



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΩΝ ΟΔΩΝ ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ
ΣΤΗ ΚΥΠΡΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΝΥΧΤΑΣ**

ΜΑΥΡΙΔΗ ΕΙΡΗΝΗ

06104608

Επιβλέπων Καθηγητής:

ΨΑΡΙΑΝΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:

Με την παρούσα εργασία περατώνονται οι σπουδές μου στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στην ολοκλήρωσή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βασίλειο Ψαριανό για την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον που έδειξε τόσο κατά την ανάθεση της εργασίας, όσο και κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των μαθημάτων του προπτυχιακού προγράμματος. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω για τη συμπαράσταση και την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Αντωνίου για τις επιστημονικές συμβουλές και υποδείξεις του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με βοηθάει και με στηρίζει στις προσπάθειες μου καθ' όλη τη διάρκεια των ακαδημαϊκών μου σπουδών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευρετήριο Σχημάτων.....	6
Ευρετήριο Πινάκων.....	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	11
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	12
1.1. Γενικά.....	12
1.2. Αντικείμενο της μελέτης και προσδιορισμός του προβλήματος....	13
1.3. Στόχος της έρευνας.....	14
1.4. Προσέγγιση της έρευνας.....	15
1.5. Δομή της εργασίας.....	16
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ</u>	17
2.1. Εισαγωγή.....	17
2.2. Γεωμετρικά Σχεδιαστικά Πρότυπα.....	18
2.2.1. Επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος.....	18
2.2.2. Επίδραση της ακτίνας της καμπύλης.....	19
2.2.3. Επίδραση της κατά μήκος κλίσης.....	21
2.2.4. Επίδραση του μήκος ορατότητας.....	21
2.2.5. Επίδραση του φόρτου κυκλοφορίας.....	23
2.2.6. Συμπεράσματα.....	25
2.3. Ορισμοί της συνέχειας στο σχεδιασμό.....	26
2.4. Η προσέγγιση της συνέχειας στο σχεδιασμό.....	27
2.4.1. Η χρήση των μεγεθών εκτίμησης συνέχειας σε διάφορες χώρες	28
2.4.2. Η εφαρμογή της ταχύτητας μελέτης στο σχεδιασμό.....	32

2.4.3. Λειτουργική ταχύτητα και μοντέλα ταχυτήτων.....	34
2.4.3.1. Κανόνες που βασίζονται στη Λειτουργική ταχύτητα.....	37
2.4.4. Δυναμική κίνηση οχημάτων.....	43
2.4.5. Μέθοδοι συνέχειας που βασίζονται στους δείκτες χάραξης.....	45
2.4.6. Οδηγητική ένταση (driver workload).....	47
2.4.6.1. Ορισμοί.....	47
2.4.6.2. Η οδηγική ένταση ως μέτρο συνέχειας στο σχεδιασμό.....	48
2.4.7. Σύνοψη της βιβλιογραφικής επισκόπησης σχετικά με τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια του σχεδιασμού.....	50
2.5. Η σχέση μεταξύ των μέτρων καθορισμού της συνέχειας στο σχεδιασμό και της ασφάλειας.....	51
2.6. Η σχέση μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της ασφάλειας.....	53
2.6.1. Μήκος ορατότητας.....	53
2.6.2. Οριζοντιογραφικές Καμπύλες.....	54
2.6.3. Κατά μήκος χάραξη.....	55
2.6.4. Συνδυασμός της οριζόντιας και της κατά μήκος χάραξης.....	56
2.7. Πρόσφατες έρευνες σε Ιταλία και Αυστραλία.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	59
3.1. Εισαγωγή.....	59
3.2. Επιλογή οδικών τμημάτων και περιοχή μελέτης.....	59
3.3. Συλλογή στοιχείων στο πεδίο των μετρήσεων.....	60
3.4. Δεδομένα ταχυτήτων.....	61
3.4.1. Απαιτούμενο δείγμα.....	62
3.4.2. Ανάλυση των μετρήσεων πεδίου ταχύτητας.....	63

3.4.2.1. Μέση τιμή δείγματος.....	63
3.4.2.2. Τυπική απόκλιση.....	64
3.4.2.3. Τυπικό σφάλμα μέσης τιμής.....	64
3.4.3. Τεστ Kolmogorov-Smirnov.....	65
3.4.4. Υπολογισμός της V_{85}	66
3.5. Πρακτική εκτίμηση των στοιχείων της Οριζοντιογραφίας.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	68
4.1. Εισαγωγή.....	68
4.2. Αναλύσεις Παλινδρόμησης: Υπόβαθρο.....	69
4.3. Προκαταρκτική ανάλυση.....	71
4.3.1. Στατιστικός έλεγχος.....	71
4.3.2. Διερεύνηση σχέσεων.....	78
4.3.3. Έλεγχος συγγραμμικότητας μεταξύ των μεταβλητών.....	85
4.4. Ανάπτυξη μοντέλων λειτουργικής ταχύτητας.....	90
4.4.1. Επιλογή μεθόδου ανάλυσης παλινδρόμησης.....	92
4.4.2. Μεθοδολογία των αναλύσεων παλινδρόμησης.....	118
4.4.3. Μοντέλα ανάλυσης παλινδρόμησης.....	119
4.4.3.1. Πρώτη Προσέγγιση.....	119
4.4.3.2. Δεύτερη Προσέγγιση.....	132
4.4.4. Συζήτηση των μοντέλων που αναπτύχθηκαν.....	138
4.4.5. Σύγκριση των παραγόμενων μοντέλων αλλά και με τα υφιστάμενα μοντέλα της Ελλάδας.....	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	150
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	152
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	194

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 : Μοντέλα Αυστραλιακών οδηγιών.....	58
Σχήμα 2 : Διάγραμμα διασποράς για μέρα.....	92
Σχήμα 3 : Διάγραμμα διασποράς για νύχτα.....	93
Σχήμα 4 : Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, πολυωνυμικής συνάρτησης μέρας.....	96
Σχήμα 5 : Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, πολυωνυμικής συνάρτησης νύχτας.....	99
Σχήμα 6 : Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, λογαριθμικής, αντίστροφης, πολυωνυμικής συνάρτησης μέρας.....	104
Σχήμα 7 : Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, λογαριθμικής, αντίστροφης, πολυωνυμικής συνάρτησης νύχτας.....	108
Σχήμα 8 : Boxplot λωρίδων για μέρα.....	109
Σχήμα 9 : Boxplot λωρίδων για νύχτα.....	110
Σχήμα 10 : Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, λογαριθμικής, αντίστροφης, πολυωνυμικής συνάρτησης μέρας.....	114
Σχήμα 11 : Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, λογαριθμικής, αντίστροφης, πολυωνυμικής συνάρτησης νύχτας.....	118
Σχήμα 12 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα.....	121
Σχήμα 13 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα.....	122
Σχήμα 14 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα.....	122
Σχήμα 15 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα.....	123
Σχήμα 16 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα με τη χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης.....	124
Σχήμα 17 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα με τη χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης.....	124
Σχήμα 18 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα με τη χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης.....	125
Σχήμα 19 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα με τη χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης.....	125
Σχήμα 20 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα.....	130
Σχήμα 21 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα.....	130
Σχήμα 22 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα.....	131
Σχήμα 23 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα.....	131
Σχήμα 24 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα.....	134
Σχήμα 25 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα.....	134
Σχήμα 26 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα.....	135
Σχήμα 27 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα.....	135
Σχήμα 28 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα.....	136
Σχήμα 29 : Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα.....	137
Σχήμα 30 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα.....	137
Σχήμα 31 : Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα.....	138
Σχήμα 32 : Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων για μέρα και νύχτα.....	144
Σχήμα 33 : Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων για μέρα και νύχτα για τη	

λωρίδα με πλάτος 2,75m.....	145
Σχήμα 34 : Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων για μέρα και νύχτα για τη λωρίδα με πλάτος 3,00m.....	145
Σχήμα 35 : Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων για μέρα και νύχτα για τη λωρίδα με πλάτος 3,50m.....	146
Σχήμα 36 : Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων με υφιστάμενα για τη μέρα.....	147
Σχήμα 37 : Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων με υφιστάμενα για τη νύχτα.....	148
Σχήμα 38 : Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων με υφιστάμενα για μέρα και πλάτος λωρίδας 3,50m.....	149
Σχήμα 39 : Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων με υφιστάμενα για νύχτα και πλάτος λωρίδας 3,50m.....	149

