

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ, ΠΜΣ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΈΡΓΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΑΤΕΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΛΑΡΙΣΑ, 2018-2019

ΣΤΑΘΜΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ (ΣΕ) ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ HCM 2000

Σ.Ε. ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΣΤΗΝ
ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ

Συντάκτης : Μπαλαντές Χρήστος¹,
Επιβλέπων : Παπαγεωργίου Γρηγόριος²

¹Μεταπτυχιακός Φοιτητής, Τεχνολόγος Πολιτικός Μηχανικός

²Επίκουρος Καθηγητής, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

Τριμελής επιτροπή εξέτασης Μ.Δ.Ε.

Αλαμανής Νικόλαος: Επίκ. Καθηγητής, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός	
Παπαγεωργίου Γρηγόριος: Επίκ. Καθηγητής, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός	
Χουλιάρας Ιωάννης: Καθηγητής, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός	



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αριθμός Μητρώου: 7218013

Ημερομηνία: 27/9/2019

Πίνακας περιεχομένων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ INTRODUCTION	1
2. ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΡΟΗ TRAFFIC STREAM.....	3
2.1 ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΜΕΓΕΘΗ FUNDAMENTAL TRAFFIC VARIABLES	3
2.1.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ TRAFFIC VOLUME	3
2.1.2 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ TRAFFIC SPEED	5
2.1.3 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ TRAFFIC DENSITY	9
2.1.4 ΧΩΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ SPACING & HEADWAY.....	9
2.2 ΣΧΕΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΔΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ RELATIONSHIP BETWEEN FUNDAMENTAL VARIABLES	10
2.3 ΛΟΙΠΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΜΕΓΕΘΗ OTHER TRAFFIC VARIABLES	13
2.3.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ TRAFFIC DELAY.....	15
2.3.2 ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΡΟΗ ΚΑΙ ΧΑΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ SATURATED FLOW RATE & LOST TIME	16
2.3.3 ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ QUEUING	17
3. ΣΤΑΘΜΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ LEVEL OF SERVICE	19
3.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ TRAFFIC CAPACITY	19
3.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ INFLUENCING FACTORS.....	20
3.3 ΣΤΑΘΜΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ OF SERVICE.....	LEVEL 23
4. ΜΕΘΟΔΟΣ HCM 2000 ΣΕ ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ HCM 2000 METHOD OF URBAN STREET LOS	26
4.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΙΣΟΔΟΥ INPUT PARAMETERS	26
4.1.1 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ URBAN STREET SEPARATION.....	26
4.1.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ URBAN STREET CLASSIFICATION	26

4.1.3	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΡΟΗΣ FREE FLOW SPEED, FFS.....	29
4.2	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ TRAFFIC DELAY.....	30
4.3	ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ TRAFFIC CAPACITY	34
4.4	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ TRAVEL SPEED, S_A	36
4.5	ΣΤΑΘΜΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ URBAN STREET LEVEL OF SERVICE	38
4.6	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΕ ΑΠΟ HCM 2000 HCM 2000 URBAN LOS EXAMPLES.....	40
5.	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΣΕ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ CASE STUDY: LOS OF “ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΙΤΕΧΝΙΟΥ”	56
5.1	ΟΔΟΣ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ “ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΙΤΕΧΝΙΟΥ” STREET	57
5.2	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΙΣΟΔΟΥ INPUT PARAMETERS	59
5.3	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ESTIMATION OF CONTROL DELAY.....	63
5.4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ESTIMATION OF LOS	64
5.5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ CONCLUSIONS.....	65
5.6	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ SUGGESTIONS FOR IMPROVEMENT	66
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ BIBLIOGRAPHY.....	70

ABSTRACT

The level of service (LOS) of a road network is the main measure of driver's comfort. The present thesis presents the method of calculation of urban streets in HCM 2000 and parametric analysis of a section of "Iroon Polytechniou" in Larissa city in order to identify the urban street LOS that provides at the city drivers and optimize the existing infrastructure where required. In the first chapter of the text an introductory reference is made to the traffic technique. In the second chapter is being analyzed the fundamental traffic flow variables and the concept LOS (LEVEL OF SERVICE). Chapter 3 presents the methodological approach to the calculation of the urban street based on the Manual HCM 2000 (Road Traffic Capacity Manual) on which this work and the Greek OMOE (Road study Guidelines) are based. In chapter 4 the parametric analysis of Iroon Polytechniou Street is made. The street LOS for the most part is satisfactory, but overall it is not sufficient, in the latter part of the street LOS is very poor with enormous delays for drivers and needs to be improved mainly in terms of signalization and geometric conditions of the section. At the end of Chapter 4, an appendix is given with 5 more examples of urban street LOS calculations and intersections through the HCM 2000 manual for a better understanding of the methodology.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η στάθμη εξυπηρέτησης (ΣΕ) ενός οδικού δικτύου είναι ο σημαντικότερος δείκτης παρεχόμενης άνεσης του οδικού δικτύου προς τον οδηγό. Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η μέθοδος υπολογισμού ΣΕ αστικών δικτύων κατά το HCM 2000 και πραγματοποιείται παραμετρική ανάλυση σε ένα τμήμα της οδού Ηρώων Πολυτεχνείου στην πόλη της Λάρισσας με σκοπό να προσδιορισθεί η ΣΕ που παρέχει στους οδηγούς της πόλης και να βελτιστοποιηθεί το υπάρχον δίκτυο όπου αυτό κριθεί απαραίτητο. Στο πρώτο κεφάλαιο του συγγράμματος γίνεται μια εισαγωγική αναφορά στα πλαίσια της κυκλοφοριακής τεχνικής. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τα θεμελιώδη μεγέθη της κυκλοφοριακής ροής και η έννοια της κυκλοφοριακής στάθμης εξυπηρέτησης. Στο κεφάλαιο 3 παρατίθεται η μεθοδολογική προσέγγιση του υπολογισμού της ΣΕ αστικών δικτύων με βάση το εγχειρίδιο HCM 2000 (2000 Highway capacity manual) στο οποίο στηρίζεται η παρούσα εργασία και ο Ελληνικός ΟΜΟΕ (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων). Στο κεφάλαιο 4 γίνεται η παραμετρική ανάλυση της οδού Ηρώων Πολυτεχνείου. Η στάθμη εξυπηρέτησης της οδού στο μεγαλύτερο τμήμα της κρίνεται ικανοποιητική, συνολικά όμως δεν κρίνεται επαρκής, στο τελευταίο τμήμα του υπό ανάλυση δικτύου η στάθμη εξυπηρέτησης προκύπτει πολύ κακή με τεράστιες καθυστερήσεις και χρήζει βελτίωσης κυρίως ως προς τις συνθήκες σηματοδότησης και γεωμετρίας του τμήματος. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθεται παράρτημα με 5 ακόμη παραδείγματα υπολογισμού στάθμης εξυπηρέτησης σε οδικά τμήματα και διασταυρώσεις μέσα από το εγχειρίδιο HCM 2000 για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

INTRODUCTION

Με τον όρο της Κυκλοφοριακής Τεχνικής (Π. Παπαϊωάννου, 2004) νοείται η επιστήμη που μελετά και διερευνά όλα τα θέματα που σχετίζονται με την κυκλοφορία οχημάτων και πεζών σε αστικές και υπεραστικές περιοχές. Γενικά η Κυκλοφοριακή Τεχνική ασχολείται με θέματα ροής οχημάτων και πεζών, με θέματα διαχείρισης κυκλοφορίας, με θέματα στάθμευσης, με θέματα οδικής ασφάλειας κ.α. Ειδικά επικεντρώνεται στην εξέταση της κυκλοφορίας οχημάτων και πεζών, στους νόμους και κανόνες που διέπουν αυτές και στον τρόπο αντιμετώπισης κυκλοφοριακών προβλημάτων. Η κυκλοφοριακή τεχνική αναφέρεται κυρίως στη μελέτη λύσεων άμεσης εφαρμογής, αντιμετωπίζοντας τα διάφορα ζητήματα σε επίπεδο δικτύων ή μεμονωμένων οδών/σημείων.

Με τον όρο σύστημα μεταφορών αναφέρεται το σύνολο των στοιχείων που χρησιμοποιούνται και/ ή απαιτούνται για την μεταφορά προσώπων και εμπορευμάτων. Τα στοιχεία αυτά περιλαμβάνουν τα Μεταφορικά Δίκτυα, το σύνολο των τερματικών εγκαταστάσεων (τερματικοί σταθμοί και χώροι στάθμευσης), το σύνολο των μέσων μετακίνησης (οχήματα, συρμοί, αεροπλάνα, πλοία κλπ.), καθώς και άλλες εγκαταστάσεις που είναι αναγκαίες για την πραγματοποίηση της μεταφοράς.

Το σύστημα των μεταφορών μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε συστήματα ανάλογα με ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά των στοιχείων που το απαρτίζουν, όπως το μέσο μεταφοράς (χερσαία, ποτάμια/ θαλάσσια και αεροπορικά συστήματα), την περιοχή εξυπηρέτησης (αστικά και υπεραστικά συστήματα), το ποιος/ τι μεταφέρεται (επιβατικά, εμπορικά συστήματα). Επιπροσθέτως δίνεται η δυνατότητα συνδυασμών και δημιουργίας υποσυστημάτων. Το κάθε σύστημα μεταφορών διαθέτει μια δυναμική, η οποία καθορίζεται από την αλληλοσυσχέτιση προσφοράς, ζήτησης και παρεχόμενης στάθμης εξυπηρέτησης στους χρήστες.

Με τον όρο λειτουργική ανάλυση δικτύων αναφέρεται ο προσδιορισμός διαφόρων ποσοτικών και ποιοτικών μεγεθών που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία του δικτύου, μέσω της ανάλυσης των επιμέρους οδών που το απαρτίζουν, καταλήγοντας στην ανάλυση του συνολικού δικτύου. Ορισμένα ενδεικτικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για την λειτουργική εξέταση των διαφόρων συστατικών μερών ενός δικτύου είναι τα εξής:

- Ο κυκλοφοριακός φόρτος,
- Η ταχύτητα,
- Η πυκνότητα κυκλοφορίας,
- Ο διαχωρισμός.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η μέθοδος υπολογισμού στάθμης εξυπηρέτησης αστικών δικτύων κατά το HCM 2000 και πραγματοποιείται παραμετρική ανάλυση σε ένα τμήμα της οδού Ηρώων Πολυτεχνείου στην πόλη της Λάρισας με σκοπό να προσδιορισθεί η στάθμη εξυπηρέτησης που παρέχει στους οδηγούς της πόλης βάση της ταχύτητας διαδρομής και να βελτιστοποιηθεί το υπάρχον

δίκτυο όπου αυτό κριθεί απαραίτητο. Στο πρώτο κεφάλαιο του συγγράμματος γίνεται μια εισαγωγική αναφορά στα πλαίσια της κυκλοφοριακής τεχνικής. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στην κυκλοφοριακή ροή, γίνεται μια βιβλιογραφική αναφορά στα θεμελιώδη μεγέθη της κυκλοφοριακής ροής και της έννοιας της κυκλοφοριακής στάθμης εξυπηρέτησης. Στο κεφάλαιο 3 παρατίθεται η μεθοδολογική προσέγγιση του υπολογισμού των καθυστερήσεων, της ταχύτητας διαδρομής και της στάθμης εξυπηρέτησης αστικών οδικών δικτύων με βάση το Αμερικάνικο εγχειρίδιο HCM 2000 (Highway capacity manual 2000) στο οποίο στηρίζεται η παρούσα εργασία και ο Ελληνικός ΟΜΟΕ (Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων). Στο κεφάλαιο 4 γίνεται η παραμετρική ανάλυση της οδού Ηρώων Πολυτεχνείου ως παράδειγμα υπολογισμού στάθμης εξυπηρέτησης καθώς και άλλα παραδείγματα δανεισμένα από το εγχειρίδιο HCM 2000 για την καλύτερη κατανόηση της μεθοδολογίας.

2. ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΡΟΗ TRAFFIC STREAM

Τα οδικά δίκτυα υποδομής κατηγοριοποιούνται με βάση το είδος ροής σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Τα δίκτυα μη διακοπτόμενης κυκλοφορίας (un-interrupted flow) και
2. Τα δίκτυα διακοπτόμενης κυκλοφορίας (interrupted flow), όπου η κυκλοφορία διακόπτεται μέσω διασταυρώσεων και σημείων ελέγχου.

Η μη διακοπτόμενη κυκλοφορία παρουσιάζεται όταν δεν υπάρχουν μόνιμες εγκαταστάσεις που να προκαλούν διακοπές στην κυκλοφοριακή ροή. Η λειτουργική κατάσταση της κυκλοφορίας καθορίζεται από τα μεγέθη του κυκλοφοριακού φόρτου (traffic flow), της ταχύτητας (speed), της πυκνότητας (density), του διαχωρισμού. Η ανάλυση των παραμέτρων μπορεί να γίνει μακροσκοπικά και μικροσκοπικά (δηλαδή ανά ζεύγος οχημάτων, όπως στον διαχωρισμό), καθώς και χρονικά (για μια δεδομένη χρονική περίοδο) και χωρικά (για ένα δεδομένο μήκος).

Η διακοπτόμενη κυκλοφορία παρουσιάζεται όταν στην οδική υποδομή υπάρχουν ελεγχόμενα ή μη σημεία εισροής-εκροής οχημάτων, ώστε να προκαλείται περιοδική διακοπή ή ουσιαστική επιβράδυνση της κυκλοφοριακής ροής. Η λειτουργική κατάσταση της κυκλοφορίας καθορίζεται από τα μεγέθη του κυκλοφοριακού φόρτου, της ροής κορεσμού, τις μεταβλητές ελέγχου (σήμανση και σηματοδότηση), την καθυστέρηση και τον σχηματισμό ουράς.

2.1 ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΜΕΓΕΘΗ FUNDAMENTAL TRAFFIC VARIABLES

Τα θεμελιώδη κυκλοφοριακά μεγέθη που παρατίθενται στην ενότητα 2.1 αναφέρονται στην έννοια του κυκλοφοριακού φόρτου, της κυκλοφοριακής ταχύτητας, της κυκλοφοριακής πυκνότητας και οι έννοιες του χρονικού και χωρικού διαχωρισμού.

2.1.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ TRAFFIC VOLUME

Όπως αναφέρει ο Π. Παπαϊωάννου (2004), ο όρος κυκλοφοριακός φόρτος, Q είναι ο συνολικός αριθμός οχημάτων που περνούν από τη διατομή μιας λωρίδας ή οδού κατά τη διάρκεια ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος συνήθως για διάστημα μιας ώρας, υπάρχει όμως και ο ημερήσιος φόρτος (Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία, ΜΗΚ), ο φόρτος δεκαπεντάλεπτου κλπ. Ο μέσος όρος όλων την ΜΗΚ ενός έτους αποτελεί την Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ) (Annual Average Daily Traffic, AADT). Ο κυκλοφοριακός φόρτος διακυμαίνεται με τον χρόνο (χρονικός κυκλοφοριακός φόρτος) και έτσι ομιλούμε για:

- Διακύμανση εντός της ώρας,
- Ωριαία Διακύμανση (εντός της ημέρας),
- Ημερήσια Διακύμανση (εντός της εβδομάδας),
- Εβδομαδιαία Διακύμανση (κατά εβδομάδα),
- Μηνιαία ή εποχική Διακύμανση (εντός του έτους).

Για τη διακύμανση μέσα στο διάστημα μιας ώρας και κυρίως της ώρας αιχμής που είναι και το κρίσιμο μέγεθος από άποψη κυκλοφορίας, χρησιμοποιείται ο συντελεστής ώρας αιχμής (ΣΩΑ), που δείχνει το βαθμό ομοιομορφίας της ροής εντός της ώρας αιχμής. Ο ΣΩΑ ισούται με τον λόγο του ισοδύναμου ωριαίου φόρτου του δυσμενέστερου χρονικού τμήματος της ώρας αιχμής προς τον συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο της ώρας αυτής, όπως φαίνεται στην εξίσωση 2-1.

$$\Sigma\Omega A = \frac{\text{\textit{\Omega\textit{ριαίος κυκλοφοριακός φόρτος}}}{4(\text{\textit{μέγιστος κυκλοφοριακός φόρτος 15λεπτου}}} \quad (2-1)$$

Μεγάλη τιμή του ΣΩΑ (~1) υποδηλώνει κορεσμένο κυκλοφοριακό δρόμο, ενώ μικρή τιμή ΣΩΑ δείχνει ότι η ροή διακυμαίνεται και απέχει από τον κορεσμό.

Ρυθμός ροής είναι ο φόρτος κυκλοφορίας μιας ώρας που προκύπτει με βάση τον φόρτο που αντιστοιχεί στο δυσμενέστερο χρονικό διάστημα εντός της ώρας πολλαπλασιασμένο επί τον αριθμό των χρονικών διαστημάτων που χωρίζεται η ώρα. Ως ωριαίος φόρτος μελέτης χρησιμοποιείται συνήθως ο 30ος υψηλότερος φόρτος του έτους, δηλαδή, ο φόρτος που μπορεί να ξεπερασθεί μόνο για 30 συνολικά ώρες εντός του έτους (15%-20% της αντίστοιχης ΕΜΗΚ, για τα Ελληνικά δεδομένα).

Σύνθεση κυκλοφορίας ονομάζεται η ποσοστιαία κατανομή της κυκλοφορίας σε κατηγορίες οχημάτων. Η κατηγοριοποίηση των οχημάτων μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους αναλόγως του σκοπού για τον οποίο γίνεται. Για αστικές περιοχές η συνήθης κατηγοριοποίηση είναι: α) ΙΧ, β) Ταξί, γ) Φορτηγά (<3.5 τόνων, >3.5 τόνων), δ) Λεωφορεία (απλά / αρθρωτά, δημόσια / ιδιωτικά).

Αναγωγή σε Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων (ΜΕΑ), είναι η μετατροπή των οχημάτων σε ισοδύναμα επιβατικά αυτοκίνητα. Ο συντελεστής μετατροπής εξαρτάται από τον τύπο του οχήματος, τον τύπο του δρόμου και τις κυκλοφοριακές συνθήκες (ταχύτητα, φόρτος κλπ.). Στον πίνακα 2.α. παρουσιάζονται οι μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων (ΥΠΕΧΩΔΕ), από αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κ.α., 2015)

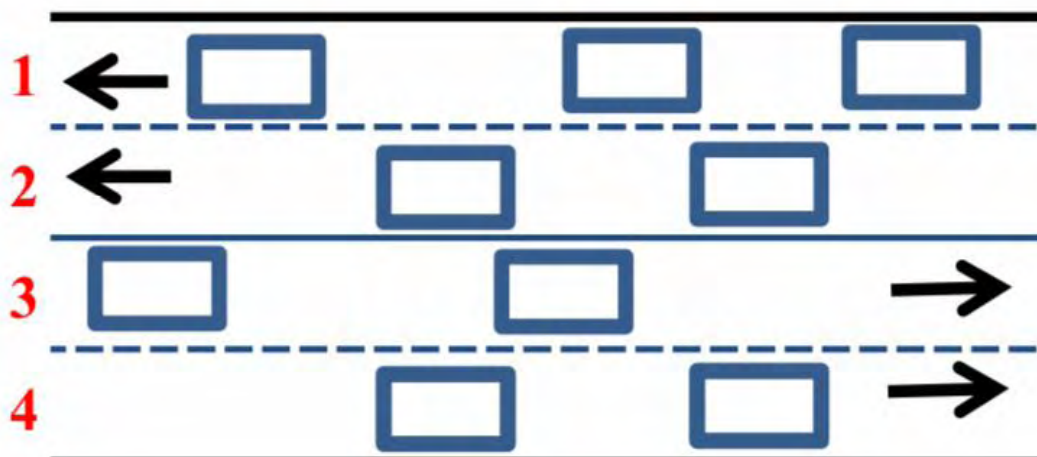
Πίνακας 2-1: Μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων (ΥΠΕΧΩΔΕ ; Γαβανάς κ.α., 2015).

Κατηγορίες οχημάτων		ΜΕΑ
I	Σκούτερ, μοτοποδήλατα, μοτοσυκλέτες	0.5
II	Επιβατικά ΙΧ, ταξί, ημιφορτηγά, μικρά φορτηγά	1.0
III	Επιβατικά με τροχόσπιτα, μικρό λεωφορεία, φορτηγά, λεωφορεία και πούλμαν	2.0

IV	Φορτηγά επί-καθήμενα, φορτηγά ειδικού φορτίου, τρόλεϊ, αρθρωτά λεωφορεία	3.0
V	Φορτηγά με ρυμουλκούμενο	4.0
VI	Συρμός φορτηγών	5.0
VII	Άλλα οχήματα (τρακτέρ, κατασκευαστικά κ.α.)	-

Εκτός από την χρονική διάσταση του κυκλοφοριακού φόρτου μελετάται και η χωρική διάστασή του κατά την οποία αναφέρεται σε διαφορετικά επίπεδα, που δημιουργούνται ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν (σχήμα 2-1). Μπορεί λοιπόν ο κυκλοφοριακός φόρτος να αναφέρεται (Αντωνίου και Σπυροπούλου, 2015):

- Στα οχήματα που διέρχονται από τη συνολική διατομή (και οι δύο κατευθύνσεις) [λωρίδες 1, 2, 3, 4].
- Στα οχήματα της μίας κατεύθυνσης [λωρίδες 1, 2 ή 3, 4].
- Στα οχήματα ενός ρεύματος.
- Στα οχήματα μίας κίνησης
- Στα οχήματα μόνο μίας λωρίδας κυκλοφορίας [λωρίδες 1 ή 2 ή 3 ή 4].



Σχήμα 2-1: Διατομή οδικού δικτύου (Αντωνίου, Σπυροπούλου, 2015).

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5795/1/02_chapter_2.pdf

2.1.2 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ TRAFFIC SPEED

Κατά το εγχειρίδιο Highway Capacity Manual (TRB, 2000), αν και ο κυκλοφοριακός φόρτος παρέχει μια μέθοδο ποσοτικοποίησης των τιμών μεταφορικής ικανότητας, η ταχύτητα αποτελεί σημαντικό δείκτη ποιότητας της κυκλοφορίας που παρέχεται στον οδηγό. Καθορίζει τα επίπεδα εξυπηρέτησης για πολλούς τύπους οδικών υποδομών, όπως οι αγροτικές οδικές αρτηρίες δύο λωρίδων, οι αστικές οδοί, τα τμήματα εισόδου-εξόδου στους αυτοκινητόδρομους κ.α.

Η ταχύτητα ορίζεται ως ο ρυθμός κίνησης που εκφράζεται ως απόσταση ανά μονάδα χρόνου (γενικά σε χλμ/ώρα). Κατά τον χαρακτηρισμό της ταχύτητας μιας

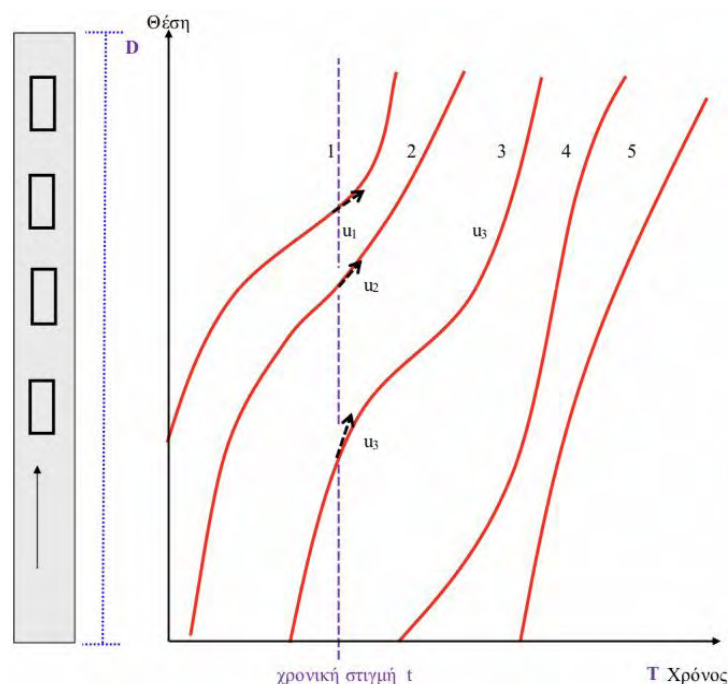
κυκλοφοριακής ροής, πρέπει να χρησιμοποιηθεί αντιπροσωπευτική τιμή, επειδή μπορεί να παρατηρηθεί ευρεία διανομή επιμέρους ταχυτήτων στο κυκλοφοριακό ρεύμα. Η μέση ταχύτητα διαδρομής υπολογίζεται διαιρώντας το μήκος της οδού του δρόμου ή του τμήματος που εξετάζεται από τον μέσο χρόνο διαδρομής του οχήματος. Εάν οι χρόνοι διαδρομής $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ (σε ώρες) μετρούνται για n οχήματα που μετακινούνται σε ένα τμήμα μήκους L , υπολογίζεται η μέση ταχύτητα διαδρομής χρησιμοποιώντας την εξίσωση 2-2.:

$$S = \frac{nL}{\sum_{i=1}^n t} = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t} = \frac{L}{t_a} \quad (2-2)$$

Όπου: S = Μέση ταχύτητα διαδρομής (km/h), L = μήκος τμήματος αυτοκινητόδρομου (km), t_i = μέσος χρόνος ανά όχημα για να διασχίσει το τμήμα (h), n = ο αριθμός παρατηρούμενων χρόνων διαδρομής και t_a = μέσος χρόνος διαδρομής πάνω από μήκος τμήματος L (h). Οι χρόνοι διαδρομής σε αυτόν τον υπολογισμό περιλαμβάνουν καθυστερήσεις λόγω σταθερών διακοπών ή συμφόρησης της κυκλοφορίας. Είναι το άθροισμα των χρόνων διαδρομής που απαιτούνται για να διασχισθεί το καθορισμένο μήκος του δρόμου.

Πολλές διαφορετικές παράμετροι ταχύτητας μπορούν να εφαρμοστούν σε μια κυκλοφοριακή ροή όπως:

1. Μέση χωρική ταχύτητα (Space mean speed, \bar{u}_s) είναι ο μέσος όρος των ταχυτήτων που έχουν σε μια ορισμένη χρονική στιγμή όλα τα οχήματα που βρίσκονται σε ένα δεδομένο μήκος της οδού (Σχήμα 2-2.), συνήθως εκφράζεται σε χλμ/ώρα από την εξίσωση 2-3.:

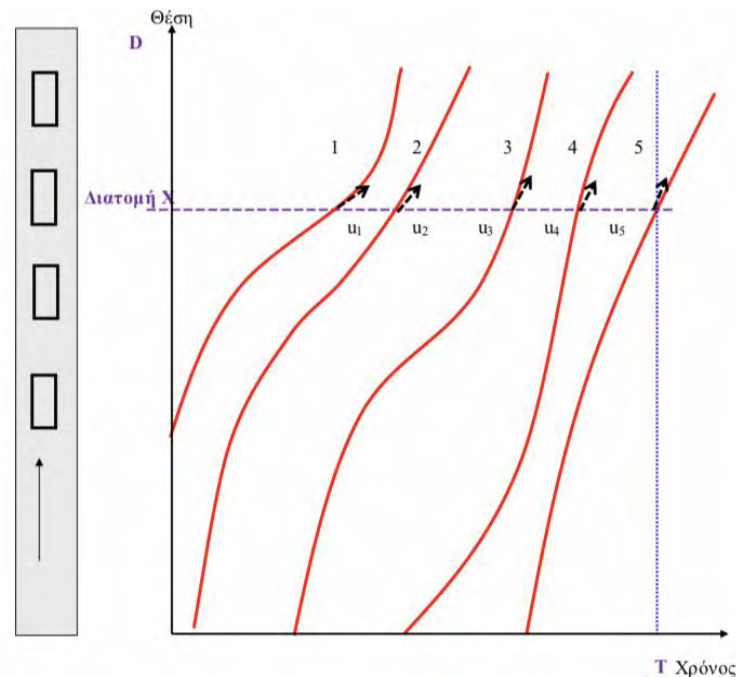


Σχήμα 2-2: Υπολογισμός μέσης χωρικής ταχύτητας μέσω τροχιών οχημάτων.

