

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ι. ΓΚΟΛΙΑΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**



## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ - ΦΟΡΤΟΥ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟ  
ΚΑΙ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ  
ΟΡΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΛΩΡΙΔΑ**

**ΤΣΙΑΝΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2003**

Η παρούσα μελέτη είναι το αποτέλεσμα της γόνιμης και πετυχημένης συνεργασίας μου με τον καθηγητή μου Κ. Ιωάννη Γκόλια

Θεωρώ λοιπόν χρέος μου να εκφράσω τις ευχαριστίες στον καθηγητή μου για την καθοριστική καθοδήγησή του στη διαμόρφωση της αρχικής μου σκέψης ως προς το θέμα της μελέτης και για την συμβολή του στην εκπλήρωσή της. Ακόμη ευχαριστώ και όλους όσους συνέβαλαν σε αυτήν την προσπάθεια.

## **ΣΥΝΟΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη μελέτη των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών ελληνικού αυτοκινητοδρόμου (ταχύτητα, φόρτος, πυκνότητα, κατανομή κυκλοφορίας) , τον προσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ των παραπάνω μεγεθών και τον προσδιορισμό ορίων ταχύτητας ανα λωρίδα με σκοπό τη μείωση της επικινδυνότητας της οδού. Συγκεκριμένα, κατόπιν μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του συστήματος Autoscope ακολουθήθηκε κατάλληλη επεξεργασία και ανάλυση. Προσδιορίστηκαν οι σχέσεις φόρτου-ταχύτητας, φόρτου-πυκνότητας και η κατανομή της κυκλοφορίας σε λωρίδες. Κατόπιν πραγματοποιήθηκε ανάλυση της επικινδυνότητας του αυτοκινητοδρόμου και με χρήση αλγορίθμων προσδιορίστηκαν όρια ταχυτήτων με σκοπό τη μείωση των ατυχημάτων.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία προσδιορίζονται οι σχέσεις φόρτου-ταχύτητας, φόρτου-πυκνότητας καθώς και η κατανομή της κυκλοφορίας σε λωρίδες αναλόγως του φόρτου. Επίσης προσδιορίζονται όρια ταχυτήτων για κάθε λωρίδα με σκοπό τη μείωση της επικινδυνότητας της οδού.

Πραγματοποιήθηκε αρχικά αναζήτηση βιβλιογραφίας σχετική με τα παραπάνω αντικείμενα και αποφασίστηκε να ποσοτικοποιηθούν οι παραπάνω σχέσεις μεταξύ των βασικών κυκλοφοριακών παραμέτρων (φόρτος, ταχύτητα, πυκνότητα), αφού κάτι τέτοιο δεν έχει γίνει μέχρι σήμερα στην Ελλάδα συστηματικά για αυτοκινητόδρομο. Επίσης αναζητήθηκε βιβλιογραφία σχετική με την οδική ασφάλεια και τα οδικά ατυχήματα.

Για τις ανάγκες της μελέτης συλλέχθηκαν κυκλοφοριακά στοιχεία από τμήμα αυτοκινητοδρόμου. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τμήμα της εθνικής οδού Αθηνών – Λαμίας στο 25<sup>ο</sup> χλ. στο ρεύμα προς Λαμία. Πραγματοποιήθηκε βιντεοσκόπηση της κυκλοφορίας από γέφυρα. Η ανάλυση της βιντεοταινίας έγινε με τη χρήση του συστήματος Autoscope. Καθοριστικός παράγοντας για τη χρήση του παραπάνω συστήματος ήταν η ανάγκη για συνεχή μέτρηση των κυκλοφοριακών στοιχείων, στη διάρκεια του χρόνου. Στη συνέχεια έγινε έλεγχος αξιοπιστίας του συστήματος Autoscope που έδειξε ότι τα κυκλοφοριακά στοιχεία υπολογίστηκαν με ακρίβεια. Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε συστηματοποίηση και επεξεργασία των στοιχείων που μετρήθηκαν.

Βρέθηκε ότι, η σχέση φόρτου – ταχύτητας για την αριστερή και τη μεσαία λωρίδα παριστάνεται με μία καμπύλη γραμμή η οποία για μηδενικό φόρτο παρουσιάζει μέγιστη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας (είναι η ταχύτητα ελεύθερης ροής) και αύξηση του φόρτου προκαλεί σταδιακή μείωση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας. Αντίθετα η αύξηση του φόρτου της δεξιάς λωρίδας προκαλεί αύξηση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας της λωρίδας της. Η μέση ταχύτητα της συνολικής κυκλοφορίας του αυτοκινητοδρόμου είναι σταθερή για φόρτο έως 3000 οχήματα ενώ για μεγαλύτερους φόρτους παρουσιάζει σταδιακή μείωση.

Επίσης προσδιορίστηκε η σχέση φόρτου - πυκνότητας ανά λωρίδα, η οποία βρέθηκε να παριστάνεται γραφικά από ευθεία γραμμή σε συμφωνία με πρόσφατες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε άλλες χώρες.

Προσδιορίστηκε επίσης, η κατανομή της κυκλοφορίας ανά λωρίδα. Σε χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, διαπιστώθηκε ότι, η μεσαία λωρίδα εξυπηρετεί περισσότερα οχήματα από τις υπόλοιπες. Όσο ο φόρτος αυξάνεται τόσο περισσότερα οχήματα προτιμούν την αριστερή λωρίδα για να κινηθούν από ότι τη μεσαία λωρίδα. Η δεξιά λωρίδα παρουσιάζει μικρή αύξηση φόρτου, με αύξηση του συνολικού φόρτου του αυτοκινητοδρόμου.

Προσδιορίστηκαν όρια ταχύτητας με σκοπό τη μείωση της επικινδυνότητας. Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί για την περαιτέρω ανάλυση η καμπύλη του Cirillo η οποία δείχνει τη μεταβολή του δείκτη σε σχέση με την απόκλιση της ταχύτητας του κάθε οχήματος από τη μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας της λωρίδας που ανήκει. Για το προσδιορισμό των βέλτιστων ορίων αναπτύχθηκαν αλγόριθμοι οι οποίοι υπολογίζουν την τιμή της επικινδυνότητας για κάθε συνδυασμό των ορίων ταχύτητας και επιλέγουν τελικά την ελάχιστη προσδιορίζοντας και τα αντίστοιχα όρια. Η ανάπτυξη του πρώτου αλγορίθμου έγινε με σκοπό την εύρεση των δύο βέλτιστων ορίων ταχύτητας. Το πρώτο όριο είναι το ελάχιστο όριο ταχύτητας της μεσαίας λωρίδας που είναι και μέγιστο όριο ταχύτητας για τη δεξιά. Το δεύτερο όριο είναι μέγιστο για τη μεσαία λωρίδα και ελάχιστο για την αριστερή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα βέλτιστα όρια για συνολικό φόρτο μεταξύ 1000-2000 οχ/ώρα είναι περίπου : 110 χλμ/ώρα ως ελάχιστο όριο μεσαίας λωρίδας και 137 χλμ/ώρα ως μέγιστο όριο μεσαίας λωρίδας. Για υψηλούς φόρτους (2500-3500 οχ/ώρα) το ελάχιστο όριο της μεσαίας γίνεται 105 χλμ/ώρα ενώ το μέγιστο όριο της γίνεται 125 χλμ/ώρα. Με χρήση των παραπάνω ορίων παρατηρείται σημαντική μείωση του δείκτη επικινδυνότητας στους χαμηλούς φόρτους (1000-1500 οχ/ώρα) της τάξεως του 50% ενώ στους υψηλούς (2500-3500 οχ/ώρα) η μείωση κυμαίνεται γύρω στο 20%. Ωστόσο τα παραπάνω όρια ταχύτητας δεν μπορούν να δοθούν ως οδηγία στους οδηγούς αφού έρχονται σε αντίθεση με το ανώτατο όριο (120 χλμ/ώρα) που επιβάλλει ο νόμος.

Οπότε για να μπορεί να έχει πρακτικό αποτέλεσμα η παρούσα διπλωματική μελέτη, αποφασίστηκε να μελετηθεί εκ νέου ο προσδιορισμός μέγιστου ορίου ταχύτητας για τη δεξιά λωρίδα που θα είναι συγχρόνως και ελάχιστο όριο ταχύτητας για τη μεσαία και την αριστερή λωρίδα. Για τον προσδιορισμό του βέλτιστου ορίου αναπτύχθηκε ένας νέος αλγόριθμος. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η εφαρμογή του παραπάνω ορίου ταχύτητας, που βρέθηκε περίπου ίσο με 105 χλμ/ώρα, επιφέρει σε συνθήκες χαμηλού φόρτου (1000-1500 οχ/ώρα) μείωση στην επικινδυνότητα του

αυτοκινητόδρομου της τάξεως του 45 % ενώ σε συνθήκες υψηλού φόρτου (2500-3500 οχ/ώρα) της τάξεως 10 %. Η τιμή των 105 χλμ/ώρα που υπολόγισε το πρόγραμμα ως βέλτιστη δεν κρίνεται ιδανική ως όριο που θα δοθεί για οδηγία γιατί δεν αντιστοιχεί σε ακέραιο αριθμό ως προς την δεκάδα όπως συνηθίζεται με τα όρια του κώδικα οδικής κυκλοφορίας. Οπότε μελετήθηκε η επικινδυνότητα που αποφέρουν διάφοροι συνδυασμοί ορίων που είναι ακέραιοι ως προς την δεκάδα. Βρέθηκε μεγαλύτερη μείωση στην επικινδυνότητα να προκαλεί ο παρακάτω συνδυασμός ορίων:

- Μέγιστο όριο δεξιάς λωρίδας 100 χλμ/ώρα
- Ελάχιστο όριο μεσαίας λωρίδας 100 χλμ/ώρα
- Ελάχιστο όριο αριστερής λωρίδας 110 χλμ/ώρα

Η μείωση του δείκτη επικινδυνότητας σε συνθήκες χαμηλού φόρτου είναι της τάξεως του 47 % ενώ σε συνθήκες υψηλού φόρτου η μείωση είναι της τάξεως του 11 %. Προκύπτει επομένως το συμπέρασμα ότι αν δοθεί οδηγία στους οδηγούς που να τονίζει ότι, «όσοι κινούνται με ταχύτητα κάτω των 100 χλμ/ώρα επιβάλλεται να κινούνται στην δεξιά λωρίδα και απαγορεύεται να κινούνται με ταχύτητα μικρότερη των 110 χλμ/ώρα στην αριστερή λωρίδα», θα επιτευχθεί σημαντική μείωση στον αριθμό των ατυχημάτων.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....                                                                     | 1  |
| 1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....                                                                      | 1  |
| 1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....                                                         | 2  |
| 1.3 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....                                           | 3  |
| 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....                                                     | 5  |
| 2.1 ΑΝΑΔΡΟΜΗ - ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΥΝ<br>ΤΟΝ ΦΟΡΤΟ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ..... | 5  |
| 2.2 ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΥΝ<br>ΤΟΝ ΦΟΡΤΟ ΜΕ ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ..... | 10 |
| 2.3 ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ.....                                                             | 12 |
| 2.4 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΥΝ ΤΗΝ<br>ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕ ΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ.....          | 14 |
| 2.5 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.....                                               | 19 |
| 2.6 ΟΡΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....                                           | 19 |
| 2.7 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ .....                                                            | 21 |
| 3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΜΕΣΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - AUTOSCOPE 2004.....                           | 25 |
| 3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ AUTOSCOPE ;.....                                                     | 25 |
| 3.1.1 ΤΕΧΝΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AUTOSCOPE 2004.....                                   | 26 |
| 3.1.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AUTOSCOPE 2004.....                                       | 29 |
| 3.1.3 ΤΙ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΙ ΤΟ AUTOSCOPE 2004 ;.....                                         | 30 |
| 3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΝΤΕΟΤΑΙΝΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ<br>ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AUTOSCOPE 2004..... | 30 |
| 3.2.1 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ AUTOSCOPE 2004.....                                                  | 30 |
| 3.2.2 ΞΕΚΙΝΩΝΤΑΣ ΜΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....                                     | 32 |
| 3.2.3 ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....                                        | 35 |
| 3.2.4 ΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ MVP.....                                     | 36 |

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ.....</b>                   | <b>37</b> |
| <b>4.1 ΧΡΗΣΗ ΜΕΣΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ</b>               |           |
| <b>ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....</b>                                      | <b>37</b> |
| <b>4.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....</b>                       | <b>38</b> |
| <b>4.3 ΟΔΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ.....</b>                            | <b>38</b> |
| <b>4.4 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....</b>                            | <b>39</b> |
| <br>                                                           |           |
| <b>5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΝΤΕΟΤΑΙΝΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ</b>               |           |
| <b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AUTOSCOPE 2004.....</b>                          | <b>40</b> |
| <b>5.1 ΑΡΧΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ. ....</b>                             | <b>40</b> |
| <b>5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ DETECTOR FILE .....</b>           | <b>42</b> |
| <br>                                                           |           |
| <b>6. ΠΡΩΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....</b>                     | <b>47</b> |
| <b>6.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ.....</b>                                | <b>47</b> |
| <b>6.2 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....</b>                 | <b>49</b> |
| <b>6.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....</b>              | <b>50</b> |
| <br>                                                           |           |
| <b>7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>                | <b>52</b> |
| <br>                                                           |           |
| <b>7.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΧΡΟΝΙΚΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ.....</b>        | <b>52</b> |
| <b>7.2 ΕΥΡΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΡΟΗΣ (FREE FLOW SPEED)</b>   |           |
| <b>ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΛΩΡΙΔΑ.....</b>                                    | <b>55</b> |
| <b>7.3 ΣΧΕΣΗ ΦΟΡΤΟΥ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.....</b>                       | <b>55</b> |
| <b>7.4 ΣΧΕΣΗ ΦΟΡΤΟΥ – ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ.....</b>                      | <b>62</b> |
| <b>7.5 ΣΧΕΣΗ ΦΟΡΤΟΥ – ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΝΑ ΛΩΡΙΔΑ.....</b> | <b>64</b> |
| <br>                                                           |           |
| <b>8. ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΟΡΙΩΝ</b>            |           |
| <b>ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΛΩΡΙΔΑ.....</b>                               | <b>67</b> |

|     |                                                                                             |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8.1 | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΣΥΜΜΕΤΟΧΩΝ ΣΕ<br>ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΑΡΟΥΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ..... | 69 |
| 8.2 | ΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ – ΟΡΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ<br>ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΛΩΡΙΔΑ.....                                | 72 |
| 8.3 | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ<br>ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ.....                                      | 73 |
| 8.4 | ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ.....                                                           | 74 |
| 8.5 | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ<br>ΑΝΑΛΥΣΗ.....                                   | 77 |
| 8.6 | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΕΞΙΑΣ ΚΑΙ<br>ΤΩΝ ΑΛΛΩΝ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....       | 80 |
| 8.7 | ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ<br>ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ.....                                 | 81 |
| 8.8 | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΝΕΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ<br>ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ.....                              | 84 |
| 9.  | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....                                                                           | 90 |
| 9.1 | ΣΧΕΣΕΙΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ<br>ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.....                                            | 91 |
| 9.2 | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ.....                                                          | 93 |
| 9.3 | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....                                                         | 98 |

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

|                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Σχήμα 2.1: Μελέτη του Greenshields (1935).....                                                                                                                                   | 6  |
| Σχήμα 2.2: Μελέτη του Greenshields (1935), 2 καμπύλες.....                                                                                                                       | 6  |
| Σχήμα 2.3: Μελέτη του Greenshields (1935), 3 καμπύλες.....                                                                                                                       | 6  |
| Σχήμα 2.4: Μελέτη του Greenberg (1959).....                                                                                                                                      | 6  |
| Σχήμα 2.5: Μελέτη του Underwood (1961).....                                                                                                                                      | 7  |
| Σχήμα 2.6: Μελέτη του Edie (1961).....                                                                                                                                           | 7  |
| Σχήμα 2.7: Γραφική απεικόνιση της σχέσης φόρτου-ταχύτητας που υποστηρίχθηκε<br>σε μελέτες της δεκαετίας του 1970.....                                                            | 7  |
| Σχήμα 2.8: Σχέση ταχύτητας-φόρτου, Highway Capacity Manual 1985.....                                                                                                             | 8  |
| Σχήμα 2.9: Γενικευμένη μορφή σχέσης ταχύτητας-φόρτου.....                                                                                                                        | 9  |
| Σχήμα 2.10: Σχέση ταχύτητα-φόρτου Highway Capacity Manual 2000.....                                                                                                              | 9  |
| Σχήμα 2.11: Σχέση ταχύτητας-φόρτου, Γερμανία Autobahn 1995.....                                                                                                                  | 9  |
| Σχήμα 2.12: Σχέση πυκνότητας – φόρτου, γενικευμένη μορφή παλαιότερων μελετών.....                                                                                                | 10 |
| Σχήμα 2.13: Σχέση πυκνότητας – φόρτου, koshi et al (1983) .....                                                                                                                  | 11 |
| Σχήμα 2.14: Σχέση πυκνότητας – φόρτου, Highway Capacity Manual.....                                                                                                              | 12 |
| Σχήμα 2.15: Μεταβολή του δείκτη συμμετοχής σε ατύχημα (ατυχήματα ανά<br>100 εκατ. οχηματομίλια) σε σχέση με τη διαφορά από τη μέση ταχύτητα<br>(Solomon 1964, Cirillo 1968)..... | 15 |
| Σχήμα 2.16: Σχέση ταχύτητα – ατυχήματα (West και Dunn, 1971).....                                                                                                                | 16 |
| Σχήμα 2.17: Σχέση ταχύτητα – ατυχήματα (Solomon 1964, Cirillo 1968, Fildes<br>και άλλοι 1991 ).....                                                                              | 17 |
| Σχήμα 2.18: Σχέση ταχύτητα – ατυχήματα, Harkey (1990), West και Dunn (1971),<br>Hauer (1971).....                                                                                | 18 |
| Σχήμα 3.1: Σύστημα επιτήρησης κυκλοφορίας Autoscope.....                                                                                                                         | 26 |
| Σχήμα 3.2: Αισθητήρας εικόνας ( κάμερα).....                                                                                                                                     | 27 |
| Σχήμα 3.3: Πίνακας αλληλεπίδρασης των τηλεοπτικών πηγών.....                                                                                                                     | 28 |
| Σχήμα 3.4: Συσκευή MVP του συστήματος Autoscope 2004.....                                                                                                                        | 29 |
| Σχήμα 5.1: Detector file – εικόνα βιντεοταινίας .....                                                                                                                            | 42 |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Σχήμα 5.2:</b> Detector file – προσδιορισμός μηκών.....                                                   | 43 |
| <b>Σχήμα 5.3:</b> Detector file – μετρητές ανίχνευσης και ανιχνευτές ταχύτητας.....                          | 44 |
| <b>Σχήμα 5.4:</b> Τελικό detector file.....                                                                  | 46 |
| <b>Σχήμα 6.1:</b> Δείγμα εμφάνισης αρχείων στο λογισμικό excel.....                                          | 49 |
| <b>Σχήμα 7.1:</b> Διακύμανση φόρτου λεπτού.....                                                              | 53 |
| <b>Σχήμα 7.2:</b> Σχέση μέσου όρου απόλυτων διαφορών φόρτου- μήκος κινητού μέσου.....                        | 54 |
| <b>Σχήμα 7.3:</b> Σχέση ταχύτητας – φόρτου για κάθε λωρίδα κυκλοφορίας.....                                  | 57 |
| <b>Σχήμα 7.4:</b> Σύνθεση κυκλοφορίας της δεξιάς λωρίδας.....                                                | 59 |
| <b>Σχήμα 7.5:</b> Ποσοστιαία σύνθεση κυκλοφορίας δεξιάς λωρίδας.....                                         | 60 |
| <b>Σχήμα 7.6:</b> Σχέση ταχύτητας- συνολικού φόρτου αυτοκινητοδρόμου.....                                    | 61 |
| <b>Σχήμα 7.7:</b> Σχέση φόρτου – πυκνότητας για κάθε λωρίδα αυτοκινητοδρόμου.....                            | 63 |
| <b>Σχήμα 7.8:</b> Κατανομή της κυκλοφορίας ανά λωρίδα.....                                                   | 64 |
| <b>Σχήμα 7.9:</b> Ποσοστιαία κατανομή της κυκλοφορίας ανά λωρίδα.....                                        | 65 |
| <b>Σχήμα 8.1:</b> Μεταβολή του δείκτη συμμετοχής σε ατύχημα σε σχέση με τη διαφορά από τη μέση ταχύτητα..... | 68 |
| <b>Σχήμα 8.2:</b> Διαγράμματα κατανομών ταχυτήτων.....                                                       | 70 |
| <b>Σχήμα 8.3:</b> Σχέση δείκτη επικινδυνότητας - κυκλοφοριακού φόρτου.....                                   | 72 |
| <b>Σχήμα 8.4:</b> Σχέση βέλτιστων ορίων ταχύτητας με τον κυκλοφοριακό φόρτο.....                             | 77 |
| <b>Σχήμα 8.5:</b> Σχέση μεταβολής δείκτη επικινδυνότητας με και χωρίς όρια ταχύτητας.....                    | 79 |

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Πίνακας 5.1: Σχέση στάθμης εξυπηρέτησης – μέση ταχύτητα κυκλοφορίας.....                          | 41 |
| Πίνακας 5.2: Κωδικοί και ονομασίες μετρητών ανίχνευσης και<br>ανιχνευτές ταχύτητας.....           | 44 |
| Πίνακας 6.1: Περιγραφή λειτουργίας Station detector.....                                          | 45 |
| Πίνακας 8.1: Αναμενόμενες συμμετοχές σε ατύχημα ανά 160 εκατ. οχηματοχιλιόμετρα.....              | 71 |
| Πίνακας 8.2: Βέλτιστα όρια ταχύτητας με σκοπό την μείωση της επικινδυνότητας.....                 | 77 |
| Πίνακας 8.3: Κατανομή κυκλοφορίας με και χωρίς όρια ταχύτητας.....                                | 78 |
| Πίνακας 8.4: Μείωση της συνολικής επικινδυνότητας με τη χρήση βέλτιστων<br>ορίων ταχύτητας.....   | 78 |
| Πίνακας 8.5: Βέλτιστο όριο ταχύτητας και αντίστοιχη επικινδυνότητα.....                           | 84 |
| Πίνακας 8.6: Κατανομή της κυκλοφορίας σε λωρίδες με και χωρίς όριο.....                           | 84 |
| Πίνακας 8.7: Ποσοστιαία μείωση της επικινδυνότητας με χρήση του ορίου ταχύτητας.....              | 85 |
| Πίνακας 8.8: Δείκτης επικινδυνότητας για διάφορους συνδυασμούς ορίων.....                         | 87 |
| Πίνακας 8.9: Ποσοστιαία μείωση της επικινδυνότητας με χρήση 2 <sup>ου</sup> συνδυασμού ορίων..... | 87 |
| Πίνακας 8.10: Νέα κατανομή κυκλοφορίας.....                                                       | 88 |

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

---

Η ταχεία, ασφαλής και άνετη μετακίνηση ατόμων και αγαθών αποτελεί σημαντικό παράγοντα προς έρευνα, μελέτη και στόχο των συγκοινωνιολόγων μηχανικών. Οι τρεις παραπάνω παράγοντες εξαρτώνται σημαντικά από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος καθώς και από την ποιότητα των υπηρεσιών του (σήμανση, φωτισμός, ισόπεδες-ανισόπεδες διασταυρώσεις κτλ.). Επίσης, οι παράγοντες αυτοί εξαρτώνται και από τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού (π.χ από το φόρτο, την ταχύτητα, την πυκνότητα).

Οι οδηγοί που κινούνται σε ένα οδικό τμήμα δεν επιλέγουν την ίδια ταχύτητα. Η επιλογή της ταχύτητας εξαρτάται κυρίως από την εμπειρία του κάθε οδηγού, από την ικανότητά του, τις δυνατότητες του οχήματος, το βαθμό αντίληψης του κινδύνου, τις καιρικές συνθήκες και τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος. Ο κυκλοφοριακός φόρτος αποτελεί, για τον οδηγό, βασικό παράγοντα ως προς την επιλογή της ταχύτητας. Είναι άμεσα αντιληπτό ότι υπάρχει σχέση μεταξύ του φόρτου

και της ταχύτητας των οχημάτων. Ο προσδιορισμός της σχέσης αυτής αποτελεί σημαντικό εργαλείο για το σχεδιασμό των οδών, τη διαχείριση της κυκλοφορίας και τον προσδιορισμό της στάθμης εξυπηρέτησης.

Επίσης, στους αυτοκινητόδρομους έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο κατά το οποίο ορισμένα οχήματα με μικρή ταχύτητα επιλέγουν για την κίνησή τους την αριστερή λωρίδα αλλά και το φαινόμενο οχήματα με μεγάλη ταχύτητα να επιλέγουν τη δεξιά λωρίδα. Το γεγονός αυτό έχει αρκετές αρνητικές προεκτάσεις όπως: τη μείωση της στάθμης εξυπηρέτησης, τις αναγκαστικές αυξομειώσεις της ταχύτητας των οχημάτων και το πιο σημαντικό την αύξηση της επικινδυνότητας του αυτοκινητοδρόμου. Η κατανομή της κυκλοφορίας στις τρεις λωρίδες του αυτοκινητοδρόμου, σύμφωνα με την ταχύτητα των οχημάτων, αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την ασφαλέστερη, ταχύτερη και ανετότερη μετακίνηση τους. Απαιτείται, δηλαδή, προσδιορισμός ορίων ταχύτητας για κάθε λωρίδα με σκοπό τη μείωση της επικινδυνότητας.

## 1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η διπλωματική αυτή εργασία έχει σαν στόχο τη μελέτη των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών ελληνικού αυτοκινητοδρόμου (ταχύτητα, φόρτος, πυκνότητα, κατανομή κυκλοφορίας), τον προσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ των παραπάνω μεγεθών και τον προσδιορισμό ορίων ταχύτητας ανά λωρίδα με σκοπό τη μείωση της επικινδυνότητας της οδού.

Αναλυτικότερα προσδιορίζεται η ταχύτητα ελεύθερης ροής (free flow speed) και η σχέση κυκλοφοριακού φόρτου – μέσης ταχύτητας οχημάτων για κάθε λωρίδα χωριστά (δεξιά, μεσαία, αριστερή), καθώς και για όλη τη διατομή της μίας κατεύθυνσης του αυτοκινητοδρόμου. Ομοίως, προσδιορίζεται η σχέση φόρτου-πυκνότητας, η σχέση φόρτου – κατανομής κυκλοφορίας ανά λωρίδα καθώς και η σύνθεση κυκλοφορίας.

Επίσης, ο προσδιορισμός των ορίων ταχύτητας που αναφέρεται πιο πάνω, γίνεται σε σχέση με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Δηλαδή, ανάλογα με το φόρτο που έχει η κυκλοφορία σε μια δεδομένη στιγμή προτείνονται τα κατάλληλα μέγιστα και ελάχιστα όρια ταχύτητας για κάθε λωρίδα του αυτοκινητοδρόμου. Κατά τον προσδιορισμό των ορίων ταχύτητας θεωρείται πως οι οδηγοί κατανέμονται στη «σωστή» λωρίδα διατηρώντας την ταχύτητα τους.

Πρέπει να σημειωθεί πως η παρούσα διπλωματική εργασία δεν έχει ως σκοπό τη νομιμοποίηση των ορίων ταχύτητας που προσδιορίζει, αλλά στα πλαίσιά της γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της ποσοστιαίας μείωσης της επικινδυνότητας με κατάλληλη διευθέτηση της κατανομής της κυκλοφορίας σύμφωνα με την ταχύτητα των οχημάτων, διατηρώντας οι οδηγοί την ταχύτητα που είχαν και πριν την διευθέτηση.

### 1.3 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

---

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στους στόχους και στο αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη βιβλιογραφία και περιγράφονται οι βασικές έννοιες στις οποίες στηρίχτηκε η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφονται τα τεχνικά μέσα καταγραφής και επεξεργασίας (Autoscope 2004) που έλαβαν μέρος κατά την διαδικασία των μετρήσεων.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναπτύσσονται τα κριτήρια επιλογής του εξεταζόμενου οδικού τμήματος, η διαδικασία συλλογής των στοιχείων, και οι ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας των μετρήσεων.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία επεξεργασίας της βιντεοταινίας, που περιέχει εικόνα από την κυκλοφορία του αυτοκινητοδρόμου, με τη χρήση του συστήματος Autoscope 2004.

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται η επεξεργασία, η συστηματοποίηση και ο έλεγχος αξιοπιστίας των μετρήσεων.

Στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται η ανάλυση των μετρήσεων, δίδονται οι σχέσεις και οι καμπύλες μεταξύ του φόρτου, της ταχύτητας και της πυκνότητας καθώς και η σχέση φόρτου - κατανομής κυκλοφορίας. Επίσης, δίδονται οι ταχύτητες ελεύθερης ροής.

Στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφονται οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν για τον προσδιορισμό των ορίων ταχύτητας. Αναπτύσσονται πρότυπα μαθηματικού προγραμματισμού και δίδονται τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης καθώς και η ποσοστιαία μείωση της επικινδυνότητας της οδού.

Στο 9<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία των μετρήσεων, την ανάλυση και τα αποτελέσματα του 8<sup>ου</sup> κεφαλαίου. Επιπλέον γίνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

## **2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στην ελληνική και ξένη βιβλιογραφία σχετική με το αντικείμενο της μελέτης της παρούσας εργασίας σε όλες τις διαθέσιμες πηγές. Σκοπός της αναζήτησης ήταν η γνώση των ερευνών και των μεθόδων που ακολούθησαν άλλοι μελετητές και η γενικότερη εκπαίδευση σε θέματα κυκλοφορίας αυτοκινητοδρόμου και σχέσης των ατυχημάτων με διάφορους παράγοντες.

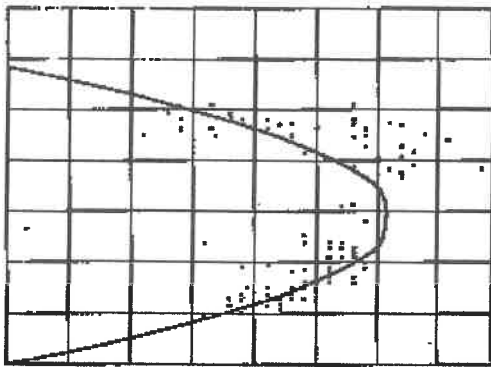
### **2.1 ΑΝΑΔΡΟΜΗ - ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΥΝ ΤΟΝ ΦΟΡΤΟ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ**

Για τον προσδιορισμό της σχέσης φόρτου-ταχύτητας έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες, οι περισσότερες σε πολιτείες των ΗΠΑ, στην Αυστραλία και σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

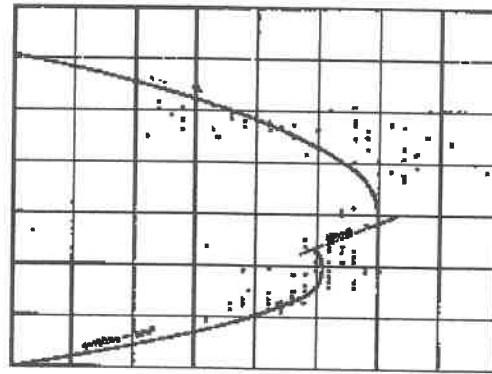
Απο την δεκαετία του 1930 ξεκίνησε μια προσπάθεια προσδιορισμού της σχέσης φόρτου-ταχύτητας και φόρτου- πυκνότητας. Στα παρακάτω σχήματα 2.1 – 2.6

παρουσιάζονται οι καμπύλες που περιγράφουν τη σχέση φόρτου-ταχύτητας, οι οποίες προσεγγίστηκαν από την αρχή της δεκαετίας του 1930 [1-4] έως τις αρχές της δεκαετίας του 1960 με βάση κυκλοφοριακά στοιχεία των οδών των ΗΠΑ. Στον κατακόρυφο άξονα αναγράφονται οι τιμές του φόρτου, ενώ στον οριζόντιο οι τιμές της ταχύτητας.

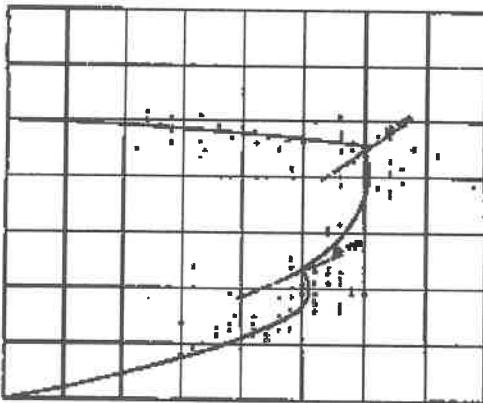
### Καμπύλες φόρτου – ταχύτητας



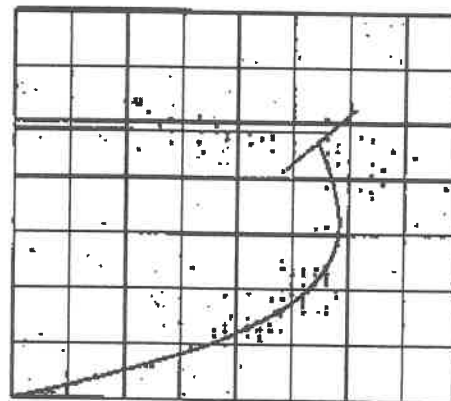
**Σχήμα 2.1 :** μελέτη του Greenshields (1935)



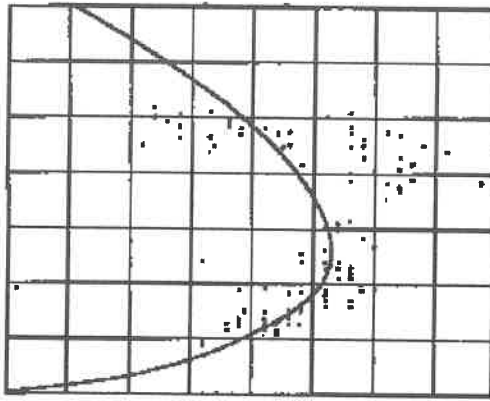
**Σχήμα 2.2 :** μελέτη του Greenshields (1935)  
2 καμπύλες



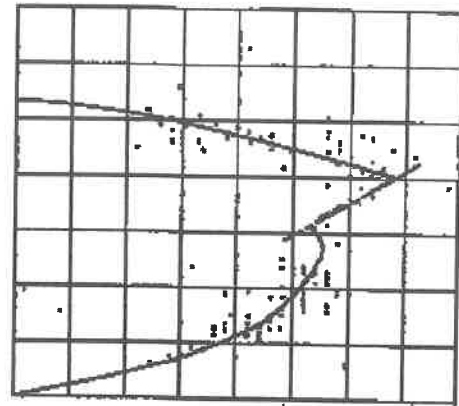
**Σχήμα 2.3 :** μελέτη του Greenshields (1935)  
3 καμπύλες



**Σχήμα 2.4 :** μελέτη του Greenberg (1959)



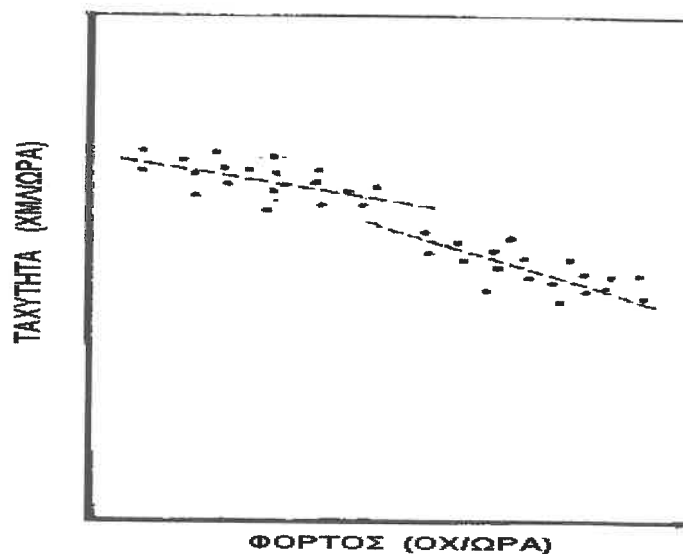
Σχήμα 2.5 : μελέτη του Underwood (1961)



Σχήμα 2.6 : μελέτη του Edie (1961)

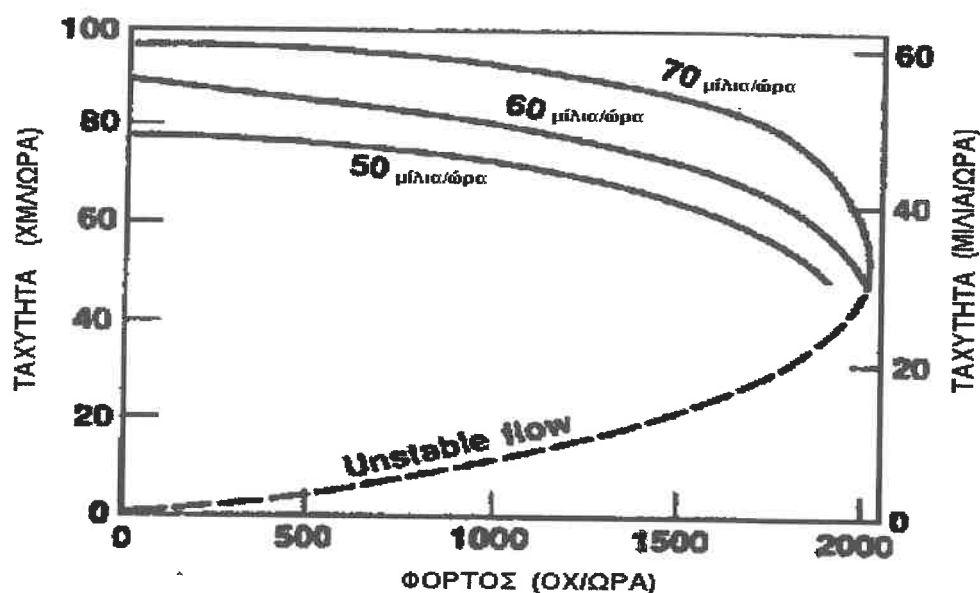
Εύκολα διαπιστώνεται η ανομοιογένεια των παραπάνω καμπυλών. Ο κάθε μελετητής παρουσιάζει διαφορετική φόρμουλα στη σχέση φόρτου-ταχύτητας. Ανάλογα ανομοιογενείς είναι και οι καμπύλες πυκνότητας – φόρτου. Η ανάγκη λοιπόν για την εύρεση της περισσότερο αξιόπιστης καμπύλης οδήγησε και άλλους μελετητές στη διερεύνηση αυτού του φαινομένου.

Στη δεκαετία του 1970 οι Coomble, Duncan, Simpson [5] ανακοίνωσαν έρευνα στην οποία περιγράφεται ξεχωριστά η σχέση του φόρτου των επιβατικών οχημάτων με την ταχύτητα και τη σχέση του φόρτου των βαρέων οχημάτων με την ταχύτητα. Η καμπύλη της σχέσης των επιβατηγών οχημάτων, έχει τη μορφή που δείχνει το σχήμα 4.7 . Παρόμοια μορφή έχει και η καμπύλη της έρευνας των Wright και Hyde (1972) [6].



Σχήμα 2.7 : Γραφική απεικόνιση της σχέσης φόρτου-ταχύτητας που υποστηρίχθηκε σε μελέτες της δεκαετίας του 1970

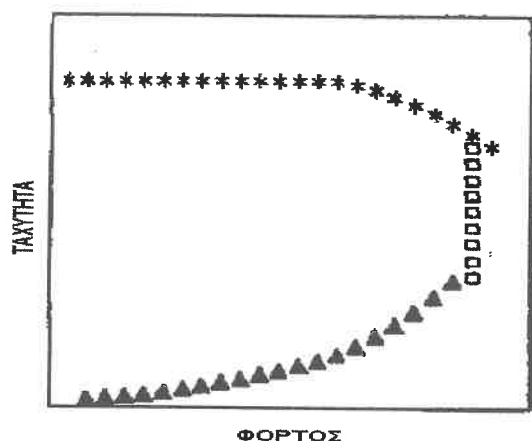
Το έτος 1985, στο εγχειρίδιο που εκδόθηκε από την κυβέρνηση των ΗΠΑ (Highway Capacity Manual) [7], παρουσιάζεται η εν λόγω σχέση να έχει τη μορφή του σχήματος 2.8. Η πάνω καμπύλη αφορά στην οδό όπου η ελεύθερη ταχύτητα είναι 70 μίλια την ώρα. Ομοίως η δεύτερη καμπύλη αφορά στην οδό με ελεύθερη ταχύτητα 60 μίλια την ώρα και η κάτω με 50 μίλια την ώρα.



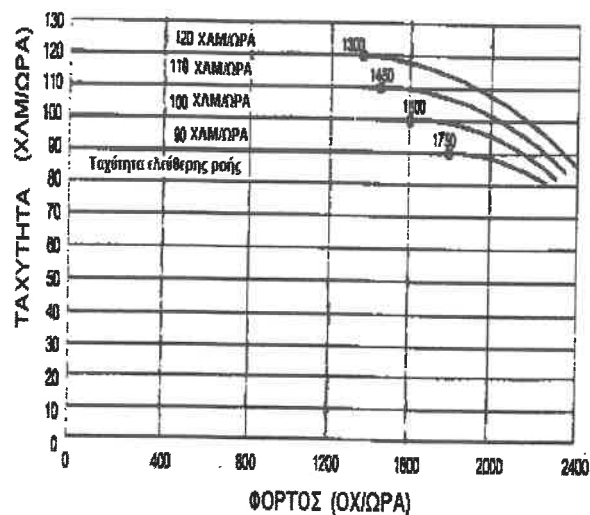
Σχήμα 2.8 : Σχέση ταχύτητας-φόρτου, Highway Capacity Manual 1985

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 παρουσιάζεται στις ΗΠΑ μια σημαντική μελέτη η οποία παρέχει μια αναθεωρημένη εικόνα (σχήμα 2.9) της σχέσης μεταξύ της ταχύτητας και του κυκλοφοριακού φόρτου-ροής των οχημάτων. Η σημαντικότητα της μελέτης αυτής οφείλεται στην αξιοπιστία των μετρήσεων της αλλά και στο μεγάλο αριθμό των κυκλοφοριακών στοιχείων που κατέγραψε [8]. Τα συμπεράσματα της μελέτης αυτής υιοθετήθηκαν από την επιτροπή του Highway Capacity manual. Κατά συνέπεια στις επόμενες εκδόσεις του παραπάνω εγχειριδίου αντί της παραβολικής μορφής εμφανίζεται καμπύλη της μορφής του σχήματος 2.9.

Η τελευταία έκδοση (2000) [9] υποστηρίζει τη σχέση του σχήματος 2.10.

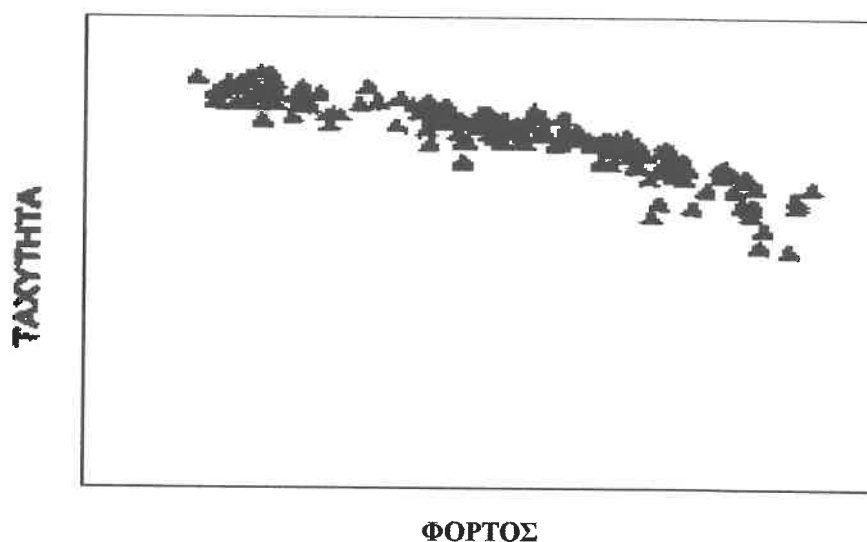


**Σχήμα 2.9 :** Γενικευμένη μορφή σχέσης ταχύτητας-φόρτου



**Σχήμα 2.10:** Σχέση ταχύτητα-φόρτου, Highway Capacity Manual 2000

Μελέτες που εκπονήθηκαν στους Γερμανικούς αυτοκινητοδρόμους και συγκεκριμένα στο Ginsheim (σχήμα 2.11) [10] έδειξαν πως η εν λόγω καμπύλη πλησιάζει την ανωτέρω γενικευμένη μορφή, όπως και η καμπύλη που σχηματίστηκε από τα κυκλοφοριακά στοιχεία των βρετανικών αυτοκινητοδρόμων.



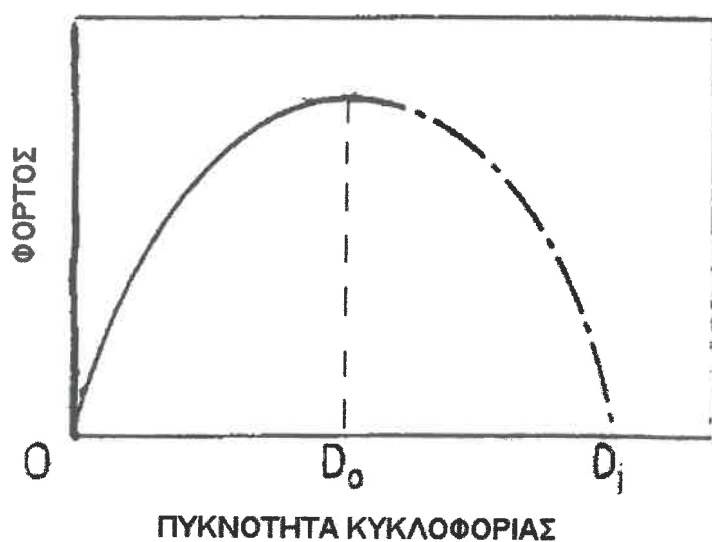
**Σχήμα 2.11 :** Σχέση ταχύτητας-φόρτου, Γερμανία Autobahn 1995

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται αλλαγή της μορφής της καμπύλης φόρτου-ταχύτητας ανάλογα με τη χώρα και ανάλογα με το έτος κατά το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις- μελέτες. Ακόμα και οι πιο πρόσφατες μελέτες, ενώ

τείνουν να ακολουθήσουν τη γενικευμένη μορφή, όπως αυτή φαίνεται στο σχήμα 2.9, παρουσιάζουν σημαντική απόκλιση η μία με την άλλη. Στην Ελλάδα δεν έχει πραγματοποιηθεί συστηματικά παρόμοια έρευνα και μελέτη. Δε θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η σχέση φόρτου ταχύτητας στους Ελληνικούς αυτοκινητόδρομους εκφράζεται με ακρίβεια με μια από τις παραπάνω καμπύλες που αντιστοιχούν σε αυτοκινητοδρόμους άλλων χωρών. Κατά συνέπεια, κρίνεται ιδιαίτερα χρήσιμος και ενδιαφέρον ο προσδιορισμός της εν λόγω σχέσης σύμφωνα με τα δεδομένα των ελληνικών αυτοκινητοδρόμων.