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 : Κριτήριο Ασφαλείας I για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας. Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ V_{85} και V_e , για το χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος, (ΟΜΟΕ – X).....	41
Πίνακας 2 : Κριτήριο Ασφαλείας II για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας. Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ διαδοχικών V_{85} για το χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος, (ΟΜΟΕ – X).....	42
Πίνακας 3 : Κριτήριο συνέχειας της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων	43
Πίνακας 4 : Δείκτες Χάραξης.....	46
Πίνακας 5 : Χαρακτηριστικά του τεστ Kolmogorov – Smirnov.....	55
Πίνακας 6 : Στατιστικά στοιχεία V_{85} για μέρα.....	71
Πίνακας 7 : Στατιστικά στοιχεία V_{85} για νύχτα.....	72
Πίνακας 8 : Στατιστικά στοιχεία ελικτότητας.....	73
Πίνακας 9 : Στατιστικά στοιχεία πλάτους λωρίδας.....	74
Πίνακας 10 : Συχνότητες και σχετικές συχνότητες πλάτους λωρίδας.....	75
Πίνακας 11 : V_{85} ως προς το πλάτος, τη μέρα, τη νύχτα και το είδος λωρίδας.....	75
Πίνακας 12 : Στατιστικά στοιχεία επίκλισης.....	77
Πίνακας 13 : Στατιστικά στοιχεία κατά μήκος κλίσης.....	78
Πίνακας 14 : t-τεστ εσωτερικής λωρίδας.....	79
Πίνακας 15 : t-τεστ εξωτερικής λωρίδας.....	80
Πίνακας 16 : t-τεστ ημέρας.....	81
Πίνακας 17 : t-τεστ νύχτας.....	81
Πίνακας 18 : Ανονα τεστ για εσωτερική λωρίδα μέρας.....	82
Πίνακας 19 : Spearman, Pearson τεστ για εσωτερική λωρίδα μέρας.....	82
Πίνακας 20 : Ανονα τεστ για εσωτερική λωρίδα νύχτας.....	83
Πίνακας 21 : Spearman, Pearson τεστ για εσωτερική λωρίδα νύχτας.....	83
Πίνακας 22 : Ανονα τεστ για εξωτερική λωρίδα μέρας.....	84
Πίνακας 23 : Spearman, Pearson τεστ για εξωτερική λωρίδα μέρας.....	84
Πίνακας 24 : Ανονα τεστ για εξωτερική λωρίδα νύχτας.....	85
Πίνακας 25 : Spearman, Pearson τεστ για εξωτερική λωρίδα νύχτας.....	85
Πίνακας 26 : Παλινδρόμηση κατά βήματα για μέρα.....	87
Πίνακας 27 : Παλινδρόμηση κατά βήματα για νύχτα.....	87
Πίνακας 28 : Συσχετισμοί μεταξύ των μεταβλητών για μέρα.....	88
Πίνακας 29 : Συσχετισμοί μεταξύ των μεταβλητών για νύχτα.....	88
Πίνακας 30 : Συσχετισμοί των παραμέτρων του μοντέλου για μέρα.....	89
Πίνακας 31 : Συσχετισμοί των παραμέτρων του μοντέλου για νύχτα.....	89
Πίνακας 32α : R^2 γραμμικής συνάρτησης.....	94
Πίνακας 33α : Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης.....	95
Πίνακας 34α : Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης.....	95
Πίνακας 32β : R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης.....	95
Πίνακας 33β : Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης.....	95
Πίνακας 34β : Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης.....	96

Πίνακας 35α : R^2 γραμμικής συνάρτησης.....	97
Πίνακας 36α : Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης.....	97
Πίνακας 37α : Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης.....	97
Πίνακας 35β : R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης.....	97
Πίνακας 36β : Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης.....	98
Πίνακας 37β : Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης.....	98
Πίνακας 38α : R^2 γραμμικής συνάρτησης.....	100
Πίνακας 39α : Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης.....	100
Πίνακας 40α : Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης.....	101
Πίνακας 38β : R^2 λογαριθμικής συνάρτησης.....	101
Πίνακας 39β : Ανάλυση διασποράς λογαριθμικής συνάρτησης.....	101
Πίνακας 40β : Συντελεστές λογαριθμικής συνάρτησης.....	101
Πίνακας 38γ : R^2 αντίστροφης συνάρτησης.....	102
Πίνακας 39γ : Ανάλυση διασποράς αντίστροφης συνάρτησης.....	102
Πίνακας 40γ : Συντελεστές αντίστροφης συνάρτησης.....	102
Πίνακας 38δ : R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης.....	102
Πίνακας 39δ : Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης.....	103
Πίνακας 40δ : Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης.....	103
Πίνακας 41α : R^2 γραμμικής συνάρτησης.....	104
Πίνακας 42α : Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης.....	105
Πίνακας 43α : Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης.....	105
Πίνακας 41β : R^2 λογαριθμικής συνάρτησης.....	105
Πίνακας 42β : Ανάλυση διασποράς λογαριθμικής συνάρτησης.....	105
Πίνακας 43β : Συντελεστές λογαριθμικής συνάρτησης.....	106
Πίνακας 41γ : R^2 αντίστροφης συνάρτησης.....	106
Πίνακας 42γ : Ανάλυση διασποράς αντίστροφης συνάρτησης.....	106
Πίνακας 43γ : Συντελεστές αντίστροφης συνάρτησης.....	106
Πίνακας 41δ : R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης.....	107
Πίνακας 42δ : Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης.....	107
Πίνακας 43δ : Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης.....	107
Πίνακας 44α : R^2 γραμμικής συνάρτησης.....	111
Πίνακας 45α : Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης.....	111
Πίνακας 46α : Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης.....	111
Πίνακας 44β : R^2 λογαριθμικής συνάρτησης.....	111
Πίνακας 45β : Ανάλυση διασποράς λογαριθμικής συνάρτησης.....	112
Πίνακας 46β : Συντελεστές λογαριθμικής συνάρτησης.....	112
Πίνακας 44γ : R^2 αντίστροφης συνάρτησης.....	112
Πίνακας 45γ : Ανάλυση διασποράς αντίστροφης συνάρτησης.....	112
Πίνακας 46γ : Συντελεστές αντίστροφης συνάρτησης.....	113
Πίνακας 44δ : R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης.....	113
Πίνακας 45δ : Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης.....	113
Πίνακας 46δ : Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης.....	113
Πίνακας 47α : R^2 γραμμικής συνάρτησης.....	114
Πίνακας 48α : Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης.....	115
Πίνακας 49α : Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης.....	115
Πίνακας 47β : R^2 λογαριθμικής συνάρτησης.....	115
Πίνακας 48β : Ανάλυση διασποράς λογαριθμικής συνάρτησης.....	115

Πίνακας 49β : Συντελεστές λογαριθμικής συνάρτησης.....	116
Πίνακας 47γ : R^2 αντίστροφης συνάρτησης.....	116
Πίνακας 48γ : Ανάλυση διασποράς αντίστροφης συνάρτησης.....	116
Πίνακας 49γ : Συντελεστές αντίστροφης συνάρτησης.....	116
Πίνακας 47δ : R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης.....	117
Πίνακας 48δ : Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης.....	117
Πίνακας 49δ : Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης.....	117
Πίνακας 50 : t-τεστ ταχυτήτων για το αντίστροφο μοντέλο της μέρας για ελικτότητες 45 – 300gon/km.....	127
Πίνακας 51 : t-τεστ ταχυτήτων για το αντίστροφο μοντέλο της νύχτας για ελικτότητες 45 – 300gon/km.....	127
Πίνακας 52 : t-τεστ ταχυτήτων για το αντίστροφο μοντέλο της μέρας για ελικτότητες 300 – 490gon/km.....	128
Πίνακας 53 : t-τεστ ταχυτήτων για το αντίστροφο μοντέλο της νύχτας για ελικτότητες 300 – 490gon/km.....	128
Πίνακας 54 : Μοντέλα μέρας.....	139
Πίνακας 55 : Μοντέλα νύχτας.....	140
Πίνακας 56 : Δεδομένα ταχυτήτων στις 29 καμπύλες και 5 ευθύγραμμες για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας για τη μέρα.....	152
Πίνακας 57 : Δεδομένα ταχυτήτων στις 29 καμπύλες και 5 ευθύγραμμες για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας για τη νύχτα.....	159
Πίνακας 58 : One Sample Kolmogorov – Smirnov τεστ για τα δεδομένα της μέρας.....	166
Πίνακας 59 : One Sample Kolmogorov – Smirnov τεστ για τα δεδομένα της νύχτας.....	178
Πίνακας 60 : Λειτουργικές ταχύτητες V_{85} και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εσωτερική λωρίδα) τη μέρα.....	190
Πίνακας 61 : Λειτουργικές ταχύτητες V_{85} και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εξωτερική λωρίδα) τη μέρα.....	191
Πίνακας 62 : Λειτουργικές ταχύτητες V_{85} και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εσωτερική λωρίδα) τη νύχτα.....	192
Πίνακας 63 : Λειτουργικές ταχύτητες V_{85} και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εξωτερική λωρίδα) τη νύχτα.....	193

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση των μοντέλων της λειτουργικής ταχύτητας V85 σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας κατά την διάρκεια της ημέρας και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν έγιναν από το πρωί μέχρι το μεσημέρι για τις μετρήσεις της ημέρας και από αργά το απόγευμα μέχρι το βράδυ για τις μετρήσεις της νύχτας, σε οδούς του Κυπριακού οδικού δικτύου, στις επαρχίες Λάρνακας, Αμμοχώστου και Λευκωσίας.

Ο εντοπισμός των μεταβολών των λειτουργικών ταχυτήτων σε σχέση με τις υπάρχουσες τιμές, που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό μιας οδού επιτυγχάνεται με τη μελέτη του προβλήματος όπως εντοπίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία. Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν και η στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε έγινε με τη χρήση της ανάλυσης παλινδρόμησης.

