

Αλγόριθμος υπολογισμού της επιρροής της στάσης οχημάτων τροφοδοσίας στην κυκλοφοριακή ικανότητα αστικού οδικού συνδέσμου

ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΚΟΛΙΑΣ
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

ΓΙΩΡΓΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ
Λέκτορας ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας ενός οδικού συνδέσμου από τη στάση των οχημάτων τροφοδοσίας εξαρτάται από σειρά παραμέτρων που αφορούν στα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού, καθώς και στη διάρκεια και τη συχνότητα της στάσης. Στην εργασία αυτή, με τη χρήση της βρετανικής μεθόδου αναπτύσσεται αλγόριθμος για τον υπολογισμό της επιρροής της στάσης των οχημάτων στην κυκλοφοριακή ικανότητα αστικών οδικών συνδέσμων με την ποσοτικοποίηση των παραμέτρων που επηρεάζουν τις κυκλοφοριακές συνθήκες των συνδέσμων. Ο συνθετικός αυτός αλγόριθμος μπορεί να φανεί χρήσιμος για την εξέταση εναλλακτικών λύσεων στη διαχείριση της στάσης και της στάθμευσης των οχημάτων σε κάθε σύνδεσμο. Η εφαρμογή του αλγορίθμου σε σειρά οδικών συνδέσμων της Αθήνας κατέδειξε ότι η επιρροή της στάσης των οχημάτων διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τον αριθμό των λωρίδων και τη συχνότητα και διάρκεια της στάσης που εξαρτάται από τις παρόδεις χρήσεις γης.

1. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΣΤΑΣΗΣ

Το φαινόμενο της στάσης των οχημάτων, που εξυπηρετούν τις λειτουργίες τροφοδοσίας στην πόλη, αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες των προβλημάτων κυκλοφοριακής συμφόρησης στις αστικές περιοχές [1], αφού η στάση των οχημάτων αυτών επηρεάζει σημαντικά την κυκλοφοριακή ικανότητα των οδικών συνδέσμων. Κατά τη διάρκεια της στάσης των οχημάτων αυτών παρεμποδίζονται βασικές λειτουργίες της υπόλοιπης κυκλοφορίας και δυσχεραίνονται οι ελιγμοί και οι δυνατότητες κίνησης των υπόλοιπων οχημάτων. Το φαινόμενο αυτό έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση των καθυστερήσεων και τη μείωση της κυκλοφοριακής

ικανότητας του συνδέσμου, αφού από τη διατομή του διέρχονται κατά τη διάρκεια της στάσης λιγότερα οχήματα στη μονάδα του χρόνου [2].

Το μέγεθος της μείωσης της κυκλοφοριακής ικανότητας του συνδέσμου από τη στάση των οχημάτων εξαρτάται από σειρά παραμέτρων που αφορούν σε γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού, καθώς και στη διάρκεια και τη συχνότητα της στάσης [3][4].

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, που προσδιορίζουν την επιρροή της στάσης των οχημάτων στην κυκλοφοριακή ικανότητα του συνδέσμου, αφορούν κυρίως στον αριθμό και το πλάτος των λωρίδων και δευτερευόντως στην κατά μήκος κλίση. Καθοριστικός, επίσης, παράγων είναι η απόσταση του σημείου στάσης από την επόμενη σηματοδοτούμενη διασταύρωση [5].

Η διάρκεια της στάσης των οχημάτων μπορεί να κυμαίνεται από λίγα δευτερόλεπτα (π.χ. τροφοδοσία φαρμακείων) έως λίγα λεπτά (π.χ. τροφοδοσία μικρών καταστημάτων τροφίμων κ.λπ.) ή αρκετή ώρα (τροφοδοσία σούπερ μάρκετ, πετρελαίου κατοικιών) και κατά συνέπεια παίζει καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος της όχλησης της κυκλοφορίας του συνδέσμου. Επιπλέον, η συχνότητα των στάσεων σε έναν οδικό σύνδεσμο, δηλαδή πόσο συχνά στον σύνδεσμο αυτό υπάρχουν οχήματα σε στάση, καθορίζει τη χρονική διάρκεια της όχλησης της κυκλοφορίας.

Παρά το γεγονός ότι έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για τον προσδιορισμό της επιρροής της στάσης των

οχημάτων στην κυκλοφορία ενός οδικού συνδέσμου με βάση τα επιμέρους χαρακτηριστικά της γεωμετρίας και της κυκλοφορίας του συνδέσμου καθώς και της στάσης των οχημάτων [6],[7],[8] η εξέταση της επιρροής αυτής σε σχέση με το σύνολο των χαρακτηριστικών, που αφορούν στην τροφοδοσία ενός οδικού συνδέσμου, δεν φαίνεται να έχει αντιμετωπιστεί αναλυτικά. Σημειώνεται ότι η επιρροή αυτή δεν είναι δυνατόν να υπολογισθεί με την υπάρχουσα μεθοδολογία που αφορά στην επιρροή της στάσης λεωφορείων αστικών συγκοινωνιών [9] λόγω προφανών σημαντικών διαφορών τόσο στη διάρκεια της στάσης όσο και στον προσδιορισμό του σημείου στάσης.

Η εργασία αυτή στοχεύει στην ανάπτυξη αλγορίθμου για τον υπολογισμό της επιρροής της στάσης των οχημάτων στην κυκλοφοριακή ικανότητα των αστικών οδικών συνδέσμων λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραπάνω παραμέτρους. Σημειώνεται ότι στην παρούσα ανάλυση ο οδικός σύνδεσμος θεωρείται ότι καταλήγει για κάθε ρεύμα κυκλοφορίας που εξυπηρετεί σε κόμβο με φωτεινό σηματοδότη.

Ο προτεινόμενος αλγόριθμος εφαρμόστηκε με επιτυχία σε σειρά συνδέσμων του οδικού δικτύου της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας. Ο προσδιορισμός της επιρροής της στάσης των οχημάτων τροφοδοσίας στην κυκλοφοριακή ικανότητα των οδικών συνδέσμων αυτών έδωσε ιδιαίτερα ενδιαφέροντα αποτελέσματα που αξιολογούνται στο τέλος της εργασίας αυτής.

2. ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

c: κυκλοφοριακή ικανότητα

g: χρησιμοποιούμενος χρόνος πράσινης ένδειξης

C: διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης

s: ροή κορεσμού

f_n: συντελεστής προσαρμογής για τη θέση της λωρίδας

f_g: συντελεστής προσαρμογής για την κλίση

G: η κατά μήκος κλίση του οδοστρώματος

w_λ: το πλάτος της λωρίδας

P: η αναλογία των στρεφόντων οχημάτων

R: η ακτίνα στροφής

w: πλάτος της πρόσβασης που χάνεται εξαιτίας ενός σταθμευμένου οχήματος

z: η απόσταση του σταθμευμένου οχήματος από τη γραμμή στάσης της πρόσβασης (σχήμα 1).