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5795/1/02_chapter_2.pdf

$$\bar{u}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i(t) \quad (2-3)$$

2. Μέση χρονική ταχύτητα (Time mean speed, \bar{V}_t) είναι ο μέσος όρος των ταχυτήτων των οχημάτων που περνούν από μία διατομή της οδού σε μια δεδομένη χρονική περίοδο (Σχήμα 2-3) , συνήθως εκφράζεται σε χλμ/ώρα, από την εξίσωση 2-4.:



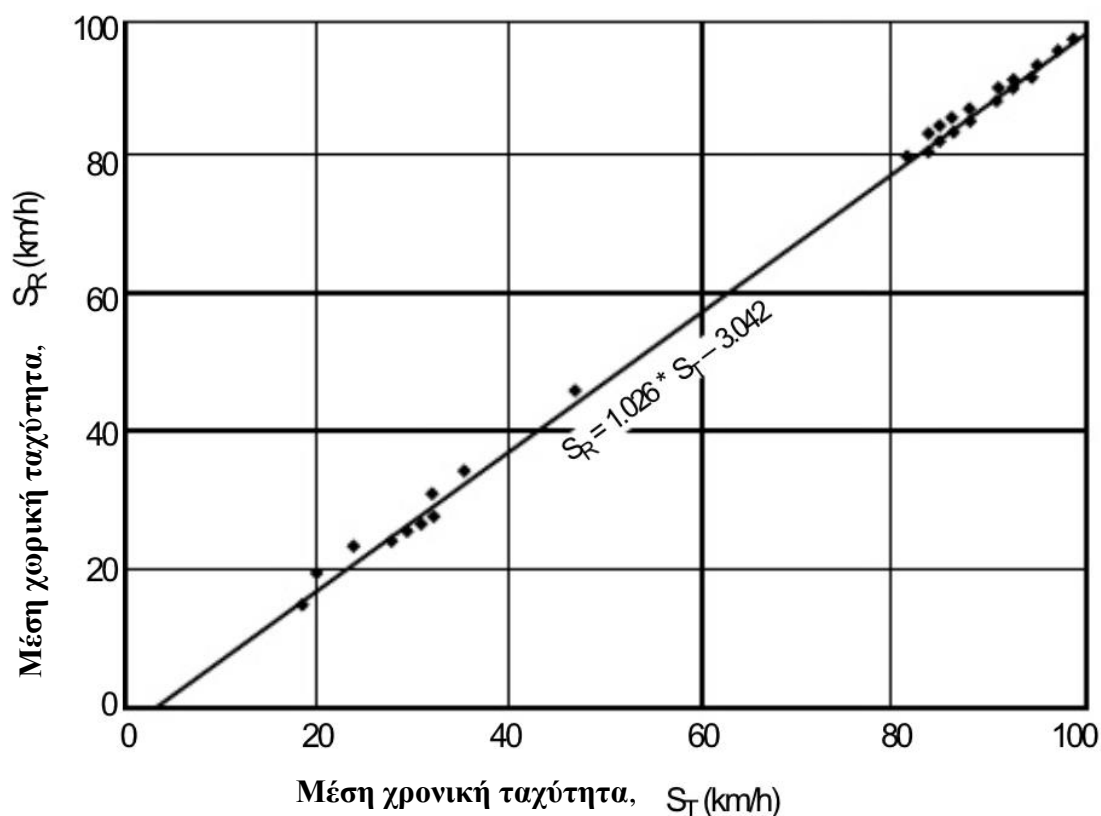
Σχήμα 2-3: Υπολογισμός μέσης χρονικής ταχύτητας μέσω τροχιών οχημάτων.

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5795/1/02_chapter_2.pdf

$$\bar{u}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i(t) \quad (2-4)$$

3. Μέση ταχύτητα κίνησης (Average running speed), δείκτης κυκλοφοριακής ροής βασισμένο στην παρατήρηση των χρόνων μετακίνησης οχημάτων που διασχίζουν ένα τμήμα οδού γνωστού μήκους (είναι το μήκος του τμήματος διαιρούμενο με το μέσο χρόνο κίνησης των οχημάτων που απαιτείται για την διάσχιση του τμήματος).
4. Μέση ταχύτητα διαδρομής (Average travel speed), δείκτης κυκλοφοριακής ροής βάσει του χρόνου διαδρομής που παρατηρείται για γνωστό μήκος του οδικού δικτύου. Το μήκος του οδικού τμήματος διαιρείται με τον μέσο χρόνο διαδρομής των οχημάτων που διέρχονται από το τμήμα, αφού συμπεριληφθούν όλες οι καθυστερήσεις (είναι η μέση χωρική ταχύτητα).
5. Ταχύτητα ελεύθερης ροής (Free flow speed, FFS), η μέση ταχύτητα των οχημάτων σε μια συγκεκριμένη εγκατάσταση, μετρούμενη υπό συνθήκες χαμηλού όγκου, όταν οι οδηγοί τείνουν να οδηγούν με την επιθυμητή ταχύτητα και δεν περιορίζονται από ελεγχόμενη καθυστέρηση.

Για τις οδικές υποδομές μη διακοπτόμενης κυκλοφοριακής ροής που δεν λειτουργούν σε στάθμη εξυπηρέτησης F, η μέση ταχύτητα διαδρομής είναι ίση με τη μέση ταχύτητα κίνησης. Το σχήμα 2-4. δείχνει μια τυπική σχέση μεταξύ μέσης χρονικής και χωρικής ταχύτητας. Η μέση χωρική ταχύτητα είναι πάντα μικρότερη της μέσης χρονικής ταχύτητας, αλλά η διαφορά μειώνεται όσο αυξάνεται η απόλυτη τιμή της ταχύτητας.



Σχήμα 2-4: Τυπική σχέση μεταξύ μέσης ταχύτητας χρόνου και χώρου (TRB-HCM 2000).

Είναι δυνατόν να υπολογιστούν τόσο οι μέσες χρονικές ταχύτητες, όσο και οι μέσες χωρικές ταχύτητες από ένα δείγμα μεμονωμένων ταχυτήτων του οχήματος. Για παράδειγμα, καταγράφονται 3 οχήματα με ταχύτητες 40, 60 και 80 χλμ/ ώρα. Ο χρόνος διέλευσης ενός χιλιομέτρου είναι 1,5 λεπτά, 1,0 λεπτό και 0,75 λεπτά, αντίστοιχα. Η μέση χρονική ταχύτητα είναι 60 χλμ/ ώρα, υπολογιζόμενη ως $(40 + 60 + 80) / 3$. Η χωρική ταχύτητα του οχήματος είναι 55,4 χλμ/ ώρα, υπολογιζόμενη ως $(60) [3 \div (1,5 + 1,0 + 0,75)]$.

Ως δείκτης αποτελεσματικότητας, οι ταχύτητες μελέτης πρέπει να αναγνωρίζουν τις προσδοκίες του οδηγού και τη λειτουργία του οδοστρώματος. Για παράδειγμα, ένας οδηγός αναμένει υψηλότερη ταχύτητα σε αυτοκινητόδρομο από ότι σε αστική οδό. Χαμηλές ταχύτητες ελεύθερης ροής είναι αποδεκτές σε δρόμο με μεγαλύτερη οριζόντια και κατακόρυφη ευθυγράμμιση, δεδομένου ότι οι οδηγοί δεν είναι άνετοι

στην οδήγηση με υψηλές ταχύτητες (Οι στάθμες εξυπηρέτησης /LOS που αναλύονται παρακάτω αντικατοπτρίζουν αυτές τις προσδοκίες).

Ταχύτητα Μελέτης είναι η ταχύτητα βάσει της οποίας γίνεται η μελέτη χάραξης της οδού και εκφράζει την μέγιστη ασφαλή ταχύτητα που μπορεί να διατηρηθεί σε ένα ομοιογενές τμήμα οδού. Η ταχύτητα μελέτης αντιπροσωπεύει συνήθως το 85% όλων των οχημάτων που κινούνται σε ένα τμήμα με συνθήκες ελεύθερης ροής. Η σχέση της ταχύτητας κάτω της οποίας κινείται το 99% των οχημάτων με την ταχύτητα μελέτης είναι ίση με: $V_{99}/V_{85} = 1,19$.

Για τις δημόσιες Συγκοινωνίες, χαρακτηριστικό μέγεθος είναι η εμπορική ταχύτητα, που προκύπτει σαν το πηλίκο του μήκους διαδρομής μιας γραμμής λεωφορείου ή μέσου σταθερής τροχιάς προς το συνολικό χρόνο διάνυσης της γραμμής, συμπεριλαμβανομένων των καθυστερήσεων κάθε φύσεως και του χρόνου επιβίβασης και αποβίβασης των επιβατών.

2.1.3 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ TRAFFIC DENSITY

Πυκνότητα κυκλοφορίας είναι ο αριθμός των οχημάτων (ή των πεζών) που καταλαμβάνουν ένα δεδομένο μήκος ενός δρόμου ή μιας λωρίδας σε μια συγκεκριμένη στιγμή, συνήθως εκφρασμένη ως οχήματα ανά χιλιόμετρο (οχημ./ χλμ.) ή επιβατικό αυτοκίνητο ανά χιλιόμετρο (Ε.Α./χλμ).

Η άμεση μέτρηση της πυκνότητας στο πεδίο είναι δύσκολη. Η πυκνότητα μπορεί, ωστόσο, να υπολογιστεί από τη μέση ταχύτητα διαδρομής και τον ρυθμό κυκλοφοριακής ροής που μετριέται πολύ πιο εύκολα. Η εξίσωση 2-5 χρησιμοποιείται για συνθήκες μη κορεσμένης οδικής κυκλοφορίας:

$$D = \frac{V}{S} \quad (2-5)$$

Όπου: V= ρυθμός ροής (όχημα/ ώρα), S= μέση ταχύτητα ταξιδίου (χλμ/ώρα) και D= πυκνότητα (όχημα/χλμ).

Η πυκνότητα είναι μια κρίσιμη παράμετρος για τις οδικές υποδομές μη διακοπτόμενης ροής, επειδή χαρακτηρίζει την ποιότητα των μεταφορών. Περιγράφει την εγγύτητα των οχημάτων μεταξύ τους και αντικατοπτρίζει την ελευθερία κινήσεων στο ρεύμα κυκλοφορίας.

2.1.4 ΧΩΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ SPACING & HEADWAY

Ο χωρικός διαχωρισμός (spacing), είναι η απόσταση (σε m), μεταξύ διαδοχικών οχημάτων σε κυκλοφοριακή ροή, μετρημένη από το ίδιο σημείο σε κάθε όχημα (π.χ. εμπρόσθιο προφυλακτήρα, πίσω άξονα κ.λπ.). Μπορεί να προσδιοριστεί άμεσα μετρώντας την απόσταση μεταξύ των κοινών σημείων στα διαδοχικά οχήματα σε μια

συγκεκριμένη στιγμή. Επειδή αυτό απαιτεί πολύπλοκες αεροφωτογραφικές τεχνικές, η απόσταση προσδιορίζεται από άλλες άμεσες μετρήσεις.

Ο χρονικός διαχωρισμός (headway) είναι η χρονική στιγμή μεταξύ των διαδοχικών οχημάτων καθώς περνούν ένα σημείο σε μια λωρίδα ή οδόστρωμα, όπως και από το ίδιο σημείο σε κάθε όχημα. Ο χρονικός διαχωρισμός μπορεί εύκολα να μετρηθεί από παρατηρήσεις με χρονόμετρο, καθώς τα οχήματα περνούν ένα σημείο στο οδόστρωμα.

Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι μικροσκοπικά, καθώς αφορούν μεμονωμένα ζεύγη οχημάτων στο ρεύμα κυκλοφορίας. Εντός οποιουδήποτε κυκλοφοριακού ρεύματος, τόσο ο χρονικός όσο και ο χωρικός διαχωρισμός των επιμέρους οχημάτων κατανομούνται σε ένα εύρος τιμών, οι οποίες γενικά σχετίζονται με την ταχύτητα του κυκλοφοριακού ρεύματος και τις επικρατούσες συνθήκες. Η μέση απόσταση του οχήματος (μέσος διαχωρισμός) σε ένα κυκλοφοριακό ρεύμα σχετίζεται άμεσα με την πυκνότητα του ρεύματος κίνησης, όπως προσδιορίζεται από την εξίσωση 2-6:

$$\text{πυκνότητα} \left(\frac{veh}{h} \right) = \frac{1000}{\text{χωρικός διαχωρισμός} \left(\frac{m}{veh} \right)} \quad (2-6)$$

Η σχέση μεταξύ του μέσου χρονικού και χωρικού διαχωρισμού σε μια κυκλοφοριακή ροή εξαρτάται από την ταχύτητα, όπως υποδεικνύεται στην εξίσωση 2-7.:

$$\text{χρονικός διαχωρισμός} \left(\frac{s}{veh} \right) = \frac{\text{χωρικός διαχωρισμός} \left(\frac{m}{veh} \right)}{\text{ταχύτητα} \left(\frac{m}{s} \right)} \quad (2-7)$$

Αυτή η σχέση ισχύει και για τις μεμονωμένες διαδρομές και τις αποστάσεις μεταξύ οχημάτων κατά ζεύγη. Η ταχύτητα είναι αυτή του δεύτερου οχήματος σε ένα ζεύγος οχημάτων. Ο ρυθμός ροής σχετίζεται με τη μέση πρόοδο του κυκλοφοριακού ρεύματος με την εξίσωση 2-8.:

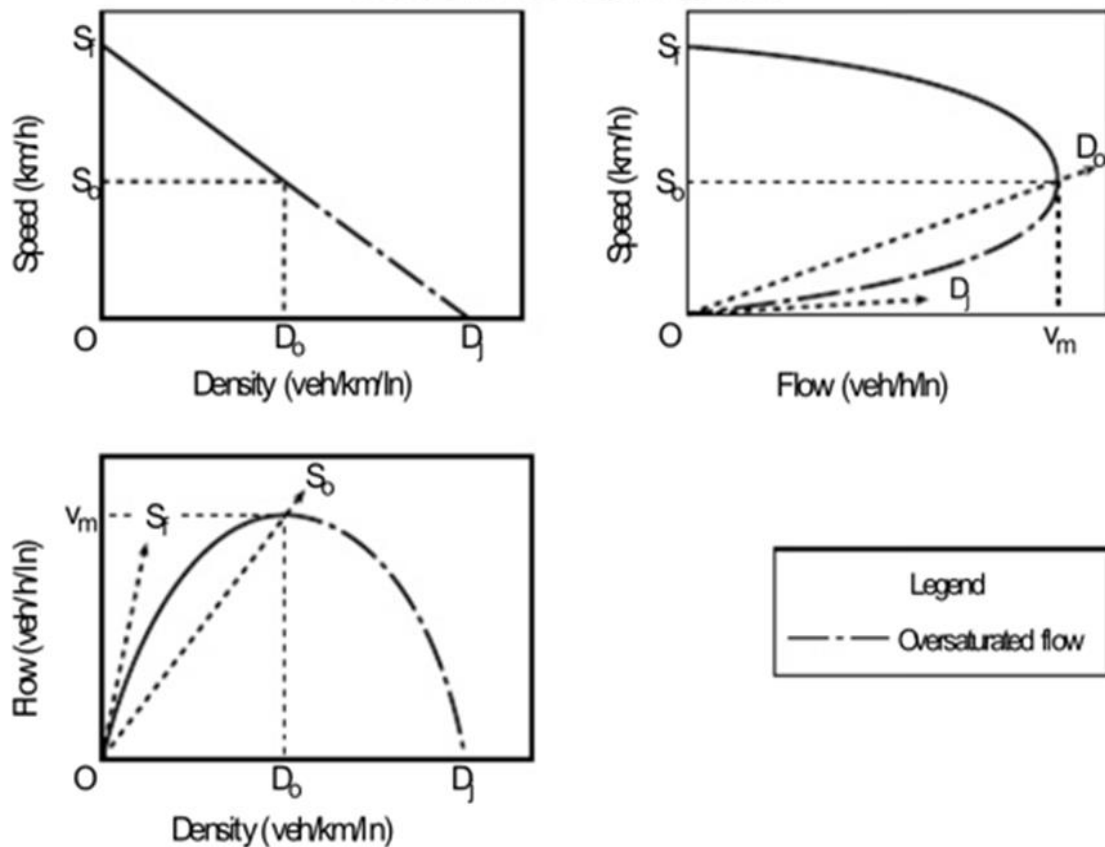
$$\text{ρυθμός ροής} \left(\frac{veh}{h} \right) = \frac{3600}{\text{χρονικός διαχωρισμός} \left(\frac{s}{veh} \right)} \quad (2-8)$$

2.2 ΣΧΕΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΔΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

RELATIONSHIP BETWEEN FUNDAMENTAL VARIABLES

Η εξίσωση 2-5 αποτελεί τη βασική σχέση μεταξύ των τριών θεμελιωδών παραμέτρων που περιγράφουν τη μη διακοπτόμενη κυκλοφοριακή ροή. Παρόλο που η εξίσωση επιτρέπει αλγεβρικά στον ρυθμό κυκλοφοριακής ροής να λαμβάνει άπειρες τιμές ανάμεσα στην ταχύτητα και την πυκνότητα, υπάρχουν πρόσθετες σχέσεις που περιορίζουν την ποικιλία των συνθηκών ροής σε μια θέση.

Το σχήμα 2-5. παρουσιάζει μια γενικευμένη αναπαράσταση αυτών των σχέσεων, οι οποίες αποτελούν τη θεωρητική βάση για την ανάλυση της ικανότητας των οδικών υποδομών μη διακοπτόμενης ροής.



Σχήμα 2-5: Θεωρητική μορφή θεμελιωδών διαγραμμάτων κυκλοφοριακής ροής (2000 Highway Capacity Manual, Transportation Research Board Washington, D.C).

Στο σχήμα 2-6 παρουσιάζονται κάποιες προσπάθειες προσαρμογής μαθηματικών προτύπων για την ανάπτυξη των σχετικών διαγραμμάτων χρησιμοποιώντας μετρήσεις κυκλοφοριακών μεγεθών στο πεδίο (Γαβανάς κ.α., 2015).

Το διάγραμμα πυκνότητας-ροής τοποθετείται ακριβώς κάτω από το διάγραμμα ταχύτητας-πυκνότητας λόγω της κοινής οριζόντιας κλίμακας και το διάγραμμα ροής-ταχύτητας τοποθετείται δίπλα στο διάγραμμα ταχύτητας-πυκνότητας λόγω της κοινής κατακόρυφης κλίμακας. Ως ταχύτητα αναφέρεται η μέση χωρική ταχύτητα.



Σχήμα 2-6: Γενικευμένα διαγράμματα των θεμελιωδών μεγεθών της κυκλοφοριακής ροής για μη γραμμική σχέση ταχύτητας-πυκνότητας από μετρήσεις πεδίου (Φρατζεσκάκης κ.α., 2009) από Αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κ.α., 2015).

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι ο ρυθμός ροής λαμβάνει μηδενική τιμή σε δύο περιπτώσεις ακραίες περιπτώσεις. Πρώτον όταν κανένα όχημα δεν χρησιμοποιεί την οδική υποδομή, όπου η πυκνότητα είναι ίση με το μηδέν ($D=0$), οπότε και ο ρυθμός ροής. Δεύτερον όταν η πυκνότητα λαμβάνει την μέγιστη τιμή, όπου κανένα όχημα δεν μπορεί να αναπτύξει ταχύτητα ($S=0$), οπότε και ο ρυθμός ροής. Ανάμεσα στις δύο αυτές ακραίες περιπτώσεις η σχέση ροής και πυκνότητας είναι ανάλογη μέχρι την κρίσιμη τιμή της πυκνότητας, όπου σταματά η εισροή οχημάτων και η ταχύτητα μηδενίζεται (συμφορήση). Η σχέση πυκνότητας-ταχύτητας λοιπόν προκύπτει

διαγραμματικά αντιστρόφως ανάλογη. Η ικανότητα της οδικής υποδομής φτάνει σε κορεσμό όταν η ταχύτητα και η πυκνότητα λάβουν την κρίσιμη τιμή τους (S_o, D_o) και ο ρυθμός ροής γίνει μέγιστος (V_m).

Τα διαγράμματα ταχύτητας-ροής και ροής-πυκνότητας χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της στάθμης εξυπηρέτησης οδικής υποδομής, το διάγραμμα ταχύτητας-πυκνότητας χρησιμοποιείται κυρίως θεωρητικά. Από τα διαγράμματα τέλος φαίνεται ότι οποιοσδήποτε ρυθμός ροής πέραν εκείνου της ικανότητας της υποδομής βρίσκεται ανάμεσα σε δύο συνθήκες, είτε την συνθήκη-πλευρά όπου παρατηρείται με υψηλή ταχύτητα-χαμηλή πυκνότητα, είτε σε συνθήκη με υψηλή πυκνότητα-χαμηλή ταχύτητα (κορεσμένη ροή, συμφόρηση, δημιουργία αναμονής).

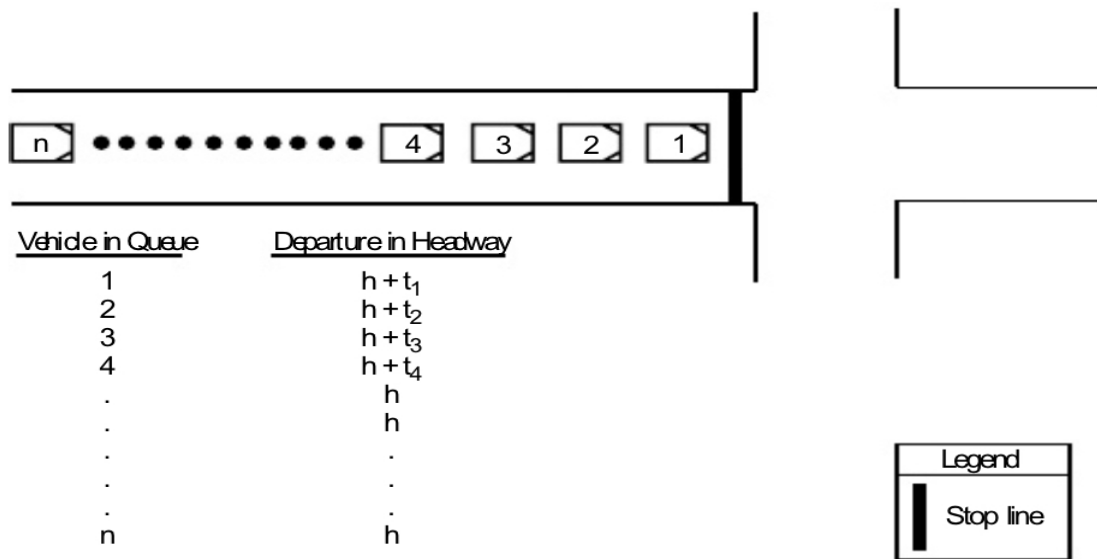
2.3 ΛΟΙΠΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΜΕΓΕΘΗ OTHER TRAFFIC VARIABLES

Κατά την διακοπτόμενη κυκλοφοριακή ροή όπου μόνιμες εγκαταστάσεις ελεγχόμενης και μη διέλευσης οχημάτων (σηματοδοτημένες διασταυρώσεις και διασταυρώσεις με προτεραιότητα) υπάρχουν στην οδική υποδομή, δημιουργούνται καθυστερήσεις και ουρές αναμονής στην κυκλοφοριακή ροή.

ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ

Η πιο σημαντική διακοπή ροής σε μία διασταύρωση οφείλεται στους φωτεινούς σηματοδότες. Οι σηματοδότες σταματάνε περιοδικά τη ροή σε κάθε κίνηση ή σύνολο κινήσεων. Η κίνηση σε δεδομένη σειρά λωρίδων είναι δυνατή μόνο για ένα μέρος του συνολικού χρόνου, επειδή το σήμα απαγορεύει την κίνηση κατά τη διάρκεια ορισμένων περιόδων. Μόνο ο χρόνος κατά τον οποίο το σήμα είναι πράσινο (πραγματικός χρόνος) είναι διαθέσιμος για κίνηση. Για παράδειγμα, αν μία σειρά λωρίδων σε μια σηματοδοτημένη διασταύρωση δέχεται 30 δευτερόλεπτα από το συνολικό κύκλο του σηματοδότη 90 δευτερολέπτων, μόνο 30/90 ή 1/3 του συνολικού χρόνου είναι διαθέσιμος για κίνηση στις λωρίδες, έτσι, μόνο 20 λεπτά κάθε ώρα είναι διαθέσιμα για ροή στις λωρίδες.

Λόγω της χρονικής μεταβολής των φάσεων σηματοδότησης, η ικανότητα και οι παροχές υπηρεσιών για σηματοδοτημένες διασταυρώσεις εκφράζεται σε οχήματα ανά ώρα (veh/h). Ο μέγιστος ρυθμός ροής μπορεί να μετατραπεί σε τιμή πραγματικού χρόνου πολλαπλασιάζοντας τον με το λόγο του πραγματικού χρόνου (πράσινου φαναριού) στον συνολικό κύκλο του σήματος. Όταν το σήμα γίνει πράσινο, πρέπει να εξεταστεί η δυναμική της εκκίνησης μιας ουράς αναμονής των οχημάτων, όπως φαίνεται στο σχήμα 2-7.



Σχήμα 2-7: Ουρά αναμονής οχημάτων που σταμάτησαν σε ένα σηματοδότη, HCM 2000 (TRB, 2000)

Όταν η σήμανση γίνει πράσινη, η ουρά αρχίζει να μετακινείται. Ο χρονικός διαχωρισμός μεταξύ των οχημάτων μπορεί να παρατηρηθεί καθώς τα οχήματα περνούν από τη γραμμή υποχρεωτικής στάσης (stop line) της διασταύρωσης. Ο διαχωρισμός κατά την πρώτη αναχώρηση θα ήταν ο χρόνος που πέρασε (s), μεταξύ της έναρξης της πράσινης φάσης και των εμπρός τροχών του πρώτου οχήματος πάνω από τη γραμμή στάσης. Ο διαχωρισμός κατά την δεύτερη αναχώρηση θα ήταν ο χρόνος μεταξύ των εμπρόσθιων τροχών του πρώτου και του δεύτερου οχήματος πάνω από τη γραμμή στάσης κ.ο.κ.

Αυτός ο σταθερός μέσος χρονικός διαχωρισμός που δηλώνεται ως h , επιτυγχάνεται μετά από τέσσερα οχήματα. Οι διαδρομές για τα τέσσερα πρώτα οχήματα είναι, κατά μέσον όρο, μεγαλύτερες από τον μέσο χρονικό διαχωρισμό και εκφράζονται ως $h + t_i$, όπου t_i είναι ο προοδευτικός διαχωρισμός για το i -όχημα λόγω της αντίδρασης εκκίνησης και της επιτάχυνσης. Καθώς αυξάνεται από 1 σε 4, το t_i μειώνεται.

ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΜΕ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ «STOP»

Όταν ένας οδηγός από δευτερεύουσα οδό ή από αριστερή στροφή προσπαθεί να εισέλθει σε κεντρικό δρόμο διπλής κατεύθυνσης χωρίς φανάρι, θα πρέπει να περιμένει μέχρι να προκύψει ένα διάκενο (gap) στη ροή προτεραιότητας, ώστε να πραγματοποιήσει την κίνηση. Η αποδοχή διάκενου (Gap acceptance) συμβαίνει όταν το διάκενο είναι τέτοιο ώστε να επιτρέπει την ολοκλήρωση της κίνησης του οδηγού. Η ικανότητα μιας δευτερεύουσας οδού του δρόμου εξαρτάται από δύο παράγοντες:

1. Την κατανομή των διαθέσιμων διάκενων στη ροή κυκλοφορίας μεγάλης οδού και
2. Τα διάκενα που απαιτούνται από τους οδηγούς μικρών δρόμων ώστε να εκτελέσουν τις επιθυμητές κινήσεις τους.

Τα διάκενα που απαιτούνται στη ροή κυκλοφορίας μεγάλης οδού εξαρτάται από την ολική χωρητικότητα του δρόμου, τη διεύθυνσή του, τον αριθμό των λωρίδων στην κύρια οδό και τον βαθμό και τον τύπο της ροής κυκλοφορίας.

Τα διάκενα που απαιτούνται από τους οδηγούς των μικρών δρόμων εξαρτώνται από τον τύπο ελιγμού (αριστερά, μέσα, δεξιά), από τον αριθμό των λωρίδων της κύριας οδού, την ταχύτητα της κυκλοφορίας της κύριας οδού, τις αποστάσεις θέασης, το μήκος του οχήματος δευτερεύουσας οδού που περιμένει, και τα χαρακτηριστικά του οδηγού (ώραση, χρόνος αντίδρασης, ηλικία κ.λπ.).

Το κρίσιμο διάκενο (critical gap) είναι το ελάχιστο χρονικό διάστημα μεταξύ των εμπρόσθιων προφυλακτών δύο διαδοχικών οχημάτων στο κύριο ρεύμα κυκλοφορίας που θα επιτρέψουν την είσοδο ενός οχήματος δευτερεύουσας οδού. Όταν περισσότερα από ένα οχήματα μικρού δρόμου χρησιμοποιούν διάκενο στο δρόμο, το χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο οχημάτων δευτερεύοντος δρόμου ονομάζεται χρόνος παρακολούθησης (follow-up time). Γενικά, ο χρόνος παρακολούθησης είναι μικρότερος από το κρίσιμο κενό. Οι οριζόντιες διατομές λειτουργούν παρόμοια με τις αμφίδρομες διασταυρώσεις. Σε κυκλικούς κόμβους (roundabouts), ωστόσο, οι οδηγοί που εισέρχονται σαρώνουν μόνο ένα ρεύμα κυκλοφορίας - το κυκλοφορούν ρεύμα - για το διαθέσιμο κενό.

Η διαδρομή αναχώρησης για την προσέγγιση του θέματος ορίζεται ως η χρονική περίοδος μεταξύ της αναχώρησης ενός οχήματος και εκείνης του επόμενου πίσω του. Μια διαδρομή απόβασης θεωρείτο μια διαδρομή κορεσμού εάν το δεύτερο όχημα σταματήσει πίσω από το πρώτο στο σταθμό ακινητοποίησης. Εάν υπάρχει κίνηση μόνο με μία προσέγγιση, τα οχήματα μπορούν να αναχωρήσουν τόσο γρήγορα όσο οι οδηγοί μπορούν να επιταχύνουν με ασφάλεια και να καθαρίσουν τη διασταύρωση. Εάν οι κυκλοφοριακές πιέσεις εμφανίζονται σε άλλες διαδρομές, η πρόοδος του κορεσμού στην προσέγγιση του θέματος θα αυξηθεί, ανάλογα με το βαθμό σύγκρουσης μεταξύ οχημάτων.

Όπως και στις σηματοδοτημένες διασταυρώσεις, οι εμπρόσθιοι άξονες των δύο διαδοχικών οχημάτων είναι σημεία αναφοράς για τον προσδιορισμό του κορεσμού των οχημάτων που αναχωρούν από την γραμμή στάσης της διασταύρωσης. Για τη μέτρηση της ανεμπόδιστης ροής οχημάτων στο κύριο οδόστρωμα σε αμφίδρομη διασταύρωση που ελέγχεται από δύο στοπ, τα σημεία αναφοράς είναι συνήθως οι μπροστινοί προφυλακτήρες.

2.3.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ TRAFFIC DELAY

Η καθυστέρηση είναι ένας κρίσιμος δείκτης απόδοσης των υποδομών διακοπτόμενης ροής. Κατά το εγχειρίδιο «Highway Capacity Manual 2000» η καθυστέρηση λόγω ελέγχου είναι ο κύριος δείκτης εξυπηρέτησης για την αξιολόγηση του Σ.Ε (LOS) σε

σηματοδοτημένες και μη διασταυρώσεις. Αν και ο ορισμός της καθυστέρησης λόγω ελέγχου είναι ο ίδιος για τις δύο περιπτώσεις, η εφαρμογή του, συμπεριλαμβανομένων των ορίων ΣΕ (LOS), διαφέρει.

Η καθυστέρηση λόγω ελέγχου (Control delay) για την διάσχιση μιας διασταύρωσης περιλαμβάνει κινήσεις σε χαμηλότερες ταχύτητες και στάσεις στις διατομές, καθώς τα οχήματα κινούνται προς ουρά αναμονής ή επιβραδύνουν προς τα ανάντη της διασταύρωσης. Οι οδηγοί συχνά μειώνουν την ταχύτητα όταν ένα σήμα είναι ήδη κόκκινο ή υπάρχει μια ουρά κατά την κατάντη προσέγγιση της διατομής.

Η καθυστέρηση λόγω ελέγχου απαιτεί τον προσδιορισμό της μέσης χωρικής ταχύτητας για κάθε τμήμα του οδοστρώματος. Οποιαδήποτε εκτίμηση της μέσης ταχύτητας διαδρομής σε αστικές οδούς συνεπάγεται το φαινόμενο της καθυστέρησης ελέγχου. Σε αμφίδρομες διασταυρώσεις ελεγχόμενης ροής με προτεραιότητα (σήματα στοπ) σε όλα τα σημεία διέλευσης, η καθυστέρηση λόγω ελέγχου είναι ο συνολικός χρόνος που χρειάζεται ένα όχημα που βρίσκεται σε ουρά αναμονής μέχρι να φτάσει στην αρχή της ουράς και να ξεπεράσει την διασταύρωση. Η καθυστέρηση λόγω ελέγχου περιλαμβάνει επίσης το χρόνο της επιτάχυνσης κατά την είσοδο και την έξοδο αντίστοιχα μίας εγκατάστασης ελέγχου ροής.

2.3.2 ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΡΟΗ ΚΑΙ ΧΑΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ SATURATED FLOW RATE & LOST TIME

Ο κορεσμένος ρυθμός ροής ορίζεται ως ο ρυθμός ροής ανά λωρίδα, κατά τον οποίο τα οχήματα μπορούν να διασχίσουν μια σηματοδοτημένη διασταύρωση. Εξ ορισμού υπολογίζεται από την εξίσωση 2-9 :

$$s = \frac{3600}{h} \quad (2-9)$$

Όπου: s= κορεσμένος ρυθμός ροής (veh/h) και $h = \frac{\text{οριακή κορεσμένη ταχύτητα}}{\text{κορεσμένος διαχωρισμός}}$ (s)

Ο κορεσμένος ρυθμός ροής αντιπροσωπεύει τον αριθμό των οχημάτων ανά ώρα ανά λωρίδα που διαπερνούν την σηματοδοτημένη διασταύρωση, εάν το πράσινο σήμα ήταν διαθέσιμο για όλη την ώρα, η ροή των οχημάτων δεν στάθηκε ποτέ και δεν υπήρχαν μεγάλες διαδρομές. Και πάλι, τα τέσσερα πρώτα οχήματα λόγω της αντίδρασης εκκίνησης και επιτάχυνσης αντιμετωπίζουν διαδρομές μεγαλύτερες από την οριακή κορεσμένη ταχύτητα h. Τα t_i , αποτελούν τους χαμένους χρόνους εκκίνησης. Ο συνολικός χαμένος χρόνος εκκίνησης για τα οχήματα είναι το άθροισμα των επιμέρους χρόνων ανά όχημα και προσδιορίζεται από την εξίσωση 2-10 :

$$I_1 = \sum_{i=1}^N t_i \quad (2-10)$$

Όπου: I_1 = συνολικός χρόνος εκκίνησης (s), t_i = ο χρόνος που χάθηκε για το i - όχημα που βρίσκεται στην ουρά (s), και N= τελευταίο όχημα στην ουρά.

Κάθε στάση ενός ρεύματος οχημάτων είναι άλλη μια πηγή χαμένου χρόνου. Όταν σταματά ένα ρεύμα οχημάτων, για λόγους ασφάλειας απαιτείται κάποιο χρονικό διάστημα πριν από την έναρξη ενός άλλου σε μια διασταυρούμενη ροή κυκλοφορίας. Αυτό το διάστημα, όταν κανένα όχημα δεν χρησιμοποιεί τη διασταύρωση, καλείται clearance lost time (χρόνος εκκαθάρισης), I_2 .

Στην πράξη, οι κυκλικές φάσεις του σηματοδότη παρέχουν αυτή την κάθαρση μέσω διαστημάτων αλλαγής, τα οποία μπορούν να περιλαμβάνουν κίτρινες ή όλες τις ερυθρές ενδείξεις ή και τις δύο. Οι οδηγοί γενικά δεν μπορούν να παρατηρήσουν αυτό το διάστημα, αλλά μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη διασταύρωση κατά τη διάρκεια κάποιου τμήματος. Ο χρόνος που δεν έχουν άδεια να περάσουν, I_2 , είναι το τμήμα αυτού του διαστήματος αλλαγής που δεν χρησιμοποιείται από τους οδηγούς.

Η σχέση μεταξύ του κορεσμένου ρυθμού ροής και των χαμένων χρόνων είναι κρίσιμη. Για διαδρομές ή μετακινήσεις οχημάτων, τα οχήματα χρησιμοποιούν τη διασταύρωση με τον κορεσμένο ρυθμό ροής για την περίοδο του πράσινου χρόνου συν το διάστημα αλλαγής μείον τους χρόνους εκκίνησης και εκκαθάρισης. Επειδή ο χαμένος χρόνος υπάρχει για κάθε εκκίνηση και διακοπή της μετακίνησης, ο συνολικός χρόνος που χάνεται σε μια ώρα σχετίζεται με το χρονισμό του σήματος. Για παράδειγμα, εάν ένα σήμα έχει μήκος κύκλου A δευτερολέπτων, θα ξεκινήσει και θα σταματήσει κάθε κίνηση A φορές την ώρα και ο συνολικός χρόνος απώλειας ανά κίνηση θα είναι $=A(I_1 + I_2)$.

Ο χαμένος χρόνος επηρεάζει την ικανότητα και την καθυστέρηση. Μπορεί να φαίνεται ότι η κυκλοφοριακή ικανότητα της διατομής θα αυξηθεί με το αυξημένο μήκος κύκλου, αλλά αυτό αντισταθμίζεται κάπως από την παρατήρηση ότι η h , μπορεί να αυξηθεί εάν το μήκος μιας συνεχούς ένδειξης αυξάνεται. Άλλα χαρακτηριστικά διατομής, όπως λωρίδες στροφής, μπορούν επίσης να προκαθορίσουν τη μείωση της χωρητικότητας λόγω μικρών κύκλων. Τα μεγαλύτερα μήκη κύκλου αυξάνουν τον αριθμό των οχημάτων στις ουρές και μπορούν να προκαλέσουν υπερχειλίση της λωρίδας αριστεράς στροφής, μειώνοντας την ικανότητα, παρεμποδίζοντας τις διαδρομές.

2.3.3 ΟΥΡΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ QUEUING

Όταν η ζήτηση (όγκος) υπερβαίνει την ικανότητα στην προσέγγιση μιας σηματοδοτημένης διασταύρωσης κατά την έναρξη μιας πραγματικής, πράσινης περιόδου, σχηματίζεται ουρά αναμονής. Λόγω της άφιξης των οχημάτων ή πεζών κατά τη διάρκεια των κόκκινων φάσεων της σήμανσης, ορισμένα οχήματα ή πεζοί ενδέχεται να μην περάσουν τη διασταύρωση κατά τη διάρκεια της δεδομένης πράσινης φάσης (υπερχειλίση). Μια ουρά αναμονής σχηματίζεται επίσης όταν οι αφίξεις οχημάτων ή πεζών περιμένουν σε μια εγκατάσταση εξυπηρέτησης/διακοπής

της ροής. Για τον μαθηματικό προσδιορισμό των χαρακτηριστικών σε μία ουρά αναμονής πρέπει να προσδιοριστούν τα:

- Χαρακτηριστικά εισόδου, συμπεριλαμβανομένου του μέσου ποσοστού άφιξης και της στατιστικής κατανομής του χρόνου μεταξύ των αφίξεων.
- Χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων εξυπηρέτησης, συμπεριλαμβανομένων του μέσου χρόνου εξυπηρέτησης, μέγιστος αριθμός πελατών που μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα ή του αριθμού των διαθέσιμων λωρίδων.
- Χαρακτηριστικά ουράς, όπως το ποιος είναι ο επόμενος.

Το μέγιστο μήκος της ουράς αναμονής (2-11), το μέσο μήκος της ουράς (2-12) και η μέση διάρκεια αναμονής (2-13) υπολογίζεται από τις εξής εξισώσεις:

$$Q_M = \frac{v_r}{3600} \quad (2-11)$$

$$Q_Q = \frac{v_r}{7200} \quad (2-12)$$

$$Q = \frac{Q_M t_Q}{2C} \quad (2-13)$$

Όπου: Q_M = μέγιστο μήκος ουράς (veh), Q_Q = μέση διάρκεια ουράς ενώ η ουρά υπάρχει (veh), Q = μέσο μήκος ουράς (veh), v = μέσος ρυθμός άφιξης (veh/h), r = ενεργός κόκκινος χρόνος (s), C = μήκος κύματος, και t_Q = χρονική διάρκεια της ουράς αναμονής από την εξίσωση 2-14 :

$$t_Q = \frac{sr}{(s-v)} \quad (2-14)$$

Όπου, v =μέσος ρυθμός άφιξης (veh/h), s =μέσος ρυθμός εξυπηρέτησης (veh/h) και r =ο κόκκινος χρόνος φαναριού (s).

Τα χαρακτηριστικά ουράς αναμονής μπορούν να μοντελοποιηθούν μεταβάλλοντας το ρυθμό άφιξης, το ρυθμό εξυπηρέτησης και το χρονοδιάγραμμα. Σε πραγματικές καταστάσεις, τα ποσοστά άφιξης και τα ποσοστά εξυπηρέτησης συνεχώς μεταβάλλονται. Αυτές οι παραλλαγές περιπλέκουν το μοντέλο, αλλά οι βασικές σχέσεις δεν αλλάζουν. Το μήκος της ουράς μπορεί να εκτιμηθεί για λόγους σχεδιασμού, υποθέτοντας μια πυκνότητα αποθήκευσης (τη μέση πυκνότητα των οχημάτων στην ουρά) και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη σχέση που φαίνεται στην εξίσωση 2-15 :

$$Q_L = \frac{T(v-c)}{Nd_s} \quad (2-15)$$

Όπου : Q_L = μήκος ουράς (χλμ.), T = διάρκεια της περιόδου ανάλυσης (h), v = ζήτηση (οχήμ. /ώρα), c = χωρητικότητα (οχήμ./ώρα), N = αριθμός λωρίδων και d_s = πυκνότητα αποθήκευσης (οχήμ. /χλμ. /λωρίδα).

3. ΣΤΑΘΜΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ LEVEL OF SERVICE

3.1 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ TRAFFIC CAPACITY

Όπως αναφέρεται στο Highway Capacity Manual 2000 (TRB, 2000), η κυκλοφοριακή ικανότητα μιας οδικής υποδομής είναι η μέγιστη ωριαία ταχύτητα κατά την οποία τα άτομα ή τα οχήματα μπορούν να διασχίσουν ένα σημείο ή ένα ομοιόμορφο τμήμα μιας λωρίδας ή οδού σε μια δεδομένη χρονική περίοδο υπό τις επικρατούσες συνθήκες οδοστρώματος, κυκλοφορίας και ελέγχου, δηλαδή ο μέγιστος ωριαίος ρυθμός ροής των οχημάτων ή ατόμων.

Η κυκλοφοριακή ικανότητα οχημάτων είναι ο μέγιστος αριθμός των οχημάτων που μπορούν να περάσουν από ένα δεδομένο σημείο σε μια καθορισμένη περίοδο υπό τις επικρατούσες συνθήκες οδοστρώματος, κυκλοφορίας και ελέγχου, υπό την θεώρηση ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση από την κατάντη κυκλοφοριακή λειτουργία.

Η κυκλοφοριακή ικανότητα ατόμων είναι ο μέγιστος αριθμός προσώπων που μπορούν να περάσουν ένα δεδομένο σημείο σε μια καθορισμένη περίοδο υπό τις επικρατούσες συνθήκες. Η κυκλοφοριακή ικανότητα των ατόμων χρησιμοποιείται συνήθως για την αξιολόγηση των μέσων δημόσιας συγκοινωνίας, των οδικών λωρίδων υψηλής κυκλοφορίας και των οδικών εγκαταστάσεων για τους πεζούς.

Οι οδικές συνθήκες αναφέρονται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού (αμετάβλητα χωρίς ανθρώπινη επέμβαση). Οι κυκλοφοριακές συνθήκες αναφέρονται στη σύνθεση της κυκλοφορίας, την κατανομή ανά κατεύθυνση και τη διακύμανση της κυκλοφορίας στο χρόνο (μεταβολή του ΣΩΑ, PHF). Οι λοιπές λειτουργικές συνθήκες αφορούν κυρίως στον έλεγχο της κυκλοφορίας με τους σηματοδότες και τις λοιπές ρυθμίσεις κυκλοφορίας (σήμανση πινακίδας, διαγράμμιση, κλπ.).

Οι επικρατούσες συνθήκες οδοστρώματος, κυκλοφορίας και ελέγχου ορίζουν την κυκλοφοριακή ικανότητα οδού, οι συνθήκες αυτές πρέπει να είναι σχετικά ομοιόμορφες για κάθε τμήμα της οδικής υποδομής που αναλύεται. Οποιαδήποτε μεταβολή των συνθηκών μεταβολής μεταβάλλει την ικανότητα της οδικής υποδομής.

Η ανάλυση της ικανότητας εξετάζει τμήματα ή σημεία (όπως σηματοδοτημένες διασταυρώσεις) μίας οδικής υποδομής υπό ομοιόμορφες συνθήκες κυκλοφορίας, οδοστρώματος και ελέγχου. Οι συνθήκες αυτές προσδιορίζουν την ικανότητα. Επομένως, τμήματα με διαφορετικές επικρατούσες συνθήκες θα έχουν διαφορετικές ικανότητες.

Η βάση για τον ορισμό της οδικής κυκλοφοριακής ικανότητας είναι μία λογική προσδοκία, δηλαδή, η δηλωμένη κυκλοφοριακή ικανότητα για μια συγκεκριμένη

οδική εγκατάσταση είναι μια ταχύτητα ροής που μπορεί να επιτευχθεί επανειλημμένα για περιόδους αιχμής επαρκούς ζήτησης. Η κυκλοφοριακή ικανότητα δεν είναι η απόλυτη μέγιστη παροχή που παρατηρείται σε μια τέτοια υποδομή. Τα χαρακτηριστικά της οδηγικής συμπεριφοράς ποικίλλουν από περιοχή σε περιοχή και η απόλυτη μέγιστη παροχή μπορεί να ποικίλλει από ημέρα σε ημέρα και από τοποθεσία σε τοποθεσία.

Τα άτομα, τα επιβατικά αυτοκίνητα και τα οχήματα ανά ώρα είναι μονάδες μέτρησης που μπορούν να ορίσουν την κυκλοφοριακή ικανότητα μιας οδού ανάλογα με τον τύπο της υποδομής και τον τύπο της ανάλυσης. Η έννοια της ροής των ατόμων είναι σημαντική για τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων σχετικά με τους τρόπους μεταφοράς, επέμβασης και θεραπείας σε οδικά δίκτυα υψηλής κυκλοφορίας. Η κυκλοφοριακή ικανότητα και η ροή των ατόμων υπολογίζουν κάθε τύπο οχήματος στην κυκλοφοριακή ροή με τον αριθμό των επιβατών που μεταφέρει.

3.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ INFLUENCING FACTORS

Κατά το Highway Capacity Manual 2000 (TRB, 2000), βασικές συνθήκες κυκλοφοριακής ροής υποθέτουν καλό καιρό, καλές συνθήκες οδοστρώματος, χρήστες εξοικειωμένους με την οδική εγκατάσταση και κανένα εμπόδιο στη ροή της κυκλοφορίας.

Οι βασικές συνθήκες για εγκαταστάσεις μη διακοπτόμενης ροής περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Πλάτος λωρίδας 3,6 m (κατά τον Ελληνικό ΟΜΟΕ- 3,75).
- Διάσταση 1,8 μ. Μεταξύ της άκρης των λωρίδων οδήγησης και των πλησιέστερων οδών ή αντικειμένων στο δρόμο και στο διάμεσο (κατά τον Ελληνικό ΟΜΟΕ- 2,0 μ).
- Ταχύτητα ελεύθερης ροής 100 χλμ/ώρα για αυτοκινητόδρομους πολλαπλών οδών.
- Μόνο τα επιβατικά αυτοκίνητα στο κυκλοφοριακό ρεύμα (χωρίς βαρέα οχήματα).
- Επίπεδο έδαφος (μηδενική κατά μήκος κλίση).
- Χωρίς τμήματα με περιορισμό προσπέρασης σε οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας.
- Δεν υφίστανται εμπόδια στη ροή κυκλοφορίας λόγω ελέγχου της κυκλοφορίας ή περιστροφής οχημάτων.

Οι βασικές συνθήκες διακοπτόμενης κυκλοφοριακής ροής περιλαμβάνουν τα εξής:

- Πλάτος λωρίδας 3,6 μ. (κατά τον Ελληνικό ΟΜΟΕ- 3,75).
- Επίπεδο έδαφος.
- Δεν υπάρχει χώρος στάθμευσης στις προσεγγίσεις.
- Μόνο τα επιβατικά αυτοκίνητα στο κυκλοφοριακό ρεύμα.
- Δεν υπάρχει στάση λεωφορείων στις λωρίδες κυκλοφορίας.

- Διασταύρωση που βρίσκεται σε μη κεντρική, εμπορική περιοχή.
- Δεν υπάρχουν πεζοί.

Στις περισσότερες αναλύσεις κυκλοφοριακής ικανότητας, οι συνθήκες που επικρατούν διαφέρουν από τις βασικές συνθήκες και οι υπολογισμοί της κυκλοφοριακής ικανότητας, του ρυθμού ροής των υπηρεσιών και της στάθμης εξυπηρέτησης πρέπει να περιλαμβάνουν προσαρμογές με την χρήση των κατάλληλων συντελεστών μείωσης, ανάλογα με το πόσο οι επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες και οι συνθήκες ελέγχου διαφέρουν από τις βασικές.

Όπως αναφέρεται από Γιάννης, Γκόλιας και Κανελλαΐδης στις «ENNOIES ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ» (Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο), η κυκλοφοριακή ικανότητα μίας οδού που λειτουργεί υπό τις βασικές συνθήκες μπορεί να πάρει τιμές έως 2.400 ΜΕΑ ανά λωρίδα και ώρα για αυτοκινητόδρομους και έως 2.200 ΜΕΑ ανά λωρίδα σε οδούς με 4 ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας και έως 3.200 ΜΕΑ συνολικά και για τις δύο κατευθύνσεις ανά ώρα για υπεραστικές οδούς με 2 λωρίδες κυκλοφορίας (μία ανά κατεύθυνση) ή 1.700 ΜΕΑ ανά ώρα ανά κατεύθυνση κίνησης.

Οι συνθήκες επικράτησης που αποτελούν και παράγοντες που επηρεάζουν την κυκλοφοριακή ικανότητα κατά το Highway Capacity Manual 2000 (TRB, 2000), γενικά ταξινομούνται ως οδικές συνθήκες, κυκλοφοριακές συνθήκες ή συνθήκες ελέγχου.

ΟΔΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (ROAD WAY CONDITIONS)

Οι συνθήκες οδικού άξονα περιλαμβάνουν γεωμετρικά και άλλα στοιχεία. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτές επηρεάζουν την ικανότητα ενός δρόμου ή μπορούν να επηρεάσουν ένα μέτρο απόδοσης όπως η ταχύτητα, χωρίς να επηρεάσουν την ικανότητα ή το μέγιστο ρυθμό ροής της εγκατάστασης. Οι παράγοντες του οδικού άξονα περιλαμβάνουν τα εξής:

- Αριθμός λωρίδων,
- Είδος εγκατάστασης και το περιβάλλον του,
- Πλάτος λωρίδων κυκλοφορίας,
- Ερείσματα,
- Ορατότητα,
- Ταχύτητα σχεδιασμού,
- Οριζόντια και κατακόρυφη ευθυγράμμιση (Η οριζόντια και κατακόρυφη ευθυγράμμιση μιας αυτοκινητοδρόμου εξαρτάται από την ταχύτητα σχεδιασμού και την τοπογραφία της γης στην οποία κατασκευάζεται),
- Διαθεσιμότητα βοηθητικών λωρίδων (στάθμευσης, αλλαγής ταχύτητας, Κατανομή κυκλοφορίας ανά λωρίδα στροφής και αναμονής, πλέξης, ανωφέρειας).

Σε γενικές γραμμές, η τραχύτητα του εδάφους μειώνει τη χωρητικότητα και τις παροχές υπηρεσιών. Αυτό είναι σημαντικό για τις αγροτικές οδούς δύο λωρίδων,

όπου η τραχύτητα του εδάφους όχι μόνο μπορεί να επηρεάσει τις λειτουργικές δυνατότητες μεμονωμένων οχημάτων στο ρεύμα κυκλοφορίας, αλλά μπορεί επίσης να περιορίσει τις δυνατότητες για τη διέλευση βραδέων οχημάτων.

ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (TRAFFIC CONDITIONS)

Οι συνθήκες κυκλοφορίας που επηρεάζουν τις ικανότητες και τα επίπεδα εξυπηρέτησης περιλαμβάνουν τον τύπο οχήματος και τη λωρίδα κυκλοφορίας ή τη διανομή κατευθύνσεων. Παρακάτω παρουσιάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την κυκλοφοριακή ικανότητα όπως παρουσιάζονται στις «ΕΝΝΟΙΕΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ» (Γιάννης, Γκόλιας και Κανελλαΐδης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο):

- Ποσοστό φορτηγών αυτοκινήτων,
- Ποσοστό διερχομένων λεωφορείων,
- Ποσοστό λεωφορείων που σταματούν για επιβίβαση/αποβίβαση επιβατών,
- Κατανομή κυκλοφορίας ανά λωρίδα,
- Ποσοστό οχημάτων που στρέφουν δεξιά ή αριστερά,
- Διακυμάνσεις της κυκλοφορίας, ιδιαίτερα ο ΣΩΑ,
- Στάθμευση παρά το κράσπεδο, στάσεις λεωφορείων στην οδό,
- Ροές πεζών,
- Είδος οδηγών (τακτικοί και μη).