Ακόμη, από τη σύγκριση των μοντέλων που παρουσιάζονται στη συγκεκριμένη έρευνα με τα υφιστάμενα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί για την Ελλάδα, αλλά και από άλλα μοντέλα που εντοπίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία, ενδεχομένως να αντληθούν χρήσιμα συμπεράσματα που θα χρησιμοποιηθούν κατά το σχεδιασμό και επανασχεδιασμό υπεραστικών οδών δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Τα περισσότερα ατυχήματα που συμβαίνουν παγκοσμίως στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, σύμφωνα με έρευνα που έγινε το 1987 από τους Choueiri και Lamh, οφείλονται κυρίως σε λανθασμένες εκτιμήσεις των ταχυτήτων. Πιο αναλυτικά και σύμφωνα με άλλη έρευνα του Β. Ψαριανού, που έγινε το 2001, το 60% περίπου των σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α. γίνονται στις κατηγορίες οδού ΑΙ έως ΑΙV, με αποτέλεσμα αυτές οι οδοί να είναι οι πιο επικίνδυνες σε όλο το οδικό δίκτυο. Ο ανθρώπινος παράγοντας θεωρείται ως η κύρια αιτία των ατυχημάτων, όμως είναι ακατόρθωτο, από σχεδιαστική και κατασκευαστική άποψη, να προβλεφθεί η αντίληψη και η φυσική κατάσταση των οδηγών. Εκτός από την κατάχρηση αλκοόλ και την κακή οδηγική κρίση, ένα ποσοστό 15 – 30% λανθασμένης εκτίμησης της ταχύτητας έχει σχέση με το σχεδιασμό των οδών, βασικά με την έννοια της υπέρβασης της κρίσιμης ταχύτητας μιας καμπύλης, με αποτέλεσμα το χάσιμο του ελέγχου ενός οχήματος. Η πιο επιρρεπής σε πρόκληση ατυχήματος είναι οι νέοι οδηγοί, ηλικίας μέχρι 24 ετών, λόγω απειρίας και υπερεκτίμηση των οδηγικών τους ικανοτήτων. Για παράδειγμα, στις Η.Π.Α. το 35% περίπου των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων, αντιστοιχεί σε αυτή την ομάδα των οδηγών.

Για βελτίωση της οδικής κυκλοφορίας, εκτός από το σχεδιασμό νέων οδών και μεγάλων ανακατασκευών σε αυτή την κατηγορία των οδών χρειάζεται να γίνει αποκατάσταση και επισκευή. Λόγω του ότι τα προβλήματα της κυκλοφορίας αυξάνονται συνεχώς, καθώς και οι παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια και τα πορίσματα γύρω από αυτή επιβάλλουν συνεχή ανανέωση, η διαδικασία βελτίωσης γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη.

Υπάρχουν πολλά προβλήματα κυκλοφορίας σε οδούς αυτής της κατηγορίας. Κάποια από αυτά είναι:

- η έλλειψη αρμονίας μεταξύ της λειτουργικής και της ταχύτητας μελέτης
- η ανεπάρκεια στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων
- η ασυνέχεια στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας.

Σε αυτή την έρευνα, θα εξεταστεί το πρόβλημα της ασυνέχειας στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας, στα πλαίσια που σχετίζεται με τη συνέχεια στις λειτουργικές ταχύτητες που με τη σειρά του θα βελτιώσει την οδική ασφάλεια στις υπεραστικές οδούς ενιαίας επιφάνειας, δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

1.2. Αντικείμενο της μελέτης και προσδιορισμός του προβλήματος

Στις οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας ενιαίου οδοστρώματος, οι απότομες αλλαγές στις λειτουργικές ταχύτητες μπορούν να οδηγήσουν σε ατυχήματα και οι ασυνέχειες στις ταχύτητες αποδίδονται στις απότομες αλλαγές των στοιχείων της οριζοντιογραφίας.

Όσον αφορά τις ευρωπαϊκές ισχύουσες πρακτικές που χρησιμοποιούνται για το γεωμετρικό σχεδιασμό, όπως αναφέρουν οι Choueiri and Lamm το 1987, σε μια έρευνα που έγινε υπό τη χορηγία της International Road Federation τα ευρήματα και οι συστάσεις που σχετίζονται με αυτό το θέμα έχουν ως εξής:

- Η επιρροή που έχουν τα μεμονωμένα στοιχεία σχεδιασμού στις λειτουργικές ταχύτητες αποτελεί το μηχανισμό προσδιορισμού της σχεδιαστικής συνέχειας.
- Η χρήση της ταχύτητας μελέτης, ως έννοια που εφαρμόζεται σε μεμονωμένα στοιχεία υφίσταται ελάττωση σε σύγκριση με τις παραμέτρους της λειτουργικής ταχύτητας.
- Η ανάπτυξη σχεδιαστικών οδηγιών που θα επιτρέπουν στο σχεδιαστή να αναλύει την επίδραση των προτεινόμενων βελτιώσεων που θα ασκούν στη λειτουργική ταχύτητα του δρόμου.

Η διαπλάτυνση ενός δρόμου δεν συνεπάγεται πάντοτε ως καλύτερευση της ασφάλειας, γιατί ένα τέτοιο οδόστρωμα δίνει την λανθασμένη εντύπωση ενός καινούριου και ασφαλούς οδικού τμήματος, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η εντύπωση στους οδηγούς ότι μπορούν να κινούνται σε ψηλότερες ταχύτητες. Συνεπώς, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα ατυχημάτων, ειδικότερα σε τμήματα στα οποία η μετάβαση από ένα στοιχείο της οριζοντιογραφίας σε ένα άλλο, υπάρχουν ασυνέχειες.

Κατά συνέπεια, ο σχεδιαστής μηχανικός που είναι υπεύθυνος για το σχεδιασμό ενός δρόμου, πρέπει οπωσδήποτε να αναγνωρίσει τα χαρακτηριστικά του δρόμου και να φροντίσει ώστε οι λειτουργικές ταχύτητες V85 με την δυναμική κίνησης των οχημάτων να βρίσκονται σε μια κατάσταση ισορροπίας. Όταν δεν υπάρχει κυκλοφοριακή συμφόρηση, η λειτουργική ταχύτητα επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά της οδού. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η σύνθεση μεμονωμένων σχεδιαστικών παραμέτρων, αλλά και η αλληλουχία όλων των οριζοντιογραφικών χαρακτηριστικών σε ένα δεδομένο τμήμα δρόμου. Τα παραπάνω στοιχεία

επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα και ίσως και την ασφάλεια κατά την κυκλοφορία των οχημάτων.

Συνεπώς, τίθεται θέμα σχετικά με την επικαιροποίηση των πηγών των οδηγιών αξιολόγησης της αρμονικής συνέχειας στο σχεδιασμό που ο μηχανικός καλείται να ακολουθήσει κατά τη διαδικασία κατασκευής νέων και ανακατασκευής ή βελτίωσης υφιστάμενων οδών.

1.3. Στόχος της έρευνας

Ήδη από το 1930 στις Η.Π.Α., αλλά και στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες έχουν διατυπωθεί έννοιες και ορισμοί της ταχύτητας μελέτης των οποίων ο στόχος ήταν η αξιολόγηση δυναμικών στοιχείων της οδήγησης όπως:

- ο καθορισμός της ελάχιστης οριζοντιογραφικής ακτίνας στις καμπύλες
- τα μέγιστα ποσοστά επικλίσεων ανά διατομή
- η μέγιστη επιτρεπτή μηκοτομική κλίση
- τα απαιτούμενα μήκη ορατότητας για προσπέρασμα
- οι ελάχιστες κυρτές και κοίλες καμπύλες για δεδομένη ταχύτητα μελέτης.

Για αυτό το λόγο, πρέπει να γίνεται συνεχώς ανανέωση της γνώσης σχετικά με την οδηγική συμπεριφορά και τους λόγους για τους οποίους ένας δρόμος μπορεί να κριθεί ανεπαρκής και επικίνδυνος. Με βάση όλα αυτά προκύπτουν τρία τουλάχιστον κριτήρια αξιολόγησης ενός δρόμου όπου σχετίζονται με την επίτευξη της συνέχειας στο σχεδιασμό του.

Οι ασυνέχειες σε οδικά χαρακτηριστικά και στις λειτουργικές ταχύτητες εντοπίζονται κυρίως στα τμήματα μετάβασης μεταξύ των ευθυγραμμίων και των καμπύλων, αλλά και μεταξύ διαδοχικών καμπύλων με σημαντικά διαφορετικές ακτίνες. Στόχος αυτής της έρευνας είναι να αποτραπούν απότομες εναλλαγές μεταξύ των διαδοχικών γεωμετρικών στοιχείων ενός δρόμου, αφού πρώτα γίνει ο εντοπισμός των μεταβολών των λειτουργικών ταχυτήτων σε σχέση με τις υπάρχουσες τιμές που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό μιας οδού. Ο πιο πάνω στόχος της έρευνας θα γίνει κατορθωτός με την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων, που θα λάβουν υπόψη νέες μετρήσεις ταχυτήτων, οι οποίες πάρθηκαν για τη συγκεκριμένη έρευνα.