3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ

3.1. Θεωρητική προσέγγιση

Για τον προσδιορισμό της επίπτωσης στην κυκλοφορία αστικού οδικού συνδέσμου των στάσεων οχημάτων που εξυπηρετούν την τροφοδοσία είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της μεταβολής της κυκλοφοριακής ικανότητας (c) του συγκεκριμένου οδικού συνδέσμου εξαιτίας των στάσεων αυτών. Σε περίπτωση προσβάσεων με φωτεινό σηματοδότη η κυκλοφοριακή ικανότητα (c) υπολογίζεται από τη σχέση :

$$c = s * (g/C) \quad (3.1)$$

όπου s είναι η ροή κορεσμού, g είναι ο χρησιμοποιούμενος χρόνος πράσινης ένδειξης και C η διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης.

Σύμφωνα με τη βρετανική μέθοδο, η οποία έχει φανεί ότι μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα στις συνθήκες κυκλοφορίας στις ελληνικές πόλεις [10], ο υπολογισμός της ροής κορεσμού (s) (σε ΜΕΑ/ώρα πράσινου) μιας λωρίδας κυκλοφορίας πραγματοποιείται με τη βοήθεια της σχ. (3.2) [11]:

$$s = [2080 - 140 * f_n - 42 * f_g * G + 100 * (w_\lambda - 3,25)] / [1 + 1,5 * (P/R)] \quad (3.2)$$

όπου:

f_n: συντελεστής προσαρμογής για τη θέση της λωρίδας (1 για τη λωρίδα παρά το κράσπεδο, 0 για τις υπόλοιπες)

f_g: συντελεστής προσαρμογής για κλίση (1 για ανωφέρεια, 0 για κατωφέρεια)

G: η κατά μήκος κλίση του οδοστρώματος

w_λ: το πλάτος της λωρίδας

P: η αναλογία των στρεφόντων οχημάτων

R: η ακτίνα στροφής

Σε περίπτωση οδικού συνδέσμου περισσότερων από μία λωρίδων αθροίζεται το επιμέρους αποτέλεσμα που προκύπτει για κάθε λωρίδα, ώστε να προκύψει η ολική ροή κορεσμού $s_{ολ}$ της πρόσβασης, δηλαδή ισχύει $s_{ολ} = \sum s_i$, όπου s_i η ροή κορεσμού κάθε λωρίδας από τη σχ. (3.2). Σημειώνεται ότι η σχ. (3.2) ισχύει μόνο, όταν δεν υπάρχει ταυτόχρονη αντίθετη κίνηση αριστερής στροφής. Στην αντίθετη περίπτωση, ο τρόπος υπολογισμού είναι πιο σύνθετος.

Η στάση ενός οχήματος σε έναν οδικό σύνδεσμο - ανεξάρτητα από τον αριθμό των λωρίδων που έχει αυτός - οδηγεί στη μείωση του διαθέσιμου πλάτους της οδού που χρησιμοποιείται από την υπόλοιπη κυκλοφορία στη γραμμική στάση της πρόσβασης. Με αυτό τον τρόπο περιορίζονται οι δυνατότητες κίνησης των υπόλοιπων οχημάτων και μειώνεται η ροή κορεσμού της διατομής της κατεύθυνσης του σταθμευμένου οχήματος. Η μείωση αυτή - όπως φαίνεται από τη σχ. (3.2) - εξαρτάται και από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (π.χ. πλάτος λωρίδων, κατά μήκος κλίση) του οδικού συνδέσμου.

Η μείωση της ροής κορεσμού είναι συνάρτηση και της θέσης του σταθμευμένου οχήματος σε σχέση με το φωτεινό σηματοδότη του κατάντη κόμβου. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη βρετανική μέθοδο το πλάτος w (σε μέτρα) της πρόσβασης, που χάνεται εξαιτίας ενός σταθμευμένου οχήματος, δίνεται από τη σχέση [2],[5]:

$$w = 1,68 - [0,90 * (z - 7,6)] / k \quad (3.3)$$

όπου:

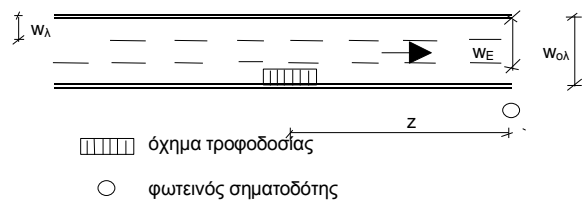
k : ο χρόνος πράσινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη σε δευτερόλεπτα.

z : η απόσταση του σταθμευμένου οχήματος από τη γραμμική στάση της πρόσβασης (σχήμα 1). Αν $z \leq 7,6$, τότε ο δεύτερος όρος παραλείπεται και το χαμένο πλάτος είναι 1,68 μέτρα.

Το χαμένο πλάτος αυξάνεται κατά 50%, όταν πρόκειται για στάθμευση φορτηγού αυτοκινήτου, οπότε η σχ. (3.3)

$$\text{γίνεται: } w = 2,52 - [1,35 * (z - 7,6)] / k \quad (3.4)$$

Παρατηρείται, δηλαδή, πως στην περίπτωση σηματοδοτούμενων προσβάσεων η θέση του οχήματος και η διάρκεια της πράσινης ένδειξης του σηματοδότη έχουν σημαντική επίδραση στο χρησιμοποιούμενο πλάτος της πρόσβασης στη γραμμική στάση. Ειδικότερα, αν το φορτηγό όχημα είναι σταθμευμένο δίπλα στον φωτεινό σηματοδότη, τότε το χαμένο πλάτος λωρίδας είναι μέγιστο (2,52 μέτρα), το συνολικό διατιθέμενο πλάτος οδοστρώματος ελάχιστο και, επομένως, η επιβάρυνση της κυκλοφορίας που παρατηρείται είναι η μέγιστη. Σε κάθε άλλη θέση του οχήματος τροφοδοσίας η επιβάρυνση της κυκλοφορίας γίνεται μικρότερη, ενώ, αν η απόσταση του οχήματος από τον φωτεινό σηματοδότη υπερβεί μια ορισμένη τιμή, την $1,867 * k + 7,6$ (όπως προκύπτει από τη σχ. (3.4) θέτοντας $w=0$), τότε η επιβάρυνση της κυκλοφορίας στην πρόσβαση λόγω της στάσης μηδενίζεται. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι η κυκλοφορία εκμεταλλεύεται τα χρονικά διαστήματα κόκκινης ένδειξης του σηματοδότη και κατανέμεται και στο τμήμα της κατειλημμένης λωρίδας μεταξύ του σταθμευμένου οχήματος και του σηματοδότη.