Η είσοδος βαρέων οχημάτων, δηλαδή οχημάτων εκτός των επιβατικών αυτοκινήτων (κατηγορία που περιλαμβάνει μικρά φορτηγά) στο ρεύμα κυκλοφορίας επηρεάζει τον αριθμό των οχημάτων που μπορούν να εξυπηρετηθούν. Τα βαρέα οχήματα είναι οχήματα που έχουν περισσότερους από τέσσερις τροχούς. Τα βαρέα οχήματα επηρεάζουν αρνητικά την κυκλοφορία γιατί είναι μεγαλύτερα από τα επιβατικά αυτοκίνητα και καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο στο δρόμο και έχουν χειρότερες λειτουργικές δυνατότητες από τα επιβατικά αυτοκίνητα, ιδιαίτερα σε σχέση με την επιτάχυνση, την επιβράδυνση και την ικανότητα να διατηρούν την ταχύτητα στις αναβαθμίσεις. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός μεμονωμένου φορτηγού ποικίλλουν ανάλογα με το βάρος του φορτίου και την απόδοση του κινητήρα του. Εκτός από την κατανομή τύπων οχημάτων, δύο άλλα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας επηρεάζουν την ικανότητα, τις παροχές υπηρεσιών και το επίπεδο εξυπηρέτησης, η κατευθυνόμενη κατανομή και η διανομή.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ (CONTROL CONDITIONS)

Για τις εγκαταστάσεις διακοπτόμενης ροής, ο έλεγχος του χρόνου για τη μετακίνηση συγκεκριμένων ροών κυκλοφορίας είναι κρίσιμος για την ικανότητα, τις παροχές υπηρεσιών και το επίπεδο εξυπηρέτησης. Ο πιο κρίσιμος τύπος ελέγχου είναι η σηματοδοτημένη διασταύρωση. Ο τύπος του ελέγχου κατά τη χρήση, η φάση του σήματος, η κατανομή του πράσινου χρόνου, το μήκος του κύκλου και η σχέση με τις παρακείμενες λειτουργίες ελέγχου επηρεάζουν τις επιδράσεις. Καθώς και η λειτουργία του οδικού δικτύου ως μονόδρομου ή ως οδού δύο κατευθύνσεων.

3.3 ΣΤΑΘΜΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ LEVEL OF SERVICE

Η στάθμη εξυπηρέτησης όπως αναφέρεται στις Οδηγίες Οδικών Έργων Τεύχος 2: Διατομές (ΟΜΟΕ-Δ) παράρτημα ΙΙ, προσδιορίζεται από τη δυνατότητα που παρέχεται στα οχήματα να επιλέξουν την επιθυμητή ταχύτητα κίνησης, ως συνάρτηση των περιορισμών που τίθενται από την κίνηση των υπολοίπων οχημάτων και τη δυσχέρεια πραγματοποίησης χειρισμών/ελιγμών για την απεμπλοκή από τους περιορισμούς αυτούς.

Στους αυτοκινητόδρομους και στους δρόμους πολλών λωρίδων κυκλοφορίας με διαχωριστική νησίδα, μέτρο της δυνατότητας αυτής αποτελεί η πυκνότητα κυκλοφορίας, από την οποία προσδιορίζονται άμεσα οι στάθμες εξυπηρέτησης. Βάσει των τιμών της πυκνότητας προσδιορίζεται στη συνέχεια ο συνδυασμός εξυπηρετούμενου φόρτου και μέσης ταχύτητας. Ενώ για τις οδούς ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας κριτήριο προσδιορισμού της στάθμης εξυπηρέτησης αποτελεί ο λόγος (v/c) του κυκλοφοριακού φόρτου προς την ικανότητα της οδού.

Σε κάθε περίπτωση και για κάθε τύπο οδού προσδιορίζονται στάθμες εξυπηρέτησης οι οποίες χαρακτηρίζονται από ένα συγκεκριμένο εύρος της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας (ταχύτητα διαδρομής). Ο κυκλοφοριακός φόρτος που αντιστοιχεί στη μικρότερη τιμή του εύρους των ταχυτήτων για τη συγκεκριμένη στάθμη εξυπηρέτησης ονομάζεται Μέγιστος Φόρτος Εξυπηρέτησης για τη συγκεκριμένη στάθμη. Έξι (6) στάθμες εξυπηρέτησης έχουν ορισθεί ώστε να διακρίνουν την ποιότητα της κυκλοφορίας σύμφωνα με το Highway Capacity Manual (TRB, 2000). Οι τέσσερις (4) A, B, C, D αφορούν στην περιοχή πριν από την ικανότητα της οδού, η πέμπτη (E) αφορά στην ικανότητα και η έκτη (F) στην συμφορημένη περιοχή. Στον πίνακα 3-1 και αναλύονται περιγραφικά οι παραπάνω έξι κατηγορίες στάθμης εξυπηρέτησης και κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά τους [Appendix O, Level of Service, trpc.org, The Highway Capacity Manual (2010)];(en.wikipedia);(ΟΜΟΕ-Δ).

Πίνακας 3-1: Κατηγορίες στάθμης εξυπηρέτησης (ΣΕ).

A	Ελεύθερη ροή. Παρέχει τη μέγιστη οδηγικής άνεση, ταχύτητα και ελευθερία ελιγμών. Μεγάλη πιθανότητα ατυχήματος αλλά εύκολη απορρόφηση. Καμία καθυστέρηση.
B	Ελεύθερη ροή (σχεδόν). Υψηλό επίπεδο οδηγικής άνεσης και ελιγμών. Υψηλές ταχύτητες κίνησης, αισθητή παρουσία άλλων οδηγών. Ελάχιστη καθυστέρηση.
C	Σταθερή ροή. Αποδεκτό επίπεδο οδηγικής άνεσης. Οι χρήστες επηρεάζονται σημαντικά από άλλους χρήστες. Ταχύτητα 2/3-3/4 της μέγιστης. Ορισμένη καθυστέρηση.
D	Σταθερή ροή με μεγάλη πυκνότητα. Χαμηλό επίπεδο οδηγικής άνεσης (μερική δυσφορία). Ταχύτητα και ελιγμοί αρκετά περιορισμένοι. Μερική καθυστέρηση.

E	Ασταθής κυκλοφορία (προσεγγίζουν μέγιστη ικανότητα). Πολύ χαμηλό επίπεδο οδηγικής άνεσης (μεγάλη δυσφορία). Χαμηλή ταχύτητα. Μεγάλες καθυστερήσεις.
F	Συμφορημένη κυκλοφορία. Μέγιστη οδηγική δυσφορία. Υπερβολικές καθυστερήσεις.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα των σταθμών κυκλοφοριακής εξυπηρέτησης παρουσιάζονται στην εικόνα 3-1. Στον πίνακα 3-2 παρουσιάζεται η συσχέτιση κάθε στάθμης εξυπηρέτησης με τα βασικά κυκλοφοριακά μεγέθη (πυκνότητα και λόγος φόρτου προς ικανότητα, v/c και διαχωρισμός. Στον πίνακα 3-3 και 3-4 παρουσιάζεται η αναμενόμενη καθυστέρηση σε σηματοδοτημένες διασταυρώσεις και διασταυρώσεις προτεραιότητας.



LOS A
Ελεύθερη ροή



LOS D
Προς ασταθή ροή



LOS B
Σταθερή ροή



LOS E
Ασταθής ροή



LOS C
σταθερή ροή,
Περιορισμένη



LOS F
Αναγκαστική ροή

Εικόνα 3-1: Κατηγορίες στάθμης εξυπηρέτησης κατά το Highway Capacity Manual 2000 (TRB, 2000).

Πίνακας 3-2: χαρακτηριστικά κυκλοφορίας ανά ΣΕ [Appendix O, Level of Service, trpc.org, The Highway Capacity Manual (2010)];(ΟΜΟΕ-Δ);(en.wikipedia).

Στάθμη Εξυπηρέτησης	Φόρτος / ικανότητα	Πυκνότητα D(veh/km)	Μέση απόσταση οχημάτων
A	<0.60	7.5	170 μ.
B	0.60-0.70	12.5	100 μ.
C	0.70-0.80	17.5	67 μ.
D	0.80-0.90	21	50 μ.
E	0.90-1.00	23-28.5	37 μ.
F	>1.00	N/A	ουράς σε ώρα αιχμής)

Πίνακας 3-3: Μη σηματοδοτημένες διασταυρώσεις, 2000 Highway Capacity Manual, Transportation Research Board Washington, D.C, όπως αναφέρεται στο L-LOS Interpretation (HCM 2000 Methodology).

Στάθμη Εξυπηρέτησης	Καθυστερήση (s/veh)	Αναμενόμενη καθυστέρηση
A	0-10.0	λίγη ή καθόλου
B	>10.1-15.0	Μικρή
C	>15.1-25.0	Μεσαία
D	>25.1-35.0	Μεγάλη
E	>35.1-50.0	Πολύ μεγάλη
F	>50	Εξαιρετικά μεγάλη, επιρροή άλλων κινήσεων κυκλοφορίας στη διασταύρωση

Πίνακας 3-4: Σηματοδοτημένες διασταυρώσεις, 2000 Highway Capacity Manual, Transportation Research Board Washington, D.C, όπως αναφέρεται στο L-LOS Interpretation (HCM 2000 Methodology).

Στάθμη Εξυπηρέτησης	Καθυστερήση (s)	Περιγραφή
A	≤10.00	Ελεύθερη ροή: Ασήμαντες καθυστερήσεις
B	10.1-20.0	Σταθερή ροή: Ελάχιστες καθυστερήσεις
C	20.1-35.0	Σταθερή ροή: Αποδεκτές καθυστερήσεις
D	35.1-55.0	Προς ασταθή ροή: Μέτριες καθυστερήσεις
E	55.1-80.0	Ασταθής ροή: Σημαντικές καθυστερήσεις
F	≥80.0	Συμφόρηση: Εξαιρετικά μεγάλες καθυστερήσεις

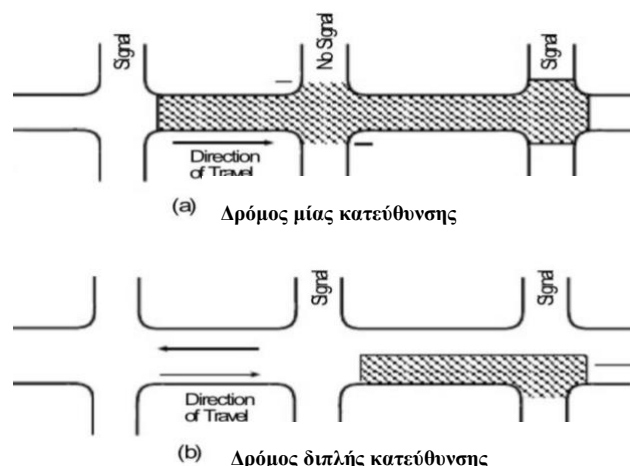
4. ΜΕΘΟΔΟΣ HCM 2000 ΣΕ ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ HCM 2000 METHOD OF URBAN STREET LOS

Το πρώτο βήμα της μεθόδου είναι να προσδιοριστεί ο αριθμός των διασταυρώσεων, να διαχωριστεί η οδός σε επιμέρους τμήματα (ανά σηματοδοτημένη διασταύρωση) και να καθοριστεί το μήκος των τμημάτων αυτών (L). Έπειτα πρέπει να καθοριστεί η κατηγορία της αστικής οδού (SC) και να καθοριστεί η ελεύθερη ταχύτητα ροής (FFS). αφού καθοριστούν οι παραπάνω παράμετροι θα γίνει υπολογισμός του χρόνου κίνηση (T_R) και της καθυστέρησης ελέγχου στις διασταυρώσεις (d), για να μπορέσει να υπολογιστεί η ταχύτητα διαδρομής ανά τμήμα (S_A) και συνολικά ΣS_A . Τέλος από πίνακα θα καθοριστεί η ΣE της αστικής οδού. Τα βήματα της μεθόδου περιγράφονται αναλυτικά στις παρακάτω ενότητες.

4.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΙΣΟΔΟΥ INPUT PARAMETERS

4.1.1 ΔΙΑΧΟΡΙΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ URBAN STREET SEPARATION

Πρέπει ο υπό μελέτη δρόμος να χωριστεί σε επιμέρους τμήματα μελέτης (ανά σηματοδοτημένη διασταύρωση ή ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας, ώστε να μετρηθεί το μήκος τους, L (km)). Τα επιμέρους τμήματα είναι τα επιμέρους πεδία ανάλυσης στη μελέτη. Στο σχήμα 4-2 παρουσιάζεται η έννοια του τμήματος σε δρόμο μονής και διπλής κατεύθυνσης όπως απεικονίζεται στο Highway Capacity Manual (TRB, 2000).



Σχήμα 4-2: Τύποι οδικών αστικών τμημάτων μονής και διπλής κατεύθυνσης από το Highway Capacity Manual (TRB, 2000).

4.1.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ URBAN STREET CLASSIFICATION

Κατά το Highway Capacity Manual (2000) η ταξινόμηση των αστικών δικτύων γίνεται με αριθμούς (I, II, III και IV) που υποδηλώνουν λειτουργικά και

σχεδιαστικά χαρακτηριστικά . Με βάση τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του δρόμου, το δίκτυο χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, τα κύρια αρτηριακά δίκτυα (principal arterials) και τα δευτερεύοντα αρτηριακά δίκτυα (minor arterials). Με βάση τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού δημιουργούνται τέσσερις ομάδες: (I), υψηλής ταχύτητας δίκτυο (high speed), (II), περιαστικό δίκτυο (suburban), (III), Υπεραστικό δίκτυο (intermediate) και (IV), αστικό δίκτυο (urban). Στον πίνακα 4-3 περιγράφονται τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και σχεδιασμού των αστικών δικτύων όπως παρουσιάζονται στο Transportation research board HCM 2000.

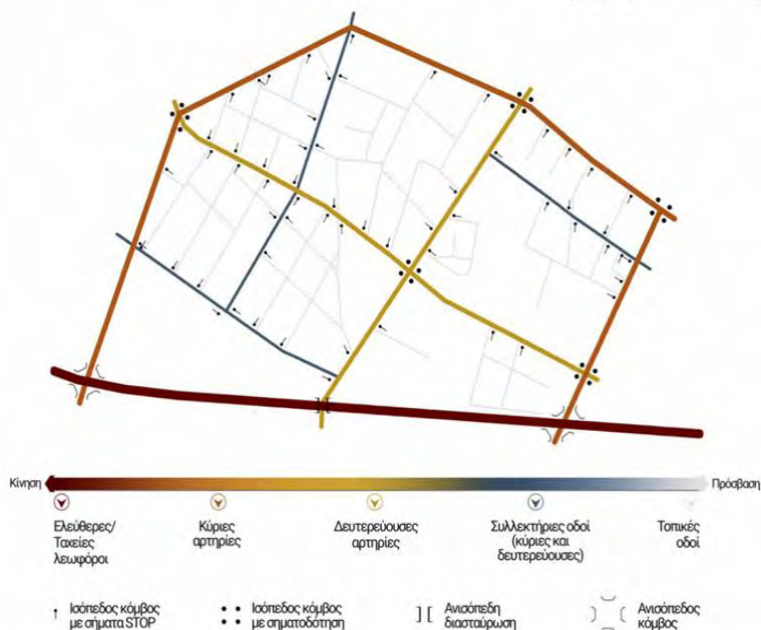
Πίνακας 4-3: Χαρακτηριστικά λειτουργίας και σχεδιασμού των αστικών δικτύων όπως παρουσιάζονται στο Transportation research board HCM 2000.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας				
	Κύρια αρτηρία	Δευτερεύουσα αρτηρία		
Κινητικότητα	Πολύ σημαντική	Σημαντική		
Προσβασιμότητα	Πολύ μικρή	Ουσιαστική		
Σημεία	Εθνικά δίκτυα, εμπορικά κέντρα, προάστια.	Κύριες αρτηρίες		
Χρήση υποδομής	Διαδρομές ανάμεσα σε αστικές και προαστιακές περιοχές, είσοδος- έξοδος της πόλης	Διαδρομές μέτριου μήκους σε μικρές γεωγραφικές περιοχές		
Χαρακτηριστικά σχεδιασμού				
Κατηγορία οδού	Υψηλής ταχύτητας (I)	Περιαστική (II)	Υπεραστική (III)	Αστική (IV)
Πυκνότητα	Πολύ χαμηλή πυκνότητα	Χαμηλή πυκνότητα	Μέτρια πυκνότητα	Υψηλή πυκνότητα
Τύπος αρτηρίας	Πολλαπλών λωρίδων ή δύο λωρίδων με διαχωριστικό	Πολλαπλών λωρίδων ή δύο λωρίδων με διαχωριστικό	Πολλαπλών λωρίδων ή μονόδρομος ή διπλής κατεύθυνσης	Μίας-δύο κατευθύνσεων, δύο ή περισσότερων λωρίδων
Θέσεις στάθμευσης	Χωρίς	Χωρίς	μερικές	πολλές
Ειδικές λωρίδες αριστερών στροφών	ναι	ναι	Συχνά	Ορισμένες
Σηματοδότες/χλμ	0.3-1.2	0.6-3.0	2-6	4-8
Όριο ταχύτητας (km/h)	75-90	65-75	50-65	40-55
FFS (km/h)	80	65	55	45
Κίνηση πεζών	Πολύ λίγη	λίγη	μέτρια	συχνή

Κατά τον Φρατζεσκάκης κ.α., 2009 και Ανδρικόπουλος κ.α., 2007, όπως αναφέρεται στα Αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κ.α., 2015) η λειτουργική ιεράρχηση των οδών αστικού δικτύου παρουσιάζεται στον πίνακα 4-4 σε πέντε βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον βαθμό βασικής λειτουργίας. Στο σχήμα 4-1, παρουσιάζεται η σχηματική διάταξη του λειτουργικά ιεραρχημένου οδικού δικτύου και η σχέση κίνησης-πρόσβασης όπως παρατίθεται στα Αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κ.α., 2015).

Πίνακας 4-4: Λειτουργική ιεράρχηση οδών αστικού δικτύου με βάση τον Φρατζεσκάκης κ.α., 2009 και Ανδρικόπουλος κ.α., 2007, όπως αναφέρεται στα Αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κ.α., 2015).

Ελεύθερη λεωφόρος	Μη διακοπτόμενη ροή, πλήρης έλεγχος πρόσβασης μέσω ανισόπεδων κόμβων/διαβάσεων σε όλες τις διασταυρώσεις. Εξυπηρετούν διαδρομές μεγάλου μήκους και υψηλής ταχύτητας.
Κύρια αρτηρία	Μερικός έλεγχος των προσβάσεων μέσω ανισόπεδων κόμβων και σηματοδοτημένων κόμβων. Περιορισμένη απευθείας πρόσβαση από οδούς δευτερεύουσας σημασίας. Σχετικά υψηλή ταχύτητα.
Δευτερεύουσα αρτηρία	Εξυπηρετούν μετακινήσεις μικρότερου μήκους και ταχύτητας έναντι κύριων αρτηριών (συμπληρωματικές αρτηρίες των κύριων αρτηριών του οδικού δικτύου).
Συλλεκτήρια οδός	Σκοπός η κατανομή των μετακινήσεων από της αρτηρίες στο τοπικό δίκτυο. Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω σε κύριες και δευτερεύουσες.
Τοπική οδός	Σκοπός η άμεση πρόσβαση στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο προς/από τις παρόδιες χρήσεις γης. Επικρατούν μικρές ταχύτητες και ισόπεδοι κόμβοι με σήματα προτεραιότητας.



Σχήμα 4-1: Σχηματική διάταξη του λειτουργικά ιεραρχημένου οδικού δικτύου και σχέση κίνησης-πρόσβασης όπως παρατίθεται στα Αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κ.α., 2015).

4.1.3 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΡΟΗΣ FREE FLOW SPEED, FFS

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η ταχύτητα ελεύθερης ροής λαμβάνει την προεπιλεγμένη τιμή του εγχειριδίου ανάλογα με την κατηγορία στην οποία εμπίπτει η υπό εξέταση οδός. Στην ενότητα αυτή παρατίθεται η μέθοδος υπολογισμού της βασικής ταχύτητας ελεύθερης ροής, BFFS και της ταχύτητας ελεύθερης ροής, FFS.

ΒΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΡΟΗΣ (BASE FREE FLOW SPEED)

Η βασική ταχύτητα ελεύθερης ροής $S_{fo,F}$ κατά τα Αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κ.α., 2015) αποτελεί την βάση για τον καθορισμό της στάθμης εξυπηρέτησης. Υπολογίζεται για κάθε τμήμα χωριστά και προκύπτει από την εξίσωση 4-1:

$$S_{fo,F} = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{\sum_{i=1}^m \frac{L_i}{S_{fo,i}}} \quad (4-1)$$

Όπου:

$S_{fo,F}$ = Βασική ταχύτητα ελεύθερης ροής στον οδικό άξονα (χλμ./ώρα),

L_i = Μήκος του οδικού τμήματος (i) (μέτρα),

m = Αριθμός οδικών τμημάτων που απαρτίζουν την υποδομή,

$S_{fo,i}$ = Βασική ταχύτητα ελεύθερης ροής στο οδικό τμήμα (i) (χλμ./ώρα) η οποία υπολογίζεται από την εξίσωση 4-2:

$$S_{fo} = s_0 + f_{cs} + f_A \quad (4-2)$$

Όπου:

S_{fo} = Βασική ταχύτητα ελεύθερης ροής (χλμ./ώρα),

s_0 = Σταθερή ταχύτητα (χλμ./ώρα), από [εξίσωση 4-3](#).

f_A = Προσαρμογή λόγω πυκνότητας σημείων πρόσβασης (χλμ./ώρα), από [πίνακα 4-5](#).

f_{cs} = Προσαρμογή λόγω διαμόρφωσης διατομής (χλμ./ώρα), από [πίνακα 4-6](#).

Η σταθερή ταχύτητα s_0 είναι συνάρτηση του ορίου ταχύτητας και δίνεται από την εξίσωση 4-3:

$$s_0 = 40 + 0.47 S_{pl} \quad (4-3)$$

Όπου: S_{pl} = Όριο ταχύτητας (χλμ./ώρα)

Πίνακας 4-5: Προσαρμογή λόγω πυκνότητας σημείων πρόσβασης, f_A από (Transportation Research Board-HCM, 2010), όπως αναφέρεται στα Αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κ.α., 2015).

Πυκνότητα προσβάσεων D_a (σημεία/χλμ.)	Προσαρμογή για σημεία πρόσβασης ανάλογα με τον αριθμό των λωρίδων (χλμ/ώρα)			
	1 λωρίδα	2 λωρίδες	3 λωρίδες	4 λωρίδες
0	0	0	0	0

1.25	-0.3	-0.2	-0.2	0
2.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2
6.25	-1.3	-0.6	-0.5	-0.3
12.5	-2.6	-1.3	-0.8	-0.6
25.0	-5.0	-2.6	-1.6	-1.3
37.5	-7.6	-3.7	-2.6	-1.9

Πίνακας 4-6: Συντελεστής προσαρμογής λόγω διαμόρφωσης διατομής, f_{cs} από Αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κ.α., 2015)

$F_{cs} = -0.8$ χλμ/ώρα	Αν υπάρχει κράσπεδο στη δεξιά μεριά της οδού κατά την κατεύθυνση κυκλοφορίας
$F_{cs} = 0.0$ χλμ/ώρα	Αν δεν υπάρχει

TAXYTHTA EΛEYΘEPHΣ POHΣ (FREE FLOW SPEED)

Η ταχύτητα ελεύθερης ροής, S_f , προκύπτει από το γινόμενο της βασικής ταχύτητας ελεύθερης ροής επί τον συντελεστή προσαρμογής για την πυκνότητα σηματοδότησης, από την εξίσωση 4-4:

$$S_f = S_{f0} f_L \quad (4-4)$$

Όπου:

S_{f0} = Βασική ταχύτητα ελεύθερης ροής (χλμ./ώρα), από [εξίσωση 4-2](#).

f_L = Συντελεστής προσαρμογής για πυκνότητα σηματοδότησης, που προκύπτει από την εξίσωση 4-5 :

$$f_L = 1.02 - 0.7 \frac{S_{f0} - 19.5}{\max(L_s, 122)} \leq 1.0 \quad (4-5)$$

Όπου:

L_s = Απόσταση μεταξύ διαδοχικών σηματοδοτημένων διασταυρώσεων (m).

4.2 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ TRAFFIC DELAY

Για τον υπολογισμό της στάθμης εξυπηρέτησης σε ένα αστικό οδικό δίκτυο που αποτελείται από πολλές σηματοδοτημένες διασταυρώσεις απαιτείται να υπολογιστεί η καθυστέρηση ελέγχου, δηλαδή η καθυστέρηση που θα έχει ένα όχημα ώσπου να διανύσει ένα τμήμα ώστε να φτάσει την υπό εξέταση διατομή και να την ξεπεράσει. Ο υπολογισμός της καθυστέρησης ελέγχου γίνεται με την εξίσωση 4-6. Για να υπολογιστεί η καθυστέρηση ελέγχου πρέπει πρώτα να υπολογιστεί η ομοιόμορφη καθυστέρηση από την εξίσωση 4-7, η βαθμιαία καθυστέρηση από την εξίσωση 4-8. Και η καθυστέρηση αρχικής ουράς από την εξίσωση 4-9.:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (4-6)$$

$$d_1 = \frac{0.5C(1 - \frac{g}{C})^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C} \right]} \quad (4-7)$$

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right] \quad (4-8)$$

$$d_3 = \frac{1800Q_b(1 + u)t}{cT} \quad (4-9)$$

Όπου:

d = Καθυστέρηση ελέγχου (s/veh), [εξίσωση 4-6](#),

d₁ = Ομοιόμορφη καθυστέρηση (s/veh), [εξίσωση 4-7](#),

d₂ = βαθμιαία καθυστέρηση (s/veh), [εξίσωση 4-8](#),

d₃ = καθυστέρηση ουράς αναμονής (s/veh), [εξίσωση 4-9](#),

PF = συντελεστής προσαρμογής, από [πίνακα 4-10](#) και [πίνακα 4-11](#),

C = περίοδος σηματοδότησης (s), από [μέτρηση πεδίου](#),

g = πραγματικός πράσινος χρόνος (s), από [μέτρηση πεδίου](#),

X = βαθμός κορεσμού, v/c,

k = Ενεργοποιημένος συντελεστής ελέγχου, από [πίνακα 4-7](#),

I = Ανάντη συντελεστής φιλτραρίσματος, από [πίνακα 4-8](#),

v = φόρτος ανά ώρα (veh/h), από [μέτρηση πεδίου](#)

c = ικανότητα για την ομάδα διαδρόμων (veh/h), από [εξίσωση 4-12](#),

T = Διάρκεια της περιόδου ανάλυσης (h).

Q_b = αρχική ουρά στην αρχή της περιόδου T (veh/h), από [μέτρηση πεδίου](#)

t = διάρκεια της μη ικανοποιημένης ζήτησης για την περίοδο T (h), [πίνακας 4-9](#)

u = ειδική παράμετρος καθυστέρησης, [πίνακας 4-9](#)

ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ (UNIFORM DELAY)

Για τον υπολογισμό της ομοιόμορφης καθυστέρησης χρειαζόμαστε τον κύκλο σηματοδότησης και τον αποτελεσματικό πράσινο χρόνο που προκύπτουν από μετρήσεις πεδίου.

ΒΑΘΜΙΑΙΑΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ (INCREMENTAL DELAY)

Για τον υπολογισμό της βαθμιαίας καθυστέρησης χρειαζόμαστε την κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού, c, η οποία προκύπτει από στην εξίσωση 4-12. Στην ενότητα 4.3. καθώς και τον κυκλοφοριακό όγκο, V από μετρήσεις πεδίου για να προκύψει ο βαθμός κορεσμού, X. Έπειτα από πίνακα 4-7 και 4-8 θα λάβουμε τιμές για τους συντελεστές προσαρμογής k και I.

Πίνακας 4-7: Ενεργοποιημένος συντελεστής k για την βαθμιαία καθυστέρηση d₂ από το Transportation research board HCM 2000.