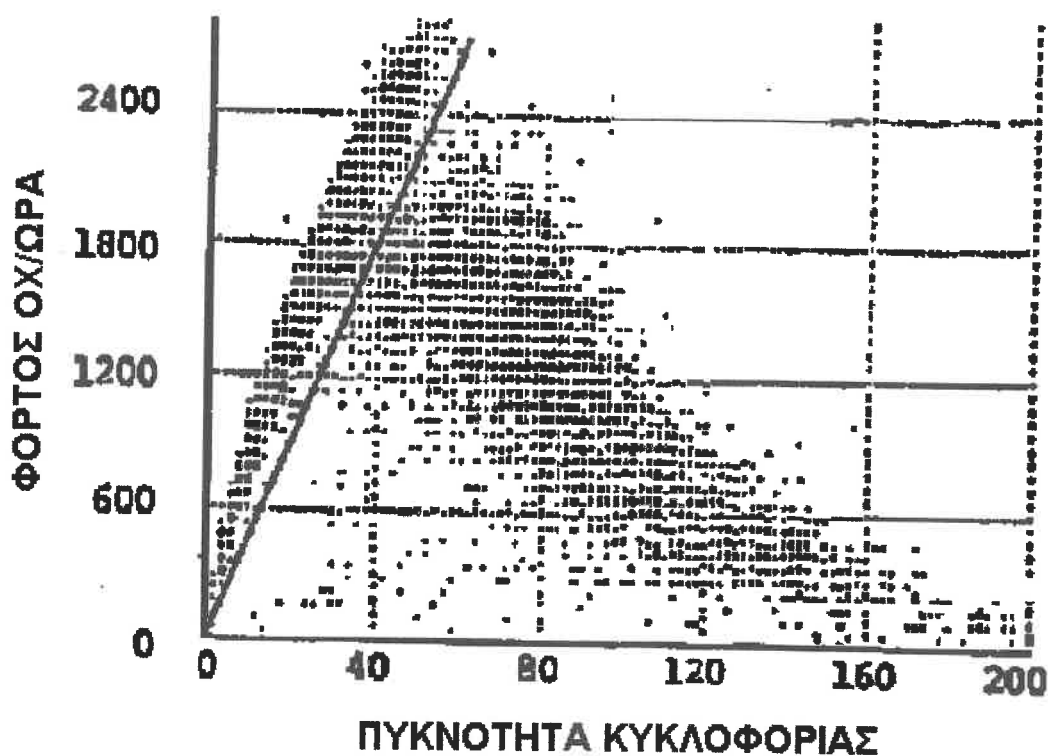
## 2.2 ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΥΝ ΤΟΝ ΦΟΡΤΟ ΜΕ ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Παλαιότερες μελέτες απέδειξαν ότι η σχέση που συνδέει το φόρτο με την πυκνότητα περιγράφεται με μία καμπύλη η οποία ξεκινά από την αρχή των αξόνων, και έχει μέγιστη τιμή για φόρτο ίση με την κυκλοφοριακή ικανότητα. Η καμπύλη αυτή παρουσιάζεται στο σχήμα 2.12. Η πυκνότητα έχει τιμή  $D_0$  για φόρτο ίσο με την κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού και μέγιστη τιμή  $D_j$  όταν ο φόρτος είναι μηδέν λόγω ακινητοποίησης των οχημάτων στην οδό.



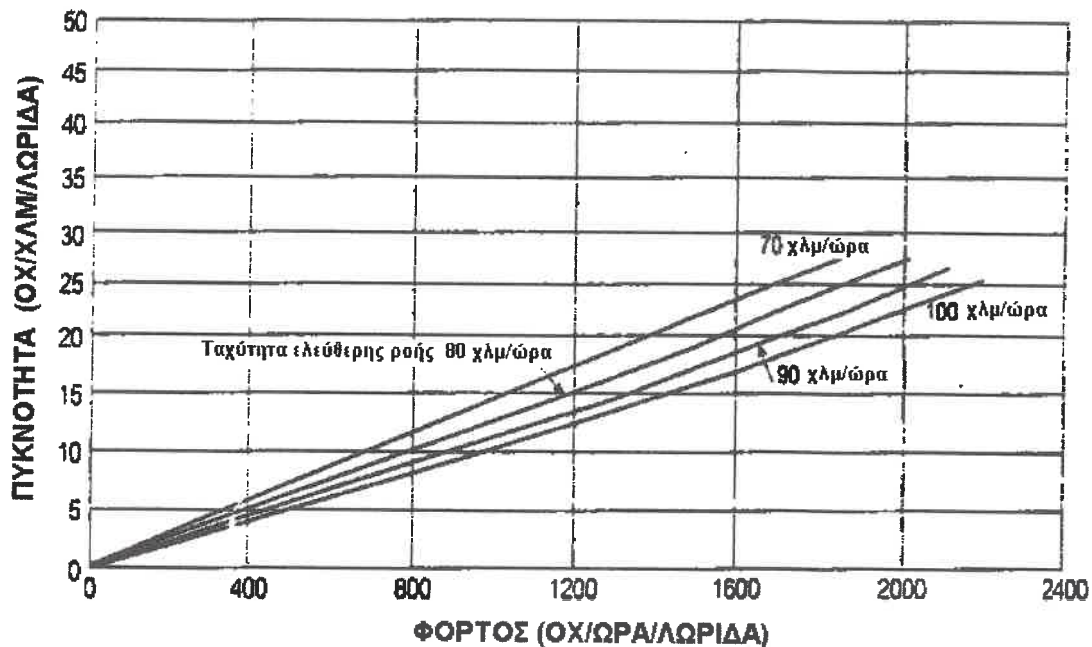
**Σχήμα 2.12 :** Σχέση πυκνότητας – φόρτου, γενικευμένη μορφή παλαιότερων μελετών

Πρόσφατες μελέτες υποστηρίζουν ότι η σχέση φόρτου - πυκνότητας είναι ευθεία γραμμή -για φόρτο έως κοντά στην κυκλοφοριακή ικανότητα- και όχι καμπύλη. Ο Koshi και οι συνεργάτες του [11] σε μία έρευνα που πραγματοποιήθηκε το έτος 1983 για αυτοκινητόδρομους, υποστήριξε ότι η εν λόγω σχέση περιγράφεται γραφικά από μία ευθεία γραμμή που την δημιουργεί το αποτυπωμένο νέφος των μετρήσεων του. Στο σχήμα 2.13 παρουσιάζεται η σχέση της πυκνότητας με το φόρτο κατά την άποψη του Koshi.



Σχήμα 2.13 : Σχέση πυκνότητας – φόρτου, Koshi και άλλοι (1983)

Στο εγχειρίδιο του Highway Capacity Manual [12] υποστηρίζεται ότι η σχέση της πυκνότητας με το φόρτο ακολουθεί ευθεία γραμμή, η οποία δίνεται από το σχήμα 2.14 . Στο σχήμα αυτό απεικονίζονται οι ευθείες γραμμές που αντιστοιχούν σε λωρίδα κυκλοφορίας που έχει ταχύτητα ελεύθερης ροής ίση με 70, 80, 90, 100 χλμ/ώρα.



Σχήμα 2.14: Σχέση πυκνότητας – φόρτου, Highway Capacity Manual

Όπως και στην περίπτωση της σχέσης ταχύτητας – φόρτου, έτσι και στην σχέση πυκνότητα – φόρτου κυκλοφορούν αρκετές απόψεις για την μορφή που έχει η γραφική της παράσταση. Η πυκνότητα αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τα συστήματα ελέγχου και επιτήρησης αυτοκινητοδρόμων. Οπότε, κρίνεται ενδιαφέρον ο προσδιορισμός της σχέσης της, με τον φόρτο στους Ελληνικούς αυτοκινητοδρόμους.

### 2.3 ΟΔΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Η συνεχής αύξηση του απόλυτου αριθμού των οδικών ατυχημάτων η οποία ακολουθεί την αύξηση του πληθυσμού και του αριθμού των οχημάτων που κυκλοφορούν, έχει καταστήσει τα οδικά ατυχήματα μια από τις κύριες αιτίες θανάτου και μια πολύ μεγάλη κοινωνική δαπάνη.

Για να γίνουν συγκρίσιμα τα μεγέθη των ατυχημάτων χρησιμοποιούνται διεθνώς διάφοροι δείκτες ατυχημάτων που ανάγουν τον αριθμό ή τα αποτελέσματα των ατυχημάτων (νεκροί, τραυματίες, συνολικό κόστος ή κόστος υλικών ζημιών) ως προς κάποιο μέγεθος που εκφράζει το οδικό έργο στο οποίο αντιστοιχούν. Σε εθνική

ή περιφερειακή κλίμακα χρησιμοποιούνται συνήθως οι παρακάτω δείκτες ατυχημάτων για ένα συγκεκριμένο έτος ή περίοδο:

α. Ανά 10.000 κατοίκους

β. Ανά 10.000 οχήματα που κυκλοφορούν

γ. Ανά 100 εκατομ. Οχηματοχιλιόμετρα για την εξεταζόμενη περίοδο

Είναι προφανές ότι ο τρίτος δείκτης είναι ακριβέστερος γιατί λαμβάνει υπόψην και το βαθμό χρησιμοποίησης των οχημάτων και επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε μικροκλίμακα (οδός, κόμβος) όπου οι άλλοι δύο δείκτες δεν έχουν έννοια. Οι άλλοι δύο δείκτες εφαρμόζονται μόνο όταν δεν υπάρχουν αξιόπιστες στατιστικές οχηματοχιλιομέτρων για την εξεταζόμενη χώρα ή περιοχή. Ο πρώτος δείκτης μπορεί να δώσει συγκρίσιμα αποτελέσματα για περιοχές που έχουν περίπου τον ίδιο δείκτη ιδιοκτησίας οχημάτων (οχήματα ανά 100.000 κατοίκους) και τον βαθμό χρησιμοποίησης των οχημάτων (διανυόμενα χιλιόμετρα ανά όχημα ανά έτος) και ο δεύτερος εκεί όπου υπάρχει ο ίδιος βαθμός χρησιμοποίησης των οχημάτων.

Δυστυχώς η Ελλάδα έχει ένα από τους ψηλότερους δείκτες ατυχημάτων και θανάτων στην Ευρώπη που δικαιολογείται κατά κύριο λόγο από την έλλειψη συστηματικής προσπάθειας πρόληψης. Πολλά μπορούν και πρέπει να γίνουν στη χώρα για τη μείωση των οδικών ατυχημάτων μέχρι το επίπεδο που έχουν πετύχει οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία και οι περισσότερες χώρες της ΕΟΚ.

Η ταχύτητα αποτελεί σοβαρή παράμετρο στην οδική ασφάλεια, γεγονός που οφείλεται στη σαφώς αντιληπτή σχέση μεταξύ της ταχύτητας των οχημάτων, των ανθρώπινων δυνατοτήτων και των περιορισμών του οχήματος. Ακόμη και οι άπειροι οδηγοί αναγνωρίζουν συνήθως την αξία της μείωσης της ταχύτητάς τους στις αβέβαιες ή επικίνδυνες καταστάσεις για να παρέχουν τον πρόσθετο χρόνο στον εαυτό τους για τη λήψη αποφάσεων και την ενέργεια που θα πράξουν. Οδηγώντας, η εμπειρία αυξάνει αυτή τη φυσική τάση για την αυτό-συντήρηση. Η καλή κρίση, εντούτοις, δεν εφαρμόζεται ομοιόμορφα από τους οδηγούς, ούτε οι ικανότητες και οι δυνατότητες κατέχονται στο ίσο μέτρο από όλους τους οδηγούς. Επομένως, η ταχύτητα των οχημάτων συσχετίζεται με την ασφάλεια κυκλοφορίας με την παρακάτω σχέση : όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ενός οχήματος τόσο λιγότερος διαθέσιμος χρόνος υπάρχει για τον οδηγό για να αντιδράσει σε έναν κίνδυνο και τόσο περισσότερο χρόνο χρειάζεται ένα όχημα για να εκτελέσει την απόφαση του οδηγού. Εάν η σχέση υπήρχε, θα εκφραζόταν στη σχετική επίπτωση των ατυχημάτων με τις διαφορετικές ταχύτητες. Η παραπάνω όμως σχέση αναθεωρείται στις ακόλουθες

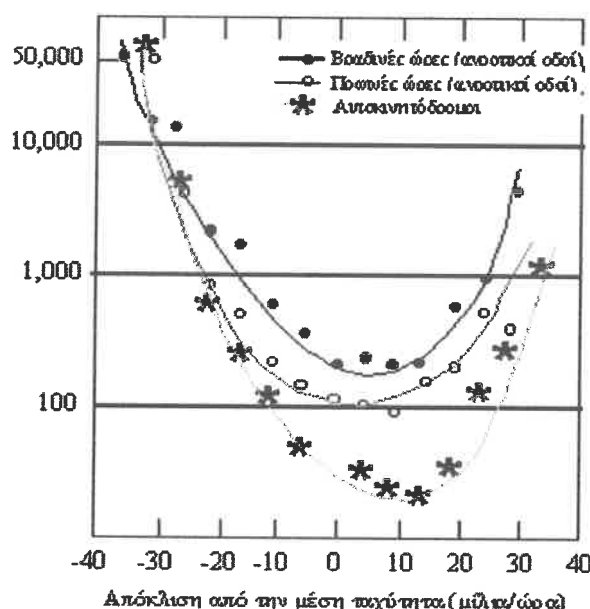
παραγράφους που αναφέρονται σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 έως το 2000 οι οποίες εκτιμούν ότι τα ατυχήματα συνδέονται με την απόκλιση της ταχύτητας από τον μέσο όρο και όχι από το μέγεθος της ταχύτητας. [13]

#### **2.4 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΣΧΕΤΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕ ΤΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ**

---

Σε μια μελέτη ορόσημο της σχέσης ταχύτητας και των εμπλοκών σε ατύχημα που περιλαμβάνουν 10.000 οδηγούς σε 600 μίλια (970 χιλιόμετρα) των αγροτικών εθνικών οδών, ο Solomon (1964) βρήκε μια σχέση μεταξύ της ταχύτητας οχημάτων και της πιθανότητας ατυχήματος που δίνεται από μια καμπύλη σε σχήμα U. Όπως φέρεται και στο σχήμα 2.15 τα ποσοστά ατυχημάτων ήταν χαμηλότερα για τις ταχύτητες ταξιδιού κοντά στη μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας, και αυξάνονταν όσο μεγαλύτερη ήταν η απόκλιση από τη μέση ταχύτητα. Δηλαδή, ένα όχημα κινδυνεύει λιγότερο όσο η ταχύτητά του βρίσκεται κοντά στη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας. Η ταχύτητα ταξιδιού εκτιμήθηκε από τα αρχεία της καταγραφής του ατυχήματος και συγκρίθηκε με τις ταχύτητες που μετρήθηκαν στις αντιπροσωπευτικές περιοχές μέσα σε κάθε τμήμα μελέτης. Οι συγκρίσεις έδειξαν ότι η έρευνα αντιπροσωπεύει όλες τις ταχύτητες που αναπτύσσουν τα οχήματα, σύμφωνα με την κατανομή της ταχύτητας που ακολουθεί η κυκλοφορία, στα υπό μελέτη οδικά τμήματα. [14]

Περαιτέρω, ο Solomon υποστηρίζει ότι τα αποτελέσματα της μελέτης του, δείχνουν πως οι «αργοί» οδηγοί είναι πιθανότερο να προκαλέσουν ατύχημα σε σύγκριση με τους σχετικά «γρήγορους» οδηγούς. Ο Cirillo (1968) [15], ως συνέχεια της παραπάνω έρευνας -σε μια παρόμοια ανάλυση 2.000 οχημάτων που ενεπλάκησαν τις πρωινές ώρες (9:00–16:00) σε ατύχημα σε διαπολιτειακούς αυτοκινητόδρομους- επιβεβαίωσε τα αποτελέσματα Solomon, που επεκτείνουν την καμπύλη σε σχήμα U στους διαπολιτειακούς αυτοκινητόδρομους των ΗΠΑ. Η ανάλυση περιορίστηκε σε ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται δύο ή περισσότερα οχήματα που ταξιδεύουν στην ίδια κατεύθυνση και που ήταν είτε μετωπικά είτε υπό γωνία.

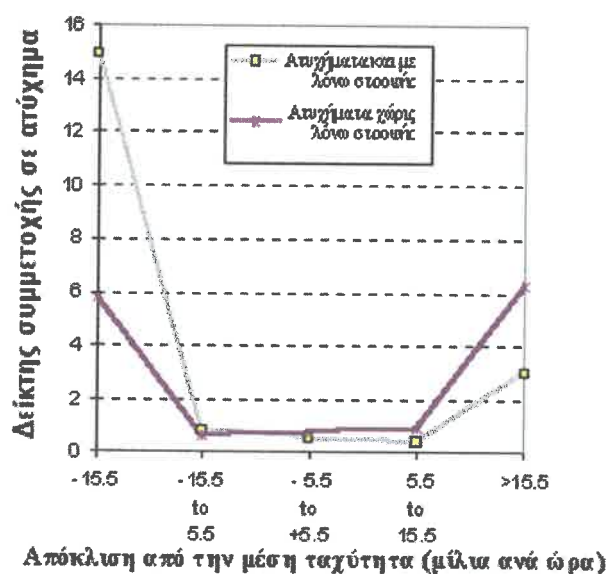


**Σχήμα 2.15 :** Μεταβολή του δείκτη συμμετοχής σε ατύχημα (ατυχήματα ανά 100 εκατ. οχηματομύλια) σε σχέση με τη διαφορά από τη μέση ταχύτητα (Solomon 1964, Cirillo 1968)

Στις παραπάνω μελέτες, οι ταχύτητες των οχημάτων που εμπλέκονται σε ατύχημα λήφθηκαν από τις εκθέσεις αστυνομίας, τις εκθέσεις του οδηγού, ή τις εκτιμήσεις τρίτων, πηγές που υπάγονται σε σφάλμα και σε άγνωστη αξιοπιστία. Μια άλλη σοβαρή αμφιβολία στην εσωτερική ισχύ των αποτελεσμάτων είναι ότι πολλά ατυχήματα προκαλούνται από τα αργά κινούμενα οχήματα που επιβράδυναν στη στροφή ή που μόλις εισήλθαν στο οδικό τμήμα και δεν πρόλαβαν να αναπτύξουν μια ασφαλή ταχύτητα. Οι παραπάνω δύο περιπτώσεις δεν καταγράφηκαν στις μελέτες που αναφέρθηκαν. Βέβαια, στην περίπτωση της μελέτης του Cirillo, η οποία αναφέρεται σε οδικά τμήματα αυτοκινητοδρόμου, τα οχήματα, θεωρείται, ότι δε μειώνουν την ταχύτητά τους στις στροφές (λόγω της μεγάλης ακτίνας της καμπύλης της στροφής) και ότι υπάρχουν οι προβλεπόμενες λωρίδες επιτάχυνσης-επιβράδυνσης. Οπότε, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι έχει μεγαλύτερη αξιοπιστία η μελέτη του Cirillo.

Οι παραπάνω μελέτες, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αποτελούν ορόσημο λόγω του ότι πρώτες ποσοτικοποίησαν τη σχέση μεταξύ ταχύτητας και ατυχημάτων και λόγω του μεγάλου δείγματος που καταγράφηκε και επεξεργάστηκε (Solomon: 10.000 οδηγοί που είχαν εμπλοκή σε ατύχημα και 290.000 συνεντεύξεις, Cirillo: 2000 οδηγοί που είχαν εμπλοκή σε ατύχημα).

Το Research Triangle Institute (1970) [16] χρησιμοποίησε συνδυασμό εκπαιδευμένων «αναλυτών» ατυχημάτων και ένα σύστημα συνεχούς καταγραφής ταχυτήτων των οχημάτων. Δημιουργήθηκαν έτσι σταθμοί ελέγχου ταχύτητας για να λάβουν την ταχύτητα των οχημάτων που εμπλέκονται σε ατύχημα και τις ακριβείς μετρήσεις των ταχυτήτων κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης. Τα λεπτομερή στοιχεία συλλέχθηκαν σε 114 ατυχήματα που περιλαμβάνουν 216 οχήματα σε μια κρατική εθνική οδό στην Ινδιάνα με όρια ταχύτητας 40 έως 65 mi/h (65 - 105km/h). Οι αναλυτές αναγνώρισαν τα οχήματα που επιβραδύνουν για να διαπραγματευτούν μια στροφή και τα αντιμετώπισαν διαφορετικά στην ανάλυση από τα οχήματα που κινούνται αργά στη ροή της κυκλοφορίας. Οι πρώτοι οδηγοί κινούνται με αργή ταχύτητα για να ολοκληρώσουν ακίνδυνα έναν προοριζόμενο ελιγμό, ενώ οι δεύτεροι κινούνται με μικρή ταχύτητα της επιλογής τους ή με μικρή ταχύτητα λόγω της περιορισμένης δυνατότητάς τους να κινηθούν πιο γρήγορα.



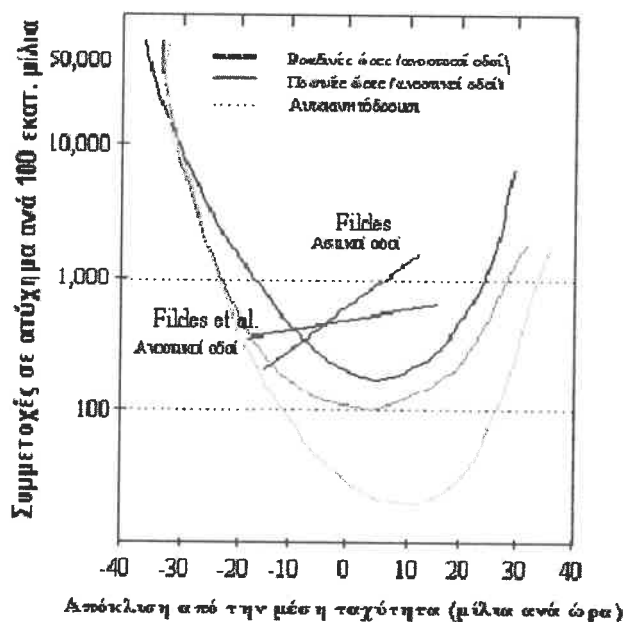
Σχήμα 2.16 : Σχέση ταχύτητα – ατυχήματα (West και Dunn, 1971)

Ο West και Dunn (1971) [17] ανακοίνωσαν τα αποτελέσματα των μελετών του Research Triangle Institute. Τα οχήματα που είχαν εμπλοκή λόγω στροφής, λογαριάζονται ως το 44 % όλων των ατυχημάτων που παρατηρούνται στη μελέτη. Αποκλείοντας αυτά τα ατυχήματα από την ανάλυση, μειώνεται πολύ ο παράγοντας που δημιούργησε την καμπύλη σε σχήμα U, η οποία είναι χαρακτηριστική των πρώτων μελετών (Solomon και Cirillo). Όπως διευκρινίζεται στο σχήμα 2.16, η

πιθανότητα σύγκρουσης είναι εξαιρετικά σταθερή για οχήματα που ταξιδεύουν με απόκλιση μέχρι 15 mi/h (25 km/h) της μέσης ταχύτητας της κυκλοφορίας.

Ο Munden (1967) [18], μετά από μια διαφορετική ανάλυση, εξέθεσε παρόμοια αποτελέσματα για τους οδηγούς στο Ηνωμένο Βασίλειο, που οδηγούν με παρεκκλίνουσες ταχύτητες. Στην μελέτη αυτή η ταχύτητα των οδηγών παρατηρήθηκε και συγκρίθηκε με τα τέσσερα προηγούμενα και τα τέσσερα επόμενα οχήματα που τους συνόδευαν. Για ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται παραπάνω από ένα όχημα η καμπύλη ταχύτητας – ατυχήματος έχει μορφή U. Πιο πρόσφατα, οι αυστραλιανοί ερευνητές, Fildes, Rumbold, και Leening (1991) [19], χρησιμοποίησαν στοιχεία ατυχημάτων που συλλέχθηκαν από τους οδηγούς, οι οποίοι γνώριζαν την ταχύτητα με την οποία οδηγούσαν και εκτιμούσαν την ταχύτητα του οχήματος που είχε εμπλακεί σε ατύχημα. Οι ερευνητές βρήκαν ότι τα ατυχήματα αυξάνονται με την αύξηση της ταχύτητας. Εντούτοις, δε βρέθηκε καμία σχέση μεταξύ των πιο αργών ταχυτήτων και της αυξανόμενης συμμετοχής σε ατύχημα. Στην πραγματικότητα, οι Fildes και Lee (1993) [20] εκθέτουν ότι οι ερευνητές, "... απέτυχαν να παρατηρήσουν τα ατυχήματα που προκλήθηκαν από οχήματα με πολύ αργές ταχύτητες όπως αναφέρθηκε από τον Solomon για τις αγροτικές οδούς".

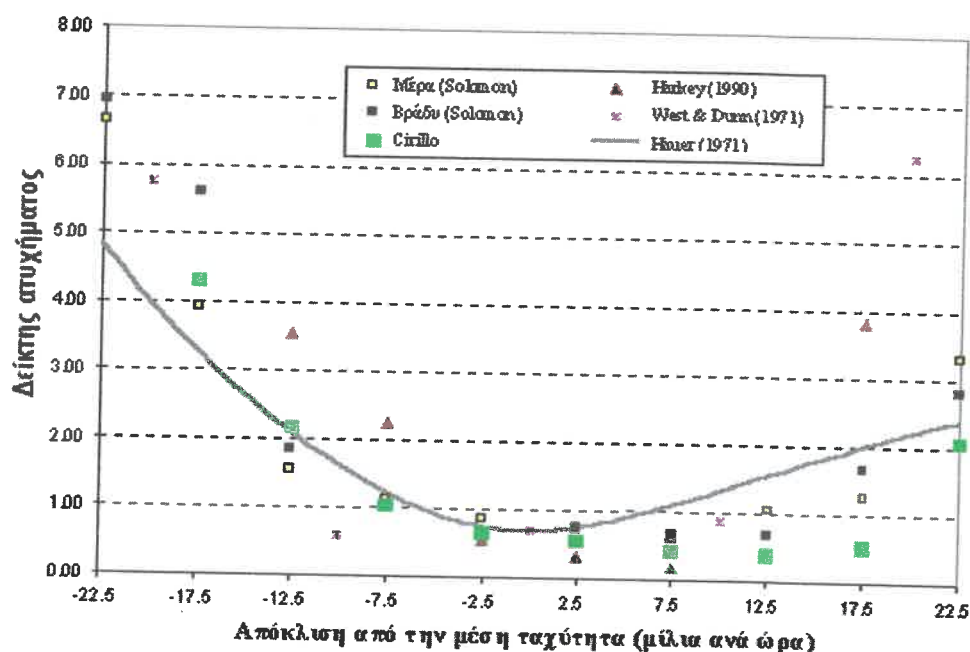
Το σχήμα 2.17 επεξηγεί τις σχέσεις ταχύτητας-ατυχημάτων που προσδιορίζονται από τον Fildes, για τις αγροτικές και τις αστικές περιοχές που χρησιμοποιούνται στη μελέτη τους. Οι σχέσεις αντιστοιχούν στις καμπύλες μορφής U που προέρχονται από την έρευνα του Solomon για αυτό το θέμα.



Σχήμα 2.17 : Σχέση ταχύτητα – ατυχήματα (Solomon 1964, Cirillo 1968, Fildes και άλλοι 1991 )

Οι Harkey, Robertson, και Davis (1990) [21] μετά από έρευνα κατέληξαν και αυτοί στο ότι η σχέση μεταξύ της ταχύτητας και των ατυχημάτων στους αστικούς δρόμους είναι μορφής U (σχήμα 2.18). Η έρευνα συνέκρινε την υπολογισμένη από την αστυνομία ταχύτητα 532 οχημάτων που είχαν εμπλακεί σε ατυχήματα κατά τη διάρκεια περιόδου τριών ετών, με τα στοιχεία ταχύτητας τα οποία υπήρχαν από τα συστήματα συνεχούς καταγραφής ταχυτήτων στις περιοχές του Κολοράντο και της βόρειας Καρολίνας. Εξαιρέθηκαν περιπτώσεις οδηγών οι οποίοι είχαν καταναλώσει αλκοόλ καθώς και τα ατυχήματα τα οποία συνέβησαν σε μη εργάσιμες μέρες. Εντούτοις, οι υπολογισμένες ταχύτητες ταξιδιού των οχημάτων πριν από τη σύγκρουση είναι αμφισβητήσιμες.

Στην υπεράσπιση των μελετών Solomon και Cirillo, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι ερευνητές έδωσαν ιδιαίτερη προσοχή στη διαφορά ταχύτητας, και όχι στην απόλυτη διαφορά, δεδομένου ότι ο αρχικός ένοχος στην επίπτωση των ατυχημάτων είναι η απόκλιση της ταχύτητας ενός οχήματος από τη μέση ταχύτητα της ελεύθερης ροής κυκλοφορίας. Η θεωρητική ανάλυση των προσπεράσεων του Hauer (1971) [22] έδειξε ότι υπάρχει άμεση σχέση (καμπύλη μορφής U) ανάμεσα στις προσπεράσεις και στα ατυχήματα, με ελάχιστη τιμή τη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας (σχήμα 2.18). Ο Hauer πρότεινε ότι "η άνευ διακρίσεως δημόσια σταυροφορία ενάντια στην ταχύτητα πρέπει να αντικατασταθεί από μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που να τονίζει τους κινδύνους της γρήγορης και της αργής οδήγησης".



Σχέση 2.18 : Σχέση ταχύτητα – ατυχήματα, Harkey (1990), West και Dunn (1971), Hauer (1971)

Σαν γενικό συμπέρασμα των παραπάνω, μπορεί να αναφερθεί το γεγονός ότι ο αριθμός των ατυχημάτων συνδέεται με την απόκλιση της ταχύτητας των οχημάτων από τη μέση ταχύτητα της οδού και όχι με το μέγεθος της ταχύτητας. Επίσης, η σχέση απόκλισης ταχύτητας-συμμετοχές σε ατύχημα είναι καμπύλη μορφής U.

## **2.5 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ**

Τα όρια ταχύτητας ορίζονται γενικά για να καθορίσουν τη λειτουργικότητα του οδικού τμήματος και να εξασφαλίσουν ικανοποιητικό επίπεδο ασφάλειας και κίνησης των οχημάτων στους δρόμους. Οι ταχύτητες πρέπει να είναι αρκετά υψηλές ώστε να εξασφαλίζουν τη γρήγορη μεταφορά ατόμων και αγαθών και όχι τόσο υψηλές ώστε να βάζουν σε κίνδυνο τους επιβάτες των οχημάτων και των πεζών. Η θέσπιση ορίων ταχύτητας είναι μια ευαίσθητη και ισορροπημένη πράξη η οποία πρέπει να λάβει υπόψιν τα κυκλοφοριακά στοιχεία της οδού (πχ. φόρτος), τα γεωμετρικά στοιχεία της οδού (πχ. ταχύτητα σχεδιασμού), τον ανθρώπινο παράγοντα (πχ. χρόνος αντίδρασης), τα γενικότερα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντα χώρου (πχ. χρήση γης) και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (εκπομπή ρύπων και θόρυβος).

## **2.6 ΟΡΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΔΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ**

Το έτος 1987 οι κυβέρνηση των ΗΠΑ ανάθεσε σε συγκοινωνιολόγους να ανεβάσουν τα όρια ταχύτητας στους διαπολιτειακούς και σε άλλους δρόμους. Οι συγκοινωνιολόγοι εξέφρασαν διαφορετικές απόψεις για την πολιτική που έπρεπε να ακολουθήσουν για την οριοθέτηση της ταχύτητας. Η μία άποψη υποστηρίζει ότι τα υψηλά όρια ταχύτητας έχουν ως συνέπεια υψηλά νούμερα ατυχημάτων με αυξανόμενο βαθμό σοβαρότητας του ατυχήματος (δηλαδή σφοδρότερη σύγκρουση – περισσότερα θανατηφόρα ατυχήματα). Τα υψηλότερα όρια ταχύτητας είναι πιο απαιτητικά ως προς την αντίληψη του οδηγού και το χρόνο αντίληψης αποφυγής ατυχήματος. Η άλλη άποψη υποστηρίζει ότι, η μεγάλη διαφορά των ταχυτήτων που παρουσιάζουν τα οχήματα μεταξύ τους σε μία λωρίδα κυκλοφορίας, είναι υπεύθυνη για τα οδικά ατυχήματα. Υποστηρίζουν επίσης ότι αν μία αλλαγή στα όρια ταχύτητας έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της διαφοράς των ταχυτήτων (αν όλα τα άλλα

παραμένουν σταθερά), τότε μια τέτοια αλλαγή μπορεί με ακρίβεια να βελτιώσει την οδική ασφάλεια. [23]

Το έτος 1984 η αναφορά του TRB [24] υποστηρίζει έμμεσα την δεύτερη άποψη και συμπεραίνει ότι « αν η μέση ταχύτητα της λωρίδας κυκλοφορίας μπορεί να αυξηθεί χωρίς να αυξήσει τις διαφορές των ταχυτήτων, τότε τα αντίξοα αποτελέσματα στην οδική ασφάλεια αναμένονται να παρουσιάζουν μικρή διαφορά σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση».

Η αναφορά του ETSC [25] το έτος 1995 για την σχέση της ταχύτητας και της οδικής ασφάλειας τονίζει την ανάγκη για διαχείριση της κυκλοφορίας ώστε να ισορροπούνται τα μειονεκτήματα των υψηλών ταχυτήτων ( πχ. σοβαρότερα ατυχήματα, μεγαλύτερη εκπομπή ρύπων, μεγαλύτερος κυκλοφοριακός θορύβος) με τους μικρότερους χρόνους ταξιδιού που προσφέρουν και σε μια καλύτερη κατανομή των οχημάτων στις λωρίδες κυκλοφορίας ανάλογα της ταχύτητάς τους. Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε δρόμους της Δανίας, Φιλανδίας, Γερμανίας, Σουηδίας, Ελβετίας, Βρετανίας και ΗΠΑ έδειξαν ότι αύξηση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας κατά 1 χλμ/ώρα έχει ως αποτέλεσμα αύξηση κατά 3% στην συχνότητα των ατυχημάτων και αντίστοιχα μείωση της μέσης ταχύτητας κατά 1 χλμ/ώρα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση κατά 3% στην συχνότητα των ατυχημάτων. Ωστόσο τονίζεται ότι βασικό αίτιο δημιουργίας ατυχήματος αποτελεί η απόκλιση που παρουσιάζουν οι ταχύτητες των οχημάτων που κινούνται σε μία λωρίδα κυκλοφορίας. Οι νεαροί οδηγοί νιώθουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση και κινούνται με υψηλές ταχύτητες ενώ αντίθετα οι μεγάλης ηλικίας οδηγοί κινούνται με μικρή ταχύτητα λόγω υπερπροσεκτικότητας και μειωμένης ικανότητας.

Μελέτη του IIHS [26] το έτος 1987 δείχνει ότι υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ της ταχύτητας και της σοβαρότητας των ατυχημάτων. Τα ατυχήματα όπου εμπλέκονται οχήματα με ταχύτητα σύγκρουσης 80 χλμ/ώρα παρουσιάζουν 20 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα να είναι θανατηφόρα από τα ατυχήματα οχημάτων με ταχύτητα σύγκρουσης 32 χλμ/ώρα. Έτσι μείωση του ορίου ταχύτητας θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας και την μείωση του ποσοστού των θανατηφόρων ατυχημάτων.

Στην αναφορά του ETSC προσδιορίζεται η αύξηση του χρόνου για ταξίδι 10 χιλιομέτρων που προκαλείται με μείωση της ταχύτητας κατά 5 χλμ/ώρα. Η μείωση της ταχύτητας από 50 χλμ/ώρα σε 45 χλμ/ώρα προκαλεί αύξηση του χρόνου ταξιδιού

κατά 1,33 λεπτά ανά 10 χλμ ταξιδιού. Μείωση της ταχύτητας από 130 σε 125 χλμ/ώρα προκαλεί αύξηση κατά 0,18 λεπτά ανά 10 χλμ ταξιδιού.

Στους Ελληνικούς αυτοκινητόδρομους συχνά παρατηρείται το φαινόμενο, οχήματα που κινούνται με μικρή ταχύτητα να επιλέγουν λωρίδα με πολύ μεγαλύτερη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας. Η αποφυγή λοιπόν του φαινομένου του «αργού» οδηγού να κινείται σε «γρήγορη» λωρίδα αλλά και του «γρήγορου» οδηγού να κινείται σε «αργή» λωρίδα θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της επικινδυνότητας. Το παραπάνω μπορεί να επιτευχθεί με μια σωστή κατανομή των οχημάτων στις λωρίδες κυκλοφορίας ανάλογα των ταχυτήτων που επιλέγουν να κινηθούν. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει να προσδιοριστούν όρια ταχύτητας ανά λωρίδα, έτσι ώστε ο οδηγός ανάλογα με την ταχύτητα του, να γνωρίζει σε ποια λωρίδα θα πρέπει να κινηθεί και ποια λωρίδα του παρέχει περισσότερη ασφάλεια. Η παρούσα διπλωματική εργασία εκτός από την μόρφωση των καμπύλων φόρτου – ταχύτητας, φόρτου – πυκνότητας, έχει ως αντικείμενο τον προσδιορισμό ορίων ταχύτητας ανά λωρίδα με σκοπό τη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων.

## **2.7 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ**

---

Τα τρία βασικά χαρακτηριστικά τα οποία χρειάζονται για να περιγραφεί η κυκλοφορία σε ένα οδικό τμήμα είναι: α) ο φόρτος β) η ταχύτητα γ) η πυκνότητα. Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται οι έννοιες των παραπάνω χαρακτηριστικών σε συνθήκες ανεμπόδιστης ροής.

### **ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ**

Ο αριθμός των οχημάτων που διέρχονται από μια διατομή οδού μέσα σε μια ορισμένη χρονική περίοδο ονομάζεται κυκλοφοριακός φόρτος της εξεταζόμενης διατομής για την εξεταζόμενη χρονική περίοδο.

Ο κυκλοφοριακός φόρτος αποδίδεται και ως αναγόμενο χαρακτηριστικό του χρονικού διαστήματος της μιας ώρας και ορίζεται ως ρυθμός ροής. Αν υποτεθεί πως

από μια διατομή οδού διήλθαν 150 οχήματα σε χρονικό διάστημα 15 λεπτών τότε ο ρυθμός ροής ισούται με 600 οχήματα την ώρα. Αποτελεί δηλαδή, τον ισοδύναμο ωριαίο ρυθμό ροής με τον οποίο περνούν τα οχήματα από ένα δεδομένο σημείο ή τμήμα μιας λωρίδας ή οδού κατά τη διάρκεια ενός κλάσματος της ώρας, συνήθως σε 15 λεπτά.

Ο κυκλοφοριακός φόρτος μπορεί να αναφέρεται είτε στα οχήματα που διέρχονται από τη συνολική διατομή της οδού, είτε στα οχήματα μιας κατεύθυνσης ή και μιας μόνο λωρίδας κυκλοφορίας. Επίσης, μπορεί να αναφέρεται σε περισσότερες από μια οδούς, όπως π.χ στο σύνολο των οδών που τέμνονται από μια περιμετρική γραμμή που περιβάλλει το κέντρο μιας πόλης ή μια σημαντική λειτουργία της (στάδιο, βιομηχανική περιοχή κ.λ.π).

Για τη μελέτη των αυτοκινητόδρομων, ο κυκλοφοριακός φόρτος αναφέρεται στα οχήματα μιας κατεύθυνσης ή και σε κάθε λωρίδα κυκλοφορίας ξεχωριστά. Η μέτρησή του χρησιμοποιείται στον προγραμματισμό, στο σχεδιασμό και στη λειτουργία των εθνικών οδών. Οι αρμόδιοι για το σχεδιασμό χρησιμοποιούν τις μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου για να ταξινομήσουν τις οδούς, να προβλέψουν τα έσοδα και να εντοπίσουν τις ανάγκες συντήρησης και σχεδιασμού νέων οδών. Επιπρόσθετα οι εν λόγω μετρήσεις χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της οδικής ασφάλειας και στην έρευνα για βελτιωμένες υπηρεσίες όπως οι οδοί προτεραιότητας. [27,28]

## **TAXYTHTA**

Το δεύτερο θεμελιώδες χαρακτηριστικό της κυκλοφορίας είναι η ταχύτητα, η οποία είναι σημαντική παράμετρος της ποιότητας των υπηρεσιών ενός οδικού τμήματος προς τους χειριστές των οχημάτων. Αποτελεί επίσης παράμετρο προσδιορισμού της στάθμης εξυπηρέτησης της οδού. Η ταχύτητα εκφράζεται συνήθως ως χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h) και συνήθως υπολογίζεται ή αναφέρεται με τις παρακάτω δύο έννοιες:

**α) Μέση ταχύτητα (average speed):** ορίζεται ως ο μέσος όρος των ταχυτήτων των οχημάτων που διέρχονται από μια διατομή στη διάρκεια ορισμένης χρονικής περιόδου.

**β) Μέση ταχύτητα χώρου (space mean speed)** ορίζεται ως ο αριθμητικός μέσος όρος των ταχυτήτων σημείου που έχουν σε μια ορισμένη στιγμή όλα τα οχήματα ή μια ορισμένη κατηγορία οχημάτων που βρίσκονται σε ένα δεδομένο μήκος της οδού. Ο ορισμός αυτός αναφέρεται στο τι γίνεται σε μια δεδομένη και απόλυτα καθορισμένη χρονική στιγμή γεγονός που κάνει το μέγεθος της μέσης ταχύτητας χώρου δύσκολο να μετρηθεί στην πράξη. Ένας ισοδύναμος ορισμός της μέσης ταχύτητας χώρου είναι η ταχύτητα που θα έπρεπε να αναπτυχθεί για να διανυθεί ένα δεδομένο μήκος οδού σε χρόνο ίσο με το μέσο χρόνο διαδρομής όλων των οχημάτων που κινήθηκαν στο μήκος αυτό στην εξεταζόμενη χρονική περίοδο.

**γ) Μέση ταχύτητα σημείου (mean spot speed):** ορίζεται ως ο αριθμητικός μέσος όρος των ταχυτήτων σημείου των οχημάτων που περνούν μπροστά από ένα σημείο του δικτύου σε μια δεδομένη χρονική περίοδο.

**δ) Ταχύτητα ελεύθερης ροής (free - flow speed):** ορίζεται ως η ταχύτητα που αναπτύσσει ένα όχημα σε συνθήκες μηδενικού κυκλοφοριακού φόρτου. Αποτελεί την ταχύτητα που επιλέγει ένας οδηγός για να κινηθεί και όχι την ταχύτητα που του επιβάλλεται λόγω της κίνησης άλλων οχημάτων.

Η ταχύτητα χρησιμοποιείται επίσης και στην ανάλυση των ατυχημάτων, στις οικονομικές μελέτες και στο σχεδιασμό των εθνικών οδών. [27]

## ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Τα μεγέθη του κυκλοφοριακού φόρτου και της ταχύτητας κυκλοφορίας που ορίστηκαν στις πιο πάνω παραγράφους βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την πυκνότητα κυκλοφορίας (traffic density) δηλαδή, τον αριθμό των οχημάτων που κινούνται σε μια δεδομένη χρονική στιγμή στη μονάδα του μήκους της οδού (συνήθως οχήματα ανά χιλιόμετρο). Η πυκνότητα κυκλοφορίας μπορεί να αναφέρεται και στις δύο ή σε κάθε μία από τις κατευθύνσεις κίνησης της κυκλοφορίας, καθώς επίσης και σε μία ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας.

Η πυκνότητα κυκλοφορίας δύσκολα υπολογίζεται χωρίς κανένα άλλο γνώρισμα της κυκλοφορίας. Για τη μέτρησή του, απαιτείται ένα πλεονεκτικό σημείο, για φωτογράφιση ή βιντεοσκόπηση αρκετά μεγάλου τμήματος οδού (συνήθως 1 km).

Ωστόσο, η πυκνότητα υπολογίζεται σε συνάρτηση με τον κυκλοφοριακό φόρτο και τη μέση ταχύτητα μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$D = \frac{Q}{U}$$

Όπου Q= φόρτος

U= μέση ταχύτητα

D= πυκνότητα

Η πυκνότητα αποτελεί κεντρική μεταβλητή στα συστήματα ελέγχου και επιτήρησης αυτοκινητοδρόμων καθώς και στα συστήματα που παρέχουν απ' ευθείας ενημέρωση της κυκλοφορίας στους οδηγούς. [27,28]

### 3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΜΕΣΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - AUTOSCOPE 2004

#### 3.1 Τι είναι το Autoscope ;

Το σύστημα Autoscope® είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα - πακέτο διαχείρισης της κυκλοφορίας που περιέχει:

- τεχνικό υλικό (hardware)
- λογισμικό
- καλώδια επικοινωνίας

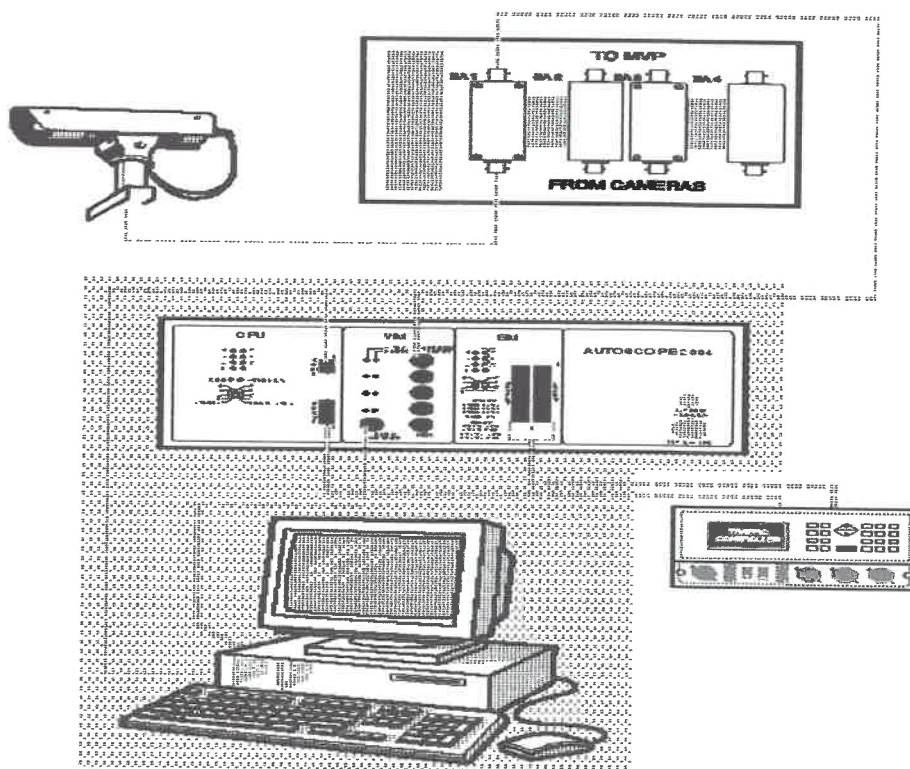
Είναι ένα περίπλοκο σύστημα επιτήρησης κυκλοφορίας που χρησιμοποιεί την τεχνολογία της ψηφιακής εικόνας για να παραγάγει ιδιαίτερα ακριβείς μετρήσεις κυκλοφορίας.

### 3.1.1 ΤΕΧΝΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Το τεχνικό υλικό-hardware του συστήματος Autoscope περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- αισθητήρα εικόνας ή τηλεοπτική πηγή
- πίνακα αλληλεπίδρασης των τηλεοπτικών πηγών, μηχανήμα κατά το οποίο συνδέονται όλες οι τηλεοπτικές πηγές οι οποίες είναι αλληλοεξαρτώμενες.
- Autoscope (MVP), το κυρίως μηχανήμα του συστήματος
- Η/Υ-συμβατός υπολογιστής

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές εφαρμογές όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σύστημα, όπως ο έλεγχος του αυτοκινητόδρομου ή της κυκλοφορίας σε μια διατομή, η ανίχνευση των γεγονότων (διακρινόμενα συμβάντα). Κάθε εφαρμογή απαιτεί εξειδικευμένα τεχνικά μέσα για να πραγματοποιήσει τη συγκεκριμένη στοιχειώδη εργασία της. Τα παραπάνω αποτελούν τη βασική εγκατάσταση του συστήματος Autoscope. Απαραίτητα κρίνονται: το σύστημα MVP και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (φαίνονται γραμμοσκιασμένα στο σχήμα 3.1)



Σχήμα 3.1 : Σύστημα επιτήρησης κυκλοφορίας Autoscope

### Αισθητήρας εικόνας

Ο αισθητήρας εικόνας (που αναφέρεται επίσης ως **κάμερα**) παρέχει την τηλεοπτική εικόνα στο Autoscope MVP. Ο αισθητήρας εικόνας είναι ένα ειδικά τροποποιημένο κλειστό κύκλωμα κάμερας.