Σχήμα 1. Απόσταση οχήματος σε στάση από τον φωτεινό σηματοδότη

Figure 1. Distance between stopped vehicle and traffic lights

Με τη διαδικασία αυτή είναι δυνατό να υπολογιστεί η μείωση του συνολικού πλάτους της πρόσβασης για κάθε θέση στάσης του οχήματος σε καθέναν από τους εξεταζόμενους οδικούς άξονες. Επομένως, αν $w_{ολ}$ το συνολικό πλάτος μίας πρόσβασης N λωρίδων στη διατομή στο φωτεινό σηματοδότη και z η απόσταση ενός σταθμευμένου οχήματος τροφοδοσίας από τη γραμμική στάση, όπως φαίνεται στο σχήμα 1, τότε το απομένον ενεργό πλάτος της πρόσβασης είναι $w_E = w_{ολ} - w$, όπου w η μείωση του πλάτους, όπως αυτή προκύπτει από τη σχ. (3.4). Πρέπει βέβαια να επισημανθεί εδώ ότι η κυκλοφορία μετά τη μείωση του συνολικού πλάτους του οδοστρώματος

ανακατανέμεται στο οδόστρωμα στην περιοχή της μείωσης, οδηγώντας ανάλογα με το εναπομένον συνολικό πλάτος σε μια κατάσταση όπου η διατομή λειτουργεί με τον ίδιο ή με μειωμένο αριθμό λωρίδων.

Λαμβάνοντας υπόψη πως το ελάχιστο πλάτος μιας λωρίδας κυκλοφορίας παίρνει την τιμή $\min w_\lambda = 2,60$ μέτρα τότε είναι πιθανόν, για στάθμευση του οχήματος κοντά στο φωτεινό σηματοδότη και για στενές διατιθέμενες λωρίδες κυκλοφορίας (δηλαδή εάν $w_E / N < \min w_\lambda$), να υπάρξει στην πράξη μείωση του αριθμού των λωρίδων κυκλοφορίας στη διατομή της στάσης από N σε $N' = N - 1$ με πλάτος λωρίδας βέβαια μεγαλύτερο από το αρχικό w_λ . Σε αντίθετη περίπτωση διατηρείται ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας, μόνο που τώρα αυτές έχουν μικρότερο πλάτος.

Σε κάθε περίπτωση, για το νέο πλάτος λωρίδας στη διατομή της οδού στη στάση του οχήματος, υπολογίζεται από τη σχ. (3.2) η ροή κορεσμού s' της κάθε λωρίδας κυκλοφορίας και, τελικά, η νέα συνολική ροή κορεσμού $s_{\alpha\lambda}'$ των ενεργών λωρίδων της πρόσβασης. Είναι, επομένως, δυνατόν από τη σύγκριση των δύο ροών κορεσμού $s_{\alpha\lambda}$ και $s_{\alpha\lambda}'$ (χωρίς και με όχημα σε στάση) για κάθε οδικό σύνδεσμο να εκτιμηθεί η μείωση της ροής κορεσμού λόγω της στάσης ενός οχήματος, καθώς επίσης και η αντίστοιχη μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας, όπως αυτή προκύπτει με εφαρμογή της σχ. (3.1).

3.2. Ανάπτυξη του αλγόριθμου

Είναι προφανές ότι ανάλογα με τον αριθμό των λωρίδων μίας πρόσβασης η επιρροή της στάσης των οχημάτων στην κυκλοφορία είναι διαφορετική και, κατά συνέπεια, η προσέγγιση που υιοθετείται για την εκτίμηση της μείωσης της κυκλοφοριακής ικανότητας για κάθε περίπτωση διαφοροποιείται.

Σημειώνεται ότι ο προτεινόμενος αλγόριθμος αφορά στις περιπτώσεις όπου το φορτηγό όχημα δεν κάνει χρήση μέρους του πεζοδρομίου κατά τη στάση του, αλλά σταθμεύει ολοκληρωτικά παρά το κράσπεδο.

3.2.1. Μία λωρίδα κυκλοφορίας

Στην περίπτωση προσβάσεων με μία μόνο λωρίδα κυκλοφορίας θεωρείται πως το σταθμευμένο όχημα δεν επιτρέπει κατά τη διάρκεια της στάσης του την ομαλή ροή οχημάτων στην πρόσβαση και, κατά συνέπεια, στο χρονικό αυτό διάστημα δεν διέρχεται κανένα όχημα από την πρόσβαση. Μοναδική εξαίρεση αποτελούν τα δίκυκλα οχήματα που διαθέτουν μικρότερο μέγεθος και μεγαλύτερες δυνατότητες κίνησης από τις υπόλοιπες κατηγορίες οχημάτων και έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούν τους κατάλληλους ελιγμούς, ώστε να μπορούν να κινούνται ανεξάρτητα από την παρουσία των σταθμευμένων οχημάτων. Με αυτή τη λογική, αν c η κυκλοφοριακή ικανότητα μιας τέτοιας πρόσβασης, τότε $c' = \%Q_{\delta\text{ικ}} * c$, όπου c' η μειωμένη κυκλοφοριακή ικανότητα της πρόσβασης κατά τη στάση του οχήματος και $\%Q_{\delta\text{ικ}}$ το ποσοστό των δίκυκλων οχημάτων στη σύνθεση της κυκλοφορίας, τα οποία έχουν μετατραπεί με τη βοήθεια κατάλληλων συντελεστών σε Μ.Ε.Α.

Είναι προφανές ότι η παραπάνω θεώρηση είναι ρεαλιστική μόνο για τους μονοδρομημένους οδικούς συνδέσμους μιας λωρίδας. Σημειώνεται όμως ότι το σύνολο σχεδόν των αμφίδρομων οδικών συνδέσμων μιας λωρίδας ανά κατεύθυνση, για τους οποίους απαιτείται προσαρμογή της παραπάνω θεώρησης, ανήκει στο δευτερεύον οδικό δίκτυο, το οποίο παρουσιάζει προφανώς μειωμένο ενδιαφέρον στο πλαίσιο του αντικειμένου της παρούσης εργασίας.

3.2.2. Δύο λωρίδες κυκλοφορίας

Σύμφωνα με τη σχ. (3.4) για τον υπολογισμό του αριθμού και του πλάτους των "ενεργών" κατά τη διάρκεια της στάθμευσης λωρίδων, διακρίνονται οι παρακάτω τρεις περιπτώσεις, ανάλογα με την απόσταση z του σταθμευμένου οχήματος από τον φωτεινό σηματοδότη.

Περίπτωση Α: $z \leq 7.6$ m

Επειδή η μείωση ενεργού πλάτους είναι ίση με 2.52 μέτρα ανεξάρτητα της απόστασης z , το συνολικό απομένον ενεργό πλάτος w_E είναι ίσο με:

$$w_E = 2w_\lambda - 2.52 \quad (3.5)$$

όπου w_λ : το πλάτος της λωρίδας σε μέτρα.

