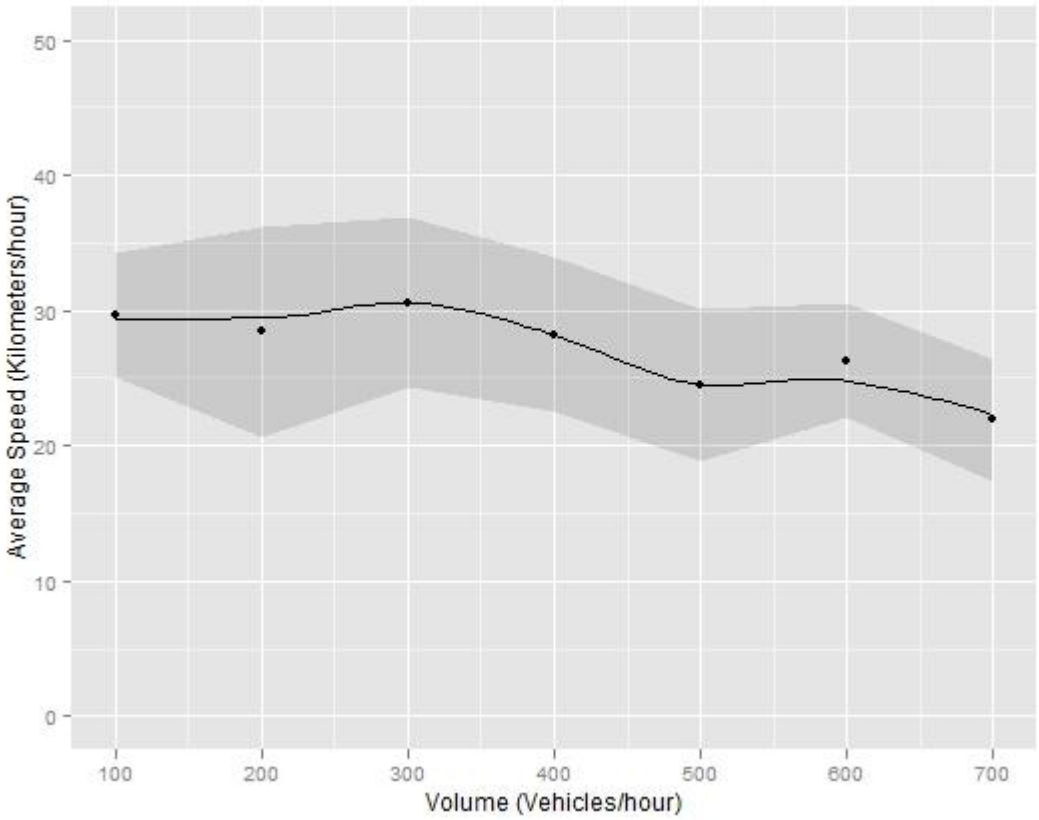
Για την περίπτωση των μεσαίων κυκλοφοριακών φόρτων, παρατηρείται πως η μέση ταχύτητα παρουσιάζει μεγάλη τυπική απόκλιση, ενώ η μέση τιμή δεν παρουσιάζει συγκεκριμένο μοτίβο. Ωστόσο, η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση αυξάνονται. Συγκεκριμένα, όταν το δίκτυο φορτίζεται με 300 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της ταχύτητας φτάνουν

τα 30,6 και 6,3 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 0,6 της ώρας και τυπική απόκλιση ίση με 0,4 της ώρας. Υψηλή τυπική απόκλιση (0,3 της ώρας) σε σχέση με τη μέση τιμή (0,4 της ώρας) παρουσιάζει και ο χρόνος σε στάση. Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 400 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας μειώνεται στα 28,2 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με 5,7 χαώ. Στη μία ώρα υπολογίζεται η μέση τιμή της καθυστέρησης, 70% της οποίας αποτελεί ο χρόνος σε στάση (μέση τιμή ίση με 0,7 της ώρας). Στο 0,3 της ώρας καταγράφεται η τυπική απόκλιση και για τα δύο αυτά μεγέθη. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 500 οχήματα ανά ώρα, παρατηρείται μείωση της μέσης τιμής της μέσης ταχύτητας στα 24,5 χαώ, που συνοδεύεται με τυπική απόκλιση ίση με 5,6 χαώ. Η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο ξεπερνά τη μιάμιση ώρα (1,6 ώρες), ενώ παρουσιάζει τυπική απόκλιση 0,7 της ώρας. Μεγάλη διασπορά παρατηρείται και για τις παρατηρήσεις του χρόνου σε στάση, οι οποίες παρουσιάζουν τυπική απόκλιση ίση με 0,6 της ώρας. Η μέση τιμή για αυτό το παρατηρούμενο μέγεθος υπολογίστηκε στις 1,1 ώρες.

Στην περίπτωση των 600 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της ταχύτητας διαμορφώνονται στα 26,3 και 4,2 χαώ αντίστοιχα. Σχεδόν σταθερη παραμένει η μέση τιμή για την καθυστέρηση και το χρόνο σε στάση σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση (500 οχήματα ανά ώρα), καθώς διαμορφώνονται στις 1,6 και 1,1 ώρες. Η τυπική απόκλιση επίσης, υπολογίζεται και για τα δύο αυτά μεγέθη στη μισή ώρα. Τέλος, με την αύξηση του φόρτου στη μεγαλύτερη τιμή του (700 οχήματα ανά ώρα), παρατηρείται η μικρότερη μέση τιμή για την ταχύτητα, η οποία υπολογίστηκε στα 21,9 χαώ, και συνοδεύεται από τυπική απόκλιση ίση με 4,5 χαώ. Επίσης, παρατηρείται σημαντική αυξηση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της καθυστέρησης καθώς, διαμορφώθηκαν στις 2,7 ώρες και μία ώρα αντίστοιχα. Αύξηση παρατηρήθηκε και για το χρονο σε στάση ο οποίος έφτασε τις 1,8 ώρες, με τυπική απόκλιση ίση με 0,7 της ώρας.

Συνεπώς, για πρόθεση 1%, παρατηρούνται τα εξής για την περίπτωση της μέσης ταχύτητας:

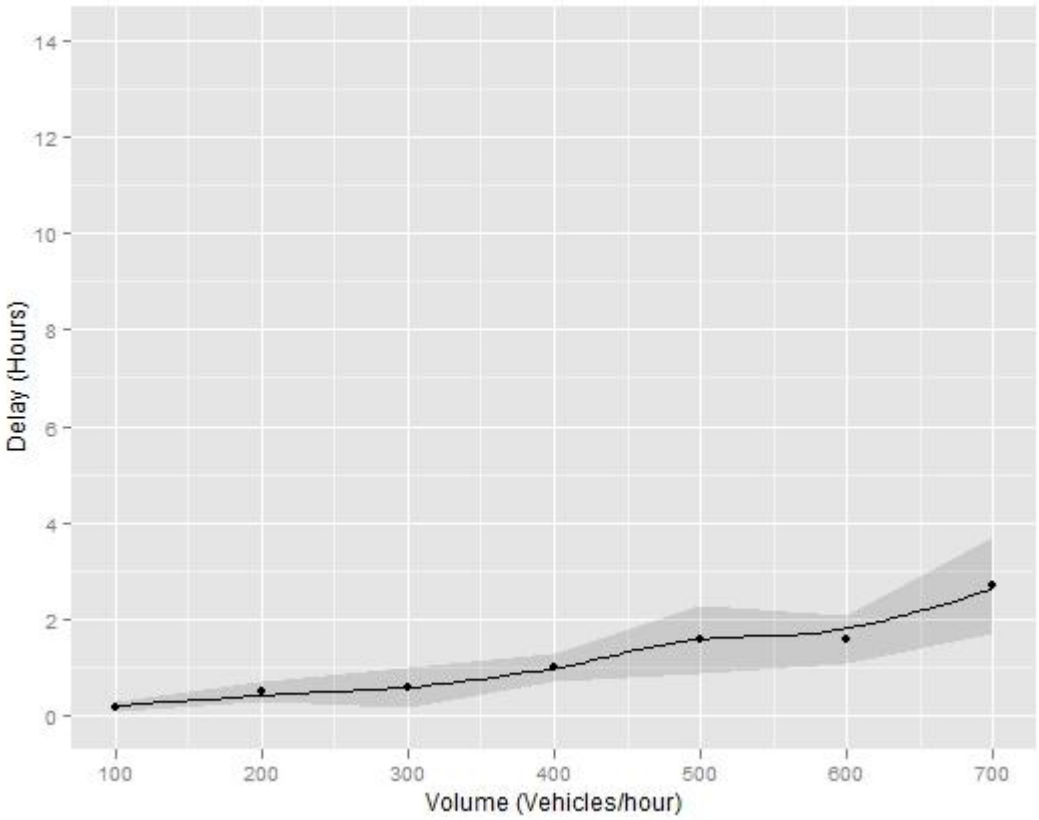
- Η μέση τιμή έχει τάση μείωσης όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει σταθερά υψηλές τιμές ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 4: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Επιπλέον, για τη συνολική καθυστέρηση που παρατηρείται στο δίκτυο μπορούν να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις:

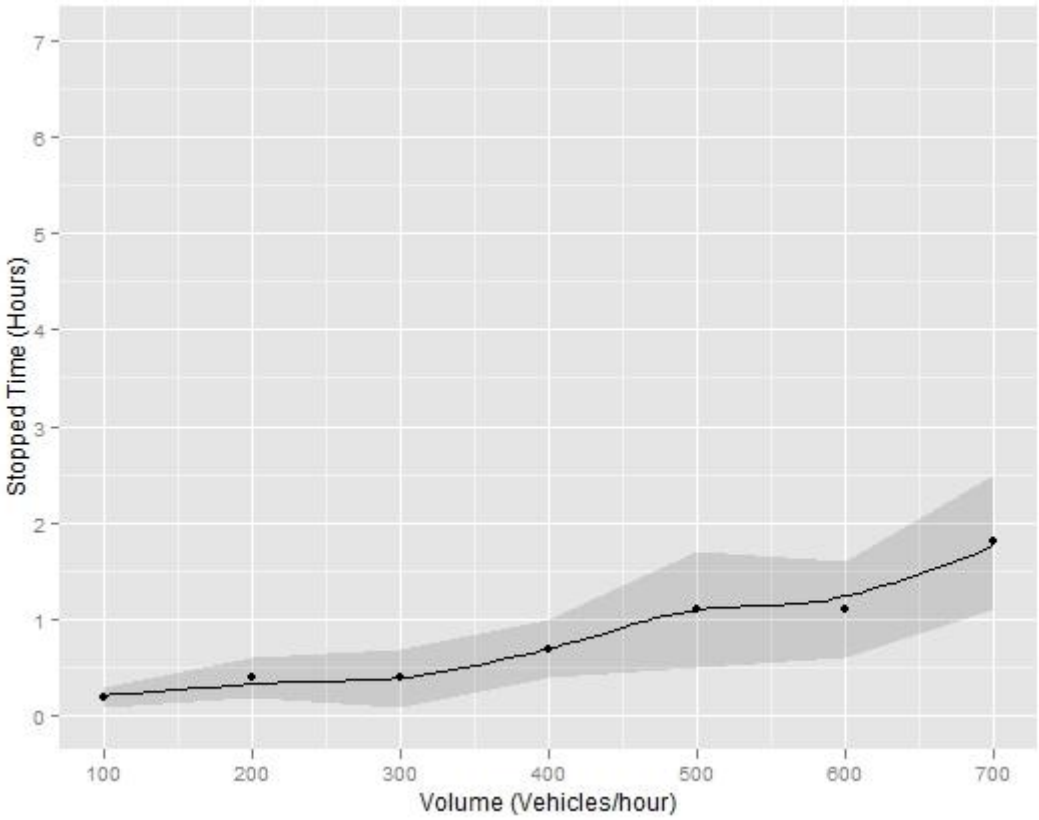
- Η μέση τιμή αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει υψηλές τιμές για μεσαίους και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 5: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Για το τελευταίο παρατηρούμενο μέγεθος (χρόνος σε στάση) σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Η μέση τιμή αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει υψηλές τιμές στις περιπτώσεις των μεσαίων και υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 6: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 2%

Σε αυτή τη σειρά δοκιμών γίνεται εκτίμηση της επίπτωσης του φαινομένου όταν το 2% των οχημάτων έχουν πρόθεση να το πράξουν. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, έτσι και εδώ, λόγω της χαμηλής πρόθεσης, παρατηρήθηκε ότι στους χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους υπήρχαν επαναλήψεις στις οποίες κανένα όχημα δε στάθμευσε παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Η εκτίμηση ότι σε κάποια επανάληψη δεν παρουσιάστηκε παράνομα σταθμευμένο όχημα έγινε συγκρίνοντας τα αποτελέσματα κάθε επανάληψεις με τα αποτελέσματα των επαναλήψεων όταν η πρόθεση ήταν 0%. Οι επαναλήψεις στις οποίες τα αποτελέσματα υποδείκνυαν πως δεν παρουσιάστηκε το φαινόμενο, εξαιρούνταν τις διαδικασίας υπολογισμού των αποτελεσμάτων. Ωστόσο, επειδή σε κάθε περίπτωση οι επαναλήψεις που έλαβαν μέρος στη διαδικασία υπολογισμού των αποτελεσμάτων ήταν περισσότερες απο 10 και παρατηρήθηκε σταθεροποίηση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης, νέα σειρά επαναλήψεων δεν πραγματοποιήθηκε.

Για χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους παρατηρείται πως η μέση ταχύτητα σημειώνει τις μεγαλύτερες τιμές, ενώ η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο και ο χρόνος σε στάση της χαμηλότερες. Για την περίπτωση των 100 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας διαμορφώθηκε στα 25,3 χαώ, σημειώνοντας όμως σημαντική τυπική απόκλιση μεταξύ των παρατηρήσεων (7,8 χαώ). Η καθυστέρηση υπολογίστηκε στο 0,3 της ώρες, που σχεδόν εξ'ολοκλήρου αποτελείται από χρόνο σε στάση (μέση τιμή ίση με 0,3 της ώρας). Η τυπική απόκλιση και για τα δύο αυτά παρατηρούμενα μεγέθη υπολογίζεται στο 0,2 της ώρας. Τα αποτελέσματα αυτά διαμορφώθηκαν από μία σειρά 12 επαναλήψεων, καθώς τρεις επαναλήψεις εξαιρέθηκαν της διαδικασίας. Τα αποτελέσματα των επαναλήψεων αυτών παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
7	47.0	0.0	0.0
14	47.8	0.0	0.0
15	47.6	0.0	0.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 4: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 2% και κυκλοφοριακό φόρτο 100 οχήματα ανά ώρα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 200 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας μειώνονται στα 24,8 και 3,8 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση στο δίκτυο διπλασιάζεται, φτάνοντας στο 0,6 της ώρας, σημειώνοντας τυπική απόκλιση 0,2 της ώρας. Στο 0,4 της ώρας υπολογίζεται η μέση τιμή του χρόνου σε στάση, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση 0,1 της ώρας. Ωστόσο, και σε αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα εξήχθησαν από μία σειρά επαναλήψεων λιγότερο των 15. Συγκεκριμένα, 4 επαναλήψεις εξαιρέθηκαν και 11 χρησιμοποιήθηκαν για τη διαμόρφωση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης των παρατηρούμενων ποσοτήτων.

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
2	42.9	0.1	0.0
6	48.0	0.1	0.0
11	48.1	0.1	0.0
15	46.0	0.1	0.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 5: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 2% και κυκλοφοριακό φόρτο 200 οχήματα ανά ώρα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

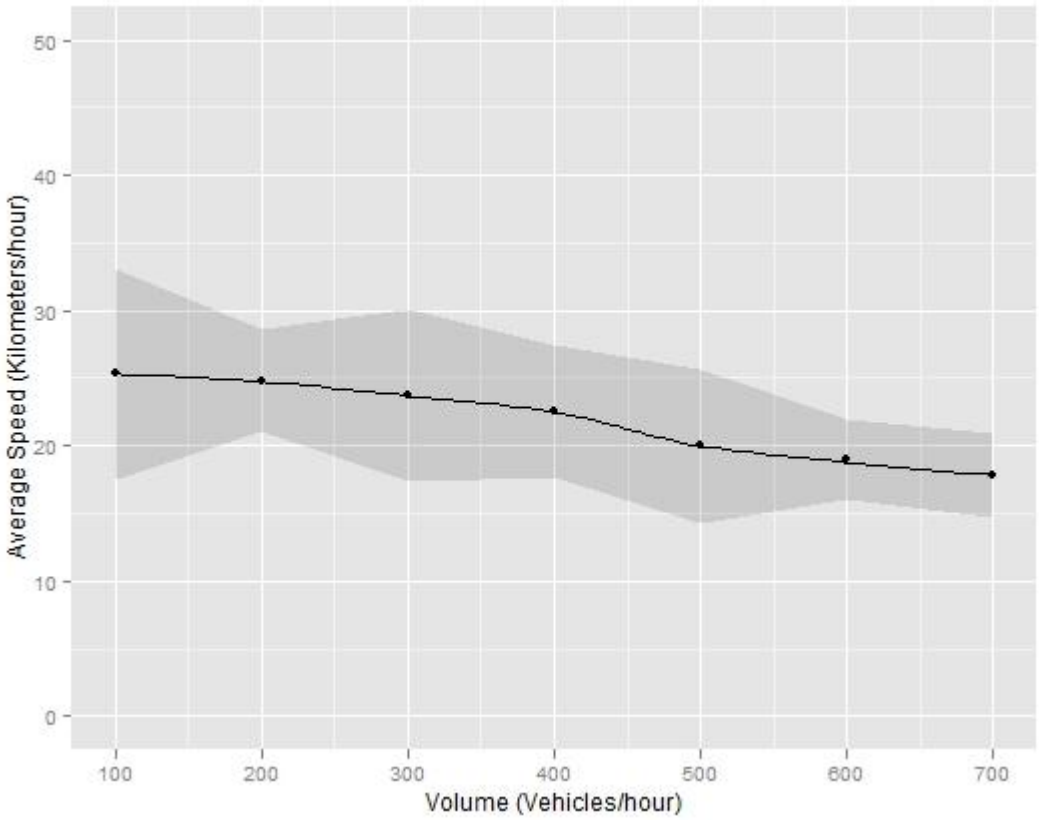
Όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζει μεσαίες τιμές, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας μειώνεται σταθερά, ενώ της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση αυξάνεται. Όταν η φόρτιση του δικτύου φτάσει τα 300

οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας μειώνεται στα 23,7 χαώ, παρουσιάζοντας μεγάλη τυπική απόκλιση (6,4 χαώ). Η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο ξεπερνά τη μία ώρα (μέση τιμή ίση με 1,1 ώρες), ενώ η τυπική απόκλιση φτάνει τη μισή ώρα. Ο χρόνος σε στάση διπλασιάζεται σε σχέση με την περίπτωση των 200 οχημάτων ανά ώρα (μέση τιμή ίση με 0,8 της ώρας), ενώ η τυπική απόκλιση αυξάνεται στα 0,4 της ώρας. Για την περίπτωση των 400 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης υπολογίζεται στα 22,5 χαώ, με τυπική απόκλιση 4,9 χαώ. Η καθυστέρηση που παρουσιάζεται στο δίκτυο φτάνει τη μιάμιση ώρα, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση μισής ώρας. Ο χρόνος σε στάση ξεπερνά τη μία ώρα (1,1 ώρες), σημειώνοντας τυπική απόκλιση μισή ώρα. Με το πέρας των 15 επαναλήψεων για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 500 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας διαμορφώνονται στα 20,0 και 5,7 χαώ αντίστοιχα. Η μέση τιμή της καθυστέρησης που παρουσιάζεται στο δίκτυο φτάνει τις 2,3 ώρες, με τυπική απόκλιση 0,9 της ώρας, ενώ του χρόνου σε στάση τις 1,8 ώρες, με τυπική απόκλιση 0,8 της ώρας.

Με την περαιτέρω αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου που φορτίζει το δίκτυο, παρατηρείται περαιτέρω μείωση της μέσης ταχύτητας και αύξηση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο φτάνει τα 19,0 και 3,0 χαώ αντίστοιχα, στην περίπτωση των 600 οχημάτων ανά ώρα. Για τον ίδιο κυκλοφοριακό φόρτο, η μέση τιμή της καθυστέρησης φτάνει τις 2,8 ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,6 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση αυξάνεται στις δύο ώρες, με τυπική απόκλιση ίση με μισή ώρα. Για το μεγαλύτερο κυκλοφοριακό φόρτο μελέτης (700 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας σημειώνει τη μικρότερη τιμή της (17,8 χαώ), παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση 3,1 χαώ. Η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση αυξάνονται στις 3,6 και 2,8 ώρες αντίστοιχα. Η τυπική απόκλιση της καθυστέρησης καταγράφεται στο 0,9 της ώρας, ενώ του χρόνου σε στάση στο 0,8 της ώρας.

Συνεπώς, για πρόθεση 2%, εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο:

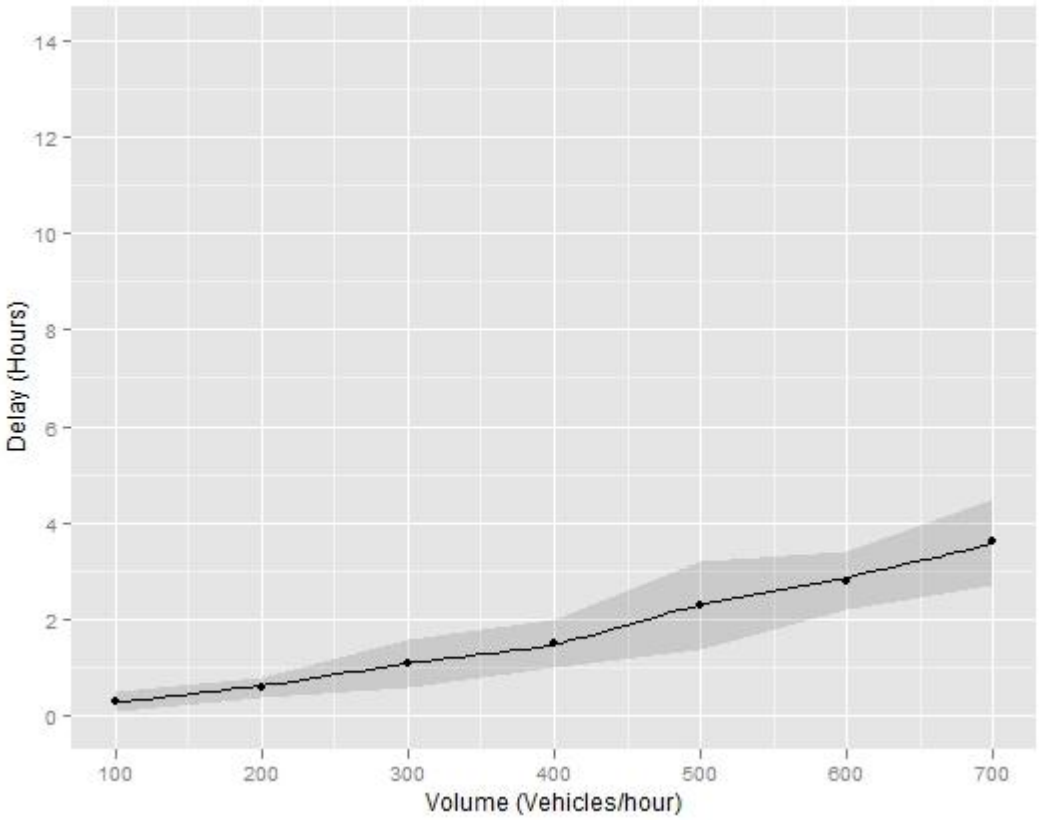
- Η μέση τιμή μειώνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες της τιμές για χαμηλούς και μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους. Ωστόσο, και στην περίπτωση των υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων η τυπική απόκλιση παραμένει σε υψηλά επίπεδα (περίπου 3,0 χαώ).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 7: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 2% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Για την καθυστέρηση που παρουσιάζεται στο δίκτυο εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

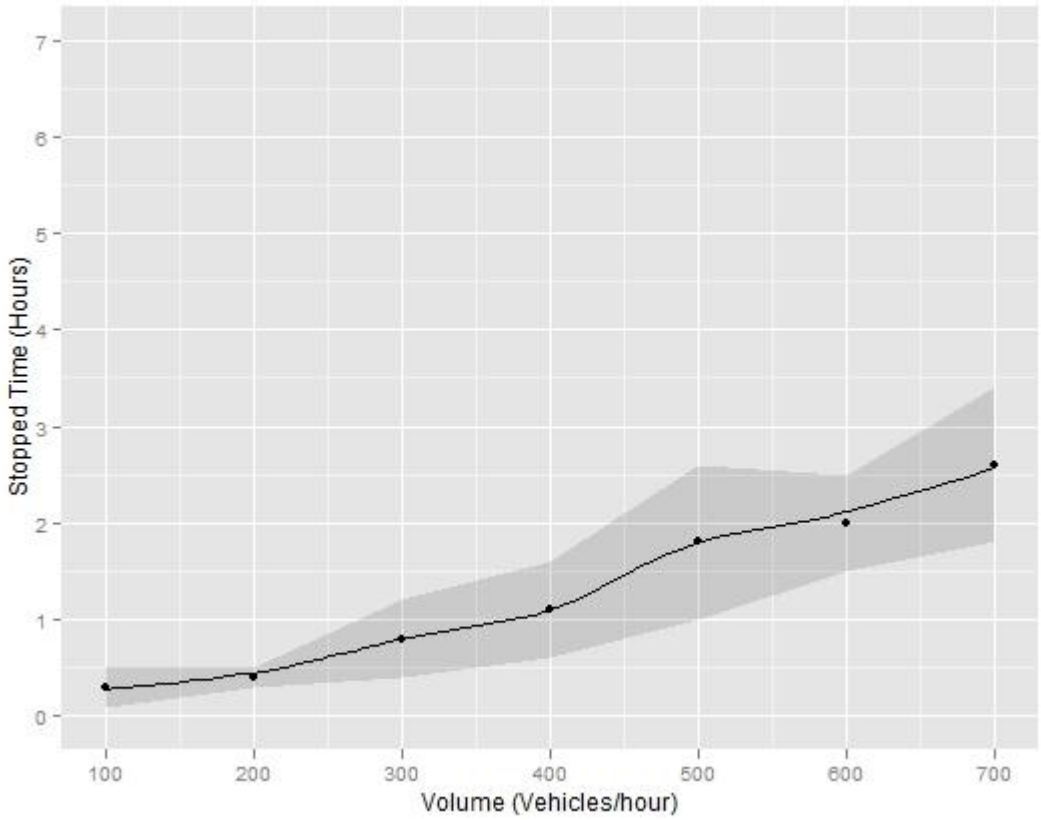
- Η μέση τιμή αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει μεγάλες τιμές για μεσαίους και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 8: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 2% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν αναλυτικά παραπάνω για πρόθεση 2%, σημειώνονται τα εξής για το χρόνο σε στάση:

- Όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος, αυξάνεται και η μέση τιμή
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της για μεσαίους και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 9: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 2% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 5%

Κατά την πρόθεση αυτή δεν παρουσιάστηκε επανάληψη η οποία να εξαιρέθηκε, καθώς σε κάθε περίπτωση τουλάχιστον ένα όχημα δε στάθμευσε παράπλευρα άλλουν σταθμευμένου οχήματος. Στην περίπτωση αυτή, το 5% των χρηστών που διαπερνούν το οδικό τμήμα μελέτης έχουν πρόθεση να σταθμεύσουν παράνομα το όχημά τους.

Στους χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, η μέση τιμη της ταχύτητας παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές, ενώ του χρόνου σε στάση και της συνολικής καθυστέρησης στο δίκτυο τις μικρότερες τιμές. Η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας (21,5 χαώ) για την περίπτωση των 100 οχημάτων ανά ώρα, είναι σημαντικά μεγαλύτερη από οποιαδήποτε άλλη για τη συγκεκριμένη πρόθεση. Ωστόσο, συνοδεύεται και από εξαιρετικά μεγάλη τυπική απόκλιση (7,5 χαώ). Η καθυστέρηση που καταγράφεται στο δίκτυο παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 0,4 της ώρας, το σύνολο της οποία αποτελεί ο χρόνος σε στάση (μέση τιμή 0,4 της ώρας). Τα δύο αυτά παρατηρούμενα μεγέθη, παρουσιάζουν και ίδια τυπική απόκλιση (0,2 της ώρας). Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτους τα 200 οχήματα ανά ώρα, παρουσιάζεται σημαντική

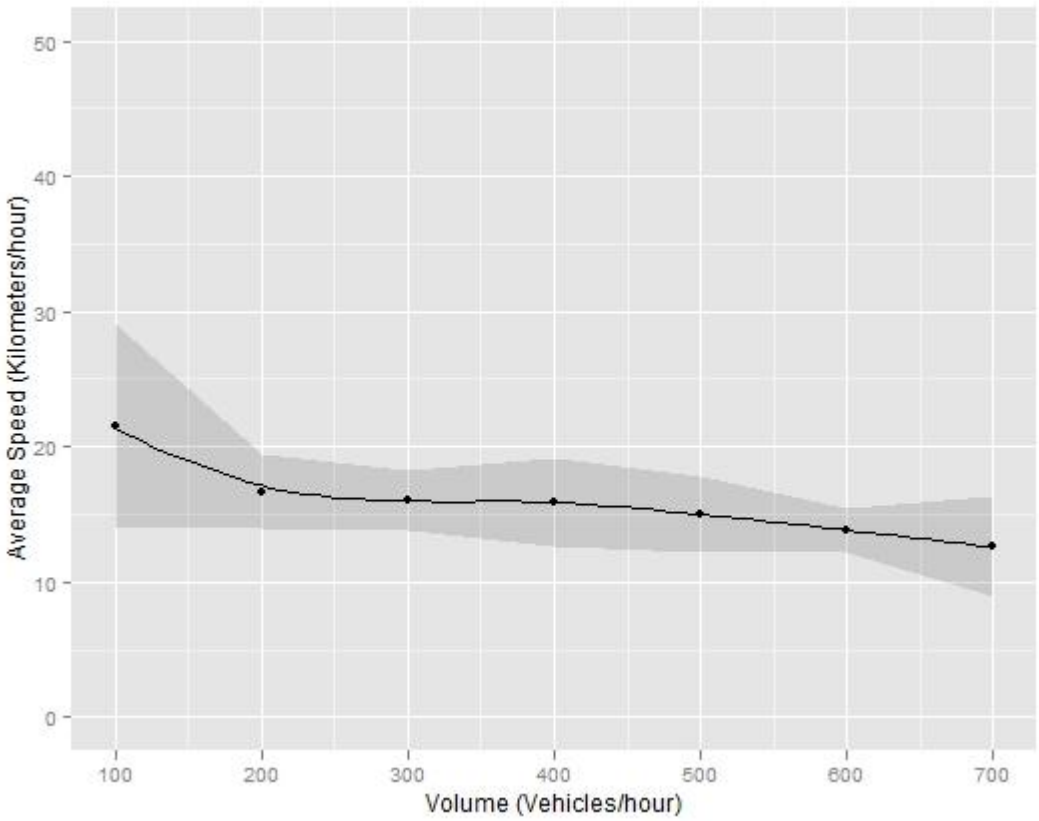
μείωση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της μέσης ταχύτητας, οι οποίες διαμορφώνονται στα 16,7 και 2,8 χαώ αντίστοιχα. Αντίθετα, σημαντική αύξηση παρατηρείται στην καταγραφόμενη καθυστέρηση του δικτύου, η οποία φτάνει τις 1,1 ώρες, με τυπική απόκλιση ίση με 0,3 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση οριακά δε ξεπερνά τη μία ώρα (μέση τιμή ίση με 0,9 της ώρας), σημειώνοντας τυπική απόκλιση 0,2 της ώρας.

Στους μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους παρατηρείται αύξηση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση, ενώ μειώνεται η μέση ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο. Από τη σειρά των επαναλήψεων για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 300 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας μειώθηκαν στα 16,0 και 2,2 χαώ αντίστοιχα. Στις 1,8 ώρες διαμορφώθηκε η καθυστέρηση, με τυπική απόκλιση 0,3 της ώρας. Η μέση τιμή του χρόνου σε στάση υπολογίστηκε στις 1,4 ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση 0,3 της ώρας. Για 400 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας υπολογίστηκε στα 15,9 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση 3,2 χαώ. Μεγάλη διασπορά εμφανίζουν οι παρατηρήσεις στην περίπτωση της καθυστέρησης στο δίκτυο, καθώς η τυπική απόκλιση υπολογίστηκε στο 0,7 της ώρας, με μέση τιμή ίση με δύομιση ώρες. Ίδια εικόνα και για το χρόνο σε στάση, ο οποίος παρουσιάζει μέση τιμή και τυπική απόκλιση ίση με 1,9 ώρες και 0,6 της ώρας αντίστοιχα. Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου που φορτίζει το δίκτυο στα 500 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας μειώνεται στα 15,0 χαώ, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 2,8 χαώ. Η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο αυξάνεται στις 3,3 ώρες, με τυπική απόκλιση ίση με 0,9 της ώρας. Τις δύομιση ώρες φτάνει ο καταγραφόμενος χρόνος σε στάση, ο οποίος παρουσιάζει τυπική απόκλιση ίση με 0,6 της ώρας.

Οι υψηλότεροι κυκλοφοριακοί φόρτοι που μελετήθηκαν συνδιάζονται με την ύπαρξη μικρής μέσης ταχύτητας και υψηλών καθυστέρήσεων και χρόνων σε στάση. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση των 600 οχημάτων ανά ώρα, οι παρατηρήσεις για τη μέση ταχύτητα παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση 1,6 χαώ), σημειώνοντας μέση τιμή ίση με 13,8 χαώ. Η καθυστέρηση ξεπερνά τις 4 ώρες (4,3 ώρες), με τυπική απόκλιση 0,6 της ώρας. Στις 3,3 ώρες διαμορφώνεται η μέση τιμή του χρόνου σε στάση ενώ στη μισή ώρα η τυπική απόκλιση. Τέλος, για τον υψηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο (700 οχήματα ανά ώρα) που μελετήθηκε, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας μειώνεται στα 12,6 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση αυξάνεται στα 3,7 χαώ. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της συνολικής καθυστέρησης στο δίκτυο υπολογίστηκαν στις 6,6 και 4,1 ώρες αντίστοιχα. Οριακά τις 4 ώρες ξεπερνά ο χρόνος σε στάση (4,1 ώρες), με τυπική απόκλιση ίση με 1,2 ώρες.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, για πρόθεση 5%, σημειώνονται τα εξής για τη μέση ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο:

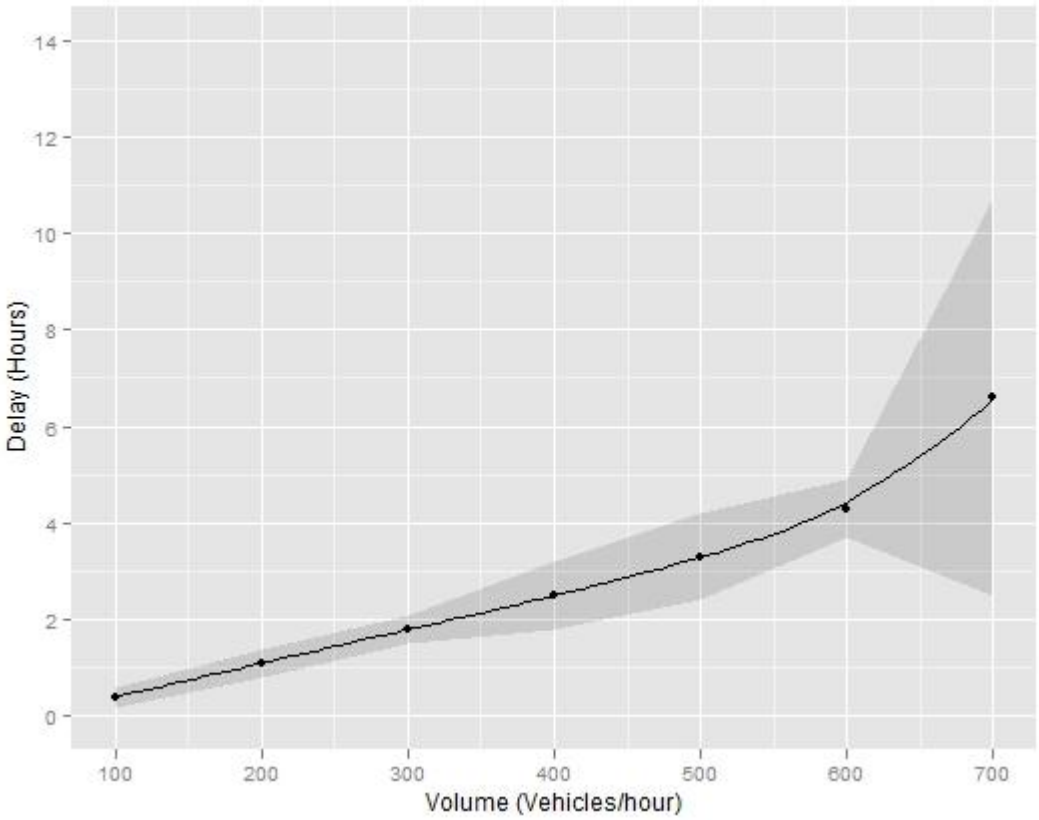
- Η μέση τιμή μειώνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Η τυπική απόκλιση των παρατηρήσεων παρουσιάζει σε κάθε περίπτωση υψηλές τιμές.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 10: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Για την καθυστέρηση στο δίκτυο σημειώνονται τα εξής:

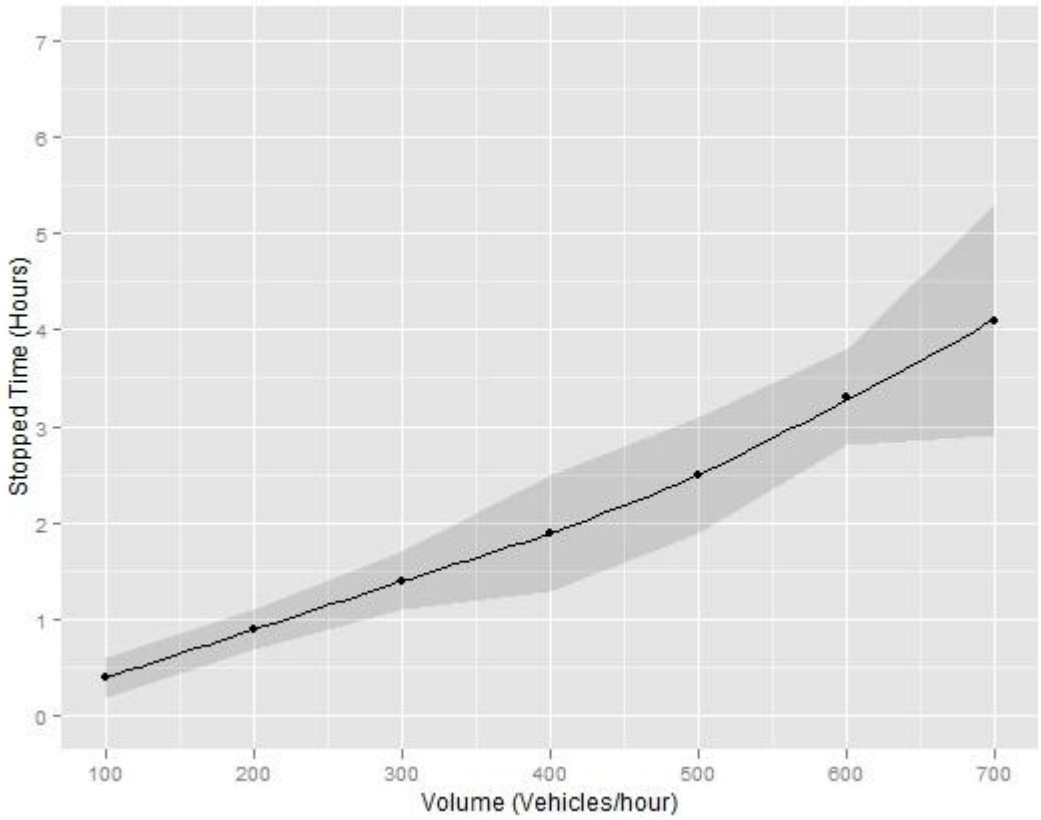
- Η μέση τιμή αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Τα αποτελέσματα της τυπικής απόκλισης, που προέκυψαν από τη σειρά των 15 επαναλήψεων, παρουσιάζουν υψηλές τιμές για μεσαίους και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 11: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Για το χρόνο σε στάση, με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, γίνονται οι εξής διαπιστώσεις:

- Η μέση τιμή αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της για μεσαίους και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 12: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 10%

Σε αυτή τη σειρά δοκιμών μελετάται η επίπτωση του φαινομένου όταν το 10% των χρηστών του οδικού δικτύου επιθυμούν να πραγματοποιήσουν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Πρόκειται για τη μεγαλύτερη πρόθεση που δοκιμάστηκε σε αυτή την ανάλυση ευαισθησίας (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση).

Για τους χαμηλότερους κυκλοφοριακούς φόρτους παρατηρείται η μεγαλύτερη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο, ενώ σημειώνεται και η μικρότερη συνολική καθυστέρηση και καθυστέρηση που οφείλεται στο χρόνο σε στάση. Συγκεκριμένα, στο μικρότερο φόρτο μελέτης (100 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή και η τυπική απόκλισης της μέσης ταχύτητας υπολογίστηκαν στα 13,0 και 3,3 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση παρουσιάζει μέση τιμή 0,8 της ώρας, με τυπική απόκλιση 0,2 της ώρας. Στο 0,7 της ώρας διαμορφώθηκε ο χρόνος σε στάση, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 200 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας υπολογίστηκε στα 13,5 χαώ, με τυπική απόκλιση 2,5 χαώ. Τη μίαμιση ώρα έφτασε η

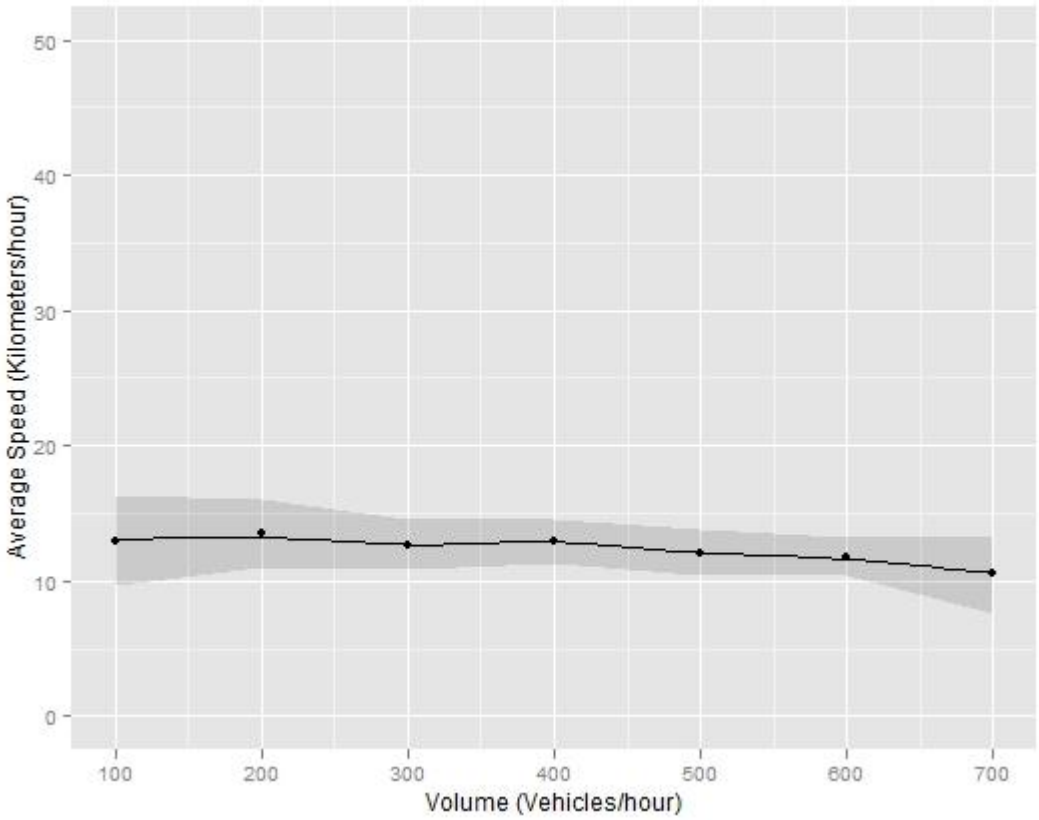
καθυστέρηση, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση 0,3 της ώρας. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για το χρόνο σε στάση διαμορφώθηκαν στις 1,3 ώρες και 0,3 της ώρας αντίστοιχα.

