

Ανάλυση ορατότητας σε τρισκελείς ισόπεδους κόμβους βασισμένη σε χρονικούς διαχωρισμούς επιβατικών αυτοκινήτων και Βαρέων Οχημάτων.

Analysis of visibility at T-type intersections based on the gaps of both passenger cars and Heavy Vehicles, respectively.

ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ- Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
ΨΑΡΙΑΝΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ - Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η προσπάθεια υπολογισμού των μηκών ορατότητας (ISD, SSD), σε ισόπεδο κόμβο τύπου Τ με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής παραχώρησης της κυκλοφορίας (STOP), με βάση τους χρονικούς διαχωρισμούς των Βαρέων Οχημάτων και των επιβατικών αυτοκινήτων. Η κυκλοφορία των Βαρέων Οχημάτων, τα οποία είναι πιο ογκώδη από τα επιβατικά αυτοκίνητα, δυσχεραίνει την κυκλοφορία λόγω της αδυναμίας που έχουν, ιδιαίτερα όσον αφορά την επιτάχυνση, την επιβράδυνση και τη δυνατότητα να διατηρηθεί η ταχύτητα στις κλίσεις. Επίσης, σε ισόπεδους κόμβους εξ αιτίας του όγκου τους και της δυσκολίας που παρουσιάζουν στους ελιγμούς, συμβάλλουν στην αύξηση των καθυστερήσεων και στη μείωση της ικανότητας.

ABSTRACT: This thesis is an attempt to calculate the sight distances (ISD, SSD), at a T type flat intersection, with regulatory sign mandatory concession traffic, based on the gaps of both Heavy Vehicles and passenger cars. Heavy Vehicles, which are more massive than passenger cars, make the use of these weaknesses, particularly with regard to acceleration, deceleration and the ability to maintain speed on slopes. Furthermore, due to both their size and maneuver difficulties, Heavy Vehicles contribute to increase delays and reduce capacity at intersections.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ασφάλεια της κυκλοφορίας και η ποιότητα της κυκλοφοριακής ροής απαιτούν την ύπαρξη ελάχιστων μηκών ορατότητας, προκειμένου να είναι δυνατή η έγκαιρη ακινητοποίηση ενός οχήματος (απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση), η ασφαλής προσπέραση (απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση) καθώς και η ασφαλής λήψη απόφασης για την είσοδο σε κόμβο (απαιτούμενο μήκος ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο).

Τα κίνητρα για τη συγκεκριμένη έρευνα εστιάζονται στο γεγονός ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχουν στοιχεία για την τιμή του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού (critical gap) και για το μήκος ορατότητας των Βαρέων Οχημάτων (Β.Ο.) σε ισόπεδο κόμβο που ελέγχεται από ρυθμιστική πινακίδα STOP. Σύμφωνα με το Green Book του AASHTO (2004), σε έναν

ισόπεδο κόμβο, οι απαιτούμενες αποστάσεις ορατότητας για τα Β.Ο. είναι 'ουσιαστικά πιο μεγάλες σε σχέση με τα επιβατικά οχήματα'. Παρόλα αυτά, όμως, δεν έχει γίνει κάποια προσπάθεια να προσδιοριστεί ακριβώς το απαιτούμενο αυτό μήκος. Εξάλλου μια τέτοια έρευνα δε θα ήταν αντιπροσωπευτική για όλες τις χώρες αφού υπάρχουν διαφορετικοί τύποι Β.Ο. στην Αμερική σε σχέση με τα Ευρωπαϊκά κράτη. Συνεπώς, στόχος της συγκεκριμένης εργασίας δεν είναι μόνο ο προσδιορισμός του μήκους ορατότητας σε συμβολές οδών με βάση τους χρονικούς διαχωρισμούς των Β.Ο. αλλά και η σύγκριση της τιμής με την αντίστοιχη που ισχύει για τα επιβατικά αυτοκίνητα (Ι.Χ.).

Για αυτό το λόγο, παρουσιάζεται η προσπάθεια υπολογισμού του μήκους ορατότητας σε συμβολές δευτερευουσών οδών σε κύριες οδούς (ισόπεδοι κόμβοι τύπου

T) με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής παραχώρησης της κυκλοφορίας (STOP) για δυο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση, το όχημα μελέτης είναι ένα Βαρύ Όχημα (B.O.) ενώ στον δεύτερο κόμβο είναι το επιβατικό αυτοκίνητο Ι.Χ..

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

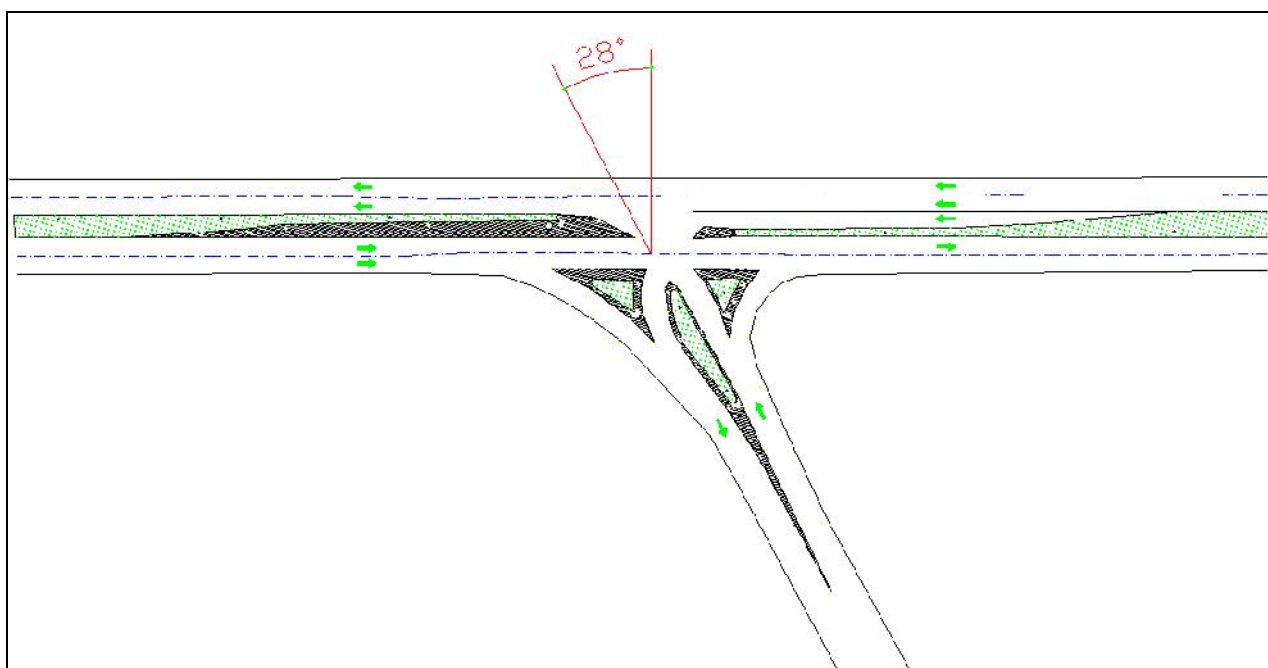
Οι κόμβοι που επιλέχθηκαν, ήταν οι εξής:

❖ Στο Ν. Λακωνίας και συγκεκριμένα στο 2^ο χιλιόμετρο της Εθνικής Οδού Σπάρτης-Τρίπολης (Εικόνα 1). Η κύρια οδός είναι κατηγορίας All με τύπο διατομής -στο συγκεκριμένο σημείο- β4ν. Δηλαδή, αποτελείται από τέσσερις λωρίδες (υο ανά κατεύθυνση) με πλάτος λωρίδας ίσο με 3,5m. Στην περιοχή του κόμβου υπάρχουν αρκετά στοιχεία που επηρεάζουν την κυκλοφορία των οχημάτων. Στο Σχήμα 1 φαίνονται οι νησίδες που διοχετεύουν την κυκλοφορία, διαχωρίζοντας με αυτό τον τρόπο τις συγκρουόμενες κινήσεις ενώ παράλληλα βοηθούν στο να μειωθεί η εμπόδιση. Επιπλέον, οι δυο οδοί δεν διασταυρώνονται κάθετα αλλά σχηματίζουν μια γωνία 62°. Η διαφορά μεταξύ των 90° και της γωνίας που

σχηματίζουν οι διασταυρούμενες οδοί αναφέρεται ως skew angle και εδώ ισούται με 28°. Όπου οι δρόμοι διασταυρώνονται διαγωνίως με γωνία μικρότερη από 60° (δηλ. με skew angle > 30°) το μήκος ορατότητας μπορεί να χρειαστεί κάποια ρύθμιση (Transportation Research Board, 2000). Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε μια ψηφιακή βιντεοκάμερα.



Εικόνα 1. Κόμβος Ν. Λακωνίας.
Image 1. Intersection of Lakonias' County



Σχήμα 1. Σκαρίφημα περιοχής επιλεγμένου κόμβου Ν. Λακωνίας.
Figure 1. Sketch of the area of the chosen intersection at Lakonia's County.

❖ Στο Ν. Αττικής και συγκεκριμένα στον Δήμο Αμαρουσίου επί των οδών Αρτέμιδος και Δημοκρίτου (Εικόνα 2). Στην περιοχή του κόμβου δεν υπάρχουν νησίδες διαχώρισης της κυκλοφορίας ενώ για τη συλλογή των

δεδομένων χρησιμοποιήθηκε μια βιντεοκάμερα με κασέτα.

Τα κριτήρια ή οι συνθήκες που έπρεπε να πληρούν οι υποψήφιοι κόμβοι είναι (Mason and Fitzpatrick, 1990):

- Κόμβος δυο διελεύσεων ελεγχόμενος με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας.
- Τύπος κόμβου T ή σταυρός.
- Παρουσία απαραίτητης απόστασης ορατότητας.
- Μη ύπαρξη σηματοδότη σε απόσταση μικρότερη των 250-300m.
- Έδαφος επίπεδο
- Χαρακτηριστικά κυκλοφορίας :
 - Μέση ταχύτητα πρωτεύοντα δρόμου ≥ 60 Km/h (37 mph)
 - Φόρτος πρωτεύοντα δρόμου > 400 veh/h
 - Φόρτος δευτερεύοντα δρόμου > 100 veh/h



Εικόνα 2. Κόμβος Ν. Αττικής.
Image 2. Intersection of Attikis' County.

2.1. Συλλογή δεδομένων

Στον κόμβο του Ν. Λακωνίας κρίθηκε απαραίτητη η καταγραφή των γεωμετρικών στοιχείων στην περιοχή μελέτης διότι οι δυο οδοί δεν διασταυρώνονται. Για την αποτύπωση χρησιμοποιήθηκε ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός (Total Station) Leica TCR- 407 με τα απαιτούμενα παρελκόμενα.

Τα κυκλοφοριακά γεγονότα καταγράφονταν στην κάρτα μνήμης και την κασέτα, αντίστοιχα, της βιντεοκάμερας και αποθηκεύονταν σε μονάδα δίσκου ενός Η/Υ. Στη συνέχεια, μέσω επεξεργασίας, καταγράφηκαν οι χρόνοι άφιξης και αναχώρησης οχημάτων, η συμπεριφορά των οδηγών και οποιοδήποτε άλλο μέγεθος ήταν απαραίτητο για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Τα στοιχεία που έπρεπε να καταγράψει η βιντεοκάμερα ήταν τα εξής:

- Στον κόμβο του Ν. Λακωνίας, τον χρόνο άφιξης και αναχώρησης των Βαρέων Οχημάτων από τη γραμμή αναμονής του δευτερεύοντα δρόμου.

- Στον κόμβο του Ν. Αττικής, τον χρόνο άφιξης και αναχώρησης των οχημάτων από τη γραμμή αναμονής του δευτερεύοντα δρόμου.

- Και στους δυο κόμβους, τους χρόνους όπου τα οχήματα του πρωτεύοντα δρόμου περνούσαν μπροστά από τη γραμμή αναφοράς όταν ένα όχημα του δευτερεύοντος δρόμου ανέμενε στη γραμμή αναμονής για να εισέλθει στον πρωτεύοντα.