Εάν $w_E \geq 5.20$ m (=2.60*2), τότε η κυκλοφορία αγνοεί την οριζόντια διαγράμμιση και η διατομή λειτουργεί με δύο "νέες λωρίδες" μειωμένου πλάτους - σε σχέση με το πλάτος w_λ των αρχικών λωρίδων - ενώ στην αντίθετη περίπτωση λειτουργεί με μία λωρίδα αυξημένου - σε σχέση με το w_λ - πλάτους. Πιο συγκεκριμένα:

για $w_E \geq 5.2$ m $\Rightarrow w_\lambda \geq 3.86$ m, λειτουργούν δύο λωρίδες με "νέο" πλάτος w_{T2} ίσο με:

$$w_{T2} = w_\lambda - 1.26 \quad (3.6)$$

αντίθετα για $w_E < 5.2$ m $\Rightarrow w_\lambda < 3.86$ m, λειτουργεί μία λωρίδα με "νέο" πλάτος w_{T1} ίσο με:

$$w_{T1} = 2w_\lambda - 2.52 \quad (3.7)$$

Περίπτωση Β: $7.6 \leq z \leq (1.867k+7.6)$

Όταν η απόσταση z του σταθμευμένου φορτηγού οχήματος από τον φωτεινό σηματοδότη είναι μεγαλύτερη από 7.6 m, το ενεργό πλάτος που χάνεται είναι μικρότερο από 2.52 m, μηδενίζεται δε, όταν $z = 1.867k + 7.6$. Για το απομένον ενεργό πλάτος w_E ισχύει:

$$w_E = 2w_\lambda - 2.52 [(1.867 k + 7.6 - z) / (1.867 k)] \quad (3.8)$$

Ακολουθώντας διαδικασία παρόμοια με εκείνη της περίπτωσης Α διακρίνονται οι παρακάτω δύο υπο-περιπτώσεις:

για $w_E \geq 5.2$ m $\Rightarrow w_\lambda \geq 3.86 - 0.675 [(z-7.6) / k]$ λειτουργούν δύο λωρίδες με νέο πλάτος w_{T2} ίσο με:

$$w_{T2} = w_\lambda - 1.26 + 0.675 [(z - 7.6) / k] \quad (3.9)$$

στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή εάν $w_E < 5.2$ m $\Rightarrow w_\lambda < 3.86 - 0.675 [(z-7.6) / k]$, λειτουργεί μία λωρίδα με "νέο" πλάτος w_{T1} ίσο με:

$$w_{T1} = 2w_\lambda - 2.52 + 1.35 [(z - 7.6) / k] \quad (3.10)$$

Περίπτωση Γ: $(1.867k+7.6) < z < L$ (συνολικό μήκος οδικού συνδέσμου)

Η περίπτωση αυτή υφίσταται προφανώς μόνον, εφόσον το συνολικό μήκος του οδικού συνδέσμου είναι μεγαλύτερο από $1.867k + 7.6$. Σύμφωνα με τη σχ. (3.3), εφόσον η απόσταση z του σταθμευμένου οχήματος εντάσσεται στην περίπτωση Γ, δεν υπάρχει επίπτωση από τη στάθμευση αυτή στο ενεργό πλάτος. Επομένως λειτουργούν δύο λωρίδες με ενεργό πλάτος w_{T2} ίσο με το αρχικό, δηλαδή:

$$w_{T2} = w_\lambda \quad (3.11)$$

Για την εύρεση βέβαια της νέας ροής κορεσμού χρησιμοποιείται η σχ. (3.2), όπου για πλάτος λωρίδας w_λ χρησιμοποιείται το πλάτος w_{T1} , εφόσον η κυκλοφορία λειτουργεί τελικά με μία λωρίδα κυκλοφορίας. Για την περίπτωση λειτουργίας δύο "νέων" λωρίδων κυκλοφορίας, η ροή κορεσμού καθεμιάς υπολογίζεται από τη σχ. (3.2), όπου για πλάτος λωρίδας χρησιμοποιείται το πλάτος w_{T2} .

3.2.3. Τρεις λωρίδες κυκλοφορίας

Ομοίως, στην περίπτωση πρόσβασης τριών λωρίδων κυκλοφορίας, οι σχέσεις των παραπάνω τριών περιπτώσεων γίνονται:

Περίπτωση Α: $z \leq 7.6$ m

Για $w_E = 3w_\lambda - 2.52 \geq 7.80$ m (=2.60*3), δηλαδή για $w_\lambda \geq 3.44$ m, λειτουργούν τρεις λωρίδες με "νέο" πλάτος w_{T3} ίσο με:

$$w_{T3} = w_\lambda - 0.84 \quad (3.12)$$

Αντίθετα για $w_\lambda < 3.44$ m, λειτουργούν δύο λωρίδες με "νέο" πλάτος w_{T2} ίσο με:

$$w_{T2} = 1.5w_\lambda - 1.26 \quad (3.13)$$

Περίπτωση Β: $7.6 \leq z \leq (1.867k+7.6)$

Για $w_E = 2w_\lambda - 2.52 [(1.867 k + 7.6 - z) / (1.867 k)] \geq 7.80$ m, δηλαδή για $w_\lambda \geq 3.44 - 0.45 [(z-7.6)/k]$ m, λειτουργούν τρεις λωρίδες με "νέο" πλάτος w_{T3} ίσο με:

$$w_{T3} = w_\lambda - 0.84 + 0.45 [(z-7.6)/k] \quad (3.14)$$

Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή για $w_\lambda < 3.44 - 0.45 [(z-7.6)/k]$ m, λειτουργούν δύο λωρίδες με "νέο" πλάτος w_{T2} ίσο με:

$$w_{T2} = 1.5w_\lambda - 1.26 + 0.675 [(z-7.6)/k] \quad (3.15)$$

Περίπτωση Γ: $(1.867k+7.6) < z < L$

Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει επίπτωση στο ενεργό πλάτος και επομένως λειτουργούν τρεις λωρίδες με νέο πλάτος w_{T3} ίσο με το αρχικό δηλαδή:

$$w_{T3} = w_\lambda \quad (3.16)$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλη την παραπάνω ανάλυση γίνεται η υπόθεση ότι στους οδικούς συνδέσμους δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας τα οχήματα, που κινούνται κατά τη μία κατεύθυνση, δεν χρησιμοποιούν τμήμα λωρίδας της αντίθετης κατεύθυνσης. Η υπόθεση αυτή είναι ιδιαίτερα ρεαλιστική για τις περιπτώσεις τριών λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, αφού το ποσοστό τέτοιων οδικών αξόνων χωρίς διαχωριστική νησίδα είναι αμελητέο. Για τους οδικούς συνδέσμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, στους οποίους το παραπάνω ποσοστό δεν είναι αμελητέο, η υπόθεση αυτή γίνεται ρεαλιστική κατά την περίοδο αιχμής, όπου η δυνατότητα εισόδου στο αντίθετο ρεύμα είναι πρακτικά ανύπαρκτη λόγω υψηλών φόρτων. Η περίοδος αυτή, οπότε και μεγιστοποιείται η αρνητική επίπτωση από τη στάθμευση των οχημάτων τροφοδοσίας, παρουσιάζει προφανώς το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από κυκλοφοριακής άποψης.