Στην περίπτωση που το δίκτυο φορτίζεται με 300 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας μειώνεται στα 12,7 χαώ, σημειώνοντας τυπική απόκλιση 1,9 χαώ. Η καθυστέρηση αυξάνεται στις 2,4 ώρες, ενώ ο χρόνος σε στάση στις δύο ώρες. Η τυπική απόκλιση και για τα δύο παρατηρούμενα μεγέθη διαμορφώθηκε στη μισή ώρα. Για τη σειρά των επαναλήψεων με κυκλοφοριακό φόρτο 400 οχήματα ανά ώρα, παρατηρείται μέση τιμή και τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα στα 12,9 και 1,6 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση που παρουσιάζεται στο δίκτυο οριακά ξεπερνά τις 3 ώρες (3,1 ώρες), σημειώνοντας τυπική απόκλιση μισής ώρας. Ίδια τυπική απόκλιση παρουσιάζει και ο χρόνος σε στάση, ο οποίος παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 2,6 ώρες. Με την περαιτέρω αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 500 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας μειώνεται στα 12,1 χαώ, με τυπική απόκλιση 1,7 χαώ. Η καθυστέρηση σε αυτή την περίπτωση ξεπερνά τις 4 ώρες (4,3 ώρες), ενώ ο χρόνος σε στάση φτάνει τις 3,5 ώρες. Η τυπική απόκλιση για την καθυστέρηση και το χρόνο σε στάση υπολογίστηκαν στο 0,8 και 0,7 της ώρας αντίστοιχα.

Όταν το δίκτυο φορτίζεται με τους υψηλότερους κυκλοφοριακούς φόρτους μελέτης παρατηρείται μείωση της μέσης ταχύτητας και σημαντική αύξηση τόσο της καθυστέρησης όσο και του χρόνου σε στάση. Στην περίπτωση των 600 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας διαμορφώθηκε στα 11,8 χαώ, σημειώνοντας μικρή τυπική απόκλιση (1,4 χαώ). Στις 5,3 ώρες έφτασε η καθυστέρηση στο δίκτυο, ενώ τις 4,3 ώρες ο χρόνος σε στάση. Και για τα δύο αυτά μεγέθη, η τυπική απόκλιση υπολογίστηκε στο 0,8 της ώρας. Για τον υψηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο (700 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας μειώνεται στα 10,5 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση αυξάνεται στα 2,9 χαώ. Σημαντική αύξηση παρουσιάζεται για την καθυστέρηση που παρατηρείται στο δίκτυο, η οποία διαμορφώθηκε στις 8,0 ώρες. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση υπολογίστηκε πολύ υψηλή τυπική απόκλιση, που φτάνει τις 4,5 ώρες. Για το χρόνο σε στάση η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση υπολογίστηκαν στις 5,0 ώρες και μία ώρα αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, για πρόθεση 10%, γίνονται οι εξής διαπιστώσεις σχετικά με τη μέση ταχύτητα:

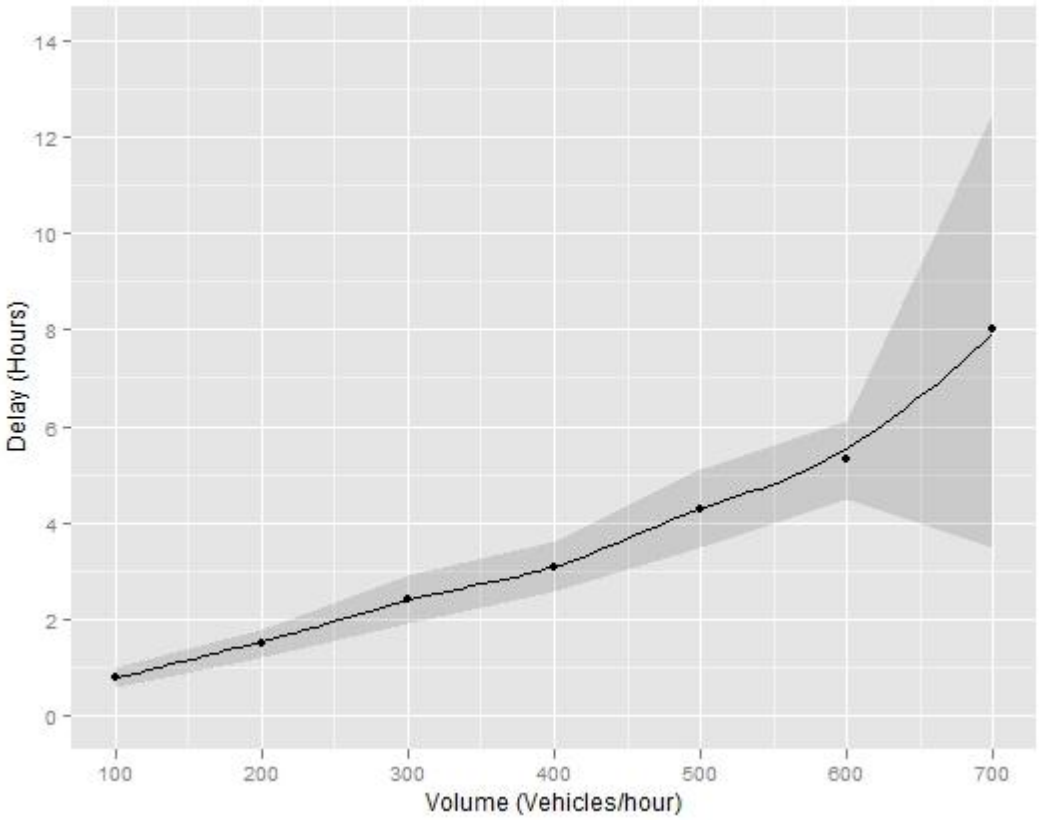
- Η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου οδηγεί σε μείωση της μέσης τιμής
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές για χαμηλούς και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 13: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Για τη συνολική καθυστέρηση που παρατηρείται στο δίκτυο σημειώνονται τα ακόλουθα:

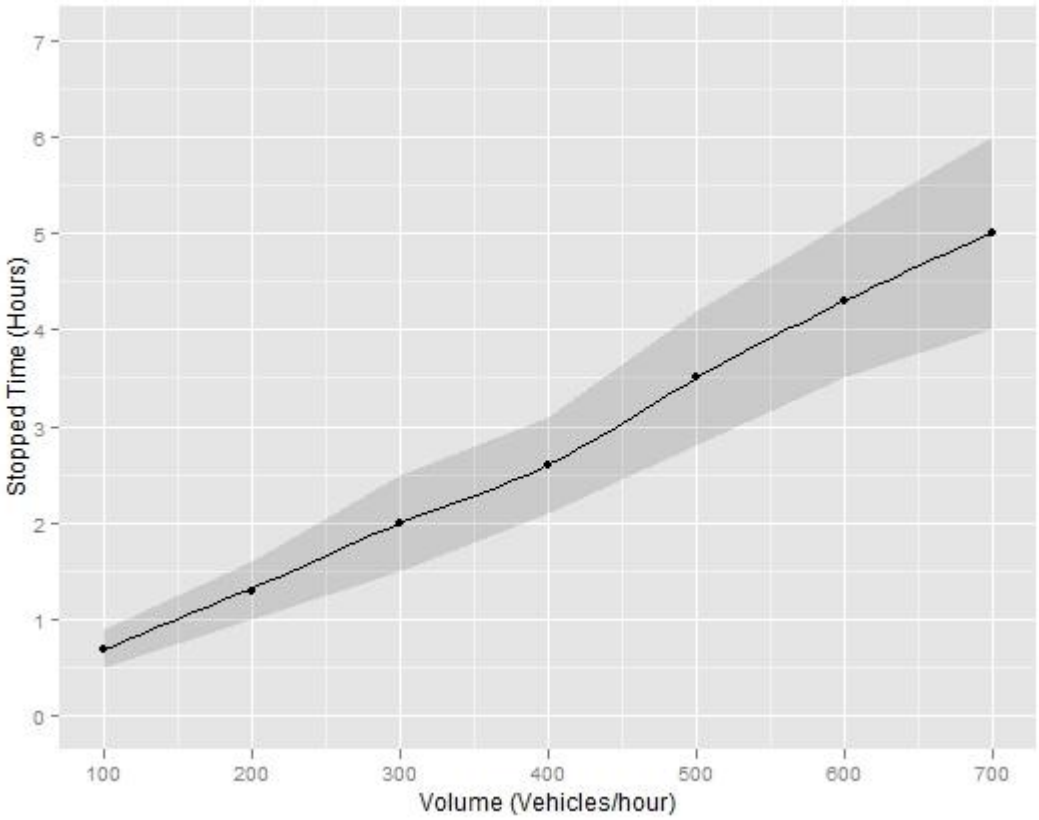
- Η μέση τιμή αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακούς φόρτος που εισέρχεται στο δίκτυο
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει σταθερές τιμές για όλες τις περιπτώσεις κυκλοφοριακών φόρτων πλην του μέγιστου (700 οχήματα ανά ώρα). Σε αυτή την περίπτωση, η τυπική απόκλιση λαμβάνει εξαιρετικά υψηλή τιμή (4,5 ώρες).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 14: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (μία λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Τέλος, ο χρόνος σε στάση για πρόθεση 10% παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Η καταγραφόμενη μέση τιμή αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Τα αποτελέσματα της τυπικής απόκλισης, που προέκυψαν από τη σειρά των 15 επαναλήψεων για κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου, παρουσιάζουν αύξηση όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 15: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

4.1.5. Ανάλυση

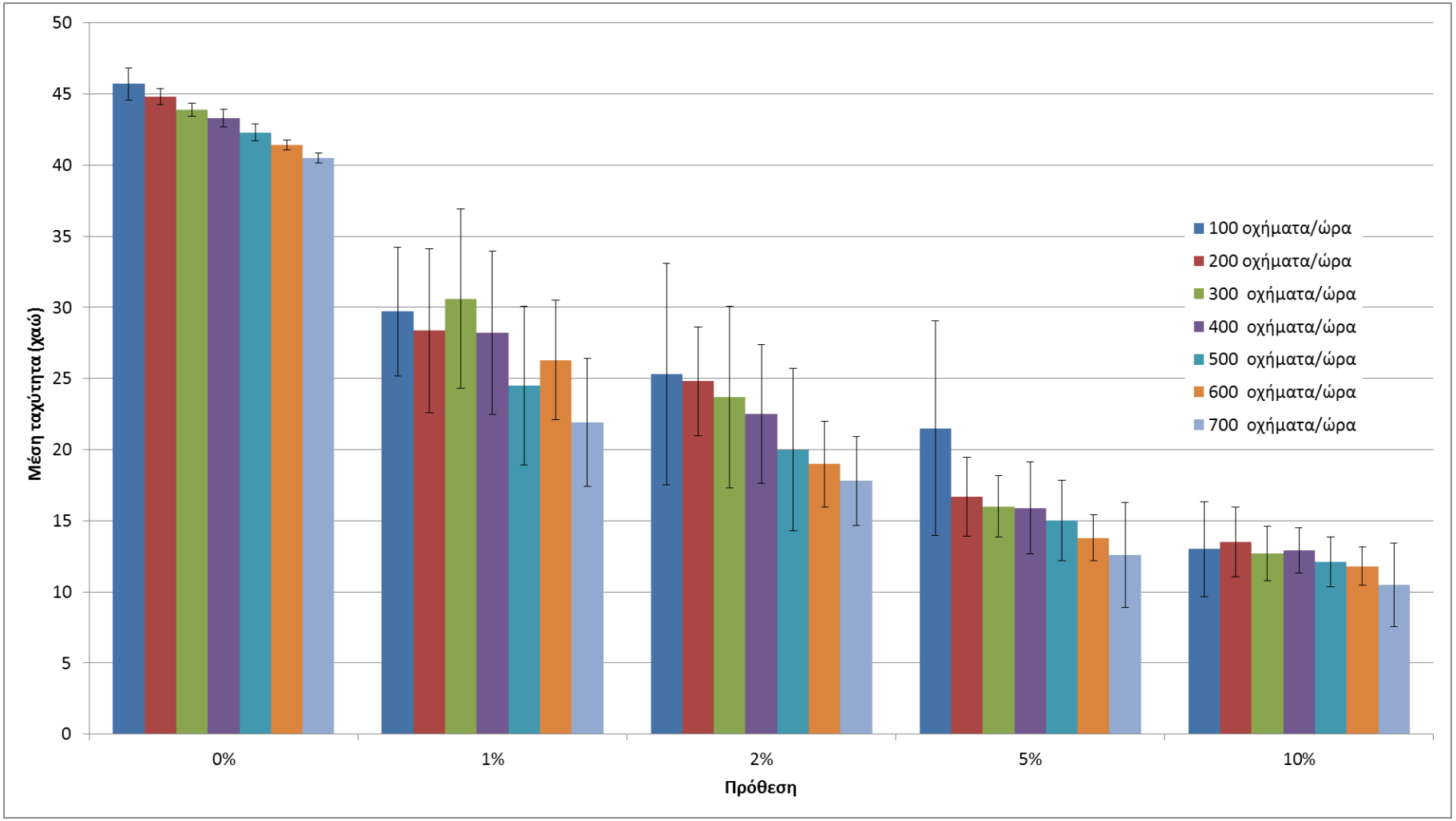
Η ανάλυση των αποτελεσμάτων εστιάζεται στο πως τα παρατηρούμενα κυκλοφοριακά μεγέθη (μέση ταχύτητα, καθυστέρηση και χρόνος σε στάση) μεταβάλλονται καθώς η πρόθεση αυξάνεται.

Μέση ταχύτητα

Αναφορά για τις επιπτώσεις που έχει το φαινόμενο στην κυκλοφορία στην περίπτωση της μία λωρίδας ανά κατεύθυνση είναι η μηδενική πρόθεση. Στην περίπτωση αυτή η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κειμένεται από 45,7 έως 40,5 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση αποτελεί κατά μέσον όρο μόλις το 1% της μέσης τιμής. Η παρουσία του φαινομένου με πρόθεση 1% συνεπάγεται την μείωση της μέσης ταχύτητας κατά 37%. Η διασπορά των μετρήσεων αυξάνεται καθώς η τυπική απόκλιση παίρνει τιμές από 4,2 έως 7,8 χαώ, και αποτελεί το 20% της μέσης τιμής. Διπλασιάζοντας την πρόθεση η μέση ταχύτητα μειώνεται κατά 19% σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη περίπτωση, ενώ κατά 49% σε σχέση με την μηδενική πρόθεση. Ωστόσο, και

σε αυτή την περίπτωση η τυπική απόκλιση παρουσιάζει σημαντικές τιμές καθώς, αποτελεί κατά μέσον όρο, το 22% της μέσης τιμής.

Οι υψηλές προθέσεις συνοδεύονται από περαιτέρω σημαντική μείωση της μέσης ταχύτητας που αναπτύσεται στο δίκτυο μελέτης. Συγκεκριμένα, για πρόθεση 5%, η μέση ταχύτητα μειώνεται σε ποσοστό 27% σε σχέση με την πρόθεση 2% και 63% σε σχέση με τη μηδενική. Η διασπορά των μετρήσεων παραμένει υψηλή, καθώς η τυπική απόκλιση αποτελεί το 21% της μέσης τιμής. Για τη μέγιστη πρόθεση που μελετήθηκε (10%) παρατηρήθηκε περαιτέρω μείωση της μέσης ταχύτητας σε ποσοστό 21% (κατά μέσον όρο) σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη πρόθεση (5%). Η μείωση της μέσης ταχύτητας στο δίκτυο σε σχέση με την απουσία παράνομα σταθμευμένων οχημάτων φτάνει το 71% και η χαμηλότερη ταχύτητα που καταγράφεται είναι 10,5 χαώ (περίπτωση 700 οχημάτων ανά ώρα). Η τυπική απόκλιση αν και μικρή σε απόλυτα νούμερα (μέγιστη τιμή 3,3 χαώ), αποτελεί υψηλό ποσοστό της μέσης τιμής (18%).

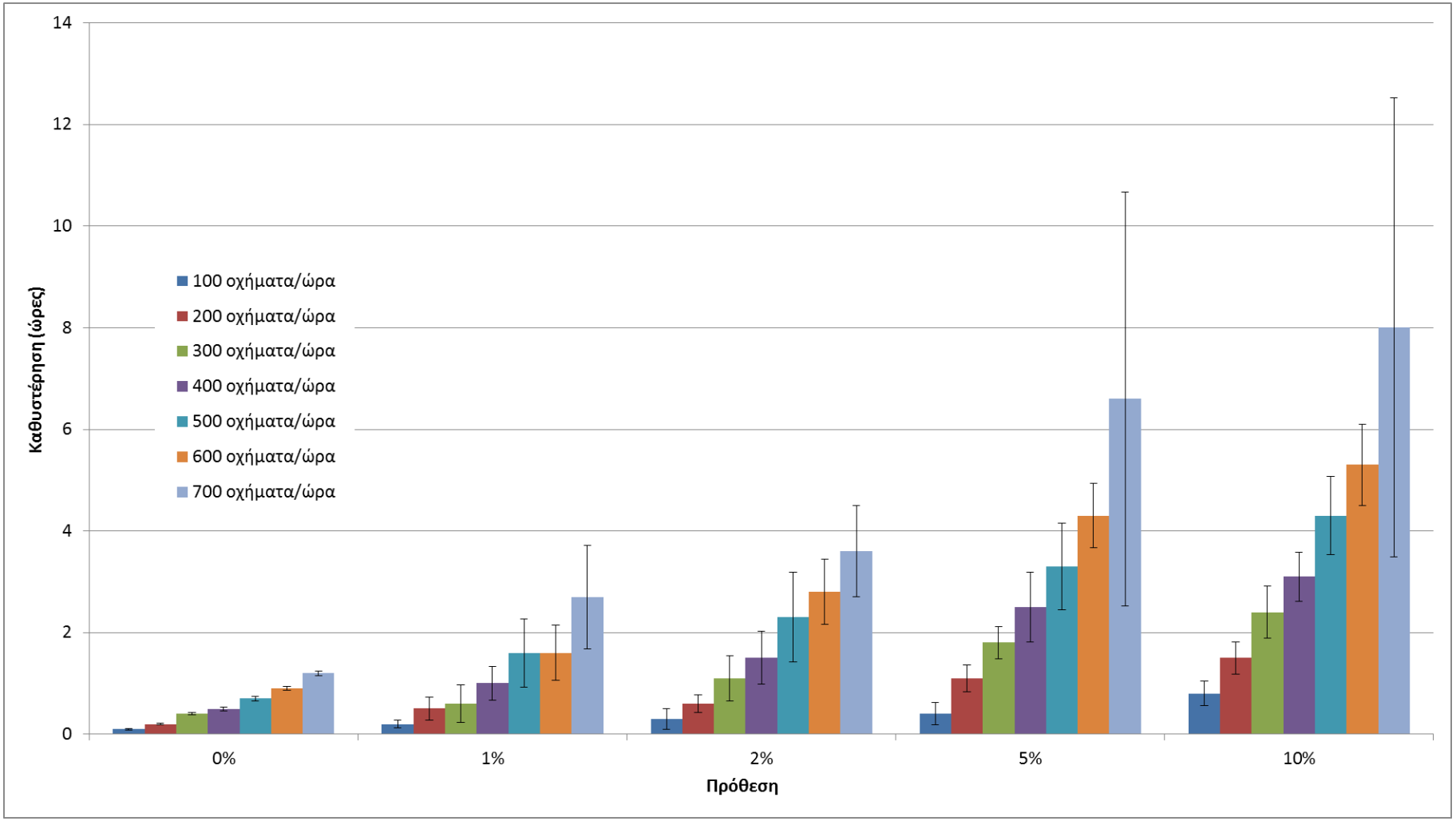


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 16: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Καθυστέρηση

Η καθυστέρηση αποτελεί το δεύτερο χαρακτηριστικό κυκλοφοριακό μέγεθος που μελετήθηκε ώστε, να αξιολογηθεί η επίπτωση που έχει αυτό το μοτίβο παράνομης στάσης και στάθμευσης στην κυκλοφορία. Στην πρόθεση 0% η καθυστέρηση αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος και κειμένεται από 0,1 της ώρας έως και 1,2 ώρες. Ωστόσο, η διασπορά των μετρήσεων είναι μικρή καθώς η τυπική απόκλιση αποτελεί (κατά μέσον όρο) μόνον το 7% της μέσης τιμής. Όταν το 1% των χρηστών που διέρχονται από το οδικό τμήμα μελέτης επιθυμούν να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος τότε η μέση τιμή της καθυστέρησης σχεδόν διπλασιάζεται (μέση αύξηση 105%). Η τυπική απόκλιση αυξάνεται, καθώς αποτελεί (κατά μέσον όρο) το 41% της μέσης τιμής για κάθε περίπτωση, καταγράφοντας τιμές έως και 1,0 ώρα. Με τον διπλασιασμό της πρόθεσης παρατηρείται πως η καθυστέρηση που καταγράφεται στο δίκτυο αυξάνεται κατά 37% σε σχέση με την πρόθεση 1%, και 202% σε σχέση με τη μηδενική. Η τυπική απόκλιση παραμένει σε υψηλά επίπεδα καθώς, αποτελεί κατά μέσον όρο το 37% της μέσης τιμής, ενώ στην περίπτωση του χαμηλότερου κυκλοφοριακού φόρτου (100 οχήματα ανά ώρα) φτάνει ακόμα και το 69%.

Η μέση ποσοστιαία μείωση της καθυστέρησης όταν το 5% των χρηστών επιθυμούν να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος φτάνει το 61% σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη πρόθεση (2%), και 386% σε σχέση με τη μηδενική. Η διασπορά των μετρήσεων παραμένει σημαντική καθώς, η τυπική απόκλιση αποτελεί, κατά μέσον όρο, το 32% της μέσης τιμής. Στην περίπτωση της πρόθεσης 10% παρατηρείται μία μέση ποσοστιαία αύξηση της καθυστέρησης που φτάνει το 38% σε σχέση με την αμέσως μικρότερη πρόθεση. Συνολικά, η μέση ποσοστιαία αύξηση της καθυστέρησης φτάνει το 563%, ενώ καταγράφεται αύξηση μέχρι και 700% στην περίπτωση των 100 οχημάτων ανά ώρα. Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει μικρές τιμές για μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους, ωστόσο στους υψηλούς καταγράφει πολύ μεγάλες τιμές, που φτάνουν τις 4,5 ώρες, ή το 56% της μέσης τιμής.

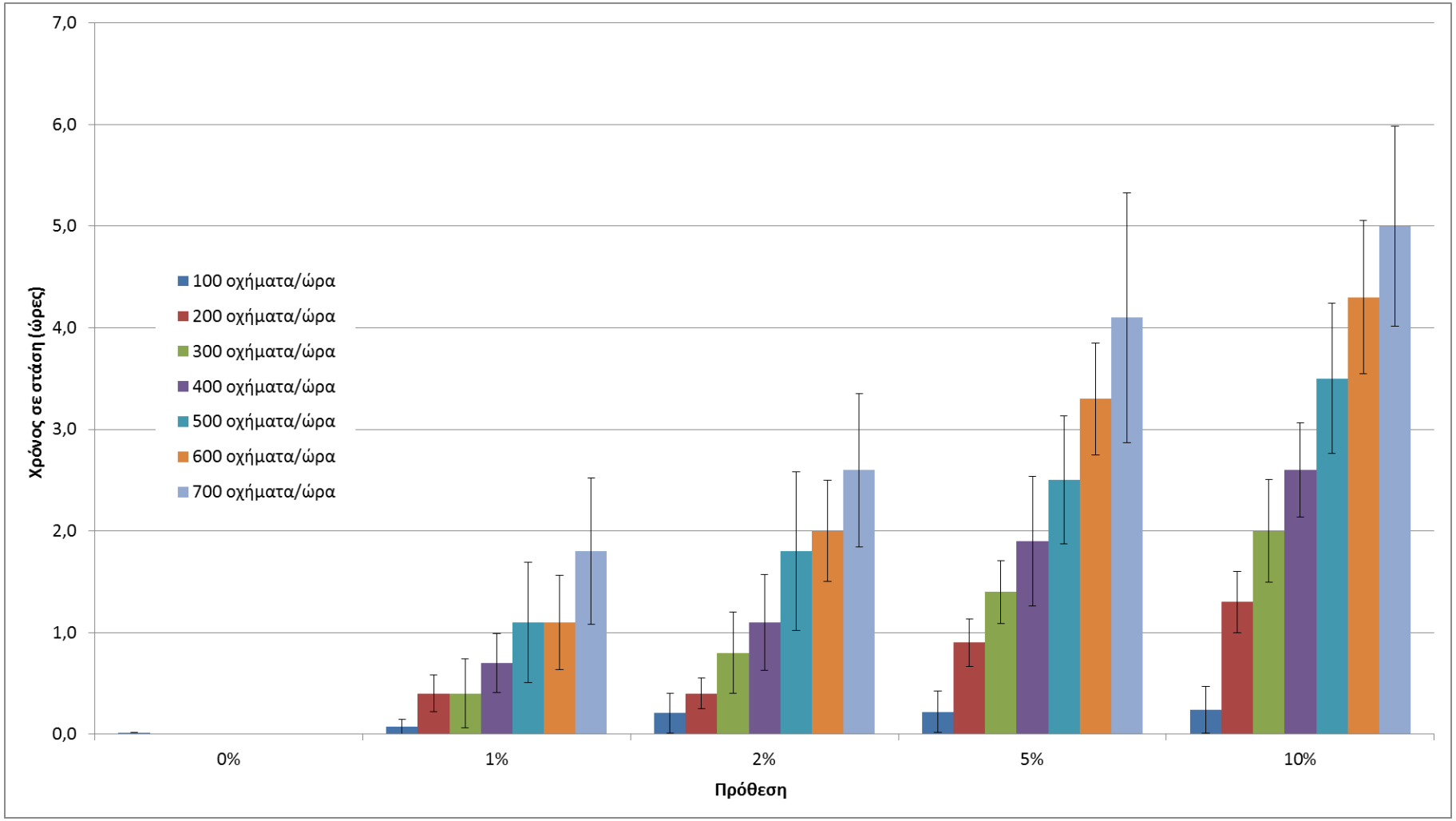


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 17: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για την καθυστέρηση (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

Χρόνος σε στάση

Για πρόθεση 0%, σε κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου ο χρόνος σε στάση δεν καταγράφει τιμές. Για το λόγο αυτό, η μέση ποσοστιαία αύξηση του μεγέθους αυτού από τη μηδενική κατάσταση δεν προσδιορίζεται. Στην περίπτωση που το 1% των χρηστών επιθυμούν να πραγματοποιήσουν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος, ο χρόνος σε στάση αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος σημειώνοντας τιμές από 0,2 της ώρας έως και 1,8 ώρες. Η τυπική απόκλιση καταγράφει υψηλές τιμές σε σχέση με τη μέση τιμή καθώς, αποτελεί κατά μέσον όρο το 49% αυτής, ενώ στην περίπτωση των 300 οχημάτων ανά ώρα φτάνει ακόμα και το 85%. Με το διπλασιασμό της πρόθεσης παρατηρείται μία μέση ποσοστιαία αύξηση του καταγραφόμενου χρόνου σε στάση που φτάνει το 57%. Η διασπορά των μετρήσεων και σε αυτή την περίπτωση είναι σημαντική, καθώς η τυπική απόκλιση φτάνει το 42% της καταγραφόμενης μέσης τιμής.

Για τις μεγαλύτερες προθέσεις που μελετήθηκαν παρατηρείται περαιτέρω αύξηση του καταγραφόμενου χρόνου σε στάση. Συγκεκριμένα, μέση ποσοστιαία αύξηση που φτάνει το 67% καταγράφεται στη μέση τιμή του χρόνου σε στάση με την αύξηση της πρόθεσης από 2% σε 5%. Η τυπική απόκλιση παραμένει σε σχετικά υψηλές τιμές καθώς, αποτελεί (κατά μέσον όρο) το 29% της μέσης τιμής. Για τη μέγιστη πρόθεση που μελετήθηκε (10%) σημειώνεται μέση ποσοστιαία αύξηση που φτάνει το 42% σε σχέση με την πρόθεση 5% με τη μέση τιμή να καταγράφει ανώτατη τιμή 5,0 ώρες. Η μέση ποσοστιαία αύξηση σε σχέση με τη πρόθεση 1% φτάνει το 262%. Η τυπική απόκλιση αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος και κειμένεται από 0,2 της ώρας έως και 1,0 ώρα, αποτελώντας το 22% της μέσης τιμής.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 18: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για το χρόνο σε στάση (μία λωρίδα ανά κατεύθυνση)

4.2. ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΕΣ ΑΝΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

Στην περίπτωση αυτή, μελετάται η επίπτωση που θα έχει το φαινόμενο στη μέση ταχύτητα, την καθυστέρηση και το χρόνο σε στάση, σε ένα οδικό τμήμα δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Τα οχήματα, υπό κανονικές συνθήκες (απουσία οχημάτων που έχουν σταθμεύσει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος), κάνουν χρήση και των δύο λωρίδων κυκλοφορίας που τους δίνονται. Ωστόσο, όταν πραγματοποείται το φαινόμενο, η δεξιά λωρίδα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σημείο όπου έχει σταθμεύσει παράνομα το όχημα, και τα υπόλοιπα οχήματα πρέπει να εκμεταλλευτούν ένα διάκενο ανάντι και να μεταβούν στην αριστερή λωρίδα πραγματοποιώντας ελιγμό.

4.2.1. Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο που επιλέχθηκε στη συγκεκριμένη ανάλυση ευαισθησίας αποτελείτο από τρεις συνδέσμους (links), οι οποίοι ήταν στοιχισμένοι σε ευθεία διάταξη. Ο κεντρικός σύνδεσμος είχε μήκος 100 μέτρα και σε αυτόν πραγματοποιείτο το φαινόμενο. Το μήκος των 100 μέτρων επιλέχθηκε ώστε να αντιστοιχεί σε ένα αντιπροσωπευτικό μήκος μίας πλευράς ενός οικοδομικού τετραγώνου σε μία κεντρική γειτονιά της Αθήνας, αλλά και γιατί αποτελεί ένα βήμα αναφοράς. Οι άλλοι δύο συνδέσμοι (αρχικός και τελικός), είχαν πολύ μικρό μήκος και σκοπός τους ήταν να ικανοποιούν τη συνθήκη που απαιτείται από το TransModeler, για την ύπαρξη τέτοιων συνδέσμων ώστε να πραγματοποιηθεί αυτό το μοτίβο παράνομης στάσης ή στάθμευσης.

Το οδικό δίκτυο και στους τρεις συνδέσμους είχε δύο λωρίδες κυκλοφορίας και ήταν μονής κατεύθυνσης (οχήματα κινούνταν από τα αριστερά προς τα δεξιά). Το φαινόμενο πραγματοποιείτο στη δεξιά λωρίδα κίνησης του κεντρικού συνδέσμου. Η κατηγορία της οδού, λόγω της ύπαρξης δύο λωρίδων κυκλοφορίας, θεωρήθηκε ως συλλεκτήρια (collector). Συλλεκτήρια οδός ορίζεται εκείνη η οποία κατανέμει τις μετακινήσεις από τις αρτηρίες στις τοπικές οδούς και αντίστροφα, και εξυπηρετεί τόσο την πρόσβαση όσο και τη σύνδεση (Φραντζεσκάκης κ.ά., 2009).

4.2.2. Σύσταση κυκλοφορίας

Η σύσταση της κυκλοφορίας στο στάδιο αυτό, αντιστοιχεί σε μία μέση κατάσταση για την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας και αντλήθηκε από τον ιστότοπο της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛ.ΣΤΑΤ.). Τα πρωτογενή στοιχεία που ήταν διαθέσιμα στη βάση δεδομένων ήταν ο απόλυτος αριθμός για κάθε τύπο οχήματος στην περιοχή της Αττικής και ο οποίος κατέχει άδεια

κυκλοφορίας για το έτος 2010. Στη συνέχεια, τα στοιχεία αυτά ανήχθησαν σε ποσοστό επί τοις εκατό και αυτό αποτέλεσε στοιχείο εισόδου για το πρόγραμμα προσομοίωσης. Στο TransModeler μία επιπλέον κατηγοροποίηση είναι απαραίτητη, και σχετίζεται με το διαχωρισμό των επιβατικών αυτοκινήτων σε χαμηλών, μεσαίων και υχηλών επιδόσεων. Το ποσοστό κάθε υποκατηγορίας είναι το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση ευαισθησίας μίας λωρίδας κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και θεωρήθηκε με το σκεπτικό πως στις αστικές περιοχές υπάρχει προτίμηση για χρήση οχημάτων μικρού κυβισμού (και άρα χαμηλών επιδόσεων), καθώς και με το γεγονός της κρίσιμης οικονομικής περιόδου που αποθαρίνει τη χρήση οχημάτων υψηλών επιδόσεων. Τα απόλυτα νούμερα ανά τύπο οχήματος και το ποσοστό αυτών παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Είδος οχήματος	**Καταγραφές**	**Ποσοστό (%)**		**Ποσοστό επί των επιβατικών (%)**	**Ποσοστό επί του συνόλου (%)**
Επιβατικά	2.756.052	74,0%	Χαμηλών επιδόσεων	50%	37,0%
			Μεσαίων επιδόσεων	35%	25,9%
			Υψηλών επιδόσεων	15%	11,1%
Φορτηγά	285.817	7,7%			
Μοτοσυκλέτες	669.614	18,0%			
Λεωφορεία	12.733	0,3%			
Σύνολο	3.724.216	100,0%			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 6: Σύσταση κυκλοφορίας κατά το στάδιο της ανάλυσης ευαισθησίας (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ.

4.2.3. Παράμετροι στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος

Οι παράμετροι που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά και τη διάρκεια του φαινομένου θεωρήθηκαν σταθερά για το σύνολο των δοκιμών. Η μόνη παράμετρος η οποία αποτελούσε μεταβλητή ήταν εκείνη της πρόθεσης. Το TransModeler ακολουθεί για τον υπολογισμό της διάρκειας της παράνομης στάσης ή στάθμευσης για κάθε όχημα κανονική κατανομή, για την οποία απαιτούνται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση ως στοιχεία εισόδου. Συνεπώς, για κάθε επανάληψη θεωρήθηκε πως η μέση παραμονή ήταν 300 δευτερόλεπτα (5 λεπτά της ώρας) με τυπική απόκλιση 100 δευτερόλεπτα (1 λεπτό και 40 δευτερόλεπτα) και βήμα στάθμευσης τα 10 μέτρα. Αναλυτικά η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται από το λογισμικό για την πραγματοποίηση του φαινομένου και τη σχέση πρόθεσης-πιθανότητας παρουσιάζεται στο 3^{ο} κεφάλαιο.

4.2.4. Μελέτη

Μετά τη δημιουργία του οδικού δικτύου, την εισαγωγή των δεδομένων σχετικά με τη σύσταση τις κυκλοφορίας και των παραμέτρων που σχετίζονται με το φαινόμενο, ακολούθησε η πραγματοποίηση σειράς δοκιμών. Στις δοκιμές αυτές ελέγχθηκε ένα εύρος πρόθεσης από τους χρήστες για κυκλοφοριακούς φόρτους 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100 και 1200 οχήματα ανά ώρα. Ο κυκλοφοριακός φόρτος των 1200 οχημάτων ανά ώρα θεωρήθηκε ως άνω όριο καθώς σε αυτό παρατηρήθηκε πως υπήρχε σταθεροποίηση των επιπτώσεων που σχετίζονται με τη μέση ταχύτητα κίνησης στο δίκτυο σε σχέση με τον αμέσως προηγούμενο κυκλοφοριακό φόρτο (1100 οχήματα ανά ώρα).

Η πρόθεση που δοκιμάστηκε είχε τιμές 0% (όπου στο δίκτυο δεν εμφανίζεται το φαινόμενο), 1%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% και 70%. Το άνω όριο (70%) θεωρήθηκε καθώς στοιχεία σχετικά με τις επιπτώσεις έμεναν σταθερά σε σχέση με την πρόθεση 60%.

Η μελέτη έγινε σε διάρκεια μίας ώρας, κατά την πρωινή αιχμή (από τις 08:00 έως τις 09:00). Μελετήθηκαν οι επιπτώσεις που είχε το φαινόμενο στη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων του δικτύου (σε χιλιότερα ανά ώρα), στη συνολική καθυστέρηση του δικτύου (σε ώρες) και στο συνολικό χρόνο στάσης στο δίκτυο (σε ώρες).

Για κάθε δοκιμή απαιτείται σειρά επαναλήψεων. Ο απαιτούμενος αριθμός επαναλήψεων θεωρήθηκε εκείνος στον οποίο εμφανίζεται σταθεροποίηση της μέσης τιμής και της διασποράς μεταξύ των επαναλήψεων των παρατηρούμενων ποσοτήτων. Συγκεκριμένα, για κάθε επανάληψη υπολογίστηκε η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση που προκύπτει εφόσον, η τελευταία επανάληψη συμβάλει στη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση που έχει προκύψει από τις προηγούμενες επαναλήψεις. Διαπιστώθηκε πως, για να υπάρχει σταθεροποίηση για κάθε περίπτωση απαιτούνται 15 επαναλήψεις για κάθε ζεύγος πρόθεσης παράνομης στάθμευσης-φόρτου. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 1800 επαναλήψεις (15 επαναλήψεις επί 12 φόρτους επί 10 προθέσεις). Τελική τιμή για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων κάθε ζεύγους πρόθεσης-φόρτου θεωρείται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των 15 επαναλήψεων.

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 0%

Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται απουσία οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Χαρακτηριστικό αυτής της περίπτωσης είναι η σταθερότητα μεταξύ των τιμών, που παρατηρούνται τόσο στη μέση ταχύτητα όσο και στην

καθυστέρηση του δικτύου αλλά και στο χρόνο σε στάση, ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου.

Για την περίπτωση των 100 οχημάτων ανά ώρα, η μέση ταχύτητα φτάνει τα 77,7 χαώ με χαμηλή τυπική απόκλιση (0,8 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο και ο χρόνος σε στάση έχουν μηδενικές τιμές. Αυξάνοντας το φόρτο στα 200 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο έφτασε τα 77,9 χαώ, με τυπική απόκλιση 0,6 χαώ, ενώ δεν εμφανίζεται καμία καθυστέρηση στο δίκτυο. Φτάνοντας ο φόρτος μελέτης τα 300 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων μετά από 15 επαναλήψεις διαμορφώθηκε στα 77,7 χαώ με χαμηλή τυπική απόκλιση (0,6 χαώ). Επίσης, η καθυστέρηση στο δίκτυο και ο χρόνος σε στάση έχουν μηδενική τιμή. Καθυστέρηση δεν εμφανίζεται και για την περίπτωση των 400 οχημάτων ανά ώρα, ενώ η μέση ταχύτητα έχει υψηλή τιμή που φτάνει τα 77,7 χαώ χωρίς να παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις (τυπική απόκλιση ίση με 0,6 χαώ).

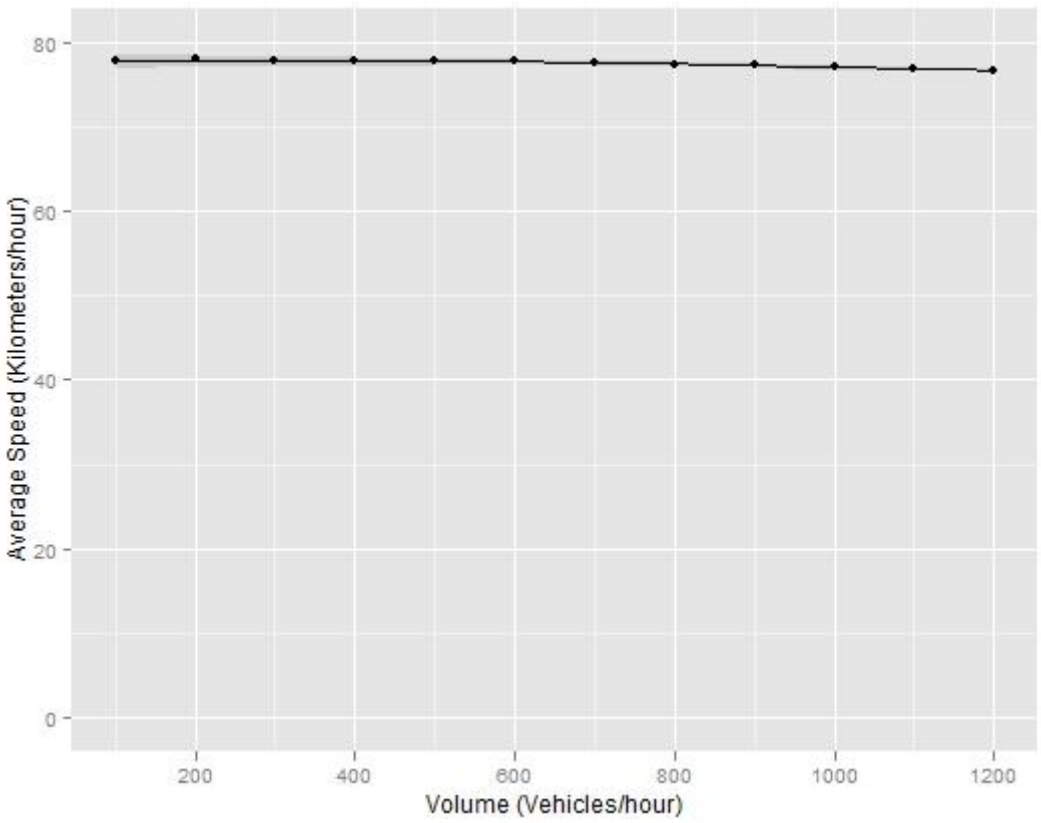
Σταθερή παραμένει η μέση τιμή της ταχύτητας, η οποία διαμορφώνεται στα 77,7 χαώ και για την περίπτωση των 500 και 600 οχημάτων ανά ώρα, με τις παρατηρήσεις να παρουσιάζουν μικρή τυπική απόκλιση (0,4 χαώ και 0,3 χαώ αντίστοιχα). Και σε αυτές τις περιπτώσεις ο χρόνος σε στάση και η καθυστέρηση στο δίκτυο παρουσιάζουν μηδενικές τιμές. Για 700 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα των οχημάτων εμφανίζει μέση τιμή ίση με 77,6 χαώ και πολύ μικρή τυπική απόκλιση (0,3 χαώ). Για πρώτη φορά ωστόσο, καταγράφεται καθυστέρηση στο δίκτυο, ίση με 0,1 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση παραμένει σε μηδενικές τιμές. Τα ίδια χαρακτηριστικά εμφανίζονται και με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 800 οχήματα ανά ώρα, όπου η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας φτάνει 77,4 χαώ, με μικρή τυπική απόκλιση (0,3 χαώ). Υπάρχει μία μικρή καθυστέρηση στο δίκτυο, ίση με 0,1 της ώρας χωρίς έντονες διακυμάνσεις (τυπική απόκλιση μικρότερη του 0,1) και μηδενικός χρόνος σε στάση.

Καθώς ο κυκλόφοριακός φόρτος αυξάνει και εμφανίζει τις μεγαλύτερες τιμές, τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν μεγάλη μεταβολή σε σχέση με τους μεσσαίους και χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους. Η μέση ταχύτητα κίνησης για 900 οχήματα ανά ώρα εξακολουθεί να εμφανίζει υψηλές τιμές (77,3 χαώ) με μικρή τυπική απόκλιση (0,3 χαώ). Χρόνος σε στάση δεν υπάρχει ενώ, στο δίκτυο υπάρχει μία πολλή μικρή καθυστέρηση (0,1 της ώρας), με σχεδόν μηδενική τυπική απόκλιση. Για την περίπτωση των 1000 οχημάτων ανά ώρα, η μέση ταχύτητα μετά το πέρας το 15 επαναλήψεων εμφανίζει και σε αυτή την περίπτωση υψηλές τιμές (77,0 χαώ) με πολύ χαμηλή τυπική απόκλιση (0,3 χαώ). Για την καθυστέρηση στο δίκτυο καταγράφεται μέση τιμή ίση με 0,1 της ώρας, ενώ ο χρόνος σε στάση εξακολουθεί να εμφανίζει μηδενικές τιμές. Στα 76,8 χαώ και 76,7 χαώ υπολογίστηκε η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας για κυκλοφοριακούς φόρτους 1100 και 1200 οχήματα ανά ώρα αντίστοιχα. Η

τυπική απόκλιση επίσης, παραμένει σταθερά χαμηλή (0,2 της ώρας) και για τις δύο περιπτώσεις, ενώ η καθυστέρηση καταγράφεται στο 0,1 της ώρας. Σε καμία επανάληψη δεν εμφανίζεται χρόνος σε στάση στο δίκτυο.