1.4. Προσέγγιση της έρευνας

Όσον αφορά αυτή την έρευνα η προσέγγιση της, ήταν η διερεύνηση των οριζοντιογραφικών στοιχείων τα οποία επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα σε υπεραστικούς οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας και η ανάπτυξη μοντέλων εκτίμησης λειτουργικής ταχύτητας σε συνάρτηση με τα στοιχεία της οριζοντιογραφίας, που ασκούν τη μεγαλύτερη επίδραση σε αυτή. Για να επιτευχθεί ο στόχος της έρευνας και να εντοπιστούν οι μεταβολές της λειτουργικής ταχύτητας, θα πρέπει να γίνουν οι πιο κάτω ενέργειες:

- Σύνοψη των συμπερασμάτων από προηγούμενες έρευνες, αναφορικά με τα στοιχεία τα οποία επηρεάζουν την οριζοντιογραφική συνέχεια και τη λειτουργική ταχύτητα.
- Ανασκόπηση των ερευνών που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και αυτών που συμβάλλουν στην πρόκληση ατυχημάτων και των συσχετίσεων των ταχυτήτων με γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όπως χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες.
- Ταξινόμηση των στοιχείων που μελετήθηκαν και προσδιορισμός των κυριότερων από αυτά που μπορούν να συμβάλουν στην ασυνέχεια μεταξύ των στοιχείων της οριζοντιογραφίας.
- Επιλογή των επεξηγηματικών μεταβλητών που θα εξεταστούν για την εισαγωγή τους στα μοντέλα που θα αναπτυχθούν σε αυτή την έρευνα, με βάση τη μελέτη των μοντέλων που εντοπίστηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία.
- Διεξαγωγή μετρήσεων σε δρόμους, οι οποίοι ανταποκρίνονται στα στοιχεία της έρευνας – Συλλογή δεδομένων που προκύπτουν από τις σχεδιαστικές παραμέτρους και τις κατανομές των ταχυτήτων, για διάφορες τιμές ακτίνας στις καμπύλες και διαφορετικά πλάτη κυκλοφορίας.
- Αποκλεισμός των μετρούμενων σημείων, που τα αποτελέσματά τους δεν συνάδουν με τη γενικότερη τάση του δείγματος, μέσω ανάλυσης παλινδρόμησης και διαγραμμάτων διασποράς.
- Προσδιορισμός της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} για το καθένα από τα εναπομείναντα σημεία.
- Ποσοτικοποίηση μέσω ανάλυσης παλινδρόμησης της επιρροής επιπρόσθετων σχεδιαστικών παραμέτρων στις λειτουργικές ταχύτητες.
- Δημιουργία μοντέλων και επιλογή του πιο αξιόπιστου που συνδέει τη λειτουργική ταχύτητα με τα υπό εξέταση γεωμετρικά στοιχεία. – Καθορισμός της συσχέτισης μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ελικτότητας της μεμονωμένης καμπύλης, καθώς και η δημιουργία αντίστοιχων νομογραφημάτων για διαφορετικά πλάτη λωρίδας.

1.5. Δομή της εργασίας

Το υπόλοιπο της διπλωματικής εργασίας αποτελείται από τέσσερα Κεφάλαια και το Παράρτημα.

Στο δεύτερο Κεφάλαιο περιλαμβάνονται τα ευρήματα της βιβλιογραφικής επισκόπησης.

Στο τρίτο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία, με την οποία έγιναν οι μετρήσεις σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας ενιαίας επιφάνειας για το σκοπό αυτής της έρευνας.

Στο τέταρτο Κεφάλαιο περιλαμβάνεται η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων παλινδρόμησης για την κατασκευή εξισώσεων πρόβλεψης λειτουργικών ταχυτήτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

Στο πέμπτο Κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα της έρευνας σε συνδυασμό με τα ευρήματα των ερευνών που ήδη υπάρχουν.

Τέλος, στο Παράρτημα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του τρίτου Κεφαλαίου, καθώς και πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση και επεξεργασία τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Εισαγωγή

Η οδική συμπεριφορά και η κυκλοφοριακή ασφάλεια επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, κάποιοι από αυτούς είναι:

- Η οριζοντιογραφική και η κατά μήκος χάραξη, η διατομή, αλλά και τα σημεία πρόσβασης στο δρόμο.
- Ο κυκλοφοριακός φόρτος, η σύνθεση της κυκλοφορίας, οι εποχιακές και οι ημερήσιες διακυμάνσεις της κυκλοφορίας.
- Ο τύπος των συσκευών ελέγχου της οδικής κυκλοφορίας, οι νόμοι που διέπουν την κυκλοφορία και το κατά πόσο είναι αυστηρή η επιβολή τους.
- Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως ο καιρός, η κατάσταση του οδοστρώματος κ.ά.

Για να φανεί αξιόπιστα αν η ασφάλεια της κυκλοφορίας επηρεάζεται από το δρόμο, θα πρέπει να επιλέγουν τα στοιχεία εκείνα, τα οποία καθορίζουν και χαρακτηρίζουν επαρκώς το δρόμο. Μέσα σε αυτά είναι οι σχεδιαστικές παράμετροι, η διατομή του δρόμου και ο κυκλοφοριακός φόρτος, αφού αυτά μπορούν να αξιολογηθούν ποσοτικά.

Η ασφάλεια επηρεάζεται από συνδυασμό αυτών των παραμέτρων. Βάση των αλληλεξαρτήσεων των παραγόντων αυτών θα εξαχθούν συμπεράσματα για το πώς επηρεάζει η κατάσταση της κυκλοφορίας την ασφάλεια.

Για να κατανοηθούν και να εκτιμηθούν τα χαρακτηριστικά των χαρακτηριστικών που συμβάλλουν στην πρόκληση ατυχημάτων, θα ακολουθήσει μια βιβλιογραφία με ποσοτικές και ποιοτικές αναλύσεις και αξιολογήσεις, για την κυκλοφοριακή ασφάλεια. Για ένα μηχανικό η γνώση αυτών των χαρακτηριστικών είναι πολύ σημαντική για το σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός δρόμου.

Στη συνέχεια παρατίθεται μια διεθνής βιβλιογραφία με άρθρα, σχετικά με τα χαρακτηριστικά των ατυχημάτων, που φαίνεται να συνεισφέρουν στον τομέα του γεωμετρικού σχεδιασμού υπεραστικών οδών δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Οι αναφορές βασίζονται κυρίως, στις έρευνες των Choueiri και Lamm (1987), οι οποίες με τη σειρά τους βασίζονται κυρίως, στη διεθνή βιβλιογραφική αναφορά των Krebs και Kloeckner (1977) στα οποία εξετάστηκαν οι συσχετισμοί μεταξύ των σχεδιαστικών παραμέτρων, του φόρτου κυκλοφορίας και των δεικτών ατυχημάτων στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας της Ομοσπονδιακής Δημοκρατίας της Γερμανίας.

2.2. Γεωμετρικά Σχεδιαστικά Πρότυπα

2.2.1. Επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος

Για να είναι ασφαλής η οδήγηση πρέπει να είναι επαρκές το πλάτος του οδοστρώματος, το οποίο απορρέει γενικά από τις διαστάσεις των οχημάτων και τους παράπλευρους χώρους διέλευσης που διατίθενται κυρίως για ελιγμούς ασφαλείας. Αν τα πλάτη δεν είναι κατάλληλα σχεδιασμένα, υπάρχει περίπτωση να προκληθεί πρόβλημα σχετικά με την ασφάλεια της κυκλοφορίας. Εντούτοις, είναι αναμενόμενο να υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ του πλάτους οδοστρώματος και της ασφαλούς κυκλοφορίας.

Baldwin	Ο δείκτης ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του πλάτους του οδοστρώματος. Μη ευνοϊκές συνθήκες για την κυκλοφοριακή ασφάλεια για πλάτη < 5,5m και > 7m.
Cope	Διερεύνησε τμήματα για διαπλάτυνση λωρίδας από 5,5m στα 6,7m. Ο δείκτης ατυχημάτων ανά 10 ⁶ km μειώθηκε από 1,4 σε 0,9.
Raff	Δεν εντόπισε καμιά σχέση μεταξύ του πλάτους οδοστρώματος και του δείκτη ατυχημάτων (όταν παράμετροι όπως το πλάτος ερείσματος κ.ά. δεν λαμβάνονται υπόψη).
Charlesworth & Coburn	Τα ατυχήματα μειώνονται με την αύξηση του πλάτους.
Perkins	Δεν καθόρισε καμιά σχέση μεταξύ του πλάτους και του δείκτη (ακόμη και αν λαμβάνονται υπόψη τα πλάτη ερεισμάτων).
Bitzl	Βρήκε μια αρνητική σχέση μεταξύ του πλάτους οδοστρώματος και του δείκτη ατυχημάτων. Μεγαλύτερο πλάτος οδοστρώματος – αύξηση ασφαλείας.
Winch (Καναδά) Balogh (Ουγγαρία)	Η αύξηση του πλάτους της λωρίδας κυκλοφορίας έχει ως συνέπεια τη μείωση στη συχνότητα των ατυχημάτων.
Thorson (Δανία)	Πλάτος οδοστρώματος < 6m οι δείκτες ατυχημάτων μικρότεροι από ότι για πιο πλατιά οδοστρώματα.
Atzwanger & Schmid	Ο δείκτης ατυχημάτων αυξάνεται με την αύξηση του πλάτους.
Silyanov	Για πλάτη 4 – 9m ο δείκτης μειώνεται με την αύξηση του πλάτους.
Babkov	Μείωση του δείκτη με την αύξηση του πλάτους.
Nilsson (Σουηδία)	Για χαράξεις με κλίσεις < 1,5% ο δείκτης μειώνεται στο μισό κατά τη μετάβαση από 6 – 13m πλάτους οδοστρώματος.
Kunze	Μείωση του δείκτη με την αύξηση του πλάτους για όλα τα ατυχήματα (σε έξοδο από το δρόμο, διασταυρώσεις, μετωπικές συγκρούσεις, συγκρούσεις με προπορευόμενα).
Krebs & Kloeckner	Μια αρνητική γραμμική σχέση μεταξύ του πλάτους οδοστρώματος και του δείκτη ατυχημάτων. Για κάθε αύξηση 1m στο πλάτος η μείωση στο δείκτη είναι 0,25 (MVKm).
Zeger	Για πλάτη μέχρι 7,25m ο δείκτης μειώνεται. Για μεγαλύτερα

	αυξάνεται.
--	------------

Ruman	Με την αύξηση του πλάτους ο λόγος ατυχημάτων μειώνεται.
Cirillo & Council	Τα πλάτη ερεισμάτων μέχρι 1,8m σε δρόμους με μέση ημερήσια κυκλοφορία > 1000 οχήματα, παρέχουν οφέλη σχετικά με την ασφάλεια.
Choueiri & Lamm	Για μεγαλύτερα πλάτη λωρίδας αναμένονται μεγαλύτερες λειτουργικές ταχύτητες, όπως και με τη μείωση της ακτίνας οι λειτουργικές ταχύτητες για τα διάφορα πλάτη οδοστρώματος μειώνονται με σχεδόν, παράλληλη σχέση. Για βαθμούς καμπύλης πάνω από 5°, το πλάτος λωρίδας ασκεί σημαντική επιρροή στην ασφάλεια κυκλοφορίας. Οι διαφορές στους ρυθμούς ατυχημάτων είναι πιο εμφανείς μεταξύ λωρίδων 3,35m – 3,65m παρά 3 – 3,35m.