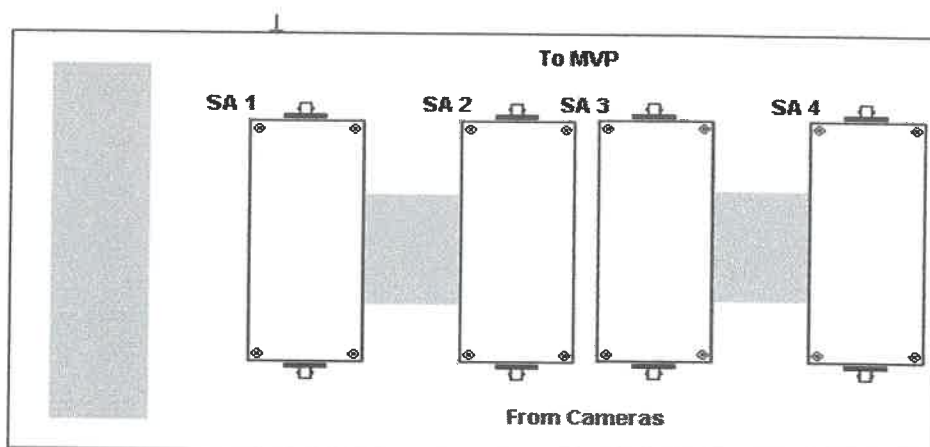
Για τις ανάγκες ωστόσο της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε για βιντεοσκόπηση μια απλή κάμερα VHS MOVIE. Σε περιπτώσεις όμως, λήψης εικόνας για μεγάλο χρονικό διαστήμα (π.χ. 2 μέρες), κρίνεται αναγκαία η χρήση της κάμερας του συστήματος Autoscope (σχήμα 3.2) για λειτουργικούς λόγους αλλά και για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα (πιο καθαρή και σταθερή λήψη). Ο τρόπος λήψης περιγράφεται στο κεφάλαιο 5.1 .



**Σχήμα 3.2 :** Αισθητήρας εικόνας ( κάμερα)

### Πίνακας αλληλεπίδρασης των τηλεοπτικών πηγών (camera interface panel)

Η εν λόγω συσκευή (σχήμα 3.3 ) προστατεύει το MVP από την ξαφνική αύξηση της τάσης από τυχόν ενέργεια αστραπής. Αποτελεί τερματικό σταθμό που εξασφαλίζει ρεύμα για τις κάμερες τις οποίες τις συνδέει με την συσκευή MVP και εξασφαλίζει την αλληλοεξάρτηση των τηλεοπτικών πηγών.

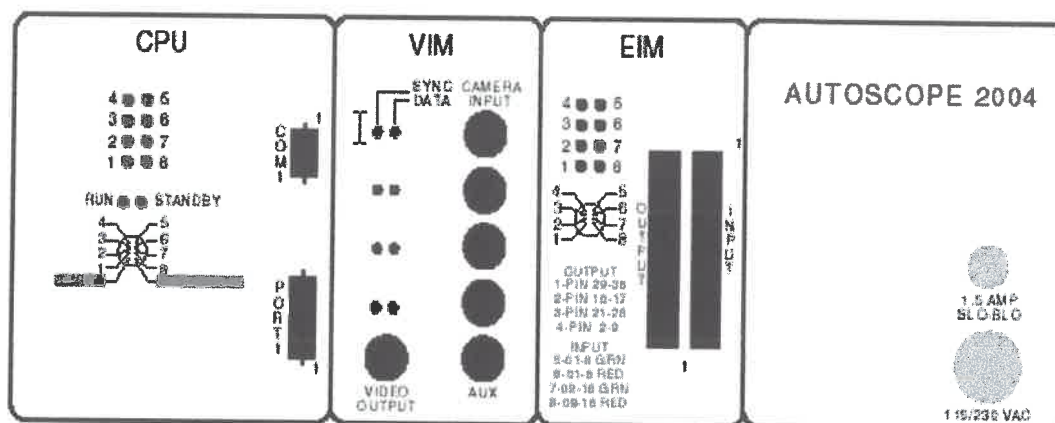


**Σχήμα 3.3 :** Πίνακας αλληλεπίδρασης των τηλεοπτικών πηγών

### Συσκευή επεξεργασίας εικόνας Autoscope (MVP)

Η συσκευή MVP (σχήμα 3.4) αποτελεί το βασικότερο μέλος του συστήματος Autoscope. Αποτελεί μια ειδική και για συγκεκριμένο σκοπό συσκευή που υποβάλλει σε επεξεργασία τη βίντεο-εικόνα. Το MVP αναλύει το τηλεοπτικό σήμα από ένα ή από πολλαπλούς αισθητήρες εικόνας (κάμερες) για να ανιχνεύσει τα οχήματα και για να υπολογίσει τις παραμέτρους κυκλοφορίας. Το MVP επικοινωνεί με τον τερματικό σταθμό του Supervisor του ηλεκτρονικού υπολογιστή για να λάβει οδηγίες και για να στείλει τα στοιχεία ανίχνευσης οχημάτων. Μπορεί επίσης να επικοινωνήσει με έναν ελεγκτή κυκλοφορίας για να στείλει τα στοιχεία ανίχνευσης κυκλοφορίας. Επιπλέον, ανάλογα με τη διαμόρφωση εξοπλισμού, μπορεί να λάβει το σήμα κυκλοφορίας συγχρονίζοντας τα στοιχεία. Συνοπτικά το MVP λαμβάνει τις οδηγίες ανίχνευσης οχημάτων από το χρήστη μέσω του software supervisor (δηλαδή τι είναι επιθυμητό να καταγραφεί και πώς να καταγραφεί), στέλνει τα στοιχεία κυκλοφορίας στον H/Y και στο software supervisor, υπολογίζει τις παραμέτρους κυκλοφορίας, στέλνει τα στοιχεία ανίχνευσης κυκλοφορίας (φόρτο, ταχύτητα κτλ) στον H/Y.

Σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία της επεξεργασίας αποτελεί ο χρονικός συγχρονισμός του MVP και του λογισμικού χρήσης της συσκευής supervisor.



Σχήμα 3.4 : Συσκευή MVP του συστήματος Autoscope 2004

### 3.1.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AUTOSCOPE 2004

**Λογισμικό Supervisor :** Γίνεται εγκατάσταση του Supervisor στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος έχει ή πρόκειται να συνδεθεί με τη συσκευή MVP. Πρόκειται για το κυρίως λογισμικό του συστήματος Autoscope το οποίο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να θέσει τους παράγοντες και τις παραμέτρους που επιθυμεί, δηλαδή να θέσει τα γεωμετρικά στοιχεία του οδικού τμήματος το οποίο μελετά και να καθορίσει τα στοιχεία τα οποία απαιτεί να του υπολογίσει το σύστημα. Το λογισμικό Supervisor επικοινωνεί με το MVP και του στέλνει τα ανωτέρω στοιχεία. Το MVP κατά την επεξεργασία της εικόνας λαμβάνει υπόψιν του αυτά τα στοιχεία και παρέχει στο τέλος της διαδικασίας τα κυκλοφοριακά δεδομένα που υπολόγισε στο λογισμικό Supervisor. Το τελευταίο, γίνεται κατόπιν εντολής του χρήστη που απαιτεί από το MVP να του δοθούν τα κυκλοφοριακά δεδομένα, αφού έχει ορίσει την ώρα έναρξης και την ώρα τέλους, το χρονικό διάστημα δηλαδή, κατά το οποίο το MVP επεξεργάστηκε την τηλεοπτική εικόνα της οποίας θέλουμε τα κυκλοφοριακά δεδομένα.

**Λογισμικό Traffic Data Formatter** : Γίνεται εγκατάσταση του λογισμικού στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αυτό το βοήθημα παίρνει ένα δυαδικό αρχείο στοιχείων κυκλοφορίας που έχει φορτωθεί από το MVP στο Supervisor, και παράγει ένα σχηματοποιημένο αρχείο κειμένων. Το τελικό κείμενο των κυκλοφοριακών στοιχείων δηλαδή, γίνεται δεκτό κατόπιν της επεξεργασίας από το εν λόγω λογισμικό.

### **3.1.3 Τί υπολογίζει το Autoscope 2004 ;**

---

Το σύστημα Autoscope 2004 υπολογίζει τα παρακάτω κυκλοφοριακά στοιχεία:

- Φόρτο
- Μέση Ταχύτητα
- Μέση ταχύτητα χώρου
- Πυκνότητα
- Μήκος οχημάτων
- Κατάληψη χώρου
- Χρονικούς διαχωρισμούς
- Στάθμη εξυπηρέτησης

## **3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΙΝΤΕΟΤΑΙΝΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AUTOSCOPE 2004**

### **3.2.1 ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ AUTOSCOPE**

---

Πριν την επεξεργασία της εικόνας από το MVP ο χρήστης μέσω του λογισμικού Supervisor πρέπει να ρυθμίσει ορισμένες παραμέτρους σύμφωνα με τις προτιμήσεις του. Μέσω του «SET PREFERENCE DIALOG BOX» πρέπει να ρυθμιστούν:

- οι παράμετροι του βίντεο (VIDEO PREFERENCES) από όπου προέρχεται η εικόνα. Αν η κάμερα λειτουργεί σύμφωνα με τα αμερικάνικα πρότυπα θα πρέπει να επιλεγεί NTSC λειτουργία ενώ αν λειτουργεί με τα ευρωπαϊκά θα

πρέπει να επιλεγεί PAL λειτουργία. Επίσης, θα πρέπει να ρυθμιστεί κατάλληλα ανάλογα με το αν η εικόνα προέρχεται από την κάμερα του συστήματος Autoscope ή από μια άλλη κάμερα VHS.

- οι χρονικές παράμετροι (TIME PREFERENCES) όπως η ημερομηνία έναρξης και ο χρόνος που το MVP επανεξετάζει την εικόνα.
- οι μονάδες μέτρησης (UNITS OF MEASURE). Τα κυκλοφοριακά στοιχεία παρέχονται από το σύστημα σε μέτρα (π.χ. km/h) αν η επιλογή είναι metric ή σε πόδια (π.χ. mi/h) αν η επιλογή είναι English.
- το χρονικό διάστημα (TIME SLICE) ανά το οποίο το σύστημα θα παρέχει τα κυκλοφοριακά στοιχεία. Αν η επιλογή είναι 15 min τότε π.χ. μας παρέχει φόρτους 15λέπτου.
- οι παράμετροι που αφορούν την ταχύτητα των οχημάτων και το μήκος τους (SPEED TRAP PARAMETERS). Θα πρέπει δηλαδή να επιλεγεί η μέγιστη ταχύτητα οχήματος. Αν ένα όχημα ταξιδεύει με ταχύτητα μεγαλύτερη από τη μέγιστη ταχύτητα οχήματος, τότε καταγράφεται με τη μέγιστη ταχύτητα που έχει οριστεί. Ακόμα, ορίζεται και η ελάχιστη ταχύτητα. Επίσης, λόγω της γωνίας βιντεοσκόπησης με το οδικό τμήμα το σύστημα δεν αναγνωρίζει με ακρίβεια το μήκος του οχήματος. Γι' αυτό ορίζεται ένας συντελεστής μήκους, που πολλαπλασιαζόμενος με το αρχικό μήκος, δίνει τη δυνατότητα στο σύστημα να δείχνει το πραγματικό μήκος του οχήματος.
- οι παράμετροι κατά τους οποίους το σύστημα μας παρέχει τη στάθμη εξυπηρέτησης (LEVEL OF SERVICE) του οδικού τμήματος (π.χ. στάθμη εξυπηρέτησης A για μέση ταχύτητα οχημάτων μεγαλύτερη των 60 μιλίων την ώρα.
- οι παράμετροι που αφορούν στη συσκευή MVP (AUTOSCOPE OPTIONS), όπως ο τύπος του συγκεκριμένου μηχανήματος

### 3.2.2 ΕΞΕΚΙΝΩΝΤΑΣ ΜΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Από το κυρίως menu του λογισμικού Supervisor επιλέγεται η εντολή “file” και κατόπιν η εντολή “new detector file”. Στη συνέχεια ομοίως από το κυρίως menu επιλέγεται η εντολή “camera” και στην οθόνη ανοίγει ένα νέο παράθυρο το οποίο λέγεται “camera”.

Στο παράθυρο “camera” δίδονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οδικού τμήματος, ενημερώνεται το σύστημα για τα κυκλοφοριακά στοιχεία τα οποία θα επεξεργαστεί και θα τα δώσει ως αποτελέσματα. Όλα τα παραπάνω θα γίνουν με βάση μια φωτογραφία από το υπό μελέτη οδικό τμήμα η οποία θα προέλθει από τη βιντεοταινία ή από την κάμερα του συστήματος Autoscope 2004.

Αναλυτικότερα με συγκεκριμένη σειρά ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Ανοίγεται η σύνδεση μεταξύ συσκευής MVP και του λογισμικού Supervisor. Αυτό μπορεί να λάβει χώρα μόλις ανοίξει το εν λόγω λογισμικό μετά από ερώτηση που εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή ή από επιλογή της εντολής “open communication”.
2. Από τη βιντεοσκόπηση που ήδη έχει πραγματοποιηθεί παρέχεται εικόνα στη συσκευή MVP, δηλαδή συνδέεται το βίντεο με τη συσκευή MVP ενεργοποιείται η εικόνα να «τρέχει».
3. Από το παράθυρο “camera” επιλέγεται η εντολή “get compressed frame” και ως συνέπεια αυτού εμφανίζεται μία φωτογραφία η οποία αντικαθιστά το υπάρχων μπλε φόντο. Η φωτογραφία αυτή είναι η απεικόνιση μιας στιγμής της βιντεοσκόπησης που πραγματοποιήθηκε και παρέχει οπτική επαφή με το υπό μελέτη οδικό τμήμα.
4. Έπειτα, επιλέγεται η εντολή “calibrate”. Σε αυτό το σημείο ορίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Ορίζεται το ύψος βιντεοσκόπησης. Ύστερα, ορίζονται γραμμές πάνω από τις κατά μήκος γραμμές της οδού, τις γραμμές κυκλοφορίας δηλαδή που οριοθετούν τις λωρίδες κυκλοφορίας. Ορίζεται το πλάτος της λωρίδας. Επίσης, ορίζεται η απόσταση δύο ευθειών οι

οποίες είναι κάθετες με τις γραμμές της κυκλοφορίας. Το σύστημα έτσι έχει τη δυνατότητα να γνωρίζει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και με τις διάφορες εσωτερικές επεξεργασίες να υπολογίζει το μήκος οποιουδήποτε τμήματος.

5. Στο πέμπτο βήμα ορίζεται το είδος των αποτελεσμάτων που θα εκδόσει το σύστημα. Από το παράθυρο “camera” επιλέγουμε μία από τις παρακάτω εντολές:

- i. Καταμέτρηση ανιχνευτών (Count Detectors)
- ii. Ανίχνευση παρουσίας (Presence Detectors)
- iii. Ανιχνευτές ταχύτητας (Speed Detectors)
- iv. Λειτουργίες ανιχνευτού (Detector Functions)
- v. Σταθμός ανιχνευτή (Station Detector)
- vi. Εισαγωγή εξωτερικών ανιχνευτών (Input Detectors)
- vii. Ένδειξη ταχύτητας (Speed Alarms)
- viii. Σταθεροποιητής ανιχνευτή (Detector Stabilizer)
- ix. Ρυθμιστής σταθεροποιητή (Stabilization Arbitrator)
- x. Διαφορά της ανίχνευσης (Contrast Detector)
- xi. Ρυθμιστής βλάβης εικόνας (Video Loss Arbitrator)

Οι παραπάνω εντολές είναι χρήσιμες για τη δημιουργία του detector file, το οποίο ορίζεται ως ένα αρχείο που δίνει τη δυνατότητα στη συσκευή MVP να προσδιορίζει τις απαιτήσεις του χρήστη. Το αρχείο αυτό ονομάζεται από το χρήστη και καταχωρείται στη μνήμη του υπολογιστή. Περισσότερες πληροφορίες για τη λειτουργία και την εφαρμοσιμότητα της κάθε εντολής δίδονται αμέσως παρακάτω:

Καταμέτρηση ανιχνευτών (Count Detectors) : Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται σχεδόν πάντοτε μιας και δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ορίσει ορισμένη γραμμή στη φωτογραφία πάνω από την οποία αν περάσει ένα όχημα το σύστημα να το συμπεριλάβει στην καταμέτρηση. Δηλαδή, το Count Detector ορίζει τη διατομή της οδού που θέλει ο χρήστης να κάνει τις μετρήσεις του. Επίσης, ο χρήστης πρέπει να ορίσει το αν τα οχήματα κινούνται με

κατεύθυνση προς την κάμερα, το σημείο δηλαδή όπου πραγματοποιήθηκε η βιντεοσκόπηση, ή αντίθετη. Το Count Detector ονομάζεται από το χρήστη π.χ. Count Right Lane.

Ανίχνευση παρουσίας (Presence Detectors): Η εντολή αυτή έχει την δυνατότητα να ανιχνεύει τα οχήματα τα οποία είναι σταματημένα ή περνούν οριζόντια τη γραμμή ανίχνευσης που ορίζει ο χρήστης.

Ανιχνευτές ταχύτητας (Speed Detectors): Με αυτή την εντολή ο χρήστης ορίζει τη διατομή εκείνη όπου αναζητά τις ταχύτητες και τα μήκη των οχημάτων που τη διαπερνούν. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει στον ανιχνευτή την καταμέτρηση ταχυτήτων οι οποίες είναι μεταξύ ενός ορισμένου ανώτατου και κατώτατου ορίου. Επίσης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει το μήκος αυτό κάτω του οποίου ένα όχημα χαρακτηρίζεται ως επιβατικό, τα πλαίσια μήκους ενός ημιφορτηγού και τα πλαίσια μήκους φορτηγού, έτσι ώστε το σύστημα να δώσει σαν αποτέλεσμα τον αριθμό των τριών κατηγοριών οχημάτων ξεχωριστά.

Λειτουργίες ανιχνευτού (Detector Functions): Η εντολή αυτή έχει σαν σκοπό τον καθορισμό ορισμένων λειτουργιών (συνολικά 9) που επιθυμεί ο χρήστης να δραστηριοποιήσει κατά τη μέτρηση π.χ. το Count Detector1 να μετράει τα οχήματα μόνο όταν το Count Detector2 επικαλύπτεται με όχημα.

Σταθμός ανιχνευτή (Station Detector) : ο εν λόγω σταθμός συνδέεται με το Count Detector, το Presence Detector και το Speed Detector και καθορίζει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το σύστημα παρέχει τους μέσους όρους των αποτελεσμάτων (interval data). Επίσης, καθορίζει τις παραμέτρους της στάθμης εξυπηρέτησης.

Εισαγωγή εξωτερικών ανιχνευτών (Input Detectors) : Με αυτή τη λειτουργία δίνει ο χρήστης πληροφορίες στο σύστημα για τη σήμανση στο οδικό τμήμα. Έτσι, όταν αλλάζει ένα σήμα κυκλοφορίας από κόκκινο σε πράσινο, η ίδια πληροφορία μεταδίδεται και στο σύστημα.

Ένδειξη ταχύτητας (Speed Alarms): Η λειτουργία αυτή επιτρέπει στο χρήστη να ενημερώνεται όταν π.χ. ένα όχημα κινείται μέσα σε ένα ορισμένο διάστημα ταχύτητας ή δίνει πληροφορίες για τη μέση ταχύτητα μιας ομάδας οχημάτων.

Σταθεροποιητής ανιχνευτή (Detector Stabilizer) : Η λειτουργία αυτή δουλεύει παράλληλα με τους προηγούμενους ανιχνευτές και έχει σκοπό να ελαχιστοποιήσει τα λάθη που προέρχονται από την ποιότητα λήψης της εικόνας.

Ρυθμιστής σταθεροποιητή (Stabilization Arbitrator) : Η εντολή αυτή συνεργάζεται με το detector stabilizer και έχει σκοπό να αντισταθμίσει την κίνηση του φακού της κάμερας που προκαλεί η αλλαγή της φωτεινότητας.

Διαφορά της αντίχρεσης (Contrast Detector) : Η λειτουργία αυτή σε περίπτωση βλάβης της κάμερας ή σε περίπτωση που έχει χαθεί η εικόνα ή σε αλλαγή των καιρικών φαινομένων ( βροχή) στέλνει ένα σήμα που ενημερώνει τον χρήστη για τα παραπάνω. Δηλαδή, ενημερώνει το χρήστη όταν η εικόνα παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη διαφορά από τη συνηθισμένη.

Ρυθμιστής βλάβης εικόνας (Video Loss Arbitrator) : Πάντα χρησιμοποιείται με το Contrast detector. Επιτρέπει στη συσκευή MVP να στείλει σήμα όταν η ποιότητα του βίντεο δεν είναι καλή.

Ο χρήστης με τη βοήθεια των παραπάνω λειτουργιών δημιουργεί το detector file το οποίο καταχωρείται στον υπολογιστή με μορφή αρχείου tf.

### 3.2.3 ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

---

Το λογισμικό supervisor στο κυρίως παραθυρό του εμφανίζει ένα ρολόι και την ένδειξη της ημερομηνίας. Όταν ξεκινήσει η παροχή την εικόνα που επιθυμείται

για επεξεργασία στο MVP ο χρήστης είναι αναγκαίο να σημειώσει την ώρα και την ημερομηνία έναρξης που εμφανίζεται στην οθόνη.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να βλέπει το βίντεο στην οθόνη του υπολογιστή του, καθώς και την ταχύτητα και το μήκος του κάθε οχήματος. Το παραπάνω, γίνεται βάση της εντολής “display”. Όταν τελειώσει το βίντεο ο χρήστης σημειώνει την ώρα λήξης.

#### **3.2.4 ΛΗΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ MVP**

Ο χρήστης απαιτεί από το σύστημα, βάση της εντολής data- get Autoscope data και με βάση την ώρα έναρξης και λήξης, να του παρέχει τα κυκλοφοριακά στοιχεία - αποτελέσματα της επεξεργασίας, τα οποία δίνονται σε μορφή DAT δηλαδή σε δυαδική μορφή.

Με τη χρήση του Traffic Data Formatter (λογισμικό του συστήματος Autoscope) τα αποτελέσματα μετατρέπονται από δυαδική μορφή σε text file και έτσι επιτρέπεται η περαιτέρω επεξεργασία των στοιχείων αλλά και η ανάγνωσή τους από λογισμικά όπως excel και spss.

#### 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

---

Για τις ανάγκες της μελέτης συλλέχθηκαν κυκλοφοριακά στοιχεία από τμήμα αυτοκινητοδρόμου. Ο τρόπος, ο τόπος και ο χρόνος κατά τον οποίο έγινε η συλλογή των στοιχείων παρουσιάζεται παρακάτω.

##### 4.1 ΧΡΗΣΗ ΜΕΣΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η ανάλυση των στοιχείων μελέτης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του συστήματος Autoscope. Καθοριστικός παράγοντας για τη χρήση του παραπάνω συστήματος ήταν η ανάγκη για συνεχή μέτρηση των κυκλοφοριακών στοιχείων, στη διάρκεια του χρόνου. Το σύστημα Autoscope όπως αναφέρεται στο προηγούμενο κεφάλαιο επεξεργάζεται εικόνα η οποία προέρχεται από την κάμερα του συστήματος ή από μία απλή κάμερα VHS MOVIE. Για τις ανάγκες της διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε μια κάμερα PANASONIC M7 VHS.

## 4.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

---

Για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα η καταγραφή έπρεπε να πραγματοποιηθεί με λήψη βιντεοκάμερας από γέφυρα έτσι ώστε τα διερχόμενα οχήματα να έχουν κατεύθυνση προς την κάμερα ώστε να γίνετε πιο εύκολη και πιο ακριβής η γεωμετρική καταγραφή και ανάλυση του υπό μελέτη οδικού τμήματος από το σύστημα Autoscope.

Το οδικό τμήμα έπρεπε να χαρακτηρίζεται απο συγκεκριμένες κυκλοφοριακές συνθήκες όπως: μη διακοπτόμενη ροή των οχημάτων, ευθύγραμμο τμήμα 3 λωρίδων ανά κατεύθυνση με διαχωριστική λωρίδα ενδιάμεσα.

## 4.3 ΟΔΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

---

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τμήμα της εθνικής οδού Αθηνών – Λαμίας στο 25<sup>ο</sup> χλ. στο ρεύμα προς Λαμία στο ύψος του συγκροτήματος καταστημάτων «Σείριος» (για την ακρίβεια μέσα απο το «Σείριος» έτσι ώστε εξασφαλιστεί η σταθερότητα της βιντεοσκόπησης).

Το υπό μελέτη οδικό τμήμα παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. 6 λωρίδες κυκλοφορίας, 3 ανά κατεύθυνση
2. διαχωριστική νησίδα
3. πλάτος λωρίδας 3.75 μετρα
4. ευθεία αρκετών χιλιομέτρων
5. 0% κλίση
6. συνθήκες ελεύθερης ροής της κυκλοφορίας
7. σχετικά καλής ποιότητας οδόστρωμα και στις τρεις λωρίδες (χωρίς απότομες κλίσεις, βαθουλώματα κτλ.)

#### **4.4 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

---

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε 3 διαφορετικές μέρες, πρωινές και απογευματινές ώρες. Η επιλογή των ημερών ήταν συνάρτηση της ανάγκης για καταγραφή χαμηλών, συνηθισμένων και υψηλών φόρτων.

Η πρώτη μέρα (12 Αυγούστου) επιλέχθηκε λόγω του υψηλού φόρτου που αναμενόταν να παρουσιάσει (όπως και έγινε) λόγω πολλών συγκυριών (υψηλής θερμοκρασίας στην Αττική, πρώτη μέρα μη εργάσιμου πενταήμερου λόγω 15 Αυγούστου). Καταγράφηκαν μετρήσεις από τις 12.00 έως τις 18.00 .

Η δεύτερη μέρα (25 Αυγούστου) επιλέχθηκε ως μία τυπική καθημερινή μέρα. Καταγράφηκαν μετρήσεις από τις 10.00 έως τις 13.00 .

Η τρίτη μέρα (29 Αυγούστου) επιλέχθηκε ως μία μη καθημερινή μέρα. Καταγράφηκαν μετρήσεις από τις 10.00πμ έως τις 13.00 .

Το συνολικό χρονικό διάστημα καταγραφής κάλυψε 12 ώρες.

#### **ΆΛΛΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

Για τις ανάγκες της επεξεργασίας της βιντεοταινίας από το σύστημα Autoscope 2004, μετρήθηκε το ύψος βιντεοσκόπησης σε σχέση με την επιφάνεια του οδοστρώματος. Μετρήθηκε επίσης ορισμένο μήκος τμήματος κατά μήκος της νησίδας και ορισμένο τμήμα κατά μήκος της δεξιάς λωρίδας ώστε να χρησιμοποιηθεί από το σύστημα Autoscope. Τα παραπάνω μήκη περιγράφονται αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 5.2 .

Για την επαλήθευση των μετρήσεων, κατά την διάρκεια αυτών, βιντεοσκοπήθηκε όχημα με γνωστή την ταχύτητα του. Το όχημα αυτό, λόγω του ότι είναι πιθανόν να παρουσιάζει απόκλιση η πραγματική του ταχύτητα από αυτή που εμφανίζει στο ταχύμετρο του, υποβλήθηκε σε μέτρηση ταχύτητας σύμφωνα με την σχέση  $u=dx/dt$ .

Γνωρίζοντας την απόσταση  $dx$  και μετρώντας το χρονικό διάστημα  $dt$  κατά το οποίο το όχημα διανύει την παραπάνω απόσταση υπολογίστηκε η πραγματική του ταχύτητα. Αυτή η ταχύτητα συγκρίθηκε με αυτήν που εκτιμά το σύστημα Autoscope 2004 και το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6.3.

## **5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΝΤΕΟΤΑΙΝΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ AUTOSCOPE**

Πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση του συστήματος Autoscope ως εξής :

- Σύνδεση της συσκευής MVP με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Σύνδεση της συσκευής αναπαραγωγής εικόνας (βίντεο) με τη συσκευή MVP.
- Εγκατάσταση λογισμικού Supervisor και Traffic Data formatter στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

### **5.1 ΑΡΧΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ**

Όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.2.1 πριν την επεξεργασία ο χρήστης πρέπει να ρυθμίσει ορισμένες παραμέτρους σύμφωνα με τις προτιμήσεις του.

Επιλέχθηκε λειτουργία PAL αφού η κάμερα βιντεοσκόπησης προσεγγίζει τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Επίσης, επιλέχθηκε ως μονάδα μέτρησης μήκους το μέτρο.

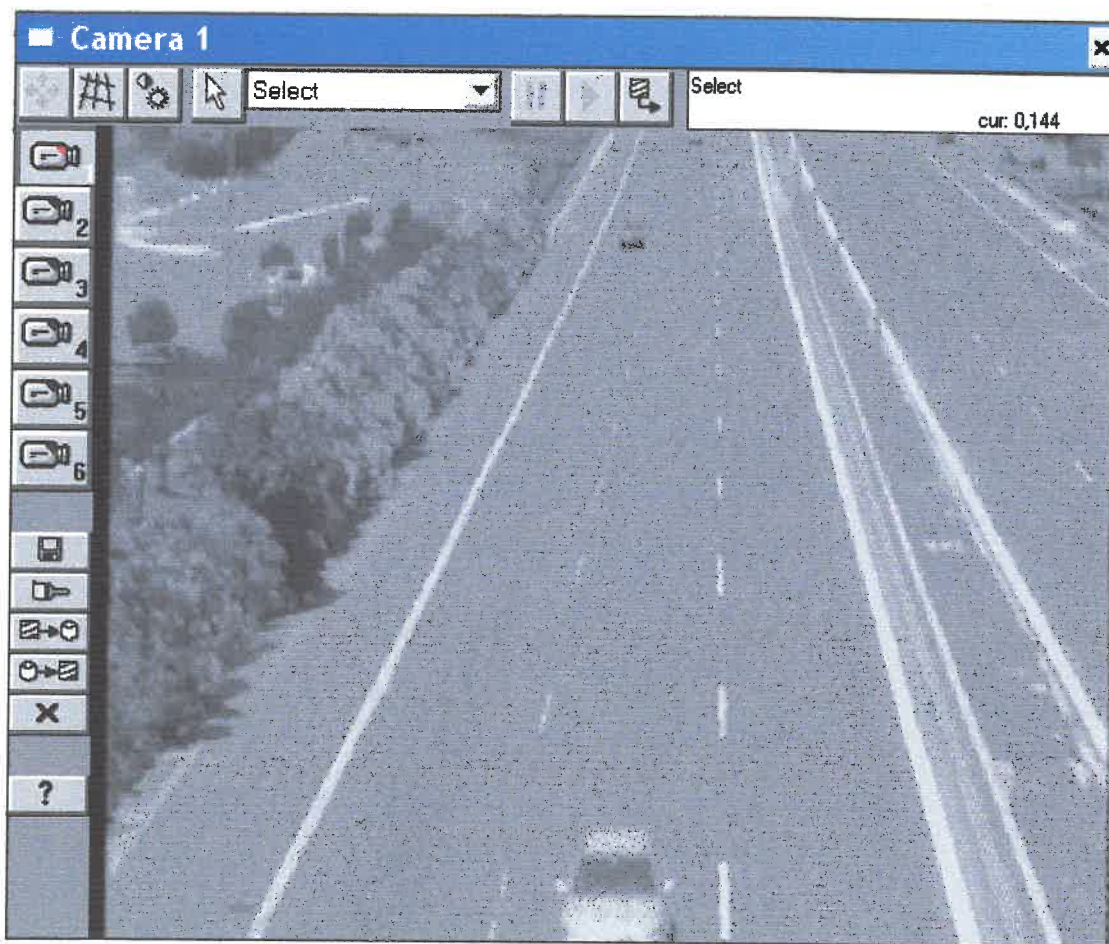
Κατόπιν, ρυθμίστηκαν οι παράμετροι που επηρεάζουν τη στάθμη εξυπηρέτησης. Η τελευταία καθορίζεται σαν ένα ποιοτικό μέγεθος που εκφράζει τις συνθήκες λειτουργίας μέσα σε ένα ρεύμα κυκλοφορίας, όπως τις αντιλαμβάνονται οδηγοί και επιβάτες. Η στάθμη εξυπηρέτησης αποτελεί μια ποιοτική έκφραση του αποτελέσματος διαφόρων παραμέτρων όπως η ταχύτητα και ο χρόνος μετακίνησης, οι διακοπές της πορείας, η ελευθερία πραγματοποίησης ελιγμών, η οδική ασφάλεια, η άνεση οδήγησης και το κόστος λειτουργίας. Στην πράξη καθορίζονται διάφορες στάθμες εξυπηρέτησης με βάση ορισμένες οριακές τιμές μερικών από τις παραπάνω παραμέτρους που ονομάζονται δείκτες αποτελεσματικότητας (measures of effectiveness). Επιλέχθηκε ο παραπάνω δείκτης να αφορά τη μέση ταχύτητα διατομής σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα 5.1 :

**Πίνακας 5.1 :** σχέση στάθμης εξυπηρέτησης – μέση ταχύτητα κυκλοφορίας

| Στάθμη εξυπηρέτησης | Ταχύτητα |
|---------------------|----------|
| A $\geq$            | 97       |
| B $\geq$            | 92       |
| C $\geq$            | 87       |
| D $\geq$            | 74       |
| E $\geq$            | 48       |
| F <                 | 48       |

## 5.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ DETECTOR FILE

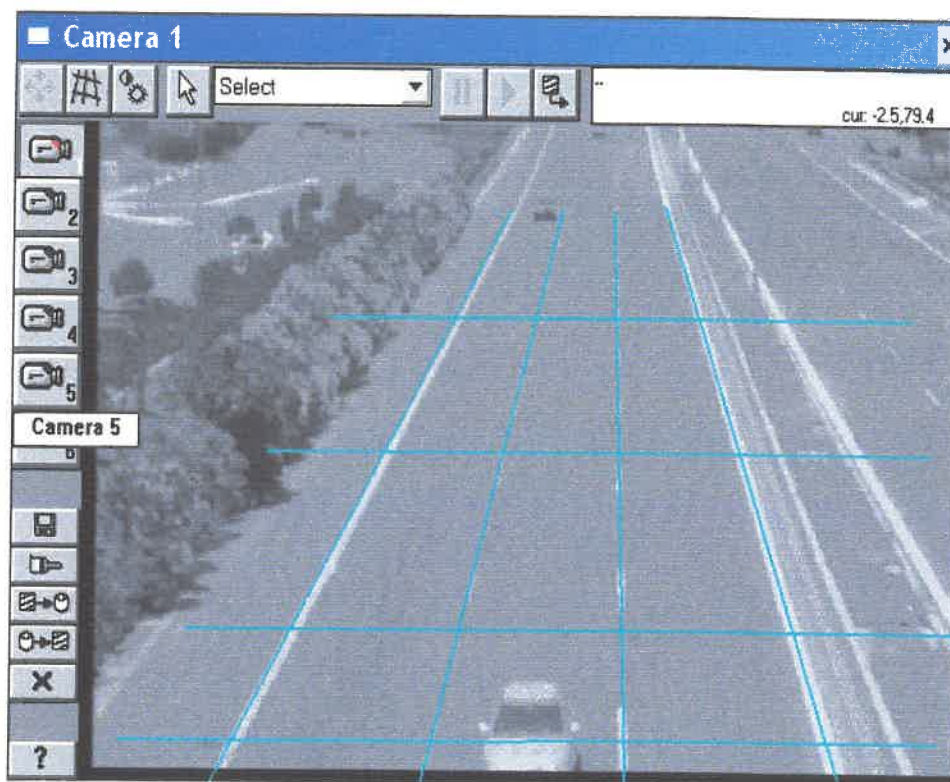
Με χρήση του λογισμικού Supervisor πραγματοποιήθηκε μετάβαση σε καινούργιο detector file ώστε να τροποποιηθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις της μελέτης. Θέτοντας το βίντεο σε λειτουργία «φορτώθηκε» φωτογραφία με τη διαδικασία που περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.2.2, με αποτέλεσμα στην οθόνη του ηλεκτρονικού υπολογιστή να εμφανίζεται το σχήμα 5.1 . Το εν λόγω σχήμα αποτελεί ένα «παράθυρο» του λογισμικού με χρήση του οποίου κατασκευάζεται το καινούργιο detector file.



**Σχήμα 5.1:** Detector file – εικόνα βιντεοταινίας

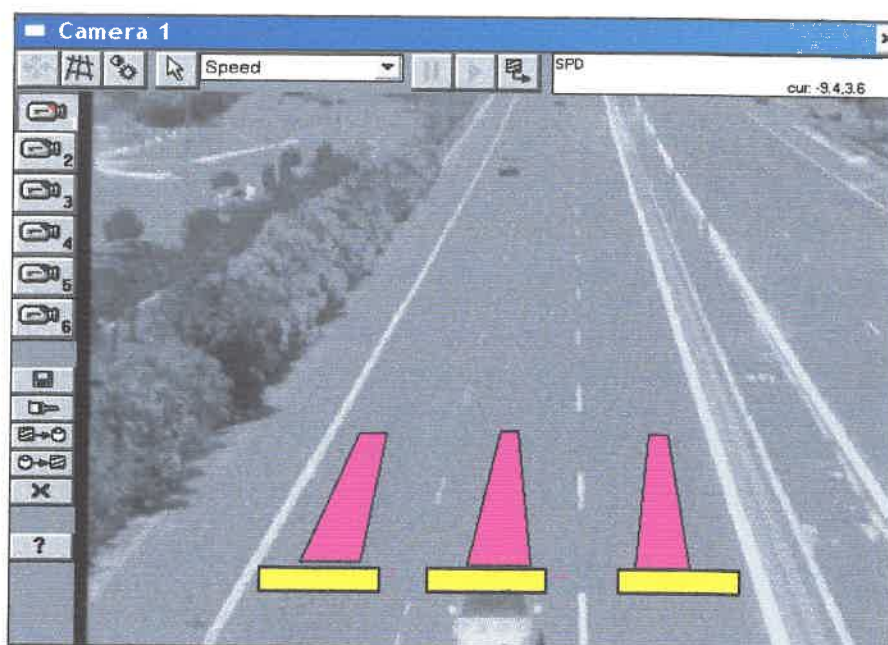
Έπειτα από το ίδιο πάντα παράθυρο επιλέχθηκε η εντολή “calibrate”  και ορίστηκαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της φωτογραφίας. Στο σχήμα 5.2 φαίνονται οι ευθείες που ορίστηκαν για την ανάγκη της επεξεργασίας. Η απόσταση

των οριζοντίων και των καθέτων ευθειών δίνεται από τον χρήστη καθώς και η απόσταση του ύψους βιντεοσκόπησης. Ενδεικτικά αναφέρεται πως η απόσταση της πάνω οριζόντιας με την απόσταση της αμέσως κατώτερής της είναι 35 μέτρα.



**Σχήμα 5.2 :** Detector file – προσδιορισμός μηκών

Στη συνέχεια ορίστηκαν 3 Count Detectors (ορθογώνια παραλληλόγραμμα εμφανίζονται με κίτρινο χρώμα), ένα για κάθε λωρίδα κυκλοφορίας και 3 Speed Detectors (ορθογώνια τραπέζια εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα) , όπως φαίνεται και το σχήμα 5.3 . Έτσι, με τους παραπάνω ανιχνευτές (detectors) δίνεται η δυνατότητα καταμέτρησης του αριθμού των οχημάτων καθώς και των ταχυτήτων τους. Η διαδικασία είναι απλή, κάθε φορά που ένα όχημα περνάει τη γραμμή του count detector και συνεπώς θα έχει περάσει και το χώρο του speed detector, καταγράφεται η παρουσία του και η ταχύτητά του. Τα παραπάνω detectors ονομάστηκαν ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να είναι πιο αναγνωρίσιμα και δόθηκε και ένας κωδικός για το καθένα όπως φαίνεται στο πίνακα 5.2 .



**Σχήμα 5.3:** Detector file – μετρητές ανίχνευσης και ανιχνευτές ταχύτητας

**Πίνακας 5.2:** Κωδικοί και ονομασίες μετρητών ανίχνευσης και ανιχνευτές ταχύτητας

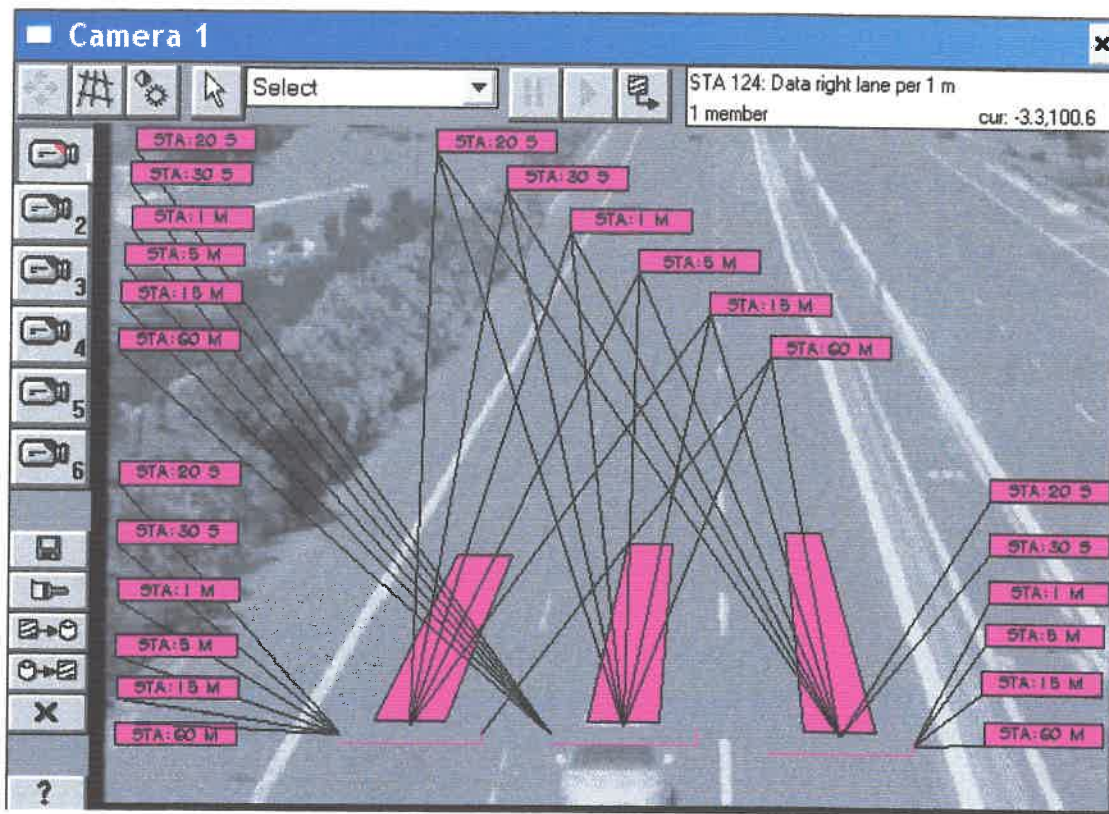
| Κωδικός | Ονομασία                   |
|---------|----------------------------|
| 101     | Μέτρηση δεξιάς λωρίδας     |
| 102     | Μέτρηση μεσαίας λωρίδας    |
| 103     | Μέτρηση αριστερής λωρίδας  |
| 108     | Ταχύτητα δεξιάς λωρίδας    |
| 109     | Ταχύτητα μεσαίας λωρίδας   |
| 110     | Ταχύτητα αριστερής λωρίδας |

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σύνδεση μεταξύ των μετρητών ανίχνευσης και των ανιχνευτών ταχύτητας. Συνολικά ορίστηκαν 24 σταθμοί ανίχνευσης, 6 για κάθε λωρίδα και 6 και για τις τρεις λωρίδες κυκλοφορίας. Στο παρακάτω πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι κωδικοί των σταθμών ανίχνευσης, οι κωδικοί των μετρητών ανίχνευσης με τους οποίους συνδέονται, η λωρίδα ή οι λωρίδες που αντιπροσωπεύουν και το χρονικό διάστημα ανά το οποίο ο αντίστοιχος σταθμός

ανίχνευσης πρόκειται να παρέχει τα αποτελέσματα. Στο σχήμα 5.4 παρουσιάζεται το τελικό detector file με το οποίο πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία της βιντεοταινίας.

**Πίνακας 5.3:** Περιγραφή λειτουργίας Station detector

| Κωδικός Station | Κωδικός Count | Λωρίδα ή λωρίδες | Χρονικό διάστημα |
|-----------------|---------------|------------------|------------------|
| 111             | 101           | δεξιά            | 20 δευτερόλεπτα  |
| 112             | 102           | μεσαία           | 20 δευτερόλεπτα  |
| 113             | 103           | αριστερή         | 20 δευτερόλεπτα  |
| 114             | 101,102,103   | όλες             | 20 δευτερόλεπτα  |
| 120             | 101           | δεξιά            | 30 δευτερόλεπτα  |
| 121             | 102           | μεσαία           | 30 δευτερόλεπτα  |
| 122             | 103           | αριστερή         | 30 δευτερόλεπτα  |
| 123             | 101,102,103   | όλες             | 30 δευτερόλεπτα  |
| 124             | 101           | δεξιά            | 1 λεπτό          |
| 125             | 102           | μεσαία           | 1 λεπτό          |
| 126             | 103           | αριστερή         | 1 λεπτό          |
| 128             | 101,102,103   | όλες             | 1 λεπτό          |
| 134             | 101           | δεξιά            | 5 λεπτά          |
| 135             | 102           | μεσαία           | 5 λεπτά          |
| 136             | 103           | αριστερή         | 5 λεπτά          |
| 137             | 101,102,103   | όλες             | 5 λεπτά          |
| 138             | 101           | δεξιά            | 15 λεπτά         |
| 139             | 102           | μεσαία           | 15 λεπτά         |
| 140             | 103           | αριστερή         | 15 λεπτά         |
| 141             | 101,102,103   | όλες             | 15 λεπτά         |
| 142             | 101           | δεξιά            | 1 ώρα            |
| 143             | 102           | μεσαία           | 1 ώρα            |
| 144             | 103           | αριστερή         | 1 ώρα            |
| 146             | 101,102,103   | όλες             | 1 ώρα            |



Σχήμα 5.4: Τελικό detector file

Ο τρόπος μέτρησης κυκλοφοριακών στοιχείων με επεξεργασία εικόνας από το σύστημα Autoscope κρίνεται ιδιαίτερα λειτουργικός. Αρκεί μόνο μία φορά επεξεργασίας (όσο χρόνο διαρκεί η βιντεοταινία) για τη λήψη των όλων των επιθυμητών κυκλοφοριακών δεδομένων μιας οδού. Ο συνολικός χρόνος που δαπανά ο μελετητής κρίνεται ιδιαίτερα μικρός και εξαρτάται από την εμπειρία του στο λογισμικό Supervisor για την κατασκευή του Detector file και από το χρόνο επεξεργασίας της εικόνας, που ισούται με το συνολικό χρόνο της βιντεοσκοπήσης (Στην ουσία ο χρόνος που δαπανάται είναι μόνο ο χρόνος κατασκευής του Detector file).

## 6. ΠΡΩΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

### 6.1 Συστηματοποίηση

Τα κυκλοφοριακά στοιχεία τα οποία παρέχει η συσκευή MVP ως αποτελέσματα της επεξεργασίας που πραγματοποίησε και η οποία περιγράφεται στο κεφάλαιο 3 και 5, αναγνωρίζονται και εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή σε δυαδική μορφή (αρχείο .dat). Η μετατροπή των αποτελεσμάτων σε αναγνωρίσιμη μορφή από το χρήστη αποτέλεσε αναγκαία διαδικασία για την περαιτέρω επεξεργασία των κυκλοφοριακών στοιχείων. Η μετατροπή του δυαδικού σε αρχείο text, δηλαδή σε ένα αρχείο ικανό να αναγνωριστεί από τα διάφορα λογισμικά στατιστικά πακέτα πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού Traffic Data Formatter το οποίο παρέχεται από το σύστημα Autoscope.

Το λογισμικό Traffic Data Formatter έχει τη δυνατότητα: να επιλέγει από το δυαδικό αρχείο ορισμένες κυκλοφοριακές παραμέτρους, να τις ξεχωρίζει και αφού τις μετατρέψει σε αρχεία text, να τις εγκαταστήσει σε ονοματισμένες περιοχές στο δίσκο του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Επιλέχθηκε από το δυαδικό αρχείο να μετατραπεί

κάθε detector station χωριστά. Έτσι, δημιουργήθηκαν 24 αρχεία μορφής text όπου το καθένα περιέχει δεδομένα για διαφορετικό interval time π.χ. το αρχείο 111.text περιέχει δεδομένα από το σταθμό ανίχνευσης (detector station) 111 που έχει οριστεί ότι περιέχει κυκλοφοριακά στοιχεία της δεξιάς λωρίδας για κάθε χρονικό διάστημα 20 δευτερολέπτων (interval time). Στο παρακάτω πίνακα 6.1 δίνονται συνοπτικά τα ανωτέρω αρχεία text.