Συνοψίζοντας, παρατηρείται ότι με την απουσία παράνομα σταθμευμένων οχημάτων η μέση ταχύτητα παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

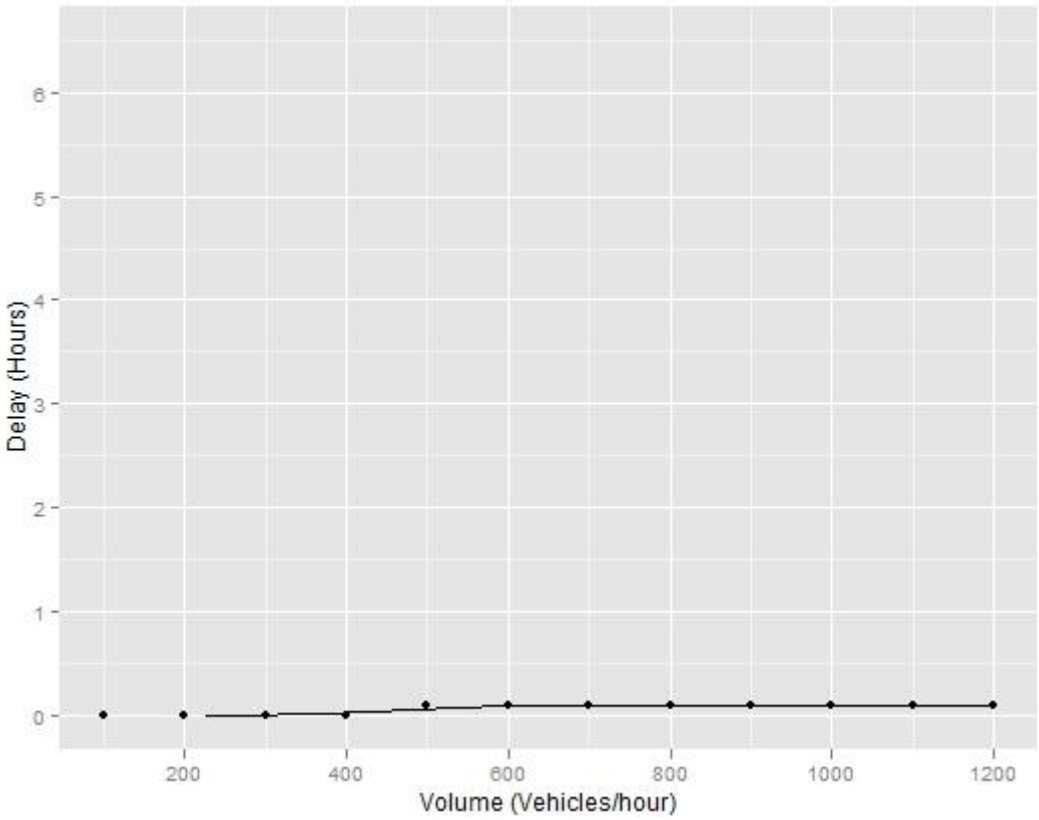
- Ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου παρουσιάζει σταθερά υψηλές τιμές (γύρω στα 77 χαώ).
- Παρουσιάζει πολύ μικρή διασπορά. Οι τυπικές αποκλίσεις, μετά το πέρας των 15 επαναλήψεων, παίρνουν τιμές που δεν ξεπερνούν το 1,0 χαώ σε καμία περίπτωση.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 19: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για την καθυστέρηση στο δίκτυο σημειώνονται τα ακόλουθα:

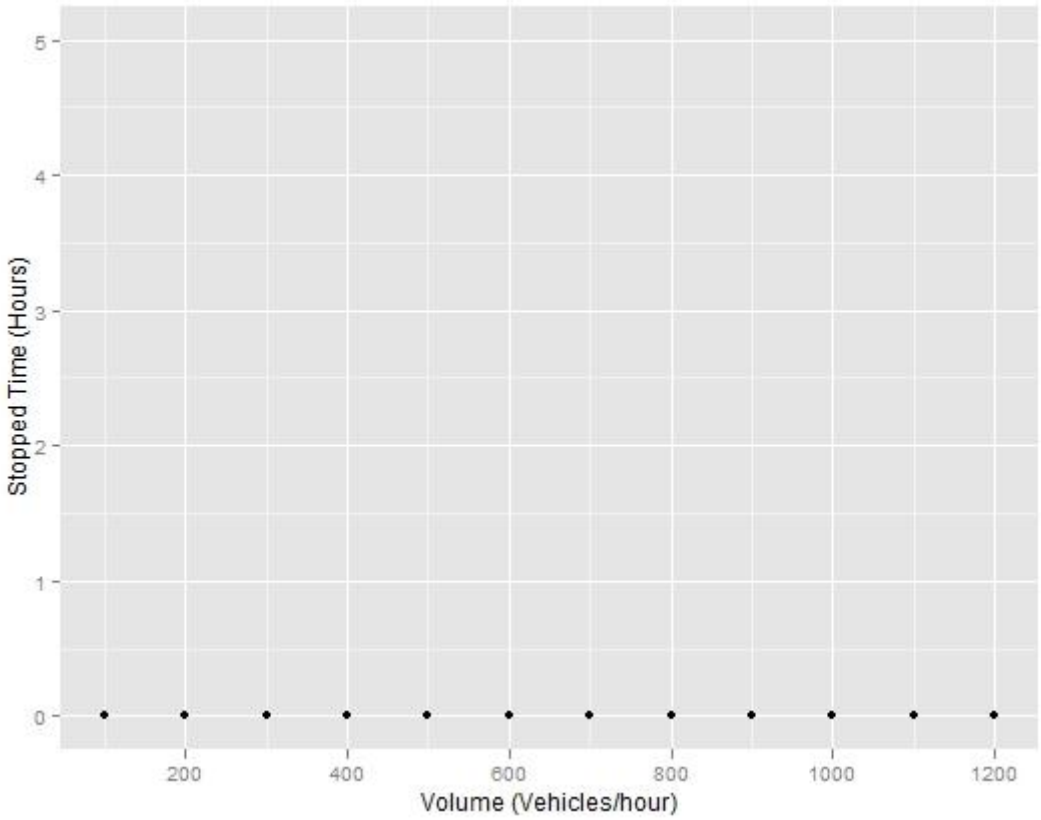
- Είναι μηδενική για χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.
- Για μεσαίους και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους εμφανίζει τιμές, οι οποίες είναι εξαιρετικά χαμηλές (κυμαίνονται στο 0,1 της ώρα).
- Εμφανίζει πολύ μικρές τιμές τυπικής απόκλισης.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 20: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Το τελευταίο χαρακτηριστικό μέγεθος που μελετήθηκε είναι ο χρόνος σε στάση. Για πρόθεση 0% καταγράφονται οι εξής επισημάνσεις:

- Οι τιμές είναι μηδενικές ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου.
- Η τυπική απόκλιση είναι μηδενική καθώς δεν καταγράφονται μετρήσεις.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 21: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 0% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 1%

Οι οδηγοί που έχουν πρόθεση, βρίσκονται στην περίπτωση αυτή, στο 1% των χρηστών που κάνουν χρήση της δεξιάς λωρίδας της οδού. Στο ποσοστό αυτό, καθώς είναι αρκετά μικρό παρατηρήθηκε ότι στους χαμηλούς και μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους υπήρχαν επαναλήψεις στις οποίες κανένα όχημα στάθμευσε παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Η διαπίστωση αυτή έγινε παρατηρώντας τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τα παρατηρούμενα στοιχεία (μέση ταχύτητα, καθυστέρηση και χρόνος σε στάση). Συγκεκριμένα, στις περιπτώσεις που η μέση ταχύτητα έφτανε σε τιμές που ξεπερνούσαν τα 75 χαώ, η καθυστέρηση του δικτύου τιμές που δεν ξεπερνούσε τις 0,1 της ώρας και όταν ο χρόνος σε στάση δεν ξεπερνούσε τη μηδενική τιμή τότε, θεωρήθηκε πως κανένα όχημα δε πραγματοποιεί το συγκεκριμένο τύπο παράνομης στάθμευσης καθώς ταυτίζονται με αυτές της πιθανότητας 0%. Στις περιπτώσεις αυτές έλαβε μέρος στους υπολογισμούς μόνον ο αριθμός των επαναλήψεων που παρουσιάζεται το φαινόμενο και απαιτήθηκε, σε περιπτώσεις που δεν συγκεντρώνονταν 10 τέτοιες επαναλήψεις, να πραγματοποιηθούν εκ νέου και άλλες ώστε, σε κάθε περίπτωση να υπάρχουν τουλάχιστον 10.

Για το χαμηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο που μελετήθηκε (100 οχήματα ανά ώρα) παρουσιάστηκαν 7 επαναλήψεις από τις 15 αρχικές για τις οποίες κανένα όχημα δε στάθμευε παράπλευρ άλλου σταθμευμένου οχήματος στη διάρκεια της μίας ώρας. Αυτό οφείλεται στο χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο σε συνδυασμό με τη χαμηλή πρόθεση. Τα αποτελέσματα των επαναλήψεων που απορρίφθηκαν είναι τα παρακάτω:

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
2	75.8	0.0	0.0
4	77.3	0.0	0.0
6	78.2	0.0	0.0
8	78.7	0.0	0.0
10	79.6	0.0	0.0
11	78.1	0.0	0.0
14	77.4	0.0	0.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 7: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 100 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Καθώς απαιτήθηκαν 10 τουλάχιστον επαναλήψεις στις οποίες πραγματοποιείται το φαινόμενο για να μελετηθεί, μία σειρά νέων επαναλήψεων πραγματοποιήθηκε. Από μία σειρά 10 νέων δοκιμών έγιναν αποδεχτές οι 5 και λειτουργώντας προσθετικά με τις 8 αρχικές έφτασαν τις 13. Από τις 13 αυτές επαναλήψεις υπολογίστηκε η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για όλα τα παρατηρούμενα μεγέθη. Συγκεκριμένα, τα οχήματα κινούνται με μία μέση ταχύτητα 51,1 χαώ για την οποία όμως παρατηρείται εξαιρετικά μεγάλη τυπική απόκλιση (9,4 χαώ). Η καθυστέρηση του δικτύου φτάνει το 0,1 της ώρας με τυπική απόκλιση 0,1 της ώρας. Εμφανίζεται επίσης χρόνος σε στάση, ο οποίος όμως είναι αμελητέος.

Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 200 οχήματα ανά ώρα παρατηρήθηκε πως σε 6 από τις 15 επαναλήψεις δεν υπήρξε κάποιο όχημα να σταθμεύσει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Ο λόγος είναι ο συνδυασμός του χαμηλού κυκλοφοριακού φορτού και της χαμηλής πρόθεσης. Οι 6 επαναλήψεις που απορρίφθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
3	76,2	0,0	0,0
4	77,7	0,0	0,0
6	78,1	0,0	0,0
7	77,8	0,0	0,0
9	78,4	0,0	0,0
10	78,2	0,0	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 8: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 200 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για να ικανοποιείται το ελάχιστο όριο που έχει τεθεί πραγματοποιήθηκε ένας δεύτερος κύκλος επαναλήψεων. Από αυτόν, σε 4 επαναλήψεις παρουσιάστηκε τουλάχιστον ένα όχημα το οποίο πραγματοποίησε στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Τελικά το σύνολο των επαναλήψεων από τις οποίες υπολογίστικε η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των παρατηρούμενων ποσοτήτων ήταν 13. Με βάση τα αποτελέσματα των 13 επαναλήψεων η μέση ταχύτητα κίνησης οχημάτων στο δίκτυο είναι 53,5 χαώ παρουσιάζοντας ωστόσο, μεγάλη τυπική απόκλιση (7,6 χαώ). Η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει το 0,2 της ώρας με τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Επίσης, είναι και η πρώτη φορά που εμφανίζεται καταγραφόμενος χρόνος σε στάση, ο οποίος είναι ίσος με 0,1 της ώρας.

Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 300 οχήματα ανά ώρα παρατηρήθηκαν 2 επαναλήψεις οι οποίες πρέπει να εξαιρεθούν καθώς είναι εμφανές από τα αποτελέσματα πως κανένα όχημα δε στάθμευσε παράνομα. Τα αποτελέσματα των 2 αυτών επαναλήψεων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
4	76,9	0,0	0,0
11	77,7	0,0	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 9: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 300 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Ωστόσο, επειδή ο αριθμός των εναπομεινουσών επαναλήψεων είναι μεγαλύτερος των 10, τα αποτελέσματα εξήχθησαν από αυτές τις επαναλήψεις χωρίς να πραγματοποιηθούν νέες. Η μέση ταχύτητα κίνησης είναι ίση με 54,2 χαώ με μεγάλη τυπική απόκλιση (9,0 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει το 0,2 της ώρας με τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση

στο δίκτυο είναι ίσος με 0,2 της ώρας και σχεδόν ταυτίζεται με το συνολικό χρόνο καθυστέρησης στο δίκτυο. Παρουσιάζει επίσης, τυπική απόκλιση η οποία φτάνει το 0,1 της ώρας.

Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 400 οχήματα ανά ώρα και για τη δεδομένη πρόθεση υπήρξαν δύο περιπτώσεις (επαναλήψεις), στις οποίες κανένα όχημα δεν πραγματοποίση στάση ή στάθμευση παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μικρό αριθμό οδηγών που έχουν πρόθεση να το πράξουν. Οι παρατηρήσεις που προκύπτουν από τις δύο αυτές περιπτώσεις εξαιρούνται κατά τον υπολογισμό της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης των παρατηρούμενων ποσοτήτων. Οι εξαιρούμενες τιμές είναι οι εξής:

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
4	77,0	0,0	0,0
12	77,6	0,0	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 10: Επαναλήψεις που απορρίφθησαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 400 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για τον υπολογισμό των αντιπροσωπευτικών τιμών της μέσης ταχύτητας, της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση χρησιμοποιήθηκαν οι υπόλοιπες 13 επαναλήψεις. Νέες επαναλήψεις δε πραγματοποιήθηκαν καθώς οι 13 επαναλήψεις ξεπερνούν το κατώτατο όριο των 10 επαναλήψεων που είχε τεθεί. Τελικά, υπολογίστηκε ότι τα οχήματα κινούνται με μία μέση ταχύτητα ίση με 62,5 χαώ. Ωστόσο, και σε αυτή την περίπτωση η τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα παρουσιάζει εξαιρετικά υψηλές τιμές (8,5 χαώ). Η καταγραφόμενη καθυστέρηση στο δίκτυο είναι ίση με 0,2 της ώρας, εκ των οποίων σχεδόν η μισή (0,1 της ώρας) ταυτίζεται με το χρόνο σε στάση. Η τυπική απόκληση της καθυστέρησης του δικτύου και του χρόνου σε στάση είναι σχεδόν ίδια και ίση με 0,1 της ώρας περίπου.

Με κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 500 οχήματα ανά ώρα μόνο σε μία επανάληψη παρατηρήθηκε μη πραγματοποίηση του φαινομένου. Η επανάληψη αυτή εξαιρέθηκε και η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των στοιχείων, υπολογίστηκαν από τις 14 επαναλήψεις χωρίς να απαιτείται η πραγματοποίηση νέας σειράς επαναλήψεων. Τα στοιχεία της επανάληψης που εξαιρέθηκε παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
14	77,8	0,1	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 11: Επανάληψη που απορρίφθηκε για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 500 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Η μέση ταχύτητα κίνησης σταθεροποιείται στα 58,4 χαώ με τυπική απόκλιση ίση με 6,2 χαώ. Ο χρόνος σε στάση είναι περίπου 0,2 της ώρας και παρουσιάζει τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 0,3 της ώρας και τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Για την περίπτωση των 600 οχημάτων ανά ώρα, παρατηρήθηκε πως 3 σειρές παρατηρήσεων πρέπει να εξαιρεθούν, καθώς κατά τη διαδικάσια της προσωμοίωσης κανένα όχημα δε στάθμευσε παράνομα. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχήματων, της καθυστέρησης στο σύνολο του δικτύου και του χρόνου σε στάση στο δίκτυο υπολογίστηκαν από τις υπόλοιπες 12 επαναλήψεις. Οι παρατηρήσεις που εξαιρέθηκαν παρουσιάζονται στον πάρακάτω πίνακα:

Επανάληψη	Μέση ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
2	77,6	0,1	0,0
5	77,2	0,1	0,0
11	77,0	0,1	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 12: Επαναλήψεις που απορρίφθηκαν για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 600 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας υπολογίστηκαν στα 55,5 χαώ και 6,7 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση στο δίκτυο είναι 0,4 της ώρας και παρουσιάζει μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Ο χρόνος σε στάση φτάνει περίπου το μισό της συνολική καθυστέρησης του δικτύου (0,2 της ώρας) και έχει τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Για κυκλοφορικό φόρτο ίσο με 700 οχήματα ανά ώρα δεν εξαιρέθηκε καμία επανάληψη καθώς σε όλες παρατηρήθηκε τουλάχιστον ένα όχημα το οποίο στάθμευσε παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Από τις 15 επαναλήψεις υπολογίστηκε η μέση ταχύτητα κίνησης στο δίκτυο ίση με 58,8 χαώ, η οποία όμως και σε αυτή την περίπτωση παρουσίασε μεγάλη διασπορά (9,6 χαώ). Η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει το 0,4 της ώρας με τυπική απόκλιση που φτάνει στο 0,2 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση στο δίκτυο υπολογίστηκε περίπου στο μισό της συνολικής καθυστέρησης του δικτύου (0,2 της ώρας), παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Καμία παρατήρηση δεν εξαιρέθηκε και στην περίπτωση που ο κυκλοφοριακκός φόρτος έφτασε τα 800 οχήματα ανά ώρα καθώς, σε όλες τις περιπτώσεις τουλάχιστον ένα όχημα στάθμευσε παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Η μέση τιμή και η τυπική διασπόρα της μέσης

ταχύτητας υπολογίστηκαν στα 56,8 χαώ και 6,7 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση του δικτύου έφτασε τη μισή ώρα με τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση διαμορφώθηκε στο 0,3 της ώρας με τυπική απόκλιση 0,1 της ώρας.

Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 900 οχήματα ανά ώρα η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για τις παρατηρούμενες ποσότητες υπολογίστηκε από τις 15 επαναλήψεις, καθώς καμία δεν εξαιρέθηκε. Η μέση ταχύτητα σταθεροποιήθηκε στα 55,6 χαώ ωστόσο, η διασπορά των τιμών και σε αυτή την περίπτωση είναι μεγάλη (τυπική απόκλιση ίση με 8,9 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει το 0,7 της ώρας με τυπική απόκλιση 0,3 της ώρας. Στο 0,3 της ώρας υπολογίστηκε και ο χρόνος σε στάση στο δίκτυο, ο οποίος σημειώνει διασπορά ίση με 0,2 της ώρας.

Με κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 1000 οχήματα ανά ώρα καμία σειρά παρατηρήσεων (επανάληψη) δεν εξαιρείται καθώς σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται το φαινόμενο. Η μέση ταχύτητα διαμορφώνεται στα 54,8 χαώ, με τυπική απόκλιση που φτάνει τα 6,6 χαώ. Η καθυστέρηση του δικτύου καταγράφεται στο 0,8 της ώρας έχοντας μικρή τυπική απόκλιση (0,2 της ώρας). Ο χρόνος σε στάση για το δίκτυο φτάνει το 0,3 της ώρας, ενώ παρατηρείται σημαντική τυπική απόκλιση, με βάση τη μέση τιμή, η οποία διαμορφώνεται στο 0,2 της ώρας.

Όλες οι επαναλήψεις γίνονται αποδεχτές και για την περίπτωση των 1100 οχημάτων ανά ώρα καθώς και στις 15 παρατηρήθηκε το φαινόμενο. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα μειώθηκαν στα 48,4 χαώ και 4,9 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει τις 1,1 ώρες και έχει τυπική απόκλιση 0,3 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση καταγράφεται στη μισή ώρα, έχοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Για τον υψηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο που μελετήθηκε (1200 οχήματα ανά ώρα) υπήρξε μία επανάληψη στην οποία δεν παρατηρήθηκε όχημα που στάθμευσε παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος και συνεπώς, εξαιρέθηκε. Τα στοιχεία αυτής παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Επανάληψη	Μέση Ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
6	76,6	0,1	0,0

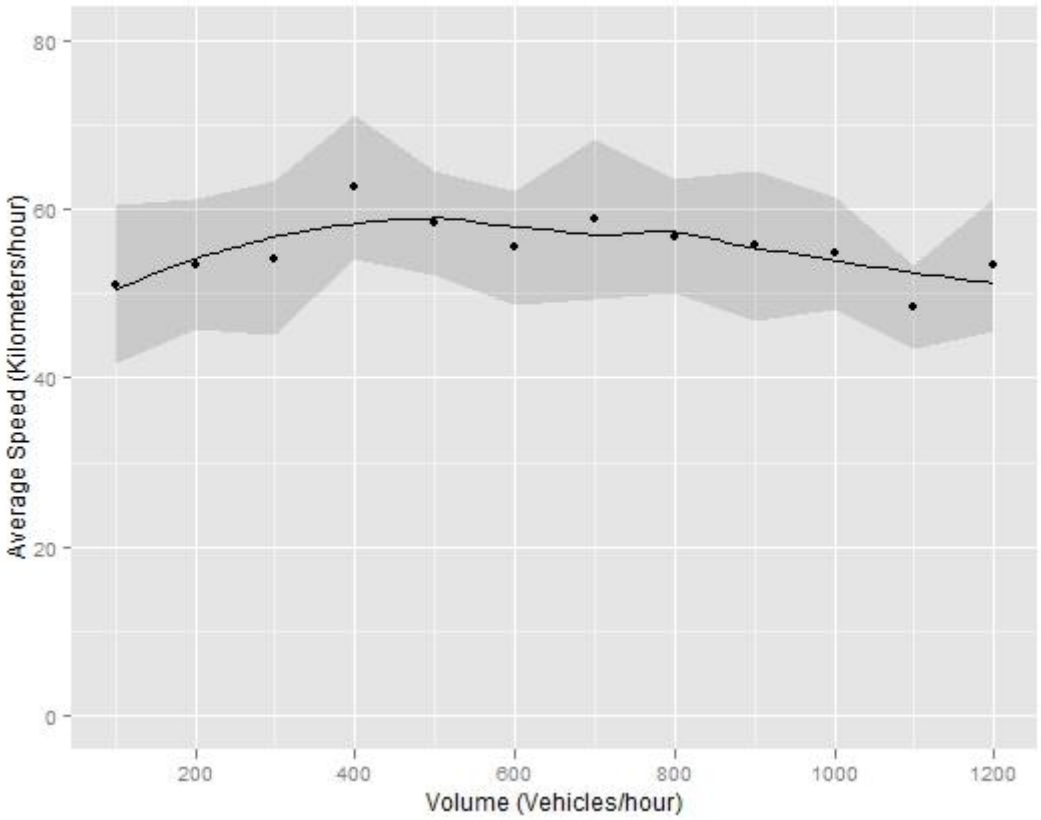
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 13: Επανάληψη που απορρίφθηκε για πρόθεση 1% και κυκλοφοριακό φόρτο 1200 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα, την καθυστέρηση στο σύνολο του δικτύου και το χρόνο σε στάση υπολογίστηκε

από τις υπόλοιπες 14 επαναλήψεις. Για τη μέση ταχύτητα η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση διαμορφώθηκαν στα 53,4 χαώ και 7,7 χαώ αντίστοιχα, ενώ για την καθυστέρηση στη μία ώρα (1,0) και 0,4 της ώρας. Τέλος, ο χρόνος σε στάση έφτασε το 0,4 της ώρας και η τυπική απόκλιση στο 0,2 της ώρας.

Το πρώτο χαρακτηριστικό μέγεθος που μελετάται είναι η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο. Για το μέγεθος αυτό και για τη συγκεκριμένη πρόθεση (1%), μπορούν να γίνουν οι εξής επισημάνσεις:

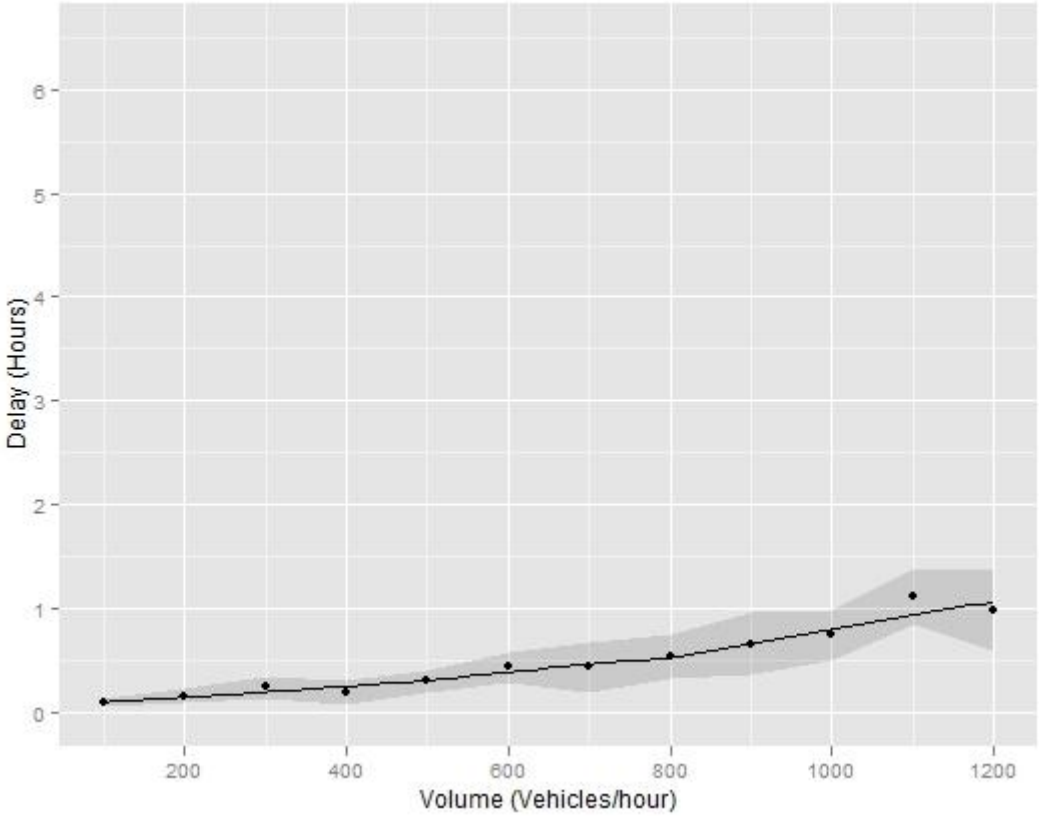
- Η μέση ταχύτητα παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές για χαμηλούς (έως 400 οχήματα ανά ώρα) και υψηλούς (από 900 οχήματα ανά ώρα και πάνω) κυκλοφοριακούς φόρτους.
- Παρατηρείται πολύ μεγάλη διασπορά των παρατηρήσεων μετά την εκτέλεση της σειράς των επαναλήψεων, η οποία γίνεται εμφανής στις τιμές που παίρνει η τυπική απόκλιση και οι οποίες κυμαίνονται από 4,9 χαώ έως 9,6 χαώ.
- Η τυπική απόκλιση παραμένει σχεδόν σταθερή ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 22: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Η καθυστέρηση του δικτύου για τη συγκεκριμένη πρόθεση παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Δεν εμφανίζει μηδενικές τιμές. Δηλαδή σε κάθε περίπτωση, ακόμα και για πολύ χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο (100 οχήματα ανά ώρα), παρατηρείται καθυστέρηση από την ύπαρξη οχήματος που στάθμευσε παράπλευρ άλλου σταθμευμένου οχήματος.
- Το εύρος της μέσης τιμής ξεκινά από σχεδόν μηδενική και φτάνει έως και τη 1 ώρα.
- Η μέση τιμή αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Η διασπορά των μετρήσεων αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος. Για τις χαμηλότερες τιμές κυκλοφοριακού φόρτου εμφανίζεται η μικρότερη διασπορά, ενώ για τις υψηλότερες τιμές η μεγαλύτερη.

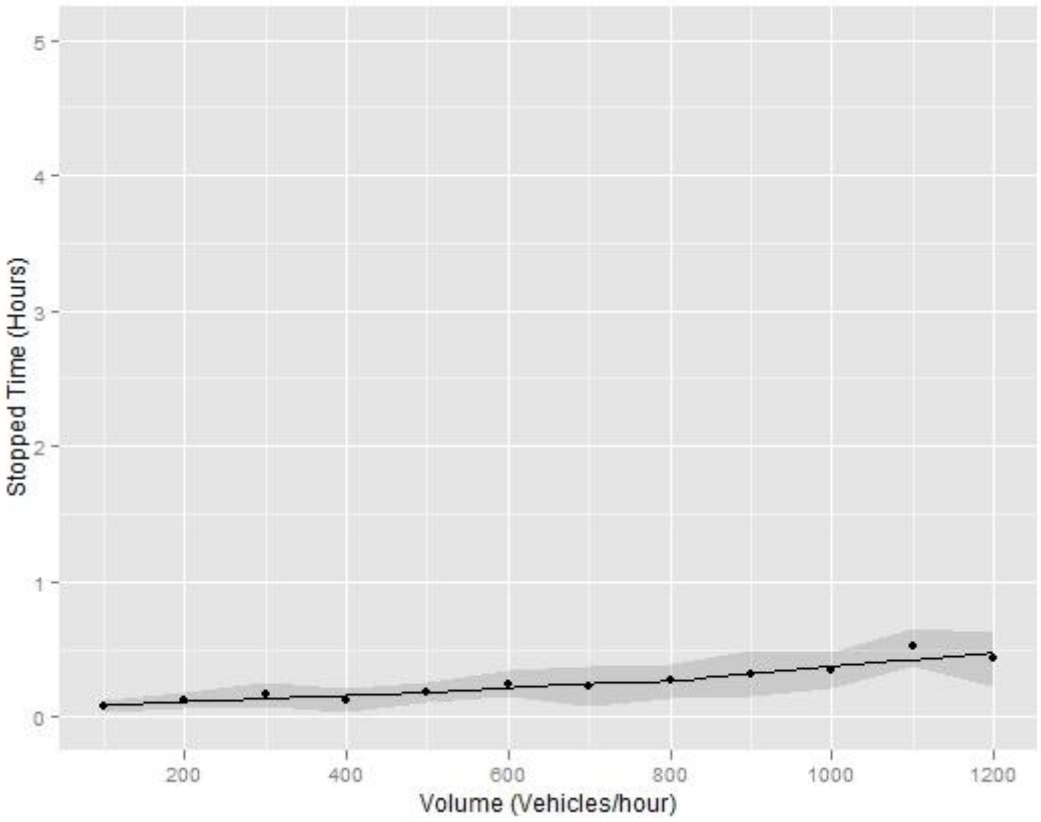


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 23: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Ο χρόνος σε στάση για το δίκτυο, για πρόθεση 1%, παρουσιάζει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Δεν εμφανίζει σε καμία περίπτωση μηδενική τιμή. Η ύπαρξη του φαινομένου συνεπάγεται και την ύπαρξη χρόνου σε στάση για οποιοδήποτε κυκλοφοριακό φόρτο.

- Σημειώνονται τιμές πάντα χαμηλότερες από αυτές της καθυστέρησης.
- Οι τιμές φτάνουν έως και τη μισή ώρα, ενώ για χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους κυμαίνονται στο 0,1 της ώρας.
- Σημειώνεται αύξηση των τιμών όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Η τυπική απόκλιση αυξάνει όσο αυξάνει ο κυκλοφοριακός φόρτος. Έτσι παρατηρείται μεγαλύτερη διασπορά των τιμών για μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους, ενώ είναι σχεδόν μηδενική για μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 24: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 1% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 5%

Η πρόθεση 5% συνεπάγεται πως αυτό το ποσοστό των οδηγών που διαπερνούν από τη δεξιά λωρίδα του δικτύου έχουν πρόθεση να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Ωστόσο, λόγω του χαμηλού ποσοστού αλλά και του τρόπου που πραγματοποιεί το TransModeler το φαινόμενο, στους χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους (100 και 200 οχήματα ανά ώρα) παρατηρήθηκαν επαναλήψεις στις οποίες δεν παρατηρείται όχημα το οποίο πραγματοποιεί παράνομη στάθμευση. Το συμπέρασμα αυτό προήλθε από την εποπτεία των αποτελεσμάτων για τη μέση ταχύτητα, την

καθυστέρηση που καταγράφεται στο δίκτυο αλλά και το χρόνο σε στάση. Όπως έγινε και πριν, αν η ταχύτητα, η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση κυμαίνονται στα επίπεδα που κυμαίνονταν όταν η πρόθεση ήταν 0%, τότε η επανάληψη εξαιρείται από τον υπολογισμό της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης των παρατηρούμενων ποσοτήτων.

Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 100 οχήματα ανά ώρα παρατηρήθηκε πως μία σειρά δεδομένων (επανάληψη) έπρεπε να μη συμπεριληφθεί καθώς, κανένα όχημα δε στάθμευσε παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Η επανάληψη που δε συμμετείχε παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Επανάληψη	Μέση Ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
2	76,1	0,0	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 14: Επανάληψη που απορρίφθηκε για πρόθεση 5% και κυκλοφοριακό φόρτο 100 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Η μέση ταχύτητα σταθεροποιείται στα 34,0 χαώ με τυπική απόκλιση που φτάνει τα 8,2 χαώ και συνεπάγεται σημαντική διασπορά των μετρήσεων. Η καθυστέρηση στο δίκτυο εμφανίζει μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας) και μέση τιμή που φτάνει το 0,2 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση για το δίκτυο αποτελεί μεγάλο ποσοστό της συνολικής καθυστέρησης (έχει τιμή που φτάνει το 0,2 της ώρας) και παρουσιάζει μικρή τυπική απόκλιση, ίση με 0,1 της ώρας.

Για την περίπτωση των 200 οχημάτων ανά ώρα, μία επανάληψη δεν ικανοποίησε τη συνθήκη καθώς κανένα όχημα δε στάθμευσε παράνομα. Τα αποτελέσματα αυτής της επανάληψης απερρίφθησαν και η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση υπολογίστηκαν από τις υπόλοιπες 14 παρατηρήσεις. Η επανάληψη που απερρίφθη παρουσίασε τα εξής αποτελέσματα:

Επανάληψη	Μέση Ταχύτητα (χαώ)	Καθυστέρηση (ώρες)	Χρόνος σε στάση (ώρες)
10	78,7	0,0	0,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. 15: Επανάληψη που απορρίφθηκε για πρόθεση 5% και κυκλοφοριακό φόρτο 200 οχήματα ανά ώρα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα έφτασαν τα 37 χαώ και 10,5 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση του δικτύου φτάνει το 0,4 της ώρας, εκ των οποίων 0,3 της ώρας αποτελεί χρόνο σε στάση. Η τυπική απόκλιση και για τα δύο αυτά μεγέθη (καθυστέρηση και χρόνος σε στάση) υπολογίστηκε στο 0,1 της ώρας.

Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 300 οχήματα ανά ώρα παρατηρήθηκε σε κάθε περίπτωση τουλάχιστον ένα όχημα που στάθμευσε παράπλευρα άλλου (νόμιμα) σταθμευμένου οχήματος. Με βάση τα αποτελέσματα των 15 επαναλήψεων που πραγματοποιήθηκαν σημειώθηκε μέση τιμή για τη μέση ταχύτητα που φτάνει τα 37,4 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση που φτάνει τα 7,3 χαώ. Για τις υπόλοιπες παρατηρούμενες ποσότητες υπολογίστηκε η μέση τιμή για την καθυστέρηση του δικτύου και για το χρόνο σε στάση στο 0,6 και 0,4 της ώρας αντίστοιχα. Για τα μεγέθη αυτά παρατηρήθηκε και σχετική μικρή διασπορά των μετρήσεων, που εκφράζεται από την τυπική απόκλιση, η οποία κυμάνθηκε στο 0,2 της ώρας για τη καθυστέρηση και στο 0,1 της ώρας για το χρόνο σε στάση.

Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 400 οχήματα ανά ώρα και με τη δεδομένη πρόθεση 5%) καμία επανάληψη δεν απερρίφθη. Τα αποτελέσματα για τη μέση ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο από τη σειρά των 15 επαναλήψεων, είχαν μέση τιμή ίση με 39,9 χαώ και τυπική απόκλιση ίση με 5,5 χαώ. Για τη μέση καθυστέρηση στο δίκτυο και για το χρόνο σε στάση, υπολογίστηκε μέση τιμή ίση με 0,6 και 0,4 της ώρας αντίστοιχα. Για αυτά τα παρατηρούμενα μεγέθη επίσης παρουσιάστηκαν τυπικές αποκλίσεις ίσες με 0,2 (για τη καθυστέρηση) και 0,1 (για το χρόνο σε στάση) της ώρας.

Από τις 15 επαναλήψεις, για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 500 οχήματα ανά ώρα, προέκυψε μέση τιμή και τυπική απόκλιση ίση με 39,3 χαώ και 4,2 χαώ αντίστοιχα για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο. Η καθυστέρηση έφτασε το 0,8 της ώρας και παρουσιάζει τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Οι παρατηρήσεις για το χρόνο σε στάση παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας) και διαμορφώνουν τη μέση τιμή στη μισή ώρα.

Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 600 οχήματα ανά ώρα σε κάθε περίπτωση πραγματοποιήθηκε το φαινόμενο και συνεπώς, καμία σειρά δεδομένων δεν εξαιρέθηκε. Η μέση τιμή για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων διαμορφώθηκε στα 38,7 χαώ, ενώ οι παρατηρήσεις παρουσίασαν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 3,5 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο έφτασε τη μία ώρα, με τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση διαμορφώθηκε στο 0,6 της ώρας παρουσιάζοντας μικρή τυπική απόκλιση (0,1 της ώρας).

Όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος φτάσει τα 700 οχήματα ανά ώρα και για πρόθεση 5% η μέση ταχύτητα εμφανίζει μέση τιμή που φτάνει τα 38,6 χαώ, ενώ οι παρατηρήσεις της παρουσιάζουν μικρή τυπική απόκλιση (ίση με 3,8 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο ξεπέρασε οριακά τη μία ώρα (1,1 ώρες) ενώ, ο χρόνος σε στάση έφτασε το 0,7 της ώρας. Η τυπική απόκλιση για τα δύο παραπάνω μεγέθη κυμάνθηκε στο 0,2 και 0,1 της ώρας αντίστοιχα.

Η μέση τιμή και η τυπική διασπόρα της μέσης ταχύτητας εκτιμήθηκαν στα 39,1 χαώ και 2,5 χαώ αντίστοιχα, όταν το δίκτυο φορτίζεται με 800 οχήματα ανά ώρα. Επίσης, η καθυστέρηση του δικτύου έφτασε τις 1,3 ώρες παρουσιάζοντας μικρή τυπική απόκλιση (ίση με 0,1 της ώρας). Ο χρόνος σε στάση διαμορφώθηκε στο 0,7 της ώρας με τυπική απόκλιση 0,1 της ώρας.

Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 900 οχήματα ανά ώρα οι παρατηρήσεις για τη μέση ταχύτητα παρουσίασαν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 3,2 χαώ) και διαμόρφωσαν τη μέση τιμή στα 40,0 χαώ. Η καθυστέρηση του δικτύου φτάνει τις 1,4 ώρες με τυπική απόκλιση που είναι χαμηλή και ίση με 0,2 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση φτάνει το 0,7 της ώρας και παρουσιάζει μικρή διασπορά στις μετρήσεις του (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας).

Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 1000 οχήματα ανά ώρα, οι παρατηρήσεις για όλα τα παρατηρούμενα μεγέθη παρουσιάζουν μικρή διασπορά. Συγκεκριμένα, η ταχύτητα διαμορφώθηκε στα 38,5 χαώ παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με 2,6 χαώ. Ο χρόνος καθυστέρησης του δικτύου έφτασε τις 1,6 ώρες με τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Τέλος, ο χρόνος σε ακολουθία είχε μέση τιμή ίση με 0,8 της ώρας και τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

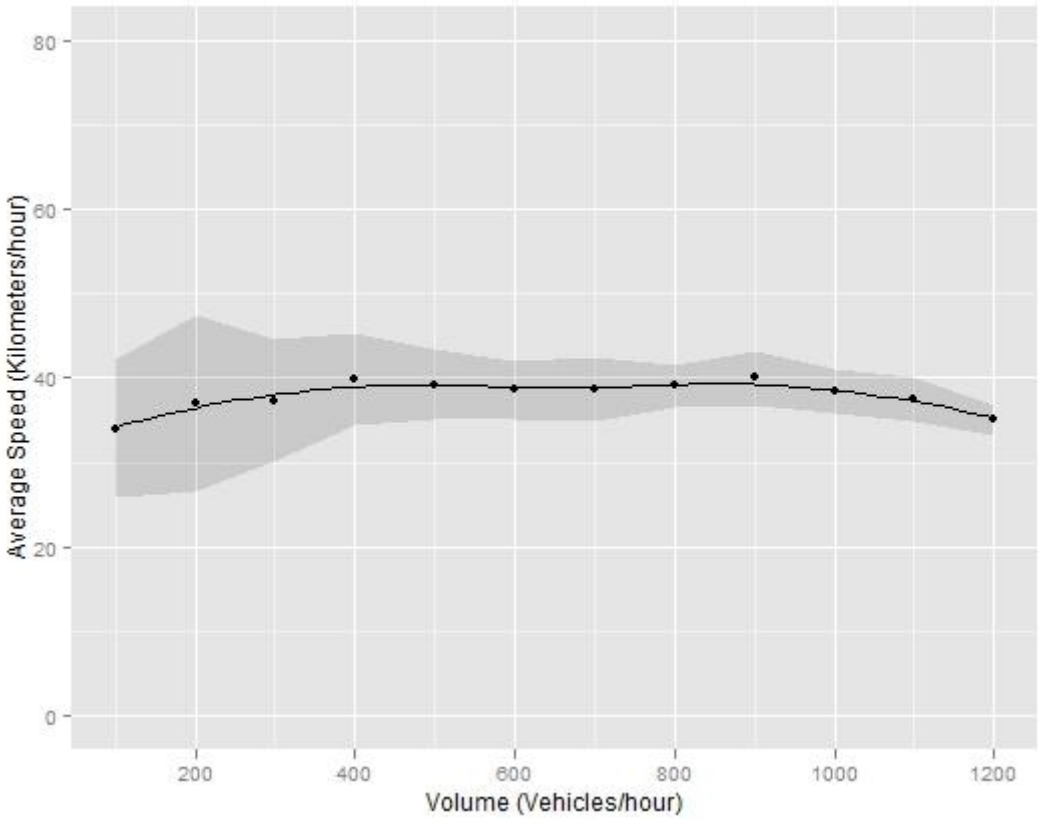
Στα 1100 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα παρουσιάζει μικρή τυπική απόκλιση (ίση με 2,6 χαώ) και μέση τιμή ίση με 37,5 χαώ. Η καθυστέρηση του δικτύου φτάνει τις 1,8 ώρες με τυπική απόκλιση ίση με 0,3 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση διαμορφώνεται στο μισό της συνολικής καθυστέρησης που παρουσιάζεται στο δίκτυο (0,9 της ώρας), ενώ παρουσιάζει τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας.

Για το μέγιστο κυκλοφοριακό φόρτο (1200 οχήματα ανά ώρα) όλα τα μετρούμενα μεγέθη παρουσιάζουν μικρή διασπορά. Η μέση ταχύτητα παρουσιάζει τυπική απόκλιση ίση με 1,8 χαώ και διαμορφώνει μέση τιμή ίση με 35,1 χαώ. Η καθυστέρηση του δικτύου ξεπερνά τις 2 ώρες (2,3 ώρες) με τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση έχει μέση τιμή ίση με 1,2 ώρες και τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα σημειώνεται πως για πιθανότητα ίση με 5% παρατηρούνται τα εξής χαρακτηριστικά για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο:

- Για χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους (έως 400 οχήματα ανά ώρα) η ταχύτητα παρουσιάζει χαμηλές τιμές. Το ίδιο συμβάίνει και για υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους (από 900 οχήματα ανά ώρα έως και 1200 οχήματα ανά ώρα). Οι μεγελύτερες τιμές της μέσης τιμής εμφανίζονται για μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους.