Από τις παραπάνω μελέτες βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο δείκτης ατυχημάτων συσχετίζεται αρνητικά με το πλάτος οδοστρώματος (όταν αυτό είναι περίπου μέχρι 7,5m).

2.2.2. Επίδραση της ακτίνας της καμπύλης

Η ασφάλεια και η ομαλή κίνηση της κυκλοφορίας επηρεάζονται σημαντικά από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός δρόμου. Παρότι κατά τη μηχανική του σχεδιασμού δίνονται πληροφορίες για την οδήγηση σε μια καμπύλη οι οποίες προέρχονται από δυναμικές φόρμουλες και διατυπώσεις καθώς και καθορισμένες τιμές, εντούτοις τα περισσότερα ατυχήματα έχουν γίνει σε καμπύλες και ειδικότερα στις πιο κλειστές στροφές. Έτσι σε πολλές μελέτες έχει γίνει προσπάθεια να εξεταστεί η αναμενόμενη οδική συμπεριφορά στις καμπύλες, (θεωρείται απαιτούμενο στις ελβετικές και γερμανικές οδηγίες).

Η ακτίνα της καμπύλης δεν είναι το μόνο χαρακτηριστικό που επηρεάζει την οριζοντιογραφική χάραξη του δρόμου. Μια καμπύλη με συγκεκριμένη ακτίνα επιδρά διαφορετικά σε μια αλληλουχία καμπυλών με παρόμοιες ακτίνες, παρά σε μια αλληλουχία μη εναρμονισμένων καμπυλών μεταξύ τους. Επίσης, μια καμπύλη που συνδυάζεται με μια μικρή αλλαγή στη χάραξη, έχει μικρότερη επίδραση στην οδική συμπεριφορά από ότι αν η ίδια ακτίνα υπήρχε σε μια περιοχή όπου ο ρυθμός της μεταβολής ήταν μεγαλύτερος, (Choueiri και Lamm 1987). Παρόλα αυτά, έχει επιλεγεί η ακτίνα ως ο βασικός παράγοντας της αξιολόγησης των ατυχημάτων σε σχέση με την οριζόντια χάραξη, αφού η ποσοτικοποίηση όλων των πιο πάνω επιδράσεων είναι δύσκολη.

Γενικά, επικρατεί η άποψη ότι με την αύξηση της ακτίνας της καμπύλης ο κίνδυνος ατυχήματος μειώνεται, διαφοροποιούνται όμως οι απόψεις για το μέγεθος αυτής της επίδρασης.

Baldwin (Αμερική)	Ο δείκτης ατυχημάτων είναι αρνητικά συσχετισμένος με την ακτίνα της καμπύλης (φόρτο κυκλ. < 5000 οχήμ.), ενώ για 5000 – 10000 οχήματα δεν μπορούσε να επαληθευτεί. Επίσης, ο ρυθμός ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση στη συχνότητα των καμπυλών ακτίνας μέχρι 600m.
Pfundt	Σε δρόμους με μικρό φόρτο οι οδηγοί τείνουν να οδηγούν γρηγορότερα (καθώς τα ατυχήματα στις απότομες καμπύλες οφείλονται σε έξοδο από το δρόμο).
Coburn	Για ακτίνες < 175m και απότομες ο δείκτης ατυχημάτων ήταν ψηλός, ενώ για μεγαλύτερες η βελτίωση της κυκλοφοριακής ασφάλειας ήταν μικρή.
Raff	Ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση της ακτίνας για κυκλοφοριακούς φόρτους < 5000 οχημάτων. Οι τάσεις στο ρυθμό ατυχημάτων ήταν αντίστοιχες για κλίσεις μικρότερες και μεγαλύτερες από 3%. Με εξαίρεση ότι για μεγαλύτερες από 3% ο δείκτης ατυχημάτων ήταν 25% μεγαλύτερος.
Bitzl (Γερμανία)	Για διαφορετικά πλάτη οδοστρώματος, ο ρυθμός ατυχημάτων μειωνόταν με την αύξηση της ακτίνας, κυρίως για πλάτη 8,5m.
Balogh (Ουγγαρία)	Ο ρυθμός ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση των ακτινών των καμπυλών.
Vasilev (USSR)	Με την αύξηση στην ακτίνα μιας καμπύλης, παρατηρείται μια σταθερή μείωση στο ρυθμό των ατυχημάτων. Λόγω της μεγάλης φυγοκέντρου δύναμης στις καμπύλες με μικρή ακτίνα, ο κίνδυνος ατυχήματος είναι μεγαλύτερος.
Knoflacher	Για ακτίνες μέχρι 800m τα ατυχήματα από ντεραπάρισμα είναι περισσότερα σε βρεγμένο από ότι σε στεγνό οδόστρωμα και η διαφορά αυτή είναι μεγάλη στις ακτίνες < από 250m.
Wilson	Ο ρυθμός ατυχημάτων σε καμπύλες με ακτίνα > 170m ήταν περίπου 5 φορές μεγαλύτερος από ότι σε καμπύλες με ακτίνα < 910m. Επίσης, επισήμανε τον κίνδυνο που ενέχει μια καμπύλη μετά από ένα μεγάλο ευθύγραμμο τμήμα.
Pfundt	Τα 2/3 των ατυχημάτων που οφείλονται στην έξοδο του οχήματος από το δρόμο, προκύπτουν ή στις καμπύλες είτε κοντά σε αυτές. Τα οδικά τμήματα που αποτελούνται από λίγες καμπύλες είναι πιο επικίνδυνα από αυτά που περιλαμβάνουν πολλές στροφές.
Silyanov (δέκα έρευνες από διαφορετικές χώρες) & O'Flaherty (Μεγάλη Βρετανία)	Ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση της ακτίνας.
Krebs και Kloeckner	Με την αύξηση της ακτίνας της καμπύλης ο ρυθμός ατυχημάτων μειώνεται. Στα τμήματα με ακτίνα > 200m ο ρυθμός είναι διπλάσιος από ότι σε αυτά με ακτίνα < 400m. Η ακτίνα των 400m αποτελεί κρίσιμο σημείο στον τομέα της ασφάλειας, και ακτίνες 500 – 800m φανερώνουν μια μικρή αύξηση του κινδύνου ατυχήματος.

Lamm	Οι μεγάλες ακτίνες είναι σχεδιασμένες για μικρές ταχύτητες μελέτης με ποσοστά επικλίσεων 2 και 3%. Οι V_{85} όμως δίνουν απαιτούμενες επικλίσεις πάνω από 5,5% με αποτέλεσμα να υπάρχει ανακολουθία μεταξύ ταχύτητας μελέτης και οδηγικής συμπεριφοράς και αυτό επηρεάζει αρνητικά την ασφάλεια.
Rumar (Σουηδία)	Σε δρόμους δύο λωρίδων ανέλυσε 14000 ατυχήματα σε τμήματα μήκους 9000km, τα οποία έδειξαν μια μείωση του ποσοστού των ατυχημάτων με την αύξηση των ακτινών των καμπύλων.

2.2.3. Επίδραση της κατά μήκος κλίσης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μιας έρευνας του Bitzl (Γερμανία), η οποία αναφέρεται από τον Pucher, υπάρχει κίνδυνος ατυχημάτων για κατά μήκος κλίσεις μεγαλύτερες από 4% από ότι όταν οι κλίσεις είναι μικρότερες.

Σε μια άλλη δημοσίευση ο Bitzl (γερμανικούς αυτοκινητόδρομους) ανέφερε ότι έντονες κλίσεις της τάξης του 6 – 8% είναι υπαίτιες για την πρόκληση 4 φορές παραπάνω ατυχημάτων από ότι κλίσεις μικρότερες από 2%.

Vasilev	Μόνο για εξαιρετικά έντονες κλίσεις οι δείκτες ατυχημάτων εμφανίζουν υψηλές τιμές.
Silyanov (Γερμανία, Μεγάλη Βρετανία, USSR) & Babkov	Ακόμα και στις μικρές κλίσεις μπορεί να αναμένεται μια αύξηση στο ρυθμό των ατυχημάτων.
Krebs & Kloeckner	Ο ρυθμός των ατυχημάτων αυξάνεται ελαφρώς για κλίσεις μικρότερες από 7%. Για κλίσεις μεγαλύτερες από 7% παρατηρήθηκε μια πιο απότομη αύξηση στο ρυθμό των ατυχημάτων.

Στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας οι περισσότερες έρευνες καταδεικνύουν ότι υπάρχει μια αύξηση στο ρυθμό των ατυχημάτων στις αρκετά έντονες κλίσεις. Παρόλα αυτά, δεν προκύπτει να υπάρχει κάποια ικανοποιητική τάση μεταξύ των κατά μήκος κλίσεων και του ρυθμού ατυχημάτων.

2.2.4. Επίδραση του μήκους ορατότητας

Για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία του οχήματος στο δρόμο, είναι πολύ σημαντική η ικανότητα του οδηγού να βλέπει το δρόμο για επαρκή απόσταση. Όλοι οι δρόμοι θα πρέπει να παρέχουν το ελάχιστο επαρκές μήκος ορατότητας για στάση, (την απόσταση που χρειάζεται ένας οδηγός κάτω του μέσου όρου για να σταματήσει με ασφάλεια το όχημα του αν κινείται κοντά στην ταχύτητα μελέτης, πριν να

παρουσιαστεί ένα ακίνητο αντικείμενο στην πορεία του). Επειδή, όμως είναι δύσκολο να αναγνωριστεί το εμπόδιο που είναι στο δρόμο και ο οδηγός πρέπει να πάρει άμεσες αποφάσεις ή να κάνει απότομο ελιγμό, τα μήκη ορατότητας θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα από το μήκος που απαιτείται, απλά για να ακινητοποιηθεί το όχημα.

Το μήκος ορατότητας αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για την κυκλοφοριακή ασφάλεια και εξαρτάται από τη οριζοντιογραφική και την κατά μήκος χάραξη.

Hiersche	Το μήκος ορατότητας είναι το πιο σημαντικό κριτήριο στη μελέτη της χάραξης ενός δρόμου.
Krebs & Kloeckner	Η ανεπάρκεια στα μήκη ορατότητας είναι αιτία πολλών ατυχημάτων.
Meyer, Jacobi, Stiefel	Το 24% όλων των ατυχημάτων οφείλονται σε ελιγμούς προσπέρασης, όπου τα μήκη ορατότητας δεν ήταν επαρκή.
Netzer	Οι ελιγμοί προσπέρασης ευθύνονται για το 21% όλων των ατυχημάτων.
Young (Αμερική)	Ο ρυθμός των ατυχημάτων για μήκος ορατότητας μικρότερο από 240m ήταν διπλάσιος από ότι για μήκος ορατότητας μεγαλύτερο από 750m.
Bitzl, Stenzel(Γερμανία)	Για μήκη ορατότητας 400 – 600m, η συχνότητα των ατυχημάτων που σχετιζόταν με αντικανονικές προσπεράσεις μεγάλωνε ραγδαία.
Sparks	Δημιούργησε ένα αρνητικό συσχετισμό μεταξύ του μήκους ορατότητας για στάση και του ρυθμού ατυχημάτων.
Silyanov, Kunze(Βόρεια Γερμανία)	Βρήκε μια αρνητική σχέση μεταξύ του μήκους ορατότητας και του δείκτη ατυχημάτων.
Krebs & Kloeckner (Γερμανία)	Ο κίνδυνος ατυχήματος μειώνεται με την αύξηση του μήκους ορατότητας. Για μήκη ορατότητας > 100m ο ρυθμός είναι μεγάλος, για 100 – 200m το αντίστοιχο μέγεθος είναι ¼ μικρότερο. Για μήκη ορατότητας 200 – 600m δεν υπάρχει διαφορά στο ρυθμό ατυχημάτων, ενώ για < 600m υπάρχει σημαντική μείωση.

Από τις παραπάνω μελέτες βγαίνει το συμπέρασμα ότι υπάρχει μια αρνητική σχέση μεταξύ του μήκους ορατότητας και του κινδύνου ατυχήματος. Εντούτοις και άλλοι παράμετροι που επηρεάζουν όπως τα πλατύτερα οδοστρώματα, οι πιο ομαλές καμπύλες κ.α., έχουν μερίδιο στη θετική επίδραση των μεγαλύτερων μηκών ορατότητας. Μια αύξηση στα μήκη ορατότητας για τα στενά οδικά τμήματα μπορεί να έχει ωφέλιμα αποτελέσματα στην οδική ασφάλεια.

2.2.5. Επίδραση του φόρτου κυκλοφορίας

Υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ του φόρτου κυκλοφορίας και του αριθμού των ατυχημάτων βάσει του ορισμού του ρυθμού των ατυχημάτων (ατυχήματα/οχηματοχιλιόμετρα). Δηλαδή, ο διπλασιασμός του φόρτου θα έπρεπε να διπλασιάσει και τον αριθμό των ατυχημάτων, ενώ ο ρυθμός των ατυχημάτων θα έπρεπε να είναι ο ίδιος και στις δύο περιπτώσεις. Καθώς όμως, ο κυκλοφοριακός φόρτος επηρεάζει τόσο την ένταση, όσο και τη συχνότητα των ατυχημάτων, η πιο πάνω αναλογία δεν υφίσταται στην πράξη.

Στις μελέτες που αναφέρονται μεγάλη επιρροή έχει το γεγονός ότι τα οδικά τμήματα που δέχονται μεγαλύτερους φόρτους, αντιπροσωπεύουν δρόμους καλύτερου σχεδιασμού (μεγαλύτερα πλάτη δρόμου, καλύτερη χάραξη των καμπύλων, μικρότερες κατά μήκος κλίσεις κλπ). Αυτό το συμπέρασμα προκύπτει από τη σχέση μεταξύ της ετήσιας μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας (ΕΜΗΚ) και του ρυθμού ατυχημάτων.

Οι παρακάτω έρευνες αφορούν τη σχέση μεταξύ του φόρτου κυκλοφορίας και του κινδύνου ατυχήματος σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

Baldwin (Αμερική)	Ο ρυθμός των ατυχημάτων αυξάνεται όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνεται μέχρι τα 9000 οχήματα ημερησίως. Πέρα από το σημείο αυτό ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται απότομα.
Raff	Ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του φόρτου παραπάνω από τα 10000 οχήματα ημερησίως.
Belmont (ευθυγραμμίες δύο λωρίδων, Καλιφόρνια)	Μια θετική γραμμική σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου, και το ποσοστό της αύξησης επηρεαζόταν από το πλάτος των ερεισμάτων.
Moskowitz	Υπολόγισε μια θετική μη γραμμική σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του φόρτου κυκλοφορίας.
Lefevre (Βέλγιο)	Ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του φόρτου μέχρι τα 7500 οχήματα ημερησίως.
Goldberg (ατυχήματα στη Γαλλία), Bitzl (ατυχήματα στη Γερμανία)	Για φόρτους μέχρι 20000 οχήματα την ημέρα, υπήρχε μια κατανομή σχήματος U μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του φόρτου, παρότι η επιρροή ήταν ασθενής.
Balogh (Ουγγαρία)	Μια θετική σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου (για φόρτους μέχρι 3500 οχήματα ημερησίως).
Kihlberg & Tharp (Αμερική), Thorson (Δανία)	Ο ρυθμός των ατυχημάτων συσχετίζεται αρνητικά με τον κυκλοφοριακό φόρτο και για τους δύο τύπους

	ατυχημάτων.
Paisley (Μεγάλη Βρετανία)	Ο ρυθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του φόρτου. Μεταξύ 2000 – 9000 οχημάτων ημερησίως, ο ρυθμός των θανάτων των ατυχημάτων μειώθηκε 50%. Για τα ατυχήματα που προκαλούν μόνο τραυματισμό, ο ρυθμός τους αυξήθηκε με την αύξηση του φόρτου, αλλά με αργό ρυθμό (για φόρτους μέχρι 10000 οχήματα ημερησίως).
Babkov	Για φόρτο μέχρι 8500 οχήματα ημερησίως, ο αριθμός των ατυχημάτων μειώνεται αργά από τα 1000 – 5000 οχήματα, ενώ για μεγαλύτερο φόρτο υπάρχει απότομη αύξηση της συχνότητας των ατυχημάτων. Αυτό σημαίνει ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων είναι σχετικά σταθερός για φόρτους μέχρι 5000 οχήματα την ημέρα, αλλά πάνω από αυτό το σημείο ο ρυθμός στα ατυχήματα αυξάνεται.
Pfundt	Ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου.
Roosmark & Fraeki (Σουηδία)	Όσο αυξανόταν ο φόρτος, ο ρυθμός των μεμονωμένων ατυχημάτων μειωνόταν ελαφρώς, ενώ αυτών που σχετίζονταν με εμπλοκή πολλών οχημάτων αυξανόταν ελαφρώς, για φόρτους μέχρι 11000 οχήματα την ημέρα.
Knoflacher (Αυστρία)	Η σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου ακολουθεί κατανομή σχήματος U, όπου ο ελάχιστος ρυθμός των ατυχημάτων είναι μεταξύ των 6000 – 6500 οχημάτων. Στους μικρότερους φόρτους κυριαρχούσαν τα μεμονωμένα ατυχήματα, ενώ τα ατυχήματα με εμπλοκή δύο ή περισσότερων οχημάτων κυριαρχούσαν στους μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους.
Lamm & Kloeckner	Ο ρυθμός των ατυχημάτων μειώνεται συνεχώς με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου (για οχήματα μέχρι 10000 ημερησίως). Η ποιότητα του σχεδιασμού παρουσιάζει μια ισχυρή συσχέτιση με τον κυκλοφοριακό φόρτο. Έτσι, οι ευνοϊκές τάσεις στο ρυθμό των ατυχημάτων σε οδικά τμήματα υψηλών φόρτων μπορούν να εξηγηθούν από το καλύτερο επίπεδο σχεδιασμού.
Krebs & Kloeckner	Βρήκαν μια φθίνουσα γραμμική σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του φόρτου μέχρι τα 16000 οχήματα την ημέρα.