3.2.4. Επιρροή χρήσεων γης

Στην πράξη, βέβαια, κάθε οδικός σύνδεσμος περιλαμβάνει μια σειρά χρήσεων γης και γενικά δραστηριότητες, που έχουν διαφορετικές ανάγκες τροφοδοσίας. Έτσι για κάθε τέτοιο σύνδεσμο είναι γνωστό το συνολικό μήκος καθώς και ο χρόνος k πράσινης ένδειξης του αντίστοιχου φωτεινού σηματοδότη, όμως η απόσταση (z) στάθμευσης του οχήματος από τον φωτεινό σηματοδότη εξαρτάται από τη θέση της χρήσης γης που έχει τέτοιες ανάγκες στον οδικό σύνδεσμο.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων της τροφοδοσίας στις κυκλοφοριακές παραμέτρους ενός οδικού συνδέσμου είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των χρήσεων που έχουν ανάγκες τροφοδοσίας καθώς επίσης και της απόστασής τους από τον κατάντη φωτεινό σηματοδότη. Είναι προφανές ότι, εφόσον ο οδικός σύνδεσμος είναι μονόδρομος, ενδιαφέρουν οι χρήσεις εκατέρωθεν της οδού, ενώ στην περίπτωση οδικού συνδέσμου δύο κατευθύνσεων ενδιαφέρουν μόνο οι χρήσεις της εξεταζόμενης πλευράς της οδού.

Απαιτείται επίσης για κάθε μία από τις παραπάνω χρήσεις του οδικού συνδέσμου ο προσδιορισμός της συχνότητας τροφοδοσίας καθώς επίσης και του μέσου χρόνου κατάληξης του οδοστρώματος για τις ανάγκες της τροφοδοσίας. Είναι προφανές ότι τα στοιχεία αυτά είναι παρόμοια για χρήσεις συναφείς και επομένως στην πράξη, όπως περιγράφεται λεπτομερέστερα στις επόμενες παραγράφους, αναφέρονται σε κατηγορίες χρήσεων και δραστηριοτήτων και όχι κάθε χρήση χωριστά.

Με βάση τις παραπάνω πληροφορίες για τη θέση και τα χαρακτηριστικά τροφοδοσίας των διαφόρων χρήσεων ενός οδικού συνδέσμου, είναι δυνατόν να υπολογισθούν με τη βοήθεια των σχ. (3.6) έως (3.16) οι επιπτώσεις στη ροή κορεσμού στον κατάντη φωτεινό σηματοδότη για κάθε μία από τις χρήσεις του οδικού συνδέσμου. Σταθμίζοντας τις επιμέρους επιπτώσεις με τον αναμενόμενο χρόνο ισχύος τους και διατηρώντας τη δυσμενέστερη επίπτωση στις περιπτώσεις επικάλυψης τροφοδοσίας διαφορετικών χρήσεων, είναι δυνατόν να προκύψει η συνισταμένη αναμενόμενη ροή κορεσμού. Η ροή αυτή εξαρτάται προφανώς και από τον αριθμό των υπαρχουσών χρήσεων που απαιτούν τροφοδοσία αλλά και από την ένταση (συχνότητα) και διάρκεια των αναγκών τροφοδοσίας των χρήσεων αυτών.

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

4.1. Εξετασθείσες λειτουργίες

Ο αλγόριθμος για τον υπολογισμό της επιρροής των στάσεων των οχημάτων στην κυκλοφοριακή ικανότητα των αστικών οδικών συνδέσμων, που αναπτύχθηκε παραπάνω, εφαρμόστηκε σε σειρά συνδέσμων που αποτελούν το βασικό δίκτυο της οδικής υποδομής της περιοχής που περιλαμβάνεται εντός του εξωτερικού κυκλοφοριακού δακτυλίου της Αθήνας. Στους άξονες αυτούς πραγματοποιήθηκε σειρά μετρήσεων πεδίου και συνεντεύξεων στα καταστήματα, ενώ χρησιμοποιήθηκαν σχετικές βάσεις δεδομένων (χρήσεις γης [12], κυκλοφοριακοί φόρτοι κ.λπ.) για τον προσδιορισμό των απαραίτητων στοιχείων για την εφαρμογή του αλγορίθμου. Για το σύνολο των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν πραγματοποιήθηκε συστηματικός έλεγχος της αξιοπιστίας τους (διασταύρωση των στοιχείων από διάφορες πηγές κ.λπ.).

Για αρκετές από τις λειτουργίες που εξετάστηκαν, όπως η μεταφορά δομικών υλικών, η διακίνηση υγειονομικού, νοσοκομειακού υλικού, η μεταφορά υγρών καυσίμων και η αποκομιδή απορριμμάτων, προέκυψε ότι η στάση των οχημάτων, που τις εξυπηρετούν, εμφανίζουν πολύ μικρή επιρροή στις κυκλοφοριακές συνθήκες λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους (σύντομες στάσεις, χαμηλή συχνότητα) και έτσι δεν κρίθηκε σκόπιμο να ληφθούν υπόψη στους τελικούς υπολογισμούς.

Με βάση τα αποτελέσματα των εκτεταμένων ερευνών που πραγματοποιήθηκαν, οι λειτουργίες, που βρέθηκαν ότι έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στις κυκλοφοριακές συνθήκες αφορούν στην τροφοδοσία σούπερ μάρκετ και πολυκαταστημάτων, ενώ μη αμελητέα επιρροή έχει και η τροφοδοσία μικρών και μεγάλων εμπορικών καταστημάτων και καταστημάτων τροφίμων (ζαχαροπλαστεία, εστιατόρια κ.λπ.). Αυτές είναι οι λειτουργίες τροφοδοσίας που λήφθηκαν υπόψη στην εφαρμογή του αλγορίθμου στην περιοχή της Αθήνας.

4.2. Συχνότητα και διάρκεια στάσης οχημάτων

Από τα στοιχεία που προέκυψαν κυρίως από τις επιλεγμένες συνεντεύξεις με τους υπευθύνους των καταστημάτων αλλά και τις δειγματοληπτικές μετρήσεις των χαρακτηριστικών των στάσεων των οχημάτων που πραγματοποιήθηκαν σε επιλεγμένα σημεία του οδικού δικτύου προέκυψαν τόσο ποιοτικά συμπεράσματα όσο και ποσοτικά στοιχεία που αφορούν στα χαρακτηριστικά των στάσεων των οχημάτων τροφοδοσίας κάθε κατηγορίας καταστημάτων.

Στον πίνακα 1. που ακολουθεί παρουσιάζονται ορισμένα συγκρίσιμα ποσοτικοποιημένα αποτελέσματα που αφορούν στη συχνότητα τροφοδοσίας και στον μέσο χρόνο κατάληψης οδοστρώματος από τα οχήματα τροφοδοσίας για χαρακτηριστικές λειτουργίες κατά την περίοδο τροφοδοσίας των καταστημάτων, δηλαδή περίπου από 07:00 μέχρι 14:00. Είναι αξιοσημείωτη η διαφορά ανάμεσα στα μεγέθη των σούπερ μάρκετ και πολυκαταστημάτων και όλων των υπόλοιπων λειτουργιών.