Οι μεταβλητές που μας ενδιέφερε να καταχωρηθούν ήταν η χρονική υστέρηση (lag) και ο χρονικός διαχωρισμός (gap). Για την καταγραφή των κινήσεων και των χρονικών διαχωρισμών (απορριπτόμενων και αποδεχόμενων) κρίθηκε αναγκαίο να τοποθετηθούν δυο γραμμές που να είναι εμφανείς στο πλάνο της βιντεοκάμερας αλλά και στην οθόνη του Η/Υ κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Και οι δυο τέμνουν εγκάρσια την πρωτεύουσα οδό στη θέση αναμονής των οχημάτων στον κόμβο. Χρησιμοποιήθηκε μια γραμμή για την δεξιόστροφη κίνηση και μια για την αριστερόστροφη καθώς η δεξιά στροφή είναι διαχωρισμένη με βοηθητική νησίδα.

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ύστερα από μετρήσεις δεκαπέντε (15) ημερών και τελικώς το δείγμα που προέκυψε παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Στη συνέχεια, από την επεξεργασία αυτών των δεδομένων προέκυψαν οι απορριπτόμενες και τα αποδεχόμενες τιμές των χρονικών υστερήσεων (lags) και διαχωρισμών (gaps), αντίστοιχα, για κάθε κίνηση Β.Ο. με τον εξής τρόπο: Η χρονική στιγμή που περνά το πίσω μέρος του οχήματος την γραμμή αναφοράς ορίζεται ως «έναρξη διακένου» και ως «τέλος διακένου» ορίζεται η χρονική στιγμή που περνά την γραμμή αναφοράς το μπροστινό μέρος του οχήματος. Εάν πρόκειται για χρονική υστέρηση, ως χρόνος έναρξης ορίζεται η χρονική στιγμή που ακινητοποιείται το Β.Ο. στον δευτερεύοντα δρόμο. Αν το Β.Ο. του δευτερεύοντα δρόμου αποδεχόταν το μέγεθος της χρονικής υστέρησης που του προσφερόταν, γινόταν καταγραφή αυτού του μεγέθους και τελείωνε εκεί η μελέτη για το συγκεκριμένο όχημα. Αν όμως το όχημα το απέρριπτε τότε γινόταν καταγραφή όλων των χρονικών διαχωρισμών που θα απέρριπτε έως ότου του προσφερόταν ο χρονικός διαχωρισμός τον οποίο θα αποδεχόταν. Η διαδικασία που αναφέρεται πραγματοποιήθηκε με σκοπό να υπολογιστεί η τιμή της κρίσιμης χρονικής υστέρησης και του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού με χρήση δυο στατιστικών

μεθόδων, της μεθόδου Raff και της μεθόδου Logit (Solber and Oppenlander, 1996). Το πλήθος των απορριπτόμενων και αποδεχόμενων υστερήσεων και χρονικών διαχωρισμών που προέκυψε αρχικά, παρουσίαζε αρκετά προβλήματα ως προς την αντιπροσωπευτικότητά του, λόγω των πολλών κατηγοριών των Β.Ο. σε συνδυασμό με τις επιλογές των ελιγμών στον κόμβο. Γι' αυτό το λόγο, όλες οι κατηγορίες συγχωνεύθηκαν σε δυο 'ομάδες'. Η πρώτη ομάδα περιελάμβανε τα Β.Ο. δυο (2), τριών (3) και τεσσάρων (4) αξόνων και η δεύτερη ομάδα, τα επικαθήμενα και τα σπονδυλωτά φορτηγά τα οποία είχαν συγχωνευθεί εξ αρχής με τα λεωφορεία. Η κατηγοριοποίηση δεν έγινε αυθαίρετα αλλά ύστερα από ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας και με δεδομένο ότι στην πρώτη ομάδα συμπεριλήφθησαν τα Β.Ο. που ο όγκος τους είναι ενιαίος (δηλ. δεν μπορούν να ρυμουλκήσουν άλλη 'μονάδα') και δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στο μήκος, το οποίο είναι καθοριστικός παράγοντας στην λήψη απόφασης για την εκτέλεση ενός ελιγμού. Από την επεξεργασία των δεδομένων έγινε αντιληπτό ότι τα Β.Ο. και των τριών κατηγοριών παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά απέναντι σε χρονικούς διαχωρισμούς ίσων περίπου τιμών.

Η τελευταία τροποποίηση που έγινε στα στοιχεία των μετρήσεων σχετιζόταν με το μέγεθος των τιμών των υστερήσεων και των χρονικών διαχωρισμών. Οι χρονικοί διαχωρισμοί που ήταν μεγαλύτεροι των 17 sec δεν λήφθηκαν υπόψη, διότι τόσο μεγάλες τιμές

δεν εξασφαλίζουν μια ένδειξη για το πώς αντιδρούν οι οδηγοί σε ένα χρονικό διαχωρισμό των 8-10 sec και ο κρίσιμος χρονικός διαχωρισμός που υπολογίζεται θα είναι μεγαλύτερος από τον πραγματικό. Αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να απορρίπτονται για τον υπολογισμό μιας πιο ακριβής τιμής του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού. Για τις στροφές των επιβατικών οχημάτων από τον πρωτεύοντα δρόμο, απορρίφθηκαν οι τιμές που ήταν μεγαλύτερες από 12 sec για τον ίδιο λόγο. Το τελικό δείγμα που προέκυψε παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 1. Πλήθος ελιγμών ανάλογα με την κίνηση και την κατηγορία των οχημάτων
Table 1. Number of maneuvers according to the movement and the classification of vehicles

Είδος στροφής	Κατηγορία κατά άξονες	Πλήθος
Αριστερή από δευτερεύουσα οδό	2	159
	3	55
	4	133
	5(επικαθήμενο)	38
	Co truck- bus	28
Σύνολο		413
Δεξιά από δευτερεύουσα οδό	2	69
	3	30
	4	77
	5(επικαθήμενο)	61
	Co truck- bus	30
Σύνολο		267

Πίνακας 2. Πλήθος απορριπτόμενων και αποδεχόμενων χρονικών υστερήσεων και διαχωρισμών ανά κατηγορία Β.Ο.

Table 2. Number of both, rejected and accepted lags and gaps according to the classification of heavy vehicles

Είδος στροφής	Κατηγορία κατά άξονες	Πλήθος	Lag		Gap	
			Rejected	Accepted	Rejected	Accepted
Αριστερή από δευτερεύουσα οδό	2	159	106	54	271	105
	3	55	39	16	65	39
	4	133	88	44	192	89
	5(επικαθήμενο)	38	27	11	75	27
	Co truck- bus	28	15	12	31	16
Σύνολο		413	275	137	634	276
Δεξιά από δευτερεύουσα οδό	2	69	23	46	47	23
	3	30	23	7	20	23
	4	77	24	53	21	24
	5(επικαθήμενο)	61	22	39	31	22
	Co truck- bus	30	17	13	22	17
Σύνολο		267	109	158	141	109

Αντίστοιχα, στον κόμβο του Ν. Αττικής καταγράφηκε η κίνηση 424 επιβατικών αυτοκινήτων που εκτέλεσαν δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη κίνηση από τον δευτερεύοντα στον πρωτεύοντα δρόμο.