Μονάδα επέκτασης (s)	Βαθμός κορεσμού (X=v/c)					
	≤0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥1.0
≤2.0	0.04	0.13	0.22	0.32	0.41	0.50
2.5	0.08	0.16	0.25	0.33	0.42	0.50
3.0	0.11	0.19	0.27	0.34	0.42	0.50
3.5	0.13	0.20	0.28	0.35	0.43	0.50
4.0	0.15	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50
4.5	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50
5.0	0.23	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50
Προηγούμενη κίν.	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

$$k = (1 - 2k_{\min})(X - 0.5) + k_{\min}, \quad \text{Για τιμές μεγαλύτερες από 5.0, γίνεται επέκταση για } k \leq 0.5$$

όπου $k \geq k_{\min}$, $k \leq 0.5$ και $X = 0.5$.

Πίνακας 4-8: Συντελεστής I, λόγω επίδρασης των ανάντη κόμβων στην άφιξη των οχημάτων από το Transportation research board HCM 2000.

Βαθμός κορεσμού, X _v	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	≥1.0
I	0.922	0.858	0.769	0.650	0.500	0.314	0.090

$$I = 1.0 - 0.91X_v^{2.68}$$

Όπου $X_v \leq 1.0$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΟΥΡΑΣ (INITIAL QUEUE DELAY)

Η αρχική ουρά προκύπτει από μετρήσεις πεδίου. Οι παράμετροι t, u της εξίσωσης 4-9 λαμβάνουν τιμές σύμφωνα με 5 εν δυνάμει περιπτώσεις. Στις περιπτώσεις I και II κατά την έναρξη της περιόδου ανάλυσης δεν παρατηρείται σχηματισμός ουράς οπότε t=0,0, u=0,0 και επομένως d₃=0,0 s. Στην περίπτωση III παρατηρείται αρχική ουρά κατά την έναρξη της περιόδου ανάλυσης, όμως στο τέλος αυτής η διατομή είναι ελεύθερη. Η μεταβλητή u=0,0 και η διάρκεια t υπολογίζεται από την εξίσωση 4-10.

$$t = \min \left\{ T, \frac{Q_b}{c[1 - \min(1, X)]} \right\} \quad (4-10)$$

Στην περίπτωση IV παρατηρείται αρχική ουρά η οποία παραμένει στο τέλος της ανάλυσης, όμως μειώνεται κατά την διάρκεια T.

Στην περίπτωση αυτή η διάρκεια t=T και η ειδική παράμετρος καθυστέρησης υπολογίζεται από την εξίσωση 4-11:

$$u = 1 - \frac{cT}{Q_b[1 - \min(1, X)]} \quad (4-11)$$

Και τέλος στην περίπτωση V, παρατηρείται αρχική ουρά αναμονής η οποία στο τέλος της περιόδου ανάλυσης αυξάνεται. Στην περίπτωση αυτή η διάρκεια $t=T$ και η παράμετρος $u=1,0$. Και στις δύο τελευταίες κατηγορίες η καθυστέρηση $d_3 \neq 0,0$ s.

Πίνακας 4-9: Υπολογισμός καθυστέρησης αρχικής ουράς d_3 .

	X	Q_b	t	u	d_3
I	≤ 1	0	0	0	0
II	> 1	0	0	0	0
III	≤ 1	> 0	Εξίσωση 4-10	0	Εξίσωση 4-9
IV	≤ 1	> 0	T	Εξίσωση 4-11	Εξίσωση 4-9
V	> 1	> 0	T	1	Εξίσωση 4-9

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ (CONTROL DELAY)

Αφού υπολογιστούν οι καθυστερήσεις d_1 , d_2 , και d_3 , θα πρέπει η οδός κατηγοριοποιηθεί ως προς τον τύπο άφιξης των οχημάτων στην εξεταζόμενη διατομή και με βάση την κατηγοριοποίηση αυτή να προκύψουν από τον πίνακα 4-10 ο ρυθμός άφιξης (R_p), ο συμπληρωματικός συντελεστής προσαρμογής σύμφωνα με τον τύπο άφιξης (F_{pA}), το ποσοστό του συνόλου των οχημάτων που εισέρχονται κατά την διάρκεια του πράσινου σήματος (P), ώστε να υπολογιστεί ο συντελεστής προσαρμογής εξέλιξης των αφίξεων (PF), που απαιτεί η εξίσωση 4-6.

Πίνακας 4-10: Τύπος άφιξης (AT) οχημάτων από Αστικά οδικά δίκτυα (Γαβανάς κα, 2015).

Τύπος 1. πολύ φτωχικός	Τα οχήματα φτάνουν σε πυκνές φάλαγγες στην έναρξη της κόκκινης ένδειξης. Συμβαίνει σε συντονισμένη λειτουργία οδού δύο κατευθύνσεων με σηματοδότες σε αποστάσεις < 500 μ., όπου η μία κατεύθυνση δεν συντονίζεται σωστά.
Τύπος 2. μη πλεονεκτικός	Τα οχήματα φτάνουν σε πυκνές φάλαγγες στο μέσο της κόκκινης ένδειξης ή σε αραιές φάλαγγες στο τέλος της διάρκειας της κόκκινης ένδειξης. Λιγότερο ακραία περίπτωση από τον τύπο 1. σηματοδότες σε αποστάσεις μεταξύ 500-1000 μ.
Τύπος 3. τυχαίες αφίξεις	Αφίξεις διεσπαρμένες καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης είτε σε μεμονωμένες κόμβους, όταν οι γειτονικοί κόμβοι δεν σηματοδοτούνται αλλά βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 1000 μ.
Τύπος 4. πλεονεκτικός	Σχετικά ευνοϊκή περίπτωση όπου τα οχήματα φτάνουν κυρίως κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης. Συμβαίνει σε συντονισμένη σηματοδότηση, συνήθως σε μια κατεύθυνση οδού 2 κατευθύνσεων με σηματοδότες σε τυπική απόσταση μεταξύ 500-1000 μ.
Τύπος 5. πολύ πλεονεκτικός	Παρατηρείται σε αποτελεσματικά συντονισμένη σηματοδότηση που συνήθως συμβαίνει με σηματοδότες σε αποστάσεις μικρότερες από 500 μ.
Τύπος 6. εξαιρετικές περιπτώσεις	Συνήθως μονόδρομοι σε πυκνό δίκτυο και σε κεντρικές περιοχές. Τυπικές αποστάσεις σηματοδοτών κάτω των 250 μ.

Πίνακας 4-11: Συντελεστής προσαρμογής για τον υπολογισμό της καθυστέρησης ελέγχου από το Transportation research board HCM 2000.

Αποτελεσματικός πράσινος χρόνος, (g/C)	Τύπος άφιξης (AT)					
	AT ₁	AT ₂	AT ₃	AT ₄	AT ₅	AT ₆
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
F _{PA}	1.00	0.93	1.00	1.15	1.00	1.00
Εξορισμού R _P	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000
Ποιότητα Εξέλιξης στις αφίξεις	Πολύ φτωχή	Μη ευνοϊκή	Τυχαίες αφίξεις	Ευνοϊκή	Πολύ ευνοϊκή	Εξαιρετική
$PF = \frac{(1-P)f_{PA}}{(1-\frac{g}{C})}$ $P = R_p * \frac{g}{C}$	PF= Ο συντελεστής προσαρμογής εξέλιξης των αφίξεων, P= ποσοστό του συνόλου των οχημάτων που εισέρχονται κατά την διάρκεια του πράσινου σήματος. g/C= Αποτελεσματικός πράσινος χρόνος σήμανσης. F _{PA} = συμπληρωματικός συντελεστής προσαρμογής σύμφωνα με τον τύπο άφιξης. R _P = Ρυθμός άφιξης.					

4.3 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ TRAFFIC CAPACITY

Η κυκλοφοριακή ικανότητα με βάση το εγχειρίδιο HCM 2000 για τα αστικά οδικά δίκτυα διακοπτόμενης ροής, προκύπτει από την εξίσωση 4-12:

$$c = Ns \frac{g}{C} \quad (4-12)$$

Όπου:

c = Ικανότητα λωρίδας (veh/h)

N = Αριθμός λωρίδων σε διασταύρωση

g/C = Αποτελεσματικός πράσινος χρόνος στην διασταύρωση.

s = Προσαρμοσμένη ροή κορεσμού ανά λωρίδα (veh/h) σε διασταύρωση προκύπτει από την εξίσωση 4-13:

$$s = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb} \quad (4-13)$$

Όπου:

S=ροή κορεσμού (veh/h)

s_o = ιδανική κορεσμένη ροή για κάθε λωρίδα (pc/h/ln).

N = Αριθμός λωρίδων, [μέτρηση πεδίου](#)

f_w = Συντελεστής πλάτους της λωρίδας, [πίνακας 4-12.a](#),

f_{HV} = Συντελεστής βαρέων οχημάτων σε κυκλοφοριακή ροή, [πίνακας 4-12.b](#),

f_g = Συντελεστής προσαρμογής για τον βαθμό προσέγγισης, [πίνακας 4-12.c](#),

f_p = Συντελεστής παρκινγκ, λόγω δραστηριότητας στη λωρίδα στάθμευσης, [πίνακας 4-12.d](#),

f_{bb} = Συντελεστής επίδρασης στάσεων λεωφορείων (που σταματούν στην περιοχή διασταύρωσης, [πίνακας 4-12.e](#),

f_a = συντελεστής για τον τύπο περιοχής, [πίνακας 4-12.f](#),

f_{LU} = Συντελεστής χρήσης της λωρίδας, [πίνακας 4-12.g](#),

f_{LT} = Συντελεστής αριστερών στροφών στην ομάδα λωρίδας, [πίνακας 4-12.h](#),

f_{RT} = Συντελεστής δεξιών στροφών στην ομάδα λωρίδων, [πίνακας 4-12.i](#),

f_{Lpb} = Συντελεστής πεζών για αριστερόστροφες κινήσεις, [πίνακας 4-12.j](#),

f_{Rpb} = Συντελεστής ποδηλάτων-πεζών για κινήσεις δεξιόστροφες, [πίνακας 4-12.j](#).

Πίνακας 4-12: Συντελεστές προσαρμογής και μέθοδος υπολογισμού, για τον υπολογισμό της ροής κορεσμού από το Transportation research board HCM 2000.

Συντελεστής		Όπου:	
a)	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W=πλάτος λωρίδας (m)	W≥2.4 Αν W>4.8 προτείνεται ανάλυση 2 λωρίδων.
b)	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV (E_T - 1)}$	%HV=%βαρέα οχήματα για τον φόρτο λωρίδας	E _T =2.0pc/HV
c)	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	%G = % βαθμός προσέγγισης λωρίδας	-6≤%G≤10 (-),είναι κατηφόρα
d)	$f_p = 1 + \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N=αριθμός λωρίδων N _m =αριθμός θέσεων στάθμευσης	0≤N _m ≤180 f _p ≥0.050 F _p =1.000(χωρίς θέσεις στάθμευσης)
e)	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N= αριθμός λωρίδων N _B = αριθμός στάσεων	0≤N _B ≤250 f _{bb} ≥0.050
f)	f _a =0.900 (CBD)	*CBD= μεγάλα αστικά εμπορικά κέντρα	

	$f_a = 1.000$ (στις άλλες περιοχές)		
g)	$f_{LU} = \frac{v_g}{(v_{g1} N)}$	v_g = μη διορθωμένη ροή κυκλοφορίας v_{g1} = μη διορθωμένη ροή για μέγιστο φόρτο και μονή λωρίδα. N = αριθμός λωρίδων	
h)	Ειδικές λωρίδες: $f_{LT} = 0.95$ Κοινές λωρίδες: $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05 P_{LT}}$	P_{LT} =ποσοστό φόρτου αριστερών στροφών	Παράρτημα Γ C16-1 Transportation research board HCM 2000
i)	Ειδικές λωρίδες: $f_{RT} = 0.85$ Κοινές λωρίδες: $f_{RT} = 1.0 - (0.15)P_{RT}$ Μονές λωρίδες: $f_{RT} = 1.0 - (0.135)P_{RT}$	P_{RT} =ποσοστό δεξιών στροφών	$f_{RT} \geq 0.050$
j)	Αριστερών στροφών: $f_{Lpb} = 1.0 - P_{LT} (1 - A_{pbT})$ Δεξιών στροφών: $f_{Rpb} = 1.0 - P_{RT} (1 - A_{pbT}) (1 - P_{RTA})$	P_{LT} = ποσοστό φόρτου αριστερών στροφών A_{pbT} = επιτρεπόμενη φάση προσαρμογής P_{RT} = ποσοστό φόρτου δεξιών στροφών P_{RTA} = ποσοστό δεξιών στροφών σε πράσινο	

4.4 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ TRAVEL SPEED, S_A

Για τον υπολογισμό της ταχύτητας διαδρομής της υπό μελέτη οδού κατά το Transportation research board HCM 2000, χρησιμοποιείται η εξίσωση 4-14:

$$S_{A_i} = \frac{3600 L_i}{S_T} \quad (4-14)$$

Όπου:

S_A = η μέση ταχύτητα διαδρομής των οχημάτων του οδικού τμήματος (km/h),

L = το μήκος του οδικού τμήματος (km),

S_T = ο μέσος χρόνος διαδρομής και προκύπτει από την εξίσωση 4-15:

$$S_T = T_R + d \quad (4-15)$$

όπου:

T_R = Συνολικός χρόνος κίνησης, από [πίνακας 4-13](#), [εξίσωση 4-17](#)

d = καθυστέρηση διέλευσης από σηματοδοτημένη διασταύρωση, από [εξίσωση 4-6](#) ή από [εξίσωση 4-16](#) (Γαβανάς κ.α., 2015):

$$d_t = \frac{d_{th} v_t N_t + d_{sl} v_{sl} (1 - P_L) + d_{sr} v_{sr} (1 - P_R)}{v_{th}} \quad (4-16)$$

Όπου:

d_t = Συνολική καθυστέρηση διέλευσης της κατευθείαν κίνησης από τη διασταύρωση (δευτ./όχημα).

v_{th} = Συνολικός ρυθμός ροής της κατευθείαν κίνησης (οχήματα/ώρα).

v_t, v_{sl}, v_{sr} = Ρυθμοί ροής της κατευθείαν κίνησης στην αποκλειστική λωρίδα, στη μοιραζόμενη με την αριστερή στροφή και στη μοιραζόμενη με τη δεξιά στροφή αντίστοιχα (veh/h).

d_{th}, d_{sl}, d_{sr} = Καθυστερήσεις της κατευθείαν κίνησης στην αποκλειστική λωρίδα, στη μοιραζόμενη με την αριστερή στροφή και στη μοιραζόμενη με τη δεξιά στροφή αντίστοιχα βάσει της Εξίσωσης που προσδιορίζει το d (s/veh).

P_L, P_R = Ποσοστά των αριστερόστροφων και δεξιόστροφων οχημάτων στις αντίστοιχες μοιραζόμενες λωρίδες (σε δεκαδική μορφή).

ΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ (RUNNING TIME)

Ο χρόνος που καταναλώνει ένα όχημα σε ένα τμήμα μιας αστικής οδού με σηματοδοτημένη διασταύρωση διαχωρίζεται στον χρόνο κίνησης (running time) και στον χρόνο καθυστέρησης (delay time). Ο χρόνος κίνησης ενός οχήματος με βάση την ταχύτητα ελεύθερης ροής FFS, την κατηγορία της οδού και το μήκος της οδικής αρτηρίας, βάσει του εγχειριδίου προκύπτει από τον πίνακα 4-13.

Ο συνολικός χρόνος κίνησης T_{Ri} , προκύπτει, εάν ο χρόνος κίνησης ανά χιλιόμετρο από τον πίνακα 4-13 πολλαπλασιαστεί με το μήκος των επιμέρους τμημάτων της αστικής οδού (εξίσωση 4-17).

$$T_{Ri} = \text{χρόνος κίνησης} \left(\frac{s}{km} \right) L_i \quad (4-17)$$

Πίνακας 4-13: Λειτουργικός χρόνος αρτηρίας ανά χιλιόμετρο από HCM (Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington D.C., 2000).

Κλάση	I			II			III		IV		
	90 ^a	80 ^a	70 ^a	70 ^a	65 ^a	55 ^a	55 ^a	50 ^a	55 ^a	50 ^a	40 ^a
FFS (km/h)											
L (m)	Χρόνος κίνησης (s/km)										
100	b	b	b	b	b	b	-	-	-	129	159
200	b	b	b	b	b	b	88	91	97	99	125
400	59	63	67	66	68	75	75	78	77	81	96
600	52	55	61	60	61	67	d	d	d	d	d

800	45	49	57	56	58	65	d	d	d	d	d
1000	44	48	56	55	57	65	d	d	d	d	d
1200	43	47	54	54	57	65	d	d	d	d	d
1400	41	46	53	53	56	65	d	d	d	d	d
1600	40 ^c	45 ^c	51 ^c	51 ^c	55 ^c	65 ^c	d	d	d	d	d

a)	b)	c)	d)
Αν δεν υπάρχουν μετρήσεις FFS τότε λαμβάνεται Κλάση FFS (km/h)	Αν στην κατηγορία οδού I και II το μήκος που εξετάζουμε είναι <400m, τότε απαιτείται ξανά υπολογισμός της κατηγορίας ή μήκος ίσο με 400 m.	Για μεγάλα μήκη οδού (>= 1600 m), ο λειτουργικός χρόνος ίσος με τις αντίστοιχες τιμές των 1600 m	Για κατηγορίες οδού III ή IV με τμήματα μεγαλύτερα των 400 μέτρων γίνεται επέκταση που δεν παρουσιάζεται στον πίνακα.
I 80			
II 65			
III 55			
IV 45			

4.5 ΣΤΑΘΜΗ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ URBAN STREET LEVEL OF SERVICE

Η στάθμη εξυπηρέτησης αστικής οδού βασίζεται στη μέση ταχύτητα διαδρομής του οχήματος για ένα τμήμα ή ολόκληρη την οδό. Η ταχύτητα διαδρομής είναι ο βασικός δείκτης εξυπηρέτησης για τους αστικούς δρόμους. Η μέση ταχύτητα διαδρομής υπολογίζεται από τους χρόνους κίνησης στην αστική οδό και την καθυστέρηση λόγω ελέγχου των διαδοχικών κινήσεων στις σηματοδοτημένες διασταυρώσεις.

Η ελεγχόμενη καθυστέρηση (Control delay) είναι το μέρος της συνολικής καθυστέρησης οχήματος που πλησιάζει και εισέρχεται σε σηματοδοτημένη διασταύρωση, η οποία οφείλεται στην λειτουργία της σήμανσης και περιλαμβάνει τις καθυστερήσεις στην αρχική επιβράδυνση, το χρόνο μετακίνησης στην ουρά αναμονής, τις στάσεις και την επανεκκίνηση.

Το LOS για τις αστικές οδούς επηρεάζεται, τόσο από τον αριθμό των σημάτων ανά χιλιόμετρο όσο και από την καθυστέρηση λόγω ελέγχου σε διασταυρώσεις. Ο ακατάλληλος συγχρονισμός των σημάτων και η αύξηση της κυκλοφοριακής ροής μπορούν να υποβαθμίσουν σημαντικά την στάθμη εξυπηρέτησης Σ-Ε (LOS). Οι δρόμοι μέσης έως υψηλής πυκνότητας σήμανσης (περισσότερα από ένα σήμα ανά χιλιόμετρο) είναι πιο ευαίσθητοι σε αυτούς τους παράγοντες και μπορεί να παρατηρηθεί χαμηλή στάθμη εξυπηρέτησης ακόμη και πριν εμφανιστούν σημαντικά προβλήματα. Από την άλλη πλευρά, τα μεγαλύτερα τμήματα αστικών οδών που περιλαμβάνουν διασταυρώσεις υψηλής εισροής μπορούν να παράγουν εύλογα καλό Σ-Ε (LOS), αν και μια μεμονωμένη σηματοδοτημένη διασταύρωση μπορεί να λειτουργεί σε χαμηλότερο επίπεδο.

Στον πίνακα 4-14 αναφέρονται τα κριτήρια Σ-Ε (LOS) των αστικών οδών με βάση τη μέση ταχύτητα ταξιδιού και την ταξινόμηση της αστικής οδού (εάν ο όγκος ζήτησης

υπερβαίνει τη ικανότητα σε οποιοδήποτε σημείο της υποδομής, η μέση ταχύτητα διαδρομής ενδέχεται να μην είναι ένα καλό μέτρο του Σ-Ε (LOS).

Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε σε αυτό το κεφάλαιο είναι ο υπολογισμός της στάθμης εξυπηρέτησης αστικής οδού μέσω της ταχύτητας διαδρομής για κάθε τμήμα της υπό εξέταση οδού ώστε να προκύψει η συνολική στάθμη εξυπηρέτησης ολόκληρης της οδού. Στην επόμενη ενότητα δίνονται κάποια παραδείγματα υπολογισμού στάθμης εξυπηρέτησης όπως παρατίθενται στο εγχειρίδιο HCM 2000 (TRB, 2000) για να γίνει αντιληπτή η μέθοδος.

Πίνακας 4-14: Κριτήρια Σ-Ε (LOS) των αστικών οδών με βάση τη μέση ταχύτητα ταξιδιού και την ταξινόμηση της αστικής οδού κατά το Transportation research board HCM 2000.

Ταξινόμηση	I	II	III	IV
Εύρος ταχύτητας ελ. Ροής (FFS)	90-70 χλμ/ώρα	70-56 χλμ/ώρα	56-50 χλμ/ώρα	55-40 χλμ/ώρα
Τυπική FFS	80 χλμ./ώρα	65 χλμ/ώρα	55 χλμ/ώρα.	45 χλμ/ώρα
(LOS)	Μέση ταχύτητα διαδρομής (χλμ/ ώρα)			
A	>72	>59	>50	>41
B	>56-72	>46-59	>39-50	>32-41
C	>40-56	>33-46	>28-39	>23-32
D	>32-40	>26-33	>22-28	>18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	>26	>21	>17	>14

4.6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΕ ΑΠΟ HCM 2000 HCM 2000 URBAN LOS EXAMPLES

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1: Σ.Ε ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ, HCM 2000 (ΚΕΦ. 15- ΣΕΛ. 16)

Για ολικό μήκος διαχωρισμένης αστικής οδού πολλαπλών λωρίδων 3.5 km και 7 σηματοδοτημένες διασταυρώσεις ανά 0.5 km ζητείται η στάθμη εξυπηρέτησης ανά τμήμα και συνολικά για τις λωρίδες μίας κατεύθυνσης. Από μετρήσεις πεδίου :

1. Ταχύτητα ελεύθερης ροής (FFS)= 63 km/h.
2. Κύκλος σηματοδότησης (C)=70 s, για όλα τα φανάρια.
3. Ικανότητα λωρίδων μίας κατεύθυνσης (c)=1800 veh/h
4. Περίοδος ανάλυσης=1.0 h.
5. Κατηγορία οδού (SC)=II.
6. Πράσινος χρόνος/κύκλο σήμανσης (g/C)=0.60 (για όλα τα φανάρια).
7. Τύπος άφιξης τμήματος I= AT3
8. Τύπος άφιξης για τα υπόλοιπα τμήματα= AT5

Τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για προκύψει τμηματικά η στάθμη εξυπηρέτησης είναι :1.) να βρεθεί ο συντελεστής προσαρμογής (PF), το k και το I, για να μπορέσει να υπολογιστεί η καθυστέρηση λόγω ελέγχου, έπειτα πρέπει να υπολογιστεί 2.) η ομοιόμορφη καθυστέρηση (d_1), 3.) αυξανόμενη καθυστέρηση (d_2) και 4.) η συνολική καθυστέρηση (d). 5.) Μετά θα προκύψει ο χρόνος κίνησης (T_R), 6.) θα υπολογιστεί το T_R , 7.) ο χρόνος διαδρομής (S_A), 8.) θα καθοριστεί η στάθμη εξυπηρέτησης του τμήματος. Η διαδικασία αυτή θα γίνει για κάθε τμήμα της οδού (στο παρόν πρόβλημα =7). Αφού η διαδικασία γίνει για όλα τα τμήματα της οδού, 9.) θα υπολογιστεί η συνολική ταχύτητα διαδρομής (S_A) από όπου θα προκύψει και η συνολική στάθμη εξυπηρέτησης. Τα βήματα και το τυπολόγιο της μεθόδου παρουσιάζονται στον πίνακα 1-α. από HCM (TRB, 2000), σελ 15-16.

Πίνακας 1-α: Βήματα υπολογισμού για παράδειγμα 1, από HCM (TRB, 2000).

<p>1. Find factors PF, k, and I to Πίνακας 4-11, 4-7, 4-8</p>	<p>PF = 0.0, k = 0.50, and I as calculated in Exhibit 15-7</p>
<p>2. Εξίσωση 4-7</p>	$d_1 = \frac{0.5C \left[\left(1 - \frac{g}{C} \right)^2 \right]}{\left[1 - \left(\frac{g}{C} \right) \min(X, 1.0) \right]}$ $d_1 = \frac{0.5 \cdot 70 \left[(1 - 0.60)^2 \right]}{[1 - 0.60(0.583)]} = 8.6 \text{ s}$

3. Εξίσωση 4-8	$d_2 = 900 T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$ $d_2 = 900(1) \left[(0.583 - 1) + \sqrt{(0.583 - 1)^2 + \frac{8 \cdot 0.5 \cdot 1.0 \cdot 0.583}{1,800(1)}} \right]$ $d_2 = 1.4 \text{ s}$
4. Πίνακας 4-6	$d = (d_1 \cdot PF) + d_2 + d_3 = (8.6 \cdot 1.0) + 1.4 + 0.0 = 10.0 \text{ s}$
5. Πίνακας 4-17	For FFS = 63 km/h, running time per km = 65.8 s/km $T_R = 65.8 \cdot 0.5 = 32.9 \text{ s}$ (for all segments)
6. Find travel time	$ST = T_R + d + \text{other } d = 32.9 + 10.0 + 0.0 = 42.9 \text{ s}$
7. Εξίσωση 4-14	$S_A = \frac{3,600(L)}{ST} = \frac{3,600(0.5)}{42.9} = 42.0 \text{ km/h}$
8. Πίνακας 4-14	LOS C
9. Εξίσωση 4-15	$\Sigma ST = 42.9 + 3(34.0) + 3(34.1) = 247.2 \text{ s}$ $\Sigma L = 7(0.5) = 3.5 \text{ km}$ Urban street $S_A = \frac{3,600 \cdot \Sigma L}{\Sigma ST} = \frac{3,600(3.5)}{247.2} = 51.0 \text{ km/h}$
10. Πίνακας 4-14	LOS B

Τα στοιχεία της οδού καθώς και τα αποτελέσματα των μετρήσεων και των υπολογισμών παρουσιάζονται στον πίνακα 1-β, όπως παρατίθενται στο εγχειρίδιο HCM 2000 (TRB,2000).

Πίνακας 1-β: Αποτελέσματα και μετρήσεις σε φύλλο εργασίας για την ανάλυση στάθμης εξυπηρέτησης αστικής οδού από HCM 2000 (TRB, 2000) σελ 15-17.