Πίνακας 1. Συγκριτικός πίνακας συχνότητας τροφοδοσίας και μέσου χρόνου κατάληψης οδοστρώματος
Table 1. Comparative table of delivery frequency and average pavement occupation time

	Συχνότητα Τροφοδοσίας οχήματα ανά ώρα		Μέσος χρόνος κατάληψης οδοστρώματος από όχημα τροφοδοσίας λεπτά ανά ώρα	
	Φορτηγά	Φορτ.+ Ημιφορτ.	Φορτηγά	Φορτ.+ Ημιφορτ.
Σούπερ Μάρκετ - πολυκαταστήματα	1,8	3,8	34,8	59,5
Καταστήματα Τροφίμων (εκτός ΣΜ)	0,6	0,9	1,0	1,0
Εμπορικά καταστήματα	0,1	0,4	0,1	0,5

Πίνακας 2. Αριθμός χρήσεων γης ανά σύνδεσμο
Table 2. Number of land uses per link

Μήκος συνδέσμου	0 έως 99 m			100 έως 199 m			200 έως 999 m			> 999 m			Σύνολο	%
Αριθμός λωρίδων	1	2	> 2	1	2	> 2	1	2	> 2	1	2	> 2		
Σούπερ Μάρκετ, πολυκαταστήματα	0	7	14	13	24	21	16	31	21	15	11	17	190	2%
Καταστήματα τροφίμων	18	75	74	127	199	116	196	201	148	203	124	182	1.663	16%
Εμπορικά καταστήματα	53	301	486	587	1.120	761	1.019	1.320	954	782	475	814	8.672	82%
Σύνολο	71	383	574	727	1.343	898	1.231	1.552	1.123	1.000	610	1.013	10.525	100%
Αριθμός συνδέσμων με χρήσεις	19	54	53	61	139	75	66	102	70	24	22	38	723	
Αριθμός συνδέσμων χωρίς χρήσεις	17	31	29	66	68	45	121	82	44	52	31	21	607	
ΜΟ χρήσεων ανά σύνδεσμο με χρήσεις*	2	7	11	6	10	12	9	15	16	21	28	27	15	

* Ο ΜΟ χρήσεων γης αφορά στη μία πλευρά της οδού (για τις οδούς μίας λωρίδας αφορά στο ήμισυ του ΜΟ για τις δύο πλευρές)

4.3. Ένταση λειτουργιών επί των εξεταζόμενων συνδέσμων

Με τη θεώρηση των βάσεων δεδομένων με τις χρήσεις γης του λεκανοπεδίου της Αθήνας [13] πραγματοποιήθηκε η αναλυτική καταγραφή όλων των κατηγοριών καταστημάτων που τελικώς περιλαμβάνονται στην εφαρμογή του αλγορίθμου που αναπτύχθηκε. Πιο συγκεκριμένα, προσδιορίστηκε ο αριθμός των καταστημάτων που βρίσκεται σε καθέναν από τους 1.330 οδικούς συνδέσμους της Αθήνας που εξετάστηκαν. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της καταγραφής των καταστημάτων αυτών παρουσιάζονται στον πίνακα 2 που ακολουθεί.

Από τον πίνακα 2 προκύπτει ότι από τους 1.330 βασικούς συνδέσμους του οδικού δικτύου της Αθήνας, μόνο σε 723 από αυτούς εμφανίζεται έστω μία από τις εξεταζόμενες χρήσεις γης. Οι χρήσεις γης εμφανίζονται περίπου ισοκατανεμημένες σε συνδέσμους με μία (29%) , δύο (37%) και περισσότερες από δύο (34%) λωρίδες κυκλοφορίας. Επίσης, η μεγάλη πλειοψηφία των χρήσεων γης (63%) βρίσκεται σε συνδέσμους με μήκος μεγαλύτερο από 200 μέτρα. Ο υψηλότερος αριθμός των εξεταζόμενων χρήσεων γης ανά σύνδεσμο με χρήσεις γης εμφανίζεται σε οδούς μίας λωρίδας κυκλοφορίας και σε οδούς με μήκος μεγαλύτερο από 1.000 μέτρα.

4.4. Εφαρμογή του αλγορίθμου

Σε κάθε εξεταζόμενο σύνδεσμο - ή σειρά συνδέσμων μεταξύ σηματοδοτούμενων κόμβων - με βάση τις

υπάρχουσες χρήσεις και τις ανάγκες τροφοδοσίας τους (συχνότητα, διάρκεια) προκύπτουν κατά τη διάρκεια μίας ώρας ένας συνδυασμός n διαφορετικών καταστάσεων σε σχέση με τις λειτουργίες τροφοδοσίας του συνδέσμου (συμπεριλαμβανομένης και της κατάστασης κατά την οποία δεν υπάρχει τροφοδοσία).

Για κάθε κατάσταση i από τις συνολικές n προκύπτει - με επικάλυψη των λειτουργιών τροφοδοσίας, εφόσον λαμβάνουν χώρα συγχρόνως περισσότερες της μίας - ο ενεργός αριθμός λωρίδων και το "νέο" πλάτος κάθε λωρίδας με χρήση των σχ. (3.6) έως (3.16). Με βάση τα στοιχεία αυτά και με χρήση των σχ. (3.1) και (3.2) υπολογίζεται η μειωμένη κυκλοφοριακή ικανότητα c_i για κάθε κατάσταση i από τις παραπάνω.

Από τα στοιχεία των χρήσεων γης ανά σύνδεσμο (παράγραφος 4.3) υπολογίστηκε το ποσοστό χρόνου pt_i που διαρκεί η κάθε κατάσταση ανά ώρα (συμπεριλαμβανομένου του ποσοστού pt_0 που αντιστοιχεί στην κατάσταση κατά την οποία δεν υπάρχει τροφοδοσία, οπότε η κυκλοφοριακή ικανότητα είναι c_0)

Η τελική νέα κυκλοφοριακή ικανότητα c_N ανά σύνδεσμο προκύπτει ως η σταθμισμένη, σε σχέση με το ποσοστό χρόνου διάρκειας pt_i , μέση τιμή των κυκλοφοριακών ικανοτήτων c_i , δηλαδή:

$$c_N = \sum_{i=0}^n c_i pt_i \quad (4.1)$$

Πίνακας 3. Κατανομή των οδικών συνδέσμων με βάση το ποσοστό μείωσης της κυκλοφοριακής ικανότητας λόγω στάσεων οχημάτων
Table 3. Distribution of road links on the basis of percentage change of traffic capacity due to delivery vehicle stopping

Μήκος συνδέσμου	0-99 m			100-199 m			200-999 m			> 999 m			Σύνολο				Σύνολο			Σύνολο
	1	2	>2	1	2	>2	1	2	>2	1	2	>2	0-99m	100-199m	200-999m	>999m	1	2	>2	
0 έως 5% μείωση	53%	69%	89%	26%	73%	84%	33%	52%	86%	29%	41%	63%	75%	66%	57%	48%	33%	65%	86%	62%
5% έως 20% μείωση	47%	22%	6%	28%	12%	11%	38%	22%	6%	33%	18%	24%	19%	15%	21%	25%	35%	17%	8%	19%
μείωση > 20%	0%	9%	5%	46%	15%	5%	29%	26%	8%	38%	41%	13%	6%	19%	22%	27%	32%	18%	6%	19%

4.5. Αποτελέσματα

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από τους υπολογισμούς αυτούς παρουσιάζονται στον πίνακα 3, που ακολουθεί. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με την κυκλοφοριακή ικανότητα των αξόνων χωρίς στάσεις οχημάτων τροφοδοσίας επιτρέπει τον προσδιορισμό της επιρροής της στάσης των οχημάτων στις κυκλοφοριακές συνθήκες στους εξεταζόμενους συνδέσμους. Μεταβολή της κυκλοφοριακής ικανότητάς τους λόγω των στάσεων των οχημάτων τροφοδοσίας παρουσιάστηκε προφανώς μόνο στους 723 συνδέσμους που έχουν χρήσεις με ανάγκες τροφοδοσίας.

Σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα του πίνακα 3 αναφέρονται σε οδικά τμήματα του κύριου οδικού δικτύου κατά την περίοδο αιχμής, οπότε και μεγιστοποιούνται οι αρνητικές επιπτώσεις της τροφοδοσίας. Επομένως, όπως εξηγήθηκε στην παράγραφο 3.2, ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή του προτεινόμενου στην παρούσα εργασία αλγορίθμου.

Από τον πίνακα 3 προκύπτει ότι στη μεγάλη πλειοψηφία (62%) των εξετασθέντων βασικών συνδέσμων της Αθήνας η μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητάς τους δεν ξεπερνά το 5% λόγω των στάσεων των οχημάτων τροφοδοσίας. Ταυτόχρονα, βέβαια, παρατηρείται σημαντική μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας (περισσότερο από 20%) στο 19% του συνόλου των συνδέσμων της περιοχής μελέτης. Σημειώνεται ότι η επιρροή της στάσης των οχημάτων τροφοδοσίας στην κυκλοφοριακή ικανότητα των συνδέσμων του εσωτερικού και του εξωτερικού κυκλοφοριακού δακτυλίου εμφανίζεται χωρίς σημαντικές αποκλίσεις και για το λόγο αυτό στον πίνακα 3 παρουσιάστηκε μόνο το σύνολο της περιοχής μελέτης (εξωτερικός δακτύλιος της Αθήνας).

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων του πίνακα ανά αριθμό λωρίδων οδηγεί στην παρατήρηση ότι η μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητάς των εξεταζόμενων συνδέσμων με μία λωρίδα κυκλοφορίας είναι σημαντικότερη από την αντίστοιχη μείωση των συνδέσμων με δύο ή περισσότερες λωρίδες. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν αναμενόμενο, αφού στις οδούς μίας λωρίδας οι στάσεις των οχημάτων τροφοδοσίας οδηγούν συχνότερα σε αποκλεισμό της κυκλοφορίας απ' ό,τι στις υπόλοιπες οδούς. Ενδιαφέρον, όμως, παρουσιάζει η ποσοτικοποίηση της επιρροής του αριθμού των λωρίδων, αφού παρατηρείται ότι στο 67% των οδών μίας λωρίδας κυκλοφορίας η μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας ξεπερνά το 5% (η αντίστοιχη μείωση για τις οδούς περισσότερων από δύο λωρίδες είναι 14%).

Παρατηρείται, επίσης, ότι η μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητάς των εξεταζόμενων συνδέσμων αυξάνεται, όσο αυξάνεται και το μήκος των οδικών συνδέσμων. Έτσι οι εξεταζόμενοι σύνδεσμοι με μήκος μικρότερο από 100 m έχουν τη λιγότερο σημαντική μείωση, ενώ το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει για τους συνδέσμους με μήκος μεγαλύτερο των 999 μέτρων. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι στη μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας ο μεγαλύτερος αριθμός χρήσεων γης (λόγω του μεγάλου μήκους του συνδέσμου) είναι σημαντικότερος από την αύξηση της μέσης απόστασης z του σταματημένου οχήματος από τον φωτεινό σηματοδότη.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή αναπτύχθηκε αλγόριθμος για τον υπολογισμό σε αναλυτικό επίπεδο της επιρροής της στάσης των οχημάτων στις κυκλοφοριακές συνθήκες αστικών οδικών συνδέσμων. Ο προτεινόμενος συνθετικός

αλγόριθμος χρησιμοποιεί στοιχεία για τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού, τις χρήσεις γης και τα χαρακτηριστικά της στάσης των οχημάτων. Ο αλγόριθμος αυτός μπορεί να φανεί χρήσιμος για την εξέταση εναλλακτικών λύσεων στη διαχείριση της στάσης και της στάθμευσης των οχημάτων (περιορισμοί στα ωράρια και τους χώρους τροφοδοσίας των καταστημάτων), αφού δίνουν τη δυνατότητα για την ποσοτικοποίηση της επιρροής της στάσης των οχημάτων στους οδικούς συνδέσμους της εξεταζόμενης περιοχής.

Η ρεαλιστικότητα του προτεινόμενου αλγόριθμου και η εφικτότητα εφαρμογής του για τον υπολογισμό των επιπτώσεων από τις στάσεις των οχημάτων τροφοδοσίας επιβεβαιώθηκαν με την εφαρμογή του στο βασικό οδικό δίκτυο του εξωτερικού δακτυλίου της Αθήνας. Από την εφαρμογή αυτή προέκυψε, όπως αναμενόταν, ότι τα απαιτούμενα στοιχεία είναι πολλά και αφορούν σε πολυάριθμους τομείς (χρήσεις γης, στοιχεία οδού, στοιχεία τροφοδοσίας κ.λπ.). Κατάλληλες βέβαια ομαδοποιήσεις (π.χ. χρήσεων γης με όμοια χαρακτηριστικά τροφοδοσίας) είναι δυνατόν να διευκολύνουν την όλη προσπάθεια με αμελητέες σχεδόν επιπτώσεις στο επίπεδο ακρίβειας που η όλη ανάλυση υιοθετεί.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της μεταβολής της κυκλοφοριακής ικανότητας των εξετασθέντων συνδέσμων του οδικού δικτύου της Αθήνας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η επιρροή της στάσης των οχημάτων τροφοδοσίας ακόμη και σε ένα δίκτυο με εκτεταμένα φαινόμενα κυκλοφοριακής συμφόρησης, όπως αυτό της Αθήνας, δεν είναι αμελητέα. Η επιρροή της στάσης των οχημάτων τροφοδοσίας διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με τον αριθμό των λωρίδων κυκλοφορίας (όσο λιγότερες λωρίδες, τόσο σημαντικότερη επιρροή) αλλά και ανάλογα με το μήκος του συνδέσμου (όσο μεγαλύτερο το μήκος, τόσο σημαντικότερη επιρροή). Κατά συνέπεια, μια πρώτη αξιολόγηση των επιπτώσεων από την εφαρμογή μέτρων για την τροφοδοσία σε ένα δίκτυο είναι σκόπιμο να λαμβάνει υπόψη την κατανομή των οδικών συνδέσμων με βάση το μήκος τους και τον αριθμό των λωρίδων αλλά και τη