3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

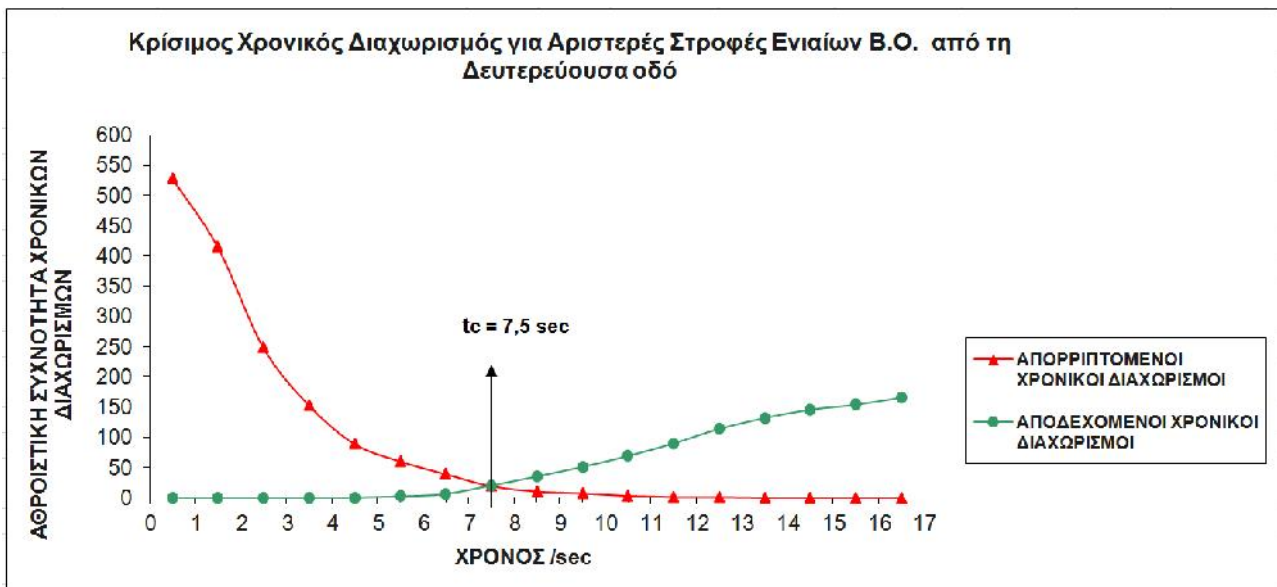
3.1. Κρίσιμος χρονικός διαχωρισμός και Κρίσιμη τιμή Υστέρησης

Το επόμενο στάδιο περιελάμβανε την εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων Raff και Logit για τον υπολογισμό του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού. Κριτήριο για την επιλογή αυτών των μεθόδων ήταν η απλοικότητα της εφαρμογής τους και η εύκολη κατανόηση της μεθοδολογίας τους, καθώς δεν υπάρχει κάποιο κριτήριο το οποίο να καθορίζει ποια μέθοδος είναι η καλύτερη, όχι μόνο για αυτές τις δυο μεθόδους αλλά για όλες όσες αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Βασική διαφορά των δυο αυτών μεθόδων είναι πως η

μία είναι στοχαστική μέθοδος ενώ η άλλη πιθανολογική

- Κόμβος Ν. Λακωνίας (Παρατηρήσεις Β.Ο.)
 - ✓ Μέθοδος Raff

Η μέθοδος Raff που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη περιλαμβάνει δεδομένα αποδεχόμενων και απορριπτόμενων χρονικών διαχωρισμών και υστέρησης. Στην παρούσα μελέτη, τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν σε κλάσεις του 1 sec και στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι αθροιστικές συχνότητες για τα αποδεχόμενα και απορριπτόμενα δεδομένα ώστε να σχεδιαστούν οι αθροιστικές καμπύλες. Πρέπει να σημειωθεί πως η αθροιστική καμπύλη που περιγράφει τις απορριπτόμενες τιμές σχεδιάζεται αντίστροφα. Η κρίσιμη τιμή για το χρονικό διαχωρισμό (gap) και την χρονική υστέρηση (lag) ορίζεται από το σημείο τομής των δυο καμπυλών καθώς είναι η τιμή για την οποία το ποσοστό των αποδεχόμενων και απορριπτόμενων χρονικών διαχωρισμών είναι ίσο. Παρακάτω παρουσιάζεται παράδειγμα διαγράμματος των αθροιστικών καμπυλών για αριστερές στροφές Β.Ο. από τον πρωτεύοντα δρόμο (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Προσδιορισμός Κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού Ενιαίων Β.Ο. για Αριστερές Στροφές από τη Δευτερεύουσα οδό

Figure 2. Graphic calculation of the critical gap of single-unit Heavy Vehicles for left turns from the minor road.

✓ Μέθοδος Logit

Ένα βασικό στοιχείο της μεθόδου Logit είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη τιμές με μηδενικές παρατηρήσεις διότι δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί η φυσική λογάριθμός τους. Έτσι σε αντίθεση με την μέθοδο Raff, στην συγκεκριμένη μέθοδο δεν

χρησιμοποιήθηκε όλο το εύρος τιμών (0-17sec) για την κατασκευή του μοντέλου παλινδρόμησης. Γι' αυτό το λόγο στους ελιγμούς των Σπονδυλωτών Β.Ο. που οι παρατηρήσεις ήταν πολύ λίγες, τα αποτελέσματα των συντελεστών και κατ' επέκταση της τιμής του κρίσιμου χρονικού

διαχωρισμού και της κρίσιμης χρονικής υστέρησης δεν θεωρούνται αξιόπιστα. Τα αποτελέσματα εξήχθησαν με χρήση του

στατιστικού πακέτου SPSS. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και από τις δυο μεθόδους παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα κρίσιμης χρονικής υστέρησης και κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού που προέκυψαν από τις δυο μεθόδους για τον κόμβο του Ν. Λακωνίας

Table 3. Results of both critical lag and critical gap calculated by the two methods, concerning the intersection of Lakonias' County.

ΤΕΛΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΡΙΣΙΜΗΣ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΕΝΟΥ					
		Μέθοδος RAFF		Μέθοδος LOGIT	
Είδος στροφής	Κατηγορίες	Κρίσιμη χρονική Υστέρηση (sec)	Κρίσιμος Χρονικός Διαχωρισμός (sec)	Κρίσιμη χρονική Υστέρηση (sec)	Κρίσιμος Χρονικός Διαχωρισμός (sec)
Αριστερή από δευτερεύουσα οδό	Ενιαία Β.Ο.	8,4	7,5	8,6	7,7
	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	7,8	8,2	7,0	8,8
Δεξιά από δευτερεύουσα οδό	Ενιαία Β.Ο.	6,9	8,0	6,7	8,0
	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	7,5	9,9	7,2	9,6

▪ Κόμβος Ν. Αττικής (Παρατηρήσεις Ι.Χ.)
Με τον ίδιο τρόπο εξήχθησαν αποτελέσματα και στον κόμβο του Ν. Αττικής όπου οι

παρατηρήσεις αφορούσαν οχήματα Ι.Χ. Συνοπτικά τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα κρίσιμης χρονικής υστέρησης και κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού που προέκυψαν από τις δυο μεθόδους για τον κόμβο του Ν. Αττικής

Table 4. Results of both critical lag and critical gap calculated by the two methods, concerning the intersection of Attikis' County.

		Μέθοδος RAFF		Μέθοδος LOGIT	
Είδος στροφής		Κρίσιμη χρονική Υστέρηση (sec)	Κρίσιμος Χρονικός Διαχωρισμός (sec)	Κρίσιμη χρονική Υστέρηση (sec)	Κρίσιμος Χρονικός Διαχωρισμός (sec)
Αριστερή από δευτερεύουσα οδό		4,8	4,8	6,3	5,5
Δεξιά από δευτερεύουσα οδό		3,2	4,0	3,4	4,1

3.2. Μήκος Ορατότητας

Τα πιο πρόσφατα κριτήρια του AASHTO (2004) για το Μήκος Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο (ΜΟΚ) είναι δομημένα γύρω από μια έννοια «αποδοχής χρονικών διαχωρισμών», η οποία είναι βασισμένη στην παρατηρηθείσα συμπεριφορά των οδηγών στην είσοδο των διασταυρώσεων. Οι οδηγοί στον πρωτεύοντα δρόμο δεν πρέπει να πρέπει να μειώσουν την ταχύτητα τους σε λιγότερο από 70% της αρχικής. Η απόσταση ορατότητας στον κόμβο

καθορίζεται από το μέγεθος του αποδεκτού χρονικού διαχωρισμού που απαιτεί ένας οδηγός για να εισέλθει στον πρωτεύοντα δρόμο και δίνεται από τη εξίσωση:

$$d = 0.278 V_m * t_c \quad (1)$$

όπου, d = απαιτούμενο μήκος ορατότητας στον κόμβο κατά μήκος ενός πρωτεύοντα δρόμου, σε m ή ft.

V_m = ταχύτητα σχεδιασμού για τον πρωτεύοντα δρόμο, σε km/h ή mph

t_c = χρονικός διαχωρισμός που θα αποδεχτούν οι οδηγοί για να εισέλθουν στο ρεύμα κυκλοφορίας του πρωτεύοντα δρόμου, σε sec.

Βάσει του παραπάνω τύπου εύκολα μπορεί να υπολογιστεί το απαραίτητο μήκος ορατότητας που πρέπει να παρέχεται στους οδηγούς σε έναν ισόπεδο κόμβο το οποίο θα πρέπει να μεγαλύτερο ή ίσο από το μήκος ορατότητας για στάση. Ο περιορισμός αυτός θα πρέπει να ισχύει ώστε οδηγός του πρωτεύοντα δρόμου να μπορεί να

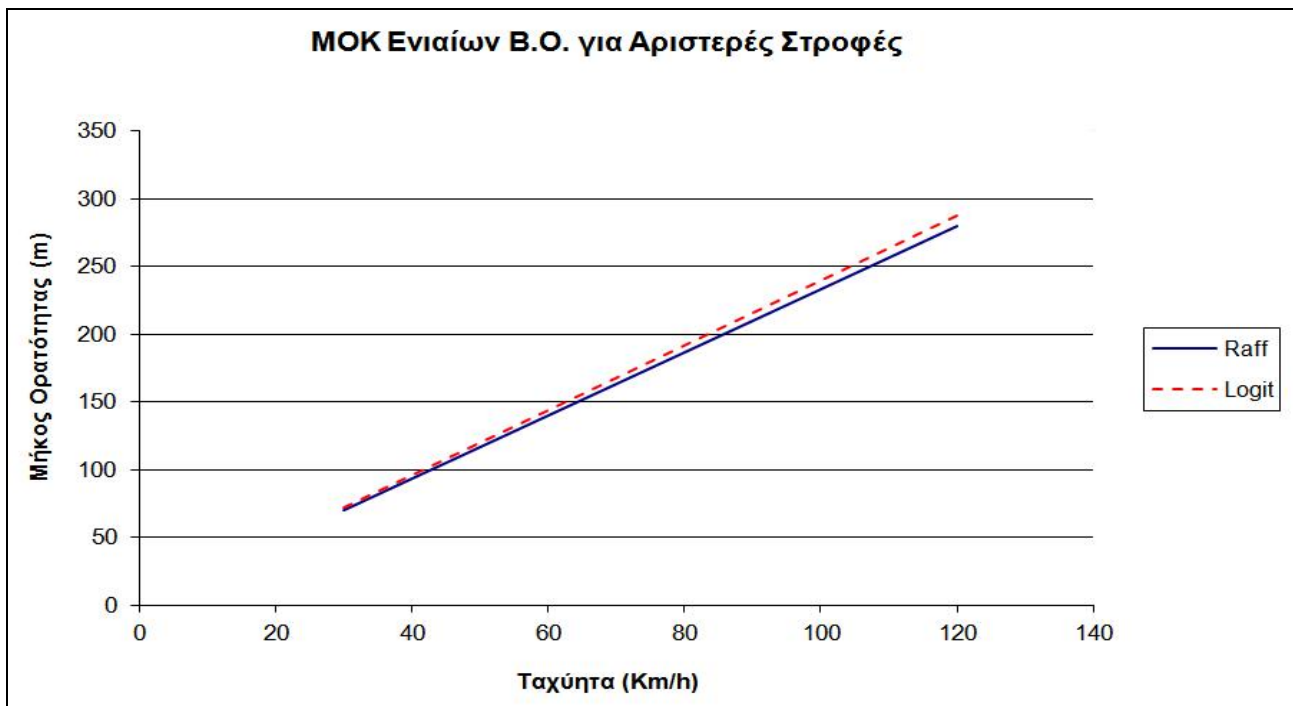
παρατηρήσει την είσοδο ενός οχήματος στον κόμβο όπως εξέρχεται από τον δευτερεύοντα δρόμο, από μια απόσταση ίση με το μήκος ορατότητας για στάση, ώστε να μπορέσει να ακινητοποιήσει το όχημα εάν χρειαστεί. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η τιμή του MOK για διάφορα μεγέθη ταχύτητας όπως υπολογίστηκε και από τις δυο μεθόδους προσδιορισμού του κρίσιμου διακένου. Οι τιμές του Πίνακα 5 και οι διαφορές που προκύπτουν σε κάθε ελιγμό, αντικατοπτρίζονται καλύτερα σε διαγραμματική απεικόνιση όπως αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 3.