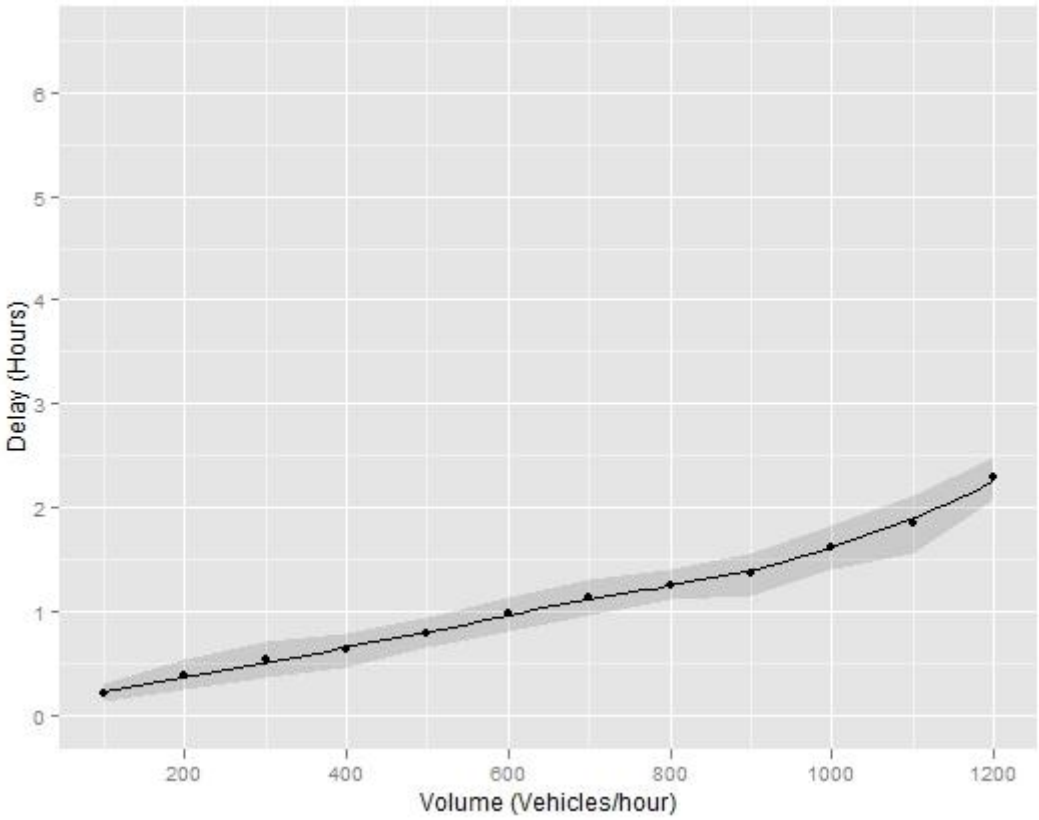
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της για χαμηλούς κυκλόφοριακούς φόρτους και μειώνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος. Για μέγιστο κυκλοφοριακό φόρτο (ίσο με 1200 οχήματα ανά ώρα) έχει και την ελάχιστη τιμή (1,8 χαώ).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 25: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Η καθυστέρηση που παρατηρείται στο δίκτυο από την ύπαρξη των παράνομα σταθμευμένων οχημάτων για πρόθεση 5% έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

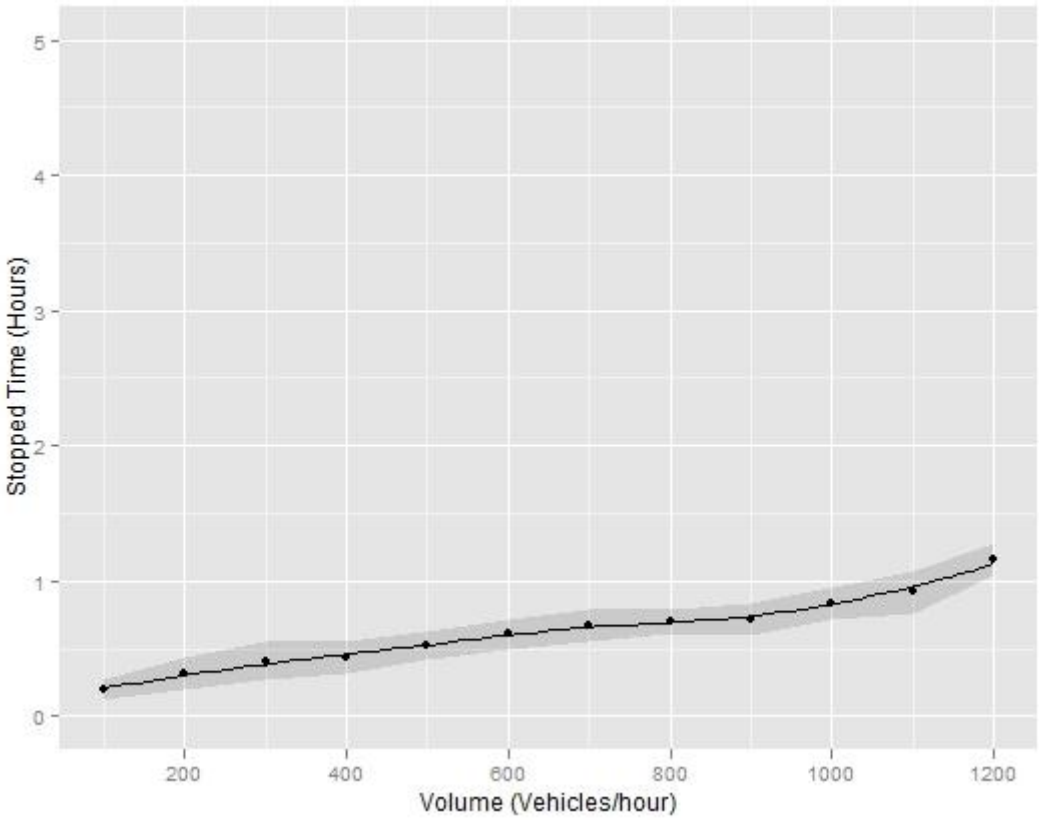
- Οι τιμές ξεκινούν από πολύ χαμηλές τιμές και φτάνουν να ξεπερνούν τις 2 ώρες. Παρουσιάζουν δηλαδή, ένα μεγάλο εύρος τιμών.
- Οι μέσες τιμές αυξάνονται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Η τυπική απόκλιση που προέκυψε από τη σειρά των επαναλήψεων παρουσιάζει γενικά μικρές τιμές, που σε καμία περίπτωση δεν ξεπερνούν το 0,3 της ώρας.
- Η διασπορά των μετρήσεων παραμένει σταθερή ανεξαρτήτως του κυκλοφοριακού φόρτου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 26: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για το δίκτυο υπολογίστηκε ο χρόνος σε στάση και ο οποίος, για τη συγκεκριμένη πρόθεση (5%), φέρει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Σημειώνονται τιμές πάντα χαμηλότερες από αυτές της καθυστέρησης
- Οι τιμές παρουσιάζουν ένα σημαντικό εύρος. Κυμαίνονται από 0,2 της ώρας έως και 1,2 ώρες.
- Σημειώνεται αύξηση των τιμών όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος
- Η τυπική απόκλιση παίρνει μικρές τιμές.
- Η τυπική απόκλιση παραμένει σταθερή ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 27: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 5% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 10%

Για πρόθεση 10% εξετάζονται και πάλι οι επιπτώσεις του φαινομένου στα τρία παρατηρούμενα μεγέθη (μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων, καθυστέρηση στο δίκτυο και χρόνος σε στάση). Για αυτή την πιθανότητα, σε κάθε περίπτωση τουλάχιστον ένα όχημα πραγματοποίση στάση ή στάθμευσε παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος και συνεπώς το σύνολο των επαναλήψεων χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 100 οχήματα ανά ώρα η μέση ταχύτητα παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 29,8 χαώ και μεγάλη διασπορά των παρατηρήσεων (τυπική απόκλιση ίση με 11,9 χαώ). Η καθυστέρηση του δικτύου παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 0,3 της ώρας και τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Ωστόσο, το σύνολο σχεδόν της καθυστέρησης αποτελείται από χρόνο που χάνεται, λόγω της στάσης των οχημάτων, (0,3 της ώρας) ενώ, η τυπική απόκλιση αυτού του μεγέθους παρατήρησης είναι ίση με 0,1 της ώρας. Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 200 οχήματα ανά ώρα, προέκυψε μέση τιμή για τη μέση ταχύτητα ίση με 30,3 χαώ, που συνοδεύεται από τυπική απόκλιση ίση με 6,1 χαώ. Η καθυστέρηση που καταγράφεται στο

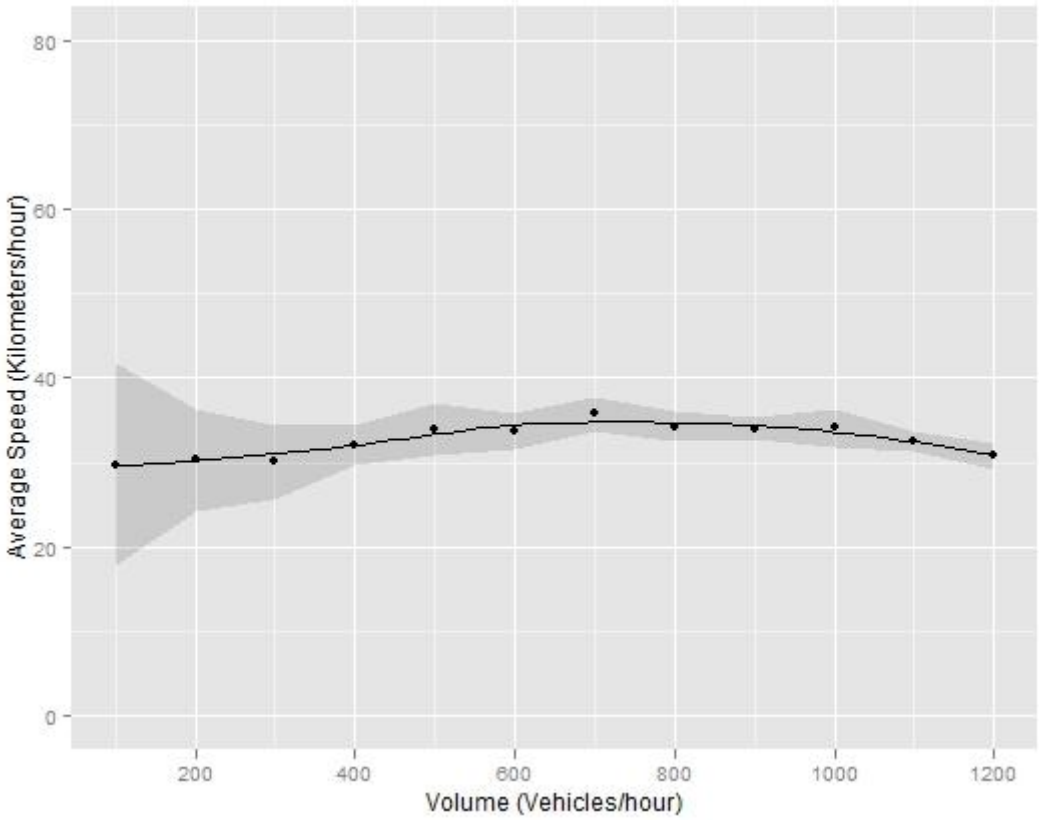
δίκτυο, παρουσιάζει μέση τιμή ίση με μισή ώρα (0,5 της ώρας) και τυπική απόκλιση που φτάνει το 0,2 της ώρας. Τέλος, ο χρόνος σε στάση φτάνει το 0,3 της ώρας, ενώ παρουσιάζει και μία τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 300 οχήματα ανά ώρα και για τη δεδομένη πρόθεση (10%), η μέση ταχύτητα διαμορφώνεται στα 30,1 χαώ με μέση διασπορά των παρατηρήσεων (τυπική απόκλιση ίση με 4,4 χαώ). Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για το παρατηρούμενο μέγεθος της καθυστέρησης διαμορφώνονται στο 0,8 και 0,2 της ώρας αντίστοιχα. Ο χρόνος σε στάση αποτελεί σχεδόν το 75% της καθυστέρησης του δικτύου καθώς καταγράφει τιμή ίση με 0,6 της ώρας με μικρή τυπική απόκλιση (ίση με 0,1 της ώρας). Για 400 οχήματα ανά ώρα, από τη σειρά των επαναλήψεων υπολογίστηκε η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στα 32,1 χαώ, και η τυπική απόκλιση στα 2,3 χαώ. Ο χρόνος σε στάση και η καθυστέρηση του δικτύου κατέγραψαν μέση τιμή 0,7 και 0,9 της ώρας αντίστοιχα, ενώ και τα δύο διαμόρφωσαν τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Για μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους, και συγκεκριμένα με τη φόρτιση του δικτύου με 500 οχήματα ανά ώρα η μέση ταχύτητα διαμορφώθηκε στα 33,9 χαώ χωρίς να παρατηρείται μεγάλη διασπορά των μετρήσεων (η τυπική απόκλιση διαμορφώθηκε στα 3,1 χαώ). Η καθυστέρηση του δικτύου έφτασε τη μία ώρα, με τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση αποτελεί το 70% περίπου της συνολικής καθυστέρησης του δικτύου καθώς, διαμορφώνεται στο 0,7 της ώρας παρουσιάζοντας μικρή διασπορά μεταξύ των παρατηρήσεών (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Μετά την πραγματοποίση των 15 επαναλήψεων για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 600 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων διαμορφώθηκε στα 33,7 χαώ, ενώ οι παρατηρήσεις παρουσίασαν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 2,1 χαώ). Από τις παρατηρήσεις η καθυστέρηση στο δίκτυο έφτασε τις 1,2 ώρες ενώ η τυπική απόκλιση διαμορφώθηκε στο 0,1 της ώρας. Τέλος, ο χρόνος σε στάση για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 600 οχήματα ανά ώρα έφτασε το 0,8 της ώρας παρουσιάζοντας μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 700 οχήματα ανά ώρα η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο έφτασε τα 35,8 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με με 2,1 ώρες. Η καθυστέρηση στο δίκτυο και ο χρόνος σε στάση είχαν μέση τιμή 1,3 ώρες και 0,8 της ώρας αντίστοιχα, ενώ η τυπική απόκλιση και για τις δύο αυτές παρατηρούμενες ποσότητες παρουσίασε εξαιρετικά χαμηλές τιμές (0,1 της ώρας). Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 800 οχήματα ανά ώρα, οι παρατηρήσεις για τη μέση ταχύτητα δεν παρουσίαζαν μεγάλη διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με με 1,7 χαώ) και διαμόρφωσαν τη μέση τιμή στα 34,3 χαώ. Η καθυστέρηση στο δίκτυο έφτασε τις 1,6 ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Η τελευταία παρατηρούμενη ποσότητα (χρόνος σε στάση) είχε μέση τιμή ίση με 0,9 της ώρας και τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος φτάσει τα 900 οχήματα ανά ώρα η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων διαμορφώνονται στα 34,1χαώ και 1,2 χαώ αντίστοιχα. Στις 1,8 ώρες έφτασε η καθυστέρηση του δικτύου, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Τη μία ώρα έφτασε ο χρόνος σε στάση, του οποίου οι μετρήσεις παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 1000 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα διαμόρφωσε μέση τιμή και τυπική απόκλιση στα 34,1 χαώ και 2,2 χαώ αντίστοιχα. Επίσης, από τις 15 επαναλήψεις για την καθυστέρηση του δικτύου υπολογίστηκε η μέση τιμή στις 2 ώρες, ενώ οι παρατηρήσεις έδειξαν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση 0,2 της ώρας). Ο χρόνος σε στάση ξεπέρασε τη μία ώρα (1,1 ώρες) με τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας. Στην περίπτωση που ο κυκλοφοριακός φόρτος φτάνει τα 1100 οχήματα ανά ώρα παρατηρείται πως, για όλες τις καταγραφόμενες ποσότητες, οι παρατηρήσεις παρουσιάζουν πολύ μικρή διασπορά. Συγκεκριμένα, για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο η τυπική απόκλιση φτάνει τα 1,2 χαώ, με μέση τιμή που διαμορφώθηκε στα 32,5 χαώ. Η καθυστέρηση στο δίκτυο σημειώνει ίδια τυπική απόκλιση με εκείνη του χρόνου σε στάση, η οποία περιορίζεται στο 0,1 της ώρας. Η μέση τιμή της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση διαμορφώθηκε στις 2,4 ώρες και 1,3 ώρες αντίστοιχα. Για το μέγιστο κυκλοφοριακό φόρτο (1200 οχήματα ανά ώρα) τέλος, η μέση ταχύτητα διαμορφώθηκε στα 30,8 χαώ με τυπική απόκλιση ίση με 1,7 χαώ. Η καθυστέρηση του δικτύου έφτασε τις 2,9 ώρες, ενώ η τυπική απόκλιση διαμορφώθηκε στο 0,3 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση κυμάνθηκε στο 50% της συνολικής καθυστέρησης του δικτύου (μέση τιμή ίση με 1,5 ώρες) και παρατηρήθηκε τυπική απόκλιση ίση με 0,2 της ώρας.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα για τη συγκεκριμένη πρόθεση (10%), για την περίπτωση της μέσης ταχύτητας σημειώνονται τα ακόλουθα:

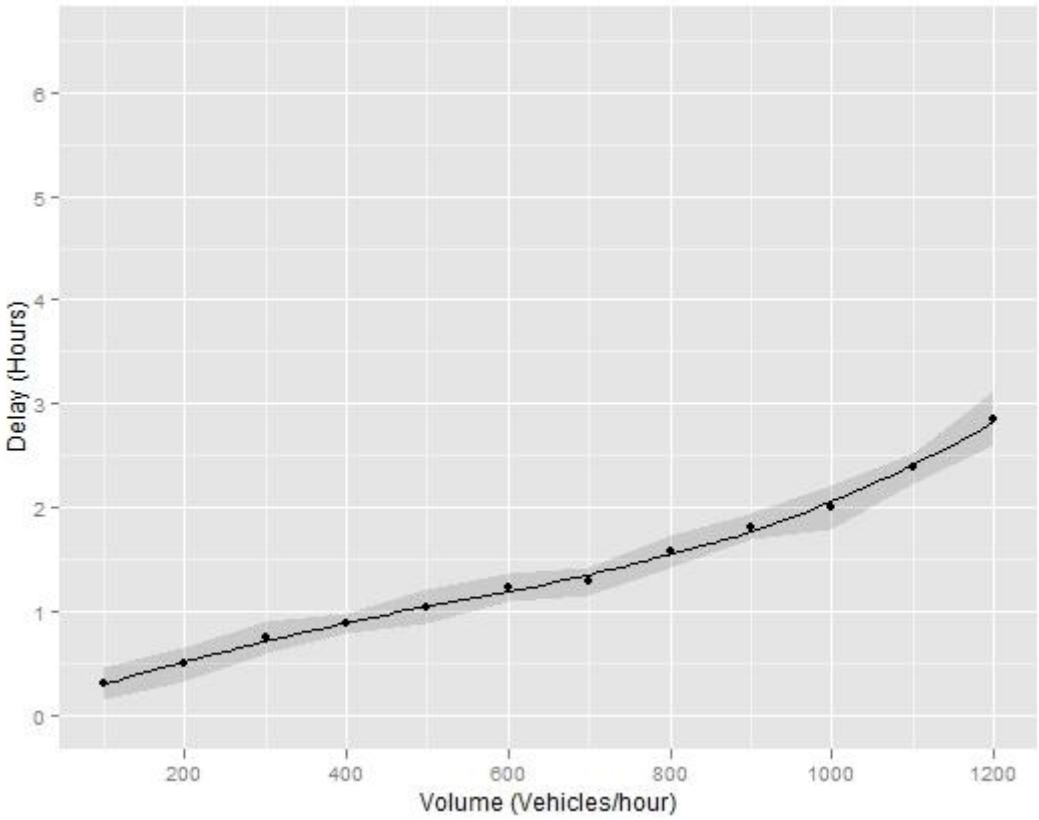
- Η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές για μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους (έως 400 οχήματα ανά ώρα), τις μεγαλύτερες τιμές για μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους (από 400 έως και 900 οχήματα ανά ώρα) και ξανά χαμηλές τιμές για τους υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους (από 900 οχήματα ανά ώρα και πάνω).
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της για χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους. Καθώς όμως, αυξάνουν τα οχήματα που κινούνται στο δίκτυο, η τυπική απόκλιση μειώνεται και από τα 700 οχήματα ανά ώρα παραμένει σε σταθερά χαμηλές τιμές.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 28: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για την καθυστέρηση στο δίκτυο, για τη συγκεκριμένη πρόθεση (10%), σημειώνονται τα εξής:

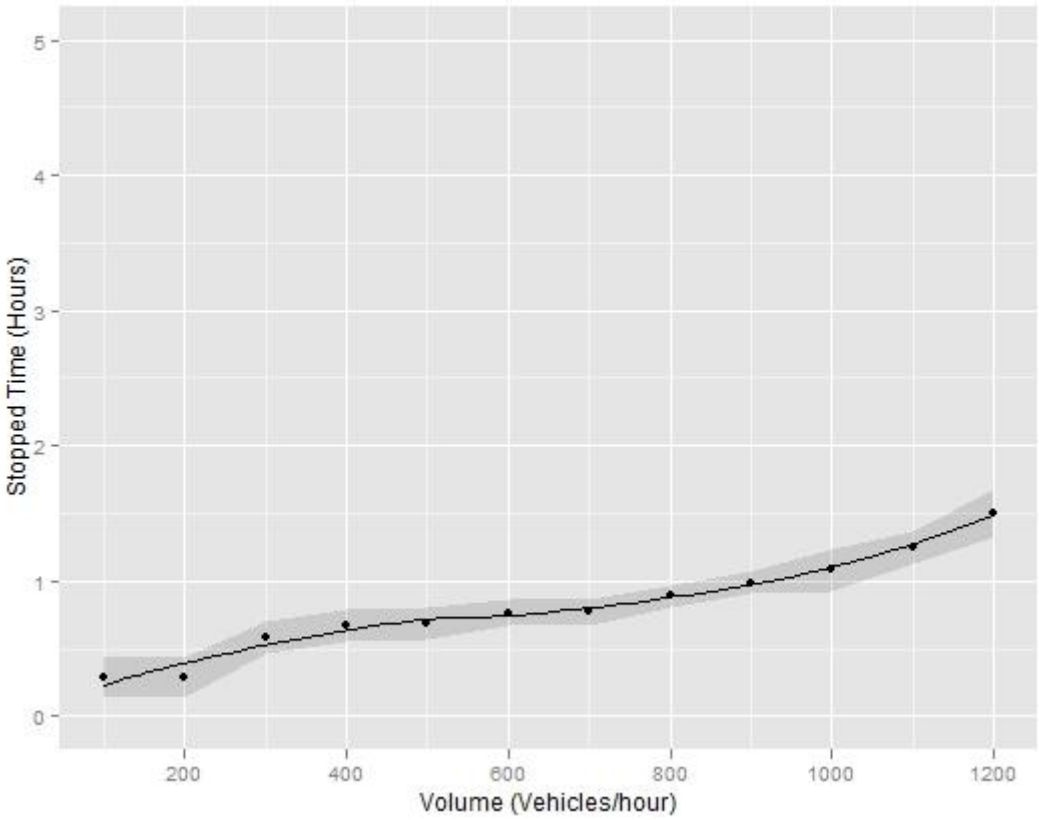
- Οι τιμές ξεκινούν από πολύ χαμηλές τιμές (0,3 της ώρας) και φτάνουν σχεδόν τις 3 ώρες.
- Παρατηρείται αύξηση των τιμών καθώς αυξάνει ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Η διασπορά των σειρών των 15 παρατηρήσεων δεν είναι μεγάλη (η τυπική απόκλιση καταγράφει μέγιστη τιμή 0,3 της ώρας).
- Η τυπική απόκλιση παραμένει σταθερή όσο αυξάνονται οι κυκλοφοριακοί φόρτοι.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 29: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Ο χρόνος σε στάση παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Σημειώνονται τιμές πάντα χαμηλότερες από αυτές της καθυστέρησης
- Οι τιμές παρουσιάζουν μεγάλο εύρος (κυμαίνονται από 0,3 της ώρας έως και 1,5 ώρες).
- Σημειώνεται αύξηση των τιμών όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Η τυπική απόκλιση παίρνει μικρές τιμές.
- Η τυπική απόκλιση παραμένει σταθερή ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 30: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 10% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 20%

Σειρά επαναλήψεων πραγματοποιήθηκε και για πρόθεση 20%. Σε αυτή την περίπτωση, και για οποιοδήποτε κυκλοφοριακό φόρτο, παρατηρήθηκε πως τουλάχιστον ένα όχημα στάθμευσε παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος και συνεπώς το σύνολο των επαναλήψεων έγινε απόδεκτό.

Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 100 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 18,6 χαώ και τυπική απόκλιση ίση με 3,8 χαώ. Η καθυστέρηση στο δίκτυο παρουσιάζει μέση τιμή ίση με μισή ώρα και τυπική απόκλιση 0,2 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση αποτελεί μεγάλο ποσοστό της καθυστέρησης του δικτύου και διαμορφώνεται στο 0,4 της ώρας, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 200 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα φτάνει τα 23,1 χαώ και παρουσιάζει τυπική απόκλιση ίση με 1,9 χαώ. Η καθυστέρηση στο δίκτυο παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 0,7 της ώρας και τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση αποτελεί σχεδόν το σύνολο της καθυστέρησης, και διαμορφώνει μέση τιμή και τυπικη απόκλιση ίση με 0,6 και 0,1 της ώρας αντίστοιχα. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 300 οχήματα ανά

ώρα, η μέση ταχύτητα παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 25,2 χαώ και τυπική απόκλιση ίση με 2,2 χαώ. Η καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει τη μία ώρα και παρουσιάζει μικρή διασπορά στις παρατηρήσεις (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Το 80% της καθυστέρησης του δικτύου αποτελεί ο χρόνος σε στάση, ο οποίος φτάνει το 0,8 της ώρας, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Από τις 15 επαναλήψεις, προέκυψε ότι για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 400 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων φτάνει τα 28,4 χαώ με τυπική απόκλιση ίση με 1,5 χαώ. Η καθυστέρηση, οριακά ξεπερνά τη μία ώρα (1,1 ώρες), σημειώνοντας μικρή τυπική απόκλιση (ίση με 0,1 της ώρας). Τέλος, ο χρόνος σε στάση που παρατηρείται στο δίκτυο φτάνει το 0,8 της ώρας, παρουσιάζοντας μικρή δασπορά μεταξύ των μετρήσεων (με τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας).

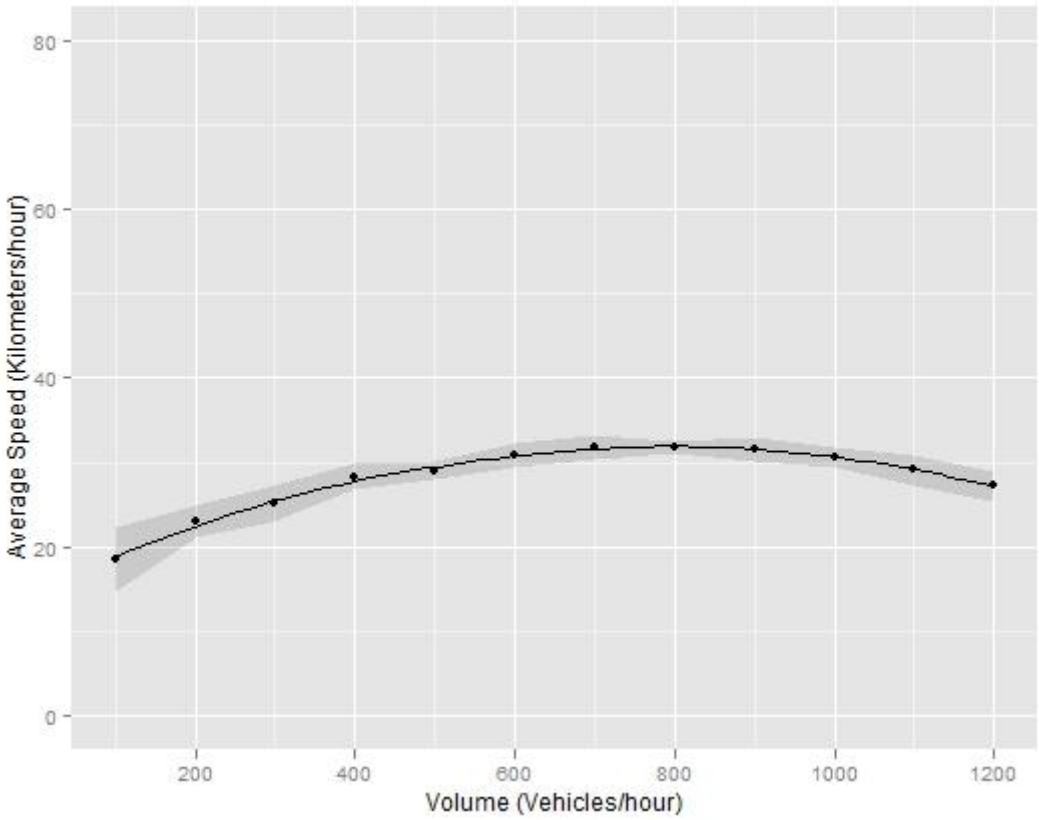
Με τη φόρτιση του δικτύου με 500 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέση ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο υπολογίστηκε από τη σειρά των επαναλήψεων στα 29,0 χαώ, παρουσιάζοντας ομοιογένεια στις παρατηρούμενες ποσότητες και συνεπώς μικρή τυπική απόκλιση (1,1 χαώ). Στις 1,3 ώρες έφτασε η καθυστέρηση του δικτύου, για την οποία παρατηρείται μικρή διασπορά των μετρήσεων (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Σχεδόν τη μία ώρα (0,9 της ώρας) έφτασε ο χρόνος σε στάση που σημειώνεται στο δίκτυο, με τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 600 οχήματα ανά ώρα, παρατηρείται πως για τη δεδομένη πρόθεση (20%), η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχηματών διαμορφώνεται στα 30,8 χαώ, με πολύ μικρή τυπική απόκλιση (1,4 χαώ). Η καθυστέρηση του δικτύου και ο χρόνος σε στάση φτάνουν τη μιάμιση ώρα και 0,9 της ώρας αντίστοιχα. Η τυπική απόκλιση και των δύο αυτών παρατηρούμενων ποσοτήτων διαμορφώθηκε στο 0,1 της ώρας. Στα 700 οχήματα ανά ώρα, για όλα τα παρατηρούμενα μεγέθη, σημειώθηκε μικρή διασπορά των μετρήσεων. Η μέση ταχύτητα παρουσίασε μέση τιμή που φτάνει τα 31,8 χαώ, με τυπική απόκλιση ίση με 1,3 χαώ. Στις 1,6 ώρες έφτασε η καθυστέρηση στο δίκτυο και στο 0,9 της ώρας ο χρόνος σε στάση. Η τυπική απόκλιση και για τα δύο αυτά μεγέθη σημείωσε τιμή 0,1 της ώρας. Η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 800 οχήματα ανά ώρα, διαμόρφωσε τη μέση τιμή της μέσης ταχύτητας στα 31,8 χαώ με εξαιρετικά χαμηλή τυπική απόκλιση (ίση με 0,7 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο έφτασε στις 1,8 ώρες με μικρή διασπορά των παρατηρήσεων (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Στη μία ώρα έφτασε ο χρόνος σε στάση στο δίκτυο, με τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Με την περαιτέρω αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου παρατηρείται μείωση της μέσης ταχύτητας και αύξησης της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση. Συγκεκριμένα για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 900 οχήματα ανά ώρα, υπολογίστηκε η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο στα 31,7 χαώ και 1,4 χαώ αντίστοιχα. Η

καθυστέρηση σημείωσε μέση τιμή ίση με 2,0 ώρες, ενώ η τυπική απόκλιση κυμάνθηκε στο 10% της μέσης τιμής περίπου (0,2 της ώρας). Ο χρόνος σε στάση μόλις ξεπέρασε τη μία ώρα (μέση τιμή 1,1 ώρες), έχοντας μικρή διασπορά στις μετρήσεις (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Στην περίπτωση των 1000 οχημάτων ανά ώρα η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων διαμορφώθηκε στα 30,7 χαώ, παρουσιάζοντας μικρή τυπική απόκλιση (1,2 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο και ο χρόνος σε στάση, παρουσίασαν μέση τιμή 2,4 ώρες και 1,3 ώρες αντίστοιχα. Η τυπική απόκλιση της συνολικής καθυστέρησης του δικτύου φτάνει το 0,2 της ώρας, ενώ του χρόνου σε στάση το 0,1 της ώρας. Για κυκλοφοριακό φόρτο 1100 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο υπολογίζονται στα 23,1 χαώ και 1,8 χαώ αντίστοιχα. Σχεδόν στις τρείς ώρες (2,9 ώρες) διαμορφώθηκε η καθυστέρηση του δικτύου, με μικρή τυπική απόκλιση (0,3 της ώρας). Ο χρόνος σε στάση φτάνει τις 1,6 ώρες με τυπική απόκλίση ίση με 0,3 της ώρας. Στα 27,2 χαώ με τυπική απόκλιση 1,8 χαώ, διαμορφώθηκε η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο, όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος φτάνει τα 1200 οχήματα ανά ώρα. Η μέση τιμή της καθυστέρησης φτάνει τις 3,5 ώρες με τυπική απόκλιση που κυμαίνεται κάτω από το 10% (0,3 ώρες). Ο χρόνος σε στάση ξεπερνά τις 2 ώρες (μέση τιμή ίση με 2,1 ώρες), με τυπική απόκλιση 0,3 ώρες.

Με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν για τη μέση τιμή και τη διασπορά των παρατηρήσεων για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο, για πρόθεση 20%, μπορούν να σημειωθούν τα εξής:

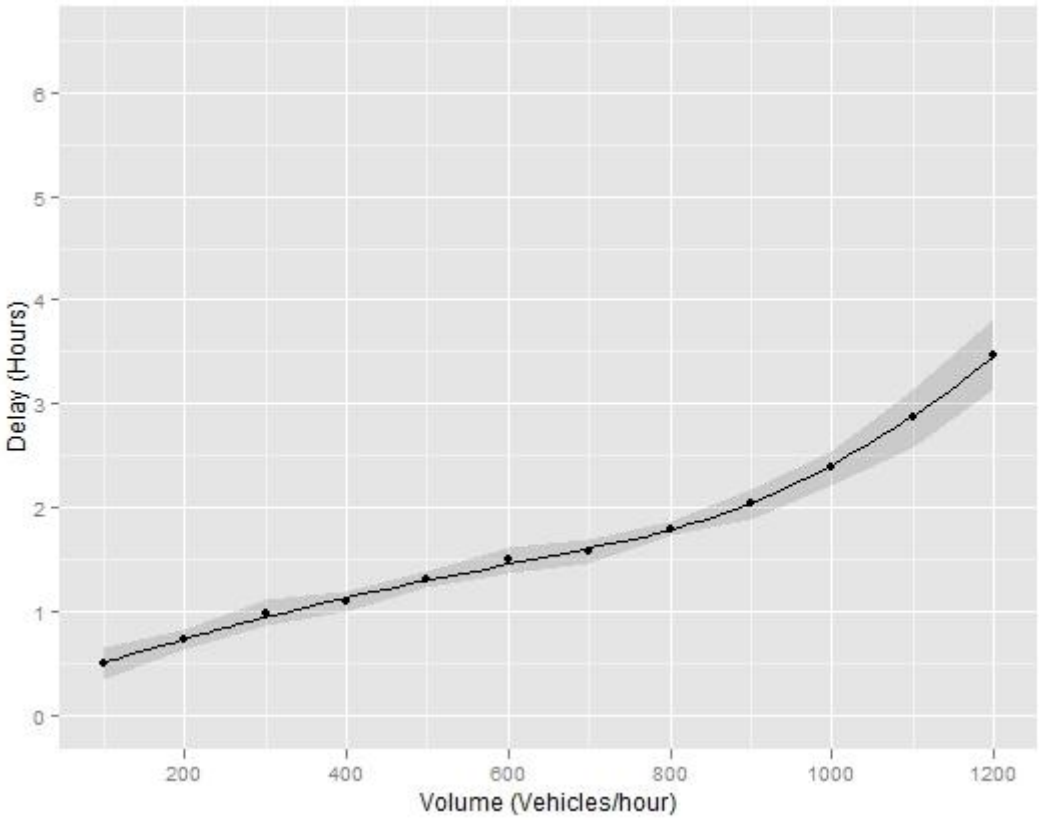
- Η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές για μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους (έως 400 οχήματα ανά ώρα), τις μεγαλύτερες τιμές για μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους (από 400 έως και 900 οχήματα ανά ώρα), και επαναλαμβάνονται οι χαμηλές τιμές για τους υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους (από 900 οχήματα ανά ώρα και πάνω).
- Η τυπική απόκλιση, που υπολογίστηκε από τις σειρές των 15 δοκιμών, παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της για χαμηλούς και υψηλούς κυκλόφοριακούς φόρτους. Όμως, για όλους τους κυκλοφοριακούς φόρτους που δοκιμάστηκαν, η τυπική απόκλιση παραμένει σε σχετικά χαμηλά επίπεδα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 31: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 20% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για την καθυστέρηση στο δίκτυο καταγράφονται τα εξής χαρακτηριστικά:

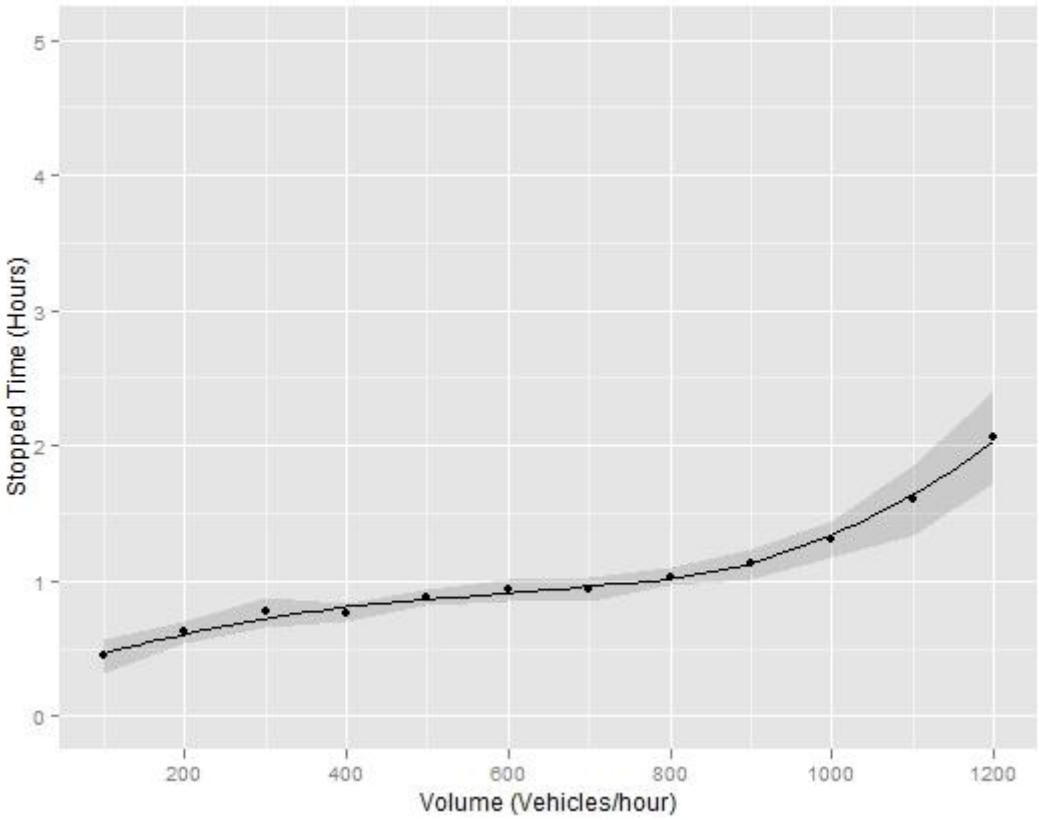
- Οι τιμές έχουν ένα πολύ μεγάλο εύρος τιμών καθώς, ξεκινούν από τη μισή ώρα και φτάνουν έως και τις 3,5 ώρες.
- Παρατηρείται αύξηση των τιμών καθώς αυξάνει ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Η τυπική απόκλιση γενικά παρουσιάζει μικρές τιμές (από 0,1 έως και 0,3 της ώρας).
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές για τους ψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 32: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 20% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Τέλος, για το χρόνο σε στάση που παρουσιάζεται στο δίκτυο σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Σημειώνονται τιμές πάντα χαμηλότερες από αυτές της καθυστέρησης
- Οι τιμές κυμαίνονται από 0,4 της ώρας έως και 2,1 ώρες.
- Σημειώνεται αύξηση των τιμών όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Η τυπική απόκλιση παίρνει σε κάθε περίπτωση μικρές τιμές.
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της στους υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 33: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 20% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 30%

Πραγματοποιήθηκε σειρά επαναλήψεων όπου 3 στους 10 οδηγούς που κινούνται στη δεξιά λωρίδα του δικτύου επιθυμούν να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Σε αυτή τη σειρά επαναλήψεων, και για οποιοδήποτε κυκλοφοριακό φόρτο, δεν παρατηρήθηκε περίπτωση όπου κανένα όχημα δε σταθμεύει παράνομα και συνεπώς, όλες οι παρατηρήσεις έγιναν αποδεκτές.

Στην περίπτωση των 100 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων, υπολογίστηκαν στα 15,7 χαώ και 2,2 χαώ αντίστοιχα. Στο 0,6 της ώρας προσδιορίστηκε η μέση τιμή της καθυστέρησης του δικτύου, η οποία σχεδόν αποκλειστικά αποτελείται από χρόνο σε στάση (με μέση τιμή 0,6 της ώρας). Η τυπική απόκλιση της συνολικής καθυστέρησης προσδιορίστηκε στο 0,2 της ώρας, ενώ του χρόνου σε στάση στο 0,1 της ώρας. Με την αύξηση του φόρτου στα 200 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας ταχύτητα φτάνει τα 19,9 χαώ, με τυπική απόκλιση ίση με 1,2 χαώ. Η καθυστέρηση του δικτύου διαμορφώνεται στο 0,9 της ώρας, παρουσιάζοντας μικρή τυπική απόκλιση (0,1 της ώρας).

Στο 0,7 της ώρας υπολογίστηκε ο χρόνος σε στάση που παρουσιάζεται στο δίκτυο, και ο οποίος εμφανίζει μικρή διασπορά στις παρατηρήσεις του (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Μετά τη σειρά των 15 επαναλήψεων για την περίπτωση των 300 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας προσδιορίστηκε στα 24,4 χαώ, με τις παρατηρήσεις να παρουσιάζουν μικρή δισπορά (τυπική απόκλιση ίση με 1,2 χαώ). Η καθυστέρηση φτάνει τη μία ώρα, με μικρή τυπική απόκλιση (0,1 της ώρας). Το 80% της καθυστέρησης του δικτύου αποτελεί ο χρόνος σε στάση (0,8 της ώρας), σημειώνοντας μικρή τυπική απόκλιση (0,1 της ώρας). Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 400 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων υπολογίστηκε στα 26,6 χαώ, με πολύ μικρή τυπική απόκλιση (0,6 χαώ). Μικρή τυπική απόκλιση παρατηρείται και στη συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο και στο χρόνο σε στάση (και στις δύο παρατηρούμενες ποσότητες υπολογίστηκε στο 0,1 της ώρας). Η μέση τιμή για την καθυστέρηση και το χρόνο σε στάση διαμορφώθηκε στις 1,2 ώρες και 0,9 της ώρας αντίστοιχα.

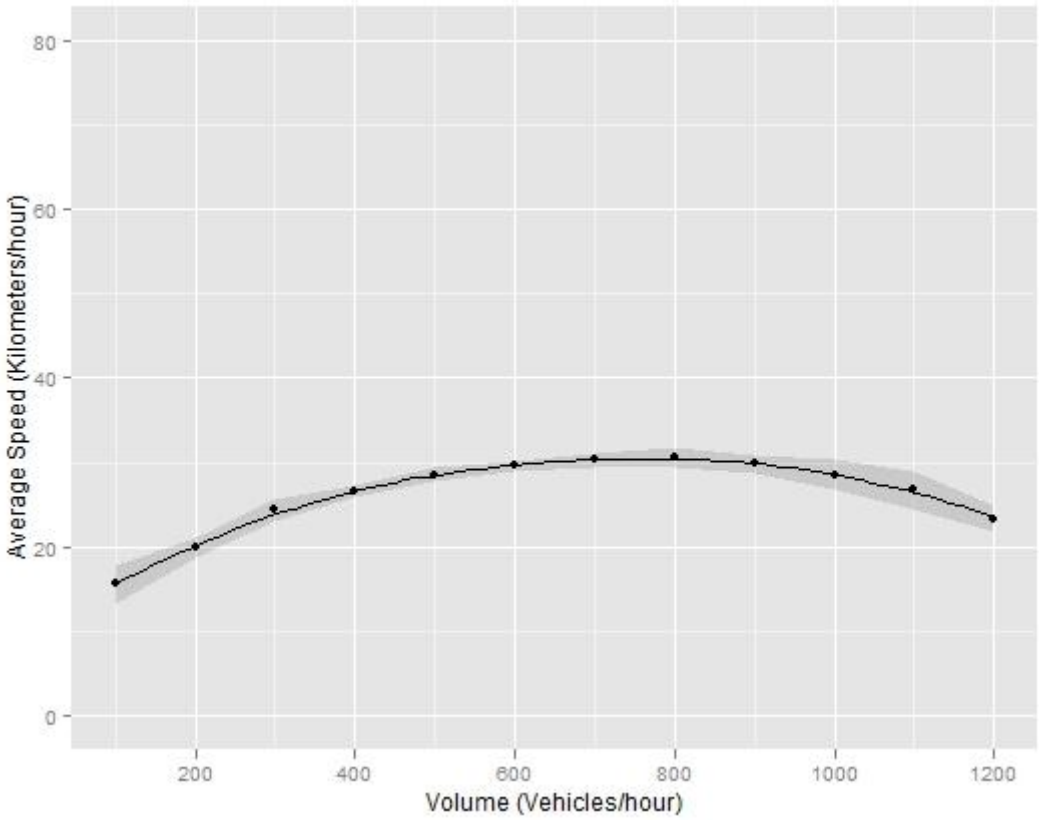
Η μέση ταχύτητα για την περίπτωση των 500 οχημάτων ανά ώρα, παρουσιάζει μέση τιμή και τυπική απόκλιση ίση με 28,6 χαώ και 0,9 χαώ αντίστοιχα. Στις 1,3 ώρες διαμορφώνεται η καθυστέρηση του δικτύου, με τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας εμφανίζεται και για το χρόνο σε στάση, ενώ η μέση τιμή υπολογίστηκε στο 0,9 της ώρας. Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στο δικτυου στα 600 οχήματα ανά ώρα η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχηματών έφτασε στα 29,6 χαώ, με πολύ μικρή τυπική απόκλιση (0,6 χαώ). Η καθυστέρηση του δικτύου και ο χρόνος σε στάση φτάνουν τη μιάμιση ώρα και 0,9 της ώρας αντίστοιχα. Η τυπική απόκλιση και των δύο αυτών παρατηρούμενων ποσοτήτων διαμορφώθηκε στο 0,1 της ώρας. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 700 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας υπολογίστηκαν στα 30,3 χαώ και 0,9 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση στο δίκτυο εμφανίζει μέση τιμή 1,7 χαώ και τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Στη μία ώρα υπολογίστηκε η μέση τιμή του χρόνου σε στάση, με επίσης μικρή τυπική απόκλιση (0,1 της ώρας). Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 800 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα διαμορφώνεται στα 30,6 χαώ, ενώ οι παρατηρήσεις παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 1,2 χαώ). Η καθυστέρηση του δικτύου παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 1,9 ώρες και μικρή τυπική απόκλιση (0,1 της ώρας). Στη μία ώρα καταγράφεται ο χρόνος σε στάση, παρουσιάζοντας ίδια τυπική απόκλιση με αυτή της συνολικής καθυστέρησης του δικτύου (0,1 της ώρας).