Οι προαναφερθείσες έρευνες περιλαμβάνουν αντιφατικά αποτελέσματα. Ενώ ορισμένες έρευνες έδειξαν ότι ο ρυθμός των ατυχημάτων αυξάνεται με την αύξηση του φόρτου, άλλες έδειξαν ότι μειώνεται. Άλλες έρευνες υπολόγισαν ότι η σχέση μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου περιγράφεται

από μια κατανομή σχήματος U. Αυτός ο τύπος κατανομής επιβεβαιώθηκε για δρόμους πολλών λωρίδων κυκλοφορίας από τους Gwyn, Pfundt, Leutzbach και Wiedemann. Εντωμεταξύ, οι Leutzbach et al. απέδειξαν ότι η κατανομή αυτή μεταξύ του ρυθμού των ατυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου ισχύει και για τους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας.

2.2.6. Συμπεράσματα

Στη συνέχεια παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την βιβλιογραφική έρευνα.

Επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος

Για την ασφαλή λειτουργία της οδήγησης είναι απαραίτητη η ύπαρξη επαρκούς πλάτους οδοστρώματος. Οι έρευνες έδειξαν μια τάση μείωσης των ατυχημάτων με την αύξηση του πλάτους του οδοστρώματος. Οι έρευνες έδειξαν μια τάση μείωσης των ατυχημάτων με την αύξηση του πλάτους των οδοστρωμάτων μέχρι τα 7,5m. Αυτή η αύξηση στην ασφάλεια της κυκλοφορίας ήταν εμφανής για τις καμπύλες όλων των ακτινών, τις κατά μήκος κλίσεις και για όλους τους κυκλοφοριακούς φόρτους.

Αναφορικά με τους τύπους των ατυχημάτων, οι έρευνες έχουν καθορίσει μια αρνητική σχέση μεταξύ των πλατύτερων οδοστρωμάτων και των ατυχημάτων που οφείλονται σε έξοδο από το δρόμο. Η αντίστοιχη σχέση για τις μετωπικές συγκρούσεις ή αυτές με το προπορευόμενο όχημα ήταν πολύ πιο ασθενείς.

Επίδραση της ακτίνας της καμπύλης

Υπάρχει μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ακτίνας της καμπύλης και των ατυχημάτων. Οι έρευνες επίσης κατέληξαν στο ότι μια καμπύλη καθορισμένης ακτίνας μπορεί να έχει διαφορετική επίδραση στις συνθήκες των ατυχημάτων όταν αυτή βρίσκεται σε μια αλληλουχία καμπυλών παρόμοιας ακτίνας, από ότι αν βρίσκεται σε μια αλληλουχία ανόμοιων μεταξύ τους ακτινών. Ακόμα, μια ακτίνα που συνδυάζεται με μια μικρή αλλαγή στην οριζοντιογραφική χάραξη έχει μικρότερη επίδραση στον κίνδυνο ατυχήματος και την οδική συμπεριφορά, από ότι αν η ακτίνα αυτή εντοπιζόταν σε μια περιοχή όπου ο ρυθμός της μεταβολής είναι μεγαλύτερος. Για παράδειγμα, τα ατυχήματα λόγω της εξόδου του οχήματος από τον δρόμο βρέθηκε ότι μειώνονται ραγδαία με την αύξηση της ακτίνας, αλλά αυτό δεν ίσχυε για τις μετωπικές συγκρούσεις. Επιπλέον, για ακτίνες μικρότερες από 200m, ο ρυθμός των ατυχημάτων αναφέρθηκε να είναι περίπου διπλάσιος από όταν οι ακτίνες είναι

400m. Για ακτίνες μεγαλύτερες από 400 με 500m, η οποιαδήποτε αύξηση αποφέρει ένα μικρό όφελος υπέρ της ασφαλείας.

Επίδραση της κατά μήκος κλίσης

Μικρή επίδραση στην κατάσταση των ατυχημάτων έχουν οι κλίσεις που είναι μικρότερες από 6 – 7%. Για μεγαλύτερες κλίσεις υπάρχει μια απότομη αύξηση στο ρυθμό των ατυχημάτων. Η μεγαλύτερη επίδραση αναφέρθηκε στα ατυχήματα που οφείλονται στις μετωπικές συγκρούσεις.

Επίδραση του μήκους ορατότητας

Υπάρχει, ένας ισχυρός θετικός συσχετισμός μεταξύ του μήκους ορατότητας και της ακτίνας της καμπύλης. Έτσι, με την αύξηση του μήκους ορατότητας αναμένεται και μια μείωση στο ρυθμό των ατυχημάτων. Αυτό συμβάλλει στην απότομη μείωση των ατυχημάτων λόγω εξόδου από τον δρόμο.

Επίδραση της Ετήσιας Μέσης Ημερήσιας Κυκλοφορίας (ΕΜΗΚ)

Επικρατεί μια μικρή αρνητική σχέση μεταξύ του φόρτου κυκλοφορίας και των οδικών ατυχημάτων. Τα ατυχήματα λόγω εξόδου από το δρόμο βρέθηκε να μειώνονται με την αύξηση της ΕΜΗΚ μέχρι τα 10000 οχήματα τη μέρα.

2.3. Ορισμοί της συνέχειας στο σχεδιασμό

Στον τομέα των συγκοινωνιακών δεν υπάρχει ένας ευρέως αποδεκτός ορισμός για τη συνέχεια στο σχεδιασμό. Έτσι οι Wooldridge, Fitzpatrick et al. έκαναν μια έρευνα το 2003 που διεξήχθη για το Transportation Research Board, στην οποία πρότειναν στους ερωτηθέντες τους παρακάτω 5 ορισμούς σχετικά με τη συνέχεια στο σχεδιασμό.

- Η συμμόρφωση των γεωμετρικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών ενός δρόμου με τις προσδοκίες του οδηγού.

Ο συγκεκριμένος ορισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πάρα πολλές καταστάσεις (στην οριζοντιογραφική χάραξη αλλά και στις διασταυρώσεις), καθώς δεν περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο μέτρο και προτιμήθηκε από τους περισσότερους ερωτηθέντες.

Οι εναλλακτικοί ορισμοί είναι οι εξής:

- Η αποφυγή απότομων αλλαγών στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά συνεχόμενων οδικών τμημάτων και η πιο προσεκτική χρήση των στοιχείων σχεδιασμού για να ανταποκρίνονται στις προσδοκίες του οδηγού.
- Η αρμονία των γεωμετρικών και λειτουργικών στοιχείων του δρόμου με την προσδοκία του οδηγού.
- Η οπτική και λειτουργική ομοιότητα των οδικών χαρακτηριστικών με τα προηγούμενα χαρακτηριστικά που συναντά ο οδηγός.
- Η έλλειψη απότομων αλλαγών στα γεωμετρικά στοιχεία τα οποία μπορεί να επηρεάσουν την οδηγική συμπεριφορά για συνεχή οδικά τμήματα και συνδυασμό στοιχείων σχεδιασμού.

2.4. Η προσέγγιση της συνέχειας στο σχεδιασμό

Το βασικότερο κριτήριο για να αξιολογήσουμε την οδηγική συμπεριφορά είναι η ταχύτητα. Στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix, p.1, αναφέρεται, ότι τα περισσότερα ατυχήματα προέρχονται από κάποια απότομη αλλαγή στα χαρακτηριστικά του δρόμου, καθώς ο οδηγός είναι ικανός μόνο για σταδιακή προσαρμογή της οδικής του συμπεριφοράς στις εναλλασσόμενες συνθήκες.

Στη συχνότητα των ατυχημάτων εκτός από τα οδηγικά λάθη σημαντικό ρόλο παίζουν και τα χαρακτηριστικά του δρόμου, σύμφωνα με έρευνες των Lamm et al. (1999). Ο βασικός λόγος αυτών των συγκρούσεων είναι η έλλειψη συνέχειας στη γεωμετρία του σχεδιασμού, που μπορεί να προκαλέσει κακή εκτίμηση της ταχύτητας από τους οδηγούς ή επικίνδυνους ελιγμούς. Συνεπώς, η οδική ασφάλεια μπορεί να βελτιωθεί με την αξιολόγηση της συνέχειας του γεωμετρικού σχεδιασμού σε νέους ή υφιστάμενους δρόμους και με τον επανασχεδιασμό των ασυνεχών τμημάτων.

Για την εκτίμηση της συνέχειας έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμα μοντέλα, εντούτοις δεν υπάρχει ένα γενικό μέτρο που να βασίζεται στην ασφάλεια για την αξιολόγηση της συνέχειας και της αρμονίας του γεωμετρικού σχεδιασμού. Σε μια έρευνα οι Hassan et al. (2001), για την αξιολόγηση της συνέχειας σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας προσδιόρισαν τέσσερα μέτρα πιο εφικτά στην εφαρμογή τους, τη λειτουργική ταχύτητα, την ευστάθεια του οχήματος που σχετίζεται με την δυναμική της κίνησης του, τους δείκτες χάραξης και την οδηγητική ένταση. Παρόλο, που αυτά τα μέτρα εστιάζουν σε διαφορετικές πτυχές του δρόμου, τα αποτελέσματα από το καθένα σε σχέση με τη συνέχεια μπορεί να έρχονται σε αντίθεση με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των άλλων μέτρων. Τα μέτρα που έχουν χρησιμοποιηθεί και είναι

αποτελεσματικά είναι η ταχύτητα, η οδηγητική ένταση ή οι απαιτήσεις της ορατότητας και οι δείκτες χάραξης.