Πίνακας 5. MOK για διάφορα μεγέθη ταχύτητας στον κόμβο του Ν. Λακωνίας
Table 5. Intersection Sight Distance at the intersection of Lakonias' County, based on velocity.

Ταχύτητα (Km/h)	Μήκος Ορατότητας (ISD) με μέθοδο RAFF (m)				Μήκος Ορατότητας (ISD) με μέθοδο Logit (m)			
	Αριστερή Στροφή από δευτερεύουσα οδό		Δεξιά Στροφή από δευτερεύουσα οδό		Αριστερή Στροφή από δευτερεύουσα οδό		Δεξιά Στροφή από δευτερεύουσα οδό	
	Ενιαία Β.Ο.	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	Ενιαία Β.Ο.	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	Ενιαία Β.Ο.	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	Ενιαία Β.Ο.	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία
30	63	68	67	83	64	73	67	80
40	83	91	89	110	86	98	89	107
50	104	114	111	138	107	122	111	133
60	125	137	133	165	128	147	133	160
70	146	160	156	193	150	171	156	187
80	167	182	178	220	171	196	178	214
90	188	205	200	248	193	220	200	240
100	209	228	222	275	214	245	222	267
110	229	251	245	303	235	269	245	294
120	250	274	267	330	257	294	267	320

Πίνακας 6. Σύγκριση MOK με Μήκος Ορατότητας για Στάση για τον κόμβο του Ν. Λακωνίας
Table 6. Comparison between ISD and SSD for the intersection of Lakonias' County.

Ταχύτητα (Km/h)	Μήκος Ορατότητας (ISD) με μέθοδο RAFF				SSD (m)
	Αριστερή Στροφή από δευτερεύουσα οδό		Δεξιά Στροφή από δευτερεύουσα οδό		
	Ενιαία Β.Ο.	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	Ενιαία Β.Ο.	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	
30	63	68	67	83	-
40	83	91	89	110	-
50	104	114	111	138	-
60	125	137	133	165	65
70	146	160	156	193	85
80	167	182	178	220	110
90	188	205	200	248	140
100	209	228	222	275	170
110	229	251	245	303	205
120	250	274	267	330	245



Σχήμα 3. Απόκλιση των δυο μεθόδων για το ΜΟΚ.
Figure 3. Deviation of the two methods concerning the ISD.

Τα μήκη ορατότητας που υπολογίστηκαν πρέπει να παρέχουν απόλυτη ασφάλεια στην λειτουργία ενός κόμβου. Αυτό επιτυγχάνεται αν συγκρίνοντας το μήκος που υπολογίστηκε, με το μήκος ορατότητας για στάση, να ισχύει $SSD < ISD$. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Παρατηρούμε πως τα αποτελέσματα που εξήχθησαν και από τις δυο μεθόδους, είναι ασφαλή για την σωστή λειτουργία ενός κόμβου όσον αφορά την δυνατότητα της έγκαιρης ακινητοποίησης ενός οχήματος που κινείται στον πρωτεύοντα δρόμο αφού για όλες τις ταχύτητες σχεδιασμού ικανοποιείται η συνθήκη $SSD < ISD$. Στην περίπτωση που δεν ισχύει ο παραπάνω περιορισμός προτείνεται να λαμβάνεται υπόψη το μήκος ορατότητας για στάση, το οποίο παρέχει την ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση ορατότητας για την σωστή και ασφαλή λειτουργία ενός κόμβου.

- Κόμβος Ν. Αττικής (Παρατηρήσεις Ι.Χ.)
Με τον ίδιο τρόπο εξήχθησαν αποτελέσματα και στον συγκεκριμένο κόμβο όπου οι παρατηρήσεις αφορούσαν οχήματα Ι.Χ. Συνοπτικά τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Παρατηρούμε πως τα αποτελέσματα από την μέθοδο Logit κυρίως για την αριστερή στροφή, είναι πιο ασφαλή για την σωστή λειτουργία ενός κόμβου όσον αφορά την δυνατότητα της έγκαιρης ακινητοποίησης ενός οχήματος που κινείται στον πρωτεύοντα

δρόμο, και αυτό γιατί όπως αναφέρθηκε παραπάνω θα πρέπει να ισχύει ο περιορισμός το μήκος ορατότητας σε κόμβο είναι μικρότερα από το μήκος ορατότητας για στάση. Βέβαια για ταχύτητες άνω των 90 km/h τα μήκη ορατότητας σε κόμβο είναι μικρότερα από το μήκος ορατότητας για στάση. Σε αυτή την περίπτωση προτείνεται να λαμβάνεται υπόψη το μήκος ορατότητας για στάση, όπως προαναφέρθηκε. Όσον αφορά την δεξιά στροφή, όπως προκύπτει και με τις δυο μεθόδους, το μήκος ορατότητας σε κόμβο είναι μεγαλύτερο από εκείνο για στάση μόνο για μικρές ταχύτητες έως και 60-70 km/h. Και σε αυτή την περίπτωση όπως και παραπάνω, για ταχύτητες άνω των 70 km/h προτείνεται να λαμβάνεται υπόψη το μήκος ορατότητας για στάση.