συχνότητα των χρήσεων γης που εξυπηρετούν τα οχήματα τροφοδοσίας.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η υιοθέτηση μέτρων (π.χ. περιορισμοί στα ωράρια και τους χώρους τροφοδοσίας των καταστημάτων) για την ελαχιστοποίηση της αρνητικής αυτής επιρροής είναι δυνατόν να επιφέρει βελτιώσεις, οι οποίες, εάν συνδυαστούν και με εκείνες που θα προκύψουν από ευρύτερα σχήματα διαχείρισης της στάσης και της στάθμευσης και των άλλων οχημάτων, μπορούν να οδηγήσουν μεσοπρόθεσμα σε μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης [14][15]. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος μπορεί να υποστηρίξει τη διαδικασία αξιολόγησης των προτεινόμενων λύσεων [16] αναλυτικά σε επίπεδο οδικού συνδέσμου επιτρέποντας έτσι τον προσδιορισμό των λύσεων με τους λιγότερους περιορισμούς (αποφυγή της εφαρμογής μέτρων σε συνδέσμους όπου η επιρροή είναι μηδαμινή) και τις περισσότερες θετικές επιπτώσεις στην κυκλοφορία (έμφαση στους κρίσιμους συνδέσμους).

Πρέπει να τονισθεί εδώ ότι η δυνατότητα ποσοτικοποίησης της επίπτωσης των στάσεων οχημάτων τροφοδοσίας ανά σύνδεσμο αποκτά ιδιαίτερη σημασία αν ληφθεί υπόψη ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως παράμετροι εισόδου σε πρότυπα κατανομής και προσομοίωσης της κυκλοφορίας, με τα οποία είναι δυνατόν να υπολογισθεί, σε επίπεδο πλέον περιοχής, η επίπτωση των στάσεων για την τροφοδοσία σε κυκλοφοριακές παραμέτρους, όπως η μέση ταχύτητα ή ο κυκλοφοριακός φόρτος.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο προτεινόμενος αλγόριθμος στηρίζεται στην υπόθεση ότι σε αμφίδρομους οδικούς συνδέσμους η κυκλοφορία μιας κατεύθυνσης δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσει λωρίδες της αντίθετης κατεύθυνσης. Αν και για την εφαρμογή της μεθοδολογίας στο κύριο οδικό δίκτυο μιας περιοχής κατά την περίοδο αιχμής, η υπόθεση αυτή φαίνεται ρεαλιστική (παρ. 3.2), ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση των περιπτώσεων, στις οποίες δεν ισχύει η υπόθεση αυτή. Σκόπιμο, επίσης, είναι να εξεταστούν και οι κυκλοφοριακές επιπτώσεις της

στάθμευσης των φορτηγών τροφοδοσίας, όταν αυτά χρησιμοποιούν μέρος του πεζοδρομίου.

Σημειώνεται, τέλος, ότι για την περαιτέρω βελτίωση του προτεινόμενου αλγορίθμου είναι σκόπιμη η εξέταση των χαρακτηριστικών και των υπόλοιπων αναγκών στάσης επί της οδού, που αφορά στα οχήματα των πελατών των καταστημάτων και των συναλλασσόμενων με τις επιχειρήσεις και υπηρεσίες κάθε συνδέσμου, καθώς και των στάσεων των ταξί. Ο συνυπολογισμός των πρόσθετων αυτών χαρακτηριστικών είναι πιθανόν να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η επιρροή της στάσης για τροφοδοσία στις κυκλοφοριακές συνθήκες της εξεταζόμενης περιοχής είναι σημαντικότερη από εκείνη που περιγράφηκε στην εργασία αυτή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Crowley K.W., Habib P.A., Loeb S.A., Pignataro L.J., "Facilitation of Urban Goods Movement, mobility of people and goods in Urban Environment, Final Report", US Department of Transportation, Washington D.C., USA, 1975.
2. Φραντζεσκάκης Ι., Γιαννόπουλος Γ., "Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφοριακή τεχνική" - Τόμος 1, Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη, 1986.
3. Smith K., "Urban retail deliveries and the problem of heavy goods vehicles in towns - a review of some of the literature", Research Report No. 12, University of Newcastle upon Tyne, Transport operations research group, July 1975.
4. Gur Y., Beimborn E., "Analysis of parking in urban centers: equilibrium assignment approach", **Transportation Research Record** 957, Transportation Research Board, Washington DC, 1984.
5. Webster F.V., Cobbe B.M., "Traffic signals", Road Research Laboratory, Road Research Technical Paper No 56, HMSO, 1966.
6. Gerlough D., Huber M., "Traffic flow theory", TRB Special Report 165, Washington DC, 1975.
7. Pline J., "Traffic Engineering Handbook 4th edition", Institute of Transportation Engineers, Prentice Hall, New Jersey, 1992.
8. May A. "Traffic Flow Fundamentals", Prentice Hall, New Jersey, 1990.
9. Transportation Research Board, "Highway Capacity Manual", Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC, 1985.
10. Golias J., Yotis A., "Traffic flow parameters in the Greek environment: Saturation flow and platoon dispersion". EC Workshop on Traffic Engineering Technology, University College London, London, 1991.
11. Kimber R.M., Mc Donald and Hunsell, "The prediction of saturation flows for road junctions controlled by traffic signals", TRRL 67, 1986.
12. ΕΜΠ-ΤΟΜΕΑΣ ΜΣΥ, "Κυκλοφοριακές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις από τις λειτουργίες συλλογής και διανομής προσώπων και αγαθών", Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής ΕΜΠ, Αθήνα, Μάιος 1999.
13. Εταιρεία Μελετών Ανάπτυξης, "Μελέτη Ανάπτυξης Μετρό - Απογραφή χρήσεων γης και κοινωνικοοικονομικών χαρακτηριστικών", Αττικό Μετρό ΑΕ, ΑΜ ΥΣΓΜ 0007, Αθήνα, Νοέμβριος 1997.
14. Cooper J., "Operator Responses to Area Lorry Bans: The Unit Load Contribution", **Transportation Planning and Technology**, London UK, 1986.
15. Ogden K.W., "Urban Goods Movement: A Guide to Policy and Planning", Ashgate Publishing Company, Brookfield, USA, 1992.
16. Habib P.A., "Urban Freight Practice-An Evaluation of Selected Examples", **Transportation Research Record** 1038.

Ιωάννης Γκόλιας,

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ηρώων Πολυτεχνείου 5, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, 157-73 Ζωγράφου - Αθήνα.

Γιώργος Γιαννής,

Λέκτορας ΕΜΠ, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Ηρώων Πολυτεχνείου 5, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, 157-73 Ζωγράφου - Αθήνα.