Για τους υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους παρατηρείται μείωση της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο και αύξηση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση. Επίσης, παρατηρείται και αύξηση των τυπικών αποκλίσεων και των τριών παρατηρούμενων μεγεθών. Συγκεκριμένα, η μέση

τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 900 οχήματα ανά ώρα διαμορφώνεται λίγο λιγότερο από τα 30 χαώ (29,9 χαώ), με τυπική απόκλιση ίση 1,1 χαώ. Στις 2,2 ώρες υπολογίστηκε η μέση τίμη της καθυστέρησης στο δίκτυο, με τυπική απόκλιση ίση 0,1 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση φτάνει τις 1,3 ώρες και τυπική απόκλιση 0,1 της ώρας. Για την περίπτωση των 1000 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας υπολογίζεται στα 28,5 χαώ, με τυπική απόκλιση 1,8 χαώ. Η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση στο δίκτυο έχουν μέση τιμή 2,7 ώρες και 1,6 ώρες αντίστοιχα. Η τυπική απόκλιση και για τα δύο παραπάνω μεγέθη φτάνει το 0,3 της ώρας. Η τυπική απόκλιση και η μέση τιμή για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων φτάνει τα τα 2,3 χαώ και 26,8 χαώ αντίστοιχα για τη σειρά δοκιμών με κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 1100 οχήματα ανά ώρα. Επίσης, η μέση καθυστέρηση στο δίκτυο ξεπερνά τις 3 ώρες (μέση τιμή 3,3 ώρες), με τυπική απόκλιση στο 0,4 της ώρας. Τις 2 ώρες άγγιξε ο χρόνος σε στάση, ο οποίος παρουσιάζει τυπική απόκλιση μεγαλύτερη από αυτή της καθυστέρησης (0,5 της ώρας). Για τον υψηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο της μελέτης (1200 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων περιορίζεται στα 23,4 χαώ, με μικρή διασπορά των παρατηρήσεων (τυπική απόκλιση ίση με 1,5 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο αυξάνεται κατά μία ώρα σε σχέση με τον αμέσως προηγούμενο κυκλοφοριακό φόρτο μελέτης (1100 οχήματα ανά ώρα) και φτάνει τις 4,3 ώρες, με τυπική απόκλιση ίση με 0,4 της ώρας. Σχεδόν τις 3 ώρες (2,9 ώρες) φτάνει η μέση τιμή του χρόνου σε στάση, ενώ οι παρατηρήσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη διασπορά από εκείνη της καθυστέρησης (τυπική απόκλιση 0,5 της ώρας).

Απο τα αποτελέσματα των στοιχείων που συκεντρώθηκαν για τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο για πρόθεση 30%, σημειώνονται τα εξής:

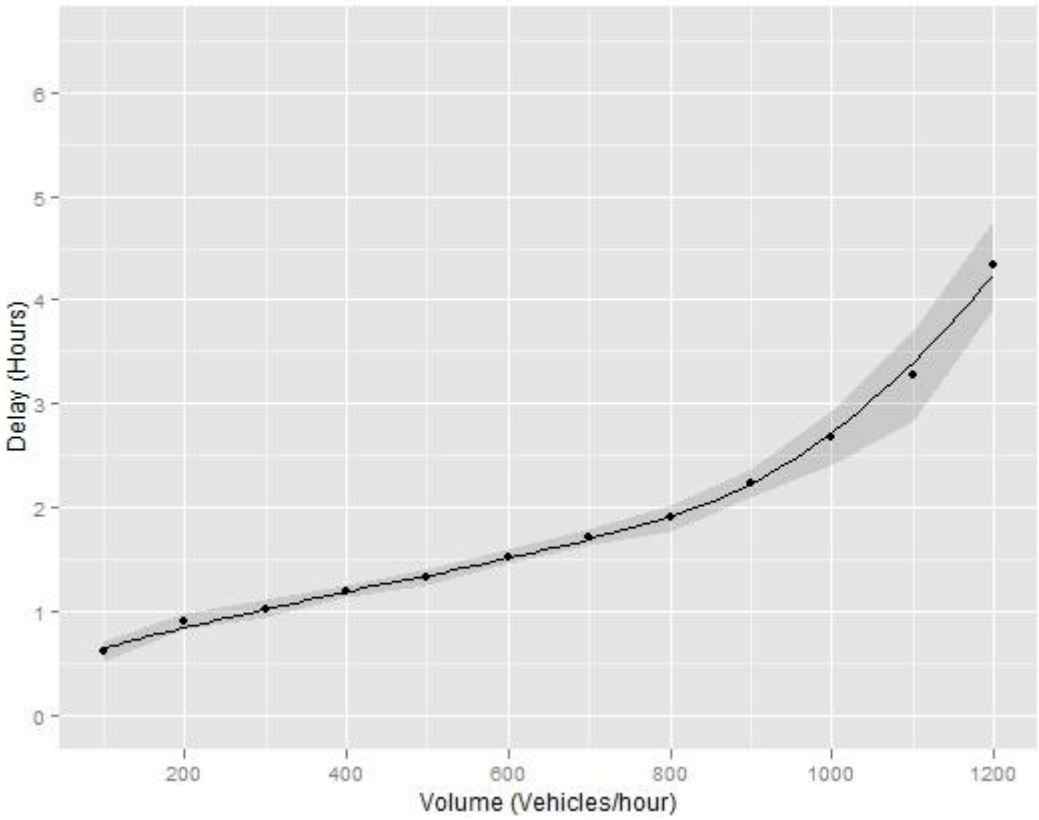
- Η μέση ταχύτητα εμφανίζει τις χαμηλότερες τιμές στους χαμηλούς και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, ενώ παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές στους μεσαίους.
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές για χαμηλούς (έως 400 οχήματα ανά ώρα) και για υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους (από 900 οχήματα ανά ώρα και πάνω).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 34: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 30% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Η καθυστέρηση του δικτύου, με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από τις σειρές των επαναλήψεων παρουσιάζει τα παρακάτω στοιχεία:

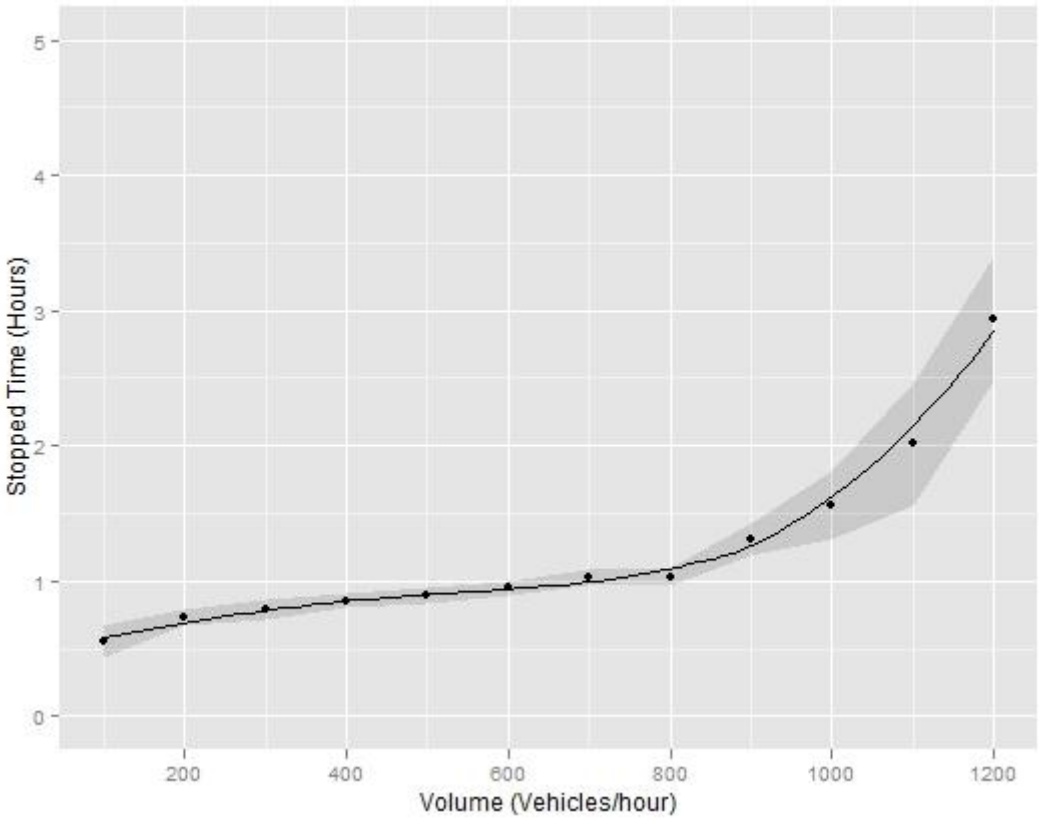
- Η μέση τιμή παρουσιάζει ένα πολύ μεγάλο εύρος, που κυμαίνεται από λίγο περισσότερο από μισή ώρα έως και 4,3 ώρες.
- Παρατηρείται αύξηση των τιμών, καθώς αυξάνει ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Η τυπική απόκλιση γενικά παρουσιάζει τιμές από 0,1 της ώρας έως και 0,4 της ώρας.
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές για τους ψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 35: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 30% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Ο χρόνος σε στάση που παρατηρείται στο δίκτυο, για τη δεδομένη πρόθεση (30%), παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Η μέση τιμή που καταγράφεται από τις 15 επαναλήψεις για κάθε κυκλοφοριακό φόρτο έχει ίση ή μικρότερη τιμή από αυτή της καθυστέρησης.
- Οι τιμές παρουσιάζουν ένα μεγάλο εύρος.
- Ο χρόνος σε στάση αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Οι μεγαλύτερες τιμές της τυπικής απόκλισης παρουσιάζονται στους υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 36: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 30% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 40%

Για τη συγκεκριμένη πρόθεση, για κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου έγιναν δεκτές και οι 15 επαναλήψεις, καθώς σε όλες τις περιπτώσεις τουλάχιστον ένα όχημα στάθμευσε παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος.

Για χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, παρατηρείται πως όλες οι παρατηρούμενες ποσόστητες έχουν τις χαμηλότερες ποσότητες. Συγκεκριμένα, για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 100 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα σημειώνει μέση τιμή ίση με 14,7 χαώ, με τυπική απόκλιση που φτάνει τα 2,3 χαώ. Η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει το 0,7 της ώρας με τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Οι παρατηρήσεις για το χρόνο σε στάση παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας) και μέσον όρο ίσο με 0,6 της ώρας. Με την αύξηση του φόρτου στα 200 οχήματα ανά ώρα η μέση ταχύτητα αυξάνεται στα 19,5 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση μειώνεται στο 1,0 χαώ. Η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση φτάνουν το 0,9 και 0,8 της ώρας αντίστοιχα, με μικρή τυπική απόκλιση και για τα δύο παρατηρούμενα μεγέθη (0,1 της ώρας). Όταν η φόρτιση στο δίκτυο

φτάνει τα 300 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο φτάνει τα 22,8 χαώ, με μικρή τυπική απόκλιση (0,7 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο ξεπερνά τη μία ώρα (1,1 ώρες), παρουσιάζοντας πολύ μικρή τυπική απόκλιση (λιγότερο από 0,1 της ώρας). Για την περίπτωση του χρόνου σε στάση, ο μέσος όρος οριακά δεν ξεπερνά τη μία ώρα (0,9 της ώρας), ενώ η τυπική απόκλιση σημειώνει μικρή τιμή (0,1 της ώρας). Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 400 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων αυξάνεται στα 27,6 χαώ, σημειώνοντας τυπική απόκλιση 0,9 χαώ. Οι παρατηρήσεις στην περίπτωση της καθυστέρησης παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση 0,1 της ώρας), ενώ ο μέσος όρος διαμορφώνεται στις 1,2 ώρες. Ο χρόνος σε στάση παραμένει σχεδόν σταθερός σε σχέση με τον αμέσως προηγούμενο κυκλοφοριακό φόρτο, έχοντας μέση τιμή ίση με 0,9 της ώρας και πολύ μικρή τυπική απόκλιση.

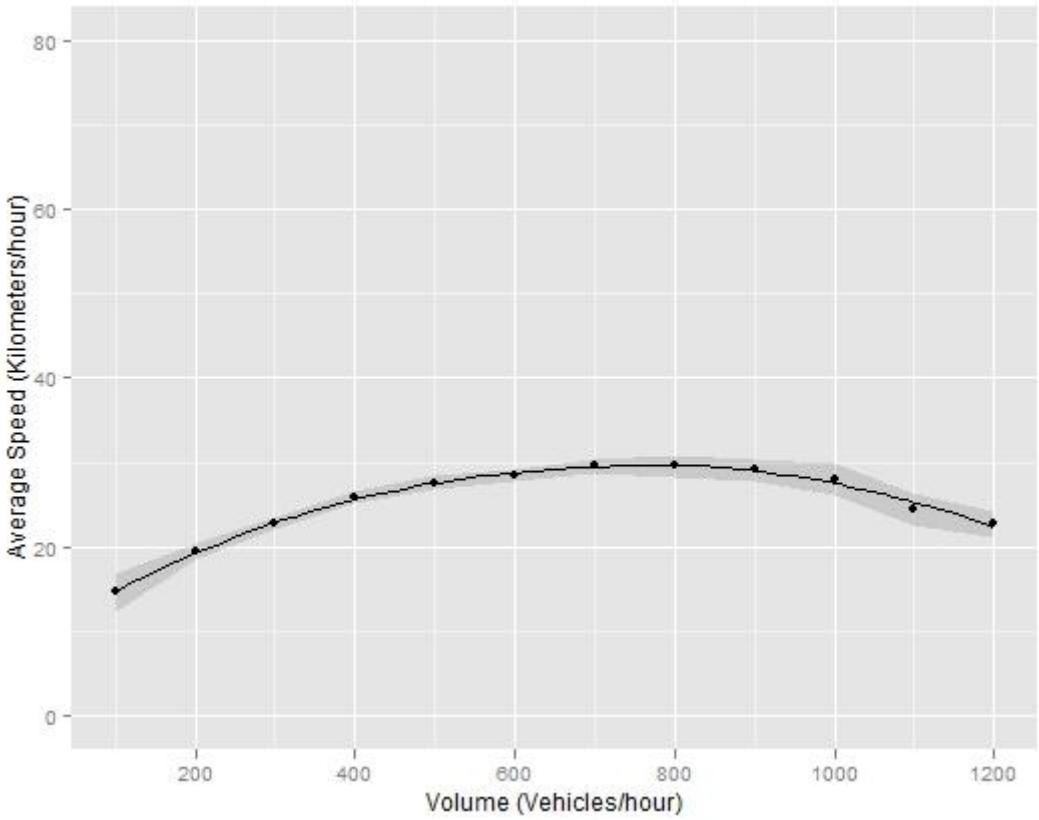
Για την περίπτωση των μεσαίων κυκλοφοριακών φόρτων, η μέση ταχύτητα εμφανίζει τις μεγαλύτερες τιμές της. Στην περίπτωση των 500 οχημάτων ανά ώρα η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο φτάνει τα 27,6 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση παραμένει σε χαμηλά επίπεδα (0,7 χαώ). Η καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει τις 1,4 ώρες, με τυπική απόκλιση που καταγράφεται στο 0,1 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση οριακά δεν φτάνει τη μία ώρα (μέση τιμή ίση με 0,9 της ώρας) και η τυπική απόκλιση είναι ίση με 0,1 της ώρας. Όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος φτάσει τα 600 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα σημειώνει μέση τιμή ίση με 28,6 χαώ και τυπική απόκλιση 0,8 χαώ. Η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση φτάνουν τις 1,6 ώρες και τη μία ώρα αντίστοιχα, ενώ η τυπική απόκλιση και για τα δύο μεγέθη παραμένει σε χαμηλά επίπεδα (0,1 της ώρας). Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 700 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα φτάνει τα 29,6 χαώ με τυπική απόκλιση ίση με 0,8 χαώ. Η καθυστέρηση αυξάνεται στις 1,8 ώρες, ενώ οι παρατηρήσεις δεν παρουσιάζουν σημαντική διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας). Ο χρόνος σε στάση ξεπερνά τη μία ώρα (1,1 ώρες), με τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Με την αύξηση του φόρτου στα 800 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα μένει σταθερή στα 29,6 χαώ, ωστόσο σε αυτή την περίπτωση η τυπική απόκλιση φτάνει τα 1,2 χαώ. Η καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει τις δύο ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Για το χρόνο σε στάση καταγράφεται μέση τιμή ίση με 1,2 ώρες, με την τυπική απόκλιση να παραμένει σε χαμηλά επίπεδα (0,1 της ώρας).

Με την περαιτέρω αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων μειώνεται ενώ, η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση αυξάνονται, σημειώνοντας τις μεγαλύτερες τιμές τους. Όταν η φόρτιση του δικτύου φτάσει τα 900 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας μειώνεται στα 29,2 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση 1,3 χαώ. Από τις παρατηρήσεις η μέση τιμή για την καθυστέρηση διαμορφώθηκε

στις 2,3 ώρες, ενώ για το χρόνο σε στάση στις 1,4 ώρες. Η τυπική απόκλιση και για τα δύο παραπάνω μεγέθη αυξήθηκε στο 0,2 της ώρας. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 1000 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 28,0 χαώ και τυπική απόκλιση ίση με 1,8 χαώ. Η καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει τις 2,8 ώρες, και η τυπική απόκλιση το 0,3 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση αυξάνεται, σημειώνοντας η μέση τιμή στις 1,6 ώρες και η τυπική απόκλιση στο 0,3 της ώρας. Όταν ο φόρτος φτάσει τα 1100 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων διαμορφώνεται στα 24,5 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με 1,8 χαώ. Η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση στο δίκτυο αυξάνονται στις 3,7 ώρες και 2,5 ώρες αντίστοιχα. Η τυπική απόκλιση τόσο για την καθυστέρηση, όσο και για το χρόνο σε στάση, υπολογίζεται στο 0,4 της ώρας. Τέλος, με την αύξηση του κυκλόφοριακού φόρτου στη μέγιστη τιμή (1200 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή της ταχύτητας και η τυπική απόκλιση διαμορφώθηκαν στα 22,7 χαώ και 1,5 χαώ αντίστοιχα. Η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει τις 4,5 ώρες και η τυπική απόκλιση το 0,4 της ώρας. Στις 3,2 ώρες αυξάνεται ο χρόνος σε στάση, ο οποίος παρουσιάζει τυπική απόκλιση ίση με μισή ώρα.

Με βάση τα παραπάνω, για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο, για τη συγκεκριμένη πρόθεση (40%), παρατηρούνται τα εξής:

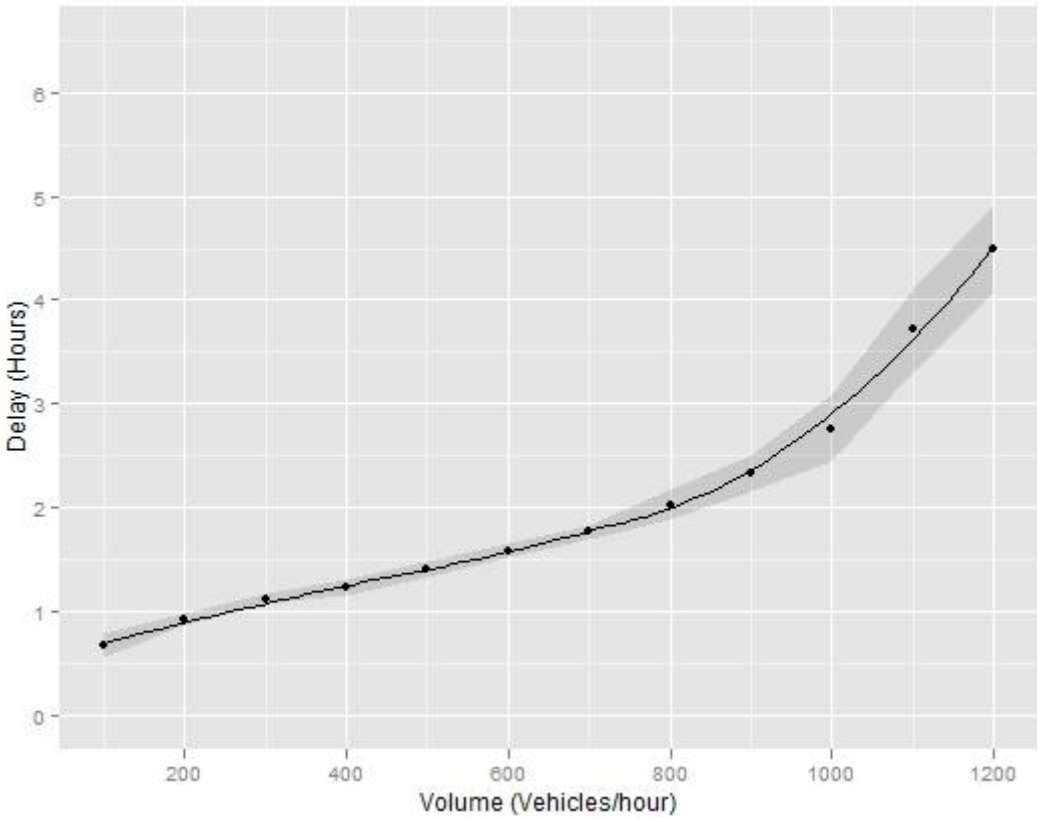
- Η μέση τιμή παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές για χαμηλούς και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, ενώ τις μεγαλύτερες για μεσαίους.
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές για χαμηλούς και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, και τις μικρότερες για μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 37: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 40% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Τα χαρακτηριστικά της καθυστέρησης που εμφανίζεται στο δίκτυο, για πρόθεση 40%, είναι τα εξής:

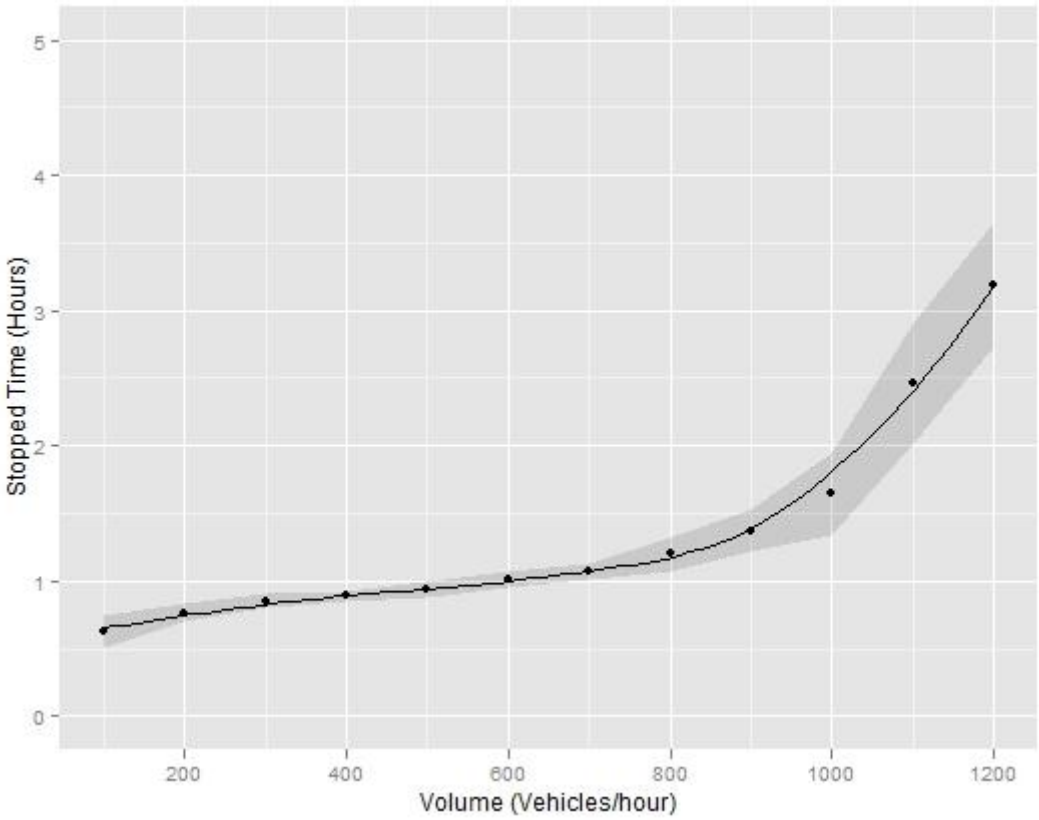
- Η μέση τιμή αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Οι τιμές παρουσιάζουν ένα μεγάλο εύρος, που κυμαίνονταν από 0,7 της ώρας (για το χαμηλότερο φόρτο) και φτάνει τις 4,5 ώρες (για τον υψηλότερο φόρτο).
- Η τυπική απόκλιση, που υπολογίστηκε για κάθε περίπτωση από τη σειρά των 15 επαναλήψεων, σημειώνει μικρές τιμές (από 0,1 έως και 0,4 της ώρας).
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές για τους ψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 38: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 40% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για το χρόνο σε στάση σημειώνονται τα εξής:

- Η μέση τιμή σε κάθε περίπτωση εμφανίζει μικρότερες τιμές από εκείνη της συνολικής καθυστέρησης στο δίκτυο.
- Ο χρόνος σε στάση αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Οι καταγραφόμενες μέσες τιμές παρουσιάζουν ένα μεγάλο εύρος.
- Οι μεγαλύτερες τιμές της τυπικής απόκλισης παρουσιάζονται στους υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 39: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 40% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 50%

Στην περίπτωση αυτή το 50% των οχημάτων που διέρχονται από τη δεξιά λωρίδα του δικτύου έχουν πρόθεση να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου οχήματος. Λόγω της υψηλής πρόθεσης δεν σημειώθηκε επανάληψη στην οποία δεν σημειώθηκε το φαινόμενο και συνεπώς, όλες οι σειρές δεδομένων έγιναν δεκτές.

Για χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, όπως και στις άλλες περιπτώσεις, τόσο η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων όσο και η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση σημειώνουν τις μικρότερες τιμές. Για την περίπτωση του χαμηλότερου κυκλοφοριακού φόρτου μελέτης (100 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων φτάνει τα 13,4 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με 1,1 χαώ. Η καθυστέρηση αποτελείται σχεδόν στο σύνολο της από το χρόνο σε στάση καθώς, και οι δύο παρατηρούμενες ποσότητες εμφανίζουν μέση τιμή 0,7 της ώρας, ενώ παρουσιάζουν και ίδια τυπική απόκλιση (ίση με 0,1 της ώρας). Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 200 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας φτάνει τα 19,0 χαώ και η τυπική απόκλιση μειώνεται στα 0,8 χαώ.

Για την καθυστέρηση η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση καταγράφονται στη μία ώρα και 0,1 της ώρας αντίστοιχα. Οι παρατηρήσεις για το χρόνο σε στάση παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση μικρότερη του 0,1 της ώρας), και διαμορφώνουν τη μέση τιμή στο 0,8 της ώρας. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 300 οχήματα ανά ώρα, η ταχύτητα αυξάνεται στα 22,4 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση παραμένει σταθερή στα 0,8 χαώ. Η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση παρουσιάζουν μέση τιμή που φτάνει τις 1,2 ώρες και 0,9 της ώρας αντίστοιχα, ενώ η τυπική απόκλιση και για τα δύο μεγέθη καταγράφεται στο 0,1 της ώρας. Με τη φόρτιση του δικτύου με 400 οχήματα ανά ώρα η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας κίνησης φτάνει τα 25,1 χαώ και 0,6 χαώ αντίστοιχα. Οι παρατηρήσεις για την καθυστέρηση παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας) και διαμορφώνουν τη μέση τιμή στις 1,3 ώρες. Ο χρόνος σε στάση σημειώνει μικρή αύξηση σε σχέση με πριν καταγράφοντας μέση τιμή ίση με 0,9 της ώρας, ενώ η τυπική απόκλιση είναι εξαιρετικά χαμηλή (μικρότερη του 0,1 της ώρας).

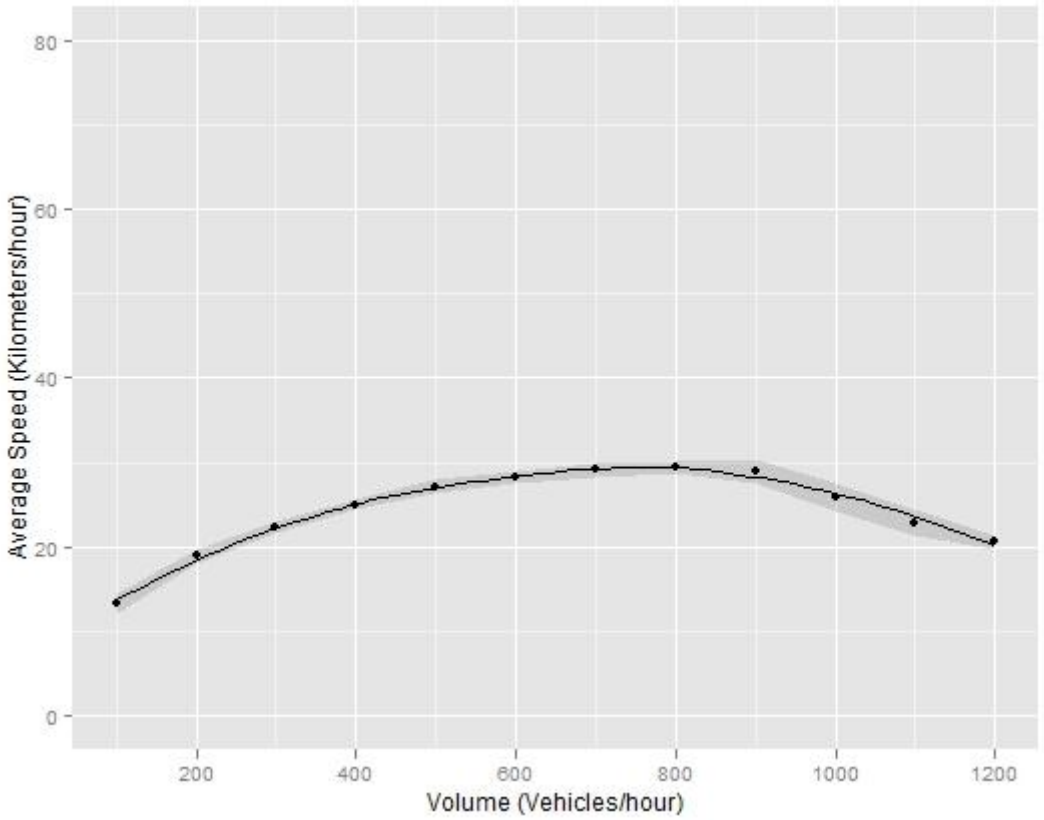
Για τους μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές. Συγκεκριμένα, για την περίπτωση των 500 οχημάτων ανά ώρα η μέση τιμή της ταχύτητας φτάνει τα 27,2 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,8 χαώ. Η καθυστέρηση καταγράφει μέση τιμή και τυπική απόκλιση ίση με 1,4 ώρες και 0,1 της ώρας αντίστοιχα. Ο χρόνος σε στάση φτάνει τη μία ώρα, ενώ παρουσιάζει τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 600 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας καταγράφεται στα 28,2 χαώ και η τυπική απόκλιση στα 0,7 χαώ. Η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση σημειώνουν τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας, ενώ διαμορφώνουν μέση τιμή ίση με 1,6 ώρες και μία ώρα αντίστοιχα. Για την περίπτωση των 700 οχημάτων ανά ώρα, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων φτάνει τα 29,2 χαώ και η τυπική απόκλιση τα 0,8 χαώ. Η καθυστέρηση στο δίκτυο παρουσιάζει μέση τιμή ίση με 1,8 ώρες και τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Στις 1,1 ώρες έφτασε ο χρόνος σε στάση, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Απο τη σειρά των 15 επαναλήψεων για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 800 οχήματα, ανά ώρα η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα υπολογίστηκαν στα 29,4 χαώ και 0,7 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση στο δίκτυο έφτασε τις δύο ώρες, ενώ χαμηλή τιμή παρουσίασε η τυπική απόκλιση (0,1 της ώρας). Ο χρόνος σε στάση σημείωσε μέση τιμή στις 1,2 ώρες, με τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου, η μέση τιμή σημειώνει μείωση, ενώ η καθυστέρηση στο δίκτυο και ο χρόνος σε στάση αυξάνονται σημαντικά. Στα 900 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας μειώνεται στα 29,0 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση φτάνει τα 1,4 χαώ. Η καθυστέρηση

ξεπερνά τις δύο ώρες (2,4 ώρες), ενώ η τυπική απόκλιση σημειώνει μικρή αύξηση, αλλά παραμένει σε χαμηλά επίπεδα (0,2 της ώρας). Ο χρόνος σε στάση παρουσιάζει ίδια τυπική απόκλιση (0,2 της ώρας), ωστόσο η μέση τιμή διαμορφώνεται στις 1,3 ώρες. Για την περίπτωση των 1000 οχημάτων ανά ώρα, η μέση ταχύτητα μειώνεται στα 25,8 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση 1,6 χαώ. Η καθυστέρηση ξεπερνά τις 3 ώρες (μέση τιμή ίση με 3,1 ώρες) και η τυπική απόκλιση φτάνει το 0,3 της ώρας. Στις δύο ώρες υπολογίστηκε ο χρόνος σε στάση, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,3 της ώρας. Στα 22,9 χαώ, με τυπική απόκλιση 1,4 χαώ, υπολογίστηκε η μέση τιμή της ταχύτητας για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 1100 οχήματα ανά ώρα. Για τον ίδιο κυκλοφοριακό φόρτο η καθυστέρηση υπολογίστηκε στις 4,1 ώρες, με τυπική απόκλιση ίση με 0,4 της ώρας, ενώ ο χρόνος σε στάση στις 2,9 ώρες, με τυπική απόκλιση ίση με 0,4 της ώρας. Για τον υψηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο (1200 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή της ταχύτητας και η τυπική απόκλιση διαμορφώνονται στα 20,7 χαώ και 0,8 χαώ αντίστοιχα. Τις 5 ώρες ξεπερνά η μέση τιμή της καθυστέρησης (5,1 ώρες), καταγράφοντας τυπική απόκλιση 0,3 της ώρας. Τέλος, η μέση τιμή του χρόνου σε στάση διαμορφώνεται στις 3,8 ώρες, με τυπική απόκλιση ίση με 0,3 της ώρας.

Συνεπώς, και με βάση τα παραπαπάνω, για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο σημειώνονται τα εξής:

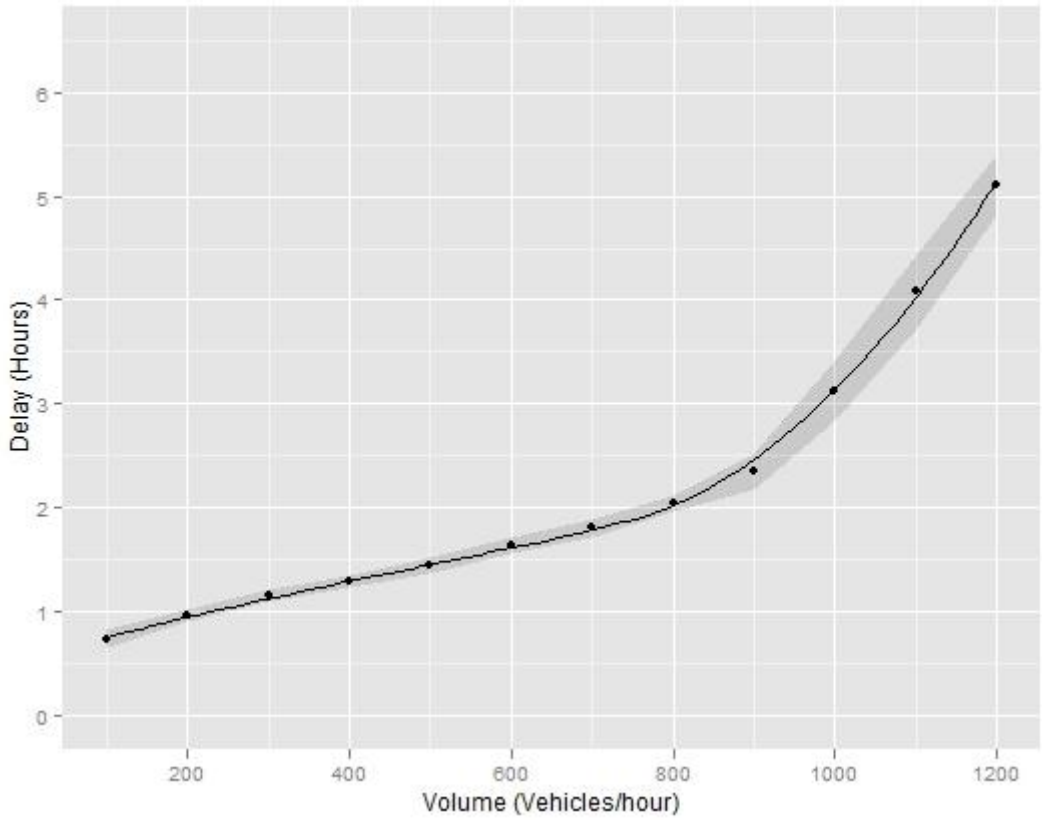
- Η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές για χαμηλούς (έως 400 οχήματα ανά ώρα) και υψηλούς (από 900 οχήματα ανά ώρα και πάνω) κυκλοφοριακούς φόρτους, ενώ τις μεγαλύτερες τιμές για μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους (από 400 έως και 900 οχήματα ανά ώρα).
- Μεγαλύτερες τιμές για την τυπική απόκλιση καταγράφονται στην περίπτωση των υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων. Στους χαμηλούς και τους μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους ο χρόνος σε στάση σημειώνει σταθερά χαμηλές τιμές.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 40: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 50% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για την καθυστέρηση στο δίκτυο, για πρόθεση 50%, παρατηρούνται τα εξής:

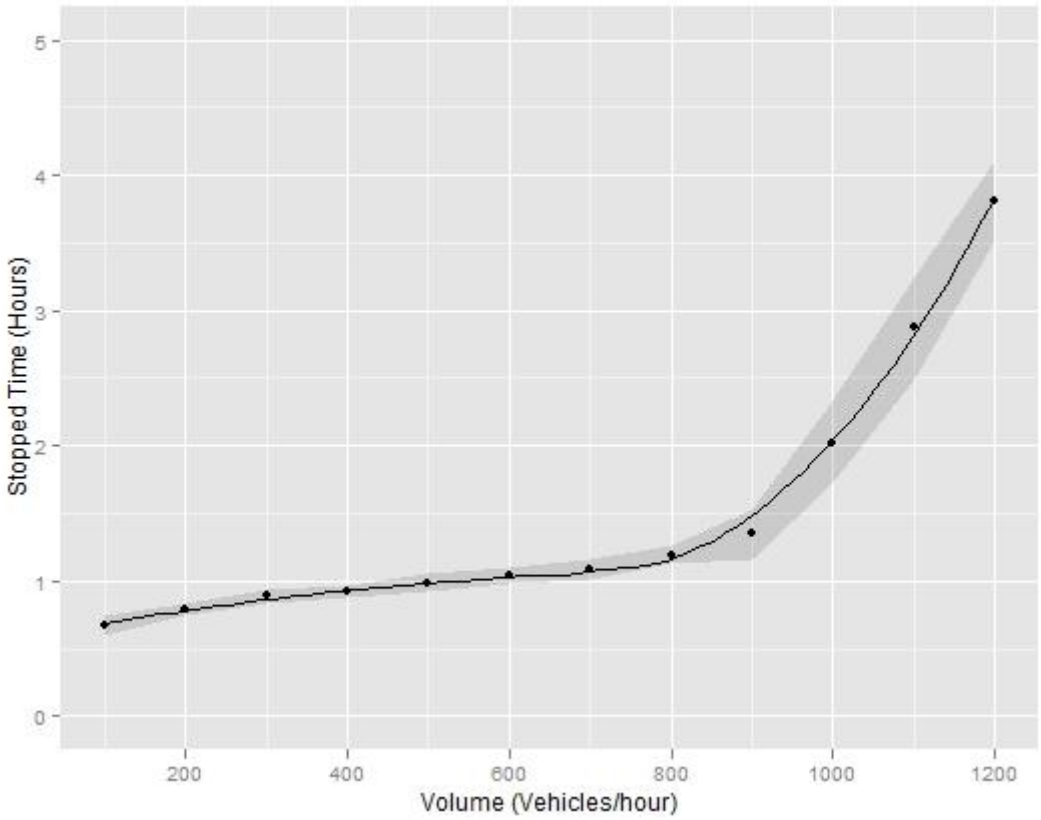
- Η μέση τιμή της καθυστέρησης αυξάνεται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος.
- Το εύρος των τιμών είναι μεγάλο. Η μέση τιμή ξεκινά από 0,7 της ώρας και ξεπερνά τις 5 ώρες.
- Η τυπική απόκλιση σημειώνει μικρές τιμές (από 0,1 έως και 0,4 της ώρας).
- Η μεγαλύτερη διασπορά των παρατηρήσεων παρατηρείται στην περίπτωση των υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων (όπου η τυπική απόκλιση λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 41: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 50% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Τέλος, για την περίπτωση του χρόνου σε στάση γίνονται οι ακόλουθες διαπιστώσεις:

- Η μέση τιμή που υπολογίζεται για την καθυστέρηση, σε κάθε περίπτωση, λαμβάνει μικρότερες τιμές από τις αντίστοιχες της καθυστέρησης.
- Όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος τόσο αυξάνεται και η μέση τιμή του χρόνου σε στάση.
- Παρουσιάζεται ένα μεγάλο εύρος μεταξύ των μέσων τιμών.
- Τα αποτελέσματα της τυπικής απόκλισης, μετά το πέρας των 15 επαναλήψεων για κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου, παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές στους υψηλότερους κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 42: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 50% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 60%

Σε αυτή τη σειρά δοκιμών, το 60% των οχημάτων που διέρχονται από τη δεξιά λωρίδα του οδικού δικτύου έχουν πρόθεση να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Σε αυτή την περίπτωση, λόγω της υψηλής πρόθεσης, σε κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου τουλάχιστον ένα όχημα πραγματοποίησε στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος και συνεπώς το σύνολο των επανηλήψεων συμμετείχε στην εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Στην περίπτωση των χαμηλών κυκλοφοριακών φόρτων (έως 400 οχήματα ανά ώρα), και τα τρία παρατηρούμενα μεγέθη (μέση ταχύτητα, καθυστέρηση, χρόνος σε στάση) παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές τους. Συγκεκριμένα, για το χαμηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο (100 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας υπολογίστηκε στα 12,4 χαώ, με τυπική απόκλιση ίση με 1,3 χαώ. Η καθυστέρηση φτάνει το 0,8 της ώρας, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για το χρόνο σε στάση που παρουσιάζεται στο δίκτυο, καταγράφονται στο 0,7 της ώρας και 0,1 της ώρας αντίστοιχα. Με την αύξηση

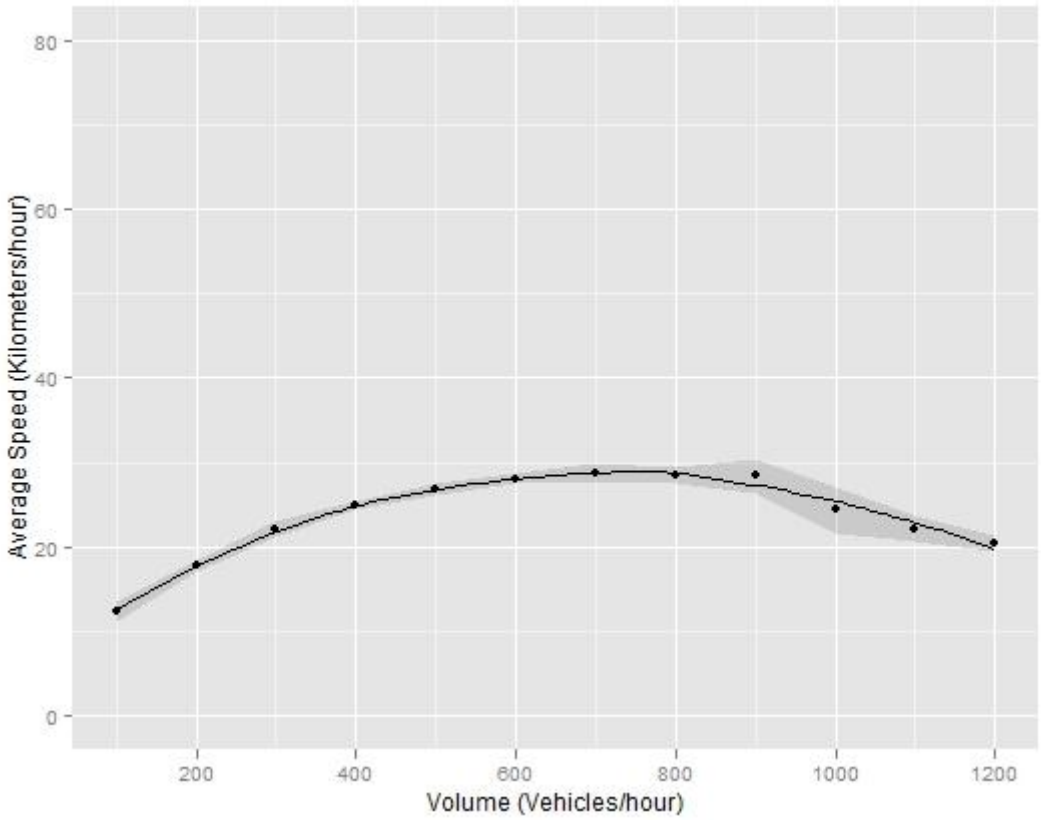
του κυκλοφοριακού φόρτου στα 200 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας αυξάνεται στα 17,9 χαώ, με την τυπική απόκλιση να μειώνεται στα 0,7 χαώ. Στη μία ώρα φτάνει η καθυστέρηση στο δίκτυο. Το 90% της καθυστέρησης αποτελεί ο χρόνος σε στάση (μέση τιμή ίση με 0,9 της ώρας). Και για τα δύο παραπάνω μεγέθη η τυπική απόκλιση υπολογίστηκε στο 0,1 της ώρας. Για την περίπτωση των 300 οχημάτων ανά ώρα, οι παρατηρήσεις της ταχύτητας παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση ίση με 0,9 χαώ), διαμορφώντας μέση τιμή ίση με 22,1 χαώ. Η καθυστέρηση ξεπερνά τη μία ώρα (1,2 ώρες), σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Σταθερός στο 0,9 της ώρας παραμένει ο χρόνος σε στάση, παρουσιάζοντας πολύ μικρή τυπική απόκλιση (μικρότερη του 0,1 της ώρας). Η μέση τιμή της ταχύτητας και η τυπική απόκλιση φτάνουν τα 24,9 χαώ και 0,5 χαώ αντίστοιχα στην περίπτωση της φόρτισης του δικτύου με 400 οχήματα ανά ώρα. Για τον ίδιο κυκλοφοριακό φόρτο η μέση τιμή της καθυστέρησης φτάνει τις 1,3 ώρες, με πολύ μικρή τυπική απόκλιση (μικρότερη του 0,1 της ώρας). Μικρή διασπορά παρουσιάζουν και οι παρατηρήσεις του χρόνου σε στάση, οι οποίες διαμορφώνουν μέση τιμή ίση με 0,9 της ώρας.

Όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος φτάνει μεσαίες τιμές, παρατηρείται η σταθεροποίηση της ταχύτητας στις μέγιστες τιμές και η σταθερή αύξηση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση. Χαρακτηριστικά, για την περίπτωση που ο κυκλοφοριακός φόρτος που διέρχεται στο δίκτυο ανέρχεται στα 500 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας φτάνουν τα 26,8 χαώ και 0,7 χαώ αντίστοιχα. Η μέση τιμή της καθυστέρησης αυξάνεται στη μίαμιση ώρα, ενώ του χρόνου σε στάση στη μία. Η τυπική απόκλιση τόσο για την καθυστέρηση, όσο και για το χρόνο σε στάση είναι ίση με 0,1 της ώρας. Για την περίπτωση των 600 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας αυξάνεται στα 28,1 χαώ, παρουσιάζοντας μικρή τυπική απόκλιση (1,0 χαώ). Η καθυστέρηση φτάνει τις 1,6 ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας. Την ίδια τυπική απόκλιση (0,1 της ώρας) παρουσιάζει και ο χρόνος σε στάση, ο οποίος παραμένει στα ίδια επίπεδα με προηγουμένως (μέση τιμή ίση με 1,0 ώρα). Η μέγιστη μέση ταχύτητα (28,7 χαώ) για πρόθεση 60% σημειώνεται όταν στο δίκτυο ο κυκλοφοριακός φόρτος φτάνει τα 700 οχήματα ανά ώρα. Ωστόσο η τυπική απόκλιση παραμένει σε χαμηλές τιμές (1,1 χαώ). Στις 1,8 ώρες φτάνει η συνολική καθυστέρηση στο δίκτυο και στις 1,1 ώρες ο χρόνος σε στάση. Η τυπική απόκλιση και για τα δύο μεγέθη παραμένει στο 0,1 της ώρας. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 800 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας διαμορφώνεται στα 28,6 χαώ, με τυπική απόκλιση ίση με 1,0 χαώ. Η καθυστέρηση στην περίπτωση αυτή αυξάνει στις δύο ώρες (μέση τιμή ίση με 2,1 ώρες), ενώ η τυπική απόκλιση παραμένει στο 0,1 της ώρας. Αύξηση παρατηρείται και για το χρόνο σε στάση, ο οποίος φτάνει τις 1,3 ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,1 της ώρας.

Με την περαιτέρω αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου, και καθώς αυτός παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές του, παρατηρείται μείωση της ταχύτητας και έντονη αύξηση τόσο της καθυστέρησης όσο και του χρόνου σε στάση. Από τη σειρά των επαναλήψεων για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 900 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων παρουσιάζει μέση τιμή και τυπική απόκλιση ίση με 28,4 χαώ και 2,0 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση αυξάνεται στις δύομιση ώρες, ενώ παράλληλα αυξάνεται και η τυπική απόκλιση στο 0,3 της ώρας. Για τον χρόνο σε στάση η μέση τιμή υπολογίζεται στη μιάμιση ώρα, ενώ η τυπική απόκλιση στο 0,3 της ώρας. Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 1000 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας μειώνεται στα 24,4 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση αυξάνεται στα 2,7 χαώ. Η καθυστέρηση ξεπερνά κατά πολύ τις 3 ώρες (μέση τιμή ίση με 3,4 ώρας) και ο χρόνος σε στάση τις 2 ώρες (μέση τιμή ίση με 2,3 ώρες). Επίσης, παρουσιάζουν τυπική απόκλιση ίση με 0,5 της ώρας και 0,6 της ώρας αντίστοιχα. Για την περίπτωση των 1100 οχημάτων ανά ώρα, σημειώνεται μείωση της μέσης ταχύτητας του δικτύου στα 22,2 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση φτάνει το 1,5 χαώ. Η καθυστέρηση του δικτύου φτάνει τις 4,3 ώρες και η τυπική απόκλιση το 0,4 της ώρας. Ο χρόνος σε στάση οριακά ξεπερνά τις 3 ώρες (η μέση τιμή διαμορφώνεται στις 3,1 ώρες), ενώ η τυπική απόκλιση φτάνει το 0,4 της ώρας. Όταν στο δίκτυο διέρχεται ο μεγαλύτερος κυκλοφοριακός φόρτος (1200 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή της ταχύτητας μειώνεται στα 20,4 χαώ, με τις παρατηρήσεις να παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση 1,0 χαώ). Η καθυστέρηση αυξάνεται στις 5,2 ώρες, ενώ ο χρόνος σε στάση στις 4,0 ώρες. Η τυπική απόκλιση διαμορφώνεται για την καθυστέρηση και το χρόνο σε στάση στο 0,3 της ώρας.

Συνοψίζοντας, και με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω, για πρόθεση 60%, η μέση ταχύτητα παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

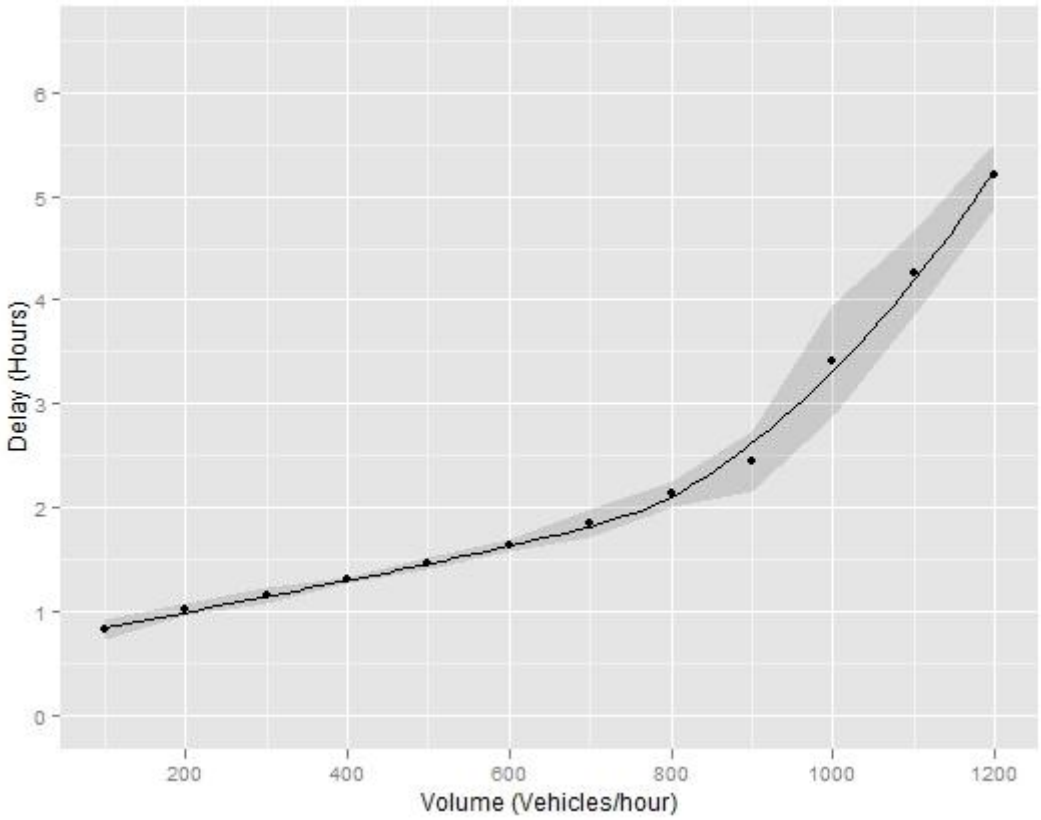
- Οι χαμηλότερες τιμές καταγράφονται στην περίπτωση των χαμηλών και υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων, ενώ οι μεγαλύτερες στην περίπτωση των μεσαίων.
- Η τυπική απόκλιση της μέσης ταχύτητας λαμβάνει μικρές τιμές για χαμηλούς και μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους, ενώ μεγάλες τιμές για υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους (από 900 έως και 1200 οχήματα ανά ώρα).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 43: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 60% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για τη συνολική καθυστέρηση που παρουσιάζεται στο δίκτυο, με πρόθεση 60%, γίνονται οι εξής παρατηρήσεις:

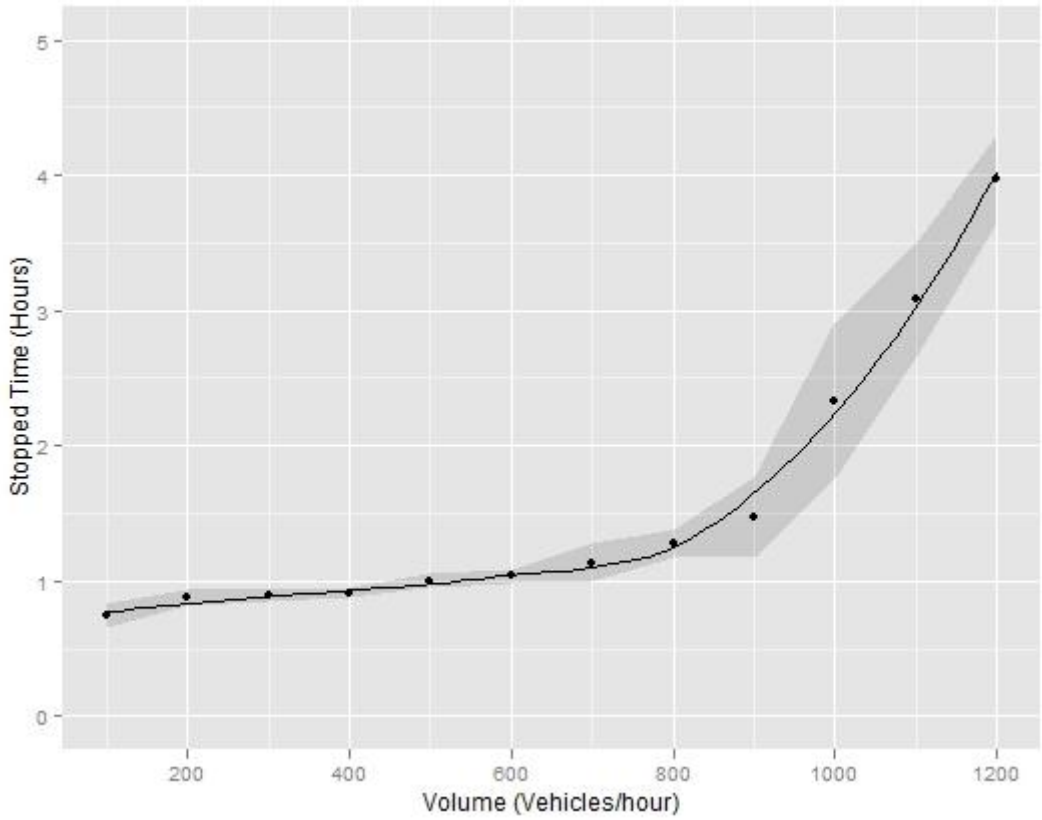
- Όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος τόσο αυξάνεται και η μέση τιμή.
- Η μέση τιμή παίρνει τιμές από ένα μεγάλο εύρος τιμών που ξεκινούν από 0,8 της ώρας και φτάνουν τις 5,2 ώρες.
- Η τυπική απόκλιση σημειώνει μικρές τιμές για κυκλοφοριακούς φόρτους έως και 800 οχήματα ανά ώρα. Στην περίπτωση όμως των υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές, που φτάνουν μέχρι και τη μισή ώρα.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 44: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 60% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Τέλος, για το χρόνο σε στάση που παρουσιάζεται στο δίκτυο σημειώνονται τα εξής:

- Η μέση τιμή σημειώνει, σε κάθε περίπτωση, μικρότερες τιμές από εκείνες της συνολικής καθυστέρησης του δικτύου.
- Η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου συνεπάγεται την αύξηση της μέσης τιμής του χρόνου σε στάση.
- Η μέση τιμή λαμβάνει τιμές από ένα μεγάλο εύρος τιμών που κυμαίνεται από 0,7 της ώρας έως και 4,0 ώρες.
- Η τυπική απόκλιση σημειώνει τις μεγαλύτερες τιμές για υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 45: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 60% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος 70%

Σε αυτή τη σειρά των δοκιμών υπολογίστηκαν οι επιπτώσεις του φαινομένου για τη μέση ταχύτητα, την καθυστέρηση και το χρόνου σε στάση, όταν το 70% των χρηστών που χρησιμοποιούν τη δεξιά λωρίδα του δικτύου έχουν πρόθεση να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου (νόμιμα) σταθμευμένου οχήματος. Το ποσοστό αυτό είναι εξαιρετικά μεγάλο και συνεπώς, για κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου παρατηρήθηκαν οχήματα τα οποία σταθμεύουν παράπλευρα άλλουν νόμιμα σταθμευμένου οχήματος.

Στους χαμηλότερους κυκλοφοριακούς φόρτους των δοκιμών και τα τρία παρατηρούμενα μεγέθη παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές, ενώ οι παρατηρήσεις παρουσιάζουν μικρή διασπορά. Για την περίπτωση των 100 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της ταχύτητας φτάνουν τα 11,8 χαώ και 0,6 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση διαμορφώνεται στο 0,8 της ώρας, ενώ η τυπική απόκλιση στο 0,1 της ώρας. Σχεδόν το σύνολο της καθυστέρησης αποτελείται από το χρόνο σε στάση, ο οποίος παρουσιάζει μέση τιμή 0,8 της ώρας και πολύ μικρή τυπική απόκλιση (λιγότερο από 0,1 της ώρας). Με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα

200 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο αυξάνεται στα 17,5 χαώ, με την τυπική απόκλιση να παραμένει σταθερή στα 0,6 χαώ. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της καθυστέρησης φτάνουν τις 1,1 ώρες και 0,1 της ώρας αντίστοιχα. Στο 0,9 της ώρας υπολογίστηκε η μέση τιμή για το χρόνο σε στάση, σημειώνοντας πάλι πολύ μικρή τυπική απόκλιση. Με το πέρας των 15 επαναλήψεων για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 300 οχήματα ανά ώρα η διασπορά των παρατηρήσεων για τη μέση ταχύτητα είναι μικρή (τυπική απόκλιση 0,5 χαώ), ενώ η μέση τιμή διαμορφώνεται στα 21,6 χαώ. Στις 1,2 ώρες υπολογίστηκε η μέση τιμή της καθυστέρησης, ενώ στο 0,9 της ώρας η μέση τιμή του χρόνου σε στάση. Η τυπική απόκλιση και για τα δύο μεγέθη παρουσιάζει πολύ χαμηλές τιμές (0,1 της ώρας). Όταν το δίκτυο φορτίστηκε με 400 οχήματα ανά ώρα, η μέση ταχύτητα υπολογίστηκε στα 24,5 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση στο μισό χιλιόμετρο ανά ώρα. Παρατηρείται αύξηση της μέσης τιμής της καθυστέρησης στις 1,2 ώρες, ενώ η τυπική απόκλιση παραμένει σε χαμηλά επίπεδα (μικρότερα του 0,1 της ώρας). Επίσης, αύξηση σημειώθηκε και στη μέση τιμή του χρόνου σε στάση, η οποία έφτασε τη μία ώρα. Όπως και για την καθυστέρηση, έτσι και για το χρόνο σε στάση η τυπική απόκλιση παρουσιάζει πολύ χαμηλές τιμές (μικρότερες του 0,1 της ώρας).

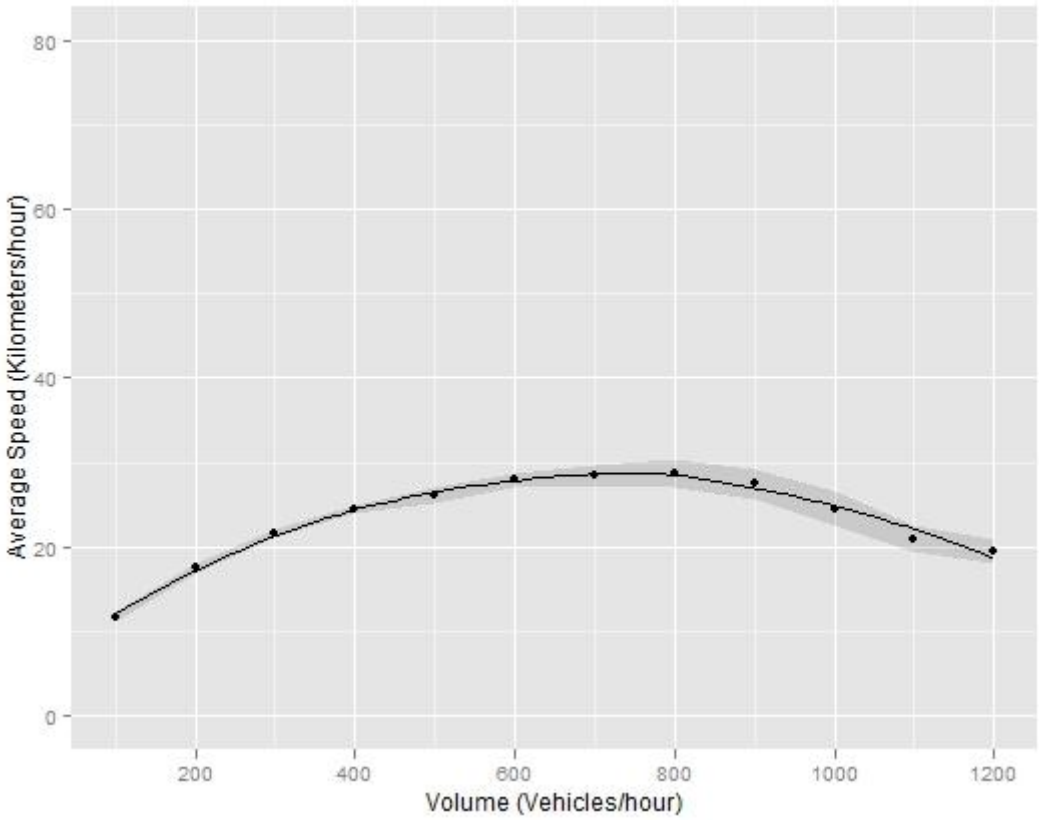
Για τους μεσαίους κυκλοφοριακούς φόρτους, η μέση τιμή της ταχύτητας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της, ενώ η συνολική καθυστέρηση του δικτύου και ο χρόνος σε στάση αυξάνονται. Συγκεκριμένα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας και η τυπική απόκλιση για την περίπτωση που ο κυκλοφοριακός φόρτος φτάνει τα 500 οχήματα ανά ώρα διαμορφώθηκαν στα 26,2 χαώ και 1,0 χαώ αντίστοιχα. Για τον ίδιο κυκλοφοριακό φόρτο η καθυστέρηση φτάνει τη μιάμιση ώρα (με τυπική απόκλιση 0,1 της ώρας), ενώ ο χρόνος σε στάση τη μία ώρα (με τυπική απόκλιση 0,1 της ώρας). Αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου στα 600 οχήματα ανά ώρα οδηγεί σε αύξηση της μέσης τιμής της ταχύτητας στα 28,0 χαώ, με την τυπική απόκλιση να διαμορφώνεται στα 0,8 χαώ. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για την καθυστέρηση, υπολογίστηκαν στις 1,6 ώρες και 0,1 της ώρας αντίστοιχα. Σταθερή στη μία ώρα παραμένει η μέση τιμή του χρόνου σε στάση, καθώς και η τυπική απόκλιση που διαμορφώθηκε στο 0,1 της ώρας. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 700 οχήματα ανά ώρα, οι παρατηρήσεις για τη μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων παρουσιάζουν μικρή διασπορά (τυπική απόκλιση 1,1 χαώ), ενώ η μέση τιμή υπολογίστηκε στα 28,5 χαώ. Η καθυστέρηση οριακά δε ξεπερνά τις 2 ώρες (μέση τιμή ίση με 1,9 ώρες), ενώ η τυπική απόκλιση περιορίστηκε στο 0,1 της ώρας. Η μέση τιμή του χρόνου σε στάση αυξήθηκε στις 1,2 ώρες, ενώ η τυπική απόκλιση παραμένει στα χαμηλά επίπεδα του 0,1 της ώρας. Η σειρά των επαναλήψεων για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 800 οχήματα ανά ώρα, διαμόρφωσε τη μέση τιμή της ταχύτητας στα 28,7 χαώ, με τυπική απόκλιση ίση με 1,6 χαώ. Η καθυστέρηση σε αυτή την περίπτωση ξεπέρασε τις δύο ώρες (η μέση τιμή διαμορφώθηκε στις 2,1 ώρες), ενώ η

τυπική απόκλιση αυξήθηκε στο 0,2 της ώρας. Αύξηση σημειώθηκε και για τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση στην περίπτωση του χρόνου σε στάση, τα οποία υπολογίστηκαν στις 1,6 ώρες και 0,2 της ώρας αντίστοιχα.

Η περαιτέρω αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας και σημαντική αύξηση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση. Για την περίπτωση των 900 οχημάτων ανά ώρα, η μέση τιμή της ταχύτητας μειώνεται στα 27,5 χαώ, ενώ η τυπική απόκλιση αυξάνεται στα 1,7 χαώ. Στις δύομιση ώρες φτάνει η καθυστέρηση στο δίκτυο, ενώ στις 1,6 ώρες ο χρόνος σε στάση. Η τυπική απόκλιση και για τα δύο παράνω μεγέθη φτάνει το 0,3 της ώρας. Καθώς ο κυκλοφοριακός φόρτος που φορτίζει το δίκτυο φτάνει τα 1000 οχήματα ανά ώρα, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας μειώνεται στα 24,6 χαώ, με την τυπική απόκλιση να φτάνει τα 1,9 χαώ. Η καθυστέρηση του δικτύου αυξάνει σημαντικά, με τη μέση τιμή να διαμορφώνεται στις 3,4 ώρες και την τυπική απόκλιση στο 0,3 της ώρας. Στις 2,3 ώρες υπολογίζεται η μέση τιμή του χρόνου σε στάση και στο 0,4 της ώρας η τυπική απόκλιση. Για κυκλοφοριακό φόρτο ίσο με 1100 οχήματα ανά ώρα η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων μειώνεται στα 20,9 χαώ, σημειώνοντας τυπική απόκλιση 1,5 χαώ. Η μέση τιμή της καθυστέρησης που παρουσιάζεται στο δίκτυο φτάνει τις 4,6 ώρες, ενώ η τυπική απόκλιση το 0,4 της ώρας. Μεγάλη αύξηση παρουσιάζει ο χρόνος σε στάση, ο οποίος υπολογίστηκε στις 3,4 ώρες, με τυπική απόκλιση που φτάνει τη μισή ώρα. Για την περίπτωση του μέγιστου κυκλοφοριακού φόρτου (1200 οχήματα ανά ώρα), η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της ταχύτητας διαμορφώνονται στα 19,4 χαώ και 1,2 χαώ αντίστοιχα. Η καθυστέρηση στο δίκτυο ξεπερνά τις πεντέμιση ώρες (μέση τιμή ίση με 5,6 ώρες), ενώ η τυπική απόκλιση φτάνει τη μισή ώρα. Αύξηση παρουσιάζεται στη μέση τιμή και στην τυπική απόκλιση του χρόνου σε στάση, οι οποίες φτάνουν τις 4,3 ώρες και 0,6 της ώρας αντίστοιχα.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, σημειώνονται τα εξής χαρακτηριστικά για τη μέση ταχύτητα:

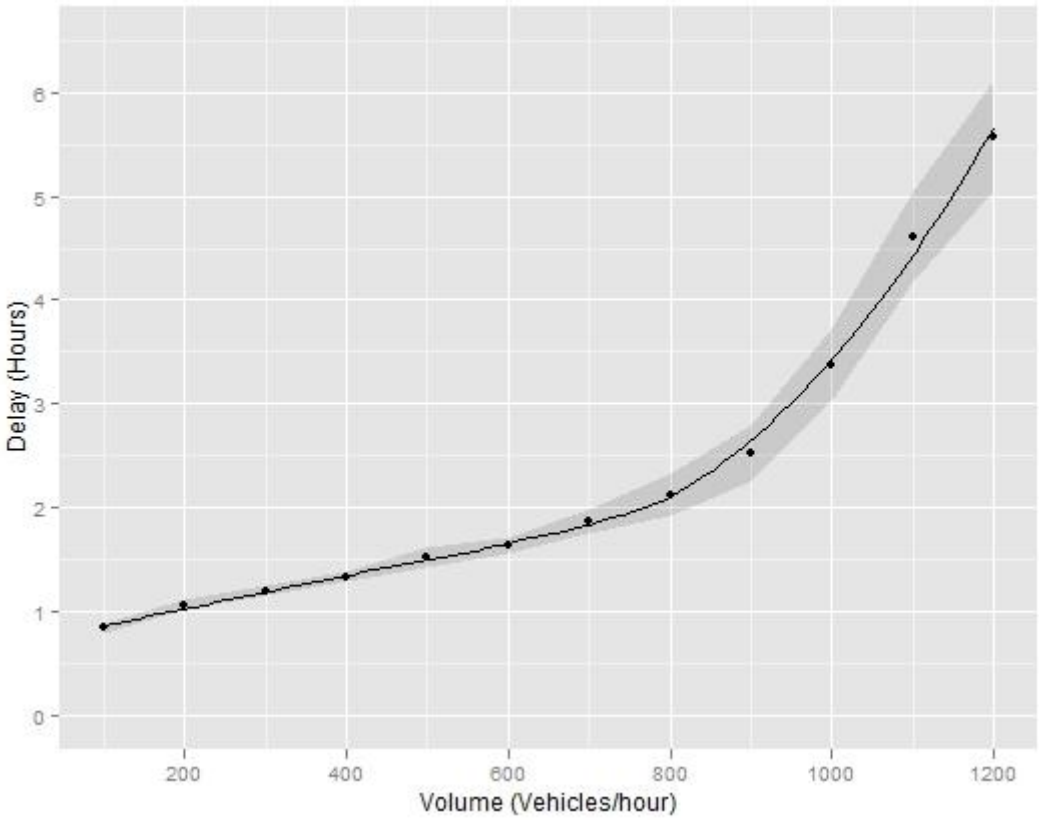
- Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, η μέση τιμή σημειώνει τις μικρότερες τιμές για χαμηλούς και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, ενώ τις μεγαλύτερες για μεσαίους.
- Η τυπική απόκλιση, η οποία υπολογίστηκε από τη σειρά των 15 επαναλήψεων για κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου, σημειώνει τις μεγαλύτερες τιμές της για κυκλοφοριακούς φόρτους μεγαλύτερους των 800 οχημάτων ανά ώρα. Ενώ, οι χαμηλότερες τιμές παρουσιάζονται στους χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 46: Η μέση ταχύτητα για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 70% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Για τη μέγιστη πρόθεση (70%), για την καθυστέρηση στο δίκτυο σημειώνονται τα εξής στοιχεία:

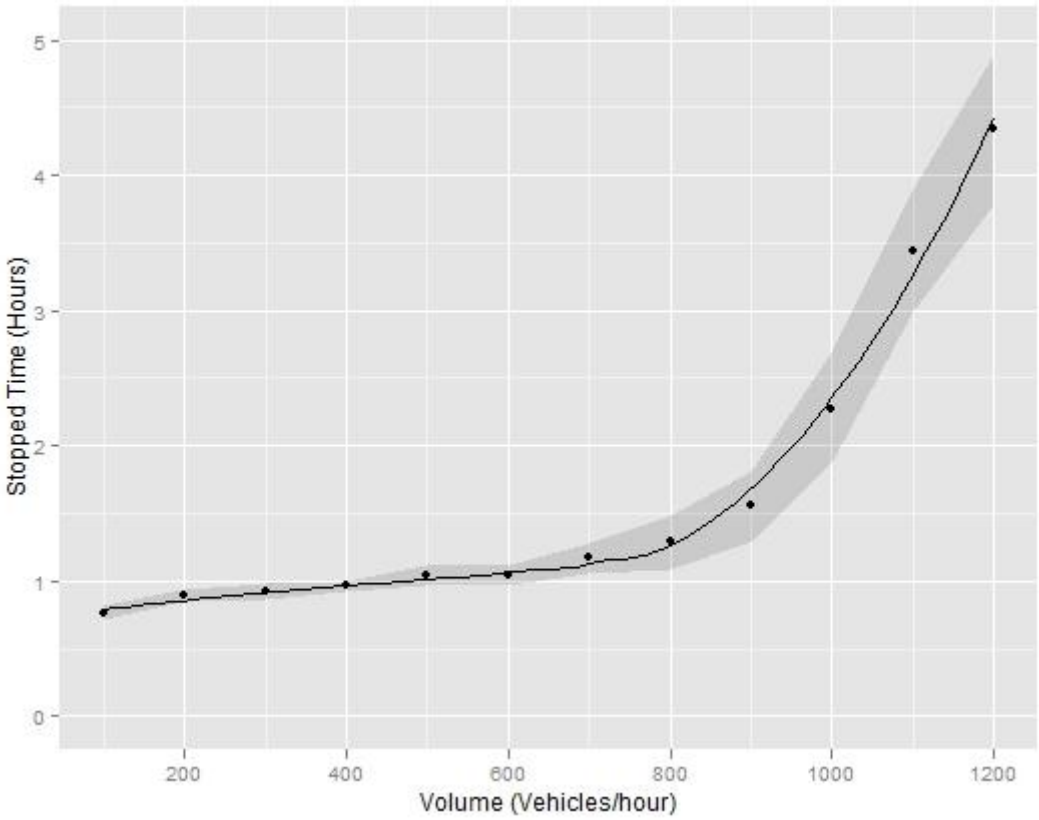
- Αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου οδηγεί σε αύξηση της μέσης τιμής.
- Ένα μεγάλο εύρος τιμών παρουσιάζεται στην περίπτωση της μέσης τιμής. Οι τιμές ξεκινούν από το 0,8 της ώρας και φτάνουν τις 5,6 ώρες.
- Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές για τους ψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, ενώ τις μικρότερες για χαμηλούς.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 47: Η καθυστέρηση του δικτύου για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 70% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Ο χρόνος σε στάση παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Σε κάθε περίπτωση, η μέση τιμή παρουσιάζει μικρότερες τιμές από εκείνες της συνολικής καθυστέρησης στο δίκτυο.
- Καθώς ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται παρατηρείται και αύξηση του χρόνου σε στάση.
- Η μέση τιμή κειμένεται από 0,8 της ώρας έως και 4,3 ώρες, σημειώνοντας ένα μεγάλο εύρος τιμών.
- Οι μεγαλύτερες τιμές της τυπικής απόκλισης σημειώνονται στους μέγιστους κυκλοφοριακούς φόρτους.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 48: Ο χρόνος σε στάση για πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος 70% (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

4.2.5. Ανάλυση

Με βάση τα αναλυτικά αποτελέσμα, τα οποία περιγράφησαν στην αμέσως προηγούμενη ενότητα, γίνεται μία συνολική ανάλυση της επίπτωσης που προκαλούν τα οχήματα τα οποία πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος στην κυκλοφορία.

Μέση ταχύτητα

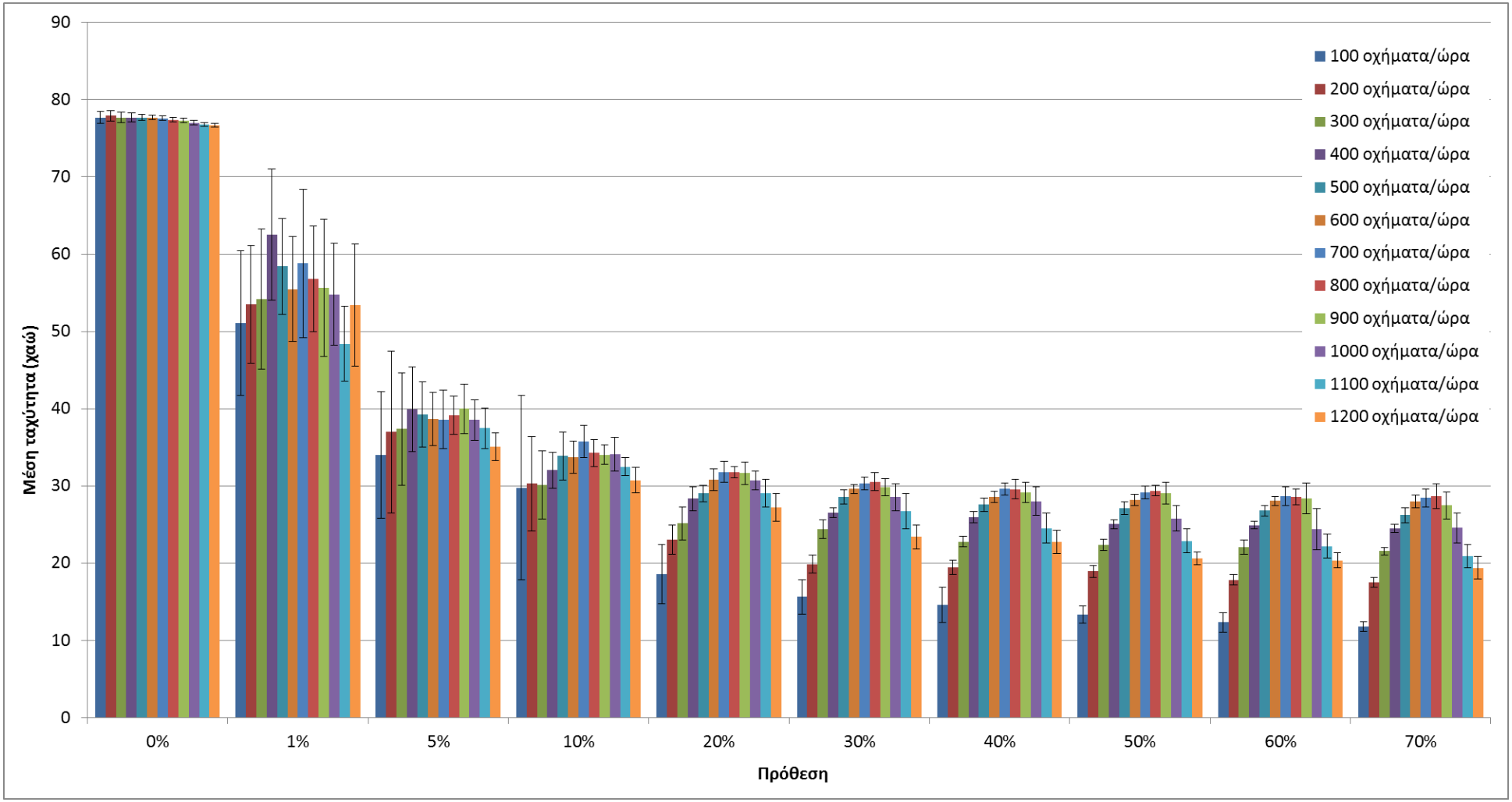
Το πρώτο παρατηρούμενο μέγεθος που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέση ταχύτητα κίνησης των οχημάτων. Η απουσία οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλων σταθμευμένων οχημάτων, συνεπάγεται την ύπαρξη υψηλών ταχυτήτων (μέση τιμή περίπου 77,0 χαώ) στο οδικό δίκτυο μελέτης, ενώ οι παρατηρήσεις έχουν μικρή διασπορά. Επίσης, η ταχύτητα μένει σχεδόν σταθερή, ανεξαρτήτως κυκλοφοριακού φόρτου. Ωστόσο, η ύπαρξη του φαινομένου (πρόθεση 1%) οδηγεί σε σημαντική μείωση της ταχύτητας κίνησης των οχημάτων (28% κατά μέσον όρο), η οποία παρουσιάζει μέση τιμή που κειμένεται από 48,4 έως και 62,5 χαώ. Οι μικρότερες τιμές σημειώνονται

στους χαμηλούς και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, ενώ οι υψηλότερες στους μεσαίους. Σε κάθε περίπτωση όμως, η τυπική απόκλιση είναι αρκετά σημαντίκη (περίπου στο 15% της μέσης τιμής). Καθώς η πρόθεση πενταπλασιάζεται, η μέση ταχύτητα μειώνεται εκ νέου. Το εύρος της μέσης τιμής είναι σημαντικό, αφού καταγράφονται τιμές από 34,0 έως και 40,0 χαώ. Η μείωση συνεπώς σε αυτή την περίπτωση, φτάνει το 51% σε σχέση με την περίπτωση μηδενικής πρόθεσης. Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει υψηλές τιμές για χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους (μέχρι και 10,4 χαώ ή 28% της μέσης τιμής), ωστόσο μειώνεται σημαντικά στην περίπτωση των υψηλών και μεσαίων κυκλοφοριακών φόρτων (όπου σημειώνει τιμές που δεν ξεπερνούν τα 4 χαώ).

Με την περαιτέρω αύξηση της πρόθεσης στο 10%, η μέση ταχύτητα παρουσιάζει μέση τιμή που κειμένεται στα 30 έως 35 χαώ (μέση ποσοστιαία μείωση περίπου 58% της περίπτωσης απουσίας παράνομα σταθμευμένων οχημάτων). Η μείωση της ταχύτητας σε σχέση με την προηγούμενη πρόθεση (5%), δεν είναι σε κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου σημαντική, ενώ η τυπική απόκλιση σημειώνει και σε αυτή την περίπτωση υψηλές τιμές στους χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους (έως και 11,9 χαώ ή 40% της μέσης τιμής) και χαμηλές τιμές στους μεσαίους και υψηλούς. Για πρόθεση 20%, η μέση ταχύτητα μειώνεται σε ποσοστό που φτάνει το 63% σε σχέση με την περίπτωση απουσίας οχημάτων που έχουν πραγματοποιήσει στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος, σημειώνοντας τιμές μεταξύ 18,0 και 32,0 χαώ. Η μείωση αυτή συγκρινόμενη με την αμέσως προηγούμενη πρόθεση είναι μικρή στην περίπτωση των υψηλότερων τιμων, ωστόσο είναι σημαντική για τις μικρότερες τιμές. Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει σε κάθε περίπτωση χαμηλές τιμές που δεν ξεπερνούν τα 3,4 χαώ, ενώ κατα μέσο όρο κειμένονται περίπου στο 7% της μέσης τιμής.

Για μεγαλύτερα ποσοστά πρόθεσης που δοκιμάστηκαν δεν παρουσιάζεται σημαντική μείωση της μέσης ταχύτητας. Συγκεκριμένα, όταν το 30% των οχημάτων έχουν πρόθεση να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος η ταχύτητα κειμένεται από 15 έως 30 χαώ, μόλις 8% μειωμένη κατά μέσον όρο σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη πρόθεση (και 66% σε σχέση με τη μηδενική). Επίσης, και σε αυτή την περίπτωση, η τυπική απόκλιση δεν παρουσιάζει υψηλές τιμές, καθώς αυτές διαμορφώνονται περίπου στο 7% της καταγραφόμενης μέσης τιμής για κάθε περίπτωση. Για πρόθεση 40%, η μέση ταχύτητα μειώνεται μόλις 4% κατά μέσο όρο σε σχέση με την πρόθεση 30% (και 67% σε σχέση με τη μηδενική). Η τυπική απόκλιση σημειώνει χαμηλές τιμές, οι οποίες κατά μέσον όρο κειμένονται στο 5% της μέσης τιμής. Όταν το 50% των χρηστών που χρησιμοποιούν τη δεξιά λωρίδα του δικτύου επιθυμεί να σταθμεύσει παράπλευρα άλλου οχήματος, η μέση ταχύτητα σημειώνει ελάχιστη τιμή 13,3 χαώ και μέγιστη 29,2 χαώ. Η μέση μείωση της μέσης τιμής είναι 4% σε σχέση με την προηγούμενη πρόθεση και

68% σε σχέση με την πρόθεση 0%.Η τυπική απόκλιση και σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζει χαμηλές τιμές (4% της μέσης τιμής κατά μέσον όρο). Με πρόθεση 60%, η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας μειώνεται 3% σε σχέση με την προηγούμενη πρόθεση (50%) και 69% σε σχέση με τη μέση ταχύτητα που αναπτύσσονταν στο δίκτυο όταν απουσίαζαν παράνομα σταθμευμένα οχήματα. Στο 5% της μέσης τιμής κειμένεται η τυπική απόκλιση. Για τη μεγαλύτερη πρόθεση (70%), η μείωση της μέσης ταχύτητας κίνησης περιορίζεται σε 2% σε σχέση με τη προηγούμενη πιθανότητα. Ωστόσο, σε σχέση με τη μηδενική πρόθεση η μέση ταχύτητα μειώνεται συνολικά σε ποσοστό 70%. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται πως η τυπική απόκλιση περιορίζεται στο 5% της μέσης τιμής (κατά μέσον όρο).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 49: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για τη μέση ταχύτητα (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

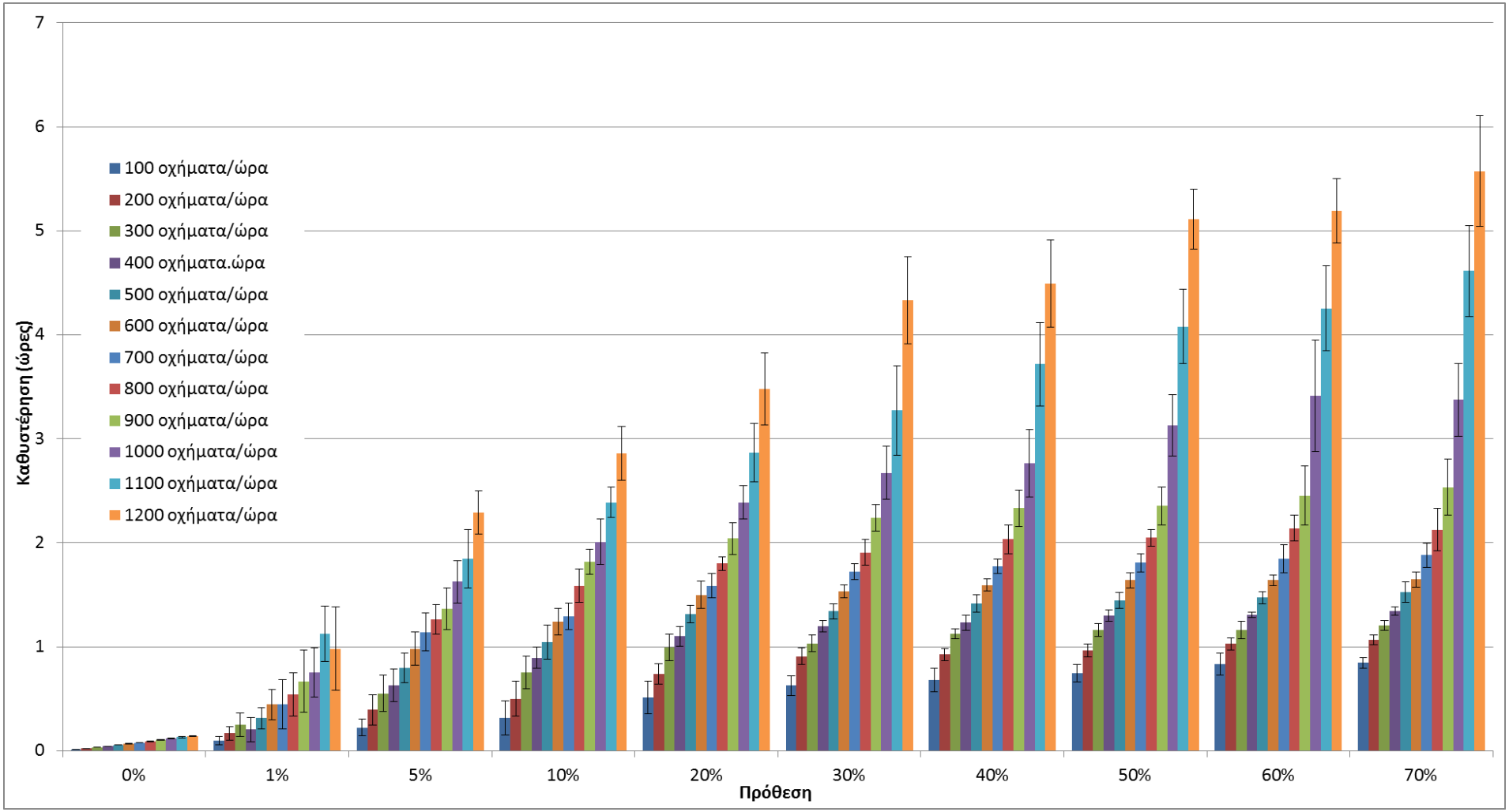
Καθυστέρηση

Από τα αποτελέσματα σχετικά με την καταγραφόμενη καθυστέρηση στο δίκτυο παρατηρείται μία σταθερή αύξηση καθώς αυξάνει ο κυκλοφοριακός φόρτος και η πρόθεση. Όταν δεν παρατηρείται όχημα το οποίο να σταθμεύει παράπλευρα άλλου οχήματος στο οδικό δίκτυο μελέτης, η καθυστέρηση αυξάνει όσο αυξάνει ο κυκλοφοριακός φόρτος, ξεπερνώντας οριακά το 0,1 της ώρας στην περίπτωση του μέγιστου κυκλοφοριακού φόρτου (1200 οχήματα ανά ώρα). Η τυπική απόκλιση σε αυτή τη σειρά δοκιμών είναι πολύ χαμηλή και περιορίζεται στο 4% της μέσης τιμής (κατά μέσον όρο). Η ύπαρξη του φαινομένου (πρόθεση 1%) συνεπάγεται την αλματώδη αύξηση της καθυστέρησης που κειμένεται από 0,1 της ώρας έως και 1,1 ώρες. Η μέση ποσοστιαία αύξηση καταγράφεται στο 570%. Η τυπική απόκλιση σημειώνει τιμές από 0,1 έως και 0,4 της ώρας και αντιστοιχεί περίπου στο 40% της μέσης τιμής. Με την αύξηση της πρόθεσης στο 5%, η μέση τιμή της καθυστέρησης αυξάνεται έως και 131% σε σχέση με την πιθανότητα 1%, φτάνοντας τις 2,3 ώρες στην περίπτωση του μέγιστου κυκλοφοριακού φόρτου μελέτης. Σε σχέση με την κατάσταση του δικτύου όπου απουσιάζει το φαινόμενο, η αύξηση της καθυστέρησης φτάνει, κατά μέσον όρο, το 1422%. Στην περίπτωση αυτή ωστόσο, η τυπική απόκλιση περιορίζεται στο 20% της μέσης τιμής.