Πίνακας 7. Σύγκριση MOK και Μήκους Ορατότητας για Στάση για τον κόμβο του Ν. Αττικής
Table 7. Comparison between ISD and SSD for the intersection of Attikis' County.

Ταχύτητα (Km/h)	Μήκος Ορατότητας (ISD) με μέθοδο RAFF (m)		Μήκος Ορατότητας (ISD) με μέθοδο Logit (m)		SSD (m)
	Αριστερή Στροφή από δευτερεύουσα οδό	Δεξιά Στροφή από δευτερεύουσα οδό	Αριστερή Στροφή από δευτερεύουσα οδό	Δεξιά Στροφή από δευτερεύουσα οδό	
30	40	33	46	34	-
40	53	44	61	46	-
50	67	56	76	57	50
60	80	67	92	68	65
70	93	78	107	80	85
80	107	89	122	91	110
90	120	100	138	103	140
100	133	111	153	114	170
110	147	122	168	125	205
120	160	133	183	137	245

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1. Σύγκριση Κρίσιμου Χρονικού Διαχωρισμού με τις διεθνείς τιμές

Όπως προαναφέρθηκε, δεν υπάρχουν βιβλιογραφικές πηγές που να αναφέρονται επακριβώς στις κρίσιμες τιμές του χρονικού διαχωρισμού και της χρονικής υστέρησης έτσι ώστε να προκύψει μια ικανοποιητική σύγκριση με τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τη συγκεκριμένη διασταύρωση. Υπάρχει η δυνατότητα, ωστόσο, να συγκρίνουμε τις τιμές αυτές με τους χρόνους διαδρομής των Β.Ο. που βασίζονται στο AASHTO's Green Book (2001) αφού πρώτα γίνουν οι απαραίτητες αναγωγές ώστε οι χρόνοι διαδρομής να προσαρμοστούν στα δεδομένα του κόμβου που εξετάζουμε (κατά μήκος κλίση πρωτεύουσας οδού, αριθμός λωρίδων κ.ά.).

Όπως παρατηρούμε και στον Πίνακα 8, οι τιμές του Green Book υπερβαίνουν τις αντίστοιχες που προσδιορίστηκαν στη

συγκεκριμένη εργασία εκτός από την περίπτωση της αριστερής στροφής των επιβατικών αυτοκινήτων από τον πρωτεύοντα δρόμο. Ο κρίσιμος χρονικός διαχωρισμός που υπολογίστηκε υπερβαίνει την τιμή του Green Book κατά 0,3 sec. Οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται στην αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο. Για τα Ενιαία Β.Ο. η διαφορά είναι 2,3 sec ενώ για τα Σπονδυλωτά Β.Ο. 3,0 sec. Η διαφορά οφείλεται στις χαμηλές τιμές που προσδιορίστηκαν αφού λόγω των γεωμετρικών συνθηκών του κόμβου και του φόρτου του κύριου δρόμου, οι οδηγοί των Β.Ο. ξεκινούσαν τον ελιγμό τους με αρκετό ρίσκο. Σε τέτοιες καταστάσεις, αν διέρχονται οχήματα στον κύριο δρόμο, οι οδηγοί των Β.Ο. περιμένουν στο κενό που τους εξασφαλίζει η διαχωριστική νησίδα μέχρι να βρουν τον κατάλληλο χρονικό διαχωρισμό για να ολοκληρώσουν την κίνησή τους. Τέτοιου είδους κινήσεις απορρίφθηκαν στη διαδικασία της επεξεργασίας.

Πίνακας 8. Σύγκριση τιμών του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού που προέκυψαν με τη μέθοδο Logit με τους αντίστοιχους του Green Book

Table 8. Comparison between the AASHTO Green Book values and those which were calculated using the Logit method

Είδος στροφής	Κατηγορίες	Κρίσιμος Χρονικός Διαχωρισμός (sec)		
		Μέθοδος LOGIT	AASHTO Green Book	Διαφορά
Αριστερή από δευτερεύουσα οδό	Ενιαία Β.Ο.	8,6	10,9	2,3
	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	9,9	12,9	3,0
Δεξιά από δευτερεύουσα οδό	Ενιαία Β.Ο.	9,0	9,2	0,2
	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	10,8	11,2	0,4

4.2. Σύγκριση τιμών του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού με τις αντίστοιχες που ισχύουν για τα επιβατικά οχήματα

Στο HCM (2000), αναφέρεται πως η τιμή του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού που απαιτεί ένα Β.Ο. σε ισόπεδο κόμβο με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας για να εισέλθει στον πρωτεύοντα δρόμο, διαφέρει κατά 1~2 δευτερόλεπτα από τον αντίστοιχο των επιβατικών αυτοκινήτων. Για την περίπτωση που το φορτηγό έχει και ρυμουλκούμενο προσθέτουμε επιπλέον 1~2 δευτερόλεπτα. Οι παραπάνω εκτιμήσεις επαληθεύονται κατά πολύ και στη συγκεκριμένη μελέτη. Από τον Πίνακα 9,

παρατηρούμε πως για την αριστερή στροφή Ενιαίων Β.Ο. από τον δευτερεύοντα δρόμο η διαφορά κυμαίνεται μεταξύ 0,9 και 1,1 sec ανάλογα με τη μέθοδο που προσδιορίστηκε ο κρίσιμος χρονικός διαχωρισμός (Raff ή Logit). Αυτές οι τιμές αποτέλεσαν και τη χαμηλότερη διαφορά που εμφανίστηκε με ποσοστά απόκλισης 11% και 13% αντίστοιχα. Για τα φορτηγά με ρυμουλκούμενο η διαφορά κυμαίνεται μεταξύ 1,7 και 2,4 sec. Στις δεξιές στροφές από τον δευτερεύοντα δρόμο, η μεγαλύτερη διαφορά εμφανίζεται στη σύγκριση με την κατηγορία των φορτηγών με ρυμουλκούμενο όπου η διαφορά με την τιμή της μεθόδου Raff είναι 4,2 sec και με τη μέθοδο Logit 3,9 sec.

Πίνακας 9. Σύγκριση τιμών κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού μεταξύ τιμών μελέτης (Logit) για τα Β.Ο. και τιμών HCM για τα επιβατικά αυτοκίνητα

Table 9. Comparison of Logit method results for Heavy Vehicles with the HCM values for passenger cars.