**Πίνακας 6.1:** Αρχεία κυκλοφοριακών δεδομένων

|     |                                       |
|-----|---------------------------------------|
| 111 | Δεδομένα δεξιάς λωρίδας ανά 20"       |
| 112 | Δεδομένα μεσαίας λωρίδας ανά 20"      |
| 113 | Δεδομένα αριστερής λωρίδας ανά 20"    |
| 114 | Δεδομένα όλων των λωρίδων ανά 20"     |
| 120 | Δεδομένα δεξιάς λωρίδας ανά 30"       |
| 121 | Δεδομένα μεσαίας λωρίδας ανά 30 "     |
| 122 | Δεδομένα αριστερής λωρίδας ανά 30"    |
| 123 | Δεδομένα όλων των λωρίδων ανά 30"     |
| 124 | Δεδομένα δεξιάς λωρίδας ανά 1'        |
| 125 | Δεδομένα μεσαίας λωρίδας ανά 1'       |
| 126 | Δεδομένα αριστερής λωρίδας ανά 1'     |
| 128 | Δεδομένα όλων των λωρίδων ανά 1'      |
| 134 | Δεδομένα δεξιάς λωρίδας ανά 5'        |
| 135 | Δεδομένα μεσαίας λωρίδας ανά 5'       |
| 136 | Δεδομένα αριστερής λωρίδας ανά 5'     |
| 137 | Δεδομένα όλων των λωρίδων ανά 5'      |
| 138 | Δεδομένα δεξιάς λωρίδας ανά 15'       |
| 139 | Δεδομένα μεσαίας λωρίδας ανά 15'      |
| 140 | Δεδομένα αριστερής λωρίδας ανά 15'    |
| 141 | Δεδομένα όλων των λωρίδων ανά 15'     |
| 142 | Δεδομένα δεξιάς λωρίδας ανά 1 ώρα     |
| 143 | Δεδομένα μεσαίας λωρίδας ανά 1 ώρα    |
| 144 | Δεδομένα αριστερής λωρίδας ανά 1' ώρα |
| 146 | Δεδομένα όλων των λωρίδων ανά 1 ώρα   |

## 6.2 Παρουσίαση δείγματος μετρήσεων

Η περαιτέρω επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού excel. Ένα δείγμα της εμφάνισης των παραπάνω αρχείων στο λογισμικό excel φαίνεται στο σχήμα 6.1

| 136        |           | Data left lane per 5min |              |        |               |         |         |         |              |     |         |
|------------|-----------|-------------------------|--------------|--------|---------------|---------|---------|---------|--------------|-----|---------|
| Data from: | 18/7/2002 | 20:55:00                |              |        |               |         |         |         |              |     |         |
| Data to:   | 18/7/2002 | 23:55:00                |              |        |               |         |         |         |              |     |         |
| Date       | Time      | Station ID              | Average Flow | Volume | Average Speed | Class 1 | Class 2 | Class 3 | Time Headway | Los | Density |
| 18/7/2002  | 20:55:00  | 136                     | 204          | 17     | 134.53        | 17      | 0       | 0       | 17.64        | A   | 1.52    |
| 18/7/2002  | 21:00:00  | 136                     | 792          | 66     | 145.15        | 63      | 3       | 0       | 4.54         | A   | 5.48    |
| 18/7/2002  | 21:05:00  | 136                     | 996          | 83     | 137.38        | 83      | 0       | 0       | 3.61         | A   | 7.30    |
| 18/7/2002  | 21:10:00  | 136                     | 1020         | 85     | 141.73        | 84      | 1       | 0       | 3.53         | A   | 7.24    |
| 18/7/2002  | 21:15:00  | 136                     | 1224         | 102    | 131.40        | 99      | 3       | 0       | 2.94         | A   | 9.37    |
| 18/7/2002  | 21:20:00  | 136                     | 900          | 75     | 143.00        | 73      | 2       | 0       | 4.00         | A   | 6.33    |
| 18/7/2002  | 21:25:00  | 136                     | 1392         | 116    | 134.16        | 112     | 4       | 0       | 2.59         | A   | 10.44   |
| 18/7/2002  | 21:30:00  | 136                     | 924          | 77     | 138.07        | 74      | 3       | 0       | 3.89         | A   | 6.75    |
| 18/7/2002  | 21:35:00  | 136                     | 1056         | 88     | 133.70        | 88      | 0       | 0       | 3.41         | A   | 7.96    |
| 18/7/2002  | 21:40:00  | 136                     | 972          | 81     | 134.97        | 78      | 3       | 0       | 3.70         | A   | 7.25    |

Σχήμα 6.1 : Δείγμα εμφάνισης αρχείων στο λογισμικό excel

Στην πρώτη σειρά εμφανίζεται το όνομα-κωδικός του αρχείου (136) και το είδος των στοιχείων (Data left lane per 5min). Κατόπιν, εμφανίζονται η ημερομηνία και η ώρα έναρξης και τέλους των μετρήσεων. Η πρώτη στήλη (date) αντιστοιχεί στην ημερομηνία που συλλέχθηκαν τα στοιχεία της σειράς του. Η δεύτερη στήλη (time) αντιστοιχεί στην ώρα έναρξης της συλλογής των στοιχείων της σειράς του. Η τρίτη στήλη αντιστοιχεί στην κωδική ονομασία του σταθμού ανίχνευσης. Η τέταρτη στήλη παρουσιάζει τον κυκλοφοριακό φόρτο ή καλύτερα τη ροή της κυκλοφορίας μιας και η τιμή προέρχεται από την αναγωγή στην ώρα της τιμής του φόρτου (volume), της πέμπτης δηλαδή στήλης στο επιλεγμένο χρονικό διάστημα (στο παράδειγμα είναι 5 λεπτά). Η έκτη στήλη παρουσιάζει τη μέση ταχύτητα των οχημάτων που περνούν από ορισμένη διατομή. Η έβδομη, η όγδοη και η ένατη στήλη αντιστοιχούν στο μήκος των οχημάτων που παρατηρήθηκαν μέσα στο αντίστοιχο

χρονικό διάστημα των 5 λεπτών, “class 1” για επιβατικά οχήματα, “class 2” για ημιφορτηγά και φορτηγά, “class 3” για φορτηγά και λεωφορεία.

Η δέκατη στήλη παρουσιάζει τους χρονικούς διαχωρισμούς (time headway). Προκύπτει διαιρώντας το 3600 με την τέταρτη στήλη δηλαδή με την κυκλοφοριακή ροή. Η ενδέκατη στήλη ενημερώνει για τη στάθμη εξυπηρέτησης της οδού (Level Of Service) στο αντίστοιχο πεντάλεπτο. Η στάθμη εξυπηρέτησης έχει ρυθμιστεί να εξαρτάται από την ταχύτητα, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 5. Η δωδέκατη στήλη παρουσιάζει την πυκνότητα κυκλοφορίας η οποία προκύπτει από το λόγο της ροής με τη μέση ταχύτητα.

### 6.3 Έλεγχος αξιοπιστίας μετρήσεων

Αν υπήρχε σφάλμα στα αποτελέσματα των μετρήσεων θα οφειλόταν σε δύο παράγοντες. Ο πρώτος είναι οι λανθασμένες εκτιμήσεις και λοιπές μετρήσεις του μελετητή και ο δεύτερος είναι το σύστημα Autoscope. Όσον αφορά στον πρώτο παράγοντα, έγινε προσπάθεια για την όσο ακριβέστερη μέτρηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του οδικού τμήματος όπως αυτή περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.3 . Το να μετρηθεί όμως ένα ορισμένο μήκος της τάξης των 30-50 μέτρων, κατά μήκος της νησίδας του αυτοκινητοδρόμου δε θα μπορούσε να γίνει με απόλυτη ακρίβεια, μιας και το σωστό θα ήταν να σταματήσει η κυκλοφορία και το ανθρώπινο δυναμικό να μπορέσει να προσεγγίσει τη νησίδα, ώστε να πραγματοποιηθεί ακριβέστερη μέτρηση και να οριοθετηθεί το ορισμένο μήκος, ώστε από τη βιντεοταινία να αναγνωρίζεται εύκολα. Παρόλα αυτά, θεωρείται ότι προσεγγίθηκε με σχετική ακρίβεια το παραπάνω μήκος, όπως και το ύψος βιντεοσκόπησης. Το ορισμένο μήκος παράπλευρα του αυτοκινητοδρόμου μετρήθηκε με ακρίβεια, αφού η προσέγγισή του ήταν σχετικά εύκολη.

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την αξιοπιστία του δεύτερου παράγοντα δηλαδή του συστήματος Autoscope. Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 4.4 κατά τη διάρκεια της βιντεοσκόπησης, καταγράφηκε όχημα με γνωστή την ταχύτητα που παρουσίαζε ο ταχυγράφος (κοντέρ) του. Ο οδηγός του οχήματος παρατηρούσε στον ταχυγράφο σταθερή ταχύτητα 100 km/h . Η πραγματική ταχύτητα του οχήματος όμως, συνήθως, παρουσιάζει μια μικρή απόκλιση από την ταχύτητα που γράφει ο ταχυγράφος. Την ίδια μέρα και στο ίδιο οδικό τμήμα πραγματοποιήθηκε μέτρηση της

πραγματικής ταχύτητας του οχήματος που εμφάνιζε στον ταχυγράφο του ταχύτητα 100 km/h. Γνωρίζοντας απόσταση  $dx$  και μετρώντας το χρονικό διάστημα  $dt$  κατά το οποίο το όχημα διανύει την απόσταση  $dx$ , υπολογίστηκε η πραγματική του ταχύτητα η οποία προσέγγιζε τα 95 km/h. Αυτή η ταχύτητα συγκρίθηκε με αυτή που εκτίμησε το σύστημα Autoscope και η οποία ήταν 97,34 km/h. Μετά από τις ανάλογες μικρές ρυθμίσεις στα ορισμένα μήκη, που αναγνωρίζει το σύστημα Autoscope και που αναφέρονται πιο πάνω, η ταχύτητα του οχήματος που εμφάνισε το σύστημα ήταν 95 χλμ/ώρα .

Σύμφωνα με τα παραπάνω εκτιμάται ότι τα αποτελέσματα που παρουσίασε το σύστημα Autoscope ήταν αξιόπιστα.

## 7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

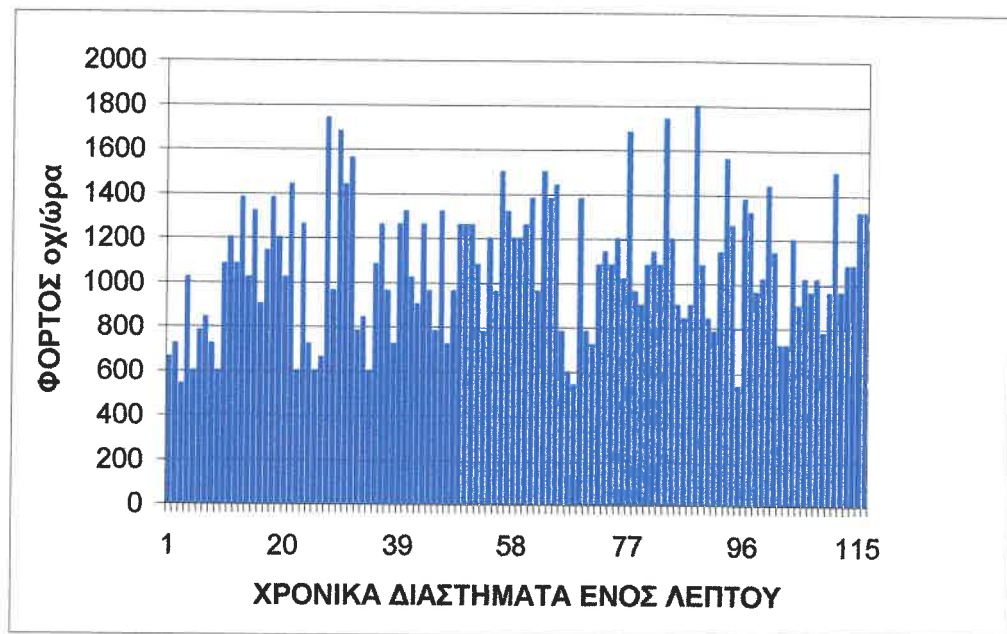
### 7.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΧΡΟΝΙΚΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ

#### (INTERVAL TIME)

Η ροή κυκλοφορίας στη διάρκεια της ώρας παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις. Η επιλογή του κατάλληλου χρονικού διαστήματος ( 5λεπτο, 10λεπτο,...) κατά το οποίο θα καταμετράται η ροή της κυκλοφορίας (φόρτος 5λέπτου, 10λέπτου, ...) δηλαδή το αναγόμενο χαρακτηριστικό στο χρονικό διάστημα μιας ώρας, με στατιστικούς όρους ονομάζεται επιλογή του μήκους του κινητού μέσου. Η επιλογή αυτή είναι καθαρά υποκειμενική και βασίζεται στην εμπειρία του αναλυτή.

Η ροή της κυκλοφορίας, δεν παρουσιάζει συχνά πολύ μεγάλη διαφορά μεταξύ δύο συνεχών χρονικών διαστημάτων. Για παράδειγμα αν επιλεγθεί να καταγραφεί η

κυκλοφορία ανά  $X$  λεπτά και στο πρώτο χρονικό διάστημα  $X_1$  ο φόρτος είναι 300 οχ/ώρα, στο επόμενο χρονικό διάστημα  $X_2$  ο φόρτος δεν είναι λογικό να είναι 1200 οχ/ώρα. Μεγάλη διαφορά φόρτου, σε οδικό τμήμα ελεύθερης και αδιάκοπτης ροής, είναι δυνατόν να υπάρξει μόνο σε ειδικές περιπτώσεις όπως σε μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου λόγω οδικού ατυχήματος. Έτσι, αν η επιλογή του χρονικού διαστήματος-μήκους του κινητού μέσου ήταν  $X$ , σε διάστημα μίας ώρας θα υπήρχαν  $v=60/X$  ίσα χρονικά διαστήματα. Αν η ανά δύο διαφορά μεταξύ των συνεχόμενων χρονικών διαστημάτων  $X$  είναι μεγάλη τότε αυτή θα οφείλεται σε τυχαία διακύμανση του φόρτου και όχι σε τυχόν αύξηση ή μείωση της τάσης του φόρτου. Επίσης, όταν το χρονικό διάστημα  $X$ , ανά το οποίο μετράται ο φόρτος, είναι σχετικά μεγάλο, είναι δυνατόν στη διάρκεια του διαστήματος αυτού, ο φόρτος να παρουσιάζει σημαντικές αυξομειώσεις όσο αφορά την τάση του και οι οποίες δεν καταμετρώνται. Ένα παράδειγμα διακύμανσης της ροής για μήκος κινητού μέσου ενός λεπτού, δίδεται από το παρακάτω σχήμα 7.1.



**Σχήμα 7.1:** Διακύμανση φόρτου λεπτού

Με βάση την πρόσφατη έκδοση του Highway Capacity Manual, το μέγιστο χρονικό διάστημα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι τα 15 λεπτά. Οπότε, ο

προσδιορισμός του κατάλληλου χρονικού διαστήματος περιορίστηκε με βάση την παραπάνω τιμή ως μέγιστη.

Το παρακάτω διάγραμμα (σχήμα 7.2) αφορά τη σχέση του εν λόγω χρονικού διαστήματος (μήκος κινητού μέσου) με το μέσο όρο των απολύτων ανά δύο διαφορών της ροής. Δηλαδή π.χ. για τη διακύμανση της ροής του ενός λεπτού υπάρχουν για μία ώρα 60 συνεχόμενοι αναγώμενοι φόρτοι. Ο μέσος όρος των απολύτων διαφορών, του ενός φόρτου με τον επόμενο του, μας έδωσε την τιμή 296. Ανάλογη επεξεργασία πραγματοποιήθηκε για τη διακύμανση των 40 δλ, 3 λεπτών, 5 λεπτών, 7 λεπτών, 10 λεπτών, 15 λεπτών.



Σχήμα 7.2 : Σχέση μέσου όρου απόλυτων διαφορών φόρτου- μήκος κινητού μέσου

Αυτό που παρατηρείται από το παραπάνω σχήμα είναι ότι τα μήκη ή αλλιώς τα χρονικά διαστήματα μικρότερα των τριών λεπτών προσφέρουν αρκετά μεγάλες διαφορές οπότε, θεωρείται ότι οι διαφορές αυτές υπόκεινται στην τυχαία διακύμανση και όχι στην αυξομείωση της τάσης. Για φόρτο μεγαλύτερο του τριλέπτου θεωρείται ότι οι διαφορές οφείλονται στην αύξηση ή μείωση του φόρτου της κυκλοφορίας και όχι στην τυχαία διακύμανση. Οπότε, η επιλογή θα κριθεί στα χρονικά διαστήματα λίγο μεγαλύτερα των 3 λεπτών. Δε θα επιλεγεί χρονικό διάστημα πολύ μεγαλύτερο

για τους λόγους που αναφέρονται πιο πάνω. Η μέγιστη τιμή του συντελεστή προσδιορισμού φέρεται στο φόρτο 5 λέπτου. Ύστερα και από οπτική παρατήρηση της διακύμανσης του φόρτου, για προσπάθεια επιβεβαίωσης των παραπάνω, επιλέχθηκε ως χρονικό διάστημα ή αλλιώς μήκος κινητού μέσου το 5 λεπτο.

## 7.2 ΕΥΡΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΡΟΗΣ (FREE FLOW SPEED)

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της βιντεοταινίας, υπήρχε η δυνατότητα της οπτικής παρατήρησης της κυκλοφορίας καθώς και η γνώση της ταχύτητας του κάθε οχήματος. Με αυτό τον τρόπο καταγράφηκαν οι ταχύτητες των οχημάτων σε συνθήκες μηδενικού κυκλοφοριακού φόρτου. Καταγράφηκαν δηλαδή οι ταχύτητες που επιλέγει ένας οδηγός για να κινηθεί και όχι οι ταχύτητες που του επιβάλλεται λόγω της κίνησης άλλων οχημάτων. Οι εν λόγω καταγεγραμμένες ταχύτητες παρουσίασαν μέγιστη τυπική απόκλιση 5% της μέσης ταχύτητας που ορίστηκε ως ταχύτητα ελεύθερης ροής.

Συγκεκριμένα η δεξιά λωρίδα εμφανίζει ταχύτητα ελεύθερης ροής (FFS) 80 Km/h, η μεσαία 121 Km/h, η αριστερή 145 Km/h.

## 7.3 ΣΧΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ – ΦΟΡΤΟΥ

Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 7.1, επιλέχθηκε για τον προσδιορισμό των σχέσεων, ο φόρτος πενταλέπτου. Οι δώδεκα ώρες μετρήσεων πρόσφεραν 144 αντιστοιχίες φόρτου – μέσης ταχύτητας για κάθε λωρίδα οι οποίες υποβλήθηκαν σε ανάλυση συσχέτισης και προσδιορισμού κατάλληλης παλινδρόμησης. Το παραπάνω πραγματοποιήθηκε προκειμένου να εξηγηθεί πώς περιγράφεται η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών και πώς μπορεί να προβλεφθεί η εξέλιξη της μιας μεταβλητής σε σχέση με την άλλη, με τη βοήθεια μιας εξίσωσης, της εξίσωσης παλινδρόμησης. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου παλινδρόμησης έγινε με κριτήριο τον συντελεστή προσδιορισμού ( $R^2$ ). Από δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν τόσο στο λογισμικό EXCEL όσο και στο SPSS διαπιστώθηκε μεγαλύτερος συντελεστής  $R^2$  στην

πολυωνυμική παλινδρόμηση και για τις τρεις λωρίδες. Επίσης, η πολυωνυμική που επιλέχθηκε είναι δευτέρου βαθμού.

Η σχέση φόρτου-ταχύτητας για τη δεξιά λωρίδα δίνεται με συντελεστή συσχέτισης  $R^2 = 0,7715$  από την παρακάτω εξίσωση 7.1 :

$$U = -3 \cdot 10^{-5} Q^2 + 0,0489Q + 80 \quad (7.1)$$

Ισχύει για  $Q < 760$  οχήματα/ώρα

Όπου  $U$  : η ταχύτητα σε χλμ/ώρα

$Q$  : φόρτος σε οχήματα ανά ώρα

Η σχέση φόρτου-ταχύτητας για τη μεσαία λωρίδα δίνεται από την παρακάτω εξίσωση 7.2 με συντελεστή συσχέτισης  $R^2 = 0,9203$ .

$$U = -5 \cdot 10^{-6} Q^2 - 0,0011Q + 121 \quad (7.2)$$

Ισχύει για  $Q < 1320$  οχήματα/ώρα

Η σχέση φόρτου-ταχύτητας για την αριστερή λωρίδα δίνεται από την παρακάτω εξίσωση 7.3 με συντελεστή συσχέτισης  $R^2 = 0,9373$ .

$$U = -7 \cdot 10^{-6} Q^2 - 0,001Q + 145 \quad (7.3)$$

Ισχύει για  $Q < 1700$  οχήματα/ώρα

Οι παραπάνω εξισώσεις εκφράζονται με τη μορφή καμπύλης στο σχήμα 7.3. Η δεξιά λωρίδα εμφανίζεται με πράσινο χρώμα, η μεσαία με μπλε και η αριστερή με κόκκινο.



**ΣΧΕΣΗ 7.3 ΣΧΕΣΗ ΦΟΡΤΟΥ - ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΛΩΡΙΔΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ**

Η μέση ταχύτητα της αριστερής λωρίδας μειώνεται όταν αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος. Για σχετικά μηδενικό φόρτο η ταχύτητα προσεγγίζει τα 145 χλμ/ώρα, που αντιστοιχεί στην ταχύτητα ελεύθερης ροής. Αυτή είναι και η μέγιστη μέση ταχύτητα της λωρίδας. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι για φόρτο 1100 οχ/ώρα, δηλαδή για το 0,5 της κυκλοφοριακής ικανότητας (2200 οχ/ώρα) της λωρίδας, η μέση ταχύτητα προσεγγίζει τα 136 χλμ/ώρα, ενώ για το 0,77 της κυκλοφοριακής ικανότητας η μέση ταχύτητα προσεγγίζει τα 125 χλμ/ώρα. Τιμές του φόρτου πάνω από 1700 οχ/ώρα δεν καταγράφηκαν στις μετρήσεις, οπότε δεν κατέστη δυνατός ο προσδιορισμός της συνέχειας της καμπύλης για μεγαλύτερους φόρτους.

Η καμπύλη που αντιστοιχεί στη μεσαία λωρίδα παρουσιάζει σχετική ομοιότητα με εκείνη της αριστερής λωρίδας. Από τα κυκλοφοριακά στοιχεία της μεσαίας λωρίδας για φόρτο έως 1320 οχ/ώρα, η μέση ταχύτητα μειώνεται με την αύξηση του φόρτου. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι για το 0,5 της κυκλοφοριακής ικανότητας της λωρίδας η μέση ταχύτητα προσεγγίζει τα 114 χλμ/ώρα, ενώ για σχετικά μηδενικό φόρτο η ταχύτητα ελεύθερης ροής προσεγγίζει τα 121 χλμ/ώρα.

Η μορφή των καμπυλών τόσο της αριστερής λωρίδας, όσο και της μεσαίας θα μπορούσαν να εκτιμηθεί ως αναμενόμενη. Αντίθετα, η μορφή της καμπύλης της δεξιάς λωρίδας διαφοροποιείται, σε σχέση με τις προαναφερθείσες, και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

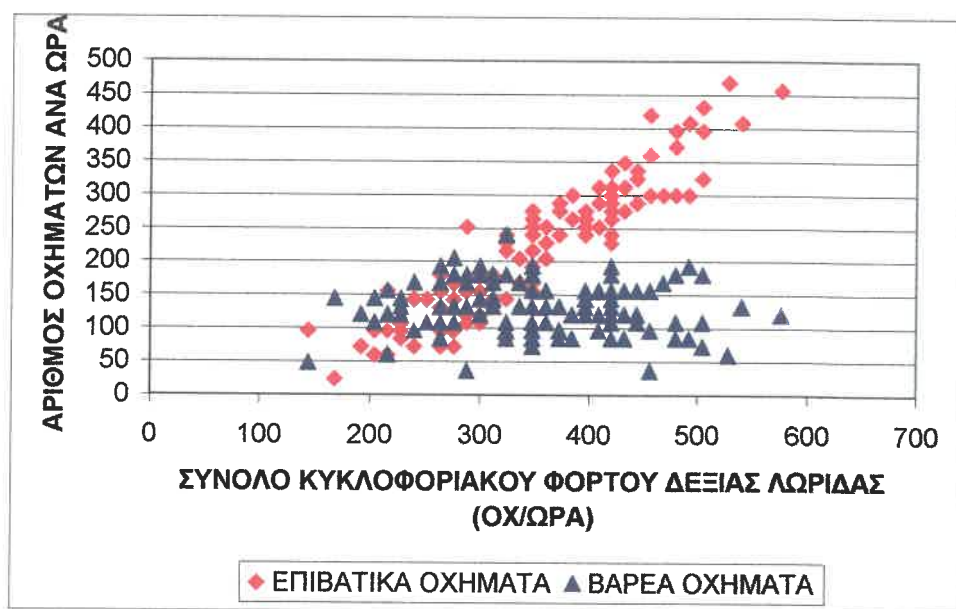
Παρατηρείται ότι η μέση ταχύτητα της διατομής της δεξιάς λωρίδας αυξάνεται με την αύξηση του φόρτου (για φόρτο έως 800 οχ/ώρα). Το φαινόμενο αυτό εξηγείται στις παρακάτω παραγράφους.

Οι ταχύτητες των οχημάτων που κινούνται σε μία λωρίδα σε ένα ορισμένο φόρτο δεν είναι ίσες αλλά λαμβάνουν τιμές σύμφωνα με μια κατανομή, όπως περιγράφεται στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο. Παρατηρούνται πολλές φορές αρκετά μικρές ταχύτητες οχημάτων σε σχέση με τη μέση ταχύτητα της λωρίδας κυκλοφορίας. Τα οχήματα που κινούνται με τις σχετικά πολύ μικρές ταχύτητες για την λωρίδα στην οποία ανήκουν, με την αύξηση του φόρτου «πιέζονται» όλο και περισσότερο από τα οχήματα τα οποία έπονται, με αποτέλεσμα να αλλάζουν λωρίδα προκειμένου να διατηρήσουν την ταχύτητά τους. Κατά συνέπεια, μετακινούνται σε λωρίδα η οποία έχει πιο χαμηλή μέση ταχύτητα κυκλοφορίας. Ως αποτέλεσμα αυτού είναι η μείωση της τυπικής απόκλισης της κατανομής των ταχυτήτων των οχημάτων σε μια λωρίδα πράγμα που αποδεικνύεται στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο.

Οπότε, σύμφωνα με τα στοιχεία, μπορεί να θεωρηθεί ότι όσο αυξάνεται ο φόρτος της αριστερής λωρίδας ορισμένα οχήματα με μικρές ταχύτητες μετακινούνται στη μεσαία λωρίδα και ορισμένα οχήματα με μεγάλες ταχύτητες (αρκετά πάνω από τη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας) μειώνουν την ταχύτητα τους περιμένοντας τα προπορευόμενα οχήματα να μετακινηθούν (έστω και για λίγο χρονικό διάστημα) στη μεσαία λωρίδα ώστε να μπορέσουν να τα προσπεράσουν. Επίσης, η δεξιά λωρίδα δέχεται οχήματα από τη μεσαία, τα οποία θεωρούνται ότι κατέχουν ιδιαίτερη υψηλή ταχύτητα σε σχέση με τη μέση ταχύτητα της μεσαίας λωρίδας. Ως συνέπεια των παραπάνω είναι η μείωση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας με την αύξηση του φόρτου, όπως ήδη έχει αναφερθεί και ποσοτικοποιηθεί σύμφωνα με την εξίσωση 7.3 και την καμπύλη του σχήματος 7.3.

Στη μεσαία λωρίδα, αύξηση του φόρτου προκαλεί μετακίνηση των οχημάτων που κινούνται με αρκετά μικρότερη ταχύτητα από τη μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας της στην δεξιά λωρίδα (λόγω περισσότερης πίεσης) και μετακίνηση των σχετικά γρήγορα κινούμενων οχημάτων στην αριστερή λωρίδα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η αύξηση της μέσης ταχύτητας της κυκλοφορίας στη δεξιά λωρίδα καθώς και η μείωση της μέσης ταχύτητας στη μεσαία όπως περιγράφουν οι εξισώσεις 7.1 και 7.2 .

Στο σχήμα 7.4 δίνεται γραφικά η σύνθεση της κυκλοφορίας, δηλαδή η σχέση του συνολικού φόρτου με τα επιβατικά οχήματα ( μήκος < 5 μέτρων) καθώς και με τα βαρέα οχήματα (μήκος > 5 μέτρων).

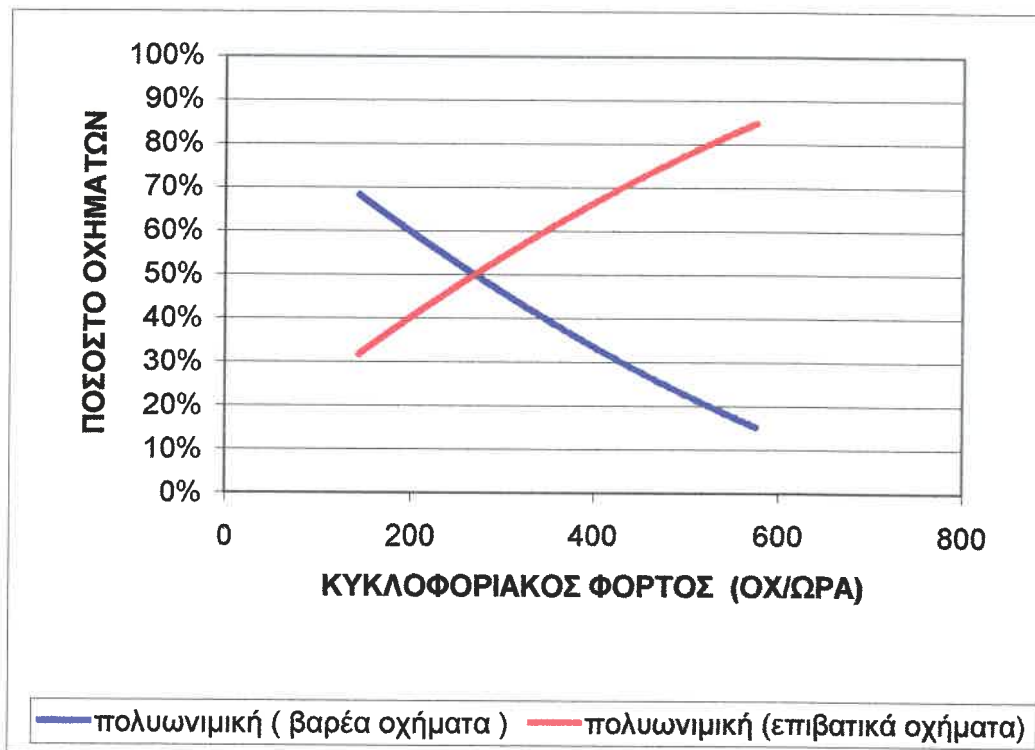


Σχήμα 7.4: Σύνθεση κυκλοφορίας της δεξιάς λωρίδας

Στο σχήμα 7.5 δίνεται γραφικά η ποσοστιαία σύνθεση της κυκλοφορίας της δεξιάς λωρίδας. Συγκεκριμένα, εμφανίζεται η καμπύλη με κόκκινο χρώμα που δίνει τη σχέση του ποσοστού των οχημάτων μήκους μικρότερο των 5 μέτρων (επιβατικά οχήματα) με τον κυκλοφοριακό φόρτο και η καμπύλη με μπλε χρώμα που δίνει τη σχέση του ποσοστού των οχημάτων με μήκος μεγαλύτερο των 5 μέτρων (βαρέα οχήματα) με τον φόρτο. Για τις υπόλοιπες λωρίδες κρίνεται ιδιαίτερα μικρό το ποσοστό των βαρέων οχημάτων οπότε και δεν πραγματοποιήθηκε προσπάθεια προσδιορισμού της ανάλογης σχέσης.

Το ποσοστό των επιβατικών οχημάτων ( $\Pi_{\text{επιβ}}$ ) που κινούνται στη δεξιά λωρίδα σε σχέση με το συνολικό φόρτο ( $Q$ ) της δεξιάς λωρίδας δίνεται από την παρακάτω εξίσωση 7.4 :

$$\Pi_{\text{επιβ}} = 7 \cdot 10^{-7} Q + 0,0018Q + 0,0794 \quad \text{με } R^2 = 0,57000 \quad (\text{εξίσωση 7.4})$$

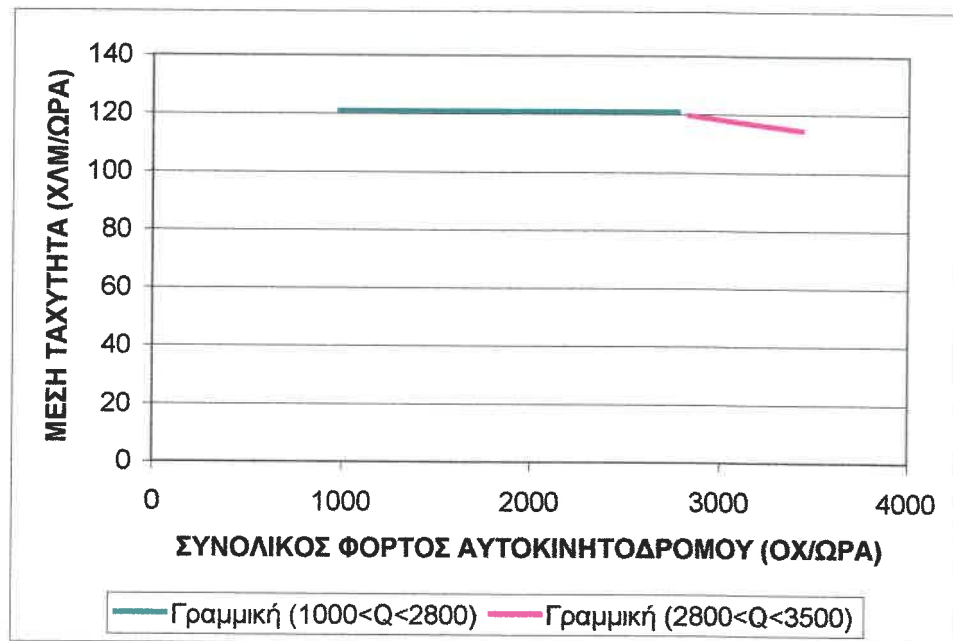


**Σχήμα 7.5 :** Ποσοστιαία σύνθεση κυκλοφορίας δεξιάς λωρίδας

Τα βαρέα οχήματα χρησιμοποιούν τη δεξιά λωρίδα για τη μετακίνησή τους αφού κινούνται με μικρές ταχύτητες συνήθως 80-90 χλμ/ώρα. Όπως φαίνεται από το σχήμα 7.4 η αύξηση του συνολικού φόρτου της δεξιάς λωρίδας οφείλεται στην

αύξηση των επιβατικών οχημάτων, μιας και ο αριθμός των βαρέων οχημάτων κυμαίνεται σταθερά μεταξύ περίπου 50 και 200 οχ/ώρα. Όσο αυξάνεται ο φόρτος της μεσαίας λωρίδας τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση που δέχεται ο αργός οδηγός που κινείται σε αυτήν. Οπότε αυτά τα οχήματα επιλέγουν τη δεξιά λωρίδα μιας και η ταχύτητά τους κρίνεται ιδιαίτερα χαμηλή στη μεσαία λωρίδα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η μέση ταχύτητα της δεξιάς. Έτσι, δικαιολογείται η αυξητική τάση της καμπύλης της δεξιάς λωρίδας του σχήματος 7.3 .

Στο σχήμα 7.6 παρουσιάζεται η σχέση της μέσης ταχύτητας της συνολικής κυκλοφορίας του αυτοκινητοδρόμου με το συνολικό φόρτο του αυτοκινητοδρόμου. Η παραπάνω σχέση αποτυπώνεται με τη χρήση 2 γραμμικών παλινδρομήσεων. Η πρώτη (πράσινο χρώμα) συσχετίζει το φόρτο που κυμαίνεται μεταξύ 1000 και 2800 οχ/ώρα με τη μέση ταχύτητα. Παρατηρείται σταθερή τιμή της ταχύτητας για τους εν λόγω φόρτους, ενώ ο βαθμός συσχέτισης βρέθηκε ιδιαίτερα μικρός ( $R^2 = 0.01$ ). Συμπεραίνεται δηλαδή, ότι η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας δε συσχετίζεται με το φόρτο, όταν ο τελευταίος είναι μεταξύ 1000 έως 2800 οχ/ώρα. Αντίθετα, για φόρτο μεταξύ 2800 έως 3500 οχ/ώρα ο συντελεστής συσχέτισης με τη μέση ταχύτητα κρίνεται αρκετά υψηλός ( $R^2 = 0,82$ ) και δίνεται γραφικά από τη δεύτερη γραμμική παλινδρόμηση (εμφανίζεται με κόκκινο χρώμα).

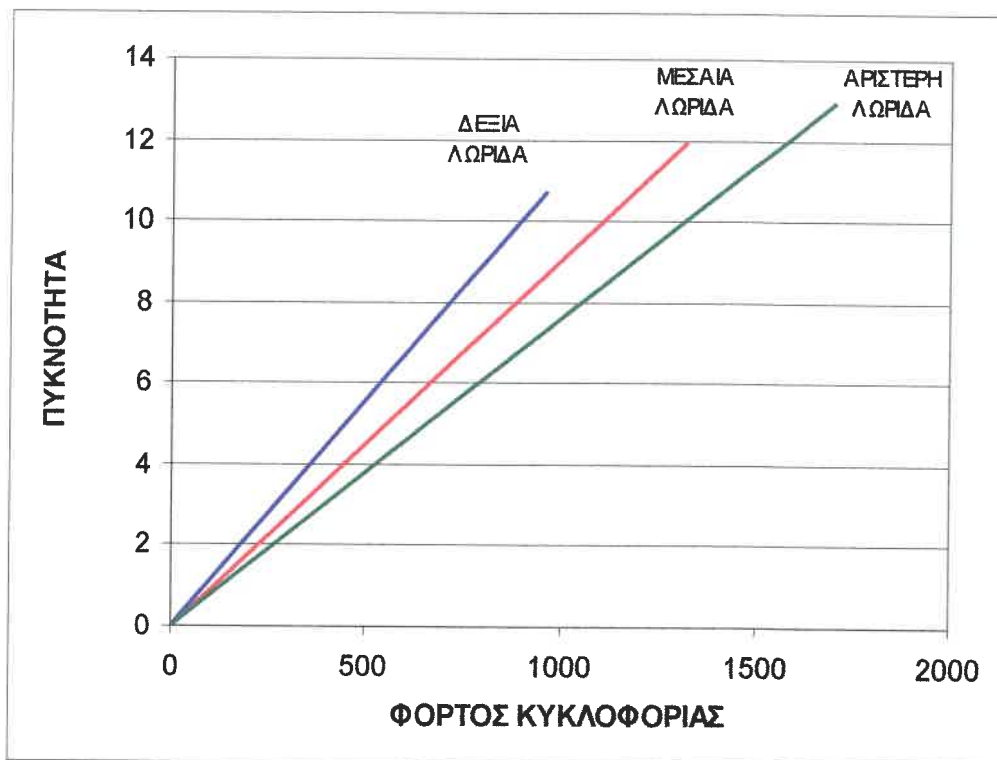


Σχήμα 7.6 : Σχέση ταχύτητας- συνολικού φόρτου αυτοκινητοδρόμου

Σύμφωνα λοιπόν με το σχήμα 7.3.4 για φόρτους μεταξύ 1000 και 2800 οχ/ώρα ισχυροποιείται η άποψη ότι αύξηση του φόρτου σημαίνει αύξηση της “πίεσης” που δέχονται τα οχήματα που κινούνται με μεγάλη σχετικά απόκλιση από τη μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας της λωρίδας που ανήκουν, τα οποία συμμορφώνονται με μετακίνηση σε πιο αργή ή σε πιο γρήγορη λωρίδα κυκλοφορίας. Όταν ο συνολικός φόρτος είναι πάνω από 2800 οχ/ώρα τα οχήματα που κινούνται στην αριστερή λωρίδα με αρκετά μεγαλύτερη ταχύτητα από τη μέση της κυκλοφορίας της δυσκολεύονται αρκετά περισσότερο να προσπεράσουν τα προπορευόμενα οχήματα. Αποτέλεσμα αυτού, είναι να ελαττώνουν την ταχύτητά τους και να μειώνεται έτσι η μέση ταχύτητα του αυτοκινητοδρόμου. Στην πραγματικότητα δυσκολεύονται οι προπορευόμενοι οδηγοί να βρουν τον κατάλληλο χρονικό διαχωρισμό της μεσαίας λωρίδας για να μετακινηθούν σε αυτήν, ώστε να παραχωρήσουν τον χρόνο και τον χώρο στους πιο γρήγορους οδηγούς να πραγματοποιήσουν προσπέραση, και ύστερα να επανέλθουν στην αριστερή λωρίδα.

#### 7.4 ΣΧΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ – ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Η σχέση μεταξύ κυκλοφοριακού φόρτου και πυκνότητας (σχήμα 7.7) έχει αποδειχθεί χρήσιμη, τόσο για την περιγραφή της κυκλοφοριακής «συμπεριφοράς» μιας οδού, όσο και σαν θεωρητική βάση στις διάφορες θεωρίες κυκλοφοριακής ροής. Στο σχήμα 7.7 με μπλε χρώμα φαίνεται η σχέση κυκλοφοριακού φόρτου-πυκνότητας για τη δεξιά λωρίδα, με κόκκινο χρώμα για τη μεσαία και με πράσινο για την αριστερή.



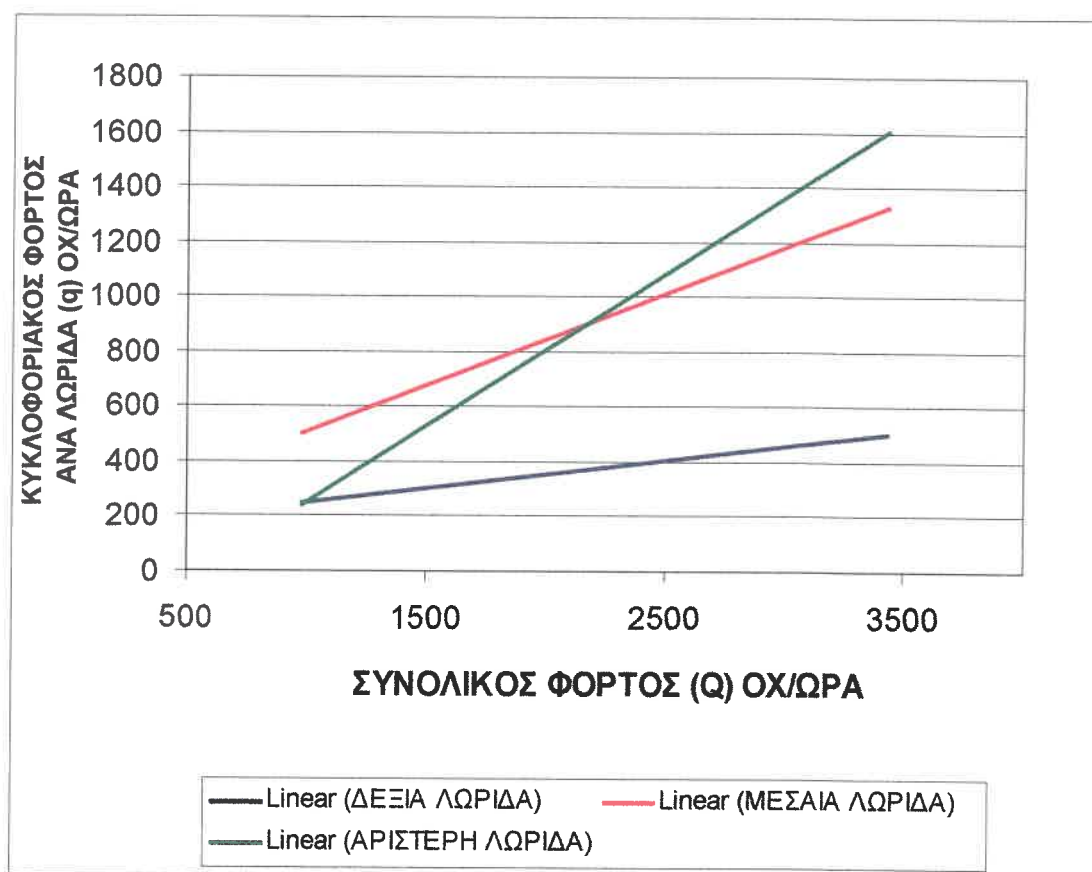
Σχήμα 7.7 : Σχέση φόρτου – πυκνότητας για κάθε λωρίδα αυτοκινητοδρόμου

- Για τη δεξιά λωρίδα η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης είναι :  
 $D = 0,011Q$  με συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 = 0,86$  (εξ. 7.5)
- Για τη μεσαία λωρίδα η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης είναι :  
 $D = 0,009Q$  με συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 = 0,97$  (εξ. 7.6)
- Για τη αριστερή λωρίδα η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης είναι :  
 $D = 0,0076Q$  με συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 = 0,99$  (εξ. 7.7)

Στο σχήμα 7.7 φαίνεται η σχέση του φόρτου με την πυκνότητα (έως και φόρτο 1700 οχ/ώρα) να είναι ευθεία γραμμή, όπως έχουν δείξει μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο εξωτερικό και όχι καμπύλη όπως παρουσιάζουν παλαιότερες μελέτες. Η αναφορά στις παραπάνω μελέτες γίνεται στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο.

### 7.5 ΣΧΕΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ – ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΑΝΑ ΛΩΡΙΔΑ

Η κατανομή της κυκλοφορίας ενός αυτοκινητόδρομου ανά λωρίδα της αυτής κατεύθυνσης εξαρτάται κυρίως από το συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο. Στο σχήμα 7.8 δίνεται μια εικόνα της κατανομής της κυκλοφορίας ανά λωρίδα, όπως προέκυψε από την ανάλυση των μετρήσεων στο υπό μελέτη οδικό τμήμα του αυτοκινητοδρόμου με 3 λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Στο σχήμα 7.8 η μπλε ευθεία (γραμμική παλινδρόμηση) αναφέρεται στη δεξιά λωρίδα, η κόκκινη στη μεσαία και η πράσινη στην αριστερή. Όπως φαίνεται στο σχήμα, σε χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους η μεσαία λωρίδα εξυπηρετεί περισσότερα οχήματα από τις υπόλοιπες. Όσο ο φόρτος αυξάνεται τόσο περισσότερα οχήματα προτιμούν την αριστερή λωρίδα για να κινηθούν. Για συνολικό φόρτο περίπου ίσο με 2200 οχήματα αναμένεται ο φόρτος της μεσαίας λωρίδας να ισούται με το φόρτο της αριστερής.