URBAN STREET WORKSHEET								
General Information				Site Information				
Analyst	J MYE			Urban Street	Multilane Urban			
Agency or Company	CEI			Direction of Travel	SB			
Date Performed	5/7/99			Jurisdiction				
Analysis Time Period	AM Peak			Analysis Year	1999			
<input checked="" type="checkbox"/> Operational (LOS)		<input type="checkbox"/> Design (v_p)		<input type="checkbox"/> Planning (LOS)		<input type="checkbox"/> Planning (v_p)		Analysis Period, T= 100 h
Input Parameters								
	Segments							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cycle length, C (s)	70	70	70	70	70	70	70	
Effective green-to-cycle-length ratio, g/C	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
v/c ratio for lane group, X	0.583	0.6 II	0.6 II	0.6 II	0.597	0.593	0.593	
Capacity of lane group, c (veh/h)	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	
Arrival type, AT	3	5	5	5	5	5	5	
Length of segment, L (km)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Initial queue, Q_0 (veh)	-	-	-	-	-	-	-	
Urban street class, SC (Exhibit 10-3)	II	II	II	II	II	II	II	
Free-flow speed, FFS (km/h) (Exhibit 15-2)	63	63	63	63	63	63	63	
Running time, T_R (s) (Exhibit 15-3)	32.9	32.9	32.9	32.9	32.9	32.9	32.9	
Delay Computation								
Uniform delay, d_1 (s) $d_1 = \frac{0.5C(1-gC)^2}{1 - (gCmin(X, 1.0))}$	8.6	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	
Signal control adjustment factor, k (Exhibit 15-6)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Upstream filtering/metering adjustment factor, I (Exhibit 15-7)	10	0.786	0.757	0.757	0.757	0.772	0.776	
Incremental delay, d_2 (s) $d_2 = 900 \left[(X-1) \sqrt{(X-1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$	14	12	12	12	11	11	11	
Initial queue delay, d_3 (s) (Ch. 16 Appendix F)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Progression adjustment factor, PF (Exhibit 15-5)	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Control delay, d (s) $d = (d_1 * PF) + d_2 + d_3$	10.0	12	12	12	11	11	11	
Segment LOS Determination								
Segment travel time ST (s) $ST = T_R + d + \text{Other delay}$	42.9	34.1	34.1	34.1	34.0	34.0	34.0	
Segment travel speed, S_A (km/h) $S_A = \frac{3600L}{ST}$	42.0	52.8	52.8	52.8	52.9	52.9	52.9	
Segment LOS (Exhibit 15-2)	C	B	B	B	B	B	B	
Urban Street LOS Determination								
Total travel time = $\sum ST$	247.2 s							
Total length = $\sum L$	3.5 km							
Total travel speed, $S_A = \frac{3600 * \text{Total length}}{\text{Total travel time}}$	51.0 km/h							
Total urban street LOS (Exhibit 15-2)	B							

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2: Σ.Ε ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ, HCM 2000 (ΚΕΦ. 15-ΣΕΛ. 18)

Στο δεύτερο παράδειγμα του εγχειριδίου εξετάζεται αστικός δρόμος δύο λωρίδων με 5 διασταυρώσεις σε διάφορες αποστάσεις μεταξύ τους. Ο δρόμος έχει μεγάλο φόρτο σε οχήματα που θέλουν να στρίψουν αριστερά σε διασταύρωση και διαθέτει ειδική λωρίδα αριστερόστροφης κίνησης. Ζητείται να υπολογιστεί η στάθμη εξυπηρέτησης τμηματικά και συνολικά για όλο το μήκος του δρόμου. Από μετρήσεις πεδίου προέκυψαν: 1.) Ταχύτητα ελεύθερης ροής FFS=50 km. 2.) Κύκλος σηματοδότη C=90 s. 3.) Ικανότητα ανά ομάδα λωρίδων=1650 veh/h. 4.) Τύπος άφιξης=AT3. 5.) Περίοδος ανάλυσης=0.25 h. 6.) Κατηγορία οδού=IV. 7.) Αρχική ουρά αναμονής στη διασταύρωση 4=22 οχήματα. Η διαδικασία είναι ίδια με το παράδειγμα 1, απλά εδώ πρέπει να υπολογιστεί η αρχική καθυστέρηση (d3). Τα τυπολόγια και τα βήματα δίνονται στον πίνακα 2-α, όπως παρατίθενται στο εγχειρίδιο HCM 2000 (TRB, 2000).

Πίνακας 2-α:Βήματα και τυπολόγιο παραδείγματος ανάλυσης Σ.Ε. αστικής οδού, παράδειγμα 2 HCM 2000 (TRB, 2000) σελίδα 15-18 .

Πίνακας 4-11, 4-7, 4-8	PF = 1.0, k = 0.50, l = 0.145
2. Find d ₁ (use Equation 4-7) Εξίσωση 4-7	$d_1 = \frac{0.5C \left[\left(1 - \frac{g}{C} \right)^2 \right]}{\left[1 - \left(\frac{g}{C} \right) \min(X, 1.0) \right]}$ $d_1 = \frac{0.5 * 90 \left[(1 - 0.566)^2 \right]}{\left[1 - 0.566(1.0) \right]} = 19.5 \text{ s}$
3. Find d ₂ (use Equation 4-8) Εξίσωση 4-8	$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right]$ $d_2 = 900(0.25) \left[(1.105 - 1) + \sqrt{(1.105 - 1)^2 + \frac{8 * 0.5 * 0.145 * 1.105}{1,650(0.25)}} \right]$ $d_2 = 48.9 \text{ s}$
4. Find d ₃ (refer to Ch. 16) Εξίσωση 4-9	$d_3 = \frac{1,800Q_b(1+u)t}{cT}$ $d_3 = \frac{1,800 * 22 * (1+1) * 0.25}{1,650 * 0.25} = 48.0 \text{ s}$
5. Εξίσωση 4-6	$d = (d_1 * PF) + d_2 + d_3$ $d = (19.5 * 1.0) + 48.9 + 48.0 = 116.4 \text{ s}$
6. Find running time for Εξίσωση, πίνακας 4-13	For FFS = 50 km/h, running time per km = 81.0 s/km $T_R = 81.0 * 0.5 = 40.5 \text{ s}$
7. εξίσωση 4-14	$S_A = \frac{3,600(L)}{T_R + d} = \frac{3,600(0.5)}{40.5 + 116.4} = 11.4 \text{ km/h}$
8. Πίνακας 4-14	LOS F (Segment 4)

9. Determine entire urban street LOS (use Exhibit 15-2).	LOS D
--	-------

Τα αποτελέσματα και οι μετρήσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 2-β, όπως παρατίθεται στο εγχειρίδιο HCM 2000 (TRB, 2000). Το αποτέλεσμα της ανάλυσης είναι Σ.Ε. F, για την τέταρτη διασταύρωση με τον μεγάλο φόρτο αριστερών στροφών και Σ.Ε. D, για την υπόλοιπη οδό.

Πίνακας 2-β: αποτελέσματα ανάλυσης στάθμης εξυπηρέτησης αστικής οδού, παράδειγμα 2 HCM 2000 (TRB,2000), σελίδα 15-19.

URBAN STREET WORKSHEET								
General Information				Site Information				
Analyst	J MYE			Urban Street	Park Ave			
Agency or Company	CEI			Direction of Travel	WB			
Date Performed	5/7/99			Jurisdiction				
Analysis Time Period	PM Peak			Analysis Year	1999			
<input checked="" type="checkbox"/> Operational (LOS) <input type="checkbox"/> Design (v_p) <input type="checkbox"/> Planning (LOS) <input type="checkbox"/> Planning (v_p) Analysis Period, T= 0.25 h								
Input Parameters								
	Segments							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cycle length, C (s)	90	90	90	90	90			
Effective green-to-cycle-length ratio, g/C	0.289	0.566	0.467	0.566	0.600			
v/c ratio for lane group, X	0.822	0.951	0.977	1.05	0.456			
Capacity of lane group, c (veh/h)	1650	1650	1650	1650	1650			
Arrival type, AT	3	3	3	3	3			
Length of segment, L (km)	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3			
Initial queue, Q_0 (veh)	-	-	-	22	-			
Urban street class, SC (Exhibit 10-3)	IV	IV	IV	IV	IV			
Free-flow speed, FFS (km/h) (Exhibit 15-2)	50	50	50	50	50			
Running time, T_R (s) (Exhibit 15-3)	32.4	32.4	32.4	40.5	27.0			
Delay Computation								
Uniform delay, d_1 (s) $d_1 = \frac{0.5C[1-gC]^2}{1-[(gC)/min(X, 1.0)]}$	29.8	18.4	23.5	19.5	9.9			
Signal control adjustment factor, k (Exhibit 15-6)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
Upstream filtering/metering adjustment factor, l (Exhibit 15-7)	10	0.462	0.205	0.145	0.090			
Incremental delay, d_2 (s) $d_2 = 900(X-1) + \sqrt{[(X-1)^2 + \frac{8d_1X}{C}]}$	4.8	7.3	6.0	48.9	0.1			
Initial queue delay, d_3 (s) (Ch. 16 Appendix F)	0.0	0.0	0.0	48.0	0.0			
Progression adjustment factor, PF (Exhibit 15-5)	10	10	10	10	10			
Control delay, d (s) $d = (d_1 * PF) + d_2 + d_3$	34.6	25.7	29.5	116.4	10.0			
Segment LOS Determination								
Segment travel time ST (s) $ST = T_R + d + \text{Other delay}$	67.0	58.1	61.9	157.3	37.0			
Segment travel speed, S_A (km/h) $S_A = \frac{3600}{ST}$	215	24.8	23.3	11.4	29.2			
Segment LOS (Exhibit 15-2)	D	C	C	F	C			
Urban Street LOS Determination								
Total travel time = $\sum ST$	3818 s							
Total length = $\sum L$	2.0 km							
Total travel speed, $S_A = \frac{3600 * \text{Total length}}{\text{Total travel time}}$	18.9 km/h							
Total urban street LOS (Exhibit 15-2)	D							

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3: ΣΕ ΑΣΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ, HCM 2000 (ΚΕΦ. 15-ΣΕΛ. 20)

Στο παράδειγμα 3 του εγχειριδίου εξετάζεται προαστιακή οδός πολλαπλών λωρίδων, δύο κατευθύνσεων με ειδικές λωρίδες αριστερόστροφης κίνησης και 8 σηματοδοτημένες διασταυρώσεις. Ζητείται να υπολογιστεί η στάθμη εξυπηρέτησης τμηματικά και συνολικά για όλη την οδό. Από μετρήσεις πεδίου προκύπτουν:

1. Ταχύτητα ελεύθερης ροής FFS=70 km/h.
2. Περίοδος ανάλυσης=1.00 h.
3. Τα μήκη των τμημάτων και η χρόνοι διαδρομής.
4. Περίπου 3 σηματοδότες ανά χιλιόμετρο.

Στον πίνακα 3-α, παρουσιάζονται τα τυπολόγια και τα βήματα της μεθόδου, όπως παρατίθενται στο εγχειρίδιο HCM 2000 (TRB, 2000).

Πίνακας 3-α: Τυπολόγιο και βήματα για τον υπολογισμό στάθμης εξυπηρέτησης, παράδειγμα 3, εγχειρίδιο HCM 2000 (TRB, 2000), σελίδα 15-20.

1. Πίνακας 4-3	Suburban street—Urban street Class II
2. εξίσωση 4-14	$S_A = \frac{3,600(L)}{ST}$ <p>Segment 1 $S_A = S_A = \frac{3,600(0.30)}{28.3} = 38.2$ km/h</p> <p>Segment 2 $S_A = 46.9$ km/h</p> <p>Segment 3 $S_A = 41.3$ km/h</p> <p>Segment 4 $S_A = 36.7$ km/h</p> <p>Segment 5 $S_A = 29.0$ km/h</p> <p>Segment 6 $S_A = 35.5$ km/h</p> <p>Segment 7 $S_A = 40.9$ km/h</p> <p>Segment 8 $S_A = 38.4$ km/h</p>
3. εξίσωση 4-15	$\sum ST = 252.3$ s $\sum L = 2.6$ km $S_A = \frac{3,600 \sum L}{\sum ST} = \frac{3,600(2.6)}{252.3} = 37.1$ km/h
4. Σ.Ε. από πίνακα 4-14	

Στον πίνακα 3-β, παρουσιάζονται οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα της ανάλυσης της προαστιακής οδού από το παράδειγμα 3 του HCM 2000 (TRB, 2000). Το αποτέλεσμα της ανάλυσης είναι ότι το τμήμα 1, 3, 4, 6, 7 και 8 έχουν στάθμη εξυπηρέτησης C, το τμήμα 2 B και το τμήμα 5, D. Η συνολική στάθμη εξυπηρέτησης της οδού προκύπτει ότι είναι κατηγορίας C.

Πίνακας 3-β: Αποτελέσματα και μετρήσεις για τον υπολογισμό στάθμης εξυπηρέτησης, παράδειγμα 3, εγχειρίδιο HCM 2000 (TRB, 2000), σελίδα 15-21.

URBAN STREET WORKSHEET								
General Information				Site Information				
Analyst	J MYE			Urban Street				
Agency or Company	CEI			Direction of Travel	EB			
Date Performed	5/11/99			Jurisdiction				
Analysis Time Period	PM Peak			Analysis Year	1999			
<input checked="" type="checkbox"/> Operational (LOS) <input type="checkbox"/> Design (v _p) <input type="checkbox"/> Planning (LOS) <input type="checkbox"/> Planning (v _p) Analysis Period, T = 100 h								
Input Parameters								
	Segments							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cycle length, C (s)								
Effective green-to-cycle-length ratio, g/C								
v/c ratio for lane group, X								
Capacity of lane group, c (veh/h)								
Arrival type AT								
Length of segment, L (km)	0.30	0.25	0.25	0.30	0.40	0.40	0.40	0.30
Initial queue, Q _i (veh)	-	-	-	-	-	-	-	-
Urban street class, SC (Exhibit 10-3)	II	II	II	II	II	II	II	II
Free-flow speed, FFS (km/h) (Exhibit 15-2)	70	70	70	70	70	70	70	70
Running time, T _R (s) (Exhibit 15-3)								
Delay Computation								
Uniform delay, d ₁ (s) $d_1 = \frac{0.5C(1-gC)^2}{1-10gCmin(X,1.0)}$								
Signal control adjustment factor, k (Exhibit 15-6)								
Upstream filtering/metering adjustment factor, l (Exhibit 15-7)								
Incremental delay, d ₂ (s) $d_2 = 900 \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{800}{cT}} \right]$								
Initial queue delay, d ₃ (s) (Ch. 16 Appendix F)								
Progression adjustment factor, PF (Exhibit 15-5)								
Control delay, d (s) d = (d ₁ * PF) + d ₂ + d ₃								
Segment LOS Determination								
Segment travel time, ST (s) ST = T _R + d + Other delay	28.3	19.2	218	29.4	49.7	40.6	35.2	28.1
Segment travel speed, S _A (km/h) $S_A = \frac{3600L}{ST}$	38.2	46.9	413	36.7	29.0	35.5	40.9	38.4
Segment LOS (Exhibit 15-2)	C	B	C	C	D	C	C	C
Urban Street LOS Determination								
Total travel time = ΣST	252.3 s							
Total length = ΣL	2.6 km							
Total travel speed, S _A = $\frac{3600 * \text{Total length}}{\text{Total travel time}}$	37.1 km/h							
Total urban street LOS (Exhibit 15-2)	C							

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4: Σ.Ε. ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗΣ, HCM 2000 (ΚΕΦ. 16- ΣΕΛ. 38)

Στο παράδειγμα 1 του υπολογισμού Σ.Ε. διασταύρωσης εξετάζεται διασταύρωση λεωφόρου (NB/SB) και κεντρικού δρόμου (EB/WB) στο κέντρο εμπορικής ζώνης (CBD) μιας μικρής αστικής περιοχής. Ζητείται να υπολογιστεί η καθυστέρηση και η στάθμη εξυπηρέτησης της ώρας αιχμής. Η διαδικασία αποτελείται από 8 βήματα που δίνονται στον πίνακα 4-α, όπως παρατίθενται στο εγχειρίδιο HCM 2000 (TRB, 2000). Τα δεδομένα του προβλήματος είναι: Α.) (EB/WB) ποσοστό βαρέων οχημάτων HV=5%. Β.) (NB/SB) HV=8%.Γ.) συντελεστής ωριαίας αιχμής (PHF)=0.90. Δ.) (NB/SB) πράσινο φάση σηματοδότη =36 s. Ε.) (EB/WB) πράσινο φάση σηματοδότη =26 s. Ζ.) Πορτοκαλί φάση σηματοδότη=4 s. Η.) Η λεωφόρος έχει 2 λωρίδες κυκλοφορίας, μια ανά κατεύθυνση. Θ.) Η κεντρική οδός έχει 4 λωρίδες κυκλοφορίας, δύο ανά κατεύθυνση. Ι.) Δεν υπάρχει χώρος στάθμευσης στην διασταύρωση. Κ.) Οι πεζοί προς διέλευση=100 p/h (από όλες τις κατευθύνσεις). Λ.) Οι ποδηλάτες=20 bicycles/h (από όλες τις κατευθύνσεις). Μ.) Χαμένος χρόνος μετακίνησης=4 s. Ν.) Επίπεδο έδαφος.

Πίνακας 4-α: βήματα και τυπολόγιο ανάλυσης καθυστέρησης και Σ.Ε. ωριαίας αιχμής σε διασταύρωση λεωφόρου και κεντρικής οδού, παράδειγμα 1, HCM 2000 (TRB, 2000) σελίδα 16-(38, 39, 40).

1. Pedestrians/cycle.	$100 \frac{p}{h} * \frac{1h}{3,600 s} * 70 s = 1.944 p$
2. Minimum effective green time required for pedestrians (use Equation 16-2).	$G_p = 3.2 + \frac{L}{1.2} + 0.27N_{ped}$ $G_p (Main) = 3.2 + \frac{9.0}{1.2} + 0.27(1.944) = 11.2 s$ $G_p (Third) = 3.2 + \frac{13.2}{1.2} + 0.27(1.944) = 14.7 s$
3. Compare minimum effective green time required for pedestrians with actual effective green.	$G_p (Main) = 26 s$, which is >11.2 s $G_p (Third) = 36 s$, which is >14.7 s
4. Proportions of left and right turns.	Proportions of left- and right-turn traffic are found by dividing the appropriate turning volumes by the total lane group volume. $P_{LT}(EB) = \frac{65}{65 + 620 + 35} = 0.090$
5. Lane width adjustment factor (use Exhibit 16-7).	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$ $f_w (EB) = 1 + \frac{(3.3 - 3.6)}{9} = 0.967$
6. Heavy-vehicle adjustment factor (use Exhibit 16-7).	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \% HV(E_T - 1)}$ $f_{HV}(EB) = \frac{100}{100 + 5(2.0 - 1)} = 0.952$

7. Percent grade adjustment factor (use Exhibit 16-7).	0% grade, $f_g = 1.000$
8. Parking adjustment factor (use Exhibit 16-7).	No parking maneuvers, $f_p = 1.000$
9. Bus blockage adjustment factor (use Exhibit 16-7).	No buses stopping, $f_{bb} = 1.000$
10. Area type adjustment factor (use Exhibit 16-7).	For CBD, $f_a = 0.900$
11. Lane utilization adjustment factor (use Exhibit 16-7).	Refer to Exhibit 10-23. This factor is applied to establish the conditions in the worst lane within each lane group. Otherwise, the results would reflect the average of all lanes of the defined lane groups. Use $f_{LU} = 0.950$ for EB and WB approaches, and $f_{LU} = 1.000$ for NB and SB approaches.
12. Left-turn adjustment factor.	The left turn is permitted, hence a special procedure is needed. The EB and WB left turns are opposed by multilane approaches. The supplemental worksheet for multilane approaches is used. The NB and SB left turns are opposed by single-lane approaches. The supplemental worksheet for a single-lane approach is used.
13. Right-turn adjustment factor (use Exhibit 16-7).	For NB and SB single-lane approaches: $f_{RT} = 1.0 - 0.135P_{RT}$ For EB and WB shared-lane approaches: $f_{RT} = 1.0 - 0.150P_{RT}$
14. Left-turn pedestrian/bicycle adjustment factor.	Supplemental worksheet for pedestrian-bicycle effects is used.
15. Right-turn pedestrian/bicycle adjustment factor.	Supplemental worksheet for pedestrian-bicycle effects is used.
16. Saturation flow.	$s = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{LU} f_a f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$ $s(\text{EB}) = 1900 * 2 * 0.967 * 0.952 * 1.000 * 1.000 * 1.000 * 0.900 * 0.950 * 0.716 * 0.993 * 0.997 * 0.992 = 2103 \text{ veh/h}$
17. Lane group capacity.	$c = s(g/C)$ $c(\text{EB}) = 2103(0.371) = 780 \text{ veh/h}$
18. v/c ratio.	$v/c(\text{EB}) = \frac{800}{780} = 1.026$
19. Determine critical lane group in each timing phase.	The lane group with the highest v/c ratio in a phase is considered the critical lane group. In this case, EB and SB lane groups are critical in Phases 1 and 2, respectively.
20. Flow ratio of critical lane groups.	$v/s(\text{EB}) = \frac{800}{2103} = 0.380$ $v/s(\text{SB}) = \frac{667}{1625} = 0.410$
21. Sum of critical flow ratios.	$Y_c = 0.380 + 0.410 = 0.790$

22. Critical flow rate to capacity ratio.	$X_c = \frac{Y_c \cdot C}{C - L}$ $X_c = \frac{0.790(70.0)}{70.0 - 8} = 0.892$
23. Uniform delay.	$d_1 = \frac{0.50C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$ $d_1(\text{EB}) = \frac{0.50(70.0)(1 - 0.371)^2}{1 - 0.371(1.0)} = 22.015 \text{ s/veh}$
24. Incremental delay.	$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(\dots)} \right]$ $d_2(\text{EB}) = 900(0.25) \left[(1.026 - 1) + \sqrt{(\dots)} \right] = 39.011 \text{ s/veh}$
25. Progression adjustment factor (use Exhibit 16-12).	PF (EB) = 0.926
26. Lane group delay.	$d = d_1 \text{PF} + d_2 + d_3$ $d(\text{EB}) = 22.015(0.926) + 39.011 + 0 = 59.4 \text{ s/veh}$
27. Intersection delay.	$d_i = \frac{\sum (d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ $d_i = \frac{(59.4 \cdot 800) + (31.0 \cdot 833) + (14.4 \cdot 466) + (21.9 \cdot 667)}{(800 + 833 + 466 + 667)}$ $= 34.2 \text{ s/veh}$
28. LOS by lane group, approach, and intersection.	LOS (EB lane group) = E LOS (EB approach) = E LOS Intersection = C

Στους πίνακες 4-β, 4-γ, 4-δ, 4-ε, 4-στ, 4-ζ, παρουσιάζονται τα φύλλα εργασίας της ανάλυσης, όπως παρατίθενται από το εγχειρίδιο HCM 2000 (TRB, 2000) στο παράδειγμα 1 των διασταυρώσεων, σελίδα 16-(43, 44, 45, 46, 47).

Πίνακας 4-β: Φύλλο εργασίας με τα δεδομένα της ανάλυσης καθυστέρησης και Σ.Ε. ωριαίας αιχμής σε διασταύρωση λεωφόρου και κεντρικής οδού, παράδειγμα 1, HCM 2000 (TRB, 2000), σελίδα 16-42.

INPUT WORKSHEET												
General Information						Site Information						
Analyst	W.L.					Intersection	Third Avenue/Main Street					
Agency or Company	CEI					Area Type	<input checked="" type="checkbox"/> CBD			<input type="checkbox"/> Other		
Date Performed	4/12/99					Jurisdiction						
Analysis Time Period	4-6 PM					Analysis Year	1999					
Intersection Geometry												
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume V (veh/h)	65	620	35	30	700	20	30	370	20	40	500	50
% heavy vehicles, % HV	5	5	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8
Peak-hour factor, PHF	0.90			0.90			0.90			0.90		
Prefixed (P) or adjusted (A)	P			P			P			P		
Start-up lost time, l_1 (s)												
Extension of effective green time e (s)												
Arrival type AT	4			2			3			3		
Approach pedestrian volume ² v_{ped} (p/h)	0			0			0			0		
Approach bicycle volume ² v_{bicy} (bicydes/h)	20			20			20			20		
Parking (Y or N)	N			N			N			N		
Parking maneuvers, N_p (maneuvers/h)	0			0			0			0		
Bus stopping, N_b (buses/h)	0			0			0			0		
Min. timing for pedestrians, ³ G_p (s)	11.2			11.2			11.7			11.7		
Signal Phasing Plan												
D I A G R A M	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8				
Timing	G=26.0 Y=4.0	G=36.0 Y=4.0	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=	G= Y=				
	Prohibited turns		Permitted turns			Pedestrian			Cycle length C = 70.0 s			
Notes												
1. RT volumes, as shown, exclude RTOR												
2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach												
3. Refer to Equation 16-2												

Πίνακας 4-γ: Φύλλο εργασίας με συντελεστές φόρτου και κορεσμού της ροής της ανάλυσης καθυστέρησης και Σ.Ε. ωριαίας αιχμής σε διασταύρωση λεωφόρου και κεντρικής οδού, παράδειγμα 1, HCM 2000 (TRB, 2000), σελίδα 16-43.

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET												
General Information												
Project Description: Example Problem 1												
Volume Adjustment												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Volume V (veh/h)	65	620	35	30	700	20	30	370	20	40	510	50
Peak-hour factor, PHF	0.90			0.90			0.90			0.90		
Adjusted flowrate, $v_s = V/PHF$ (veh/h)	72	689	39	33	778	22	33	411	22	44	567	56
Lane group												
Adjusted flowrate in lane group, v (veh/h)	800			833			466			667		
Proportion ¹ of LT or RT (P_{LT} or P_{RT})	0.090	-	0.049	0.040	-	0.027	0.071	-	0.048	0.067	-	0.083
Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine adjustment factors)												
Base saturation flow, s_b (pc/h/ln)	1900			1900			1900			1900		
Number of lanes, N	2			2			1			1		
Lane width adjustment factor, f_w	0.967			0.967			1.000			1.000		
Heavy-vehicle adjustment factor, f_{HV}	0.952			0.952			0.926			0.926		
Grade adjustment factor, f_g	1.000			1.000			1.000			1.000		
Parking adjustment factor, f_p	1.000			1.000			1.000			1.000		
Bus blockage adjustment factor, f_{bb}	1.000			1.000			1.000			1.000		
Area type adjustment factor, f_a	0.900			0.900			0.900			0.900		
Lane utilization adjustment factor, f_{LU}	0.950			0.950			1.000			1.000		
Left-turn adjustment factor, f_{LT}	0.715			0.901			0.937			0.951		
Right-turn adjustment factor, f_{RT}	0.993			0.996			0.994			0.989		
Left-turn pedbike adjustment factor, f_{LTpb}	0.997			0.998			0.999			0.998		
Right-turn pedbike adjustment factor, f_{RTpb}	0.992			0.995			0.996			0.994		
Adjusted saturation flow, s (veh/h) $s = s_b \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{LTpb} \cdot f_{RTpb}$	2103			2665			1511			1525		
Notes												
1. $P_{LT} = 1.000$ for exclusive left-turn lanes, and $P_{RT} = 1.000$ for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.												

Πίνακας 4-δ: Φύλλο εργασίας για τις επιτρεπόμενες αριστερόστροφες κινήσεις που είναι αντίθετες από την προσέγγιση μονής λωρίδας, από την ανάλυση καθυστέρησης και Σ.Ε. ωριαίας αιχμής σε διασταύρωση λεωφόρου και κεντρικής οδού, παράδειγμα 1, HCM 2000 (TRB, 2000), σελίδα 16-44.