Είδος στροφής	Κατηγορίες	Κρίσιμος Χρονικός Διαχωρισμός (sec)			
		Μέθοδος LOGIT	Επιβατικά αυτοκίνητα – Πρωτεύουσα οδός με 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση (HCM)	Διαφορά	Ποσοστιαία Διαφορά
Αριστερή από δευτερεύουσα οδό	Ενιαία Β.Ο.	8,6	7,5	1,1	13%
	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	9,9		2,4	24%
Δεξιά από δευτερεύουσα οδό	Ενιαία Β.Ο.	9,0	6,9	2,1	23%
	Σπονδυλωτά Β.Ο. και Λεωφορεία	10,8		3,9	36%

Πίνακας 10. Ποσοστιαία Διαφορά των Τιμών του Κρίσιμου Χρονικού Διαχωρισμού με τις τιμές του HCM για τον κόμβο του Ν. Αττικής.

Table 10. Percentage difference between the results of critical gap and the values of HCM for the intersection of Attikis' County.

Είδος στροφής	Κρίσιμος Χρονικός Διαχωρισμός (sec)				
	HCM- Πρωτεύουσα οδός με 1 λωρίδα ανά κατεύθυνση	Μέθοδος RAFF	% διαφορά	Μέθοδος LOGIT	% διαφορά
Αριστερή από δευτερεύουσα οδό	7,1	4,8	35%	5,5	18%
Δεξιά από δευτερεύουσα οδό	6,2	4	37%	4,1	34%

Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει τις τιμές του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού από το HCM και τις αντίστοιχες που υπολογίστηκαν από τα δεδομένα του κόμβου στο Ν. Αττικής. Μια

βασική παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι ότι τόσο με την μέθοδο Raff όσο και με την Logit, ο κρίσιμος χρονικός διαχωρισμός όπως υπολογίστηκε στην παρούσα μελέτη είναι

μικρότερος από την τιμή που προτείνεται από το HCM για κάθε είδος ελιγμού. Η διαφορά αυτή σίγουρα οφείλεται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στο γεγονός ότι τα αποτελέσματα αναφέρονται σε οδηγούς διαφορετικών χωρών, επομένως είναι λογικό να έχουν και διαφορετική συμπεριφορά στην οδήγηση και στην αντίληψη της αναγκαίας ορατότητας και κατ' επέκταση του χρόνου που χρειάζονται για να ολοκληρώσουν τον ελιγμό εισόδου τους σε έναν κόμβο. Από την άλλη πρέπει να σημειωθεί πως οι τιμές που δίνονται από το HCM έχουν προκύψει με εφαρμογή διαφορετικής μεθόδου, παράγοντας που επίσης μπορεί θεωρηθεί κατά ένα ποσοστό ως αιτία της εμφάνισης της παραπάνω διαφοράς.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Κύριος σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η ανάλυση της ορατότητας σε ισόπεδους κόμβους με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής της πορείας. Ο αριθμός των Β.Ο. που κυκλοφορούν στο οδικό δίκτυο της χώρας επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την κυκλοφοριακή ικανότητα των οδών και τα γεγονότα που συμβαίνουν σε αυτές (π.χ. ατυχήματα). Κάθε στοιχείο, λοιπόν, που αφορά στη μελέτη των χαρακτηριστικών και των κινήσεων των φορτηγών, μόνο ως εποικοδομητικό μπορεί να χαρακτηριστεί.

Επιπλέον, η Ελλάδα παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά ανά την επικράτεια τα οποία πιθανόν να επηρεάζουν την συμπεριφορά των οδηγών. Θα ήταν χρήσιμο μελλοντικά να πραγματοποιηθεί παρόμοια μελέτη και σε άλλες γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδος. Μια τέτοια εφαρμογή θα ήταν χρήσιμη για την εξαγωγή συμπεράσματος αν η ικανότητα αντίληψης των ορατοτήτων και η κριτική ικανότητα του Έλληνα οδηγού σε ότι αφορά την αποδοχή του διακένου εξαρτάται από την γεωγραφική τοποθεσία εντός της Ελλάδος.

Όσον αφορά το δείγμα που συλλέχθηκε ήταν αρκετά ικανοποιητικό για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων, όμως είναι αυτονόητο πως ένα μεγαλύτερο δείγμα θα έδινε ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση του κρίσιμου διακένου και της θέσης αναμονής των οχημάτων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αρβανίτης Νικόλαος (2010) Ανάλυση Ορατότητας σε συμβολές οδών με βάση τα διάκενα Βαρέων Οχημάτων: Περίπτωση Ισόπεδου Κόμβου τύπου-T με Ρυθμιστική πινακίδα Υποχρεωτικής Διακοπής Πορείας, Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κόλλα Έλενα (2009) Ανάλυση Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο: με ρυθμιστική πινακίδα Υποχρεωτικής Διακοπής Πορείας, Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- AASHTO (2001) A policy an Geometric Design of Highways and Streets, 4d ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, pp.665-675, Washington, DC
- Adebisi, O. (1982) Driver Gap Acceptance Phenomena. Journal of Transportation Engineering. ASCE, 108(6). pp. 677-688.
- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. AASHTO, Washington, DC, 2004.
- Fitpatrick, K. (1991) Gap Accepted at Stop-Controlled Intersections. Transportation Research 1303, TRB, National Research Council, Washington, D.C. Pp103-12
- John M. Mason, Jr, Kay Fitzpatrick, and Douglas W. Harwood. (1990) Field Observations of truck operational characteristics Related On Intersection Sight Distance. Transportation Research Record 1280, pp. 163-172.
- Miller, A., J. Nine, (1972) Estimators of Gap-Acceptance Parameters. Traffic Flow And Transportation Proceedings. International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation (5th: 1971). Newell, G. F., ed. American Elsevier Pub. Co., New York, pp. 215- 35.
- Solberg, P., and Oppenlander, J. C., (1996) Lag and Gap Acceptances at Stop-Controlled Intersections. Highway Research Record 118, HRB. pp. 48-67.
- Transportation Research Board (2000) Highway Capacity Manual, Special Report 209, Washington, DC, pp.5-6.
- Transportation Research Board (2001) Highway Capacity Manual, Report 383, Washington, DC, pp.81-82.