Σχήμα 7.8 : Κατανομή της κυκλοφορίας ανά λωρίδα

- Για τη δεξιά λωρίδα η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης είναι :  
 $q = 0,1033Q + 148,26$  με συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 = 0,72$  (εξ. 7.8)
- Για τη μεσαία λωρίδα η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης είναι :  
 $q = 0,3382Q + 165,1$  με συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 = 0,95$  (εξ. 7.9)
- Για τη αριστερή λωρίδα η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης είναι:  
 $q = 0,5585Q - 313,36$  με συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 = 0,98$  (εξ. 7.10)

Όπου  $q$  , ο κυκλοφοριακός φόρτος της λωρίδας

$Q$ , ο συνολικός κυκλοφοριακός φόρτος του αυτοκινητοδρόμου

Αν υποθέσουμε ότι  $q_1$  : ο φόρτος της δεξιάς λωρίδας

$q_2$  : ο φόρτος της μεσαίας λωρίδας

$q_3$  : ο φόρτος της αριστερής λωρίδας

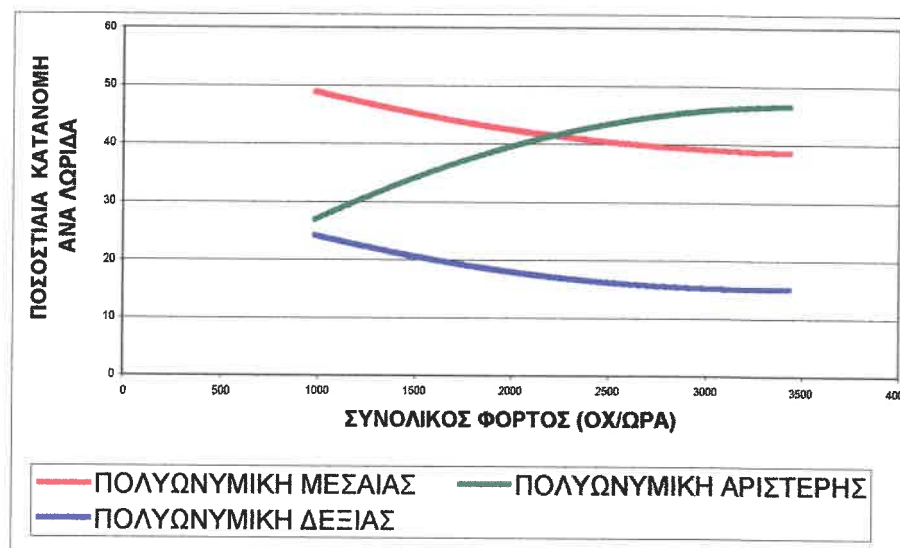
Από τις παραπάνω εξισώσεις με άθροιση κατά μέλη προκύπτει ότι :

$$q_1 + q_2 + q_3 = Q \quad \text{όπου } Q : \text{ ο συνολικός φόρτος του αυτοκινητοδρόμου}$$

Οπότε εξασφαλίζεται οι εξισώσεις (7.8 – 7.10) ισχύουν συγχρόνως.

Οι παραπάνω εξισώσεις ισχύουν για  $Q > 1000$  οχ/ώρα και  $Q < 3500$  οχ/ώρα

Στο σχήμα 7.9 δίνεται γραφικά και η ποσοστιαία κατανομή της κυκλοφορίας ανά λωρίδα.



Σχήμα 7.9 : Ποσοστιαία κατανομή της κυκλοφορίας ανά λωρίδα.

## 7.6 Στάθμη εξυπηρέτησης

---

Βρέθηκε ότι η αριστερή και η μεσαία λωρίδα στο υπό εξέταση οδικό τμήμα έχουν στάθμη εξυπηρέτησης A σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Θα μπορούσε έτσι να θεωρηθεί ότι για φόρτο τουλάχιστον έως 1320 οχ/ώρα (μέγιστη τιμή φόρτου που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων) για τη μεσαία λωρίδα και 1700 οχ/ώρα για την αριστερή λωρίδα, η στάθμη εξυπηρέτησης της οδού είναι A.

Η στάθμη εξυπηρέτησης της δεξιάς λωρίδας δεν είναι σταθερή αλλά κυμαίνεται μεταξύ A και D. Στις περιπτώσεις όπου το ποσοστό των βαρέων οχημάτων στο σύνολο του φόρτου της δεξιάς λωρίδας είναι μεγάλο, η οδός έχει χαμηλή στάθμη εξυπηρέτησης. Η αύξηση του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων προκαλεί αύξηση της στάθμης εξυπηρέτησης, αφού αυξάνεται η μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας.

## 8. ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΟΡΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

### ΑΝΑ ΛΩΡΙΔΑ

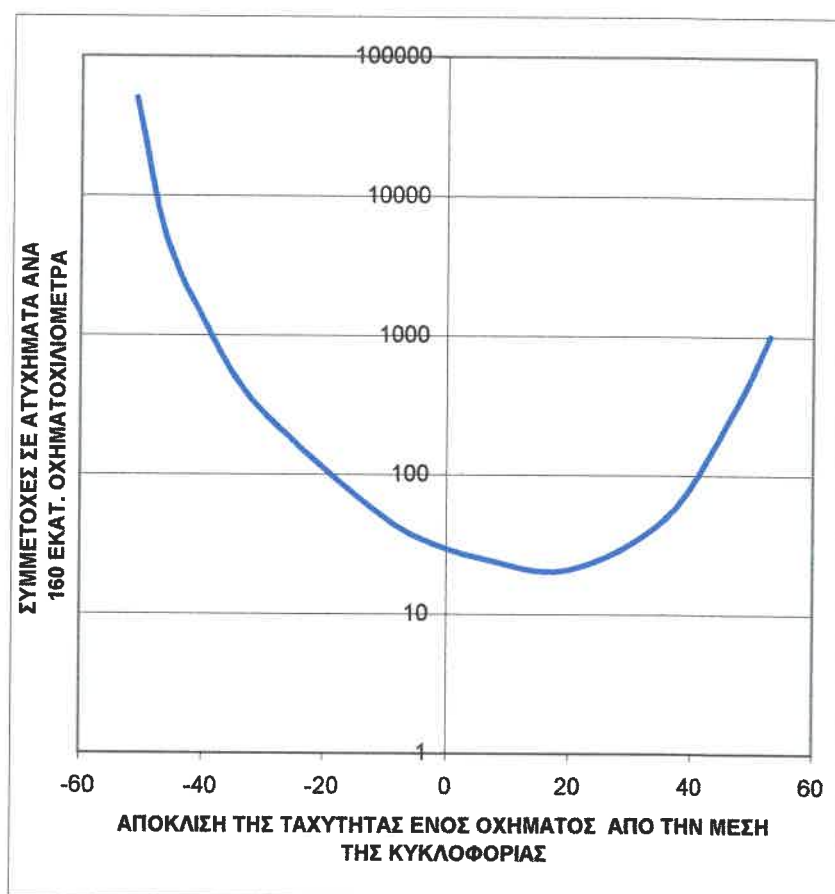
Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε αναφορά σε μελέτες οι οποίες συσχετίζουν την ταχύτητα με τα ατυχήματα. Το γενικό συμπέρασμα αυτών των ερευνών είναι ότι τα ατυχήματα εξαρτώνται από την απόκλιση της ταχύτητας των οχημάτων από τη μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας της λωρίδας και όχι μόνο από το μέγεθος της ταχύτητας των οχημάτων. Οι καμπύλες που συσχετίζουν την εν λόγω απόκλιση της ταχύτητας με την επικινδυνότητα της λωρίδας κυκλοφορίας έχουν μορφή U. Για την περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση επιλέχθηκε η καμπύλη του Cirillo για τους παρακάτω λόγους:

- Αποτελεί το μεγαλύτερο δείγμα μετρήσεων (2000 ατυχήματα) σε αυτοκινητοδρόμους σε σχέση με άλλες έρευνες.
- Αποτελεί την συνέχεια της μελέτης του Solomon (10.000 οδηγοί που είχαν εμπλοκή σε ατύχημα και 290.000 συνεντεύξεις, έτος 1964) σε αγροτικούς εθνικούς οδούς των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.

Η εν λόγω μελέτη αποτελεί ορόσημο και θεωρείται η πιο αξιόπιστη ακόμα και από σημερινούς μελετητές.

- Η μελέτη του Cirillo στηρίχθηκε σε ατυχήματα που πραγματοποιήθηκαν κατά τις πρωινές ώρες (9:00 – 16:00). Τα κυκλοφοριακά στοιχεία που αναλύθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία προήλθαν από μετρήσεις στις ίδιες περίπου πρωινές ώρες.

Πραγματοποιήθηκε μετατροπή των μονάδων μέτρησης από μίλια σε χιλιόμετρα στην καμπύλη του Cirillo και το αποτέλεσμα δίνεται στο σχήμα 8.1



**Σχήμα 8.1:** Μεταβολή του δείκτη συμμετοχής σε ατύχημα σε σχέση με τη διαφορά από τη μέση ταχύτητα.

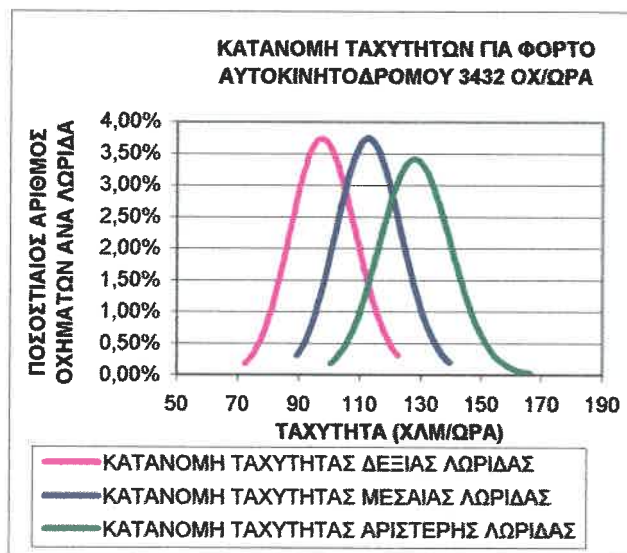
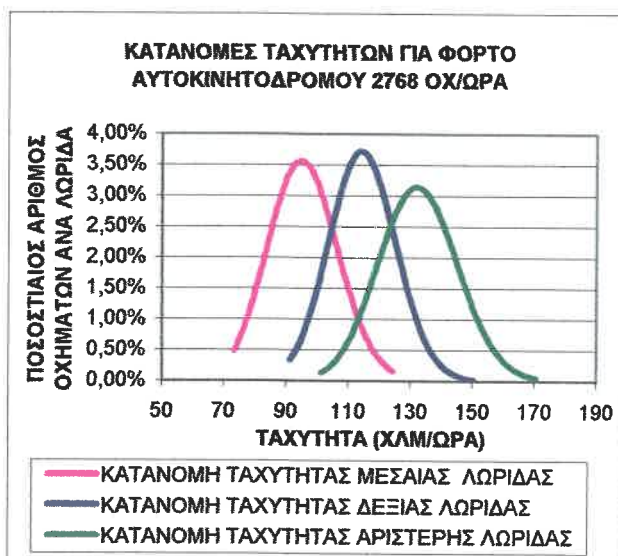
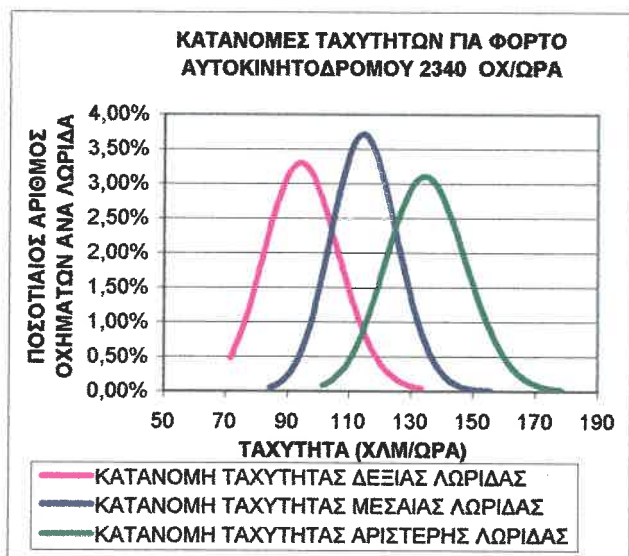
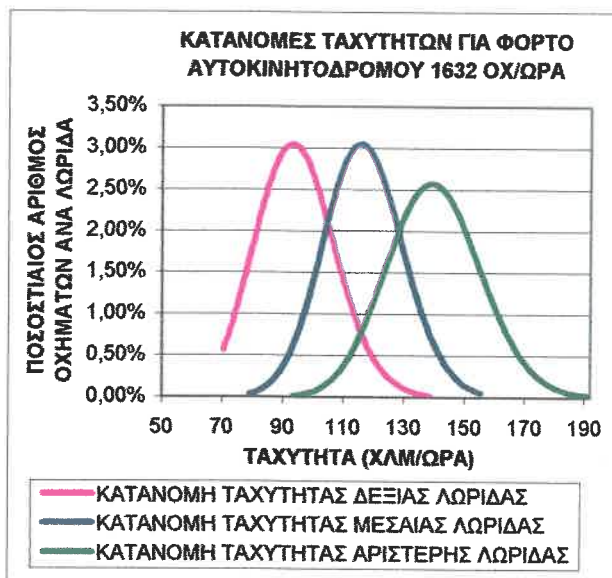
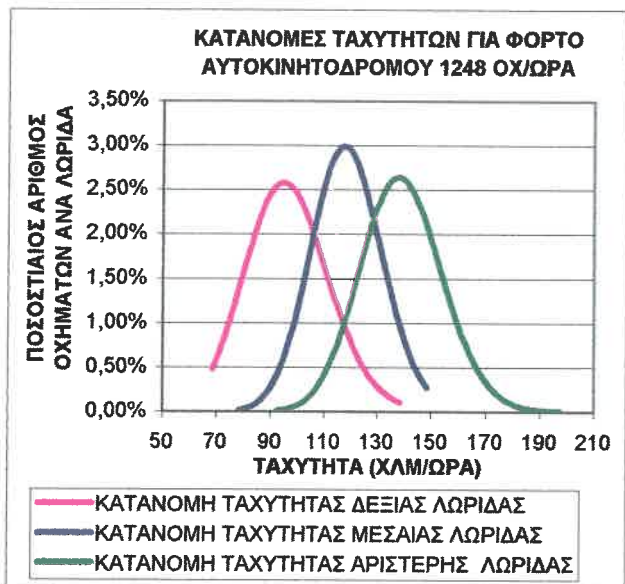
Η παραπάνω καμπύλη δεν ανταποκρίνεται με ακρίβεια στους ελληνικούς αυτοκινητόδρομους, αλλά είναι ικανή για τον προσδιορισμό της τάσης της μεταβολής του δείκτη συμμετοχής σε ατύχημα σε σχέση με τη διαφορά από τη μέση ταχύτητα.

Σύμφωνα με την παραπάνω καμπύλη θα περίμενε κανείς ο έλεγχος της ταχύτητας να μειώσει σημαντικά τον αριθμό των ατυχημάτων και την επικινδυνότητα γενικότερα της οδού. Στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής μελέτης, αποδεικνύονται τα παραπάνω λεγόμενα. Συγκεκριμένα προσδιορίζονται όρια ταχύτητας ανά λωρίδα με σκοπό τη μείωση της επικινδυνότητας.

### 8.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΣΥΜΜΕΤΟΧΩΝ ΣΕ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΑΡΟΥΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Για τον προσδιορισμό του βαθμού επικινδυνότητας (συμμετοχών σε ατύχημα ανά 160 εκατ. οχηματοχιλιόμετρα) του οδικού τμήματος αναγκαία προϋπόθεση αποτελεί η δημιουργία ενός πίνακα κατανομής των ταχυτήτων. Είναι λογικό η επικινδυνότητα να διαφέρει ανάλογα με το φόρτο κυκλοφορίας. Οπότε, για την πληρέστερη και πιο αξιόπιστη προσέγγιση του φαινομένου αποφασίστηκε η δημιουργία πινάκων κατανομής ταχυτήτων ανά λωρίδα για ορισμένους κυκλοφοριακούς φόρτους του αυτοκινητοδρόμου. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας κατέγραψαν φόρτους πενταλέπτου από 1000 οχ/ώρα έως 3500 οχ/ώρα. Αποφασίστηκε να βρεθεί η επικινδυνότητα για 5 ορισμένους φόρτους, οι οποίοι όμως έπρεπε να καλύπτουν τις ελάχιστες, μεσαίες και υψηλές τιμές των φόρτων που καταγράφηκαν. Επίσης, επιλέχθηκαν κυκλοφοριακοί φόρτοι των οποίων ίσες ή περίπου ίσες τιμές παρατηρήθηκαν αρκετές φορές στα δεδομένα των μετρήσεων. Δηλαδή, ο πρώτος κυκλοφοριακός φόρτος που επιλέχθηκε είναι 1248 οχ/ώρα και δημιουργήθηκε πίνακας κατανομής ταχυτήτων, ο οποίος προήλθε από το μέσο όρο της κατανομής των ταχυτήτων των φόρτων 1224, 1236, 1248, 1248, 1284 οχ/ώρα. Ομοίως, επιλέχθηκαν και οι υπόλοιποι κυκλοφοριακοί φόρτοι, οι οποίοι είναι οι: 1632, 2340, 2768, 3432 οχ/ώρα και όπως αναφέρεται πιο πάνω θα μελετηθούν ως προς την επικινδυνότητά τους.

Για τους παραπάνω φόρτους δημιουργήθηκε ένας πίνακας, ο οποίος παρουσιάζει αριθμητικά την κατανομή των ταχυτήτων της κάθε λωρίδας. Ενδεικτικά μετατράπηκε ο πίνακας σε διαγράμματα- γραφικές κατανομές και δίνεται στο Σχήμα 8.2 .



Σχήματα 8.2 : Κατανομές οχημάτων ανα το φόρτο κυκλοφορίας και ανά λωρίδα

Η επιλογή και η απεικόνιση της κατάλληλης στατιστικής κατανομής πραγματοποιήθηκε με χρήση ειδικού λογισμικού Bestfit. Το συγκεκριμένο λογισμικό επιλέγει την κατάλληλη κατανομή με βάση το κριτήριο  $\chi^2$ . Προέκυψε ως καταλληλότερη η αρνητική διωνυμική κατανομή για όλες τις λωρίδες και τους φόρτους που εξετάστηκαν. Οι ανωτέρω κατανομές παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική για να γίνει καλύτερα κατανοητό το φαινόμενο των ταχυτήτων σε αυτοκινητόδρομο αν και δε χρησιμοποιούνται στην περαιτέρω επεξεργασία. Ο πίνακας των κατανομών των ταχυτήτων ανά λωρίδα και ανά φόρτο από τον οποίο προήλθαν οι κατανομές του σχήματος 8.2 χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε και παρουσιάζεται στο Παράρτημα Β.

Με βάση τον πίνακα των κατανομών και το σχήμα 8.1 προσδιορίστηκε η επικινδυνότητα της οδού ανάλογα με τον φόρτο. Η διαδικασία έχει ως εξής:

- Υπολογίζεται η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας για κάθε λωρίδα
- Υπολογίζεται η απόκλιση της ταχύτητας του κάθε οχήματος από τη μέση ταχύτητα της λωρίδας που ανήκει.
- Από το σχήμα 8.1 για την κάθε απόκλιση υπολογίζεται η αντίστοιχη επικινδυνότητα που προκαλεί το κάθε όχημα (συμμετοχές σε ατύχημα ανά 160 εκατ. οχηματοχιλιόμετρα).
- Προστίθενται όλες οι επιμέρους επικινδυνότητες και υπολογίζεται η συνολική.

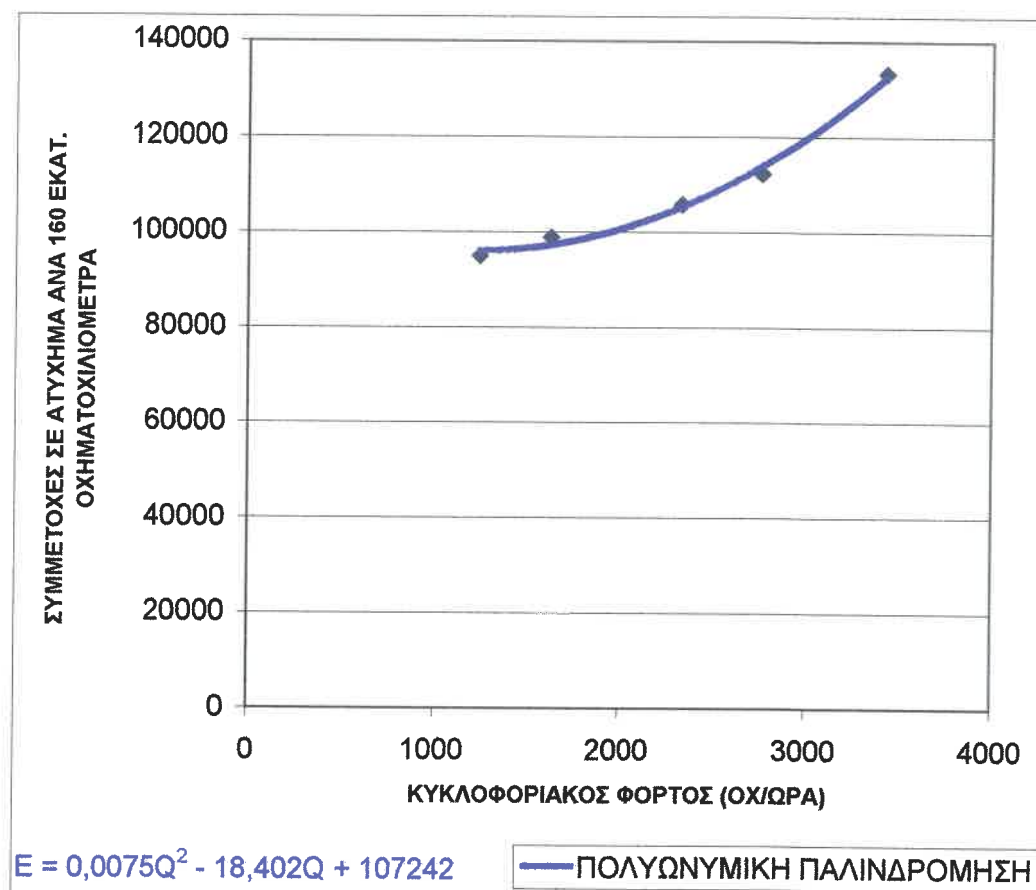
Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

**Πίνακας 8.1:** Αναμενόμενες συμμετοχές σε ατύχημα ανά 160 εκατ. οχηματοχιλιόμετρα

| ΦΟΡΤΟΣ (ΟΧ/ΩΡΑ) | 1248  | 1632  | 2340   | 2768   | 3432   |
|-----------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ    | 10606 | 11652 | 14898  | 16539  | 22174  |
| ΜΕΣΑΙΑ ΛΩΡΙΔΑ   | 32834 | 35212 | 37197  | 39143  | 48282  |
| ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΩΡΙΔΑ | 51467 | 52002 | 53698  | 56537  | 62791  |
| ΣΥΝΟΛΟ          | 94907 | 98866 | 105793 | 112219 | 133247 |

Προσδιορίστηκε σχέση μεταξύ του δείκτη της συνολικής επικινδυνότητας (E) του αυτοκινητοδρόμου και του κυκλοφοριακού φόρτου (Q) και χαράχθηκε η καμπύλη

της, μέσω της πολυωνυμικής παλινδρόμησης η οποία δίνεται στο σχήμα 8.3 και εμφανίζει  $R^2=0.992$ .



**Σχήμα 8.3:** Σχέση δείκτη επικινδυνότητας(E) - κυκλοφοριακού φόρτου(Q)

## 8.2 ΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ – ΟΡΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΛΩΡΙΔΑ

Από τις κατανομές των ταχυτήτων εύκολα διακρίνεται η ανάγκη για ρύθμιση της κυκλοφορίας με βάση την καλύτερη κατανομή των οχημάτων στις επιμέρους λωρίδες ανάλογα με την ταχύτητά τους. Η αποφυγή του φαινομένου «αργός» οδηγός να κινείται σε «γρήγορη» λωρίδα και αντιστρόφως θα είχε ως αποτέλεσμα σίγουρα την μείωση της επικινδυνότητας. Το ερώτημα όμως είναι, ποιος οδηγός θεωρείται «αργός ή γρήγορος» σε μία λωρίδα κυκλοφορίας, πόσο επηρεάζει τη συνολική επικινδυνότητα της οδού και αν είναι θετικό ή αρνητικό να αλλάζει λωρίδα ο

συγκεκριμένος οδηγός. Αποφασίστηκε να προσδιοριστούν όρια ταχύτητας ανα λωρίδα ως μέτρο επιβολής της κατανομής των οχημάτων στη λωρίδα τους ανάλογα με την ταχύτητά τους. Τα όρια αυτά είναι:

- Ελάχιστη ταχύτητα μεσαίας λωρίδας (ή μέγιστη ταχύτητα δεξιάς λωρίδας)
- Μέγιστη ταχύτητα μεσαίας λωρίδας (ή ελάχιστη ταχύτητα αριστερής λωρίδας)

Θεωρήθηκε ότι η δεξιά λωρίδα δεν έχει ελάχιστο όριο ταχύτητας και η αριστερή λωρίδα δεν έχει μέγιστο όριο ταχύτητας.

Ο προσδιορισμός των βελτίστων ορίων ταχύτητας έχει σκοπό την ελαχιστοποίηση της επικινδυνότητας. Οπότε θα πρέπει να υπολογιστεί η επικινδυνότητα της οδού για κάθε συνδυασμό των παραπάνω δύο ορίων και να προσδιοριστεί η ελάχιστη ταχύτητα επικινδυνότητας και τα αντίστοιχα όρια ταχύτητας. Ο αριθμός όλων των συνδυασμών είναι 8646 για κάθε μία από τις πέντε τιμές του φόρτου (σύνολο 43230), πάρα πολύ μεγάλος για να μελετηθεί χωρίς την βοήθεια ειδικού προγράμματος, το οποίο πρέπει να αναπτυχθεί εξ αρχής.

### 8.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Αποφασίστηκε η ανάπτυξη του προτύπου να πραγματοποιηθεί με την βοήθεια της «γλώσσας» προγραμματισμού Microsoft Visual Basic. Δημιουργήθηκε ένας αλγόριθμος ο οποίος υπολογίζει την τιμή της επικινδυνότητας για κάθε συνδυασμό των ορίων ταχύτητας και επιλέγει τελικά την ελάχιστη προσδιορίζοντας και τα αντίστοιχα όρια. Επίσης, το διάγραμμα του σχήματος 8.1 μετατράπηκε σε πίνακα με ακρίβεια ταχύτητας 1 χλμ/ώρα.

Αναλυτικότερα, ο αλγόριθμος ορίζει ένα ζεύγος ταχύτητας το οποίο εμμέσως προσδιορίζει τις τρεις λωρίδες κυκλοφορίας. Υπολογίζει το μέσο όρο των ταχυτήτων της δεξιάς, της μεσαίας και της αριστερής λωρίδας μεταφέροντας όλα τα οχήματα στη σωστή λωρίδα σύμφωνα με τα όρια. Στη συνέχεια υπολογίζει την απόκλιση του κάθε οχήματος από το μέσο όρο της ταχύτητας της λωρίδας στην οποία ανήκει και βρίσκει την αντίστοιχη επικινδυνότητα από τον πίνακα που προέκυψε από το σχήμα 8.1.

Κατόπιν, αθροίζει όλες τις επιμέρους επικινδυνότητες των οχημάτων και βρίσκει τη συνολική για τα αντίστοιχα όρια που όρισε. Στη συνέχεια με χρήση

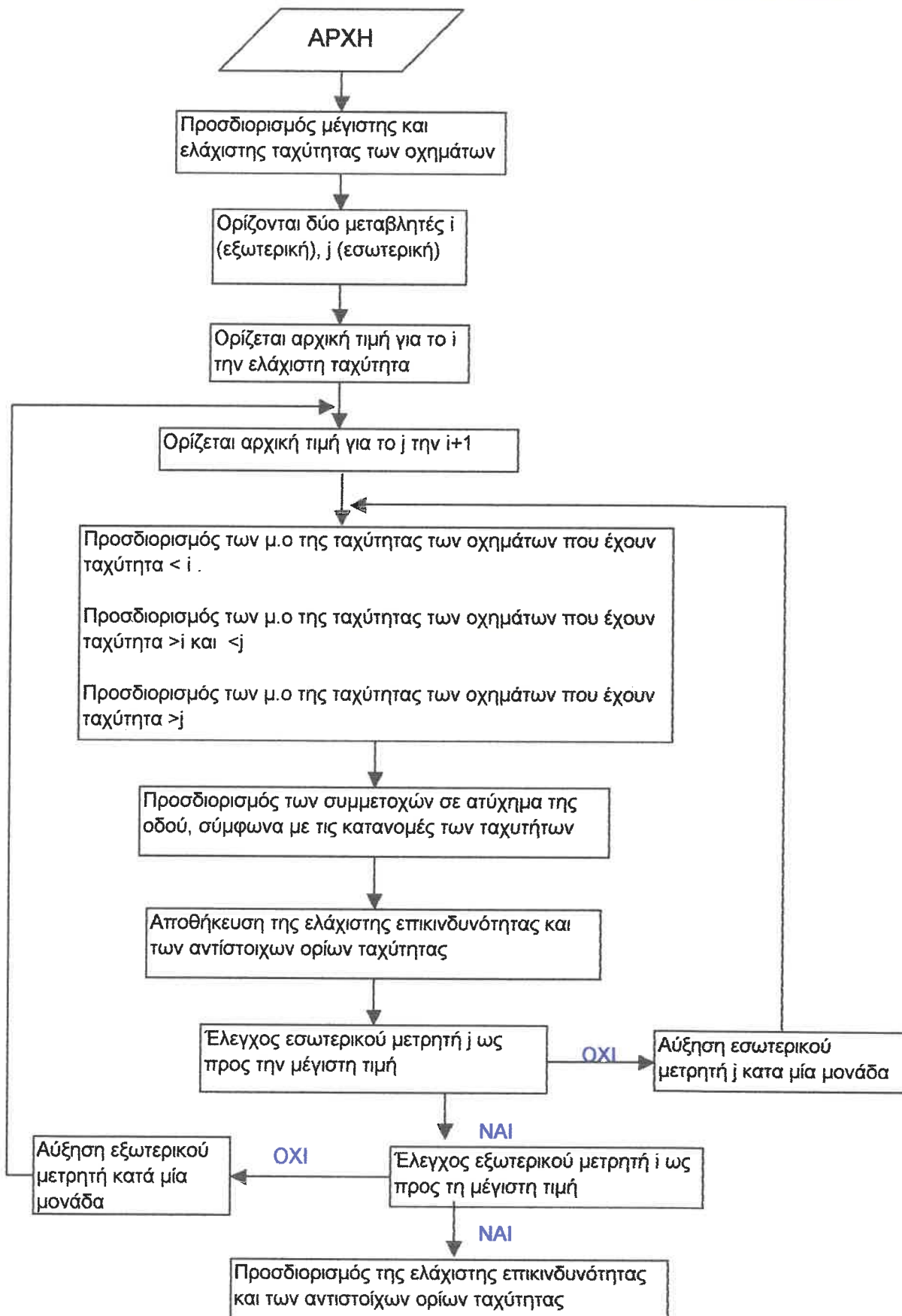
ελεγχόμενων εξωτερικών και εσωτερικών μετρητών βρίσκει τον επόμενο συνδυασμό ορίων ταχύτητας και ακολουθεί την ίδια διαδικασία. Αν με κάποιο συνδυασμό βρει μικρότερη επικινδυνότητα την αποθηκεύει όπως και τα αντίστοιχα όρια ως βέλτιστες παραμέτρους. Η διαδικασία συνεχίζεται έως την εξάντληση όλων των συνδυασμών και στο τέλος δίνει ως αποτελέσματα: την ελάχιστη επικινδυνότητα και τα όρια ταχύτητας που την προκαλούν, καθώς και την επικινδυνότητα του κάθε συνδυασμού. Η όλη παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται 5 φορές για τους 5 φόρτους για τους οποίους έχουν υπολογιστεί οι κατανομές των ταχυτήτων.

#### 8.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

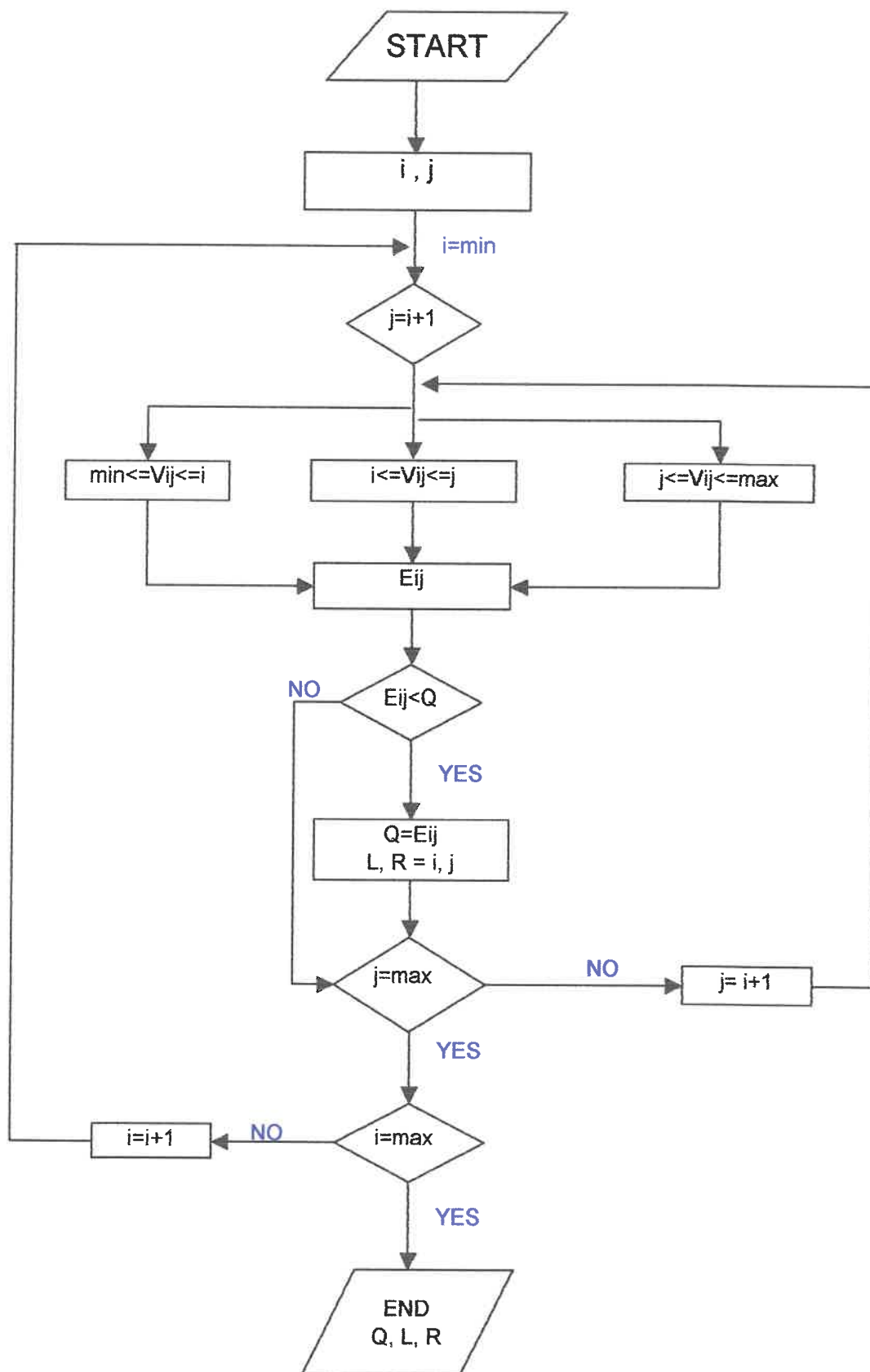
Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας του προτύπου, αναγκαίος ήταν ο υπολογισμός της επικινδυνότητας τουλάχιστον ενός συνδυασμού ορίων ταχύτητας χωρίς τη χρήση του πρότυπου μαθηματικού προγραμματισμού, αλλά με τη χρήση απλών μαθηματικών υπολογισμών. Έτσι υπολογίστηκαν οι επικινδυνότητες δύο συνδυασμών ορίων, οι οποίες βρέθηκαν ίσες με αυτές που προσδιορίζει το πρότυπο πρόγραμμα. Οπότε, αποδείχτηκε ότι το τελευταίο λειτουργεί με ακρίβεια και αξιοπιστία

Ακολουθεί το διάγραμμα ροής, καθώς και το λογικό διάγραμμα του πρότυπου μαθηματικού προγραμματισμού.

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ



## ΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ



## 8.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ο παρακάτω πίνακας 8.2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το πρότυπο μαθηματικό προγραμματισμό.

**Πίνακας 8.2:** Βέλτιστα όρια ταχύτητας με σκοπό την μείωση της επικινδυνότητας

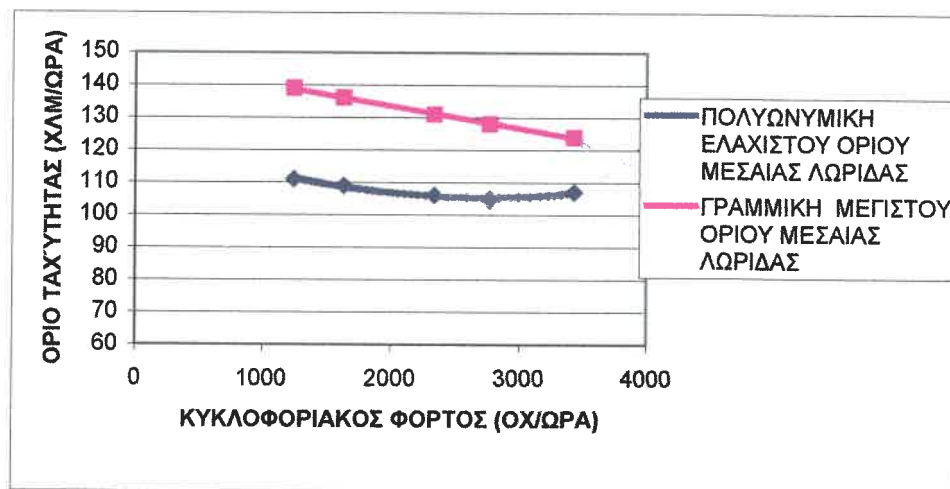
| Κυκλοφοριακός φόρτος (οχ/ώρα)               | 1248  | 1632  | 2340  | 2768  | 3432   |
|---------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Ελάχιστη ταχύτητα μεσαίας λωρίδας           | 111   | 109   | 106   | 105   | 107    |
| Μέγιστη ταχύτητα μεσαίας λωρίδας            | 139   | 136   | 131   | 128   | 124    |
| Ελάχιστος συνολικός δείκτης επικινδυνότητας | 44060 | 55838 | 77023 | 91035 | 111825 |

Στο σχήμα 8.4 δίνεται γραφικά η σχέση μεταβολής των βέλτιστων ορίων ταχύτητας με τον φόρτο. Οι καμπύλες είναι αποτέλεσμα γραμμικής και πολυωνυμικής παλινδρόμησης με εξισώσεις:

- Για το μέγιστο όριο :  $U = -0.0069Q + 147.33$  με  $R^2=0,99$

- Για το ελάχιστο όριο :  $U = 3 \cdot 10^{-6}Q^2 - 0.0146Q + 125.33$  με  $R^2=0.98$

Οι παραπάνω εξισώσεις ισχύουν για  $Q > 1000$  οχ/ώρα και  $Q < 3500$  οχ/ώρα



**Σχήμα 8.4:** Σχέση βέλτιστων ορίων ταχύτητας με τον κυκλοφοριακό φόρτο

Οι καμπύλες του παραπάνω σχήματος με την αύξηση του φόρτου τείνουν πιο κοντά η μία με την άλλη. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αύξηση του ποσοστού των οχημάτων που κινούνται με ταχύτητα μεταξύ των βελτίστων ορίων.

Ο παρακάτω πίνακας 8.3 παρουσιάζει την κατανομή του φόρτου στις λωρίδες πριν και μετά τη διαχείριση της κυκλοφορίας μέσω των βελτίστων ορίων. Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρείται μεγάλη διαφορά μεταξύ των φόρτων στις λωρίδες πριν και μετά την επιβολή των βελτίστων ορίων αλλά όχι τόσο μεγάλη ώστε να θεωρηθεί ότι θα μειωθεί κατά πολύ η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας λόγω αυξημένου φόρτου.

**Πίνακας 8.3 :** Κατανομή κυκλοφορίας με και χωρίς όρια ταχύτητας

| ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ | 1248 ΟΧ/ΩΡΑ |         | 1632 ΟΧ/ΩΡΑ |         | 2340 ΟΧ.ΩΡΑ |         |
|------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
|                  | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΑ  | ΜΕ ΟΡΙΑ | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΑ  | ΜΕ ΟΡΙΑ | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΑ  | ΜΕ ΟΡΙΑ |
| ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ     | 272         | 406     | 355         | 500     | 376         | 482     |
| ΜΕΣΑΙΑ ΛΩΡΙΔΑ    | 586         | 567     | 689         | 699     | 992         | 1154    |
| ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΩΡΙΔΑ  | 390         | 275     | 588         | 433     | 972         | 704     |

| ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ | 2768 ΟΧ/ΩΡΑ |         | 3432 ΟΧ/ΩΡΑ |         |
|------------------|-------------|---------|-------------|---------|
|                  | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΑ  | ΜΕ ΟΡΙΑ | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΑ  | ΜΕ ΟΡΙΑ |
| ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ     | 430         | 491     | 553         | 748     |
| ΜΕΣΑΙΑ ΛΩΡΙΔΑ    | 1091        | 1324    | 1308        | 1364    |
| ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΩΡΙΔΑ  | 1247        | 953     | 1571        | 1320    |

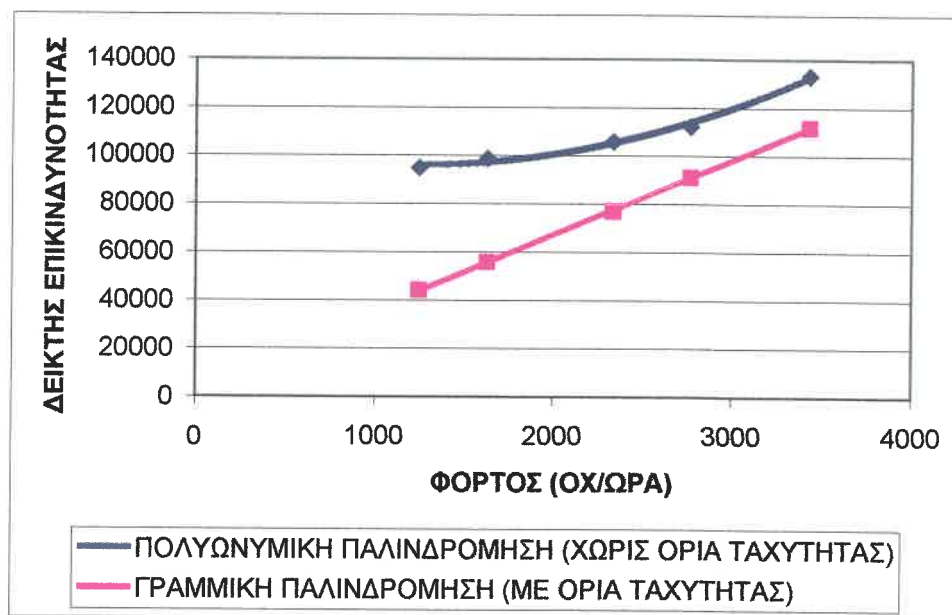
Ο πίνακας 8.4 παρουσιάζει την ποσοστιαία μείωση του δείκτη επικινδυνότητας πριν και μετά τη διαχείριση της κυκλοφορίας μέσω των βελτίστων ορίων ταχύτητας.

**Πίνακας 8.4 :** Μείωση της συνολικής επικινδυνότητας με τη χρήση βέλτιστων ορίων ταχύτητας

| ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ (ΟΧ/ΩΡΑ) | ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ | ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΟΡΙΩΝ | % ΜΕΙΩΣΗ |
|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|
| 1248                          | 94907                              | 44060                                            | 53,58%   |
| 1632                          | 98866                              | 55838                                            | 43,52%   |
| 2340                          | 105793                             | 77023                                            | 27,19%   |
| 2768                          | 112218                             | 91035                                            | 18,88%   |
| 3432                          | 133246                             | 111825                                           | 16,08%   |

Παρατηρείται σημαντική μείωση του δείκτη επικινδυνότητας στους χαμηλούς φόρτους (1000-1500 οχ/ώρα) της τάξεως του 50% ενώ στους υψηλούς (2500-3500 οχ/ώρα) η μείωση κυμαίνεται γύρω στο 20%. Το αποτέλεσμα κρίνεται λογικό και αναμενόμενο, αφού στους χαμηλούς φόρτος το φαινόμενο «αργός» οδηγός σε «γρήγορη» λωρίδα και το αντίστροφο, είναι πιο έντονο από ότι σε υψηλούς φόρτους με αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικότερα ο δείκτης (βλέπε σχήμα 8.1). Η σημαντική μείωση του δείκτη οφείλεται στο παραπάνω φαινόμενο, το οποίο μηδενίζεται με τη χρήση μεγίστων και ελαχίστων ορίων ταχύτητας ανά λωρίδα.

Το σχήμα 8.5 παρουσιάζει τη μεταβολή του δείκτη επικινδυνότητας σε σχέση με το φόρτο πριν και μετά τη χρήση των βελτιστών ορίων ταχύτητας.



**Σχήμα 8.5:** Σχέση μεταβολής δείκτη επικινδυνότητας με και χωρίς όρια ταχύτητας

- Η εξίσωση της πολυωνυμικής παλινδρόμησης (χωρίς όρια ταχύτητας) είναι :  $E = 0,0075Q^2 - 18,402Q + 107242$  με  $R^2 = 0,992$
- Η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης (με όρια ταχύτητας) είναι:  $E = 31,011Q + 5127,2$  με  $R^2 = 0,9998$

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 8.2 τα όρια ταχύτητας που υπολόγισε το πρότυπο πρόγραμμα μαθηματικού προγραμματισμού είναι αρκετά υψηλά αλλά λογικά, αν ληφθεί υπόψη πως η μέση ταχύτητα της αριστερής λωρίδας είναι μεταξύ 145 και 125 χλμ/ώρα. Ωστόσο δεν θα μπορούσε να δοθεί στους οδηγούς καμία

οδηγία για το ποια λωρίδα θα πρέπει να επιλέξουν ανάλογα με την ταχύτητα τους και σύμφωνα με τα όρια ταχύτητας που προτείνονται από τον πίνακα 8.2. Μια τέτοια ενέργεια θα ερχόταν σε αντίθεση με το μέγιστο όριο ταχύτητας των 120 χλμ/ώρα για τους αυτοκινητόδρομους που επιβάλλει ο κώδικας οδικής κυκλοφορίας για τους αυτοκινητόδρομους. Δηλαδή, δεν θα μπορούσε να δοθεί οδηγία στους οδηγούς να κινούνται στην μεσαία λωρίδα αν έχουν ταχύτητα μεταξύ 110 με 135 χλμ/ώρα όταν το ανώτατο όριο που επιβάλλει ο νόμος είναι 120 χλμ/ώρα. Γι' αυτό αποφασίστηκε να μελετηθεί εκ νέου ο προσδιορισμός ενός ορίου ταχύτητας κάτω από το οποίο οι οδηγοί θα κινούνται στην δεξιά λωρίδα. Δηλαδή αποφασίστηκε ο προσδιορισμός του μεγίστου ορίου ταχύτητας της δεξιάς λωρίδας και του ελαχίστου ορίου ταχύτητας των άλλων δύο λωρίδων με σκοπό την ελαχιστοποίηση της επικινδυνότητας, χωρίς την καταστρατήγηση της λογικής του ορίου των 120 χλμ/ώρα.

#### 8.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΕΞΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΛΛΩΝ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Οι κυκλοφοριακές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας δείχνουν ότι υπάρχουν αρκετοί οδηγοί που κινούνται στην μεσαία και αριστερή λωρίδα με πολύ μικρές ταχύτητες (της τάξης των 90 και 100 χλμ/ώρα). Αν αυτοί οι οδηγοί μετακινηθούν στην δεξιά λωρίδα θα αναμενόταν μείωση της επικινδυνότητας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με επιβολή μεγίστου ορίου ταχύτητας στη δεξιά λωρίδα που θα είναι και ελάχιστο όριο ταχύτητας στην αριστερή και μεσαία λωρίδα. Θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας νέος κώδικας μαθηματικού προγραμματισμού που να προσδιορίζει το παραπάνω όριο με βάση το διάγραμμα μεταβολής του δείκτη συμμετοχής σε ατύχημα σε σχέση με την απόκλιση της ταχύτητας από τη μέση ταχύτητα (σχήμα 8.1) και με βάση τον πίνακα κατανομής των ταχυτήτων ανά λωρίδα.

## 8.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Η κατασκευή του δεύτερου προτύπου πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια της «γλώσσας» προγραμματισμού Microsoft Visual Basic. Δημιουργήθηκε ένας αλγόριθμος ο οποίος υπολογίζει την τιμή της επικινδυνότητας για κάθε τιμή του εν λόγω ορίου ταχύτητας και επιλέγει την ελάχιστη προσδιορίζοντας και το αντίστοιχο όριο.