SUPPLEMENTAL WORKSHEET FOR PERMITTED LEFT TURNS OPPOSED BY SINGLE-LANE APPROACH				
General Information				
Project Description <i>Example Problem 1</i>				
Input				
	EB	WB	NB	SB
Cycle length, C (s)	70.0			
Total actual green time for LT lane group, ¹ G(s)			36.0	36.0
Effective permitted green time for LT lane group, ¹ g (s)			36.0	36.0
Opposing effective green time, g _o (s)			36.0	36.0
Number of lanes in LT lane group, ² N			1	1
Adjusted LT flow rate, v _L (veh/h)			33	44
Proportion of LT volume in LT lane group, P _L			0.071	0.067
Proportion of LT volume in opposing flow, P _{LT}			0.067	0.071
Adjusted flow rate for opposing approach, v _o (veh/h)			667	466
Lost time for LT lane group, t _L			4	4
Computation				
LT volume per cycle, LTC = v _L C/3600			0.642	0.856
Opposing flow per lane, per cycle, v _{oL} = v _o C/3600 (veh/C/n)			2.969	9.061
Opposing platoon ratio, R _{oL} (refer to Exhibit 16-11)			100	100
$g_1 = C[e^{-0.86(LTC/C)}] - t_L$ (except exclusive left-turn lanes) ³ $g_1 \leq g$			11.779	12.505
Opposing queue ratio, q _o = max[1 - R _{oL} (g _o /C), 0]			0.486	0.486
$g_2 = 4.943v_{oL}^{0.762}q_o^{1.061} - t_L$ $g_2 \leq g$			12.201	8.328
$g_u = g - g_1$ if $g_1 \geq g$, σ $g_u = g - g_2$ if $g_2 < g_1$			21.221	23.495
$n = \max[(g_1 - g)/2, 0]$			0	0
$P_{LT} = 1 - P_{LT}$			0.933	0.929
E ₁ (refer to Exhibit C16-3)			2.7	2.2
$E_{1,2} = \max[(1 - P_{LT})/P_{LT}, 1.0]$			10	10
$f_{min} = 2(1 + P_{LT})/g$			0.060	0.059
$g_{adj} = \max[g_1 - g, 0]$ (except when left-turn volume is 0) ⁴			0	0
$f_{LT} = f_{min} = [g/g] \left\{ \frac{g/g}{1 + P_{LT}(E_{1,2} - 1)} + \left[\frac{g_{adj}/g}{1 + P_{LT}(E_{1,2} - 1)} \right] \right\}$ ($f_{min} \leq f_{LT} \leq 1.00$)			0.937	0.951
Notes				
1. Refer to Exhibits C16-4, C16-5, C16-6, C16-7, and C16-8 for case-specific parameters and adjustment factors. 2. For exclusive left-turn lanes, N is equal to the number of exclusive left-turn lanes. For shared left-turn lanes, N is equal to the sum of the shared left-turn, through, and shared right-turn (if one exists) lanes in that approach. 3. For exclusive left-turn lanes, g = 0, and skip the next step. Lost time t _L may not be applicable for protected-permitted case. 4. If the opposing left-turn volume is 0, then g _{adj} = 0.				

Πίνακας 4-ε: Φύλλο εργασίας για τις επιτρεπόμενες αριστερόστροφες κινήσεις που είναι αντίθετες από την προσέγγιση πολλαπλών λωρίδων, από την ανάλυση καθυστέρησης και Σ.Ε. ωριαίας αιχμής σε διασταύρωση λεωφόρου και κεντρικής οδού, παράδειγμα 1, HCM 2000 (TRB, 2000), σελίδα 16-45.

SUPPLEMENTAL WORKSHEET FOR PERMITTED LEFT TURNS OPPOSED BY MULTILANE APPROACH				
General Information				
Project Description <u>Example Problem 1</u>				
Input				
	EB	WB	NB	SB
Cycle length, C (s)	70.0			
Total actual green time for LT lane group ¹ , G (s)	26.0	26.0		
Effective permitted green time for LT lane group ¹ , g (s)	26.0	26.0		
Opposing effective green time, g _o (s)	26.0	26.0		
Number of lanes in LT lane group ² , N	2	2		
Number of lanes in opposing approach, N _o	2	2		
Adjusted LT flowrate, v _{LT} (veh/h)	72	33		
Proportion of LT volume in LT lane group ² , P _{LT}	0.090	0.040		
Adjusted flowrate for opposing approach, v _o (veh/h)	833	800		
Lost time for LT lane group, t _l	4	4		
Computation				
LT volume per cycle, LTC = v _{LT} C/3600	1400	0.642		
Opposing lane utilization factor, f _{LU} (refer to Volume Adjustment and Saturation Flow Rate Worksheet)	0.950	0.950		
Opposing flow per lane, per cycle $v_{oL} = \frac{v_o C}{3600 N_{oL}}$ (veh/C/h)	8.525	8.187		
$g_R = C[e^{-0.882(LTC)^{0.75}}] - t_l$, $g_R \leq g$ (except for exclusive left-turn lanes) ^{1,4}	4.461	9.684		
Opposing platoon ratio, R _{po} (refer to Exhibit 16-11)	0.67	1.33		
Opposing queue ratio, q _o = max[1 - R _{po} (g _o /C), 0]	0.751	0.506		
$g_q = \frac{v_{oL} g_R}{0.5 - [v_{oL}(1 - q_o)/g_o]} - t_l$, $v_{oL}(1 - q_o)/g_o \leq 0.49$ (note case-specific parameters) ¹	11.303	8.027		
$g_u = g - g_q$ if $g_q \geq g$, or $g_u = g - g_R$ if $g_q < g$	14.697	16.35		
E _{L1} (refer to Exhibit C16-3)	3.3	3.2		
$P_L = P_{LT} \left[1 - \frac{0.6 - 1.0}{(g + g_u/E_{L1} + 4.24)} \right]$ (except with multilane subject approach) ⁵	0.268	0.095		
f _{min} = 2(1 + P _L)/g	0.098	0.084		
f _m = [g/g] + [g _o /g] $\left[\frac{1}{1 + P_L(E_{L1} - 1)} \right]$, (f _{min} ≤ f _m ≤ 1.00)	0.521	0.892		
f _{LT} = [f _m + 0.91(N - 1)]/N (except for permitted left turns) ⁶	0.75	0.901		
Notes				
1. Refer to Exhibits C16-4, C16-5, C16-6, C16-7, and C16-8 for case-specific parameters and adjustment factors.				
2. For exclusive left-turn lanes, N is equal to the number of exclusive left-turn lanes. For shared left-turn lanes, N is equal to the sum of the shared left-turn, through, and shared right-turn (if one exists) lanes in that approach.				
3. For exclusive left-turn lanes, P _{LT} = 1.				
4. For exclusive left-turn lanes, g = 0, and skip the next step. Lost time t _l may not be applicable for protected-permitted case.				
5. For a multi-lane subject approach, if P _L ≥ 1 for a left-turn shared lane, then assume it to be a de facto exclusive left-turn lane and redo the calculation.				
6. For permitted left turns with multiple exclusive left-turn lanes f _{LT} = f _m .				

Πίνακας 4-στ: Φύλλο εργασίας για τους πεζούς και τους ποδηλάτες προς διέλευση στις αριστερές και δεξιές στροφές της διασταύρωσης, από την ανάλυση καθυστέρησης και Σ.Ε. ωριαίας αιχμής σε διασταύρωση λεωφόρου και κεντρικής οδού, παράδειγμα 1, HCM 2000 (TRB, 2000), σελίδα 16-46.

SUPPLEMENTAL WORKSHEET FOR PEDESTRIAN-BICYCLE EFFECTS ON PERMITTED LEFT TURNS AND RIGHT TURNS				
General Information				
Project Description <u>Example Problem 1</u>				
Permitted Left Turns				
	EB	WB	NB	SB
Effective pedestrian green time: ^{1,2} g_p (s)	26.0	26.0	36.0	36.0
Conflicting pedestrian volume: ¹ v_{ped} (p/h)	0	0	0	0
$v_{ped} = v_{ped}(C/g_p)$	269	269	194	194
$OCC_{ped} = v_{ped}/2000$ if ($v_{ped} \leq 1000$) or $OCC_{ped} = 0.4 + v_{ped}/10,000$ if ($1000 < v_{ped} \leq 5000$)	0.135	0.135	0.097	0.097
Opposing queue clearing green: ^{3,4} g_b (s)	11.303	8.027	12.201	8.328
Effective pedestrian green consumed by opposing vehicle queue, g/g_b ; if $g_b \geq g_p$, then $f_{pb} = 1.0$	0.435	0.309	0.339	0.231
$OCC_{ped} = OCC_{ped} [1 - 0.5(g/g_b)]$	0.06	0.04	0.081	0.086
Opposing flow rate: ³ v_o (veh/h)	833	800	667	466
$OCC_o = OCC_{ped} [e^{-(5360/v_o)}]$	0.033	0.038	0.032	0.045
Number of cross-street receiving lanes: ¹ N_{rc}	1	1	2	2
Number of turning lanes: ¹ N_{lm}	1	1	1	1
$A_{plf} = 1 - OCC_o$ if $N_{rc} = N_{lm}$ $A_{plf} = 1 - 0.6(OCC_o)$ if $N_{rc} > N_{lm}$	0.967	0.962	0.981	0.973
Proportion of left turns: ⁵ P_L	0.090	0.040	0.071	0.067
Proportion of left turns using protected phase: ⁶ P_{LT}	0	0	0	0
$f_{lth} = 1.0 - P_L(1 - A_{plf})(1 - P_{LT})$	0.997	0.998	0.999	0.998
Permitted Right Turns				
Effective pedestrian green time: ^{1,2} g_p (s)	26.0	26.0	36.0	36.0
Conflicting pedestrian volume: ¹ v_{ped} (p/h)	0	0	0	0
Conflicting bicycle volume: ^{1,7} v_{bic} (bicycles/h)	20	20	20	20
$v_{ped} = v_{ped}(C/g_p)$	269	269	194	194
$OCC_{ped} = v_{ped}/2000$ if ($v_{ped} \leq 1000$), or $OCC_{ped} = 0.4 + v_{ped}/10,000$ if ($1000 < v_{ped} \leq 5000$)	0.135	0.135	0.097	0.097
Effective green: ¹ g (s)	26.0	26.0	36.0	36.0
$v_{bic} = v_{bic}(C/g)$	54	54	39	39
$OCC_{bic} = 0.02 + v_{bic}/2700$	0.040	0.040	0.034	0.034
$OCC_o = OCC_{ped} + OCC_{bic} - (OCC_{ped})(OCC_{bic})$	0.170	0.170	0.128	0.128
Number of cross-street receiving lanes: ¹ N_{rc}	1	1	2	2
Number of turning lanes: ¹ N_{lm}	1	1	1	1
$A_{prf} = 1 - OCC_o$ if $N_{rc} = N_{lm}$ $A_{prf} = 1 - 0.6(OCC_o)$ if $N_{rc} > N_{lm}$	0.830	0.830	0.923	0.923
Proportion of right turns: ⁵ P_R	0.049	0.027	0.048	0.083
Proportion of right turns using protected phase: ⁶ P_{RT}	0	0	0	0
$f_{rth} = 1.0 - P_R(1 - A_{prf})(1 - P_{RT})$	0.992	0.995	0.996	0.994
Notes				
1. Refer to Input Worksheet.		5. Refer to Volume Adjustment and Saturation Flow Rate Worksheet.		
2. If intersection signal timing is given use Walk + Flashing Don't Walk (use G + Y if no pedestrian signals). If signal timing must be estimated, use (Green Time - Lost Time per Phase) from Quick Estimation Control Delay and LOS Worksheet.		6. f_{lth} is determined from field data; alternatively, assume it equal to $(1 - \text{permitted phase } f_{lth}) \times 0.95$.		
3. Refer to supplemental worksheets for left turns.		7. If $v_{bic} = 0$ then $v_{bic} = 0$, $OCC_{bic} = 0$, and $OCC_o = OCC_{ped}$.		
4. If unopposed left turn, then $g = 0$, $v_o = 0$, and $OCC_o = OCC_{ped} = OCC_{ped}$.		8. P_{LT} is the proportion of protected green over the total green $g_{ped}/(g_{ped} + g_{bic})$. If only permitted right-turn phase exists, then $P_{RT} = 0$.		

Πίνακας 4-ζ: Αποτελέσματα υπολογισμού της ικανότητας και της στάθμης εξυπηρέτησης σε διασταύρωση λεωφόρου και κεντρικής οδού, παράδειγμα 1, HCM 2000 (TRB, 2000), σελίδα 16-47.

CAPACITY AND LOS WORKSHEET										
General information										
Project Description <u>Example Problem 1</u>										
Capacity Analysis										
Phase number	1	1	2	2						
Phase type	P	P	P	P						
Lane group										
Adjusted flow rate, v (veh/h)	800	833	466	667						
Saturation flow rate, s (veh/h)	2103	2665	1514	1525						
Lost time, l (s), $l_i = l_i + Y - e$	4	4	4	4						
Effective green time, g (s), $g = G + Y - l_i$	26.0	26.0	36.0	36.0						
Green ratio, g/C	0.371	0.371	0.514	0.514						
Lane group capacity, ¹ c = s(g/C), (veh/h)	780	989	830	835						
v/c ratio, X	1026	0.842	0.561	0.799						
Flow ratio, v/s	0.380			0.411						
Critical lane group/phase (λ)	√			√						
Sum of flow ratios for critical lane groups, Y_c $Y_c = \sum (\text{critical lane groups, } v/s)$					0.790					
Total lost time per cycle, L (s)					8					
Critical flow rate to capacity ratio, X_c $X_c = (Y_c)(C)/(C - L)$					0.892					
Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination										
	EB	WB	NB	SB						
Lane group										
Adjusted flow rate ² v (veh/h)	800	833	466	667						
Lane group capacity, ² c (veh/h)	780	989	830	835						
v/c ratio, ² X = v/c	1026	0.842	0.561	0.799						
Total green ratio, ² g/C	0.371	0.371	0.514	0.514						
Uniform delay, $d_1 = \frac{0.50 C(1 - (g/C)^2)}{1 - \min(1, X)(g/C)}$ (s/veh)	22.02	20.38	11.61	11.028						
Incremental delay calibration, ³ k	0.5	0.5	0.5	0.5						
Incremental delay, ⁴ $d_2 = 900T[(X - 1) \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{360k}{C}}]$ (s/veh)	39.01	8.647	2.734	7.882						
Initial queue delay, d_3 (s/veh) (Appendix F)	0	0	0	0						
Uniform delay, d_4 (s/veh) (Appendix F)										
Progression adjustment factor, PF	0.926	1.000	1.000	1.000						
Delay, $d = d_1(PF) + d_2 + d_3$ (s/veh)	59.4	310	14.4	219						
LOS by lane group (Exhibit 16-2)	E	C	B	C						
Delay by approach, $d_k = \frac{\sum (d_k v)}{\sum v}$ (s/veh)	59.4	310	14.4	219						
LOS by approach (Exhibit 16-2)	F	C	B	C						
Approach flowrate, v_a (veh/h)	800	833	466	667						
Intersection delay, $d_j = \frac{\sum (d_k v_a)}{\sum v_a}$ (s/veh)	34.2				Intersection LOS (Exhibit 16-2)				C	
Notes										
1. For permitted left turns, the minimum capacity is $(1 + P)(3600/C)$.										
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.										
3. For prefiltered or nonactuated signals, $k = 0.5$. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.										
4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min.										
I = upstream filtering/metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections.										

5. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ: ΣΕ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

CASE STUDY: LOS OF “ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΙΤΕΧΝΙΟΥ”

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα πραγματοποιηθεί παραμετρική ανάλυση σε τμήμα αστικής οδού του νομού Θεσσαλίας για τον προσδιορισμό του επιπέδου εξυπηρέτησης της υποδομής. Η ανάλυση θα λάβει χώρα στην πόλη της Λάρισας, το οδικό δίκτυο της οποίας παρουσιάζεται στην εικόνα 5-1. Η μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της στάθμης εξυπηρέτησης προκύπτει από το εγχειρίδιο Highway capacity manual 2000 (Transportation Research Board, Washington D.C., 2000) και έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 4.



Εικόνα 5-1: Οδικό δίκτυο στην πόλη της Λάρισας.

http://www.larissa-dimos.gr/images/dataold/pdf/Parousiasi_KIN.pdf

5.1 ΟΔΟΣ ΗΡΩΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ “HROON POLITECHNIΟΥ” STREET

Το υπό εξέταση τμήμα της αστικής οδού το οποίο θα αναλυθεί για να προκύψει η στάθμη της εξυπηρέτησης βρίσκεται στην οδό Ηρώων Πολυτεχνείου από τον ισόπεδο κόμβο της οδού 23^{ης} Οκτωβρίου μέχρι τον ισόπεδο κόμβο της οδού Παναγούλη. Η μελέτη θα πραγματοποιηθεί για τις λωρίδες κυκλοφορίας μιας κατεύθυνσης, με κατεύθυνση δυτικά προς την πόλη των Τρικάλων. Η οδός Ηρώων Πολυτεχνείου δημιουργεί έναν εσωτερικό δακτύλιο του κέντρου της πόλης (ανήκει στην Ε65 και την Ε03), αποτελεί δευτερεύουσα αρτηρία του οδικού δικτύου της πόλης της Λάρισας, δύο κατευθύνσεων με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση και διαχωριστική νησίδα στην μέση. Με βάση τα λειτουργικά και σχεδιαστικά της χαρακτηριστικά εντάσσεται στην κατηγορία IV, αστική οδός του εγχειριδίου HCM 2000 και την κατηγορία Γ του Ελληνικού ΟΜΟΕ. Τα όρια ταχύτητας της οδού είναι τα 40 με 55 χιλιόμετρα ανά ώρα ενώ η προκαθορισμένη τιμή της ταχύτητας ελεύθερης ροής, FFS κυμαίνεται στα 45 χιλιόμετρα την ώρα. Στον πίνακα 5-1 παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και σχεδιασμού του υπό μελέτη τμήματος.

Πίνακας 5-1: Χαρακτηριστικά λειτουργίας και σχεδιασμού του υπό μελέτη τμήματος της οδού Ηρώων Πολυτεχνείου με βάση τον πίνακα του HCM 2000 (βλέπε κεφάλαιο 4, πίνακας 4-3).

Χαρακτηριστικά λειτουργίας	
Προσβασιμότητα	Καλή
Κινητικότητα	Σημαντική
Χρήση υποδομής	Ενώνει τις συλλεκτήριες οδούς με τις κύριες αρτηρίες, δευτερεύουσα αρτηρία.
Χαρακτηριστικά σχεδιασμού	
Τύπος αρτηρίας	2 κατευθύνσεις, πολλαπλών λωρίδων με διαχωριστικό
θέσεις στάθμευσης	Πολλές
Ειδικές λωρίδες αριστερής κίνησης	Συχνή
Όριο ταχύτητας	40-55 (km/h)
Πυκνότητα	Υψηλή
Κίνηση πεζών	Μέτρια έως συχνή
Ταχύτητα ελεύθερης ροής	Προεπιλεγμένη τιμή = 45 (km/h)
Κατηγορία οδικού τμήματος	
IV (ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟΣ)	

Για τον υπολογισμό της στάθμης εξυπηρέτησης του υπό ανάλυση οδικού τμήματος απαιτείται ο περαιτέρω διαχωρισμός της οδού σε επιμέρους τμήματα. Ο διαχωρισμός θα γίνει σε τμήματα ανά διασταύρωση όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 5-2.

Πίνακας 5-2: Διαχωρισμός της οδού Ηρώων Πολυτεχνείου σε επιμέρους υπό ανάλυση τμήματα ανά ισόπεδο σηματοδοτημένο κόμβο, (δορυφορικός Φώτο χάρτης από την εφαρμογή Google Earth).

<p>Τμήμα 1 23^{ης} Οκτωβρίου-Υψηλάντου Μήκος τμήματος: 0,26 km Σηματοδότης: προ-μετρημένος, $g/C=0,529$ Επιτρεπόμενη κίνηση: ευθεία αριστερά</p> <p>Ειδικές λωρίδες: ναι</p>	
<p>Τμήμα 2 Υψηλάντου-Κολοκοτρώνη Μήκος τμήματος: 0,39 km Σηματοδότης: προ-μετρημένος, $g/C=0,629$ Επιτρεπόμενη κίνηση: ευθεία αριστερά δεξιά</p> <p>Ειδικές λωρίδες: ναι αριστερά</p>	
<p>Τμήμα 3 Κολοκοτρώνη-28^{ης} Οκτωβρίου Μήκος τμήματος: 0,073 km Σηματοδότης: προ-μετρημένος, $g/C=0,543$ Επιτρεπόμενη κίνηση: ευθεία</p> <p>Ειδικές λωρίδες: όχι</p>	
<p>Τμήμα 4 28^{ης} Οκτωβρίου-Ιάσονος Μήκος τμήματος: 0,1 km Σηματοδότης: με πλήκτρο, $g/C=0,982$ (κατά προσέγγιση) Επιτρεπόμενη κίνηση: ευθεία</p> <p>Ειδικές λωρίδες: όχι (διάβαση λόγω εκπαιδευτικού ιδρύματος)</p>	
<p>Τμήμα 5 Ιάσονος-Παναγούλη Μήκος τμήματος: 0,15 km Σηματοδότης: προ-μετρημένος, $g/C=0,243$ Επιτρεπόμενη κίνηση: ευθεία αριστερά δεξιά</p> <p>Ειδικές λωρίδες: ναι αριστερά</p>	

5.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΙΣΟΔΟΥ INPUT PARAMETERS

Στην ενότητα 5.2. παρουσιάζεται αρχικά ο πίνακας 5-3 με το γλωσσάριο όπου επεξηγούνται οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της στάθμης εξυπηρέτησης στο τμήμα της οδού Ηρώων πολυτεχνείου.

Πίνακας 5-3: Γλωσσάριο παραμέτρων.

C	Περίοδος σηματοδότησης (s)
g	Πραγματικός πράσινος χρόνος (s)
g/C	Αποτελεσματικός πράσινος χρόνος
X	Βαθμός κορεσμού, v/c
c	Ικανότητα για ομάδα λωρίδων (veh/h)
AT	Τύπος άφιξης (AT)
L	Μήκος τμήματος (km)
Q_b	Αρχική ουρά (veh)
SC	Κατηγορία αστικής οδού
FFS	Ταχύτητα ελεύθερης ροής (km/h)
T_R	Χρόνος κίνησης (s/km)
T_{Ri}	Χρόνος κίνησης κατά μήκος τμήμα (s)
PHF	ΣΩΑ, συντελεστής ωριαίας αιχμής
V	Βασικός κυκλοφοριακός φόρτος ανά ώρα
N	Αριθμός λωρίδων
s	Προσαρμοσμένη ροή κορεσμού /λωρίδα
s_o	Βασική κορεσμένη ροή / λωρίδα
F_w	Συντελεστής πλάτους λωρίδας
w	Πλάτος λωρίδας
F_{hv}	Συντελεστής βαρέων οχημάτων
HV	Ποσοστό βαρέων οχημάτων
E_t	Ισοδύναμα επιβατικά αυτοκίνητα
F_g	Συντελεστής προσέγγισης
G%	Βαθμός προσέγγισης (κατήφορος-ανηφόρα)
F_p	Συντελεστής θέσεων στάθμευσης
N_m	Αριθμός θέσεων στάθμευσης
F_{bb}	Συντελεστής στάσεων λεωφορείων
N_b	Αριθμός στάσεων λεωφορείου
F_a	Συντελεστής περιοχής
F_{lu}	Συντελεστής χρήσης λωρίδας
F_{lt}	Συντελεστής αριστερών στροφών
P_{lt} (%)	Ποσοστό αριστερών στροφών
F_{rt}	Συντελεστής δεξιών στροφών
P_{rt} %	Ποσοστό δεξιών στροφών
F_{lpb}	Συντελεστής αριστερόστροφης κίνησης πεζών-ποδηλάτων
F_{rpb}	Συντελεστής δεξιόστροφης κίνησης πεζών-ποδηλάτων
d₁	Ομοιόμορφη καθυστέρηση (s)
k	Συντελεστής προσαρμογής
I	Συντελεστής προσαρμογής λόγω επίδρασης των ανάντη κόμβων στην άφιξη

	των οχημάτων
d₂	Βαθμιαία καθυστέρηση (s)
PF	Προοδευτικός συντελεστής προσαρμογής
d₃	Καθυστέρηση αρχικής ουράς (s)
d	Καθυστέρηση ελέγχου (s)
P	Ποσοστό των οχημάτων που εισέρχονται κατά την διάρκεια του πράσινου
R_p	Ρυθμός άφιξης
F_{pa}	συμπληρωματικός συντελεστής προσαρμογής σύμφωνα με τον τύπο άφιξης.
T	Περίοδος ανάλυσης
u	Ειδική μεταβλητή καθυστέρησης
t	Χρόνος από πλήρωσης της ουράς αναμονής
S_T	Χρόνος διαδρομής (s)
S_A	Ταχύτητα διαδρομής (km/h)
LOS	Στάθμη εξυπηρέτησης

Αφού γίνει ο διαχωρισμός της οδού σε επιμέρους τμήματα, έπειτα αυτά πρέπει να μετρηθούν. Η μέτρηση του συνόλου καθώς και των επιμέρους τμημάτων πραγματοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής Google earth. Το ρεύμα κυκλοφορίας που εξετάζεται διαθέτει 2 λωρίδες κυκλοφορίας και στις διασταυρώσεις του τμήματος 1,2 και 5 διαθέτει ειδικές λωρίδες αριστερής κίνησης.

Έπειτα μετρήθηκε ο κύκλος σηματοδότησης για κάθε φανάρι. Ο κύκλος είναι σταθερός σε 70s για όλες τις διασταυρώσεις εκτός από τον σηματοδότη επί της πεζοδιάβασης στην οδό Ιάσονος, όπου λειτουργεί με πλήκτρο, όπως φαίνεται και στον πίνακα 5-2. Κατά τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για να υπολογιστεί ο κυκλοφοριακός φόρτος του τμήματος το φανάρι χρησιμοποιήθηκε κατά μέσο όρο 3-4 φορές στην ώρα, γι' αυτό στον πίνακα 5-4 παρουσιάζεται σταθερά ίδιος ο κύκλος σηματοδότησης και σχεδόν ίδιος ο χρόνος της πράσινης φάσης, κάνοντας αναγωγή. Ο πραγματικός πράσινος χρόνος των οχημάτων παρουσιάζει την μέγιστη τιμή του στο τμήμα 4 και την ελάχιστη στο τμήμα 5.

Η πυκνότητα της σήμανσης καθώς και τα υπόλοιπα σχεδιαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της οδού, υπέδειξαν και την κατηγορία στην οποία ανήκει η οδός με βάση τις κατηγορίες του εγχειριδίου HCM 2000.

Οι αφίξεις των οχημάτων για τα πρώτα τρία τμήματα είναι πολύ ευνοϊκές με τους σηματοδότες να συγχρονίζονται ικανοποιητικά με την κυκλοφοριακή ροή των οχημάτων. Στο τέταρτο τμήμα ο σηματοδότης δεν ενεργοποιεί σχεδόν ποτέ την κόκκινη φάση με αποτέλεσμα να θεωρείται σχεδόν μη διακοπτόμενο τμήμα του τμήματος 3 και 5. Στο τμήμα 5 τα περισσότερα οχήματα καταφθάνουν στην διασταύρωση κατά την κόκκινη φάση σε πυκνές φάλαγγες. Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα που περιγράφονται πιο πάνω παρουσιάζονται στον πίνακα 5-4.

Πίνακας 5-4: Παράμετροι εισόδου για την φωτεινή σηματοδότηση.

Παράμ.	Τμήματα 1	Τμήματα 2	Τμήματα 3	Τμήματα 4	Τμήματα 5	Πηγή
C (s)	70	70	70	70	70	Μέτρηση πεδίου
g (s)	37	44	38	68,75	17	Μέτρηση πεδίου
g/C	0,529	0,629	0,543	0,982	0,243	
L (km)	0,26	0,39	0,073	0,1	0,15	Μέτρηση πεδίου
SC	IV	IV	IV	IV	IV	Π:4-3
AT	5	5	5	6	1	Π:4-10
FFS _(km/h)	45	45	45	45	45	Π:4-3
N	2	2	2	2	2	Μέτρηση πεδίου
T _R (s/km)	99	81	129	129	99	Π:4-13
T _{Ri}	25,74	31,59	9,417	12,9	14,85	εξ:4-17

Για τον υπολογισμό του κυκλοφοριακού φόρτου και της ικανότητας της οδού υπολογίστηκαν οι παράμετροι που παρουσιάζονται στον πίνακα 5-5.