Στην περίπτωση που το 10% των χρηστών που χρησιμοποιούν τη δεξιά λωρίδα του οδικού δικτύου επιθυμούν να σταθμεύσουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος, η καταγραφόμενη καθυστέρηση στο δίκτυο αυξάνεται κατά 29%, σε σχέση με τη πρόθεση 5%, ενώ 1875% σε σχέση με τη μηδενική. Η τυπική απόκλιση σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζει τιμές μέχρι 0,3 της ώρας, και περιορίζεται στο 16% (κατά μέσον όρο) της μέσης τιμής. Ο διπλασιασμός των χρηστών που έχουν πρόθεση να σταθμεύσουν παράνομα έχουν αποτέλεσμα την περαιτέρω αύξηση της καθυστέρησης σε ποσοστό 27% σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη πρόθεση. Ωστόσο, η συνολική αύξηση της καθυστέρησης σε σχέση την πρόθεση 0% φτάνει το 2445%. Η τυπική απόκλιση αποτελεί κατά μέσον όρο το 10% της μέσης τιμής για κάθε περίπτωση.

Η περαιτέρω αύξηση της πρόθεσης των χρηστών που επιθυμούν να σταθμεύσουν το όχημά τους στη δεξιά λωρίδα και παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος, δε συνοδεύεται από τόσο μεγάλη αύξηση της καθυστέρησης. Στην περίπτωση της πρόθεσης 30% η μέση αύξηση της καθυστέρησης περιορίζεται στο 11%, σε σχέση με την πρόθεση 20%. Σε σχέση με την απουσία του φαινομένου στο δίκτυο, καταγράφεται συνολική ποσοστιαία αύξηση της καθυστέρησης 2765%. Η διασπορά των μετρήσεων μειώνεται, καθώς η τυπική απόκλιση αποτελεί, κατά μέσον όρον, το 8% της μέσης τιμής. Μόλις 6% αύξηση παρατηρείται στην καταγραφόμενη καθυστέρηση του δικτύου όταν η πρόθεση αυξηθεί απο 30% σε 40%. Η

συνολική όμως αύξηση, σε σχέση με τη μηδενική παρουσία παράνομα σταθμευμένων οχημάτων οχημάτων, φτάνει το 2929%. Η τυπική απόκλιση και σε αυτή την περίπτωση αποτελεί, κατά μέσον όρο, το 7% της μέσης τιμής. Περαιτέρω αύξηση 6% παρατηρείται όταν η πρόθεση φτάσει το 50%, ωστόσο η συνολική ποσοστιαία αύξηση φτάνει το 3116%. Η διασπορά των παρατηρήσεων είναι μικρή, καθώς η τυπική απόκλιση κειμένεται στο 6% της μέσης τιμής. Όταν η πρόθεση φτάσει το 60%, η καθυστέρηση αυξάνεται κατά 4% σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη πρόθεση (50%). Η μέση αύξηση της καθυστέρησης σε σχέση με την περίπτωση όπου στο οδικό δίκτυο δεν παρουσιάζεται το φαινόμενο, φτάνει το 3265%. Η τυπική απόκλιση αποτελεί στην περίπτωση αυτή το 8% της μέσης τιμής. Για τη μέγιστη πρόθεση (70%), η καταγραφόμενη καθυστέρηση στο δίκτυο φτάνει ακόμα και τις 5,6 ώρες, ενώ παρατηρείται αύξηση 3% σε σχέση με την πρόθεση 60%, και 3368% σε σχέση με την πρόθεση 0%. Η διασπορά των μετρήσεων σε κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου είναι μικρή, καθώς η τυπική απόκλιση δε ξεπερνά τη μισή ώρα, ενώ κατα μέσον όρο αποτελεί το 7% της μέσης τιμής.

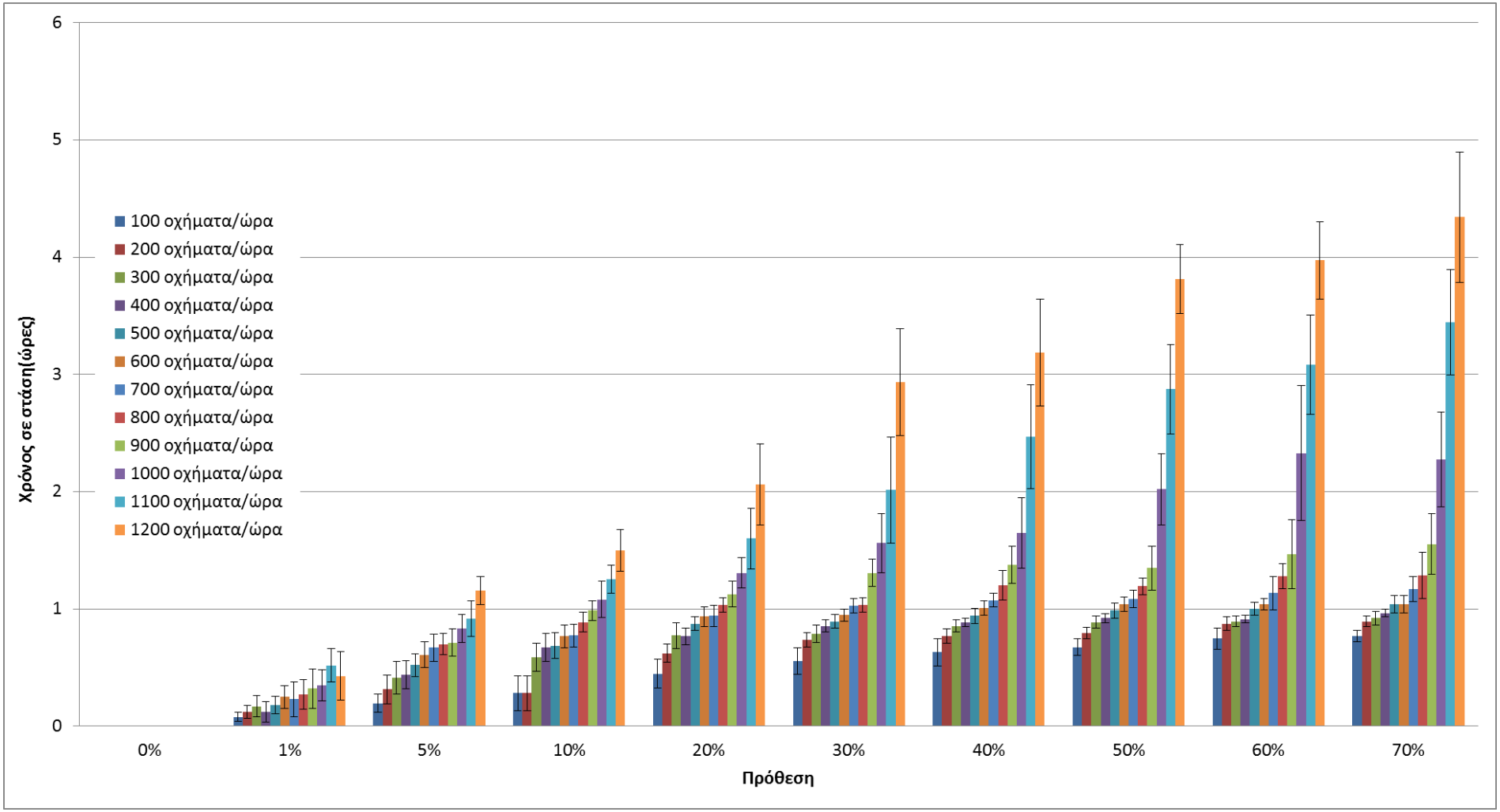


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 50: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για την καθυστέρηση (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

Χρόνος σε στάση

Ο χρόνος σε στάση αποτελεί το τρίτο καταγραφόμενο μέγεθος που χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμηθεί η επίπτωση του φαινομένου. Χαρακτηριστικό του χρόνου σε στάση είναι πως στην περίπτωση όπου απουσιάζουν οχήματα που έχουν σταθμεύσει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (πρόθεση 0%) δεν καταγράφεται καμία τιμή. Η παρουσία οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλων (νόμιμα) σταθμευμένων οχημάτων συνοδεύεται από τη καταγραφή μετρήσεων για το μέγεθος αυτό. Για την περίπτωση της μικρότερης πρόθεσης που μελετήθηκε (1%), η μέση τιμή του χρόνου σε στάση υπολογίστηκε από 0,1 έως και 0,5 της ώρας. Ωστόσο, η τυπική απόκλιση σε αυτή την περίπτωση είναι υψηλή, καθώς αποτελεί 48% (κατά μέσον όρο) της μέσης τιμής, ενώ το ποσοστό αυτό φτάνει και το 64%. Όταν η πρόθεση είναι 5%, τότε παρατηρείται αύξηση του χρόνου σε στάση κατά 37% σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη πρόθεση και φτάνει, στην περίπτωση του μέγιστου κυκλοφοριακού φόρτου (1200 οχήματα ανά ώρα), τις 1,2 ώρες. Η τυπική απόκλιση αποτελεί, κατά μέσον όρο, το 20% της μέσης τιμής.

Καθώς η πρόθεση αυξάνεται κατά 5% (φτάνοντας στο 10%), ο καταγραφόμενος χρόνος σε στάση αυξάνεται σε ποσοστό 19%. Η τυπική απόκλιση ωστόσο, περιορίζεται στο 16% της μέσης τιμής. Διπλασιασμός της πρόθεσης (περίπτωση 20%), συνεπάγεται την αύξηση του χρόνου σε στάση που παρατηρείται στο δίκτυο κατά 23%. Η τυπική απόκλιση περιορίζεται μόνο στο 10% της μέσης τιμής (κατά μέσον όρο). Όταν το 30% των χρηστών που κάνουν χρήση της δεξιάς λωρίδας του οδικού δικτύου επιθυμούν να σταθμεύσουν παράνομα, τότε ο χρόνος σε στάση φτάνει έως και τις 2,9 ώρες, σημειώνοντας αύξηση σε σχέση με την προηγούμενη πρόθεση σε ποσοστό 18%. Η διασπορά των μετρήσεων ωστόσο είναι μικρή, καθώς η τυπική απόκλιση αποτελεί το 8% της μέσης τιμής. Για την περίπτωση όπου η πρόθεση φτάνει το 40%, ο χρόνος σε στάση αυξάνεται, σε σχέση με την πρόθεση 30%, κατά 12%. Η τυπική απόκλιση περιορίζεται και σε αυτή την περίπτωση στο 8% της μέσης τιμής. Τις 3,8 ώρες φτάνει ο χρόνος σε στάση για την περίπτωση των 1200 οχημάτων ανά ώρα, όταν η πρόθεση φτάνει το 50%. Η αύξηση, κατά μέσον όρο, φτάνει το 13% σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη πρόθεση. Στο 6% της μέσης τιμής περιορίζεται η τυπική απόκλιση (κατά μέσον όρο). Περαιτέρω αύξηση κατά 10% της πρόθεσης συνεπάγεται μία μέση ποσοστιαία αύξηση του χρόνου σε στάση που φτάνει το 9%. Η διασπορά των παρατηρήσεων και σε αυτή την περίπτωση είναι μικρή καθώς κειμένεται μόλις στο 8% της μέσης τιμής. Τέλος, για την περίπτωση της μέγιστης πρόθεσης που μελετήθηκε (70%) παρατηρείται μία μέση αύξηση 8% στον καταγραφόμενο χρόνο σε στάση, ενώ η μέγιστη τιμή που σημειώνεται είναι 4,3 ώρες. Η τυπική απόκλιση των μετρήσεων αποτελεί, κατά μέσον όρο, το 7% της υπολογισμένης μέσης τιμής.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. 51: Μέση τιμή και τυπική απόκλιση για το χρόνο σε στάση (δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση)

5. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης, που πραγματοποιήθηκε για την περιοχή του Κολωνακίου. Στοιχεία σχετικά με την περιοχή, αλλά και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται αναλυτικά στο 3ο Κεφάλαιο. Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, πραγματοποιήθηκε μία σειρά σεναρίων που είχε σκοπό την κατά το δύνατόν, βέλτιστη εκτίμηση των επιπτώσεων που παρουσιάζει η στάση και στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος στην περιοχή μελέτης. Τα σενάρια διαφοροποιούνταν ως προς τη ζήτηση (κυκλοφοριακός φόρτος) και την πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος.

5.1. ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ

Αρχικά, εκτιμήθηκε η επίπτωση που έχουν τα οχήματα που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος στην κυκλοφορία με βάση τα στοιχεία που καταγράφησαν στο πεδίο για την περιοχή μελέτης. Για την πραγματοποίηση αυτής της εκτίμησης πραγματοποιήθηκαν τρία σενάρια:

- Σενάριο 0 (ή βάσης). Σε αυτό το σενάριο ο κυκλοφοριακός φόρτος και η πρόθεση αντιστοιχούν σε αυτά που προέκυψαν από τα επεξεργασμένα δεδομένα του πεδίου. Η περίπτωση αυτή, αποτελεί την αναπαράσταση της πραγματικότητας και τα αποτελέσματα της αναφέρονται στην υφιστάμενη κατάσταση. Για το λόγο αυτό, το σενάριο αυτό θεωρείται ως σενάριο βάσης και συνεπώς όλα τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτό.
- Σενάριο 1. Σε αυτό το σενάριο ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι αυτός που καταγράφηκε στο πεδίο και επιλέχθηκε για το σενάριο βάσης. Ωστόσο, η παραβατικότητα είναι μειωμένη σε σχέση με την πραγματική. Συγκεκριμένα η πρόθεση είναι μειωμένη στο μισό, σε σχέση με αυτή που καταχωρήθηκε στο σενάριο 0.
- Σενάριο 2. Στο σενάριο αυτό η πρόθεση θεωρήθηκε μηδενική. Για το σενάριο αυτό συνεπώς, το φαινόμενο εξαλείφεται.

Η διαφορά στα αποτελέσματα των σεναρίων 0 και 2 παρουσιάζει την επίπτωση που έχει αυτό το μοτίβο παράνομης στάθμευσης στο Κολωνάκι. Το σενάριο 1 είχε ως σκοπό να διαπιστώσει ποια θα είναι η επίπτωση που έχει το φαινόμενο, αν η πρόθεση περιοριζόταν στο μισό, λόγω π.χ. αυξημένης (σε σχέση με τη σημερινή) αστυνόμευσης.

Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων απαιτήθηκε μία σειρά επαναλήψεων σε κάθε σενάριο, ώστε η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση για

κάθε παρατηρούμενο μέγεθος να σταθεροποιηθεί. Συγκεκριμένα, 9 επαναλήψεις απαιτήθηκαν για το σενάριο βάσης και το σενάριο 2. Μία λιγότερη επανάληψη απαιτήθηκε για το σενάριο 1.

Το σενάριο βάσης παρουσιάζει τη χαμηλότερη μέση ταχύτητα από τα τρία, ενώ σημειώνει και τη μεγαλύτερη καθυστέρηση και χρόνο σε στάση. Συγκεκριμένα, η μέση ταχύτητα στο σενάριο βάσης υπολογίστηκε στα 15,2 χαώ, παρουσιάζοντας μικρή τυπική απόκλιση (0,6 χαώ). Αύξηση της μέσης τιμής της μέσης ταχύτητας κατά 11,2% παρατηρήθηκε όταν η παραβατικότητα μειώθη (σενάριο 1), καθώς αυτή διαμορφώθηκε στα 16,9 χαώ. Η τυπική απόκλιση παραμένει σε χαμηλά επίπεδα (0,5 χαώ). Ωστόσο, με την εξάλειψη του φαινομένου (σενάριο 2), παρατηρήθηκε έντονη αύξηση της μέσης ταχύτητας που φτάνει το 36,2%, σημειώνοντας μέση τιμή ίση με 20,7 χαώ.

Στην παρούσα κατάσταση (σενάριο βάσης) η καταγραφόμενη καθυστέρηση στο δίκτυο είναι 64,1 ώρες, με τυπική απόκλιση 3,4 ωρών. Για το σενάριο 1 ωστόσο, παρατηρείται μείωση της καταγραφόμενης καθυστέρησης στο δίκτυο που φτάνει το 15,4%. Συγκεκριμένα, για το σενάριο 1 η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση υπολογίστηκαν στις 54,2 και 2,8 ώρες αντίστοιχα. Αν όμως, η πρόθεση μηδενιστεί (σενάριο 2), τότε η μέση τιμή της καθυστέρησης περιορίζεται στις 44,9 ώρες, σημειώνοντας μείωση, σε σχέση με το σενάριο βάσης, 30,0%.

Ο χρόνος σε στάση για το σενάριο βάσης φτάνει τις 39,2 ώρες, με τυπική απόκλιση 2,6 ωρών. Για την περιορισμένη στο μισό πρόθεση σε σχέση με την παρατηρούμενη στο πεδίο (σενάριο 1), ο χρόνος σε στάση φτάνει τις 30,3 ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση δύο ωρών. Η μείωση μεταξύ σεναρίου βάσης και σεναρίου 1 διαμορφώνεται στο 22,7%. Στην περίπτωση που η παραβατική συμπεριφορά εξαλειφθεί (σενάριο 2), τότε η μέση τιμή του χρόνου σε στάση υπολογίζεται στις 21,8 ώρες, με τυπική απόκλιση μίας ώρας. Συνεπώς, σε αυτή την περίπτωση, με βάση το σενάριο 0, η μείωση του χρόνου σε στάση που παρατηρείται στο δίκτυο είναι 44,4%.

Γίνεται εμφανές συνεπώς από τα παραπάνω αποτελέσματα, πως η μείωση ή εξάλειψη των οχημάτων που πραγματοποιούν στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος στο Κολωνάκι έχει θετικές επιπτώσεις και στα τρία παρατηρούμενα κυκλοφοριακά μεγέθη. Σημειώνεται πως περιορίζοντας την παραβατικότητα στο μισό οι συνέπειες που έχει το φαινόμενο περιορίζονται, ειδικά στην περίπτωση της συνολικής καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση. Η πλήρης εξάλειψη του φαινομένου ωστόσο, συνεπάγεται σημαντική μείωση τόσο της καθυστέρηση όσο και του χρόνου σε στάση, ενώ καταγράφεται και αύξηση της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων.

	Μέση ταχύτητα (χαώ)		Καθυστέρηση (ώρες)		Χρόνος σε στάση (ώρες)	
Σενάριο	Μέση τιμή (Τυπ. Απόκ.)	Διαφορά από το Σενάριο 0	Μέση τιμή (Τυπ. Απόκ.)	Διαφορά από το Σενάριο 0	Μέση τιμή (Τυπ. Απόκ.)	Διαφορά από το Σενάριο 0
0	15,2 (0,6)	-	64,1 (3,4)	-	39,2 (2,6)	-
1	16,9 (0,5)	11,2%	54,2 (2,8)	-15,4%	30,3 (2,0)	-22,7%
2	20,7 (0,4)	36,2%	44,9 (2,0)	-30,0%	21,8 (1,0)	-44,4%

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 1: Αποτελέσματα για τον παρατηρούμενο κυκλοφοριακό φόρτο

5.2. ΜΕΙΩΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ

Στην περίπτωση αυτή, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την περιοχή μελέτης, όταν ο φόρτος του δικτύου είναι μειωμένος σε σχέση με τον παρατηρούμενο. Συγκεκριμένα, η μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου σε αυτή τη σειρά των σεναρίων φτάνει το 20%. Η μείωση αυτή πραγματοποιήθηκε με μείωση συνολικά του Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού κατα 20%. Σκοπός αυτής της σειρά σεναρίων είναι να εκτιμηθεί η επίπτωση που παρουσιάζουν τα οχήματα που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος σε περιπτώσεις που ο φόρτος είναι μικρότερος από τον καταγραφόμενο στο πεδίο.

Όπως και στην περίπτωση του καταγραφόμενου στο πεδίο κυκλοφοριακού φόρτου, έτσι και σε αυτή, πραγματοποιήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια:

- Σενάριο Α0. Σε αυτό το σενάριο ο κυκλοφοριακός φόρτος του δικτύου προσομοίωσης περιορίζεται στο 80% του καταγραφόμενου Η πρόθεση ωστόσο, είναι η καταγραφόμενη στο πεδίο. Καθώς η πρόθεση εκφράζεται ως ποσοστό επί τις εκατό του κυκλοφοριακού φόρτου, κάποια παρέμβαση σε αυτή δεν κρίθηκε απαραίτητη. Για την περίπτωση των τριών αυτών σεναρίων, αυτό θεωρείται ως σενάριο βάσης, καθώς σε αυτό καταγράφεται η υφιστάμενη πρόθεση.
- Σενάριο Α1. Στο σενάριο αυτό ο κυκλοφιακός φόρτος είναι ο ίδιος με του σενάριου Α0 (80% του καταγραφόμενου). Η πρόθεση ωστόσο, είναι περιορισμένη σε σχέση με το σενάριο Α1 στο 50%.
- Σενάριο Α2. Πρόκειται για το σενάριο στο οποίο ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι ίδιος με τα προηγούμενα (Α0 και Α1) ωστόσο, η πρόθεση είναι μηδενική.

Η επίπτωση από τη στάση ή στάθμευση οχημάτων παράπλευρα άλλων σταθμευμένων εκτιμάται με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των σεναρίων Α0 και Α2. Το σενάριο Α1 έχει σκοπό να εκτιμήσει ποια θα είναι η επίπτωση του φαινομένου αν η παραβατική συμπεριφορά των οδηγών μειωθεί στο μισό (λόγω π.χ. αυξημένης αστυνόμευσης).

Τα αποτελέσματα προκύπτουν μετά από την πραγματοποίηση μίας σειράς επαναλήψεων για κάθε σενάριο. Οι επαναλήψεις ολοκληρώνονται όταν για κάθε παρατηρούμενο μέγεθος η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση σταθεροποιηθούν. Για τα σενάρια Α0 και Α1 ο αριθμός των απαιτούμενων επαναλήψεων είναι 9, ενώ για το σενάριο Α2 είναι 8.

Για το σενάριο βάσης (Α0) καταγράφεται η ελάχιστη ταχύτητα του δικτύου, καθώς η μέση τιμή φτάνει τα 16,6 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση ίση με 0,8 χαώ. Με πρόθεση μισή από την παρατηρούμενη στο πεδίο (σενάριο Α1), η μέση τιμή της μέσης ταχύτητας αυξάνεται κατά 9,6% (μέση τιμή 18,2 χαώ). Η τυπική απόκλιση στο σεναρίο αυτό υπολογίστηκε στα 0,3 χαώ. Ωστόσο, όταν στο δίκτυο δεν εμφανίζεται όχημα που σταθμεύει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος (σενάριο Α2) η μέση ταχύτητα παρουσιάζει σημαντική αύξηση που φτάνει στο 34,3% σε σχέση με το σενάριο βάσης, διαμορφώνοντας μέση τιμή και τυπική απόκλιση ίση με 22,3 και 0,5 χαώ αντίστοιχα.

Η καθυστέρηση που καταγράφεται στο δίκτυο για το σενάριο βάσης είναι η μεγαλύτερη από τα τρία, καθώς η μέση τιμή υπολογίστηκε στις 46,8 ώρες, με τυπική απόκλιση 2,7 ωρών. Για το σενάριο Α1, παρατηρείται μία σημαντική μείωση της καθυστέρησης η οποία φτάνει το 14,3%. Συγκεκριμένα, στο σενάριο αυτό η μέση τιμή ξεπέρασε οριακά τις 40 ώρες (40,1 ώρες), σημειώνοντας τυπική απόκλιση 1,3 ωρών. Για το σενάριο Α2, όπου η πρόθεση είναι μηδενική, παρατηρείται πως η καθυστέρηση περιορίζεται σημαντικά στις 32,1 ώρες, με τυπική απόκλιση μίας ώρας. Η ποσοστιαία αύξηση της καθυστέρησης για το σενάριο αυτό, σε σχέση με το σενάριο Α0, φτάνει το 31,4%.

Ο χρόνος σε στάση είναι το τελευταίο παρατηρούμενο μέγεθος. Όπως στην περίπτωση της καθυστέρησης, έτσι και εδώ, το σενάριο βάσης παρουσιάζει την υψηλότερη μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Συγκεκριμένα, η μέση τιμή υπολογίστηκε στις 27,1 ώρες, ενώ η τυπική απόκλιση στις 2,4 ώρες. Όταν όμως, η πρόθεση περιοριστεί στο μισό σε με αυτή που παρατηρήθηκε στο πεδίο (σενάριο Α1), ο χρόνος σε στάση μειώνεται στις 21,6 ώρες, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση μίας ώρας. Η αύξηση που παρατηρείται σε σχέση με το σενάριο βάσης φτάνει το 20,3%. Η απουσία παραβατικής συμπεριφοράς (σενάριο Α2) θα οδηγούσε σε σημαντική μείωση του χρόνου σε στάση, καθώς αυτός διαμορφώνει μέση τιμή και τυπική απόκλιση στις 14,4 ώρες και 0,3 της ώρας αντίστοιχα. Η μείωση του χρόνου σε στάση σε αυτή την περίπτωση φτάνει στο 46,9%.

Είναι προφανές συνεπώς, πως και στην περίπτωση του μειωμένου κυκλοφοριακού φόρτου, η αρνητική επίπτωση που έχουν τα παράνομα σταθμευμένα οχήματα στην κυκλοφορία είναι σημαντική. Για τα τρία ενδεικτικά μεγέθη που μελετήθηκαν το σενάριο με τη μηδενική πρόθεση σημειώνει

σημαντική αύξηση της μέσης ταχύτητας και μείωση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση σε σχέση με το σενάριο βάσης. Το σενάριο Α1 δείχνει πως, μειώνοντας την πρόθεση, η επίπτωση είναι σημαντικά μικρότερη.

	Μέση ταχύτητα (χαώ)		**Καθυστέρηση (ώρες)**		**Χρόνος σε στάση (ώρες)**	
Σενάριο	Μέση τιμή (Τυπ. Απόκ.)	Διαφορά από το Σενάριο 0	Μέση τιμή (Τυπ. Απόκ.)	Διαφορά από το Σενάριο 0	Μέση τιμή (Τυπ. Απόκ.)	Διαφορά από το Σενάριο 0
A0	16,6 (0,8)	-	46,8 (2,7)	-	27,1 (2,4)	-
A1	18,2 (0,3)	9,6%	40,1 (1,3)	-14,3%	21,6 (1,0)	-20,3%
A2	22,3 (0,5)	34,3%	32,1 (1,0)	-31,4%	14,4 (0,3)	-46,9%

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 2: Αποτελέσματα για μειωμένο κυκλοφοριακό φόρτο

5.3. ΑΥΞΗΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ

Μία επιπρόσθετη σειρά σεναρίων πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εκτίμηση των αποτελεσμάτων όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος του δικτύου προσομοίωσης, ήταν κατά 20% μεγαλύτερος του παρατηρούμενου. Η αύξηση αυτή, έγινε με αύξηση κατά 20% των τιμών του Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού. Σκοπός ήταν να εκτιμηθεί ποιά είναι η επίπτωση της στάση ή στάθμευσης οχημάτων παράπλευρα άλλων σταθμευμένων οχημάτων, όταν η ζήτηση στο οδικό δίκτυο ξεπεράσει την καταγραφόμενη στο πεδίο.

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, έτσι και σε αυτή, πραγματοποιήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια:

- Σενάριο Β0. Ο κυκλοφοριακός φόρτος του δικτύου είναι 120% του καταγραφόμενου, ενώ η πρόθεση ταυτίζεται με την καταγραφόμενη στο πεδίο. Το σενάριο αυτό αποτελεί το σενάριο βάσης σε αυτή την περίπτωση.
- Σενάριο Β1. Στο σενάριο αυτό ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι ίδιος με το σενάριο βάσης, ωστόσο η πρόθεση περιορίζεται στο μισό. Τα αποτελέσματα αυτού του σεναρίου δείχνουν την επίπτωση που θα είχε ένας περιορισμός του φαινομένου.
- Σενάριο Β2. Πρόκειται για ΤΟ σενάριο στο οποίο ο κυκλοφοριακός φόρτος παραμένει στο 120% του μετρημένου, ωστόσο η πρόθεση είναι 0%.

Η επίπτωση που έχει αυτό το είδος παράνομης στάσης και στάθμευσης στην κυκλοφορία προκύπτει από τη σχετική διαφορά των αποτελεσμάτων μεταξύ του σεναρίου βάσης και του σεναρίου Β2. Η συσχέτιση των αποτελεσμάτων του σεναρίου Β1 με το Β0 έχει ως σκοπό να δείξει ποιά θα είναι η επίπτωση του φαινομένου αν η παραβατικότητα περιοριστεί.

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων απαιτείται μία σειρά επαναλήψεων. Αυτή η σειρά είναι απαραίτητη ώστε να υπάρξει

σταθεροποίηση της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης και για τα τρία παρατηρούμενα μεγέθη. Για την περίπτωση του σεναρίου Β0 απαιτήθηκε μία σειρά 9 επαναλήψεων. Για τα σενάρια Β1 και Β2 μία σειρά 10 επαναλήψεων κρίθηκε απαραίτητη.

Η μέση ταχύτητα παρουσιάζει το μικρότερο μέσον όρο στο σενάριο βάσης. Συγκεκριμένα, η μέση τιμή διαμορφώθηκε στα 12,9 χαώ, με τυπική απόκλιση 0,6 χαώ. Στην περίπτωση του σεναρίου Β1 η μέση τιμή της ταχύτητας υπολογίστηκε στα 14,8 χαώ (με τυπική απόκλιση 0,8 χαώ), παρουσιάζοντας αύξηση που φτάνει το 14,7%. Όταν η παραβατικότητα μηδενιστεί, και συνεπώς κανένα όχημα δε διπλοπαρκάρει (σενάριο Β2), η μέση ταχύτητα φτάνει τα 18,6 χαώ, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση 0,5 χαώ. Η ποσοστιαία αύξηση της μέσης τιμής της μέσης ταχύτητας μεταξύ των σεναρίων Β0 και Β2 φτάνει το 44,2%.

Η καθυστέρηση που καταγράφεται στο δίκτυο στην περίπτωση του σεναρίου βάσης φτάνει τις 87,3 ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση τεσσάρων ωρών. Μείωση που φτάνει το 13,4% παρατηρείται στην καθυστέρηση όταν η πρόθεση μειώνεται στο μισό (σενάριο Β1). Σε αυτή την περίπτωση, η μέση τιμή φτάνει τις 75,6 ώρες, ενώ παρατηρείται και η ίδια τυπικής απόκλιση (4,0 ώρες). Όταν η παραβατικότηα εξαλειφθέι (σενάριο Β2), η μέση τιμή της καθυστέρησης υπολογίζεται στις 58,3 ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση δύο ωρών. Παρατηρείται συνεπώς, μία αύξηση της μέσης τιμής της καθυστέρησης σε σχέση με το σενάριο βάσης που φτάνει το 33,2%.

Στο σενάριο Β0, παρουσιάζεται και ο υψηλότερες χρόνος σε στάση για το δίκτυο. Η μέση τιμή για το σενάριο αυτό υπολογίστηκε στις 56,8 ώρες, σημειώνοντας τυπική απόκλιση 3,8 ώρες. Όταν ωστόσο, η πρόθεση μειωθεί στο μισό (σενάριο Β1) ο χρόνος σε στάση παρουσιάζει μέση τιμή και τυπική απόκλιση 45,6 και 3,7 ώρες αντίστοιχα. Η μείωση που παρατηρείται στη μέση τιμή μεταξύ των σεναρίων βάσης και Β1 φτάνει το 19,7%. Σημαντική μείωση του χρόνου σε στάση παρατηρείται και για το σενάριο Β2, καθώς η μέση τιμή καταγράφεται στις 31,0 ώρες, με τυπική απόκλιση 1,6 ωρών. Συνεπώς, η μείωση σε ποσοστό επί τις εκατό με βάση το σενάριο Β0, φτάνει το 45,4%.

Συνεπώς, η επίπτωση των οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος στο δίκτυο της μελέτης περίπτωσης για αυτή τη σειρά σεναρίων συνεπάγεται σημαντική μείωση της μέσης ταχύτητας και αύξηση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση. Με τον περιορίσμο του φαινομένου ωστόσο, μπορεί να επιτευχθεί μείωση των επιπτώσεων.

	Μέση ταχύτητα (χαώ)		Καθυστέρηση (ώρες)		Χρόνος σε στάση (ώρες)	
Σενάριο	Μέση τιμή (Τυπ. Απόκ.)	Διαφορά από το Σενάριο 0	Μέση τιμή (Τυπ. Απόκ.)	Διαφορά από το Σενάριο 0	Μέση τιμή (Τυπ. Απόκ.)	Διαφορά από το Σενάριο 0
B0	12,9 (0,6)	-	87,3 (4,0)	-	56,8 (3,8)	-
B1	14,8 (0,8)	14,7%	75,6 (4,0)	-13,4%	45,6 (3,7)	-19,7%
B2	18,6 (0,5)	44,2%	58,3 (2,0)	-33,2%	31,0 (1,6)	-45,4%

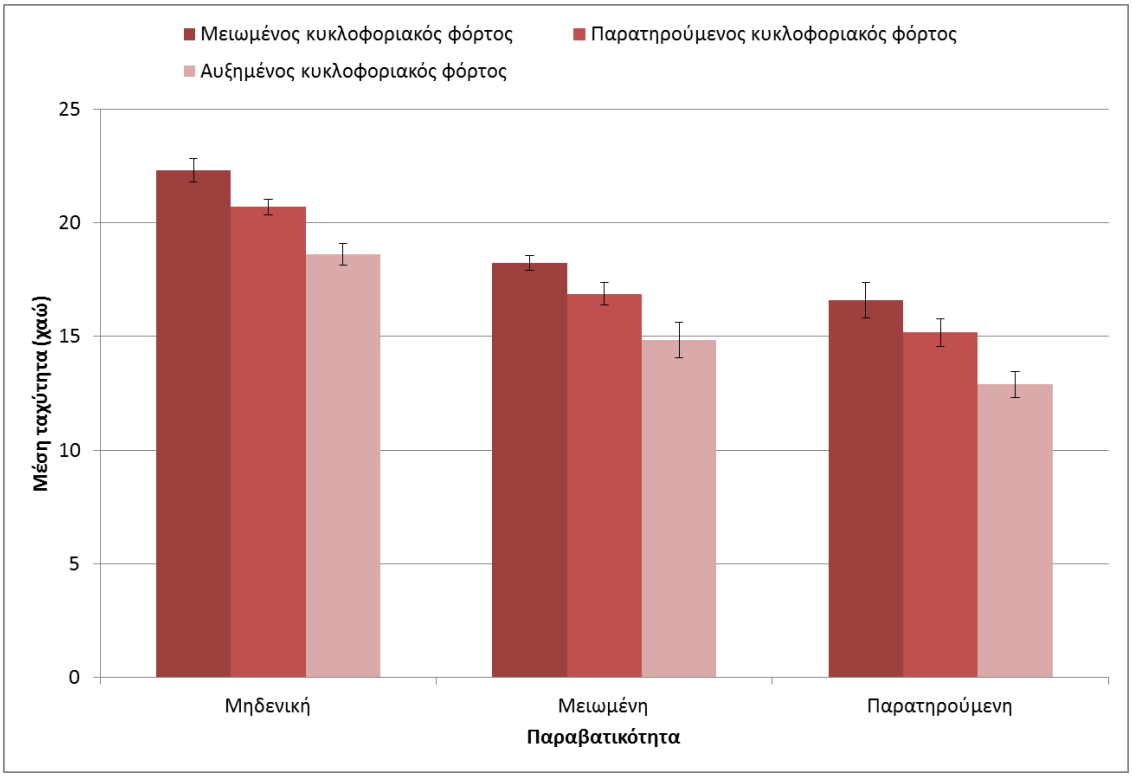
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. 3: Αποτελέσματα για αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο

5.4. ΑΝΑΛΥΣΗ

Η ανάλυση αποσκοπεί στην συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων που καταγράφησαν παραπάνω, παρουσιάζοντας τάσεις και συσχετίσεις. Η ανάλυση γίνεται ανά παρατηρούμενο μέγεθος.

Μέση ταχύτητα

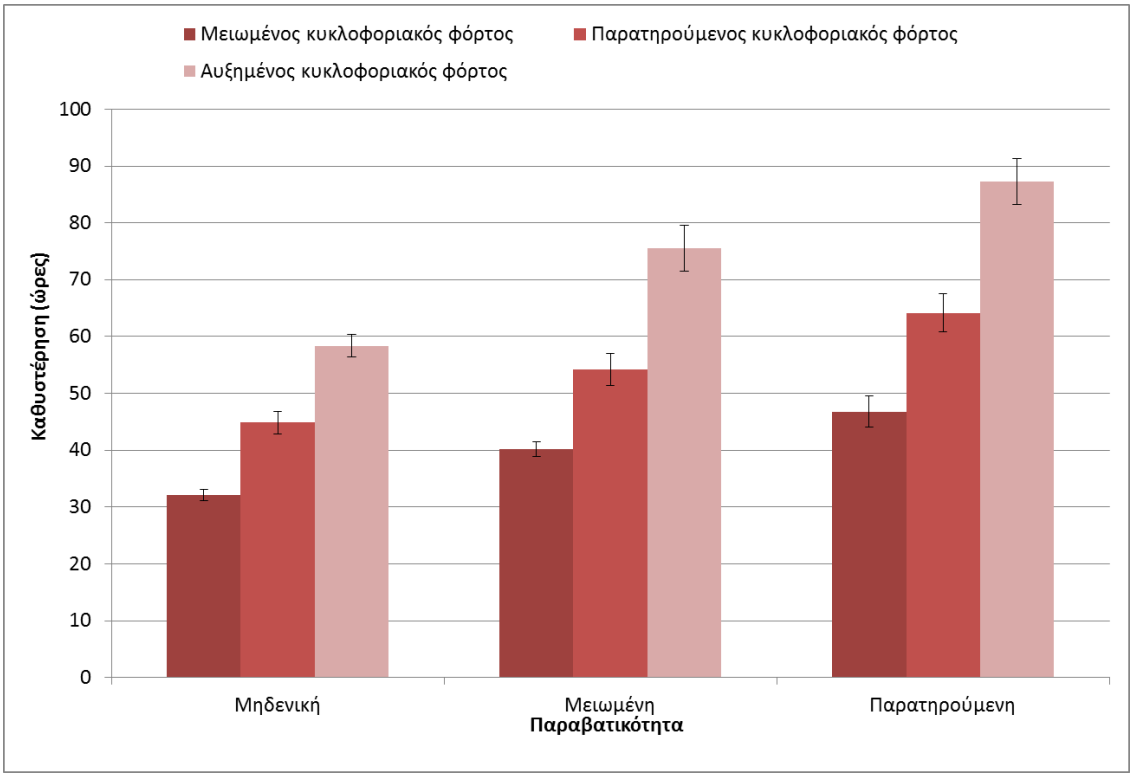
Η μέση ταχύτητα που καταγράφεται στο δίκτυο σημειώνει γενικά χαμηλές τιμές. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στα αστικά χαρακτηριστικά του δικτύου που δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων. Παρατηρείται μείωση της μέσης ταχύτητας καθώς η πρόθεση και ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται. Η χαμηλότερη μέση ταχύτητα σημειώνεται για την περίπτωση του υψηλότερου κυκλοφοριακού φόρτου και της υψηλότερης πρόθεσης (σενάριο B0), ενώ η υψηλότερη στην περίπτωση του χαμηλότερου κυκλοφοριακού φόρτου και της χαμηλότερης πρόθεσης (σενάριο A2). Μειώνοντας την πρόθεση στο μισό η αύξηση της ταχύτητας κυμένεται από 9,6% (για το χαμηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο), έως και 14,7% (για τον υψηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο). Με την εξάλειψη ωστόσο του φαινομένου, η αύξηση της μέσης ταχύτητας φτάνει μέχρι και το 44,2%.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. 1: Η μέση ταχύτητα για τα σενάρια προσομοίωσης της μελέτης περίπτωσης

Καθυστέρηση

Η καθυστέρηση που καταγράφεται στο δίκτυο αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος. Επίσης, για κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου η καταγραφόμενη καθυστέρηση στο δίκτυο μειώνεται όσο μειώνεται η πρόθεση. Συγκεκριμένα, όταν η πρόθεση περιοριστεί στο μισό σε σχέση με τη καταγραφόμενη στο πεδίο, η μέση τιμή της καθυστέρησης μειώνεται από 13,4% έως και 15,4%. Όταν ωστόσο η παραβατικότητα εξαλειφθεί, τότε η μείωση της καθυστέρησης διπλασιάζεται και σε κάθε περίπτωση εκτιμάται περίπου στο 30% της υφιστάμενης κατάστασης (σενάρια 0, Α0 και Β0). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τόσο η μείωση όσο και η εξάλειψη του φαινομένου, θα συνέβαλε σημαντικά στη μείωση των καθυστερήσεων.