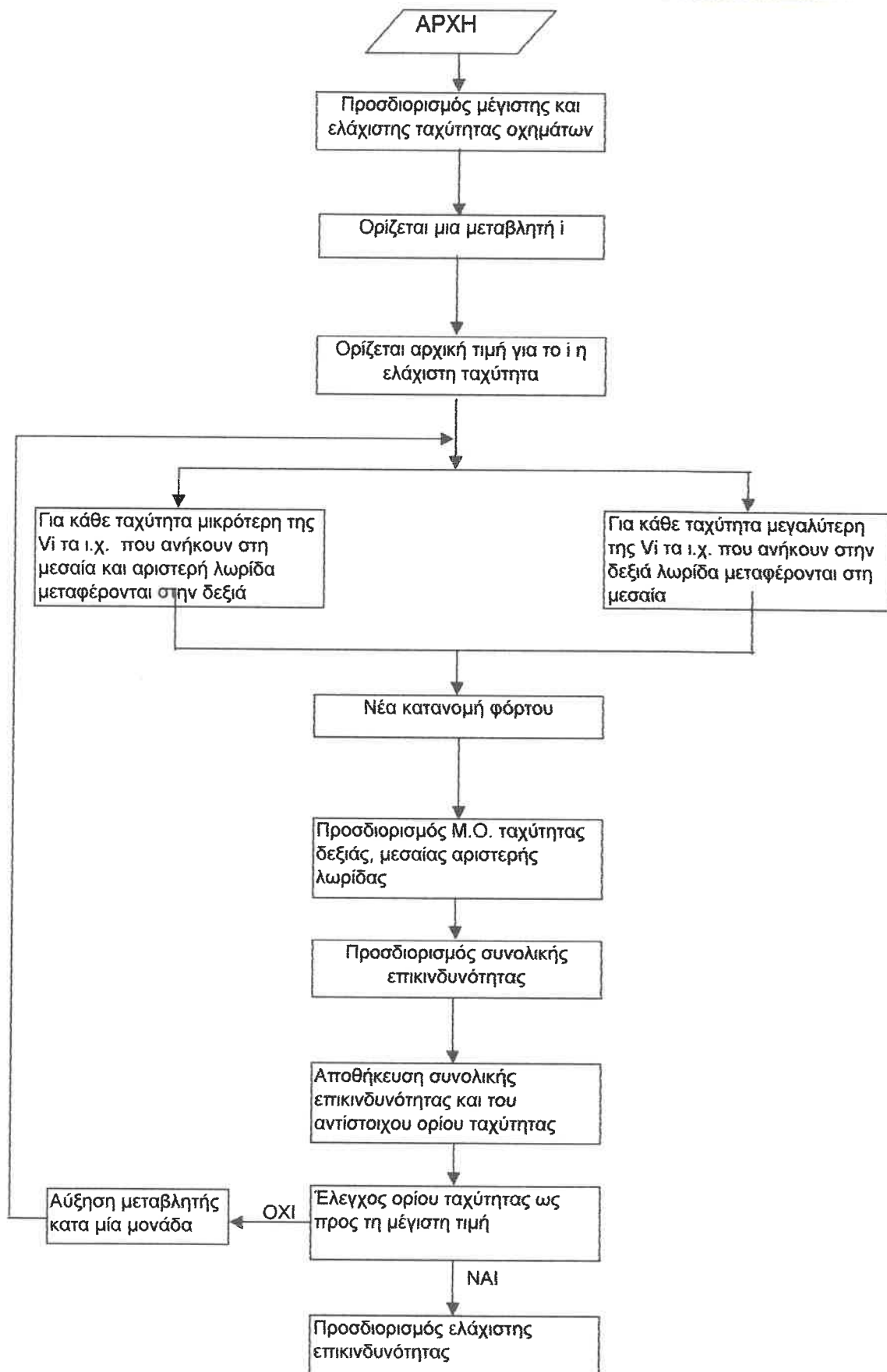
Αναλυτικότερα, ο αλγόριθμος ορίζει μία τιμή για το εν λόγω όριο. Τα οχήματα της μεσαίας και της αριστερής λωρίδας τα οποία κινούνται με ταχύτητα μικρότερη του ορίου τα τοποθετεί στην δεξιά λωρίδα διατηρώντας την ταχύτητα που είχανε. Τα οχήματα που κινούνται στην δεξιά λωρίδα με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου τα τοποθετεί στην μεσαία λωρίδα (ως την αμέσως πιο γρήγορη) διατηρώντας την ταχύτητα που είχανε. Προσδιορίζει το μέσο όρο των ταχυτήτων της δεξιάς, της μεσαίας και της αριστερής λωρίδας σύμφωνα με την νέα κατανομή των ταχυτήτων. Στη συνέχεια υπολογίζει την απόκλιση του κάθε οχήματος από το μέσο όρο της ταχύτητας της λωρίδας στην οποία ανήκει και βρίσκει την αντίστοιχη επικινδυνότητα από τον πίνακα που προέκυψε από το σχήμα 8.1. Κατόπιν, αθροίζει όλες τις επιμέρους επικινδυνότητες των οχημάτων και βρίσκει τη συνολική για το αντίστοιχο όριο που όρισε.

Με χρήση ελεγχόμενου μετρητή επιλέγει επόμενη τιμή για το όριο ταχύτητας και ακολουθεί την ίδια διαδικασία. Αν για κάποια τιμή του ορίου βρει μικρότερη επικινδυνότητα την αποθηκεύει ως βέλτιστη όπως και την αντίστοιχη τιμή του ορίου. Η διαδικασία συνεχίζεται έως εξάντληση όλων των πιθανών τιμών που μπορεί να πάρει το όριο ταχύτητας. Στο τέλος μας δίνει ως αποτέλεσμα την ελάχιστη επικινδυνότητα και το όριο ταχύτητας που την προκαλεί. Η όλη παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται 5 φορές για τους 5 φόρτους για τους οποίους έχουν υπολογιστεί οι κατανομές των ταχυτήτων.

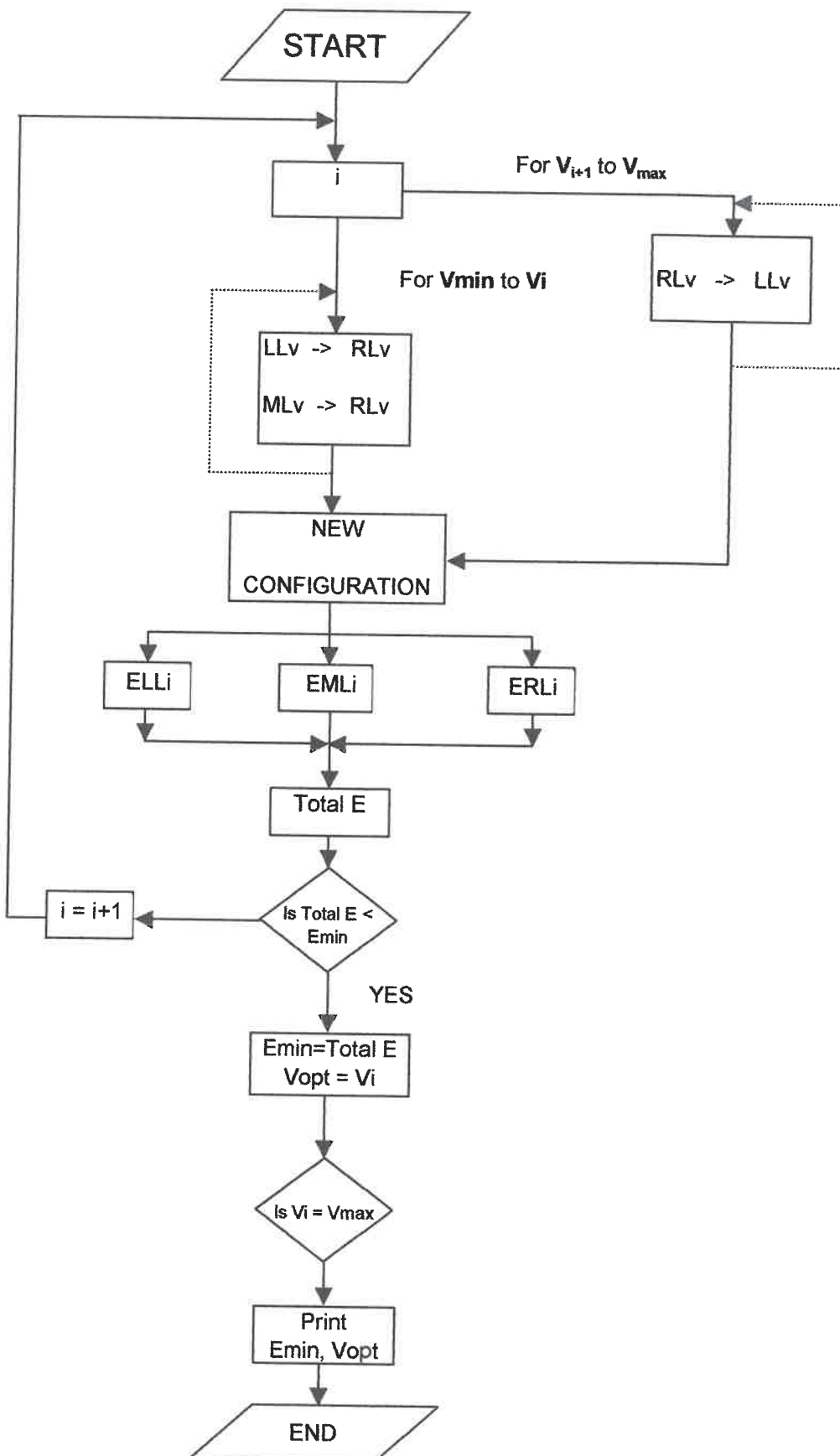
Ο έλεγχος αξιοπιστίας του δεύτερου προτύπου πραγματοποιήθηκε με τρόπο όμοιο με τον έλεγχο αξιοπιστίας του πρώτου προτύπου που περιγράφεται στο κεφάλαιο 8.4

Ακολουθεί το διάγραμμα ροής, καθώς και το λογικό διάγραμμα του νέου πρότυπου μαθηματικού προγραμματισμού.

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ



ΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ



## 8.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΝΕΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ο παρακάτω πίνακας 8.5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το δεύτερο πρότυπο μαθηματικού προγραμματισμού. Παρουσιάζεται σε αντιστοιχία με τον κυκλοφοριακό φόρτο, το βέλτιστο όριο ταχύτητας που αποτελεί την μέγιστη ταχύτητα για τη δεξιά λωρίδα και την ελάχιστη για τη μεσαία και την αριστερή. Επίσης παρουσιάζεται σε αντιστοιχία ο ελάχιστος συνολικός δείκτης επικινδυνότητας. Από τον πίνακα παρατηρείται πως το όριο ταχύτητας που ελαχιστοποιεί την επικινδυνότητα της οδού κυμαίνεται γύρω στα 105 χλμ/ώρα.

**Πίνακας 8.5 :** Βέλτιστο όριο ταχύτητας και αντίστοιχη επικινδυνότητα

| Κυκλοφοριακός φόρτος (οχ/ώρα)               | 1248  | 1632  | 2340  | 2768  | 3432   |
|---------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Βέλτιστο όριο ταχύτητας                     | 107   | 106   | 104   | 104   | 106    |
| Ελάχιστος συνολικός δείκτης επικινδυνότητας | 52312 | 64366 | 87727 | 99081 | 119919 |

Η κατανομή της κυκλοφορίας σύμφωνα με τα νέα δεδομένα (με όριο) παρουσιάζεται στον πίνακα 8.6. Παρουσιάζεται επίσης και η κατανομή που παρουσίαζε η κυκλοφορία πριν την επιβολή του ορίου ταχύτητας (χωρίς όριο)

**Πίνακας 8.6 :** Κατανομή της κυκλοφορίας σε λωρίδες με και χωρίς όριο

| ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ | 1248 ΟΧ/ΩΡΑ |         | 1632 ΟΧ/ΩΡΑ |         | 2340 ΟΧ.ΩΡΑ |         |
|------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
|                  | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΟ | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΟ | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΟ |
| ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ     | 272         | 362     | 355         | 495     | 376         | 534     |
| ΜΕΣΑΙΑ ΛΩΡΙΔΑ    | 586         | 503     | 689         | 562     | 992         | 837     |
| ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΩΡΙΔΑ  | 390         | 383     | 588         | 575     | 972         | 969     |

| ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ | 2768 ΟΧ/ΩΡΑ |         | 3432 ΟΧ/ΩΡΑ |         |
|------------------|-------------|---------|-------------|---------|
|                  | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΟ | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΟ |
| ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ     | 430         | 587     | 553         | 749     |
| ΜΕΣΑΙΑ ΛΩΡΙΔΑ    | 1091        | 938     | 1308        | 1122    |
| ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΩΡΙΔΑ  | 1247        | 1243    | 1571        | 1561    |

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα τα οχήματα που μετακινούνται από την αριστερή στη δεξιά λωρίδα, είναι λίγα (της τάξεως των 10 οχημάτων) αλλά αρκετά για να μειώσουν την επικινδυνότητα της οδού. Τα οχήματα αυτά παρουσίαζαν περίπου 25 με 100 φορές μεγαλύτερη επικινδυνότητα από ότι τα υπόλοιπα οχήματα της αριστερής λωρίδας και θεωρούνται κρίσιμα για την αύξηση της επικινδυνότητας της οδού. Η μετακίνηση αυτών των οχημάτων σε λωρίδα με πιο χαμηλή μέση ταχύτητα κυκλοφορίας τα καθιστά αυτομάτως μη κρίσιμα οχήματα με μικρή πιθανότητα συμμετοχής σε ατύχημα. Στην ουσία το πρόγραμμα, βρίσκει τα κρίσιμα οχήματα και τα μετατρέπει σε μη κρίσιμα αλλάζοντας τα λωρίδα. Σε αντίθεση με την αριστερή λωρίδα αρκετά θεωρούνται τα οχήματα της μεσαίας που κινούνται κάτω από 105 χλμ/ώρα και κατα συνέπεια το πρόγραμμα τα μετακινεί στην δεξιά λωρίδα. Τα οχήματα της μεσαίας λωρίδας που μετακινούνται στην δεξιά έχουν περίπου 2,5 με 15 φορές μεγαλύτερη επικινδυνότητα από ότι τα υπόλοιπα οχήματα της λωρίδας τους. Η μετακίνηση τους σε πιο αργή λωρίδα μειώνει αρκετά την πιθανότητα συμμετοχής σε ατύχημα. Η μείωση της επικινδυνότητας του κάθε οχήματος δεν είναι τόση μεγάλη όσο των κρίσιμων οχημάτων της αριστερής λωρίδας, αλλά αθροιστικά τα οχήματα της μεσαίας που μετακινούνται στην δεξιά μειώνουν αρκετά την επικινδυνότητα της οδού.

Ο πίνακας 8.7 παρουσιάζει την ποσοστιαία μείωση του δείκτη επικινδυνότητας πριν και μετά τη διαχείριση της κυκλοφορίας μέσω των βελτιστών ορίων ταχύτητας.

**Πίνακας 8.7 :** Ποσοστιαία μείωση της επικινδυνότητας με χρήση του ορίου ταχύτητας

| ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ<br>ΦΟΡΤΟΣ<br>(ΟΧ/ΩΡΑ) | ΔΕΙΚΤΗΣ<br>ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ<br>ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ | ΔΕΙΚΤΗΣ<br>ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ<br>ΜΕ ΧΡΗΣΗ<br>ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΟΡΙΟΥ | % ΜΕΙΩΣΗ |
|-------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------|
| 1248                                | 94907                                    | 52312                                                     | 44,88%   |
| 1632                                | 98866                                    | 64366                                                     | 34,90%   |
| 2340                                | 105793                                   | 87727                                                     | 17,08%   |
| 2768                                | 112218                                   | 99081                                                     | 11,71%   |
| 3432                                | 133246                                   | 119919                                                    | 10,00%   |

Παρατηρείται σημαντική μείωση του δείκτη επικινδυνότητας στους χαμηλούς φόρτους (1000-1500 οχ/ώρα) της τάξεως του 45 % ενώ στους υψηλούς (2500-3500 οχ/ώρα) η μείωση κυμαίνεται γύρω στο 10 %. Το αποτέλεσμα κρίνεται αναμενόμενο αφού στους χαμηλούς φόρτους τα οχήματα που κινούνται στη δεξιά και στην αριστερή λωρίδα με ταχύτητες πάρα πολύ μικρότερες από την μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας είναι πιο πολλά από ότι σε υψηλούς φόρτους. Η μετακίνηση κάθε τέτοιου οχήματος στη δεξιά λωρίδα, το καθιστά πολύ λιγότερο επικίνδυνο και μειώνει τη συνολική επικινδυνότητα.

Όπως αναφέρεται παραπάνω η τιμή του ορίου για πρακτικούς λόγους μπορεί να θεωρηθεί ίση με 105 χλμ/ώρα για φόρτο έως 3500 οχ/ώρα. Ωστόσο αυτή η τιμή δεν είναι ακέραια της δεκάδας όπως συνηθίζεται με τα όρια του κώδικα οδικής κυκλοφορίας. Αν το ελάχιστο όριο ταχύτητας για την αριστερή λωρίδα τεθεί τα 100 χλμ/ώρα (μικρότερο από 105 χλμ/ώρα) τότε τα οχήματα που κινούνται μεταξύ 100 με 105 χλμ/ώρα στην αριστερή λωρίδα και ανεβάζουν σημαντικά την επικινδυνότητα της οδού δεν θα μετακινηθούν στην δεξιά λωρίδα και κατά συνέπεια η μείωση της επικινδυνότητας θα είναι σημαντικά μικρότερη. Αν πάλι το ελάχιστο όριο της μεσαίας λωρίδας γίνει 110 χλμ/ώρα, τα οχήματα τα οποία θα μετακινηθούν στην δεξιά λωρίδα εκτιμούνται πάρα πολλά με αποτέλεσμα να αυξηθεί σημαντικά η μέση ταχύτητα της δεξιάς λωρίδας και να καταστήσει περισσότερο επικινδύνα τα βαρέα οχήματα τα οποία κινούνται με μικρές σχετικά ταχύτητες. Για να προσδιοριστούν τα βέλτιστα όρια ταχύτητας που θα είναι και ακέραια της δεκάδας μελετήθηκε η επικινδυνότητα που αποφέρουν οι παρακάτω συνδυασμοί ορίων.

- 1<sup>ος</sup> συνδυασμός: Μέγιστο όριο δεξιάς λωρίδας 100 χλμ/ώρα, ελάχιστο όριο μεσαίας λωρίδας 100 χλμ/ώρα, ελάχιστο όριο αριστερής λωρίδας 100 χλμ/ώρα
- 2<sup>ος</sup> συνδυασμός: Μέγιστο όριο δεξιάς λωρίδας 100 χλμ/ώρα, ελάχιστο όριο μεσαίας λωρίδας 100 χλμ/ώρα, ελάχιστο όριο αριστερής λωρίδας 110 χλμ/ώρα
- 3<sup>ος</sup> συνδυασμός: Μέγιστο όριο δεξιάς λωρίδας 110 χλμ/ώρα, ελάχιστο όριο μεσαίας λωρίδας 110 χλμ/ώρα, ελάχιστο όριο αριστερής λωρίδας 110 χλμ/ώρα

Ο προσδιορισμός της επικινδυνότητας της οδού με χρήση του 1<sup>ου</sup> και του 3<sup>ου</sup> συνδυασμού ορίων παρουσιάζει ίδια λογική με αυτή του δεύτερου αλγόριθμου. Ο

προσδιορισμός της επικινδυνότητας της οδού με χρήση του δεύτερου συνδυασμού ορίων έγινε με βάση τη ακόλουθη λογική: Όσα οχήματα της δεξιάς λωρίδας κινούνται με ταχύτητα μεγαλύτερη των 100 χλμ/ώρα μεταφέρονται στην μεσαία. Όσα οχήματα της μεσαίας λωρίδας κινούνται με ταχύτητα μικρότερη των 100 χλμ/ώρα μεταφέρονται στη δεξιά λωρίδα. Όσα οχήματα της αριστερής λωρίδας κινούνται με ταχύτητα μικρότερη των 100 χλμ/ώρα μεταφέρονται στη δεξιά λωρίδα και όσα οχήματα κινούνται με ταχύτητα μεταξύ 100 με 110 χλμ/ώρα μεταφέρονται στη μεσαία λωρίδα.

Στον παρακάτω πίνακα 8.8 δίνονται οι επικινδυνότητες που αποφέρει ο 1<sup>ος</sup>, ο 2<sup>ος</sup> και ο 3<sup>ος</sup> συνδυασμός ορίων. Παρατηρείται πως οι μικρότερες τιμές επικινδυνότητας εμφανίζονται στο 2<sup>ο</sup> συνδυασμό ορίων. Οπότε και αυτός θα επιλεγεί ως βέλτιστος για οδηγία στους οδηγούς.

**Πίνακας 8.8:** Δείκτης επικινδυνότητας για διάφορους συνδυασμούς ορίων

| ΦΟΡΤΟΣ<br>(ΟΧ/ΩΡΑ) | ΔΕΙΚΤΗΣ<br>ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ<br>1 <sup>ος</sup> ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ | ΔΕΙΚΤΗΣ<br>ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ<br>2 <sup>ος</sup> ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ | ΔΕΙΚΤΗΣ<br>ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ<br>3 <sup>ος</sup> ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ |
|--------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1248               | 63597                                                    | 50027                                                    | 56972                                                    |
| 1632               | 74490                                                    | 62513                                                    | 66648                                                    |
| 2340               | 90891                                                    | 86172                                                    | 88052                                                    |
| 2768               | 104180                                                   | 98529                                                    | 102423                                                   |
| 3432               | 124567                                                   | 119001                                                   | 121648                                                   |

Στον πίνακα 8.9 εμφανίζεται η ποσοστιαία μείωση της επικινδυνότητας που αποφέρει η εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> συνδυασμού ορίων.

**Πίνακας 8.9:** Ποσοστιαία μείωση της επικινδυνότητας με χρήση 2<sup>ου</sup> συνδυασμού ορίων

| ΦΟΡΤΟΣ<br>(ΟΧ/ΩΡΑ) | ΔΕΙΚΤΗΣ<br>ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ<br>ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ | ΔΕΙΚΤΗΣ<br>ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ<br>2 <sup>ος</sup> ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ | % ΜΕΙΩΣΗ |
|--------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------|
| 1248               | 94907                                    | 50027                                                    | 47,29%   |
| 1632               | 98866                                    | 62513                                                    | 36,77%   |
| 2340               | 105793                                   | 86172                                                    | 18,55%   |
| 2768               | 112218                                   | 98529                                                    | 12,20%   |
| 3432               | 133246                                   | 119001                                                   | 10,69%   |

Παρατηρείται πως η ποσοστιαία μείωση της επικινδυνότητας κατά την εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> συνδυασμού ορίων είναι λίγο μεγαλύτερη από ότι η ποσοστιαία μείωση που επιτυγχάνεται κατά την εφαρμογή των ορίων που δίνει ως αποτελέσματα ο δεύτερος αλγόριθμος. Αυτό οφείλεται στην διαφορετική προσέγγιση του προβλήματος της μείωσης της επικινδυνότητας με χρήση ορίων ταχύτητας. Ο δεύτερος αλγόριθμος προσδιορίζει ένα όριο ταχύτητας, ενώ ο 2<sup>ος</sup> συνδυασμός ορίων ταχύτητας προσδιορίζει δυο όρια ταχύτητας (μέγιστο όριο δεξιάς λωρίδας που είναι ελάχιστο όριο για τη μεσαία και ελάχιστο όριο αριστερής λωρίδας). Ωστόσο η προσπάθεια εκτίμησης βέλτιστων ορίων μέσω προγράμματος μαθηματικού προγραμματισμού, με βάση τη λογική του 2<sup>ου</sup> συνδυασμού απορίφθηκε γιατί τα αποτελέσματα εκτιμήθηκαν πως θα καταστρατηγούσαν το όριο των 120 χλμ/ώρα που ορίζει ο κώδικας οδικής κυκλοφορίας.

Από τον πίνακα 8.9 παρατηρείται σημαντική μείωση στον δείκτη επικινδυνότητας σε συνθήκες χαμηλού φόρτου της τάξεως του 45 % ενώ σε συνθήκες υψηλού φόρτου η μείωση είναι της τάξεως του 10 %. Η λογική της μείωσης της επικινδυνότητας είναι ίδια με αυτήν που περιγράφεται στις παραπάνω παραγράφους για την μείωση της επικινδυνότητας που προκαλούν τα όρια ταχύτητας που δίνονται από τον πρώτο και το δεύτερο κώδικα.

Η νέα κατανομή της κυκλοφορίας δίνεται στον πίνακα 8.10. Η στήλη «χωρίς όριο» αντιπροσωπεύει την παρούσα κατάσταση ενώ η στήλη «με όρια» αντιπροσωπεύει την κατάσταση μετά την εφαρμογή των ορίων ταχύτητας.

**Πίνακας 8.10:** Νέα κατανομή κυκλοφορίας

| ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ | 1248 ΟΧ/ΩΡΑ |         | 1632 ΟΧ/ΩΡΑ |         | 2340 ΟΧ.ΩΡΑ |         |
|------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
|                  | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΑ | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΑ | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΑ |
| ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ     | 272         | 273     | 355         | 328     | 376         | 344     |
| ΜΕΣΑΙΑ ΛΩΡΙΔΑ    | 586         | 597     | 689         | 737     | 992         | 1046    |
| ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΩΡΙΔΑ  | 390         | 378     | 588         | 567     | 972         | 950     |

| ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ | 2768 ΟΧ/ΩΡΑ |         | 3432 ΟΧ/ΩΡΑ |         |
|------------------|-------------|---------|-------------|---------|
|                  | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΑ | ΧΩΡΙΣ ΟΡΙΟ  | ΜΕ ΟΡΙΑ |
| ΔΕΞΙΑ ΛΩΡΙΔΑ     | 430         | 334     | 553         | 392     |
| ΜΕΣΑΙΑ ΛΩΡΙΔΑ    | 1091        | 1212    | 1308        | 1548    |
| ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΛΩΡΙΔΑ  | 1247        | 1222    | 1571        | 1492    |

Δεν παρατηρείται τόσο μεγάλη διαφορά μεταξύ των φόρτων στις λωρίδες πριν και μετά την επιβολή των ορίων ώστε να θεωρηθεί ότι θα μειωθεί ή θα αυξηθεί κατά πολύ η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας λόγω αλλαγής στο φόρτο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω θα μπορούσε να ισχυριστεί με ακρίβεια ότι αν δοθεί και εφαρμοστεί η οδηγία στους οδηγούς να μην κινούνται στη δεξιά λωρίδα με ταχύτητα μεγαλύτερη των 100 χλμ/ώρα και να μην κινούνται στην αριστερή λωρίδα με ταχύτητα μικρότερη των 110 χλμ/ώρα θα επιτευχθεί σημαντική μείωση στον αριθμό των ατυχημάτων.

## 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια προσπάθεια εκτίμησης των σχέσεων φόρτου - ταχύτητας και φόρτου – πυκνότητας που ισχύουν στους Ελληνικούς αυτοκινητόδρομους. Επίσης με εφαρμογή κατάλληλων ορίων ταχύτητας ανά λωρίδα έγινε προσπάθεια ελαχιστοποίησης των αναμενόμενων συμμετοχών σε ατύχημα στους Ελληνικούς αυτοκινητόδρομους.

Πραγματοποιήθηκε αρχικά αναζήτηση βιβλιογραφίας σχετική με τα παραπάνω αντικείμενα και αποφασίστηκε να ποσοτικοποιηθούν οι παραπάνω σχέσεις μεταξύ των βασικών κυκλοφοριακών παραμέτρων (φόρτος, ταχύτητα, πυκνότητα), αφού κάτι τέτοιο δεν έχει γίνει μέχρι σήμερα στην Ελλάδα συστηματικά για αυτοκινητόδρομο. Επίσης αναζητήθηκε βιβλιογραφία σχετική με την οδική ασφάλεια και τα οδικά ατυχήματα.

Για τις ανάγκες της μελέτης συλλέχθηκαν κυκλοφοριακά στοιχεία από τμήμα αυτοκινητοδρόμου. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τμήμα της εθνικής οδού Αθηνών – Λαμίας στο 25<sup>ο</sup> χλ. στο ρεύμα προς Λαμία. Πραγματοποιήθηκε βιντεοσκόπηση της κυκλοφορίας από γέφυρα. Η ανάλυση της βιντεοταινίας έγινε με τη χρήση του συστήματος Autoscope. Καθοριστικός παράγοντας για τη χρήση του παραπάνω συστήματος ήταν η ανάγκη για συνεχή μέτρηση των κυκλοφοριακών στοιχείων, στη διάρκεια του χρόνου. Στη συνέχεια έγινε έλεγχος αξιοπιστίας του συστήματος Autoscope που έδειξε ότι τα κυκλοφοριακά στοιχεία υπολογίστηκαν με ακρίβεια. Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε συστηματοποίηση και επεξεργασία των στοιχείων που μετρήθηκαν

Τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω.

### 9.1 ΣΧΕΣΕΙΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Ο προσδιορισμός των σχέσεων που ακολουθούν επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί με βάση το φόρτο πενταλέπτου. Οι δώδεκα ώρες μετρήσεων υποβλήθηκαν σε ανάλυση συσχέτισης και προσδιορισμού κατάλληλης παλινδρόμησης. Η επιλογή του κατάλληλου τύπου παλινδρόμησης έγινε με κριτήριο τον συντελεστή συσχέτισης ( $R^2$ ).

Βρέθηκε ότι, η σχέση φόρτου – ταχύτητας για την αριστερή και τη μεσαία λωρίδα παριστάνεται με μία καμπύλη γραμμή η οποία για μηδενικό φόρτο παρουσιάζει μέγιστη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας (είναι η ταχύτητα ελεύθερης ροής) και αύξηση του φόρτου προκαλεί σταδιακή μείωση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας. Η μορφή της καμπύλης πλησιάζει αυτή των μελετών που πραγματοποιήθηκαν σε χώρες της Ευρώπης, όπως στη Γερμανία και στη Βρετανία.

Αντίθετα η αύξηση του φόρτου της δεξιάς λωρίδας προκαλεί αύξηση της μέσης ταχύτητας κυκλοφορίας της λωρίδας της. Σε συνθήκες χαμηλού φόρτου η δεξιά λωρίδα χρησιμοποιείται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από τα βαρέα οχήματα (φορτηγά, λεωφορεία κτλ) που κινούνται με μικρή σχετικά ταχύτητα. Οπότε, στις παραπάνω συνθήκες η μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας προσαρμόζεται σύμφωνα με

την ταχύτητα των βαρέων οχημάτων και είναι σχετικά μικρή της τάξεως των 80 χλμ/ώρα. Αύξηση του φόρτου στη δεξιά λωρίδα προκαλεί αύξηση του ποσοστού των επιβατικών οχημάτων στην κυκλοφορία της. Τα επιβατικά οχήματα συνηθίζουν να κινούνται με ταχύτητες μεγαλύτερες από ότι τα βαρέα οχήματα. Οπότε έτσι, εξηγείται η αύξηση της μέσης ταχύτητας με την αύξηση του φόρτου.

Η σχέση της μέσης ταχύτητας της συνολικής κυκλοφορίας του αυτοκινητοδρόμου με το συνολικό φόρτο του αυτοκινητοδρόμου αποτυπώνεται με τη χρήση 2 γραμμικών παλινδρομήσεων. Παρατηρείται σταθερή τιμή της μέσης ταχύτητας της κυκλοφορίας για φόρτους από 1000 και 2800 οχ/ώρα. Ο βαθμός συσχέτισης βρέθηκε ιδιαίτερα μικρός ( $R^2 = 0.01$ ). Συμπεραίνεται δηλαδή, ότι η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας δε συσχετίζεται με το φόρτο, όταν ο τελευταίος είναι μεταξύ 1000 έως 2800 οχ/ώρα. Αντίθετα, για φόρτο μεταξύ 2800 έως 3500 οχ/ώρα ο συντελεστής συσχέτισης με τη μέση ταχύτητα προέκυψε αρκετά υψηλός ( $R^2 = 0,82$ ) και διαπιστώθηκε ότι όσο αυξάνεται ο φόρτος μειώνεται η μέση ταχύτητα.

Επίσης προσδιορίστηκε η σχέση φόρτου- πυκνότητας ανά λωρίδα, η οποία βρέθηκε να παριστάνεται γραφικά από ευθεία γραμμή σε συμφωνία με πρόσφατες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε άλλες χώρες και όχι καμπύλη όπως παρουσιάζουν παλαιότερες έρευνες. Οι ευθείες έχουν σημείο τομής την αρχή των αξόνων και οι εξισώσεις τους είναι της μορφής  $D = \alpha \cdot Q$ , όπου D είναι η πυκνότητα και Q είναι ο φόρτος. Ο συντελεστής  $\alpha$  είναι πάντοτε μικρότερος της μονάδας και παίρνει μεγαλύτερες τιμές όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ελεύθερης ροής της λωρίδας που αντιπροσωπεύει.

Προσδιορίστηκε επίσης, η κατανομή της κυκλοφορίας ανά λωρίδα. Σε χαμηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους, διαπιστώθηκε ότι, η μεσαία λωρίδα εξυπηρετεί περισσότερα οχήματα από τις υπόλοιπες. Όσο ο φόρτος αυξάνεται τόσο περισσότερα οχήματα προτιμούν την αριστερή λωρίδα για να κινηθούν από ότι τη μεσαία λωρίδα. Η δεξιά λωρίδα παρουσιάζει μικρή αύξηση φόρτου, με αύξηση του συνολικού φόρτου του αυτοκινητοδρόμου. Το ποσοστό των οχημάτων που επιλέγουν να κινηθούν στη δεξιά λωρίδα είναι περίπου 20 %.

Βρέθηκε ότι η αριστερή και η μεσαία λωρίδα στο υπό εξέταση οδικό τμήμα έχουν στάθμη εξυπηρέτησης A σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Αντίθετα η δεξιά

λωρίδα παρουσιάζει χαμηλότερη στάθμη εξυπηρέτησης. Υπεύθυνα για την κακή στάθμη εξυπηρέτησης είναι τα βαρέα οχήματα που μειώνουν κατά πολύ τη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας.

## 9.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Στην αρχή αποφασίστηκε να προσδιοριστούν 2 όρια ταχύτητας. Το πρώτο είναι το ελάχιστο όριο ταχύτητας της μεσαίας λωρίδας που είναι και μέγιστο όριο ταχύτητας για τη δεξιά. Το δεύτερο όριο είναι μέγιστο για τη μεσαία λωρίδα και ελάχιστο για την αριστερή. Ο προσδιορισμός των παραπάνω ορίων για διάφορες τιμές του συνολικού φόρτου πραγματοποιήθηκε με σκοπό την ελαχιστοποίηση του δείκτη επικινδυνότητας που ορίζεται με βάση τις αναμενόμενες συμμετοχές σε ατύχημα ανά 160 εκατ. οχηματοχιλιόμετρα. Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η καμπύλη του Cirillo η οποία δείχνει τη μεταβολή του δείκτη σε σχέση με τη απόκλιση της ταχύτητας του κάθε οχήματος από τη μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας της λωρίδας που ανήκει.

Η ανάπτυξη του προτύπου έγινε με την βοήθεια της «γλώσσας» προγραμματισμού Microsoft Visual Basic. Δημιουργήθηκε ένας αλγόριθμος ο οποίος υπολογίζει την τιμή της επικινδυνότητας για κάθε συνδυασμό των ορίων ταχύτητας και επιλέγει τελικά την ελάχιστη προσδιορίζοντας και τα αντίστοιχα όρια.

Τα αποτελέσματα του αλγόριθμου παρουσιάζονται στον πίνακα 8.2. Τα βέλτιστα όρια για συνολικό φόρτο μεταξύ 1000-2000 οχ/ώρα είναι περίπου : 110 χλμ/ώρα ως ελάχιστο όριο μεσαίας λωρίδας και 137 χλμ/ώρα ως μέγιστο όριο μεσαίας λωρίδας. Για υψηλούς φόρτους (2500-3500 οχ/ώρα) το ελάχιστο όριο της μεσαίας γίνεται 105 χλμ/ώρα ενώ το μέγιστο όριο της γίνεται 125 χλμ/ώρα. Παρατηρείται σημαντική μείωση του δείκτη επικινδυνότητας στους χαμηλούς φόρτους (1000-1500 οχ/ώρα) της τάξεως του 50% ενώ στους υψηλούς (2500-3500 οχ/ώρα) η μείωση κυμαίνεται γύρω στο 20%. Η μείωση οφείλεται στην καλύτερη κατανομή της κυκλοφορίας σε λωρίδες ανάλογα την ταχύτητα των οχημάτων. Όσο πιο μεγάλη απόκλιση έχει η ταχύτητα ενός οχήματος από το συν 10 χλμ/ώρα της μέσης ταχύτητας της λωρίδας που ανήκει, τόσο μεγαλύτερη πιθανότητα σε ατύχημα παρουσιάζει και τόσο πιο πολύ αυξάνει την επικινδυνότητα του αυτοκινητοδρόμου. Η

μετακίνηση των οχημάτων που παρουσίαζαν μεγάλη απόκλιση στην ταχύτητα τους, σε λωρίδα με μέση ταχύτητα πιο κοντά στην ταχύτητά τους, τα καθιστά αυτομάτως λιγότερο επικίνδυνα. Η μείωση στους υψηλούς φόρτους είναι αρκετά μεγαλύτερη από ότι στους χαμηλούς φόρτους.

Το αποτέλεσμα κρίνεται λογικό και αναμενόμενο, αφού στους χαμηλούς φόρτος το φαινόμενο «αργός» οδηγός σε «γρήγορη» λωρίδα και το αντίστροφο, είναι πιο έντονο από ότι σε υψηλούς φόρτους με αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικότητα ο δείκτης (βλέπε σχήμα 8.1). Τα όρια που υπολόγισε το πρόγραμμα ως βέλτιστα είναι αρκετά υψηλά και ανταποκρίνονται στις υψηλές μέσες ταχύτητες που παρουσιάζουν οι λωρίδες κυκλοφορίας. Υπενθυμίζεται πως σε συνθήκες χαμηλού φόρτου η μέση ταχύτητα της αριστερής λωρίδας είναι 145 οχ/ώρα ενώ της μεσαίας είναι 120 χλμ/ώρα. Ωστόσο δεν θα μπορούσε να δοθεί στους οδηγούς καμία οδηγία για το ποια λωρίδα θα πρέπει να επιλέξουν ανάλογα με την ταχύτητα τους και σύμφωνα με τα όρια ταχύτητας που προτείνονται από τον πίνακα 8.2. αφού τα τελευταία έρχονται σε αντίθεση με το ανώτατο όριο (120 χλμ/ώρα) που επιβάλλει ο νόμος.

Οπότε για να μπορεί να έχει πρακτικό αποτέλεσμα η παρούσα διπλωματική μελέτη, αποφασίστηκε να μελετηθεί εκ νέου ο προσδιορισμός μέγιστου ορίου ταχύτητας για τη δεξιά λωρίδα που θα είναι συγχρόνως και ελάχιστο όριο ταχύτητας για τη μεσαία και την αριστερή λωρίδα. Ο προσδιορισμός του παραπάνω ορίου έγινε με σκοπό την ελαχιστοποίηση της επικινδυνότητας με βάση και πάλι την καμπύλη του Cirillo. Αποφασίστηκε να μελετηθεί το παραπάνω όριο γιατί θεωρήθηκε ότι το αποτέλεσμα δεν θα καταστρατηγεί το όριο των 120 χλμ/ώρα που επιβάλλει ο κώδικας οδικής κυκλοφορίας και ότι η μείωση της επικινδυνότητας θα είναι λίγο μικρότερη από αυτήν που υπολόγισε ο πρώτος κώδικας για τον προσδιορισμό μέγιστων και ελάχιστων ορίων ανά λωρίδα. Η εκτίμηση ότι αναμένεται σημαντική μείωση στην επικινδυνότητα, οφείλετε στην παρατήρηση των οχημάτων της αριστερής λωρίδας που κινούνται με ταχύτητα πολύ μικρή για τη λωρίδα τους και που είναι λίγο μεγαλύτερη από τη μέση ταχύτητα της δεξιάς λωρίδας. Τα οχήματα αυτά είναι κρίσιμα για την αύξηση της επικινδυνότητας και η μετακίνηση τους στην δεξιά λωρίδα τα καθιστά λιγότερο επικίνδυνα. Για τον προσδιορισμό του βέλτιστου ορίου

αναπτύχθηκε ένας νέος αλγόριθμος σε «γλώσσα» προγραμματισμού Visual Basic. Τα οχήματα της μεσαίας και της αριστερής λωρίδας τα οποία κινούνται με ταχύτητα μικρότερη του ορίου τα τοποθετεί στην δεξιά λωρίδα διατηρώντας την ταχύτητα που είχανε. Τα οχήματα που κινούνται στην δεξιά λωρίδα με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου τα τοποθετεί στην μεσαία λωρίδα (ως την αμέσως πιο γρήγορη) διατηρώντας την ταχύτητα που είχανε. Στην συνέχεια με κατάλληλες διεργασίες υπολογίζει την ελάχιστη επικινδυνότητα και προσδιορίζει την τιμή του ορίου που την προκαλεί.

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η εφαρμογή του παραπάνω όριου ταχύτητας, που βρέθηκε περίπου ίσο με 105 χλμ/ώρα, επιφέρει σε συνθήκες χαμηλού φόρτου (1000-1500 οχ/ώρα) μείωση στην επικινδυνότητα του αυτοκινητόδρομου της τάξεως του 45 % ενώ σε συνθήκες υψηλού φόρτου (2500-3500 οχ/ώρα) της τάξεως 10 %. Το αποτέλεσμα κρίνεται αναμενόμενο αφού στους χαμηλούς φόρτους τα οχήματα που κινούνται στη δεξιά και στην αριστερή λωρίδα με ταχύτητες πάρα πολύ μικρότερες από την μέση ταχύτητα της κυκλοφορίας είναι πιο πολλά από ότι σε υψηλούς φόρτους. Η μετακίνηση κάθε τέτοιου οχήματος στη δεξιά λωρίδα, το καθιστά πολύ λιγότερο επικίνδυνο και μειώνει τη συνολική επικινδυνότητα.

Τα οχήματα που μετακινούνται από την αριστερή στη δεξιά λωρίδα, είναι λίγα (της τάξεως των 10 οχημάτων) αλλά αρκετά για να μειώσουν την επικινδυνότητα της οδού. Τα οχήματα αυτά παρουσίαζαν περίπου 25 με 100 φορές μεγαλύτερη επικινδυνότητα από ότι τα υπόλοιπα οχήματα της αριστερής λωρίδας και θεωρούνται κρίσιμα για την αύξηση της επικινδυνότητας της οδού. Η μετακίνηση αυτών των οχημάτων σε λωρίδα με ποιο χαμηλή μέση ταχύτητα κυκλοφορίας τα καθιστά αυτομάτως μη κρίσιμα οχήματα με μικρή πιθανότητα συμμετοχής σε ατύχημα. Στην ουσία το πρόγραμμα, βρίσκει τα κρίσιμα οχήματα και τα μετατρέπει σε μη κρίσιμα αλλάζοντας τα λωρίδα. Σε αντίθεση με την αριστερή λωρίδα αρκετά θεωρούνται τα οχήματα της μεσαίας που κινούνται κάτω από 105 χλμ/ώρα και κατα συνέπεια το πρόγραμμα τα μετακινεί στην δεξιά λωρίδα. Τα οχήματα της μεσαίας λωρίδας που μετακινούνται στην δεξιά έχουν περιπου 2,5 με 15 φορές μεγαλύτερη επικινδυνότητα από ότι τα υπόλοιπα οχήματα της λωρίδας τους. Η μετακίνηση τους σε πιο αργή λωρίδα μειώνει αρκετά την πιθανότητα συμμετοχής σε ατύχημα. Η μείωση της επικινδυνότητας του κάθε οχήματος δεν είναι τόσο μεγάλη όσο των κρίσιμων

οχημάτων της αριστερής λωρίδας, αλλά αθροιστικά τα οχήματα της μεσαίας που μετακινούνται στην δεξιά μειώνουν αρκετά την επικινδυνότητα της οδού.

Η τιμή των 105 χλμ/ώρα που υπολόγισε το πρόγραμμα ως βέλτιστη δεν κρίνεται ιδανική ως όριο που θα δοθεί για οδηγία γιατί δεν αντιστοιχεί σε ακέραιο αριθμό ως προς την δεκάδα όπως συνηθίζεται με τα όρια του κώδικα οδικής κυκλοφορίας. Οπότε θα μπορούσε να δοθεί η οδηγία του ορίου των 100 ή των 110 χλμ/ώρα. Όπως αναφέρεται στις παραπάνω παραγράφους τα οχήματα τα οποία αυξάνουν κατά πολύ την επικινδυνότητα της οδού και θεωρούνται γι' αυτό τον λόγο κρίσιμα οχήματα, είναι αυτά που κινούνται στην αριστερή λωρίδα με πολύ μισητή ταχύτητα σε σχέση με τη μέση ταχύτητα της λωρίδας τους. Αν το ελάχιστο όριο ταχύτητας για την αριστερή λωρίδα τεθεί στα 100 χλμ/ώρα (μικρότερο από 105 χλμ/ώρα) τότε τα οχήματα που κινούνται μεταξύ 100 με 105 χλμ/ώρα στην αριστερή λωρίδα και ανεβάζουν σημαντικά την επικινδυνότητα της οδού δεν θα μετακινηθούν στην δεξιά λωρίδα και κατά συνέπεια η μείωση της επικινδυνότητας θα είναι σημαντικά μικρότερη. Αν πάλι το ελάχιστο όριο της μεσαίας λωρίδας γίνει 110 χλμ/ώρα, τα οχήματα τα οποία θα μετακινηθούν στην δεξιά λωρίδα εκτιμούνται πάρα πολλά με αποτέλεσμα να αυξηθεί σημαντικά η μέση ταχύτητα της δεξιάς λωρίδας και να καθιστήσει αρκετά περισσότερο επικινδύνα τα βαρέα οχήματα τα οποία κινούνται με μικρές σχετικά ταχύτητες. Μελετήθηκε η επικινδυνότητα που αποφέρουν διάφοροι συνδυασμοί ορίων που είναι ακέραιοι ως προς την δεκάδα. Βρέθηκε μεγαλύτερη μείωση στην επικινδυνότητα να προκαλεί ο παρακάτω συνδυασμός ορίων:

- Μέγιστο όριο δεξιάς λωρίδας 100 χλμ/ώρα
- Ελάχιστο όριο μεσαίας λωρίδας 100 χλμ/ώρα
- Ελάχιστο όριο αριστερής λωρίδας 110 χλμ/ώρα

Ο προσδιορισμός της επικινδυνότητας της οδού με χρήση των παραπάνω ορίων έγινε με βάση τη ακόλουθη λογική: Όσα οχήματα της δεξιάς λωρίδας κινούνται με ταχύτητα μεγαλύτερη των 100 χλμ/ώρα μεταφέρονται στην μεσαία. Όσα οχήματα της μεσαίας λωρίδας κινούνται με ταχύτητα μικρότερη των 100 χλμ/ώρα

μεταφέρονται στη δεξιά λωρίδα. Όσα οχήματα της αριστερής λωρίδας κινούνται με ταχύτητα μικρότερη των 100 χλμ/ώρα μεταφέρονται στη δεξιά λωρίδα και όσα οχήματα κινούνται με ταχύτητα μεταξύ 100 με 110 χλμ/ώρα μεταφέρονται στη μεσαία λωρίδα.