Πίνακας 5-5: Παράμετροι εισόδου και αποτελέσματα που σχετίζονται με την κυκλοφοριακή προσφορά και ζήτηση στο τμήμα της οδού Ηρώων Πολυτεχνείου.

Παράμ.	Τμήματα 1	Τμήματα 2	Τμήματα 3	Τμήματα 4	Τμήματα 5	Πηγή
s	1321	1396	1649	1036	958	εξ:4-13
s ₀	1800	1800	1800	1800	1800	Default value
F _w	1	1	1	1	1	Π:4-12.a
w	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	Μέτρηση πεδίου
F _{hv}	0,91	0,99	0,99	0,63	0,63	Π: 4-12.b
HV (%)	0,89	0,28	0,31	1,82	1,82	Μέτρηση πεδίου
E _t	12	4	5	33	33	Μέτρηση πεδίου
F _g	1	1	1	1	1	Π: 4-12.c
G (%)	0	0	0	0	0	Default value
F _p	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	Π: 4-12.d.
N _m	40	47	9	15	22	Μέτρηση πεδίου
F _{bb}	0,998	0,998	1	0,998	0,998	Π: 4-12.e.
N _b	1	1	0	1	1	Μέτρηση πεδίου
F _a	1	1	1	1	1	Π:4-12.f
F _{lu}	1	1	1	1	1	Μέτρηση πεδίου
F _{lt}	0,95	0,95	1	1	0,95	Π: 4-12.h.
P _{lt} (%)	0,13	0,08	0	0	0,25	Μέτρηση πεδίου
F _{rt}	1	0,99	1	1	0,99	Π: 4-12.i.
P _{rt} %	0	0,06	0	0	0,05	Μέτρηση πεδίου
F _{lpb}	1	1	1	1	1	Default value
F _{rpb}	1	1	1	1	1	Default value
PHF	0,87	0,85	0,95	0,97	0,97	εξ:2-1.
V (pc/h)	675	713	636	880	880	Μέτρηση πεδίου
c (veh/h)	1397	1754	1790	2036	466	εξ:4-12
X	0,483	0,406	0,355	0,432	1,890	=v/c

Ο κυκλοφοριακός φόρτος, V (pc/h) στα επιμέρους τμήματα υπολογίστηκε από μετρήσεις πεδίου ανά 15λεπτά με περίοδο ανάλυσης, $T=1$ h. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πρωινές και μεσημεριανές ώρες. Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν στην επίλυση του προβλήματος αποτελούν ένα μέσο όρο κυκλοφοριακού φόρτου για το κάθε τμήμα.

Για τον υπολογισμό της ικανότητας του ρεύματος, c (veh/h) χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση 4-12 για την οποία χρειάστηκε να συνυπολογιστούν αρκετές παράμετροι/συντελεστές προσαρμογής, ώστε να γίνει ακριβέστερη προσομοίωση στις πραγματικές συνθήκες.

Οι συντελεστές προσαρμογής για την κίνηση των πεζών προς την αριστερή και δεξιά κίνηση (F_{lpb} , F_{rpb}) επιλέχθηκαν να είναι μονάδα με βάση το εγχειρίδιο HCM 2000. Και από τις μετρήσεις πεδίου δεν παρατηρήθηκε να επηρεάζουν την κυκλοφοριακή ροή του ρεύματος κατά την περίοδο ανάλυσης.

Τα ποσοστά αριστερόστροφων και δεξιόστροφων κινήσεων (F_{lt} , F_{rt}) των οχημάτων επιλέχθηκαν με βάση τον μέσο όρο των μετρήσεων πεδίου.

Ο συντελεστής προσαρμογής για την χρήση της λωρίδας (F_{lu}) έλαβε την προεπιλεγμένη τιμή του εγχειριδίου HCM 2000.

Ο συντελεστής προσαρμογής για την περιοχή που διανύει η οδός (F_a) έλαβε την προεπιλεγμένη τιμή του εγχειριδίου για την αντίστοιχη περιοχή (βλέπε πίνακα 4-12).

Ο συντελεστής προσαρμογής για τις στάσεις των λεωφορείων (F_{bb}) έλαβε τιμή ανάλογη με τις αντίστοιχες υποδομές στάσεις στα τμήματα της οδού που καταγράφηκαν στις μετρήσεις πεδίου και αποτυπώνονται από την μεταβλητή (N_b).

Ο συντελεστής προσαρμογής παρκαρίσματος (F_p) έλαβε τιμές ανάλογες των τιμών της μεταβλητής (N_m) που καταγράφηκαν στις μετρήσεις πεδίου.

Ο συντελεστής προσέγγισης (F_g) θεωρείται αμέτοχος στον υπολογισμό της ικανότητας του ρεύματος. Το οδικό τμήμα βρίσκεται σε πεδινή έκταση, η οποιαδήποτε μικρή κλίση του τμήματος ήταν αδύνατον να μετρηθεί λόγω έλλειψης εξοπλισμού.

Ο συντελεστής προσαρμογής βαρέων οχημάτων (F_{hv}) έλαβε τιμές μετά τις μετρήσεις πεδίου του κυκλοφοριακού φόρτου και αφού έγινε οι αντιστοίχισή τους με τις ΜΕΑ του πίνακα 2-1. Η περίοδος που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις δεν μπορεί να θεωρηθεί περίοδος τεχνικών έργων. Σε περιόδους που γίνονται αρκετά τεχνικά έργα τα βαρέα οχήματα που διανύουν το τμήμα αυτό είναι πολύ περισσότερα.

Ο συντελεστής πλάτους (F_w) έλαβε τιμές σύμφωνα με το πλάτος της κάθε λωρίδας του ρεύματος. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε από δορυφορικό χάρτη μέσω της εφαρμογής Google earth και είναι ίση με την επιβαλλόμενη κατά τον Ελληνικό ΟΜΟΕ διάσταση των 3,60 m, γι' αυτό δεν φαίνεται να επηρεάζει την κυκλοφοριακή ικανότητα.

5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ESTIMATION OF CONTROL DELAY

Για τον υπολογισμό της καθυστέρησης ελέγχου είναι απαραίτητος ο υπολογισμός των παραμέτρων του πίνακα 5-6.

Πίνακας 5-6: Πίνακας παραμέτρων και αποτελεσμάτων για τον υπολογισμό των καθυστερήσεων λόγω των σηματοδοτημένων διασταυρώσεων.

Παράμ	Τμήματ α 1	Τμήματ α 2	Τμήματ α 3	Τμήματ α 4	Τμήματ α 5	Πηγή
d_1	10,4	6,5	9,1	0,0	37,1	εξ:4-7
k	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	Π:4-7
I	0,87	0,92	0,94	0,90	-4,0	Π:4-8
d_2 (s)	1,05	0,64	0,52	0,61	1569	εξ:4-8
PF	0,25	-0,13	0,21	2,00	1,21	Π:4-11
Q_b	6	4	3	0	6	Μέτρηση πεδίου
d_3 (s)	7,73	4,10	3,02	0,00	46,4	Π:4-9
d (s)	11,41	3,91	5,42	0,65	1660,27	εξ:4-6
P	0,88	1,05	0,90	0,98	0,08	Π:4-11
R_p	1,667	1,667	1,667	1	0,333	Π:4-11
F_{pa}	1	1	1	2	1	Π:4-11
T	1	1	1	1	1	Μέτρηση πεδίου
u	0	0	0	0	1	Π:4-9
t	1	1	1	0	1	Π:4-9
Case d_3	III	III	III	I	V	Π:4-9

Η ομοιόμορφη καθυστέρηση (d_1) προκύπτει από την εξίσωση 4-7. Οι μέγιστη τιμή αυτής (37,1 s) συναντάται στο τμήμα 5 και η ελάχιστη τιμή της (0,0 s) στο τμήμα 4. Αυτό είναι λογικό εφόσον ο πραγματικός πράσινος χρόνος είναι μέγιστος για το τμήμα 4 και ο ελάχιστος για το τμήμα 5.

Ο συντελεστής προσαρμογής (k) έχει πάρει την προεπιλεγμένη τιμή από πίνακα 4-7. Ο συντελεστής (I), λόγω επίδρασης των ανάντη κόμβων στην άφιξη των οχημάτων προκύπτει από την εξίσωση του πίνακα 4-8 και είναι ανάλογος του βαθμού κορεσμού του κάθε τμήματος.

Η βαθμιαία καθυστέρηση (d_2) προκύπτει από την εξίσωση 4-8 μέγιστη τιμή τα 1569 (s) και εδώ συναντάται στο τμήμα 5 και ελάχιστη τα 0,52 (s) στο τμήμα 3.

Ο συντελεστής προσαρμογής (PF) λαμβάνεται με βάση τις μεταβλητές (P), (R_p) και (F_{pa}) όπου προκύπτουν από τον τύπο άφιξης των οχημάτων στις διασταυρώσεις (βλέπε πίνακα 4-10).

Η αρχική ουρά (Q_b) προκύπτει από τον μέσο όρο των μετρήσεων πεδίου. Η ειδική μεταβλητή καθυστέρησης (u) καθώς και ο χρόνος (t) λαμβάνουν τιμή με βάση τον πίνακα 4-9 της παρούσας εργασίας (παράρτημα D στο κεφάλαιο 16 του HCM 2000). Στα πρώτα 3 τμήματα της οδού κατά την έναρξη της περιόδου ανάλυσης υπάρχει ουρά οχημάτων στις σηματοδοτημένες διασταυρώσεις, όμως δεν καταγράφεται σχηματισμός ουράς στο τέλος της περιόδου ανάλυσης, έτσι ανήκουν στην περίπτωση III, έτσι οι μεταβλητές λαμβάνουν εξορισμού τις τιμές του πίνακα 5-6. Στο τμήμα 4 δεν καταγράφεται αρχική ουρά οπότε ανήκει στην περίπτωση I, στην οποία η καθυστέρηση ουράς (d_3) δεν υπάρχει. Το τμήμα 5 ανήκει στην κατηγορία V και οι μεταβλητές λαμβάνουν την τιμή της μονάδας εξορισμού για $T=1h$.

Η καθυστέρηση αρχικής ουράς (d_3) προκύπτει από το παράρτημα A. η μέγιστη τιμή τα 46,4 (s) και εδώ συναντάται στο τμήμα 5 και ελάχιστη ισούται με 0,0 (s) στο τμήμα 4.

Η καθυστέρηση λόγω ελέγχου (d) προκύπτει από την εξίσωση 4-6 και εδώ η μέγιστη τιμή τα 1660,27 (s) συναντάται στο τμήμα 5 και η ελάχιστη τιμή ισούται με 0,65 (s) στο τμήμα 4.

5.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ESTIMATION OF LOS

Αφού γίνει εισαγωγή όλων των συνθηκών σηματοδότησης, κυκλοφορίας και γεωμετρίας, θα υπολογιστεί ο χρόνος διαδρομής (t) από την εξίσωση και κατόπιν η ταχύτητα διαδρομής των οχημάτων για κάθε ένα από τα 5 τμήματα.. από πίνακα 4.4.α. προκύπτει η στάθμη εξυπηρέτησης για κάθε τμήμα. Το τμήμα 1 με ταχύτητα 25,19 (km/h) κατατάσσεται στην κατηγορία C, Το τμήμα 2 με ταχύτητα διαδρομής 39,55 (km/h) κατατάσσεται στην κατηγορία B, το τμήμα 3 με ταχύτητα διαδρομής 17,71 (km/h) στην κατηγορία E, το τμήμα 4 με ταχύτητα διαδρομής 26.57 (km/h) στην κατηγορία C και το τμήμα 5 με ταχύτητα 0,3 (km/h) στην κατηγορία F, όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα 5-7.

Έπειτα υπολογίζεται ο συνολικός χρόνος διαδρομής και η συνολική ταχύτητα διαδρομής και προκύπτει πάλι από πίνακα 4-14 η στάθμη εξυπηρέτησης για όλη την οδό Ηρώων Πολυτεχνείου από τον κόμβο της 23^{ης} Οκτωβρίου έως εκείνο της

Παναγούλη. Η συνολική ταχύτητα διαδρομής για όλο το τμήμα τη οδού είναι πολύ χαμηλή, 2 km/h και έτσι προκύπτει στάθμη εξυπηρέτησης στην κατηγορία F.

Πίνακας 5-7: Πίνακας αποτελεσμάτων για ταχύτητες διαδρομής και στάθμες εξυπηρέτησης.

Παράμετροι	Τμήματα 1	Τμήματα 2	Τμήματα 3	Τμήματα 4	Τμήματα 5	Πηγή
S_T (s)	37	36	15	14	1675	T_{R+d}
S_A (km/h)	25	40	18	27	0,3	εξ:4.3.α.
LOS	C	B	E	C	F	Π:4.4.α.

ΣΕ Αστικής οδού

Συνολική καθυστέρηση ελέγχου	Σd (s)	1682
Συνολικός χρόνος κίνησης	ΣT_R (s)	95
Συνολικός Χρόνος διαδρομής	ΣS_T (s)	1776
Συνολικό μήκος	ΣL (km)	0,973
Συνολική ταχύτητα διαδρομής	ΣS_A (km/h)	2
Συνολική στάθμη εξυπηρέτησης	LOS	F

5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ CONCLUSIONS

Το καλύτερο επίπεδο εξυπηρέτησης το παρέχει το τμήμα 2 από τον κόμβο της Υψηλάντου έως τον κόμβο της Κολοκοτρώνη παρέχοντας μία ταχύτητα διαδρομής κοντά σε εκείνη της ελεύθερης ροής (40 km/h). Φαίνεται πως τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του τμήματος καθώς και οι συνθήκες σηματοδότησης πλησιάζουν τις ιδανικές κυκλοφοριακές συνθήκες σε σχέση με την κυκλοφοριακή ζήτηση.

Τα τμήματα 1,3,4 έχουν σχετικά ικανοποιητικό επίπεδο εξυπηρέτησης, στο τμήμα δύο θα μπορούσαν να βελτιωθούν κάποιες παράμετροι ώστε να ανέβει από κατηγορία E σε κατηγορία C.

Την χειρότερη απόδοση παρουσιάζει το τμήμα 5 από τον σηματοδότη της οδού Ιάσονος έως την κόμβο της οδού Παναγούλη με ταχύτητα διαδρομής <15 km/h οπότε κατατάσσεται στην κατηγορία F, δηλαδή έχει μεγάλες καθυστερήσεις και δημιουργείτε συμφόρηση (ουρές αναμονής) σε ώρες αιχμής.

Το συνολικό επίπεδο εξυπηρέτησης της οδού δεν ξεπερνά τα 2 km/h κατατάσσοντας ολόκληρο το τμήμα στην χειρότερη κατηγορία εξυπηρέτησης. Οι συμφόρηση στο τμήμα 5 της οδού είναι πολύ μεγάλη και οι καθυστερήσεις των οχημάτων για να

διανύσουν και να ξεπεράσουν τον κόμβο 5 τέτοιες (~28 min) ώστε η εξυπηρέτηση της οδού στο σύνολο να είναι κακή. Η διαφορά στις καθυστερήσεις με τα άλλα τμήματα είναι τεράστια. Το τελευταίο τμήμα της οδού απαιτεί βελτιστοποίηση ώστε να αλλάξει η στάθμη εξυπηρέτησης και να πιάσει την κατηγορία C ή την κατηγορία D.

5.6 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ SUGGESTIONS FOR IMPROVEMENT

Ολόκληρο το οδικό τμήμα μπορεί να βελτιωθεί ώστε να παρέχεται καλύτερη εξυπηρέτηση στα οχήματα, όμως τις περισσότερες λειτουργικές και σχεδιαστικές αλλαγές επιδέχεται το τμήμα 5, όπου αν βελτιωθεί αρκετά θα ανεβάσει άμεσα κατηγορία εξυπηρέτησης σε όλο το τμήμα. Οι αλλαγές που προτείνονται στην παρούσα διπλωματική από τον συγγραφέα είναι ως προς τις συνθήκες σηματοδότησης και τις γεωμετρικές συνθήκες του συνόλου της διασταύρωσης Φαρσάλων/Παναγούλη και Ηρώων Πολυτεχνείου.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ (SIGNALIZATION CONDITIONS)

Το τμήμα 5 καταλήγει σε μια από τις πιο πολυσύχναστες διασταυρώσεις της πόλης της Λάρισας. Οι συνθήκες σηματοδότησης είναι εκείνες που προκαλούν την κακή εξυπηρέτηση των οχημάτων λόγω του μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου και από τις τέσσερις πλευρές του κόμβου. Ο πράσινος χρόνος των σηματοδοτών δεν επαρκεί για την κάλυψη της ζήτησης, θα μπορούσαν όμως να γίνουν οι εξής τροποποιήσεις:

1. Να αυξηθεί ο πράσινος χρόνος σηματοδότησης:
Ο πράσινος χρόνος στους σηματοδότες του τμήματος 5 είναι και το μεγαλύτερο μειονέκτημα που προκαλεί εν τέλει κυκλοφοριακή συμφόρηση και κακή εξυπηρέτηση. Αν αυτός ο χρόνος αυξηθεί αρκετά τότε άμεσα θα ανέβει και η ταχύτητα διαδρομής που κρίνει την κατηγορία εξυπηρέτησης. Κάτι τέτοιο βέβαια θα επηρέαζε αρκετά τους σηματοδότες στις υπόλοιπες κατευθύνσεις της διασταύρωσης και ίσως από μόνο του να μην είναι εφικτό ή επιτρεπτό να γίνει. Ο ελάχιστος πράσινος χρόνος που απαιτείται ώστε η στάθμη εξυπηρέτησης στο συνολικό υπό μελέτη τμήμα της Ηρώων Πολυτεχνείου να φτάσει την κατηγορία C που είναι η επιθυμητή, είναι τα 32 s και θα δώσει συνολική ταχύτητα διαδρομής στην οδό ≥ 18 km/h. Ο πράσινος χρόνος θα μπορούσε να αυξηθεί και με έναν συνδυασμό των παρακάτω τρόπων βελτίωσης των συνθηκών σηματοδότησης κάνοντας την Ηρώων πολυτεχνείου μια «έξυπνη οδό».
2. Να γίνει εναλλασσόμενος ο πράσινος χρόνος ή ο κύκλος σηματοδότησης:
Μια πιο ευνοϊκή επιλογή για όλες τις πλευρές/κατευθύνσεις του κόμβου είναι να γίνει εναλλασσόμενος ο κύκλος σηματοδότησης ή του πράσινου χρόνου με βάση τις ώρες αιχμής του κάθε ρεύματος. Μπορεί να γίνει τοποθέτηση κατάλληλου εξοπλισμού που θα μετρά τον κυκλοφοριακό φόρτο σε κάθε ρεύμα κυκλοφορίας της διασταύρωσης και αναλόγως θα ρυθμίζει τον πράσινο χρόνο του κάθε σηματοδότη.
3. Να τοποθετηθούν φωτοκύτταρα στους σηματοδότες που αφορούν την κίνηση των οχημάτων:

Η τοποθέτηση φωτοκύτταρου σε όλους τους σηματοδότες των ρευμάτων τις κυκλοφορίας στον κόμβο θα ωφελούσε τον σηματοδότη του τμήματος 5, αυξάνοντας τον πράσινο χρόνο κίνησης όταν αυτό είναι επιτρεπτό.

4. Να τοποθετηθούν στους σηματοδότες κουμπιά διακοπής της κυκλοφορίας των οχημάτων:

Τα κουμπιά διακοπής κυκλοφορίας σε όλους τους σηματοδότες των ρευμάτων του κόμβου σε συνδυασμό με τα φωτοκύτταρα κίνησης οχημάτων θα μπορούσε να επιφέρει σημαντική αύξηση του πράσινου χρόνου κίνησης στο τμήμα 5.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ (GEOMETRIC CONDITIONS)

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω το τμήμα 5 καταλήγει σε έναν από τους πιο σημαντικούς κυκλοφοριακούς κόμβους της πόλης, ενώνει 5 συνοικίες της πόλης με το κέντρο και αποτελεί σημείο συνάντησης για 3 εισόδους/εξόδους της πόλης προς το επαρχιακό και εθνικό οδικό δίκτυο. Οι βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν είναι οι εξής:

1. Περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας:
 - i. Εάν στην ειδική λωρίδα αριστερής στροφής προστεθεί και μια κοινή λωρίδα που επιτρέπει την κίνηση αριστερά και ο πράσινο χρόνος της αριστερής λωρίδας (12 s) γίνει ίσως με τον πράσινο χρόνο του κυρίως ρεύματος (18 s) τότε θα εξασφαλιστεί καλύτερη κυκλοφοριακή ροή στο ρεύμα και την χρήση των λωρίδων και θα δημιουργείτε μικρότερη ουρά αναμονής στην αριστερή κατεύθυνση άρα και λιγότερες καθυστερήσεις. Αυτό βέβαια για να συμβεί θα έπρεπε να γίνει μία γεωμετρική τροποποίηση στο μονό ρεύμα υποδοχής της αριστερής λωρίδας στην οδό Φαρσάλων αφαιρώντας ένα μέρος από το τριγωνικό διαχωριστικό (βλέπε σχήμα 5-2).



Σχήμα 5-2: Τροποποίηση νησίδα στην διασταύρωση Φαρσάλων και Ηρώων Πολυτεχνείου στο ρεύμα κυκλοφορίας με κατεύθυνση τα Φάρσαλα, ώστε να δημιουργηθούν 2 λωρίδες αριστερής κίνησης στην διατομή του τμήματος 5 (από δορυφορικό χάρτη, Google earth).

- ii. Εάν καταργηθούν οι θέσεις παρκινγκ στο τμήμα 5 τότε θα δημιουργηθούν 3 λωρίδες κυκλοφορίας όπου στην μία θα επιτρέπεται η δεξιόστροφη κίνηση. Αυτό από μόνο του δεν είναι αρκετό για να αλλάξει η στάθμη εξυπηρέτησης όμως θα ανέβαζε κατά 5km/h την

συνολική ταχύτητα διαδρομής και θα μείωνε τις καθυστερήσεις ελέγχου του τμήματος στα 7,3 min και συνολικά για την υπό μελέτη οδό στα 7.6 min.

Οι αύξηση των λωρίδων κυκλοφορίας από μόνη της δεν επαρκεί για να αυξήσει την εξυπηρέτηση της οδού, όμως μαζί με μια αύξηση του πράσινου χρόνου στα 19 s θα τοποθετούσε την οδό στην κατηγορία E, με μια αύξηση του πράσινου χρόνου στα 22 s θα τοποθετούσε το σύνολο της υπό μελέτη οδού στην κατηγορία D, ενώ με μια αύξηση του πράσινου χρόνου στα 26 s θα μπορούσε να φτάσει την κατηγορία C. Στις δύο τελευταίες αυξήσεις θα μειωνόταν και ο βαθμός κορεσμού κάτω από την μονάδα.

2. Μεγαλύτερο μήκος ειδικών αριστερών λωρίδων:

Κατά τις μετρήσεις πεδίου παρατηρήθηκε ότι το μήκος της ειδικής αριστερής λωρίδας σε συνδυασμό με τον πράσινο χρόνο δεν επαρκούν για την ζήτηση της λωρίδας με αποτέλεσμα οχήματα που θέλουν να πραγματοποιήσουν αριστερόστροφες κινήσεις να δημιουργούν ουρά που διακόπτει την ελεύθερη κίνηση στη μία από τις δύο λωρίδες κυκλοφορίας του ρεύματος. Θα μπορούσε, λοιπόν να μελετηθεί η αύξηση του μήκους της ειδικής λωρίδας, ώστε το μήκος της να επαρκεί να καλύψει της ανάγκες της χωρίς να προκαλεί υπερχειλίση εμποδίζοντας την κυκλοφορία της κοινής λωρίδας του ρεύματος (βλέπε εικόνα 5-3).



Σχήμα 5-3: Τροποποίηση στο μήκος της αριστερής ειδικής λωρίδας για την αποφυγή υπερχειλίσης της και παρεμπόδισης της κυκλοφορίας στην κοινή λωρίδα (από δορυφορικό χάρτη, Google earth).

Οι προτάσεις που αναλύονται στην παρούσα διπλωματική, είναι γρήγορες, άμεσες και οικονομικές λύσεις χωρίς να προκαλούν εξαιρετικές αλλαγές στο υπάρχον οικοσύστημα, για την αύξηση του επιπέδου εξυπηρέτησης στο τμήμα 5 που θα αυξήσει την εξυπηρέτηση όλης της υπό μελέτη οδού. Μπορούν βέβαια να γίνουν και μεγαλύτερα κατασκευαστικά έργα όπως η κατασκευή ενός κυκλικού κόμβου (βλέπε σχήμα 5-4) με διακοπτόμενη ροή προτεραιότητας, κατασκευή καινούριου οδικού δικτύου που θα λειτουργεί ως παρακαμπτήρια οδός κ.α. που όμως θα αλλάξουν κατά πολύ τις επικρατούσες συνθήκες του κόμβου, της περιοχής και των γύρω περιοχών που δεν μπορούν να αναλυθούν στην παρούσα εργασία λόγω έλλειψης δεδομένων και εξοπλισμού.



Σχήμα 5-4: Σημείου τοποθέτησης κυκλικού κόμβου στην διασταύρωση Ηρώων Πολυτεχνείου και Φαρσάλων/Παναγούλη για να αυξηθεί η εξυπηρέτηση του τμήματος 5 στην υπό μελέτη οδό.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ BIBLIOGRAPHY

Αντωνίου, Κ., Σπυροπούλου, Ι., 2015, «Αρχές κυκλοφοριακής τεχνικής και προσομοίωσης. Αθήνα: σύνδεσμος Ακαδημαϊκών βιβλιοθηκών, εκδόσεις Κάλλιπος:

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5795/1/02_chapter_2.pdf

Γαβανάς κ.α., 2015 «Αστικά οδικά δίκτυα» σύνδεσμος Ακαδημαϊκών βιβλιοθηκών, εκδόσεις Κάλλιπος:

<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2085/1/%CE%9A%CE%B5%CF%864.pdf>

Γ. Γιαννής - Ι. Γκόλιας - Γ. Κανελλαΐδης, σημειώσεις: «Έννοιες βασικών παραμέτρων κυκλοφορίας», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, σχολή πολιτικών μηχανικών, τομέας μεταφορών & συγκοινωνιακής υποδομής:

http://mycourses.ntua.gr/courses/CIVIL1137/document/%C5%CD%CD%CF%C9%C5%D3_%C2%C1%D3%C9%CA%D9%CD_%D0%C1%D1%C1%CC%C5%D4%D1%D9%CD_%CA%D5%CA%CB%CF%D6%CF%D1%C9%C1%D3.pdf

NAMA, 2001, Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) Τεύχος 2 : Διατομές (ΟΜΟΕ - Δ), Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & δημοσιών έργων γενική γραμματεία δημοσιών έργων διεύθυνση μελετών έργων οδοποιίας:

http://www.ggde.gr/dmdocuments/omoe_2_d.pdf

Π. Παπαϊωάννου και Γ. Γεωργίου, 2004, Σεμινάριο :«Η εφαρμογή του σχεδιασμού των μεταφορών και της κυκλοφοριακής τεχνικής στην πράξη», ΤΕΕ/ΤΚΜ:

http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1185/kma_m1185_papaioannou.pdf

Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of transportation: Traffic Analysis Toolbox Volume VI:Definition, Interpretation, and Calculation of Traffic Analysis Tools Measures of Effectiveness:

<https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08054/sect4.htm>

Transportation Research Board (TRB) , 2000, “Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000)”,National Researc Council:

https://www.academia.edu/26524134/HIGHWAY_CAPACITY_MANUAL_TRANSPORTATION_RESEARCH_BOARD_National_Research_Council