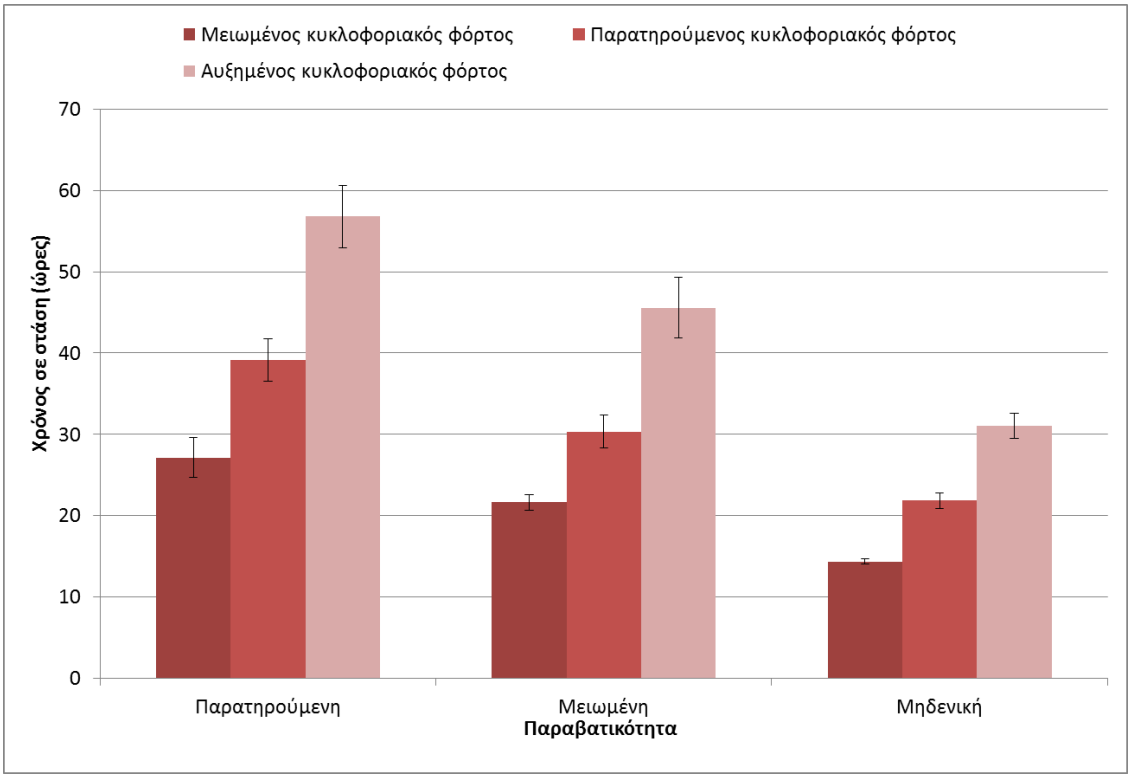


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. 2: Η καθυστέρηση για τα σενάρια προσομοίωσης της μελέτης περίπτωσης

Χρόνος σε στάση

Ο χρόνος σε στάση αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος. Ωστόσο, μείωση παρατηρείται καθώς η πρόθεση μειώνεται. Στην περίπτωση της μισής πρόθεσης σε σχέση με τη καταγραφόμενη στο πεδίο (σενάρια 1, Α1 και Β1), η ποσοστιαία μείωση κυμένεται στο 20% του χρόνου σε στάση που καταγράφεται στο σενάριο βάσης κάθε περίπτωσης. Η εξάλειψη του φαινομένου θα είχε επιπρόσθετα αποτελέσματα, καθώς θα οδηγούσε σε μείωση του καταγραφόμενου χρόνου σε στάση κατά περίπου 45%. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί πως ο παρατηρούμενος χρόνος σε στάση περιλαμβάνει το χρόνο στάσης των οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος. Με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο στο δίκτυο και τη σχέση πρόθεσης-πιθανότητας διπλοπαρκαρίσματος πραγματοποιήθηκε μία εκτίμηση του χρόνου σε στάση που οφείλεται αποκλειστικά στη στάση των οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος. Η μελέτη αναφέρεται αποκλειστικά για την περίπτωση της πρόθεσης που παρατηρήθηκε στο πεδίο. Για το μειωμένο κυκλοφοριακό φόρτο ο χρόνος αυτός υπολογίστηκε στις 9,7 ώρες, για τον παρατηρούμενο κυκλοφοριακό φόρτο φτάνει τις 10,1 ώρες ενώ, για τον αυξημένο τις 11,8 ώρες. Το ποσοστό αυτό για το σενάριο 1 αντιστοιχεί στο 25% του συνολικού χρόνου σε στάση, για το σενάριο Α1 στο 35%, ενώ για το

σενάριο Β1 στο 21%. Γίνεται συνεπώς εμφανές, πως όσο ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται, τόσο ο χρόνος σε στάση των οχημάτων που σταματούν χωρίς να έχουν πρόθεση να σταθμεύσουν παράνομα αυξάνεται.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. 3: Ο χρόνος σε στάση για τα σενάρια προσομοίωσης της μελέτης περίπτωσης

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να εκτιμηθεί η επίπτωση που έχουν τα οχήματα που πραγματοποιούν παράνομη στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος σε ένα αστικό οδικό δίκτυο. Το φαινόμενο αποτελεί ένα μοτίβο παράνομης στάθμης και στάθμευσης το οποίο αντιμετωπίζει συχνά κάποιος στην πόλη της Αθήνας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως σύμφωνα με το Δήμο Αθηναίων (2008), η ζήτηση θέσεων στάθμευσης στο κέντρο της πόλης υπερβαίνει σημαντικά την προσφορά (μία διαφορά 17.000 θέσεων), με αποτέλεσμα περίπου 8.000 οχήματα καθημερινά να σταθμεύουν παράνομα. Το είδος και τα χαρακτηριστικά αυτού του μοτίβου παράνομης στάσης και στάθμευσης ποικίλουν και συνεπώς, η ομαδοποίηση και προτυποποίηση τους αποτελεί απαιτητική διαδικασία. Η γεωμετρία και οι συνθήκες του οδικού άξονα που πραγματοποιείται αυτό το μοτίβο παράνομης στάσης και στάθμευσης, ο αριθμός των οχημάτων και η διάρκεια που παραμένουν σε αυτή την κατάσταση αποτελούν μερικές από τις βασικές παραμέτρους που συνεισφέρουν στη μοντελοποίηση του προβλήματος.

Μεθοδολογικά στο πλαίσιο της εργασίας παρουσίαστηκαν δύο περιπτώσεις του φαινομένου. Ο διαχωρισμός εντοπίζεται στα χαρακτηριστικά της οδού, και η κατηγοροποίηση γίνεται σε οδούς μίας λωρίδας ανά κατεύθυνση και σε οδούς δύο λωρίδων ανά κατεύθυνση. Αυτές προτυποποιήθηκαν στα πλάισια της προσομοίωσης, αλλά και με βάση τις δυνατότητες του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε. Οι επιπτώσεις του φαινομένου εντοπίζονται καταρχήν στην κυκλοφορία και στο οδικό δίκτυο που πραγματοποιείται. Ωστόσο, η στάση ή η στάθμευση ενός οχήματος παράπλευρα ενός άλλου συμβάλει αρνητικά και επιβαρύνει σημαντικά και τις περιβαντολλογικές επιπτώσεις που συνδέονται με το κυκλοφοριακό πρόβλημα. Κατά την προσομοίωση του προβλήματος ωστόσο, η εκτίμηση των επιπτώσεων περιορίζεται σε βασικά κυκλοφοριακά μεγέθη.

6.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Η ανάλυση ευαισθησίας πραγματοποιήθηκε με μία σειρά προσομοιώσεων. Σε αυτές, ορισμένοι παράμετροι που επεισέρχονται στη μοντελοποίηση που πραγματοποιεί το TransModeler για το φαινόμενο μεταβλήθηκαν συστηματικά. Οι βασικοί παράμετροι είναι η πρόθεση στάσης ή στάθμευσης παράπλευρα σταθμευμένου οχήματος και ο κυκλοφοριακός φόρτος. Για κάθε ζευγάρι των παραπάνω παραμέτρων υπολογίστηκαν οι επιπτώσεις που παρουσιάζονται στη μέση ταχύτητα, την καθυστέρηση και το χρόνο σε στάση.

Οι δύο ξεχωριστές περιπτώσεις που μελετήθηκαν ήταν:

- Μία λωρίδα ανά κατεύθυνση. Σε αυτή την περίπτωση η μέση ταχύτητα μειώνεται, ενώ η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση αυξάνονται όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος και η πρόθεση. Γενικά το σύστημα χαρακτηρίζεται ως ευαίσθητο καθώς η τυπική απόκλιση παρουσιάζει μεγάλες τιμές σε σχέση με τη μέση τιμή των παρατηρήσεων.
- Δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση. Σε αυτή την περίπτωση η μέση ταχύτητα μειώνεται συστηματικά όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος. Η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση αυξάνονται σημαντικά, ειδικά στην περίπτωση των υψηλών κυκλοφοριακών φόρτων μελέτης. Η τυπική απόκλιση παρουσιάζει σημαντικές τιμές για χαμηλούς και υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους.

6.2. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Η μελέτη περίπτωσης πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Κολωνακίου του Δήμου Αθηναίων. Πρόκειται για μία εφαρμογή της μεθόδου που αναπτύχθηκε, σε ένα ολοκληρωμένο, πραγματικό αστικό δίκτυο όπου το φαινόμενο εμφανίζεται συστηματικά.

Πραγματοποιήθηκε μία σειρά δοκιμών για διάφορους κυκλοφοριακούς φόρτους και προθέσεις. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκαν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις κυκλοφοριακών φόρτων με βάση αυτόν που μετρήθηκε στο πεδίο. Για κάθε περίπτωση κυκλοφοριακού φόρτου υπολογίστηκε η μέση ταχύτητα, η καθυστέρηση και ο χρόνος σε στάση για την υφιστάμενη παραβατικότητα, για μειωμένη και για μηδενική.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μείωση των οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος θα οδηγούσε σε αύξηση της μέσης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στο δίκτυο και μείωση των καθυστερήσεων αλλά και του χρόνου σε στάση. Η εξάλειψη του φαινομένου ωστόσο, θα οδηγούσε σε περαιτέρω μείωση των αρνητικών επιπτώσεων και θα συμμετείχε σημαντικά στη βελτίωση των κυκλοφοριακών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή.

6.3. ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ

Με βάση τα αποτελέσματα της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση που καταγράφησαν για την περιοχή του Κολωνακίου, στο σημείο αυτό γίνεται μία γενίκευση των αποτελεσμάτων σε δύο επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο αφορά το Δήμο Αθηναίων, ενώ το δεύτερο αφορά την ευρύτερη περιφέρεια της πρωτεύουσας. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω αποτελέσματα αποτελούν μόνο μία εκτίμηση της κατάστασης για τη χωρική μονάδα που

ανάγονται και έχουν ως αποκλειστικό σκοπό την ενδεικτική παρουσίαση των επιπτώσεων των οχημάτων που σταθμεύουν παράπλευρα άλλων σταθμευμένων οχημάτων σε μία ευρύτερη περιοχή με αστικά χαρακτηριστικά. Επίσης, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αναφέρονται αποκλειστικά στην πρωινή ώρα αιχμής.

6.3.1. Δήμος Αθηναίων

Η γενίκευση των αποτελέσματων στην περίπτωση του Δήμου της Αθήνας γίνεται με βάση τρία στοιχεία:

- Έκταση. Η αναγωγή των αποτελεσμάτων με βάση την έκταση αποτελεί μία απλή γενίκευση με χωρική βάση. Σύμφωνα με εκτίμηση που έγινε από τον ιστότοπο της Κτηματολόγιο Α.Ε. (http://www.ktimatologio.gr) η περιοχή μελέτης έχει έκταση 220 στρέμματα. Ενώ, η περιοχή του Δήμου Αθηναίων καλύπτει μία έκταση 37.950 στρεμμάτων (Δήμος Αθηναίων, 2008).
- Νόμιμες θέσεις στάθμευσης. Η αναγωγή των αποτελεσμάτων με βάση τις νόμιμες θέσεις στάθμευσης αποτελεί μία πιο σύνθετη γενίκευση και συνδέει το φαινόμενο με την προσφορά θέσεων στάθμευσης. Μετά από επί τόπου έρευνα, οι νόμιμες θέσεις στάθμευσεις (κατοίκων και επισκεπτών) για την περιοχή μελέτης ανέρχονται στις 570. Σύμφωνα με το Δήμο Αθηναίων (2008) οι νόμιμες θέσεις στάθμευσης εντός των ορίων του ανέρχονται στις 33.000.
- Μετακινήσεις. Η αναγωγή των αποτελεσμάτων με βάση τις μετακινήσεις που έλκονται και παράγονται αποτελεί γενίκευση με κριτήριο τη ζήτηση που καταγράφεται στο οδικό δίκτυο. Από τις μετρήσεις πεδίου, οι μετακινήσεις στην περιοχή του Κολωνακίου είχαν εκτιμηθεί στις 2.300. Σύμφωνα με το Δήμο της Αθήνας (2008) κατά την πρωινή αιχμή εισέρχονται και εξέρχονται στο δακτύλιο 70.000 οχήματα.

Για την περίπτωση της έκτασης, η εκτίμηση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση σημειώνει τη μεγαλύτερη τιμή. Συγκεκριμένα, η μείωση της παραβατικότητας συνεπάγεται μία μείωση της καθυστέρησης που φτάνει τις 1.700 ώρες περίπου, ενώ κατά 1.535 ώρες μειώνεται ο χρόνος σε στάση. Ενώ στην περίπτωση που το φαινόμενο εξαλειφθεί πλήρως, η καθυστέρηση που καταγράφεται στο δίκτυο μειώνεται κατά 3.310 ώρες, ενώ και ο χρόνος σε στάση περιορίζεται κατά 3.000 ώρες περίπου.

Σημαντικά μικρότερη είναι η εκτίμηση της μείωσης της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση που καταγράφεται με βάση τις νόμιμες θέσεις στάθμευσης. Στην περίπτωση που η πρόθεση μειωθεί στο μισό εκτιμάται πως η καθυστέρηση θα μειωθεί κατά 570 ώρες, ενώ ο χρόνος σε στάση κατά 515 ώρες. Ωστόσο, αν στο δίκτυο δεν παρατηρείται κανένα όχημα που σταθμεύει

παράνομα η μείωση εκτιμάται πως ξεπερνά οριακά τις 1.100 ώρες για την περίπτωση της καθυστέρησης και τις 1.000 ώρες για το χρόνο σε στάση.

Η μικρότερη μείωση στη καταγραφόμενη καθυστέρηση και στο χρόνο σε στάση εκτιμάται στην περίπτωση των μετακινήσεων. Αυτό οφείλεται πιθανώς στο γεγονός πως οι καταγραφόμενες μετακινήσεις για το Δήμο Αθηναίων ταυτίζονται με τα οχήματα που εισέρχονται και εξέρχονται από το δακτύλιο. Συνεπώς, οι μετακινήσεις που πραγματοποιούνται εντός δακτυλίου δεν καταγράφονται και για το λόγο αυτό το αποτέλεσμα θεωρείται ως μία υποεκτίμηση της πραγματικής κατάστασης. Στην περίπτωση της μειωμένης παραβατικότητας η μείωση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση στο δίκτυο φτάνει τις 315 και 283 ώρες αντίστοιχα. Τις 611 ώρες φτάνει η εκτίμηση της καθυστέρησης όταν η πρόθεση διπλόπαρκαρίσματος θεωρηθεί μηδενική. Για την ίδια πρόθεση παρατηρείται και μία μείωση του χρόνου σε στάση που φτάνει τις 554 ώρες.

	Παραβατικότητα	**Μείωση της καθυστέρησης (ώρες)**	**Μείωση του χρόνου σε στάση (ώρες)**
Έκταση	*Περιορισμένη*	1.708	1.535
	Μηδενική	3.312	3.002
Θέσεις στάθμευσης	*Περιορισμένη*	573	515
	Μηδενική	1.112	1.007
Μετακινήσεις	*Περιορισμένη*	315	283
	Μηδενική	611	554

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 1: Μείωση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση για την πρωινή ώρα αιχμής (Δήμος Αθηναίων)

Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν με σκοπό την εκτίμηση των οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων του φαινομένου για το Δήμο Αθηναίων. Σύμφωνα με τους Antoniou et al. (2007) η αξία του χρόνου εκτιμάται από τους μετακινούμενους στα 7 ευρώ ανά ώρα. Συνεπώς, με βάση την καταγραφόμενη καθυστέρηση, εκτιμάται πως το όφελος του φαινομένου σε οικονομικά μεγέθη κυμαίνεται από 2.200 ευρώ έως και σχεδόν 12.000 ευρώ για την περίπτωση της μειωμένης παραβατικότητας, ενώ το ίδιο εύρος κυμαίνεται από 4.200 ευρώ έως και 23.000 ευρώ αν το φαινόμενο εξαλείφονταν. Σημειώνεται ότι το οικονομικό όφελος και στις δύο περιπτώσεις αναφέρεται για τα όρια του Δήμου Αθηναίων κατά την πρωινή αιχμή (08:00 με 09:00) μίας τυπικής καθημερινής ημέρας.

	Παραβατικότητα	Κέρδος (χιλ. ευρώ/πρωινή αιχμή/ημέρα)
Έκταση	*Περιορισμένη*	12,0
	Μηδενική	23,2
Θέσεις στάθμευσης	*Περιορισμένη*	4,0
	Μηδενική	7,8
Μετακινήσεις	*Περιορισμένη*	2,2
	Μηδενική	4,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 2: Μείωση κόστους για την πρωινή ώρα αιχμής (Δήμος Αθηναίων)

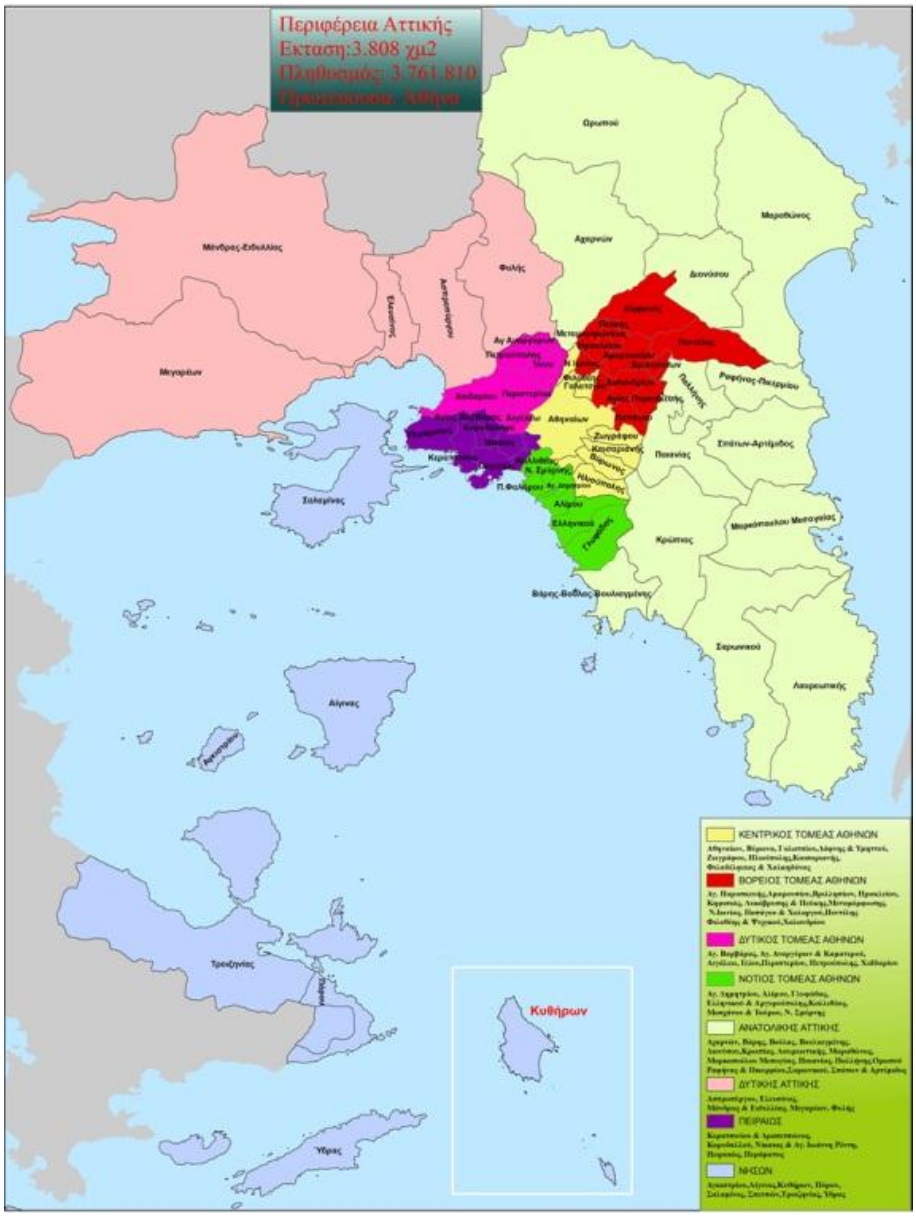
Τα περιβαλλοντικά οφέλη που συνεπάγεται ο περιορισμός ή η εξάλειψη του φαινομένου μπορούν να ποσοτικοποιηθούν με βάση τους βασικούς εκπεμπόμενους ρύπους που απελευθερώνονται από ένα όχημα, όταν αυτό βρίσκεται σε στάση. Καθώς η εκτίμηση γίνεται μόνο για το χρόνο σε στάση, τα αποτελέσματα αποτελούν ενδεικτικά στοιχεία που αποτελούν υποεκτίμηση των πραγματικών. Το σύνολο των επιπτώσεων προκύπτει από τη συνολική καθυστέρηση που περιλαμβάνει διαδικασίες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης και ο προσδιορισμός των εκπομπών σε αυτές τις περιπτώσεις δεν είναι δυνατός κατ'εκτίμησην. Σύμφωνα με τους Frey et al. (2003) ένα τυπικό όχημα σε στάση εκπέμπει 1,4 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) ανά δευτερόλεπτο, 1,1 μιλιγραμμάρια μονοξειδίου του άνθρακα (CO) ανά δευτερόλεπτο και 0,3 μιλιγραμμάρια υδρογονανθράκων (HC) ανά δευτερόλεπτο. Περιορίζοντας την πρόθεση στο μισό, η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να ξεπεράσει τους 7,5 τόνους, ενώ η μείωση του μονοξειδίου του άνθρακα και των υδρογονανθράκων μπορεί να φτάσει τα 5,9 και 1,8 χιλιόγραμμα αντίστοιχα. Ωστόσο, η μηδενική παραβατικότητα συνεπάγεται μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που φτάνουν τους 15,2 τόνους. Επίσης, για μηδενική παραβατικότητα η εκτίμηση της μείωσης στην περίπτωση του μονοξειδίου του άνθρακα κυμαίνεται από 2,1 έως 11,5 χιλιόγραμμα, ενώ των υδρογονανθράκων από 0,7 έως και 3,6 χιλιόγραμμα. Σημειώνεται ότι σύμφωνα με το Fuel Economy Guide (2011) ένα επιβατικό όχημα εκπέμπει σε ετήσια βάση 6 με 9 τόνους διοξειδίου του άνθρακα.

	Παραβατικότητα	Διοξείδιο του άνθρακα- CO_2 (τόνοι/πρωινή αιχμή/ημέρα)	Μονοξείδιο του άνθρακα- CO (χιλιόγραμμα/πρωινή αιχμή/ημέρα)	Υδρογονάνθρακες- HC (χιλιόγραμμα/πρωινή αιχμή/ημέρα)
Έκταση	*Περιορισμένη*	7,8	2,6	1,4
	Μηδενική	15,2	5,1	2,8
Θέσεις στάθμευσης	*Περιορισμένη*	5,9	2,0	1,1
	Μηδενική	11,5	3,8	2,1
Μετακινήσεις	*Περιορισμένη*	1,8	0,6	0,3
	Μηδενική	3,6	1,2	0,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 3: Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογονανθράκων για την πρωινή ώρα αιχμής (Δήμος Αθηναίων)

6.3.2. Περιφέρεια Αθηνών

Η περιφέρεια της Αθήνας είναι μία μεγαλύτερη σε έκταση και ποικιλομορφία περιοχή και συνεπώς τα αποτελέσματα μπορούν να θεωρηθούν μόνον ενδεικτικά. Ως Περιφέρεια Αθηνών χαρακτηρίζεται ένα μέρος της Περιφέρειας Αττικής, στον οποίο παρουσιάζονται έντονα αστικά χαρακτηριστικά. Η Περιφέρεια Αθηνών χωρίζεται στον Κεντρικό (όπου βρίσκεται ο Δήμος Αθηναίων), το Βόρειο, το Νότιο και το Δυτικό τομέα. Σημειώνεται ότι τα παρακάτω αποτελέσματα αναφέρονται αποκλειστικά για την πρωινή ώρα αιχμής.



ΧΑΡΤΗΣ 6. 1: Περιφέρεια Αθηνών

Πηγή: Περιφέρεια Αττικής

Η γενίκευση των αποτελεσμάτων που επιχειρείται στην παράγραφο αυτή γίνεται με βάση τα εξής κριτήρια:

- Έκταση. Αποτελεί την απλούστερη αναγωγή των αποτελεσμάτων από την περιορισμένη έκταση της περιοχής μελέτης στην ευρύτερη περιοχή της περιφέρειας που την περιλαμβάνει, με κριτήριο χωρικής βάσης. Η περιοχή του Κολωνακίου που μελετήθηκε έχει εκτιμόμενη έκταση (από τη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε μέσω της Κτηματολόγιο Α.Ε.) 0,22 τετ. χλμ., ενώ η περιφέρεια της Αθήνας, σύμφωνα με το ΥΠΕΧΩΔΕ (2009), έχει έκταση 427 τετ. χλμ.
- Χιλιόμετρα οδικού δικτύου. Για την μελέτη περίπτωσης η εκτίμηση του συνολικού μήκους του οδικού δικτύου έγινε με χρήση των χαρτών Google, και υπολογίστηκε στα 4,6 χλμ. Για την περιφέρεια της Αθήνας το συνολικό μήκος του οδικού δικτύου σύμφωνα με το ΥΠΕΧΩΔΕ (2009) είναι 2380 χλμ.
- Μετακινήσεις. Η αναγωγή με βάση τις μετακινήσεις πραγματοποιεί γενίκευση με άξονα τη ζήτηση στο οδικό δίκτυο. Από τις μετρήσεις πεδίου, οι μετακινήσεις στην περιοχή του Κολωνακίου είχαν εκτιμηθεί στις 2.300. Σύμφωνα με το ΣΕΣ (2008) κατά την πρωινή (και απογευματινή) αιχμή πραγματοποιούνται 800.000 μετακινήσεις με αυτοκίνητα.

Με βάση το πρώτο κριτήριο αναγωγής, η καθυστέρηση στο δίκτυο μπορεί να μειωθεί 19.215 ώρες αν η παραβατικότητα μειωθεί στο μισό, ενώ η μείωση μπορεί να φτάσει και τις 37.260 ώρες, όταν το φαινόμενο εξαλειφθεί. Σημαντική μείωση καταγράφεται και στο χρόνο σε στάση καθώς, αν η παραβατικότητα περιοριστεί, θα μειωθεί κατά 17.270 ώρες, ενώ αν μηδενιστεί, θα μειώθει κατά 33.770 ώρες.

Η μείωση της καθυστέρησης με βάση το μήκος του οδικού δικτύου φτάνει, για την περίπτωση της μειωμένης παραβατικότητας στις 5.120 ώρες, ενώ σχεδόν διπλασιάζεται αν το φαινόμενο εξαλειφθεί (φτάνει τις 9.920 ώρες). Σημαντική είναι και η εκτιμόμενη μείωση του χρόνου σε στάση. Με μείωση της παραβατικής συμπεριφοράς ο χρόνος σε στάση περιορίζεται κατά 4.600 ώρες, ενώ αν η παραβατικότητα εξαλειφεί πλήρως σε όλη την περιφέρεια της Αθήνας τότε η μείωση του χρόνου σε στάση φτάνει τις 9.000 ώρες.

Η γενίκευση των αποτελεσμάτων με κριτήριο τις μετακινήσεις δείχνει πως μπορεί να σημειωθεί μείωση της καθυστέρησης που φτάνει τις 3.600 ώρες, αν το φαινόμενο απλώς περιοριστεί. Η εξάλειψη του φαινομένου θα οδηγήγει σε σημαντική μείωση της καθυστέρησης, καθώς αυτή εκτιμάται στις 6.980 ώρες. Μείωση καταγράφεται και στο χρόνο σε στάση. Μειωμένη παραβατικότητα συνεπάγεται και μειωμένο καταγραφόμενο χρόνο σε στάση κατά 3.240 ώρες. Σχεδόν διπλάσια μείωση του χρόνου σε στάση (6.330 ώρες) εκτιμάται στην περίπτωση που η παραβατικότητα μηδενιστεί.

	Παραβατικότητα	Μείωση της καθυστέρησης (ώρες)	Μείωση του χρόνου σε στάση (ώρες)
Έκταση	*Περιορισμένη*	19.215	17.274
	Μηδενική	37.265	33.772
Μήκος οδικού δικτύου	*Περιορισμένη*	5.122	4.605
	Μηδενική	9.934	9.003
Μετακινήσεις	*Περιορισμένη*	3.600	3.237
	Μηδενική	6,982	6.328

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 4: Μείωση της καθυστέρησης και του χρόνου σε στάση για την πρωινή ώρα αιχμής (Περιφέρεια Αθηνών)

Μία εκτίμηση της εξοικονόμησης (σε χρηματικές μονάδες) που μπορεί να επιτευχθεί είτε με τον περιορισμό, είτε με την εξάλειψη του φαινομένου μπορεί να εκτιμηθεί με βάση τη μείωση της καθυστέρησης και την αξία του χρόνου. Η τελευταία (όπως και για την περίπτωση του Δήμου Αθηναίων) εκτιμάται με βάση τους Antoniou et al. (2007) στα 7 ευρώ ανά ώρα. Συνεπώς, η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί στη χρονική βάση της πρωινής ώρας αιχμής για μία καθημερινή ημέρα κυμαίνεται από 25.200 έως και 134.500 ευρώ για μειωμένη παραβατικότητα και από σχεδόν 50.000 έως 261.000 ευρώ για μηδενική παραβατικότητα.

	Παραβατικότητα	Κέρδος (χιλ. ευρώ/πρωινή αιχμή/ημέρα)
Έκταση	*Περιορισμένη*	134,5
	Μηδενική	260,9
Μήκος οδικού δικτύου	*Περιορισμένη*	35,9
	Μηδενική	69,5
Μετακινήσεις	*Περιορισμένη*	25,2
	Μηδενική	48,9

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 5: Μείωση κόστους για την πρωινή ώρα αιχμής (Περιφέρεια Αθηνών)

Τα περιβαλλοντικά οφέλη που έχει είτε ο περιορισμός, είτε η εξάλειψη του φαινομένου, μπορούν να εκτιμηθούν με βάση τη μείωση των εκπεμπόμενων καυσαερίων από τα οχήματα κατά τη διάρκεια της στάσης τους. Όπως και στην παράγραφο 6.3.1. η εκτίμηση γίνεται με βάση τα στοιχεία που παραθέτουν για τις εκπομπές ρύπων ενός τυπικού οχήματος οι Frey et al. (2003). Συνεπώς, περιορίζοντας στο μισό τη παραβατική συμπεριφορα, εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) θα μειώνονταν από 16,4 έως και 87,6 τόνους. Με την παραβατικότητα σε περιορισμένα επίπεδα θα μειώνονταν και οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) από 12,4 έως και 65,9 χιλιόγραμμα, ενώ οι υδρογονάνθρακες (HC) από 3,9 έως και 20,6 χιλιόγραμμα. Ωστόσο, μηδενική παραβατικότητα συνεπάγεται μείωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) τουλάχιστον κατά 32,1 τόνους, ενώ η μείωση

μπορεί να φτάσει και τους 171,3 τόνους. Επίσης, μείωση παρατηρείται στις εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα (CO) που φτάνει και τα 128,9 χιλιόγραμμα και στις εκπομπές υδρογονανθράκων (HC) που κυμαίνονται από 7,6 έως και 40,2 χιλιόγραμμα.

	Παραβατικότητα	Διοξείδιο του άνθρακα- CO_2 (τόνοι/πρωινή αιχμή/ημέρα)	Μονοξείδιο του άνθρακα- CO (χιλιόγραμμα/πρωινή αιχμή/ημέρα)	Υδρογονάνθρακες- HC (χιλιόγραμμα/πρωινή αιχμή/ημέρα)
Έκταση	*Περιορισμένη*	87,6	65,9	20,6
	Μηδενική	171,3	128,9	40,2
Μήκος οδικού δικτύου	*Περιορισμένη*	23,4	17,6	5,5
	Μηδενική	45,7	34,4	10,7
Μετακινήσεις	*Περιορισμένη*	16,4	12,4	3,9
	Μηδενική	32,1	24,2	7,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 6: Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογονανθράκων για την πρωινή ώρα αιχμής (Περιφέρεια Αθηνών)

6.4. ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν η εκτίμηση των επιπτώσεων της παραβατικότητας από ένα συγκεκριμένο μοτίβο παράνομης στάθμευσης. Η εκτίμηση γίνεται με χρήση προσομοίωσης και οι προτάσεις για περαιτέρω εμβάθυνση και μελέτη του θέματος σχετίζεται με τον τρόπο που η στάθμευση γενικά, αλλά και το φαινόμενο της στάσης και στάθμευσης οχήματος παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος συγκεκριμένα, μπορεί να μοντελοποιηθεί.

Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκε ειδική βοηθητική λωρίδα στα οδικά τμήματα που παρατηρείται στάση ή στάθμευση παράπλευρα άλλου οχήματος. Όταν ένα όχημα πραγματοποιούσε ελιγμό προσπέρασης οχήματος σταθμευμένου παράπλευρα άλλου, δεν επηρέαζε τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της λωρίδας του απέναντι ρεύματος κυκλοφορίας (περίπτωση δύο λωρίδων κυκλοφορίας). Βελτίωση στην εφαρμογή της παρούσας μεθοδολογίας αποτελεί η συσχέτιση των βασικών κυκλοφοριακών μεγεθών της απέναντι λωρίδας κυκλοφορίας σε σχέση με αυτή που εμφανίζεται το φαινόμενο. Το παραπάνω ισχύει καθώς, όταν ένα όχημα σταθμεύει παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος, τότε τα οχήματα που ακολουθούν κάνουν χρήση μέρους της αντίθετης λωρίδας κυκλοφορίας για να το προσπεράσουν.

Μια επιπλέον βελτίωση του μοντέλου σχετίζεται με τον τρόπο που οι οδηγοί πραγματοποιούν μία απόφαση. Στο πλαίσιο του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία και που υλοποιεί το TransModeler, η αναζήτηση μίας θέσης στάθμευσης έχει ντετερμινιστικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, ένας οδηγός αναζητεί μία θέση στάθμευσης περιμετρικά του

κεντροειδούς (centroid) από το οποίο έλκεται, και συνδέεται με θέσεις στάθμευσης μέσω του υποδοχέα (centroid connectors). Ωστόσο, αν υπάρχουν διαθέσιμες θέσεις σε κοντινή απόσταση, αλλά συνδέονται με άλλο κεντροειδές, τότε η αναζήτηση μίας θέσης στάθμευσης δεν τις περιλαμβάνει. Τελικά, ο οδηγός συνεχίζει να αναζητά θέση στάθμευσης και το όχημα να φορτίζει το δίκτυο, ενώ σε κοντινή απόσταση υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευση. Ενισχύοντας τη λειτουργία του μοντέλου, η αναζήτηση θα μπορούσε να περιέχει δυναμικά στοιχεία. Η αναζήτηση συνεπώς μίας θέσης στάθμευσης θα μπορούσε να συνδέεται με μία περιοχή αναζήτησης, η οποία θα εξαπλώνεται χωρικά όσο το χρονικό διάστημα της αναζήτησης μεγαλώνει. Αν το χρονικό διάστημα της αναζήτησης ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, το οποίο σχετίζεται με το σκοπό και τη διάρκεια της μετακίνησεις, τότε ο οδηγός μπορεί:

- Να επιλέξει να σταθμεύσει παράνομα (σταθμεύοντας παράπλευρα άλλου σταθμευμένου οχήματος)
- Να σταθμεύσει σε κάποιο χώρο στάθμευσης εκτός της οδού. Ένα επιπλέον μοντέλο που συνυπολογίζει το κόμιστρο στάθμευσης στο χώρο αυτό, τη διάρκεια της στάθμευσης και την απόσταση από το σημείο έλξης της μετακίνησης θα μπορούσε να αναπτυχθεί και να ενισχύσει την εφαρμογή της μεθοδολογίας.
- Να μεταβεί σε άλλη περιοχή, που θα καλύπτει το σκοπό της μετακίνησής του
- Να ακυρώσει τη διαδρομή του και να επιστρέψει στο σημείο παραγωγής της μετακίνησής.

Τέλος, ένα επιπλέον μοντέλο που θα συσχετίζει την εμφάνιση και ένταση του φαινομένου με το ύψος του προστίμου της παράβασης και την πιθανότητα επιβολής του, θα μπορούσε να αναπτυχθεί και να εκτελείται παράλληλα. Με αυτό τον τρόπο θα συσχετιστεί η αστυνόμευση με την ύπαρξη και τις επιπτώσεις του φαινομένου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία:

1. Barcelo J., ***"Fundamentals on Traffic Simulation"***, International Series in Operations Research and Management Science, New York, 2010.

2. ***"Traffic Management Act"*** (2004), United Kingdom. (διαθέσιμο στο διαδίκτυο: http://www.legislation.gov.uk)

3. U.S. Department of Energy (2011), ***"Fuel Economy Guide"***. (διαθέσιμο στο διαδίκτυο: http://www.fueleconomy.gov)

4. Κοκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι., ***"Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική με Εφαρμογές"***, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα.

5. Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών (2007), ***"Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας"***, Αθήνα.

6. Φραντζεσκάκης Ι. Μ., Γκόλιας Ι.Κ., Πιτσιαβά-Λατινοπούλου Μ. Χ., ***"Κυκλοφοριακή Τεχνική"***, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2009.

7. Φραντζεσκάκης Ι. Μ., Πιτσιαβά-Λατινοπούλου Μ. Χ., Τσαμπούκας Δ.Α., ***"Στάθμευση"***, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2002.

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά, έρευνες και εργασίες:

1. Antoniou C., Balakrishna R., H.N.Koutsopoulos H.N. and Ben-Akiva M. (2011), ***"Calibration methods for simulation-based dynamic traffic assignment systems"***, International Journal of Modeling and Simulation, Vol. 31, No. 3, pp. 227-233.

2. Antoniou C., Matsoukakis E and Roussi P. (2007), ***"A methodology fto the estimation of value-of-time using state-of-the-art econometric models"***, Journal of Public Transportation, Vol. 10, No. 3.

3. Arnott R. and Inci E. (2006), ***"An integrated model of downtown parking and traffic congestion"***, Journal of Urban Economics, Vol. 60, pp. 418- 442.

4. Astarita V., Er-Rafia K., Florian M., Mahut M. and Velan S. (2001), ***"A comparison of three methods for dynamic network loading"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

5. Barter P.A. (2011), ***"Parking requirements in some major asian cities"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

6. Caicedo F., Robuste F. and Lopez-Pita A. (2006), ***"Parking management and modeling of car park patron behavior in underground facilities"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

7. Clinch P.J. and Kelly A.J. (2004, a), ***"Testing the sensitivity of parking behavior and modal choice to the price of on-street parking"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

8. Clinch P.J. and Kelly A.J. (2004, b), ***"The Influence of parking pricing on the profile of on-street parkers"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

9. De Cerreno A.L.C. (2003), ***"The dynamics of on-street parking in large central cities"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

10. Fishman R. and Miguel E. (2007), ***"Corruption, norms, and legal enforcement: Evidence from diplomatic parking tickets"***, Journal of Political Economy, Vol. 15, Issue 6, pp. 1020-1048.

11. Frey H.C., Unal A., Rouphail N.M. and Colyar J.D. (2003), ***"On-road measurement of vehicle tailpipe emissions using a portable instrument"***, Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 53, pp. 992-1002.

12. Gallo M., D'Acierno L. and Montella B. (2011), ***"A multilayer model to simulate cruising for parking in urban areas"***, Transport Policy, Vol. 18, pp. 735-744.

13. Greenberg A. (2004), ***"How new parking spaces may effectively increase typical U.S. urban housing total unit costs by $52,000 to $117,000"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

14. Guo H., Gao Z., Zhao X. and Wang W. (2011), ***"Influential factors analysis in travel time under influence of on-street parking"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

15. Han L.D., Chin S., Franzese O. and Hwang H. (2005), ***"Estimating the impact of pickup-and-delivery-related illegal parking activities on traffic"***, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1906, pp. 49-55.

16. Jolls C. (2004), ***"On law enforcement with boundedly rational actors"***, Harvard Law School John M. Olin Center for Law, Economics and Business Discussion Paper Series. Paper 494. (διαθέσιμο στο διαδίκτυο: http://lsr.nellco.org/harvard_olin/494)

17. Jung O. (2010), ***"Who is really paying for your parking space? Estimating the marginal implicit value of off-street parking spaces for condominiums in central Edmonton, Canada"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

18. Kepatsoglou K., Karlaftis M. Yannis G. (2010), ***"Effects of a new on-street parking management scheme on demand of a park-and-ride facility: a before – after analysis"***, Advances in Transportation Studies, Section B 22, pp. 75-81.

19. King D.A. (2009), ***"Estimating environmental and congestion effects from cruising for parking"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

20. Lu B. and Viegas J. (2007), ***"The analysis of the influence of the double parking vehicles to the central traffic flow"***, International Conference on Transportation Engineering.

21. Mahmassani, H. S. (2001), ***"Dynamic network traffic assignment and simulation method- ology for advanced system management applications"***, Networks and Spacial Economics, 1(3):267–292.

22. Martens K., Benenson I. and Birfir S. (2007), ***"Estimating urban parking policies using an agent-based model of driver parking behavior"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

23. Milakis D., Vlastos Th. and Barbopoulos N. (2008), ***"Relationships between Urban Form and Travel Behaviour in Athens, Greece. A Comparison with Western European and North American Results"***, EJTIR, Issue 8(3), September 2008, pp. 201-215, ISSN: 1567- 7141.

24. Orr N., Rissel C., Desmarchelier M. and Dirkis H. (2005), ***"The evaluation of a simple intervention using traffic cones to reduce traffic hazards around schools at peak times"***, Road & Transport Research Journal. Vol. 14, pp. 109-111.

25. Papathanasopoulou V. and Antoniou C. (2010), ***"Assessment of congestion pricing prospects for Athens, Greece"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

26. Petiot R. (2004), ***"Parking enforcement and travel demand management"***, Transport Policy, Vol. 11, pp. 399-411.

27. Qian Z.S., Xiao F.E. and Zhang H.M. (2011), ***"The economics of parking provision for the morning commute"*****,** Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 45, Issue 9, pp. 861-879.

28. Rodier C.J. and Shaheen S.A. (2005), ***"Transit-based smart parking: Early field test"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

29. Rye T., Cowan T. and Ison S. (2004), ***"Expansion of a controlled parking zone and it's influence on modal split: The case of Edinburgh, Scotland and it's relevance to elsewhere"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

30. Sarasua W.A., Malisetty P., and Chowdhury M.A. (2005), ***"Optimal parking reallocation for spetial events- A geographic information system analysis"*****,** Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

31. Schaller B., Maguire T., Stein D., Ng W. and Blakeley M. (2010), ***"Parking pricing and curbside management in New York City"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

32. Shoup D.C. (1997), ***"The high cost of free parking"***, Journal of Planning Education and Research, Vol. 17, pp. 3-2.

33. Shoup D.C. (2004), ***"The ideal source of local public revenue"***, Regional Science and Urban Economics, Vol. 34, Issue 6, pp. 753-784.

34. Shoup D.C. (2006), ***"Cruising for parking"***, Transport Policy, Vol. 13, Issue 6, pp. 479-486.

35. Sillas M.A. and Holguin-Veras J. (2009), ***"Behavioral microsimulation formulation for analysis and design of off-hour delivery policies in urban areas"*****,** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Issue Number: 2097, pp. 43-50.

36. Spiliopoulou C. and Antoniou C. (2012), ***"Analysis of illegal parking behavior in Greece"***, Submitted on Transport Research Arena.

37. Tivendale K., Tsigos A. (2010), ***"Kerb parking management processes – analysis and methods"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

38. Van Ommeren J., Wentink D. and Dekkers J., (2011), ***"The real price of parking policy"***, Journal of Urban Economics, Vol. 70, pp. 25–31.

39. Waerden van der P., Timmermans H. and Borgers A. (2002), ***"PAMELA, a Parking Analysis Model for predicting Effects in Local Areas"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

40. Yannis G., Golias J. and Antoniou C. (2006), ***"Effects of urban delivery restrictions on traffic movements"***, Transportation Planning and Technology, Vol. 29, No. 4, pp. 295-311.

41. Zorn L., Sall E. and Bent Z. (2011), ***"Exploring parking pricing for congestion management using secta activity-based regional pricing model"***, Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

42. Δήμος Αθηναίων (2008), ***"Επιχειρησιακό πρόγραμμα ανάπτυξης Δήμου Αθηναίων 2007-2010, Α΄ Μέρος: Στρατηγικό σχέδιο"***.

43. ΣΕΣ (2008), ***"Οδοιπορικό για τις μετακινήσεις στην Αθήνα της επόμενης δεκαετίας… από την ολοκληρωτική συμφώρηση στην βιώσιμη κινητικότητα"***.

44. Σπηλιοπούλου Χ. (2011), ***"Διαχρονική εξέλιξη του συστήματος ελεγχόμενης στάθμευσης στον δήμο Αθηναίων"***, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

45. ΥΠΕΧΩΔΕ (2009), ***"Στρατηγική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του σχεδίου επικαιροποίησης του ΡΣΑ"***, Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου και Προστασίας Περιβάλλοντος Αθήνας.

Ιστότοποι:

1. https://maps.google.com

2. http://www.cityofathens.gr (Δήμος Αθηναίων)

3. http://www.geofabrik.de

4. http://www.ktimatologio.gr (Κτηματολόγιο Α.Ε.)

5. http://www.nyc.gov (Δήμος της πόλης της Νέας Υόρκης)

6. http://www.openstreetmap.org

7. http://www.patt.gov.gr (Περιφέρεια Αττικής)

8. http://www.statistics.gr (Ελληνική Στατιστική Αρχή)