Η μείωση του δείκτη επικινδυνότητας σε συνθήκες χαμηλού φόρτου είναι της τάξεως του 47 % ενώ σε συνθήκες υψηλού φόρτου η μείωση είναι της τάξεως του 11 %. Παρατηρείται πως η ποσοστιαία μείωση της επικινδυνότητας κατά την εφαρμογή των παραπάνω συνδυασμών ορίων είναι λίγο μεγαλύτερη από ότι η ποσοστιαία μείωση που επιτυγχάνεται κατά την εφαρμογή των ορίων που δίνει ως αποτελέσματα ο δεύτερος αλγόριθμος. Αυτό οφείλεται στη διαφορετική προσέγγιση του προβλήματος της μείωσης της επικινδυνότητας με χρήση ορίων ταχύτητας. Ο νέος συνδυασμός των ορίων ταχύτητας μειώνει το ελάχιστο όριο της μεσαίας από 105 σε 100 χλμ/ώρα με αποτέλεσμα να αυξάνει λιγότερο τη μέση ταχύτητα της δεξιάς λωρίδας και να καθιστά λιγότερο επικίνδυνα τα βαρέα οχήματα. Η αύξηση του ελαχίστου ορίου της αριστερής λωρίδας από 105 σε 110 χλμ/ώρα καθιστά περισσότερα επικίνδυνα οχήματα της αριστερής λωρίδας σε πολύ λιγότερο επικίνδυνα. Αν και η εφαρμογή της λογικής των ελαχίστων ορίων ταχύτητας για τη μεσαία λωρίδα και την αριστερή λωρίδα δίνει μεγαλύτερη μείωση της επικινδυνότητας η προσπάθεια εκτίμησης βέλτιστων ορίων μέσω προγράμματος μαθηματικού προγραμματισμού απορίφθηκε γιατί τα αποτελέσματα εκτιμήθηκαν πως θα καταστρατηγούσαν το όριο των 120 χλμ/ώρα που ορίζει ο κώδικας οδικής κυκλοφορίας.

Προκύπτει επομένως το συμπέρασμα ότι αν δοθεί οδηγία στους οδηγούς που να τονίζει ότι, «όσοι κινούνται με ταχύτητα κάτω των 100 χλμ/ώρα επιβάλλεται να κινούνται στην δεξιά λωρίδα και απαγορεύεται να κινούνται με ταχύτητα μικρότερη των 110 χλμ/ώρα στην αριστερή λωρίδα», θα επιτευχθεί σημαντική μείωση στον αριθμό των ατυχημάτων.

Ωστόσο μείωση στον αριθμό των ατυχημάτων δεν σημαίνει και μείωση του ποσοστού των θανατηφόρων ατυχημάτων γιατί οι οδηγοί κινούνται με τις ίδιες ταχύτητες οι οποίες παρατηρήθηκαν αρκετά υψηλές. Η ελλειψής έως ανύπαρκτη αστυνόμευση στους αυτοκινητόδρομους είναι υπεύθυνη για τις υψηλές ταχύτητες που

αναπτύσσουν τα οχήματα με αποτέλεσμα να γίνονται περισσότερα και σοβαρότερα ατυχήματα.

Σκόπιμο θα ήταν να αστυνομευόταν καλύτερα ο αυτοκινητόδρομος έτσι ώστε να ελατωθεί η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας και κατά συνέπεια να μειωθεί η σφοδρότητα των σύγκρουσεων με αποτέλεσμα την μείωση του ποσοστού των θανατηφόρων ατυχημάτων. Στην συνέχεια να γινόταν μελέτη όμοια με αυτή της παρούσας διπλωματικής, έτσι ώστε να μπορούσαν να καθοριστούν μέγιστα και ελάχιστα όρια ταχύτητας ανά λωρίδα με σκοπό την μείωση των ατυχημάτων. Μέχρι να γίνει όμως αυτό θα μπορούσε να δοθεί η παραπάνω οδηγία η οποία εξασφαλίζει σημαντική μείωση των ατυχημάτων στον αυτοκινητόδρομο.

### 9.3 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα εργασία προσδιορίστηκαν οι σχέσεις φόρτου – ταχύτητας, φόρτου – πυκνότητας και η κατανομή της κυκλοφορίας σε λωρίδες για αυτοκινητόδρομο 3 λωρίδων ανά κατεύθυνση. Κατόπιν προσδιορίστηκαν όρια ταχύτητας ανά λωρίδα με σκοπό τη μείωση της επικινδυνότητας του αυτοκινητοδρόμου.

Ενδιαφέρουσα θα ήταν η περαιτέρω μελέτη των παραπάνω σύμφωνα με μετρήσεις που θα πραγματοποιηθούν τις βραδινές ώρες. Ενδιαφέρουσα κρίνεται και η μελέτη για αυτοκινητόδρομους 2 λωρίδων ανά κατεύθυνση. Ωστόσο θα μπορούσε να μελετηθεί η σχέση φόρτου - ταχύτητας και φόρτου - πυκνότητας και για τις υπόλοιπες οδούς (επαρχιακοί, προαστιακοί οδοί).

Σημαντικό εργαλείο για τις μελέτες που έχουν ως αντικείμενο τα ατυχήματα και την οδική ασφάλεια, αποτελεί η σχέση της ταχύτητας με τα ατυχήματα. Η έρευνα για τον προσδιορισμό της παραπάνω σχέσης σύμφωνα με ατυχήματα στους ελληνικούς δρόμους κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Greenshields, B.D. A study in Highway Capacity . HRB Proc. 1935
2. Greenberg, H. An analysis of traffic flow. Operations Research, 1959
3. Unterwood, R. T. Speed Volume, and Density relationships: Quality and Theory of Traffic Flow, 1961
4. Endie, L. C. Car Following and Steady – State Theory for non – congested Traffic. Operations Research, 1961
5. Coomple R. D. , Duncan N. C. , Simpson D. , Speed /flow relationships on motorways and dual carriageways, 1972
6. Wright C. C. , Hyde T. , The measurement and interpretation of speed-flow relationships, Traffic Eng. And control, 1972
7. Highway Capacity Manual, Highway Research Board, Washington D. C., 1985
8. F.L. Hall, V.F. Hurdle, and J.M Banks, "Synthesis of recent work on the nature of speed-flow and flow-occupancy (or density) relationships on freeways", Transportation Research Record 1365, 1989
9. Highway Capacity Manual, Highway Research Board, Washington D. C., 2000
10. F.L. Hall and W. Brilon, "Comparison of Uncongested Speed-Flow Relationships Using Data from German Autobahns and North American Freeways", Transportation Research Record 1457, 1995
11. Koshi et al. Flow – density relationshiops , 1983
12. Highway Capacity Manual, volume 13 , Washington D. C., 2000
13. Φραντζεσκάκης Ι. Μ. , Γκόλιας Ι. Κ. , Οδική ασφάλεια , Αθήνα 1994
14. D. Solomon, "Accidents on Main Rural Highways Related to Speed, Driver, and Vehicle," Federal Highway Administration, Washington, DC, July 1964
15. J. A. Cirillo, "Interstate System Accident Research Study II, Interim Report II," Public Roads, Vol. 35, No. 3, August 1968
16. Research Triangle Institute, "Speed and Accident, Volume II," Report No. FH-11-6965, National Highway Safety Bureau, June 1970
17. L. B. West, Jr. and J. W. Dunn, "Accidents, Speed Deviation and Speed Limits," Traffic Engineering, Vol. 41, No. 10, July 1971
18. J. M. Munden, "The Relation Between A Driver's Speed and His Accident Rate," Report LR 88, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, England, 1967

19. B. N. Fildes, G. Rumbold, and A. Leening, "Speed Behavior and Drivers' Attitude to Speeding," Report No. 16, Monash University Accident Research Centre, Victoria, Australia, June 1991
20. B. N. Fildes and S. J. Lee, "The Speed Review: Road Environment, Behavior, Speed Limits, Enforcement and Crashes," Report No. CR 127, Federal Office of Road Safety, Canberra, Australia, September 1993
21. D. L. Harkey, H. D. Robertson, and S. E. Davis, "Assessment of Current Speed Zoning Criteria," Transportation Research Record 1281, Transportation Research Board, Washington, D.C. 1990
22. E. Hauer, "Accidents, Overtaking and Speed Control," Accident Analysis and Prevention, Vol. 3, No. 1, July 1971
23. Nisar khan, Kumares C. Sinha, Joint Transportation Research Program, An analysis of speed limit policies for Indiana, Decemper 1999
24. Transportation Research Board, Special Report 294:55: A Decade of Experience . National research Council, Washington D. C.
25. European Transport Safety Council, Reducing traffic injuries resulting from excess and inappropriate speed, January 1995
26. IIHS Facts : 55 speed limit. Arlington (VA): Insurance Institute for Highway safety, 1987
27. Highway Capacity Manual, volume 7, Washington D. C., 2000
28. Φραντζεσκακης Ι. Μ. , Γιαννόπουλος Γ. Α., Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφοριακή τεχνική, Αθήνα 1986

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

# ΜΕΡΗΣΕΙΣ ΔΕΞΙΑΣ ΛΩΡΙΔΑΣ

134 Data right lane per 5 min

| Date      | Time     | Station ID | Average Flow | Volume | Average Speed | Class 1 | Class 2 | Class 3 | Time Headway | LoS | Density |
|-----------|----------|------------|--------------|--------|---------------|---------|---------|---------|--------------|-----|---------|
| 14/7/2002 | 12:05:00 | 134        | 348          | 29     | 89,64         | 18      | 9       | 2       | 10,34        | C   | 3,98    |
| 14/7/2002 | 12:10:00 | 134        | 408          | 34     | 97,18         | 24      | 9       | 1       | 8,82         | A   | 4,39    |
| 14/7/2002 | 12:15:00 | 134        | 444          | 37     | 92,34         | 22      | 15      | 0       | 8,11         | B   | 4,95    |
| 14/7/2002 | 12:20:00 | 134        | 456          | 38     | 96,31         | 29      | 9       | 0       | 7,89         | B   | 4,87    |
| 14/7/2002 | 12:25:00 | 134        | 288          | 24     | 100,32        | 17      | 7       | 0       | 12,50        | A   | 2,98    |
| 14/7/2002 | 12:30:00 | 134        | 444          | 37     | 91,34         | 21      | 14      | 2       | 8,11         | C   | 4,98    |
| 14/7/2002 | 12:35:00 | 134        | 492          | 41     | 98,55         | 32      | 9       | 0       | 7,32         | A   | 5,06    |
| 14/7/2002 | 12:40:00 | 134        | 384          | 32     | 97,65         | 19      | 13      | 0       | 9,38         | A   | 4,08    |
| 14/7/2002 | 12:45:00 | 134        | 408          | 34     | 93,30         | 22      | 12      | 0       | 8,82         | B   | 4,45    |
| 14/7/2002 | 12:50:00 | 134        | 420          | 35     | 100,91        | 28      | 6       | 1       | 8,57         | A   | 4,25    |
| 14/7/2002 | 12:55:00 | 134        | 432          | 36     | 96,85         | 25      | 11      | 0       | 8,33         | A   | 4,59    |
| 14/7/2002 | 13:00:00 | 134        | 420          | 35     | 98,25         | 25      | 10      | 0       | 8,57         | A   | 4,38    |
| 14/7/2002 | 13:05:00 | 134        | 444          | 37     | 96,57         | 26      | 10      | 1       | 8,11         | A   | 4,82    |
| 14/7/2002 | 13:10:00 | 134        | 252          | 21     | 100,05        | 13      | 7       | 1       | 14,29        | A   | 2,69    |
| 14/7/2002 | 13:15:00 | 134        | 336          | 28     | 96,52         | 20      | 8       | 0       | 10,71        | A   | 3,54    |
| 14/7/2002 | 13:20:00 | 134        | 420          | 35     | 97,76         | 22      | 13      | 0       | 8,57         | A   | 4,47    |
| 14/7/2002 | 13:25:00 | 134        | 456          | 38     | 100,38        | 28      | 9       | 1       | 7,89         | A   | 4,95    |
| 14/7/2002 | 13:30:00 | 134        | 348          | 29     | 91,18         | 15      | 14      | 0       | 10,34        | C   | 3,87    |
| 14/7/2002 | 13:35:00 | 134        | 348          | 29     | 88,37         | 21      | 8       | 0       | 10,34        | C   | 4,03    |
| 14/7/2002 | 13:40:00 | 134        | 408          | 34     | 93,27         | 21      | 13      | 0       | 8,82         | B   | 4,50    |
| 14/7/2002 | 13:45:00 | 134        | 360          | 30     | 94,52         | 23      | 7       | 0       | 10,00        | B   | 4,32    |
| 14/7/2002 | 13:50:00 | 134        | 408          | 34     | 98,38         | 24      | 9       | 1       | 8,82         | A   | 4,24    |
| 14/7/2002 | 13:55:00 | 134        | 504          | 42     | 95,54         | 26      | 16      | 0       | 7,14         | B   | 5,80    |
| 14/7/2002 | 14:00:00 | 134        | 432          | 36     | 102,26        | 26      | 10      | 0       | 8,33         | A   | 4,32    |
| 14/7/2002 | 14:05:00 | 134        | 408          | 34     | 97,22         | 27      | 6       | 1       | 8,82         | A   | 4,71    |
| 14/7/2002 | 14:10:00 | 134        | 444          | 37     | 93,82         | 29      | 8       | 0       | 8,11         | B   | 4,86    |
| 14/7/2002 | 14:15:00 | 134        | 384          | 32     | 94,93         | 24      | 7       | 1       | 9,38         | B   | 4,11    |
| 14/7/2002 | 14:20:00 | 134        | 384          | 32     | 101,24        | 21      | 10      | 1       | 9,38         | A   | 3,93    |
| 14/7/2002 | 14:25:00 | 134        | 396          | 33     | 99,16         | 22      | 8       | 3       | 9,09         | A   | 4,21    |
| 14/7/2002 | 14:30:00 | 134        | 552          | 46     | 101,69        | 35      | 10      | 1       | 6,52         | A   | 5,63    |
| 14/7/2002 | 14:35:00 | 134        | 444          | 37     | 94,31         | 24      | 13      | 0       | 8,11         | B   | 4,89    |
| 14/7/2002 | 14:40:00 | 134        | 432          | 36     | 103,25        | 29      | 7       | 0       | 8,33         | A   | 4,34    |
| 14/7/2002 | 14:45:00 | 134        | 420          | 35     | 97,15         | 24      | 11      | 0       | 8,57         | A   | 4,32    |
| 14/7/2002 | 14:50:00 | 134        | 384          | 32     | 93,25         | 21      | 10      | 1       | 9,38         | B   | 4,12    |
| 14/7/2002 | 14:55:00 | 134        | 336          | 28     | 95,47         | 20      | 7       | 1       | 10,71        | B   | 3,52    |
| 14/7/2002 | 15:05:00 | 134        | 408          | 34     | 94,03         | 22      | 12      | 0       | 8,82         | B   | 4,51    |
| 14/7/2002 | 15:10:00 | 134        | 432          | 36     | 99,77         | 24      | 12      | 0       | 8,33         | A   | 4,46    |
| 14/7/2002 | 15:15:00 | 134        | 396          | 33     | 89,93         | 24      | 9       | 0       | 9,09         | C   | 4,52    |
| 14/7/2002 | 15:20:00 | 134        | 336          | 28     | 101,77        | 17      | 11      | 0       | 10,71        | A   | 3,38    |
| 14/7/2002 | 15:25:00 | 134        | 504          | 42     | 95,09         | 27      | 13      | 2       | 7,14         | B   | 5,43    |
| 14/7/2002 | 15:30:00 | 134        | 468          | 39     | 92,26         | 26      | 13      | 0       | 7,69         | B   | 11,06   |
| 14/7/2002 | 15:35:00 | 134        | 372          | 31     | 97,20         | 22      | 9       | 0       | 9,68         | A   | 4,04    |
| 14/7/2002 | 15:40:00 | 134        | 360          | 30     | 93,00         | 17      | 13      | 0       | 10,00        | B   | 3,93    |
| 14/7/2002 | 15:45:00 | 134        | 516          | 43     | 100,77        | 36      | 7       | 0       | 6,98         | A   | 5,23    |
| 14/7/2002 | 15:50:00 | 134        | 384          | 32     | 96,79         | 21      | 11      | 0       | 9,38         | A   | 4,07    |
| 14/7/2002 | 15:55:00 | 134        | 432          | 36     | 99,46         | 26      | 10      | 0       | 8,33         | A   | 4,48    |
| 14/7/2002 | 16:00:00 | 134        | 396          | 33     | 98,88         | 23      | 8       | 2       | 9,09         | A   | 4,21    |
| 14/7/2002 | 16:05:00 | 134        | 264          | 22     | 92,40         | 14      | 8       | 0       | 13,63        | B   | 3,02    |

|           |          |     |     |    |        |    |    |   |       |   |      |
|-----------|----------|-----|-----|----|--------|----|----|---|-------|---|------|
| 14/7/2002 | 16:10:00 | 134 | 360 | 30 | 97,00  | 17 | 13 | 0 | 10,00 | A | 3,80 |
| 14/7/2002 | 16:15:00 | 134 | 444 | 37 | 100,14 | 27 | 10 | 0 | 8,11  | A | 4,58 |
| 14/7/2002 | 16:20:00 | 134 | 432 | 36 | 99,43  | 29 | 6  | 1 | 8,33  | A | 4,81 |
| 14/7/2002 | 16:25:00 | 134 | 348 | 29 | 89,96  | 14 | 15 | 0 | 10,34 | C | 3,92 |
| 14/7/2002 | 16:30:00 | 134 | 372 | 31 | 86,63  | 20 | 11 | 0 | 9,68  | C | 4,40 |
| 14/7/2002 | 16:35:00 | 134 | 324 | 27 | 95,80  | 17 | 10 | 0 | 11,11 | B | 3,50 |
| 14/7/2002 | 16:40:00 | 134 | 396 | 33 | 99,78  | 26 | 7  | 0 | 9,09  | A | 4,07 |
| 14/7/2002 | 16:45:00 | 134 | 444 | 37 | 97,29  | 24 | 13 | 0 | 8,11  | A | 4,69 |
| 14/7/2002 | 16:50:00 | 134 | 516 | 43 | 98,32  | 28 | 15 | 0 | 6,98  | A | 5,38 |
| 14/7/2002 | 16:55:00 | 134 | 408 | 34 | 99,58  | 27 | 6  | 1 | 8,82  | A | 4,20 |
| 14/7/2002 | 17:00:00 | 134 | 408 | 34 | 100,03 | 24 | 10 | 0 | 8,82  | A | 4,14 |
| 14/7/2002 | 17:05:00 | 134 | 408 | 34 | 93,45  | 28 | 5  | 1 | 8,82  | B | 4,50 |
| 14/7/2002 | 17:10:00 | 134 | 408 | 34 | 94,29  | 26 | 8  | 0 | 8,82  | B | 4,41 |
| 14/7/2002 | 17:15:00 | 134 | 372 | 31 | 103,43 | 17 | 14 | 0 | 9,68  | A | 3,78 |
| 14/7/2002 | 17:20:00 | 134 | 480 | 40 | 98,11  | 30 | 7  | 3 | 7,50  | A | 5,12 |
| 14/7/2002 | 17:25:00 | 134 | 456 | 38 | 106,92 | 29 | 9  | 0 | 7,89  | A | 4,38 |
| 14/7/2002 | 17:30:00 | 134 | 504 | 42 | 95,38  | 28 | 14 | 0 | 7,14  | B | 5,49 |
| 14/7/2002 | 17:35:00 | 134 | 480 | 40 | 100,10 | 32 | 8  | 0 | 7,50  | A | 4,93 |
| 14/7/2002 | 17:40:00 | 134 | 516 | 43 | 99,81  | 34 | 9  | 0 | 6,98  | A | 5,24 |
| 14/7/2002 | 17:45:00 | 134 | 516 | 43 | 102,02 | 36 | 7  | 0 | 6,98  | A | 5,13 |
| 14/7/2002 | 17:50:00 | 134 | 444 | 37 | 100,83 | 24 | 13 | 0 | 8,11  | A | 4,52 |
| 14/7/2002 | 17:55:00 | 134 | 456 | 38 | 97,40  | 25 | 13 | 0 | 7,89  | A | 4,80 |
| 26/7/2002 | 10:00:00 | 134 | 252 | 21 | 78,81  | 8  | 13 | 0 | 14,29 | D | 3,20 |
| 26/7/2002 | 10:05:00 | 134 | 432 | 36 | 95,63  | 21 | 15 | 0 | 8,33  | B | 4,52 |
| 26/7/2002 | 10:10:00 | 134 | 348 | 29 | 89,50  | 18 | 11 | 0 | 10,34 | C | 3,89 |
| 26/7/2002 | 10:15:00 | 134 | 384 | 32 | 97,69  | 23 | 9  | 0 | 9,38  | A | 3,93 |
| 26/7/2002 | 10:20:00 | 134 | 204 | 17 | 84,56  | 7  | 10 | 0 | 17,64 | D | 2,41 |
| 26/7/2002 | 10:25:00 | 134 | 360 | 30 | 80,14  | 10 | 20 | 0 | 10,00 | D | 4,49 |
| 26/7/2002 | 10:30:00 | 134 | 348 | 29 | 89,56  | 15 | 14 | 0 | 10,34 | C | 3,89 |
| 26/7/2002 | 10:35:00 | 134 | 312 | 26 | 89,60  | 11 | 15 | 0 | 11,54 | C | 3,48 |
| 26/7/2002 | 10:40:00 | 134 | 288 | 24 | 92,04  | 15 | 8  | 1 | 12,50 | B | 3,13 |
| 26/7/2002 | 10:45:00 | 134 | 444 | 37 | 95,09  | 24 | 13 | 0 | 8,11  | B | 4,67 |
| 26/7/2002 | 10:50:00 | 134 | 300 | 25 | 99,83  | 14 | 11 | 0 | 12,00 | A | 3,01 |
| 26/7/2002 | 10:55:00 | 134 | 288 | 24 | 92,58  | 15 | 9  | 0 | 12,50 | B | 3,11 |
| 26/7/2002 | 11:00:00 | 134 | 300 | 25 | 87,40  | 11 | 12 | 2 | 12,00 | C | 3,43 |
| 26/7/2002 | 11:05:00 | 134 | 276 | 23 | 88,09  | 8  | 15 | 0 | 13,04 | C | 3,58 |
| 26/7/2002 | 11:10:00 | 134 | 360 | 30 | 88,75  | 15 | 14 | 1 | 10,00 | C | 4,06 |
| 26/7/2002 | 11:15:00 | 134 | 300 | 25 | 91,03  | 13 | 12 | 0 | 12,00 | C | 3,30 |
| 26/7/2002 | 11:20:00 | 134 | 240 | 20 | 98,44  | 10 | 9  | 1 | 15,00 | A | 2,44 |
| 26/7/2002 | 11:25:00 | 134 | 288 | 24 | 89,47  | 9  | 15 | 0 | 12,50 | B | 3,22 |
| 26/7/2002 | 11:30:00 | 134 | 252 | 21 | 93,02  | 16 | 5  | 0 | 14,29 | B | 2,71 |
| 26/7/2002 | 11:35:00 | 134 | 384 | 32 | 95,93  | 20 | 12 | 0 | 9,38  | B | 4,00 |
| 26/7/2002 | 11:40:00 | 134 | 240 | 20 | 90,78  | 10 | 10 | 0 | 15,00 | C | 2,64 |
| 26/7/2002 | 11:45:00 | 134 | 300 | 25 | 93,76  | 14 | 11 | 0 | 12,00 | B | 3,20 |
| 26/7/2002 | 11:50:00 | 134 | 372 | 31 | 83,79  | 24 | 7  | 0 | 9,68  | D | 4,44 |
| 26/7/2002 | 11:55:00 | 134 | 300 | 25 | 90,08  | 8  | 17 | 0 | 12,00 | B | 3,33 |
| 26/7/2002 | 12:00:00 | 134 | 228 | 19 | 80,72  | 7  | 12 | 0 | 15,79 | D | 2,82 |
| 26/7/2002 | 12:05:00 | 134 | 240 | 20 | 89,41  | 10 | 9  | 1 | 15,00 | C | 2,68 |
| 26/7/2002 | 12:10:00 | 134 | 300 | 25 | 88,84  | 10 | 14 | 1 | 12,00 | C | 3,38 |
| 26/7/2002 | 12:15:00 | 134 | 288 | 24 | 94,12  | 10 | 13 | 1 | 12,50 | B | 3,06 |
| 26/7/2002 | 12:20:00 | 134 | 300 | 25 | 89,33  | 9  | 15 | 1 | 12,00 | C | 3,36 |
| 26/7/2002 | 12:25:00 | 134 | 264 | 22 | 88,38  | 6  | 16 | 0 | 13,63 | C | 2,99 |
| 26/7/2002 | 12:30:00 | 134 | 276 | 23 | 93,92  | 12 | 11 | 0 | 13,04 | B | 2,94 |
| 26/7/2002 | 12:35:00 | 134 | 288 | 24 | 89,70  | 15 | 9  | 0 | 12,50 | C | 3,21 |

|           |          |     |     |    |       |    |    |   |       |   |      |
|-----------|----------|-----|-----|----|-------|----|----|---|-------|---|------|
| 26/7/2002 | 12:40:00 | 134 | 228 | 19 | 94,01 | 10 | 9  | 0 | 15,79 | B | 2,43 |
| 26/7/2002 | 12:45:00 | 134 | 252 | 21 | 87,18 | 9  | 11 | 1 | 14,29 | C | 2,89 |
| 26/7/2002 | 12:50:00 | 134 | 240 | 20 | 93,25 | 8  | 12 | 0 | 15,00 | B | 2,57 |
| 30/7/2002 | 10:00:00 | 134 | 312 | 26 | 83,63 | 11 | 15 | 0 | 11,54 | D | 3,73 |
| 30/7/2002 | 10:05:00 | 134 | 216 | 18 | 75,29 | 6  | 12 | 0 | 16,67 | D | 2,87 |
| 30/7/2002 | 10:10:00 | 134 | 360 | 30 | 81,93 | 14 | 16 | 0 | 10,00 | D | 4,39 |
| 30/7/2002 | 10:15:00 | 134 | 252 | 21 | 78,55 | 7  | 13 | 1 | 14,29 | D | 3,21 |
| 30/7/2002 | 10:20:00 | 134 | 228 | 19 | 78,52 | 8  | 11 | 0 | 15,79 | E | 2,90 |
| 30/7/2002 | 10:25:00 | 134 | 216 | 18 | 77,35 | 6  | 12 | 0 | 16,67 | D | 2,79 |
| 30/7/2002 | 10:30:00 | 134 | 300 | 25 | 79,39 | 16 | 8  | 1 | 12,00 | D | 3,78 |
| 30/7/2002 | 10:35:00 | 134 | 336 | 28 | 98,13 | 25 | 2  | 1 | 10,71 | A | 3,42 |
| 30/7/2002 | 10:40:00 | 134 | 348 | 29 | 95,21 | 23 | 6  | 0 | 10,34 | B | 3,66 |
| 30/7/2002 | 10:45:00 | 134 | 360 | 30 | 94,12 | 25 | 5  | 0 | 10,00 | B | 3,82 |
| 30/7/2002 | 10:50:00 | 134 | 288 | 24 | 90,12 | 21 | 1  | 2 | 12,50 | C | 3,20 |
| 30/7/2002 | 10:55:00 | 134 | 300 | 25 | 93,21 | 15 | 10 | 0 | 12,00 | B | 3,22 |
| 30/7/2002 | 11:00:00 | 134 | 360 | 30 | 95,14 | 14 | 14 | 2 | 10,00 | B | 3,78 |
| 30/7/2002 | 11:05:00 | 134 | 360 | 30 | 94,40 | 12 | 15 | 3 | 10,00 | B | 3,81 |
| 30/7/2002 | 11:10:00 | 134 | 324 | 27 | 90,35 | 14 | 10 | 3 | 11,11 | C | 3,59 |
| 30/7/2002 | 11:15:00 | 134 | 372 | 31 | 91,21 | 18 | 12 | 1 | 9,68  | C | 4,08 |
| 30/7/2002 | 11:20:00 | 134 | 384 | 32 | 98,13 | 22 | 10 | 0 | 9,38  | A | 3,91 |
| 30/7/2002 | 11:25:00 | 134 | 360 | 30 | 89,25 | 20 | 8  | 2 | 10,00 | C | 4,03 |
| 30/7/2002 | 11:30:00 | 134 | 336 | 28 | 90,20 | 18 | 9  | 1 | 10,71 | C | 3,73 |
| 30/7/2002 | 11:35:00 | 134 | 300 | 25 | 90,98 | 14 | 10 | 1 | 12,00 | C | 3,30 |
| 30/7/2002 | 11:40:00 | 134 | 288 | 24 | 89,21 | 7  | 15 | 2 | 12,50 | C | 3,23 |
| 30/7/2002 | 11:45:00 | 134 | 300 | 25 | 85,24 | 11 | 14 | 0 | 12,00 | D | 3,52 |
| 30/7/2002 | 11:50:00 | 134 | 312 | 26 | 86,32 | 11 | 12 | 3 | 11,54 | D | 3,61 |
| 30/7/2002 | 11:55:00 | 134 | 324 | 27 | 87,12 | 15 | 11 | 1 | 11,11 | C | 3,72 |
| 30/7/2002 | 12:00:00 | 134 | 288 | 24 | 82,21 | 12 | 10 | 2 | 12,50 | D | 3,50 |
| 30/7/2002 | 12:05:00 | 134 | 360 | 30 | 90,12 | 22 | 8  | 0 | 10,00 | C | 3,99 |
| 30/7/2002 | 12:10:00 | 134 | 372 | 31 | 87,28 | 23 | 6  | 2 | 9,68  | C | 4,26 |
| 30/7/2002 | 12:15:00 | 134 | 396 | 33 | 88,25 | 23 | 6  | 4 | 9,09  | C | 4,49 |
| 30/7/2002 | 12:20:00 | 134 | 324 | 27 | 86,45 | 16 | 9  | 2 | 11,11 | D | 3,75 |
| 30/7/2002 | 12:25:00 | 134 | 336 | 28 | 92,45 | 21 | 4  | 3 | 10,71 | B | 3,63 |
| 30/7/2002 | 12:30:00 | 134 | 300 | 25 | 83,12 | 11 | 12 | 2 | 12,00 | D | 3,61 |
| 30/7/2002 | 12:35:00 | 134 | 288 | 24 | 85,72 | 17 | 6  | 1 | 12,50 | D | 3,36 |
| 30/7/2002 | 12:40:00 | 134 | 336 | 28 | 86,58 | 18 | 9  | 1 | 10,71 | D | 3,88 |
| 30/7/2002 | 12:45:00 | 134 | 348 | 29 | 81,41 | 17 | 10 | 2 | 10,34 | D | 4,27 |
| 30/7/2002 | 12:50:00 | 134 | 288 | 24 | 79,14 | 11 | 8  | 5 | 12,50 | D | 3,64 |
| 30/7/2002 | 12:55:00 | 134 | 324 | 27 | 86,41 | 16 | 9  | 2 | 11,11 | C | 3,75 |

# ΜΕΡΗΣΕΙΣ ΜΕΣΑΙΑΣ ΛΩΡΙΔΑΣ

135 Data middle lane per 5 min

| Date      | Time     | Station ID | Average Flow | Volume | Average Speed | Class 1 | Class 2 | Class 3 | Time Headway | LoS | Density |
|-----------|----------|------------|--------------|--------|---------------|---------|---------|---------|--------------|-----|---------|
| 14/7/2002 | 12:05:00 | 135        | 756          | 63     | 113,61        | 62      | 1       | 0       | 4,76         | A   | 6,76    |
| 14/7/2002 | 12:10:00 | 135        | 972          | 81     | 118,84        | 79      | 1       | 1       | 3,70         | A   | 8,27    |
| 14/7/2002 | 12:15:00 | 135        | 1128         | 94     | 111,40        | 93      | 1       | 0       | 3,19         | A   | 10,21   |
| 14/7/2002 | 12:20:00 | 135        | 1140         | 95     | 112,99        | 91      | 3       | 1       | 3,16         | A   | 10,21   |
| 14/7/2002 | 12:25:00 | 135        | 972          | 81     | 115,89        | 77      | 4       | 0       | 3,70         | A   | 8,46    |
| 14/7/2002 | 12:30:00 | 135        | 1092         | 91     | 112,70        | 87      | 3       | 1       | 3,29         | A   | 9,76    |
| 14/7/2002 | 12:35:00 | 135        | 1032         | 86     | 117,30        | 85      | 1       | 0       | 3,49         | A   | 8,89    |
| 14/7/2002 | 12:40:00 | 135        | 1068         | 89     | 112,54        | 85      | 3       | 1       | 3,37         | A   | 9,59    |
| 14/7/2002 | 12:45:00 | 135        | 1032         | 86     | 112,72        | 80      | 4       | 2       | 3,49         | A   | 9,24    |
| 14/7/2002 | 12:50:00 | 135        | 1104         | 92     | 117,61        | 91      | 1       | 0       | 3,26         | A   | 9,48    |
| 14/7/2002 | 12:55:00 | 135        | 1008         | 84     | 115,55        | 81      | 3       | 0       | 3,57         | A   | 8,80    |
| 14/7/2002 | 13:00:00 | 135        | 1044         | 87     | 113,16        | 85      | 2       | 0       | 3,45         | A   | 9,36    |
| 14/7/2002 | 13:05:00 | 135        | 1092         | 91     | 113,46        | 88      | 3       | 0       | 3,29         | A   | 9,73    |
| 14/7/2002 | 13:10:00 | 135        | 984          | 82     | 118,32        | 79      | 2       | 1       | 3,66         | A   | 8,48    |
| 14/7/2002 | 13:15:00 | 135        | 948          | 79     | 117,70        | 79      | 0       | 0       | 3,80         | A   | 8,13    |
| 14/7/2002 | 13:20:00 | 135        | 888          | 74     | 115,47        | 70      | 3       | 1       | 4,05         | A   | 7,77    |
| 14/7/2002 | 13:25:00 | 135        | 1092         | 91     | 118,67        | 89      | 2       | 0       | 3,29         | A   | 9,30    |
| 14/7/2002 | 13:30:00 | 135        | 1032         | 86     | 114,01        | 83      | 3       | 0       | 3,49         | A   | 9,13    |
| 14/7/2002 | 13:35:00 | 135        | 1032         | 86     | 113,72        | 85      | 1       | 0       | 3,49         | A   | 9,14    |
| 14/7/2002 | 13:40:00 | 135        | 1068         | 89     | 114,80        | 86      | 3       | 0       | 3,37         | A   | 9,39    |
| 14/7/2002 | 13:45:00 | 135        | 924          | 77     | 117,85        | 74      | 3       | 0       | 3,89         | A   | 7,92    |
| 14/7/2002 | 13:50:00 | 135        | 1020         | 85     | 117,34        | 82      | 3       | 0       | 3,53         | A   | 8,75    |
| 14/7/2002 | 13:55:00 | 135        | 1008         | 84     | 110,62        | 83      | 1       | 0       | 3,57         | A   | 9,23    |
| 14/7/2002 | 14:00:00 | 135        | 1044         | 87     | 119,16        | 85      | 2       | 0       | 3,45         | A   | 8,87    |
| 14/7/2002 | 14:05:00 | 135        | 1068         | 89     | 117,88        | 87      | 2       | 0       | 3,37         | A   | 9,16    |
| 14/7/2002 | 14:10:00 | 135        | 1152         | 96     | 109,20        | 94      | 2       | 0       | 3,13         | A   | 10,70   |
| 14/7/2002 | 14:15:00 | 135        | 1200         | 100    | 110,43        | 97      | 2       | 1       | 3,00         | A   | 10,96   |
| 14/7/2002 | 14:20:00 | 135        | 948          | 79     | 112,11        | 75      | 3       | 1       | 3,80         | A   | 8,57    |
| 14/7/2002 | 14:25:00 | 135        | 1140         | 95     | 111,06        | 93      | 2       | 0       | 3,16         | A   | 10,40   |
| 14/7/2002 | 14:30:00 | 135        | 1308         | 109    | 107,83        | 104     | 5       | 0       | 2,75         | A   | 12,29   |
| 14/7/2002 | 14:35:00 | 135        | 1068         | 89     | 112,93        | 88      | 1       | 0       | 3,37         | A   | 9,58    |
| 14/7/2002 | 14:40:00 | 135        | 1104         | 92     | 109,05        | 89      | 3       | 0       | 3,26         | A   | 10,21   |
| 14/7/2002 | 14:45:00 | 135        | 1140         | 95     | 110,24        | 93      | 1       | 1       | 3,16         | A   | 10,34   |
| 14/7/2002 | 14:50:00 | 135        | 1044         | 87     | 113,78        | 83      | 2       | 2       | 3,45         | A   | 9,17    |
| 14/7/2002 | 14:55:00 | 135        | 1008         | 84     | 112,41        | 81      | 2       | 1       | 3,57         | A   | 12,00   |
| 14/7/2002 | 15:05:00 | 135        | 1044         | 87     | 114,85        | 85      | 1       | 1       | 3,45         | A   | 9,20    |
| 14/7/2002 | 15:10:00 | 135        | 1104         | 92     | 115,35        | 91      | 1       | 0       | 3,26         | A   | 9,65    |
| 14/7/2002 | 15:15:00 | 135        | 1140         | 95     | 111,09        | 94      | 0       | 1       | 3,16         | A   | 10,38   |
| 14/7/2002 | 15:20:00 | 135        | 936          | 78     | 117,14        | 73      | 4       | 1       | 3,84         | A   | 8,04    |
| 14/7/2002 | 15:25:00 | 135        | 1128         | 94     | 112,53        | 94      | 0       | 0       | 3,19         | A   | 10,10   |
| 14/7/2002 | 15:30:00 | 135        | 1056         | 88     | 115,74        | 88      | 0       | 0       | 3,41         | A   | 9,23    |
| 14/7/2002 | 15:35:00 | 135        | 972          | 81     | 115,20        | 76      | 3       | 2       | 3,70         | A   | 8,52    |
| 14/7/2002 | 15:40:00 | 135        | 1056         | 88     | 111,69        | 85      | 2       | 1       | 3,41         | A   | 9,54    |
| 14/7/2002 | 15:45:00 | 135        | 1164         | 97     | 117,50        | 96      | 1       | 0       | 3,09         | A   | 9,99    |
| 14/7/2002 | 15:50:00 | 135        | 1032         | 86     | 113,09        | 83      | 3       | 0       | 3,49         | A   | 9,27    |
| 14/7/2002 | 15:55:00 | 135        | 1008         | 84     | 115,97        | 81      | 2       | 1       | 3,57         | A   | 8,77    |
| 14/7/2002 | 16:00:00 | 135        | 1044         | 87     | 114,79        | 84      | 3       | 0       | 3,45         | A   | 9,28    |

|           |          |     |      |     |        |     |   |   |      |   |       |
|-----------|----------|-----|------|-----|--------|-----|---|---|------|---|-------|
| 14/7/2002 | 16:05:00 | 135 | 924  | 77  | 116,86 | 75  | 1 | 1 | 3,89 | A | 8,01  |
| 14/7/2002 | 16:10:00 | 135 | 972  | 81  | 117,45 | 81  | 0 | 0 | 3,70 | A | 8,34  |
| 14/7/2002 | 16:15:00 | 135 | 960  | 80  | 115,25 | 76  | 3 | 1 | 3,75 | A | 8,43  |
| 14/7/2002 | 16:20:00 | 135 | 1068 | 89  | 117,88 | 85  | 4 | 0 | 3,37 | A | 9,16  |
| 14/7/2002 | 16:25:00 | 135 | 1032 | 86  | 114,41 | 84  | 2 | 0 | 3,49 | A | 9,09  |
| 14/7/2002 | 16:30:00 | 135 | 1044 | 87  | 114,93 | 85  | 2 | 0 | 3,45 | A | 9,18  |
| 14/7/2002 | 16:35:00 | 135 | 1032 | 86  | 114,37 | 86  | 0 | 0 | 3,49 | A | 9,09  |
| 14/7/2002 | 16:40:00 | 135 | 924  | 77  | 117,08 | 74  | 3 | 0 | 3,89 | A | 7,98  |
| 14/7/2002 | 16:45:00 | 135 | 1080 | 90  | 117,25 | 89  | 1 | 0 | 3,33 | A | 9,28  |
| 14/7/2002 | 16:50:00 | 135 | 1056 | 88  | 110,59 | 86  | 2 | 0 | 3,41 | A | 9,67  |
| 14/7/2002 | 16:55:00 | 135 | 1008 | 84  | 120,21 | 81  | 3 | 0 | 3,57 | A | 8,50  |
| 14/7/2002 | 17:00:00 | 135 | 1056 | 88  | 115,22 | 87  | 1 | 0 | 3,41 | A | 9,25  |
| 14/7/2002 | 17:05:00 | 135 | 1152 | 96  | 109,66 | 92  | 4 | 0 | 3,13 | A | 10,66 |
| 14/7/2002 | 17:10:00 | 135 | 1152 | 96  | 110,09 | 93  | 3 | 0 | 3,13 | A | 10,59 |
| 14/7/2002 | 17:15:00 | 135 | 948  | 79  | 114,47 | 76  | 2 | 1 | 3,80 | A | 8,39  |
| 14/7/2002 | 17:20:00 | 135 | 1272 | 106 | 107,11 | 103 | 3 | 0 | 2,83 | A | 12,02 |
| 14/7/2002 | 17:25:00 | 135 | 1236 | 103 | 110,67 | 102 | 1 | 0 | 2,91 | A | 11,31 |
| 14/7/2002 | 17:30:00 | 135 | 1008 | 84  | 110,82 | 81  | 3 | 0 | 3,57 | A | 9,22  |
| 14/7/2002 | 17:35:00 | 135 | 1224 | 102 | 108,99 | 99  | 3 | 0 | 2,94 | A | 17,39 |
| 14/7/2002 | 17:40:00 | 135 | 1272 | 106 | 110,99 | 106 | 0 | 0 | 2,83 | A | 11,53 |
| 14/7/2002 | 17:45:00 | 135 | 1080 | 90  | 121,55 | 87  | 3 | 0 | 3,33 | A | 8,96  |
| 14/7/2002 | 17:50:00 | 135 | 1116 | 93  | 113,34 | 88  | 4 | 1 | 3,22 | A | 9,96  |
| 14/7/2002 | 17:55:00 | 135 | 1020 | 85  | 115,23 | 80  | 5 | 0 | 3,53 | A | 8,98  |
| 26/7/2002 | 10:00:00 | 135 | 420  | 35  | 107,16 | 32  | 3 | 0 | 8,57 | A | 3,92  |
| 26/7/2002 | 10:05:00 | 135 | 576  | 48  | 115,20 | 41  | 7 | 0 | 6,25 | A | 5,00  |
| 26/7/2002 | 10:10:00 | 135 | 780  | 65  | 119,90 | 63  | 2 | 0 | 4,62 | A | 6,51  |
| 26/7/2002 | 10:15:00 | 135 | 624  | 52  | 121,05 | 52  | 0 | 0 | 5,77 | A | 5,15  |
| 26/7/2002 | 10:20:00 | 135 | 636  | 53  | 115,67 | 51  | 2 | 0 | 5,66 | A | 5,50  |
| 26/7/2002 | 10:25:00 | 135 | 696  | 58  | 113,14 | 54  | 4 | 0 | 5,17 | A | 6,15  |
| 26/7/2002 | 10:30:00 | 135 | 768  | 64  | 115,88 | 62  | 2 | 0 | 4,69 | A | 6,63  |
| 26/7/2002 | 10:35:00 | 135 | 636  | 53  | 121,77 | 51  | 2 | 0 | 5,66 | A | 5,22  |
| 26/7/2002 | 10:40:00 | 135 | 672  | 56  | 119,65 | 53  | 3 | 0 | 5,36 | A | 5,62  |
| 26/7/2002 | 10:45:00 | 135 | 648  | 54  | 125,06 | 53  | 1 | 0 | 5,56 | A | 5,18  |
| 26/7/2002 | 10:50:00 | 135 | 600  | 50  | 122,23 | 48  | 2 | 0 | 6,00 | A | 4,91  |
| 26/7/2002 | 10:55:00 | 135 | 552  | 46  | 122,56 | 45  | 1 | 0 | 6,52 | A | 4,50  |
| 26/7/2002 | 11:00:00 | 135 | 672  | 56  | 115,65 | 54  | 2 | 0 | 5,36 | A | 5,81  |
| 26/7/2002 | 11:05:00 | 135 | 660  | 55  | 120,89 | 55  | 0 | 0 | 5,45 | A | 5,46  |
| 26/7/2002 | 11:10:00 | 135 | 720  | 60  | 112,49 | 59  | 1 | 0 | 5,00 | A | 6,40  |
| 26/7/2002 | 11:15:00 | 135 | 696  | 58  | 117,01 | 56  | 2 | 0 | 5,17 | A | 5,95  |
| 26/7/2002 | 11:20:00 | 135 | 732  | 61  | 122,46 | 60  | 1 | 0 | 4,92 | A | 5,98  |
| 26/7/2002 | 11:25:00 | 135 | 672  | 56  | 113,75 | 51  | 5 | 0 | 5,36 | A | 5,91  |
| 26/7/2002 | 11:30:00 | 135 | 648  | 54  | 116,66 | 54  | 0 | 0 | 5,56 | A | 5,55  |
| 26/7/2002 | 11:35:00 | 135 | 504  | 42  | 118,43 | 39  | 3 | 0 | 7,14 | A | 4,26  |
| 26/7/2002 | 11:40:00 | 135 | 600  | 50  | 119,67 | 48  | 2 | 0 | 6,00 | A | 5,01  |
| 26/7/2002 | 11:45:00 | 135 | 528  | 44  | 120,23 | 44  | 0 | 0 | 6,82 | A | 4,39  |
| 26/7/2002 | 11:50:00 | 135 | 660  | 55  | 117,16 | 50  | 4 | 1 | 5,45 | A | 5,63  |
| 26/7/2002 | 11:55:00 | 135 | 636  | 53  | 118,00 | 51  | 2 | 0 | 5,66 | A | 5,39  |
| 26/7/2002 | 12:00:00 | 135 | 600  | 50  | 108,54 | 49  | 1 | 0 | 6,00 | A | 5,53  |
| 26/7/2002 | 12:05:00 | 135 | 732  | 61  | 120,24 | 60  | 1 | 0 | 4,92 | A | 6,09  |
| 26/7/2002 | 12:10:00 | 135 | 564  | 47  | 120,01 | 44  | 2 | 1 | 6,38 | A | 4,70  |
| 26/7/2002 | 12:15:00 | 135 | 696  | 58  | 125,54 | 56  | 2 | 0 | 5,17 | A | 5,54  |
| 26/7/2002 | 12:20:00 | 135 | 504  | 42  | 113,56 | 42  | 0 | 0 | 7,14 | A | 4,44  |
| 26/7/2002 | 12:25:00 | 135 | 552  | 46  | 117,96 | 44  | 2 | 0 | 6,52 | A | 4,68  |
| 26/7/2002 | 12:30:00 | 135 | 660  | 55  | 112,88 | 51  | 4 | 0 | 5,45 | A | 5,85  |

|           |          |     |     |    |        |    |   |   |      |   |      |
|-----------|----------|-----|-----|----|--------|----|---|---|------|---|------|
| 26/7/2002 | 12:35:00 | 135 | 540 | 45 | 117,54 | 44 | 1 | 0 | 6,67 | A | 4,59 |
| 26/7/2002 | 12:40:00 | 135 | 540 | 45 | 118,28 | 44 | 0 | 1 | 6,67 | A | 4,57 |
| 26/7/2002 | 12:45:00 | 135 | 600 | 50 | 117,84 | 50 | 0 | 0 | 6,00 | A | 5,09 |
| 26/7/2002 | 12:50:00 | 135 | 444 | 37 | 117,60 | 36 | 1 | 0 | 8,11 | A | 3,78 |
| 30/7/2002 | 10:00:00 | 135 | 516 | 43 | 117,95 | 42 | 1 | 0 | 6,98 | A | 4,37 |
| 30/7/2002 | 10:05:00 | 135 | 528 | 44 | 116,25 | 44 | 0 | 0 | 6,82 | A | 4,54 |
| 30/7/2002 | 10:10:00 | 135 | 588 | 49 | 115,68 | 49 | 0 | 0 | 6,12 | A | 5,08 |
| 30/7/2002 | 10:15:00 | 135 | 552 | 46 | 116,98 | 44 | 2 | 0 | 6,52 | A | 4,72 |
| 30/7/2002 | 10:20:00 | 135 | 552 | 46 | 118,98 | 46 | 0 | 0 | 6,52 | A | 4,64 |
| 30/7/2002 | 10:25:00 | 135 | 600 | 50 | 120,58 | 49 | 0 | 1 | 6,00 | A | 4,98 |
| 30/7/2002 | 10:30:00 | 135 | 684 | 57 | 114,89 | 57 | 0 | 0 | 5,26 | A | 5,95 |
| 30/7/2002 | 10:35:00 | 135 | 744 | 62 | 118,36 | 61 | 1 | 0 | 4,84 | A | 6,29 |
| 30/7/2002 | 10:40:00 | 135 | 804 | 67 | 115,00 | 67 | 0 | 0 | 4,48 | A | 6,99 |
| 30/7/2002 | 10:45:00 | 135 | 852 | 71 | 115,59 | 69 | 2 | 0 | 4,23 | A | 7,37 |
| 30/7/2002 | 10:50:00 | 135 | 864 | 72 | 116,02 | 72 | 0 | 0 | 4,17 | A | 7,45 |
| 30/7/2002 | 10:55:00 | 135 | 732 | 61 | 114,58 | 61 | 0 | 0 | 4,92 | A | 6,39 |
| 30/7/2002 | 11:00:00 | 135 | 540 | 45 | 118,24 | 43 | 1 | 1 | 6,67 | A | 4,57 |
| 30/7/2002 | 11:05:00 | 135 | 516 | 43 | 120,69 | 42 | 1 | 0 | 6,98 | A | 4,28 |
| 30/7/2002 | 11:10:00 | 135 | 564 | 47 | 121,36 | 47 | 0 | 0 | 6,38 | A | 4,65 |
| 30/7/2002 | 11:15:00 | 135 | 588 | 49 | 118,35 | 48 | 0 | 1 | 6,12 | A | 4,97 |
| 30/7/2002 | 11:20:00 | 135 | 552 | 46 | 120,21 | 44 | 2 | 0 | 6,52 | A | 4,59 |
| 30/7/2002 | 11:25:00 | 135 | 624 | 52 | 117,36 | 52 | 0 | 0 | 5,77 | A | 5,32 |
| 30/7/2002 | 11:30:00 | 135 | 636 | 53 | 116,35 | 53 | 0 | 0 | 5,66 | A | 5,47 |
| 30/7/2002 | 11:35:00 | 135 | 768 | 64 | 115,25 | 64 | 0 | 0 | 4,69 | A | 6,66 |
| 30/7/2002 | 11:40:00 | 135 | 876 | 73 | 112,36 | 72 | 1 | 0 | 4,11 | A | 7,80 |
| 30/7/2002 | 11:45:00 | 135 | 744 | 62 | 115,94 | 62 | 0 | 0 | 4,84 | A | 6,42 |
| 30/7/2002 | 11:50:00 | 135 | 624 | 52 | 118,36 | 52 | 0 | 0 | 5,77 | A | 5,27 |
| 30/7/2002 | 11:55:00 | 135 | 504 | 42 | 122,25 | 41 | 1 | 0 | 7,14 | A | 4,12 |
| 30/7/2002 | 12:00:00 | 135 | 492 | 41 | 121,65 | 39 | 1 | 1 | 7,32 | A | 4,04 |
| 30/7/2002 | 12:05:00 | 135 | 480 | 40 | 125,36 | 40 | 0 | 0 | 7,50 | A | 3,83 |
| 30/7/2002 | 12:10:00 | 135 | 552 | 46 | 123,69 | 44 | 2 | 0 | 6,52 | A | 4,46 |
| 30/7/2002 | 12:15:00 | 135 | 492 | 41 | 119,36 | 39 | 2 | 0 | 7,32 | A | 4,12 |
| 30/7/2002 | 12:20:00 | 135 | 588 | 49 | 118,36 | 48 | 1 | 0 | 6,12 | A | 4,97 |
| 30/7/2002 | 12:25:00 | 135 | 624 | 52 | 120,00 | 52 | 0 | 0 | 5,77 | A | 5,20 |
| 30/7/2002 | 12:30:00 | 135 | 624 | 52 | 117,36 | 52 | 0 | 0 | 5,77 | A | 5,32 |
| 30/7/2002 | 12:35:00 | 135 | 684 | 57 | 116,36 | 55 | 1 | 1 | 5,26 | A | 5,88 |
| 30/7/2002 | 12:40:00 | 135 | 708 | 59 | 115,26 | 58 | 1 | 0 | 5,08 | A | 6,14 |
| 30/7/2002 | 12:45:00 | 135 | 744 | 62 | 118,00 | 60 | 2 | 0 | 4,84 | A | 6,31 |
| 30/7/2002 | 12:50:00 | 135 | 756 | 63 | 113,35 | 62 | 1 | 0 | 4,76 | A | 6,67 |
| 30/7/2002 | 12:55:00 | 135 | 648 | 54 | 115,44 | 54 | 0 | 0 | 5,56 | A | 5,61 |

# ΜΕΡΗΣΕΙΣ ΑΡΙΣΤΕΡΗΣ ΛΩΡΙΔΑΣ

136 Data left lane per 5 min

| Date      | Time     | Station ID | Average Flow | Volume | Average Speed | Class 1 | Class 2 | Class 3 | Time Headway | LoS | Density |
|-----------|----------|------------|--------------|--------|---------------|---------|---------|---------|--------------|-----|---------|
| 14/7/2002 | 12:05:00 | 136        | 708          | 59     | 141,07        | 59      | 0       | 0       | 5,08         | A   | 5,04    |
| 14/7/2002 | 12:10:00 | 136        | 804          | 67     | 143,79        | 67      | 0       | 0       | 4,48         | A   | 5,63    |
| 14/7/2002 | 12:15:00 | 136        | 1200         | 100    | 137,56        | 100     | 0       | 0       | 3,00         | A   | 8,78    |
| 14/7/2002 | 12:20:00 | 136        | 1128         | 94     | 134,95        | 94      | 0       | 0       | 3,19         | A   | 8,41    |
| 14/7/2002 | 12:25:00 | 136        | 924          | 77     | 140,40        | 77      | 0       | 0       | 3,89         | A   | 6,65    |
| 14/7/2002 | 12:30:00 | 136        | 1296         | 108    | 133,25        | 108     | 0       | 0       | 2,78         | A   | 9,77    |
| 14/7/2002 | 12:35:00 | 136        | 972          | 81     | 140,41        | 81      | 0       | 0       | 3,70         | A   | 6,97    |
| 14/7/2002 | 12:40:00 | 136        | 1104         | 92     | 132,81        | 92      | 0       | 0       | 3,26         | A   | 8,39    |
| 14/7/2002 | 12:45:00 | 136        | 984          | 82     | 133,86        | 81      | 1       | 0       | 3,66         | A   | 7,39    |
| 14/7/2002 | 12:50:00 | 136        | 1104         | 92     | 139,88        | 92      | 0       | 0       | 3,26         | A   | 7,95    |
| 14/7/2002 | 12:55:00 | 136        | 1056         | 88     | 138,08        | 88      | 0       | 0       | 3,41         | A   | 7,69    |
| 14/7/2002 | 13:00:00 | 136        | 1296         | 108    | 133,78        | 108     | 0       | 0       | 2,78         | A   | 9,74    |
| 14/7/2002 | 13:05:00 | 136        | 1332         | 111    | 134,21        | 111     | 0       | 0       | 2,70         | A   | 10,03   |
| 14/7/2002 | 13:10:00 | 136        | 816          | 68     | 143,26        | 67      | 1       | 0       | 4,41         | A   | 5,74    |
| 14/7/2002 | 13:15:00 | 136        | 1044         | 87     | 141,10        | 87      | 0       | 0       | 3,45         | A   | 7,45    |
| 14/7/2002 | 13:20:00 | 136        | 1128         | 94     | 131,88        | 94      | 0       | 0       | 3,19         | A   | 8,61    |
| 14/7/2002 | 13:25:00 | 136        | 1212         | 101    | 136,11        | 101     | 0       | 0       | 2,97         | A   | 8,97    |
| 14/7/2002 | 13:30:00 | 136        | 1092         | 91     | 134,96        | 91      | 0       | 0       | 3,29         | A   | 8,16    |
| 14/7/2002 | 13:35:00 | 136        | 1056         | 88     | 135,21        | 87      | 1       | 0       | 3,41         | A   | 7,85    |
| 14/7/2002 | 13:40:00 | 136        | 1224         | 102    | 135,54        | 101     | 1       | 0       | 2,94         | A   | 9,09    |
| 14/7/2002 | 13:45:00 | 136        | 936          | 78     | 141,26        | 77      | 1       | 0       | 3,84         | A   | 6,66    |
| 14/7/2002 | 13:50:00 | 136        | 948          | 79     | 138,95        | 79      | 0       | 0       | 3,80         | A   | 6,86    |
| 14/7/2002 | 13:55:00 | 136        | 1188         | 99     | 134,93        | 99      | 0       | 0       | 3,03         | A   | 8,89    |
| 14/7/2002 | 14:00:00 | 136        | 1068         | 89     | 139,62        | 89      | 0       | 0       | 3,37         | A   | 7,70    |
| 14/7/2002 | 14:05:00 | 136        | 876          | 73     | 141,00        | 72      | 1       | 0       | 4,11         | A   | 6,28    |
| 14/7/2002 | 14:10:00 | 136        | 1356         | 113    | 128,59        | 113     | 0       | 0       | 2,65         | A   | 10,65   |
| 14/7/2002 | 14:15:00 | 136        | 1164         | 97     | 130,65        | 96      | 1       | 0       | 3,09         | A   | 9,02    |
| 14/7/2002 | 14:20:00 | 136        | 1260         | 105    | 132,78        | 104     | 1       | 0       | 2,86         | A   | 9,56    |
| 14/7/2002 | 14:25:00 | 136        | 1428         | 119    | 127,57        | 118     | 1       | 0       | 2,52         | A   | 11,33   |
| 14/7/2002 | 14:30:00 | 136        | 1572         | 131    | 124,27        | 131     | 0       | 0       | 2,29         | A   | 12,75   |
| 14/7/2002 | 14:35:00 | 136        | 1428         | 119    | 132,71        | 119     | 0       | 0       | 2,52         | A   | 10,84   |
| 14/7/2002 | 14:40:00 | 136        | 1464         | 122    | 131,03        | 122     | 0       | 0       | 2,46         | A   | 11,25   |
| 14/7/2002 | 14:45:00 | 136        | 1284         | 122    | 131,50        | 122     | 0       | 0       | 2,81         | A   | 9,76    |
| 14/7/2002 | 14:50:00 | 136        | 1188         | 99     | 130,12        | 98      | 1       | 0       | 3,03         | A   | 9,13    |
| 14/7/2002 | 14:55:00 | 136        | 984          | 82     | 137,01        | 82      | 0       | 0       | 3,66         | A   | 7,24    |
| 14/7/2002 | 15:05:00 | 136        | 996          | 83     | 137,38        | 83      | 0       | 0       | 3,61         | A   | 7,30    |
| 14/7/2002 | 15:10:00 | 136        | 1020         | 85     | 141,73        | 85      | 0       | 0       | 3,53         | A   | 7,24    |
| 14/7/2002 | 15:15:00 | 136        | 1224         | 102    | 131,40        | 102     | 0       | 0       | 2,94         | A   | 9,37    |
| 14/7/2002 | 15:20:00 | 136        | 900          | 75     | 143,00        | 75      | 0       | 0       | 4,00         | A   | 6,33    |
| 14/7/2002 | 15:25:00 | 136        | 1392         | 116    | 134,16        | 115     | 1       | 0       | 2,59         | A   | 10,44   |
| 14/7/2002 | 15:30:00 | 136        | 924          | 77     | 138,07        | 77      | 0       | 0       | 3,89         | A   | 6,75    |
| 14/7/2002 | 15:35:00 | 136        | 1056         | 88     | 133,70        | 88      | 0       | 0       | 3,41         | A   | 7,96    |
| 14/7/2002 | 15:40:00 | 136        | 972          | 81     | 134,97        | 81      | 0       | 0       | 3,70         | A   | 7,25    |
| 14/7/2002 | 15:45:00 | 136        | 1188         | 99     | 138,54        | 99      | 0       | 0       | 3,03         | A   | 8,63    |
| 14/7/2002 | 15:50:00 | 136        | 1104         | 92     | 136,11        | 92      | 0       | 0       | 3,26         | A   | 8,17    |
| 14/7/2002 | 15:55:00 | 136        | 1260         | 105    | 136,58        | 105     | 0       | 0       | 2,86         | A   | 9,26    |

|           |          |     |      |     |        |     |   |   |       |   |       |
|-----------|----------|-----|------|-----|--------|-----|---|---|-------|---|-------|
| 14/7/2002 | 16:00:00 | 136 | 1140 | 95  | 136,75 | 94  | 1 | 0 | 3,16  | A | 8,46  |
| 14/7/2002 | 16:05:00 | 136 | 912  | 76  | 141,68 | 76  | 0 | 0 | 3,95  | A | 6,47  |
| 14/7/2002 | 16:10:00 | 136 | 1128 | 94  | 135,91 | 93  | 1 | 0 | 3,19  | A | 8,40  |
| 14/7/2002 | 16:15:00 | 136 | 1056 | 88  | 135,28 | 88  | 0 | 0 | 3,41  | A | 7,86  |
| 14/7/2002 | 16:20:00 | 136 | 1116 | 93  | 136,82 | 93  | 0 | 0 | 3,22  | A | 8,21  |
| 14/7/2002 | 16:25:00 | 136 | 1152 | 96  | 135,22 | 95  | 1 | 0 | 3,13  | A | 8,58  |
| 14/7/2002 | 16:30:00 | 136 | 1152 | 96  | 133,63 | 96  | 0 | 0 | 3,13  | A | 8,66  |
| 14/7/2002 | 16:35:00 | 136 | 1128 | 94  | 137,20 | 94  | 0 | 0 | 3,19  | A | 8,29  |
| 14/7/2002 | 16:40:00 | 136 | 936  | 78  | 141,64 | 78  | 0 | 0 | 3,84  | A | 6,63  |
| 14/7/2002 | 16:45:00 | 136 | 1092 | 91  | 139,91 | 91  | 0 | 0 | 3,29  | A | 7,84  |
| 14/7/2002 | 16:50:00 | 136 | 1176 | 98  | 132,68 | 98  | 0 | 0 | 3,06  | A | 8,95  |
| 14/7/2002 | 16:55:00 | 136 | 960  | 80  | 143,09 | 80  | 0 | 0 | 3,75  | A | 6,74  |
| 14/7/2002 | 17:00:00 | 136 | 984  | 82  | 137,01 | 82  | 0 | 0 | 3,66  | A | 7,24  |
| 14/7/2002 | 17:05:00 | 136 | 1200 | 100 | 128,43 | 100 | 0 | 0 | 3,00  | A | 9,44  |
| 14/7/2002 | 17:10:00 | 136 | 1272 | 106 | 130,50 | 105 | 1 | 0 | 2,83  | A | 9,86  |
| 14/7/2002 | 17:15:00 | 136 | 1332 | 111 | 134,72 | 110 | 1 | 0 | 2,70  | A | 9,96  |
| 14/7/2002 | 17:20:00 | 136 | 1584 | 132 | 121,49 | 132 | 0 | 0 | 2,27  | A | 13,16 |
| 14/7/2002 | 17:25:00 | 136 | 1476 | 123 | 129,24 | 123 | 0 | 0 | 2,44  | A | 11,49 |
| 14/7/2002 | 17:30:00 | 136 | 1512 | 126 | 130,86 | 126 | 0 | 0 | 2,38  | A | 11,66 |
| 14/7/2002 | 17:35:00 | 136 | 1524 | 127 | 127,96 | 127 | 0 | 0 | 2,36  | A | 12,00 |
| 14/7/2002 | 17:40:00 | 136 | 1704 | 142 | 130,36 | 141 | 1 | 0 | 2,11  | A | 13,13 |
| 14/7/2002 | 17:45:00 | 136 | 1188 | 99  | 139,12 | 99  | 0 | 0 | 3,03  | A | 8,58  |
| 14/7/2002 | 17:50:00 | 136 | 1296 | 108 | 135,01 | 107 | 1 | 0 | 2,78  | A | 9,66  |
| 14/7/2002 | 17:55:00 | 136 | 1200 | 100 | 134,15 | 100 | 0 | 0 | 3,00  | A | 9,01  |
| 26/7/2002 | 10:00:00 | 136 | 420  | 35  | 132,08 | 35  | 0 | 0 | 8,57  | A | 3,18  |
| 26/7/2002 | 10:05:00 | 136 | 648  | 54  | 141,44 | 54  | 0 | 0 | 5,56  | A | 4,58  |
| 26/7/2002 | 10:10:00 | 136 | 660  | 55  | 146,19 | 55  | 0 | 0 | 5,45  | A | 4,51  |
| 26/7/2002 | 10:15:00 | 136 | 540  | 45  | 149,23 | 44  | 1 | 0 | 6,67  | A | 3,62  |
| 26/7/2002 | 10:20:00 | 136 | 444  | 37  | 143,61 | 37  | 0 | 0 | 8,11  | A | 3,09  |
| 26/7/2002 | 10:25:00 | 136 | 708  | 59  | 134,99 | 59  | 0 | 0 | 5,08  | A | 5,24  |
| 26/7/2002 | 10:30:00 | 136 | 456  | 38  | 142,17 | 37  | 1 | 0 | 7,89  | A | 3,21  |
| 26/7/2002 | 10:35:00 | 136 | 528  | 44  | 147,99 | 43  | 1 | 0 | 6,82  | A | 3,57  |
| 26/7/2002 | 10:40:00 | 136 | 564  | 47  | 145,88 | 46  | 1 | 0 | 6,38  | A | 3,87  |
| 26/7/2002 | 10:45:00 | 136 | 420  | 35  | 150,20 | 35  | 0 | 0 | 8,57  | A | 2,80  |
| 26/7/2002 | 10:50:00 | 136 | 300  | 25  | 144,96 | 25  | 0 | 0 | 12,00 | A | 2,07  |
| 26/7/2002 | 10:55:00 | 136 | 300  | 25  | 145,64 | 25  | 0 | 0 | 12,00 | A | 2,06  |
| 26/7/2002 | 11:00:00 | 136 | 384  | 32  | 144,41 | 31  | 1 | 0 | 9,38  | A | 2,66  |
| 26/7/2002 | 11:05:00 | 136 | 540  | 45  | 149,60 | 45  | 0 | 0 | 6,67  | A | 3,61  |
| 26/7/2002 | 11:10:00 | 136 | 708  | 59  | 137,86 | 59  | 0 | 0 | 5,08  | A | 5,14  |
| 26/7/2002 | 11:15:00 | 136 | 432  | 36  | 143,86 | 36  | 0 | 0 | 8,33  | A | 3,00  |
| 26/7/2002 | 11:20:00 | 136 | 408  | 34  | 147,25 | 33  | 1 | 0 | 8,82  | A | 2,77  |
| 26/7/2002 | 11:25:00 | 136 | 612  | 51  | 141,88 | 51  | 0 | 0 | 5,88  | A | 4,31  |
| 26/7/2002 | 11:30:00 | 136 | 480  | 40  | 142,88 | 39  | 1 | 0 | 7,50  | A | 3,36  |
| 26/7/2002 | 11:35:00 | 136 | 288  | 24  | 141,27 | 23  | 1 | 0 | 12,50 | A | 2,04  |
| 26/7/2002 | 11:40:00 | 136 | 588  | 49  | 141,58 | 49  | 0 | 0 | 6,12  | A | 4,15  |
| 26/7/2002 | 11:45:00 | 136 | 264  | 22  | 148,14 | 22  | 0 | 0 | 13,64 | A | 1,78  |
| 26/7/2002 | 11:50:00 | 136 | 504  | 42  | 140,53 | 42  | 0 | 0 | 7,14  | A | 3,59  |
| 26/7/2002 | 11:55:00 | 136 | 480  | 40  | 141,78 | 39  | 1 | 0 | 7,50  | A | 3,39  |
| 26/7/2002 | 12:00:00 | 136 | 456  | 38  | 139,28 | 38  | 0 | 0 | 7,89  | A | 3,27  |
| 26/7/2002 | 12:05:00 | 136 | 396  | 33  | 143,82 | 33  | 0 | 0 | 9,09  | A | 2,75  |
| 26/7/2002 | 12:10:00 | 136 | 324  | 27  | 143,28 | 27  | 0 | 0 | 11,11 | A | 2,26  |
| 26/7/2002 | 12:15:00 | 136 | 528  | 44  | 142,24 | 44  | 0 | 0 | 6,82  | A | 3,71  |
| 26/7/2002 | 12:20:00 | 136 | 396  | 33  | 139,01 | 32  | 1 | 0 | 9,09  | A | 2,85  |
| 26/7/2002 | 12:25:00 | 136 | 312  | 26  | 144,88 | 26  | 0 | 0 | 11,54 | A | 2,15  |

|           |          |     |     |    |        |    |   |   |       |   |      |
|-----------|----------|-----|-----|----|--------|----|---|---|-------|---|------|
| 26/7/2002 | 12:30:00 | 136 | 504 | 42 | 136,35 | 42 | 0 | 0 | 7,14  | A | 3,70 |
| 26/7/2002 | 12:35:00 | 136 | 300 | 25 | 140,80 | 25 | 0 | 0 | 12,00 | A | 2,13 |
| 26/7/2002 | 12:40:00 | 136 | 228 | 19 | 143,06 | 19 | 0 | 0 | 15,79 | A | 1,59 |
| 26/7/2002 | 12:45:00 | 136 | 420 | 35 | 148,10 | 35 | 0 | 0 | 8,57  | A | 2,84 |
| 26/7/2002 | 12:50:00 | 136 | 348 | 29 | 144,17 | 29 | 0 | 0 | 10,34 | A | 2,41 |
| 30/7/2002 | 10:00:00 | 136 | 252 | 21 | 144,25 | 21 | 0 | 0 | 14,29 | A | 1,75 |
| 30/7/2002 | 10:05:00 | 136 | 240 | 20 | 142,36 | 20 | 0 | 0 | 15,00 | A | 1,69 |
| 30/7/2002 | 10:10:00 | 136 | 492 | 41 | 140,32 | 41 | 0 | 0 | 7,32  | A | 3,51 |
| 30/7/2002 | 10:15:00 | 136 | 432 | 36 | 141,32 | 36 | 0 | 0 | 8,33  | A | 3,06 |
| 30/7/2002 | 10:20:00 | 136 | 552 | 46 | 140,98 | 46 | 0 | 0 | 6,52  | A | 3,92 |
| 30/7/2002 | 10:25:00 | 136 | 264 | 22 | 145,21 | 21 | 1 | 0 | 13,64 | A | 1,82 |
| 30/7/2002 | 10:30:00 | 136 | 384 | 32 | 142,01 | 32 | 0 | 0 | 9,38  | A | 2,70 |
| 30/7/2002 | 10:35:00 | 136 | 420 | 35 | 141,21 | 35 | 0 | 0 | 8,57  | A | 2,97 |
| 30/7/2002 | 10:40:00 | 136 | 384 | 32 | 142,36 | 31 | 1 | 0 | 9,38  | A | 2,70 |
| 30/7/2002 | 10:45:00 | 136 | 432 | 36 | 141,54 | 35 | 1 | 0 | 8,33  | A | 3,05 |
| 30/7/2002 | 10:50:00 | 136 | 444 | 37 | 140,25 | 37 | 0 | 0 | 8,11  | A | 3,17 |
| 30/7/2002 | 10:55:00 | 136 | 480 | 40 | 139,58 | 39 | 1 | 0 | 7,50  | A | 3,44 |
| 30/7/2002 | 11:00:00 | 136 | 372 | 31 | 142,36 | 31 | 0 | 0 | 9,68  | A | 2,61 |
| 30/7/2002 | 11:05:00 | 136 | 360 | 30 | 143,65 | 30 | 0 | 0 | 10,00 | A | 2,51 |
| 30/7/2002 | 11:10:00 | 136 | 420 | 35 | 141,91 | 34 | 1 | 0 | 8,57  | A | 2,96 |
| 30/7/2002 | 11:15:00 | 136 | 312 | 26 | 142,65 | 26 | 0 | 0 | 11,54 | A | 2,19 |
| 30/7/2002 | 11:20:00 | 136 | 324 | 27 | 139,25 | 27 | 0 | 0 | 11,11 | A | 2,33 |
| 30/7/2002 | 11:25:00 | 136 | 348 | 29 | 143,67 | 28 | 1 | 0 | 10,34 | A | 2,42 |
| 30/7/2002 | 11:30:00 | 136 | 384 | 32 | 147,35 | 32 | 0 | 0 | 9,38  | A | 2,61 |
| 30/7/2002 | 11:35:00 | 136 | 444 | 37 | 146,57 | 37 | 0 | 0 | 8,11  | A | 3,03 |
| 30/7/2002 | 11:40:00 | 136 | 528 | 44 | 145,21 | 43 | 1 | 0 | 6,82  | A | 3,64 |
| 30/7/2002 | 11:45:00 | 136 | 480 | 40 | 142,32 | 40 | 0 | 0 | 7,50  | A | 3,37 |
| 30/7/2002 | 11:50:00 | 136 | 504 | 42 | 143,78 | 42 | 0 | 0 | 7,14  | A | 3,51 |
| 30/7/2002 | 11:55:00 | 136 | 492 | 41 | 140,36 | 41 | 0 | 0 | 7,32  | A | 3,51 |
| 30/7/2002 | 12:00:00 | 136 | 420 | 35 | 144,35 | 34 | 1 | 0 | 8,57  | A | 2,91 |
| 30/7/2002 | 12:05:00 | 136 | 408 | 34 | 147,21 | 33 | 1 | 0 | 8,82  | A | 2,77 |
| 30/7/2002 | 12:10:00 | 136 | 432 | 36 | 142,21 | 36 | 0 | 0 | 8,33  | A | 3,04 |
| 30/7/2002 | 12:15:00 | 136 | 444 | 37 | 140,21 | 37 | 0 | 0 | 8,11  | A | 3,17 |
| 30/7/2002 | 12:20:00 | 136 | 468 | 39 | 138,24 | 39 | 0 | 0 | 7,69  | A | 3,39 |
| 30/7/2002 | 12:25:00 | 136 | 456 | 38 | 137,87 | 38 | 0 | 0 | 7,89  | A | 3,31 |
| 30/7/2002 | 12:30:00 | 136 | 420 | 35 | 140,68 | 35 | 0 | 0 | 8,57  | A | 2,99 |
| 30/7/2002 | 12:35:00 | 136 | 348 | 29 | 143,19 | 29 | 0 | 0 | 10,34 | A | 2,43 |
| 30/7/2002 | 12:40:00 | 136 | 384 | 32 | 145,21 | 31 | 1 | 0 | 9,38  | A | 2,64 |
| 30/7/2002 | 12:45:00 | 136 | 408 | 34 | 142,57 | 34 | 0 | 0 | 8,82  | A | 2,86 |
| 30/7/2002 | 12:50:00 | 136 | 384 | 32 | 144,21 | 32 | 0 | 0 | 9,38  | A | 2,66 |
| 30/7/2002 | 12:55:00 | 136 | 360 | 30 | 145,21 | 30 | 0 | 0 | 10,00 | A | 2,48 |

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ**

[illegible]

[illegible]

| 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 |
|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5  | 6  | 6  | 4  | 7  | 6  | 5   | 6   | 4   | 5   | 3   | 4   | 3   | 2   |
| 4  | 4  | 5  | 6  | 3  | 5  | 5   | 6   | 7   | 7   | 8   | 8   | 9   | 11  |
| 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0   | 1   | 0   | 1   | 2   | 0   | 1   | 1   |
| 10 | 8  | 7  | 6  | 5  | 8  | 7   | 7   | 8   | 7   | 8   | 7   | 5   | 6   |
| 5  | 7  | 5  | 5  | 8  | 9  | 10  | 8   | 14  | 11  | 13  | 15  | 14  | 14  |
| 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1   | 0   | 1   | 1   | 2   | 3   | 2   | 2   |
| 9  | 8  | 8  | 9  | 7  | 8  | 9   | 9   | 10  | 8   | 7   | 12  | 8   | 8   |
| 6  | 7  | 10 | 12 | 13 | 15 | 15  | 16  | 19  | 17  | 17  | 20  | 18  | 23  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 2   | 0   | 0   | 3   | 5   |
| 11 | 9  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10  | 14  | 10  | 15  | 25  | 15  | 8   | 10  |
| 3  | 4  | 7  | 11 | 13 | 17 | 19  | 20  | 22  | 23  | 24  | 26  | 26  | 29  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 1   | 0   | 2   | 3   | 4   | 2   |
| 9  | 7  | 10 | 13 | 10 | 15 | 18  | 24  | 27  | 26  | 30  | 22  | 19  | 20  |
| 8  | 13 | 17 | 19 | 18 | 20 | 24  | 28  | 33  | 32  | 34  | 36  | 35  | 38  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   | 3   | 5   | 7   |

| 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 3   | 2   | 2   | 3   | 3   | 1   | 4   | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   | 2   | 2   |
| 10  | 12  | 10  | 12  | 11  | 12  | 12  | 13  | 14  | 15  | 15  | 16  | 17  | 16  |
| 2   | 2   | 1   | 2   | 2   | 3   | 2   | 3   | 4   | 4   | 5   | 5   | 3   | 4   |
| 6   | 6   | 5   | 4   | 4   | 3   | 5   | 3   | 2   | 4   | 3   | 3   | 2   | 2   |
| 15  | 15  | 14  | 14  | 14  | 15  | 14  | 16  | 16  | 15  | 17  | 18  | 18  | 19  |
| 3   | 3   | 2   | 3   | 2   | 5   | 5   | 4   | 6   | 4   | 5   | 6   | 7   | 5   |
| 8   | 7   | 5   | 5   | 4   | 4   | 5   | 6   | 5   | 2   | 3   | 1   | 2   | 1   |
| 24  | 27  | 28  | 30  | 32  | 30  | 34  | 36  | 42  | 34  | 37  | 37  | 37  | 35  |
| 1   | 4   | 6   | 8   | 9   | 8   | 11  | 12  | 14  | 13  | 14  | 16  | 14  | 15  |
| 7   | 9   | 8   | 8   | 9   | 7   | 6   | 7   | 4   | 3   | 3   | 1   | 0   | 0   |
| 34  | 36  | 39  | 38  | 41  | 44  | 46  | 43  | 49  | 42  | 43  | 38  | 33  | 35  |
| 4   | 8   | 7   | 13  | 15  | 17  | 13  | 18  | 21  | 23  | 20  | 25  | 28  | 26  |
| 14  | 16  | 15  | 14  | 13  | 10  | 9   | 9   | 7   | 6   | 1   | 2   | 0   | 2   |
| 41  | 45  | 44  | 47  | 50  | 53  | 54  | 53  | 53  | 48  | 47  | 46  | 40  | 38  |
| 15  | 24  | 23  | 25  | 27  | 23  | 27  | 31  | 32  | 31  | 32  | 36  | 39  | 41  |

|    | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0  | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 17 | 18  | 18  | 17  | 20  | 20  | 21  | 20  | 19  | 17  | 15  | 14  | 14  | 13  | 11  |
| 4  | 4   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 6   | 5   | 5   | 6   | 7   | 5   | 6   | 6   |
| 0  | 3   | 2   | 1   | 0   | 0   | 2   | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   | 1   |
| 20 | 24  | 26  | 24  | 18  | 18  | 21  | 20  | 19  | 17  | 16  | 13  | 17  | 14  | 10  |
| 6  | 6   | 5   | 7   | 8   | 8   | 9   | 7   | 9   | 8   | 9   | 13  | 10  | 11  | 12  |
| 1  | 0   | 2   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   |
| 36 | 33  | 34  | 33  | 29  | 29  | 24  | 21  | 22  | 17  | 13  | 12  | 7   | 5   | 3   |
| 16 | 15  | 17  | 18  | 19  | 19  | 18  | 19  | 21  | 24  | 21  | 24  | 25  | 26  | 30  |
| 2  | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 33 | 28  | 27  | 25  | 24  | 24  | 17  | 20  | 18  | 17  | 21  | 13  | 12  | 9   | 6   |
| 28 | 31  | 29  | 28  | 27  | 27  | 30  | 29  | 33  | 39  | 39  | 44  | 39  | 38  | 35  |
| 0  | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 41 | 36  | 33  | 24  | 27  | 27  | 22  | 20  | 21  | 17  | 14  | 9   | 7   | 8   | 4   |
| 49 | 57  | 54  | 58  | 65  | 65  | 68  | 55  | 54  | 48  | 41  | 37  | 39  | 35  | 36  |

| 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 8   | 9   | 6   | 7   | 5   | 6   | 4   | 3   | 2   | 0   | 1   | 0   | 0   | 1   |
| 6   | 6   | 7   | 7   | 7   | 6   | 8   | 9   | 9   | 10  | 11  | 12  | 11  | 11  |
| 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 11  | 8   | 4   | 7   | 3   | 0   | 1   | 2   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   |
| 11  | 13  | 12  | 14  | 16  | 19  | 19  | 22  | 19  | 20  | 19  | 15  | 16  | 14  |
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 2   | 0   | 3   | 0   | 1   | 2   | 2   | 0   | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   |
| 27  | 28  | 30  | 33  | 39  | 35  | 30  | 29  | 29  | 25  | 28  | 25  | 23  | 18  |
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 4   | 3   | 1   | 1   | 0   | 2   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 33  | 35  | 36  | 35  | 32  | 30  | 28  | 27  | 28  | 22  | 26  | 19  | 15  | 18  |
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 2   | 0   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 32  | 35  | 36  | 34  | 30  | 29  | 27  | 26  | 22  | 26  | 23  | 21  | 19  | 16  |

| 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 10  | 10  | 9   | 9   | 9   | 8   | 9   | 8   | 8   | 8   | 7   | 7   | 6   | 6   |
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 11  | 12  | 10  | 11  | 10  | 10  | 9   | 8   | 10  | 8   | 9   | 9   | 5   | 6   |
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 18  | 17  | 16  | 10  | 8   | 5   | 7   | 6   | 5   | 6   | 4   | 3   | 4   | 5   |
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 19  | 15  | 15  | 14  | 16  | 10  | 13  | 12  | 5   | 7   | 2   | 3   | 0   | 4   |
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 10  | 17  | 16  | 8   | 5   | 5   | 4   | 3   | 2   | 0   | 0   | 1   | 0   | 1   |

[illegible]

[illegible]

[illegible]

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ  
ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ**

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

| Απόκλιση από τη μέση ταχύτητα | Συμμετοχές σε ατυχήματα |
|-------------------------------|-------------------------|
| -51                           | 50000                   |
| -50                           | 11000                   |
| -49                           | 10000                   |
| -48                           | 7000                    |
| -47                           | 6000                    |
| -46                           | 5000                    |
| -45                           | 3500                    |
| -44                           | 3000                    |
| -43                           | 2500                    |
| -42                           | 2000                    |
| -41                           | 1750                    |
| -40                           | 1500                    |
| -39                           | 1200                    |
| -38                           | 1000                    |
| -37                           | 900                     |
| -36                           | 800                     |
| -35                           | 600                     |
| -34                           | 500                     |
| -33                           | 400                     |
| -32                           | 350                     |
| -31                           | 300                     |
| -30                           | 280                     |
| -29                           | 250                     |
| -28                           | 220                     |
| -27                           | 210                     |
| -26                           | 190                     |
| -25                           | 175                     |
| -24                           | 160                     |
| -23                           | 150                     |
| -22                           | 140                     |
| -21                           | 125                     |
| -20                           | 110                     |
| -19                           | 100                     |
| -18                           | 90                      |
| -17                           | 85                      |
| -16                           | 80                      |
| -15                           | 75                      |
| -14                           | 70                      |
| -13                           | 65                      |
| -12                           | 60                      |
| -11                           | 55                      |
| -10                           | 50                      |
| -9                            | 45                      |
| -8                            | 41                      |
| -7                            | 38                      |
| -6                            | 36                      |
| -5                            | 35                      |

| Απόκλιση από τη μέση ταχύτητα | Συμμετοχές σε ατυχήματα |
|-------------------------------|-------------------------|
| -4                            | 34                      |
| -3                            | 33                      |
| -2                            | 32                      |
| -1                            | 31                      |
| 0                             | 30                      |
| 1                             | 29                      |
| 2                             | 28                      |
| 3                             | 27                      |
| 4                             | 26                      |
| 5                             | 25                      |
| 6                             | 24                      |
| 7                             | 23,5                    |
| 8                             | 23                      |
| 9                             | 22,5                    |
| 10                            | 22                      |
| 11                            | 21,5                    |
| 12                            | 21                      |
| 13                            | 20                      |
| 14                            | 20                      |
| 15                            | 20                      |
| 16                            | 20                      |
| 17                            | 20                      |
| 18                            | 20                      |
| 19                            | 20,5                    |
| 20                            | 21                      |
| 21                            | 21,5                    |
| 22                            | 22                      |
| 23                            | 23                      |
| 24                            | 24                      |
| 25                            | 25                      |
| 26                            | 26                      |
| 27                            | 27                      |
| 28                            | 28                      |
| 29                            | 29                      |
| 30                            | 30                      |
| 31                            | 31                      |
| 32                            | 32,5                    |
| 33                            | 34                      |
| 34                            | 37                      |
| 35                            | 41                      |
| 36                            | 49                      |
| 37                            | 58                      |
| 38                            | 68                      |
| 39                            | 78                      |
| 40                            | 90                      |
| 41                            | 105                     |
| 42                            | 125                     |

| Απόκλιση από τη μέση ταχύτητα | Συμμετοχές σε ατυχήματα |
|-------------------------------|-------------------------|
| 43                            | 150                     |
| 44                            | 180                     |
| 45                            | 210                     |
| 46                            | 240                     |
| 47                            | 280                     |
| 48                            | 320                     |
| 49                            | 390                     |
| 50                            | 460                     |
| 51                            | 550                     |
| 52                            | 700                     |
| 53                            | 1000                    |

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ – ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ VISUAL BASIC**

## ΠΡΩΤΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΕ VISUAL BASIC)

```
Option Explicit
Public diffmax As Double
Public diffmin As Double
```

```
Sub Main_Call()
Dim p As Integer
Dim q As Integer
Dim q2 As Integer
Dim q1 As Integer
Dim SumPenlt As Double
Dim TotSum As Double
Dim i As Integer
Dim n As Integer
Dim l As Long
Dim MinPen As Double
Dim optV1 As Integer
Dim optV2 As Integer
Dim diff As String
Dim st As Integer
Dim per As Double
```

```
Application.ScreenUpdating = False
```

```
Sheets("UI").Select
```

```
st = 0
```

```
If Range("trfLoad").Value < 1501 And Range("trfLoad").Value > 999 Then st = 4
If Range("trfLoad").Value < 2001 And Range("trfLoad").Value > 1500 Then st = 9
If Range("trfLoad").Value < 2501 And Range("trfLoad").Value > 2000 Then st = 14
If Range("trfLoad").Value < 3001 And Range("trfLoad").Value > 2500 Then st = 19
If Range("trfLoad").Value < 3501 And Range("trfLoad").Value > 3000 Then st = 24
```

```
If st = 0 Then
    MsgBox ("Traffic Load out of range")
    Exit Sub
End If
```

```
diff = "diff"
```

```
Call rangedcalc(diff, 1, diffmax)
Call rangedcalc(diff, 0, diffmin)
MinPen = 10000000
```

```
l = 0
```

```
Application.Sheets("Sheet1_Limits").Activate
```

```

q = Range("Speeds").Count
'q1 = Range("Speeds").Cells(1, 1).Value
'q2 = Range("Speeds").Cells(1, q).Value

For i = 1 To q
    For n = i + 1 To q

        l = l + 1

        Call CalcPen(l, i, SumPenlt, st)
        TotSum = TotSum + SumPenlt

        SumPenlt = 0

        Call CalcPen(i, n, SumPenlt, st)
        TotSum = TotSum + SumPenlt

        SumPenlt = 0

        Call CalcPen(n, q, SumPenlt, st)
        TotSum = TotSum + SumPenlt

        SumPenlt = 0

    Sheets("Solution").Select
    Range("OutPut").Activate
    Selection.Offset(l, 0).Value = Range("Speeds").Cells(1, i).Value
    Selection.Offset(l, 1).Value = Range("Speeds").Cells(1, n).Value
    Selection.Offset(l, 2).Value = TotSum

    If TotSum < MinPen Then
        MinPen = TotSum
        optV1 = Range("Speeds").Cells(1, i).Value
        optV2 = Range("Speeds").Cells(1, n).Value
    End If

    TotSum = 0
    SumPenlt = 0

Next

per = 1 / 8646

Sheets("UI").Select
Range("progr").Value = per
Application.ScreenUpdating = True
Application.ScreenUpdating = False
Next

Sheets("UI").Select

```

```

Range("optLim1").Value = optV1
Range("optLim2").Value = optV2
Range("minAccPen").Value = MinPen

End Sub
Sub CalcPen(p, q, SumPenlt, st)

Dim i As Integer
Dim SumV As Double
Dim Cars As Integer
Dim SumCars As Integer
Dim CurV As Double
Dim AverageV As Integer
Dim penlt As Double
'Dim SumPenlt As Double
Dim dif As Double
Dim inst As Object

For i = p To q - 1

Cars = 0
CurV = 0

Sheets("Sheet1_Limits").Activate
Range("Speeds").Cells(1, i).Activate
CurV = ActiveCell.Value
Cars = ActiveCell.Offset(st, 0).Value
SumV = SumV + CurV * Cars
SumCars = SumCars + Cars
Debug.Print
Next

If SumCars = 0 Then
    SumPenlt = 0
    Exit Sub
End If

AverageV = SumV / SumCars

i = 0

For i = p To q

Cars = 0
CurV = 0

Range("Speeds").Cells(1, i).Activate
CurV = ActiveCell.Value
Cars = ActiveCell.Offset(st, 0).Value
dif = CurV - AverageV

```

```
If dif > diffmax Or dif < diffmin Then
    SumPenlt = SumPenlt + Cars * Range("Over").Value
    GoTo 10
End If
```

```
Range("Set").Value = dif
Application.Calculate
SumPenlt = SumPenlt + Cars * Range("Out").Value
Application.Sheets("debug").Cells(i, 1).Value = Range("Speeds").Cells(1, i).Value
Application.Sheets("debug").Cells(i, 2).Value = Cars * Range("Out").Value
```

```
10:
Next
```

```
Exit Sub
```

```
End Sub
```

```
Sub rangedcalc(nam, c, n)
```

```
Dim dimen As Integer
Dim i As Integer
```

```
dimen = Range(nam).Count
```

```
If i <> 0 And i <> 1 Then Exit Sub
```

```
If c = 1 Then n = -10000
If c = 0 Then n = 10000
```

```
For i = 1 To dimen
    If c = 1 And Range(nam).Cells(i, 1).Value > n Then n = Range(nam).Cells(i, 1).Value
    If c = 0 And Range(nam).Cells(i, 1).Value < n Then n = Range(nam).Cells(i, 1).Value
Next
```

```
End Sub
```

## ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΕ VISUAL BASIC)

```
Option Explicit
Public diffmax As Double
Public diffmin As Double
Sub rangedcalc(nam, c, n)

    Dim dimen As Integer
    Dim i As Integer

    dimen = Range(nam).Count

    If i <> 0 And i <> 1 Then Exit Sub

    If c = 1 Then n = -10000
    If c = 0 Then n = 10000

    For i = 1 To dimen
        If c = 1 And Range(nam).Cells(i, 1).Value > n Then n = Range(nam).Cells(i, 1).Value
        If c = 0 And Range(nam).Cells(i, 1).Value < n Then n = Range(nam).Cells(i, 1).Value
    Next

End Sub

Sub Main_Call_1()
    Dim p As Integer
    Dim q As Integer
    Dim q2 As Integer
    Dim q1 As Integer
    Dim SumPenlt As Double
    Dim TotSum As Double
    Dim i As Integer
    Dim n As Integer
    Dim l As Long
    Dim MinPen As Double
    Dim optV1 As Integer
    Dim optV2 As Integer
    Dim diff As String
    Dim st As Integer
    Dim per As Double
    Dim tr As Integer

    tr = Sheets("UI").Range("i4").Value

    Application.ScreenUpdating = False

    Sheets("UI").Select
```

```
st = 0
If Range("trfLoad").Value < 1501 And Range("trfLoad").Value > 999 Then st = 4
If Range("trfLoad").Value < 2001 And Range("trfLoad").Value > 1500 Then st = 9
If Range("trfLoad").Value < 2501 And Range("trfLoad").Value > 2000 Then st = 14
If Range("trfLoad").Value < 3001 And Range("trfLoad").Value > 2500 Then st = 19
If Range("trfLoad").Value < 3501 And Range("trfLoad").Value > 3000 Then st = 24
```

```
If st = 0 Then
    MsgBox ("Traffic Load out of range")
    Exit Sub
End If
```

```
diff = "diff"
```

```
Call rangedcalc(diff, 1, diffmax)
Call rangedcalc(diff, 0, diffmin)
MinPen = 10000000
```

```
l = 0
```

```
Application.Sheets("Sheet1_Limits").Activate
```

```
q = Range("Speeds").Count
```

```
Range("Speeds").Cells(1, 0).Select
Selection.Offset(st - 3, 1).Name = "Start"
Selection.Offset(st - 1, q).Name = "End"
Range("Speeds").Copy
Sheets("New Method").Activate
Range("b2").Select
ActiveSheet.Paste
Selection.Name = "Speeds1"
Sheets("Sheet1_Limits").Activate
Range("Start:End").Copy
Sheets("New Method").Activate
Range("b3").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
For i = 1 To q
```

```
    l = l + 1
```

```
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets("Sheet1_Limits").Activate
    Range("Start:End").Copy
    Sheets("New Method").Activate
```

```
    Range("b3").Select
    ActiveSheet.Paste
```

```

Call arrange(i, q, tr)

    Call CalcPen_1(1, q, SumPenlt)
    TotSum = TotSum + SumPenlt

    SumPenlt = 0

    Call CalcPen_1(2, q, SumPenlt)
    TotSum = TotSum + SumPenlt

    SumPenlt = 0

    Call CalcPen_1(3, q, SumPenlt)
    TotSum = TotSum + SumPenlt

    SumPenlt = 0

    Sheets("Solution").Select
    Range("OutPut").Activate
    Selection.Offset(1, 0).Value = Range("Speeds1").Cells(1, i).Value

    Selection.Offset(1, 2).Value = TotSum

    If TotSum < MinPen Then
        MinPen = TotSum
        optV1 = Range("Speeds").Cells(1, i).Value
        optV2 = Range("Speeds").Cells(1, n).Value
    End If

    TotSum = 0
    SumPenlt = 0

Next

    Sheets("UI").Select
    Range("optLim1").Value = optV1
    Range("optLim2").Value = optV2
    Range("minAccPen").Value = MinPen

End Sub
Sub arrange(i, q, l)

Dim n As Integer

For n = 0 To i + 2

    Range("Speeds1").Cells(1, n).Activate
    ActiveCell.Offset(1, 0).Value = ActiveCell.Offset(2, 0).Value +
    ActiveCell.Offset(3, 0).Value + ActiveCell.Offset(1, 0).Value

```

```
ActiveCell.Offset(2, 0).Value = 0
ActiveCell.Offset(3, 0).Value = 0
```

```
Next
```

```
n = 0
```

```
For n = i + 3 To q
```

```
    Range("Speeds1").Cells(1, n).Activate
    ActiveCell.Offset(1, 0).Value = ActiveCell.Offset(1, 0).Value +
ActiveCell.Offset(1, 0).Value
    ActiveCell.Offset(1, 0).Value = 0
```

```
Next
```

```
End Sub
```

```
Sub CalcPen_1(k, q, Pen)
```

```
Dim i As Integer
Dim SumV As Double
Dim Cars As Integer
Dim SumCars As Integer
Dim CurV As Double
Dim AverageV As Integer
Dim penlt As Double
'Dim SumPenlt As Double
Dim dif As Double
Dim inst As Object
Dim SumPenlt As Double
```

```
For i = 1 To q
```

```
Cars = 0
CurV = 0
```

```
Sheets("New Method").Activate
Range("Speeds1").Cells(1, i).Activate
CurV = ActiveCell.Value
Cars = ActiveCell.Offset(k, 0).Value
SumV = SumV + CurV * Cars
SumCars = SumCars + Cars
```

```
Next
```

```
If SumCars = 0 Then
```

```
    SumPenlt = 0
```

```
    Exit Sub
```

```
End If
```

AverageV = SumV / SumCars

i = 0

For i = 1 To q

Cars = 0

CurV = 0

Range("Speeds1").Cells(1, i).Activate

CurV = ActiveCell.Value

Cars = ActiveCell.Offset(k, 0).Value

dif = CurV - AverageV

If dif > diffmax Or dif < diffmin Then

SumPenlt = SumPenlt + Cars \* Range("Over").Value

GoTo 10

End If

Range("Set").Value = dif

Application.Calculate

SumPenlt = SumPenlt + Cars \* Range("Out").Value

Application.Sheets("debug").Cells(i, 1).Value = Range("Speeds1").Cells(1, i).Value

Application.Sheets("debug").Cells(i, 2).Value = Cars \* Range("Out").Value

10:

Next

Pen = SumPenlt

End Sub