Η ταχύτητα μετριέται εύκολα, είναι μεταβαλλόμενη και συνδέεται στενά με την αντίληψη του οδηγού σχετικά με το δρόμο. Οι αλλαγές στα χαρακτηριστικά του δρόμου αναγκάζουν τον οδηγό να αλλάζει την ταχύτητα του οχήματος του. Έτσι, ο περιορισμός των απαιτούμενων αλλαγών στην ταχύτητα στα επιτρεπτά επίπεδα παρέχει τη βάση για βελτίωση της λειτουργίας του δρόμου διότι οι ενέργειες που απαιτούνται από τον οδηγό είναι περιορισμένες.

Η οδηγητική ένταση όπως αναφέρθηκε πιο πάνω είναι ένα μέτρο που έχει χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια του σχεδιασμού. Όταν μειώνεται η οδηγητική ένταση του οδηγού τότε μειώνεται και η πιθανότητα υπερφόρτωσης των πνευματικών ικανοτήτων του οδηγού. Οι απαιτήσεις ορατότητας συνδέονται στενά με την οδηγητική ένταση, αφού η οδήγηση έγκειται κατά βάση στη λήψη και αξιολόγηση οπτικών πληροφοριών. Μετρώντας την ποσότητα των εισερχόμενων στον οδηγό πληροφοριών (την ποσότητα της ορατότητας που απαιτείται), μπορεί να μετρηθεί και η καταπόνηση που επιβάλλεται στον οδηγό.

Οι δείκτες χάραξης χρησιμοποιούνται σε χώρες όπου η χάραξη θεωρείται καμπυλόγραμμη. Για παράδειγμα, στην Γερμανία ο δείκτης χάραξης χρησιμοποιείται στην πρόβλεψη της 85^{ns} ποσοστιαίας ταχύτητας στα οδικά τμήματα με παρόμοια χαρακτηριστικά χάραξης.

2.4.1. Η χρήση των μεγεθών εκτίμησης συνέχειας σε διάφορες χώρες

Η συνέχεια στο σχεδιασμό χρησιμοποιείται ευρέως στις οδηγίες πολλών χωρών.

Οδηγίες Αυστραλίας	Έλεγχος συνέχειας εκεί όπου οι ταχύτητες μελέτης στα διαδοχικά στοιχεία δε θα πρέπει να διαφέρουν περισσότερο από 10km/h.
Γάλλοι ερευνητές	Τα προβλήματα στην ασφάλεια είναι συνδεδεμένα με τις απότομες καμπύλες τις οριζοντιογραφίας που έπονται των μεγάλων ευθυγραμμιών. Καθορίζεται η ελάχιστη ακτίνα της καμπύλης που ακολουθεί μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα.
Babkov	Τεχνική ταξινόμησης για την ανάλυση των απομονωμένων καμπυλών που έπονται των ευθυγραμμιών, σύμφωνα με την οποία συγκρίνεται η μεταβολή στις λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ των ευθυγραμμιών και των καμπυλών της οριζοντιογραφίας. Ασφαλείς είναι οι καμπύλες όταν η μεταβολή στις ταχύτητες είναι > 20%,

σχετικά ασφαλείς όταν η μεταβολή είναι 20 – 40%, επικίνδυνες όταν η μεταβολή είναι 40 – 60% και πολύ επικίνδυνες είναι οι καμπύλες όταν η μεταβολή αυτή είναι < 60%.
--

Στη διαδικασία σχεδιασμού πολλές χώρες εφαρμόζουν μοντέλα προφίλ ταχυτήτων. Η Ελβετία ανέπτυξε τέτοια μοντέλα τα οποία βασίζονται στην ακτίνα της καμπύλης. Η Γερμανία χρησιμοποιεί αντίστοιχα την ελκτικότητα για την πρόβλεψη της ταχύτητας. Παρακάτω παρατίθεται μια σύνοψη της θεώρησης της συνέχειας στην Αυστραλία, τη Βρετανία και τη Γερμανία.

Αυστραλία

Ο McLean (στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix p. 18) έκανε μια έρευνα που οδήγησε σε μια διαδικασία αξιολόγησης της συνέχειας της ταχύτητας στους υπεραστικούς δρόμους. Επίσης, όρισε την επιθυμητή ταχύτητα ως την ταχύτητα την οποία επιλέγουν οι οδηγοί να ταξιδεύουν σε συνθήκες ελεύθερης ροής όταν δεν περιορίζονται από τα στοιχεία χάραξης. Αυτή η επιθυμητή ταχύτητα επηρεάζεται από τον σκοπό του ταξιδιού, την εγγύτητα στις αστικές περιοχές και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ή την συνολική ποιότητα της χάραξης του δρόμου. Στις Αυστραλιανές οδηγίες περιλαμβάνεται ένας πίνακας καθορισμένων τιμών ταχυτήτων για διάφορους τύπους εδάφους και διάφορα εύρη ακτινών των οριζόντιων καμπυλών.

Βρετανία

Οι Βρετανοί στην εκτίμηση της συνολικής χάραξης ενσωματώνουν τόσο τα οριζοντιογραφικά στοιχεία όσο και αυτά που εντοπίζονται κατά μήκος της χάραξης. Οι δείκτες χάραξης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό ταχυτήτων ταξιδιού που βασίζονται σε προκαθορισμένα μοντέλα τα οποία συγκρίνονται με την ταχύτητα μελέτης για το τμήμα του δρόμου. Τα Βρετανικά πρότυπα αναφέρονται σε μια ταχύτητα ταξιδιού κατά μήκος ενός οδικού τμήματος το οποίο ορίζεται από την ομοιογένεια των οδικών τμημάτων, με ελάχιστο μήκος όχι μικρότερο από 2km. Η ταχύτητα ταξιδιού προβλέπεται από τη μέση ορατότητα, τον αριθμό των διασταυρώσεων ανά χιλιόμετρο, το πλάτος των ερεισμάτων και ακολούθως, αυτή ελέγχεται με την δοκιμαστική ταχύτητα μελέτης του τμήματος. Ωστόσο, η προσέγγιση της ταχύτητας του ταξιδιού δεν περιλαμβάνει τις ασυνέχειες που σχετίζονται με τα τμήματα μετάβασης μεταξύ των στοιχείων. Κατά συνέπεια, μπορεί να ενσωματωθεί στο σχεδιασμό μια μικρή καμπύλη που έπεται μεγάλης ευθυγραμμίας ή καμπύλης μεγάλης ακτίνας.

Γερμανία

Η ταχύτητα μελέτης όπως εφαρμόζεται στη Γερμανία βασίζεται σε περιβαλλοντικές και οικονομικές καταστάσεις, στη λειτουργία του οδικού δικτύου, στο σκοπό των μετακινήσεων, στο φόρτο κυκλοφορίας, στις κατηγορίες των δρόμων, στη τοπογραφία κ.ά. Οι περιοριστικές και καθορισμένες τιμές για τα περισσότερα στοιχεία σχεδιασμού κατηγοριοποιούνται βάσει της ταχύτητας μελέτης. Συγκεκριμένα, η ταχύτητα μελέτης καθορίζει:

- Την ελάχιστη ακτίνα των καμπυλών.
- Τις μέγιστες κατά μήκος κλίσεις.
- Τις ελάχιστες ακτίνες κυρτών και κοίλων καμπυλών.

Η ταχύτητα μελέτης επηρεάζει τα οδικά χαρακτηριστικά και συνεπώς επηρεάζει την οδική ασφάλεια, το κυκλοφοριακό φόρτο αλλά και το κόστος κατασκευής. Η Γερμανική πρακτική απαιτεί την εφαρμογή σταθερής ταχύτητας μελέτης σε μεγάλο μήκος οδικών τμημάτων ή σε συγκεκριμένες κατηγορίες οδών.

Οι γερμανικές οδηγίες εκτός από την ταχύτητα μελέτης, ορίζουν και την λειτουργική ταχύτητα. Η λειτουργική ταχύτητα αντιστοιχεί στην 85^η λειτουργική ταχύτητα των επιβατηγών οχημάτων που κινούνται στο υπό εξέταση τμήμα, σε συνθήκες ελεύθερης ροής, ανεξάρτητα καιρικών συνθηκών και κατά συνέπεια συνθηκών ορατότητας. Η 85^η ποσοστιαία ταχύτητα αποτελεί μια παράμετρο αξιολόγησης μεμονωμένων σχεδιαστικών παραμέτρων όπως:

- Τις επαρκείς επικλίσεις.
- Τα απαραίτητα μήκη ορατότητας για στάση και για προσπέρασμα.
- Τις αντίστοιχες κυρτές και κατακόρυφες καμπύλες.

Καθώς η 85^η ποσοστιαία ταχύτητα είναι συνήθως μεγαλύτερη από την ταχύτητα μελέτης, ειδικά σε τμήματα με χαμηλότερες ταχύτητες, αποτελεί έναν επιπλέον παράγοντα οδικής ασφάλειας για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου.

Σε υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας ενιαίου οδοστρώματος, θα πρέπει να επικρατεί μια ισορροπία μεταξύ της ταχύτητας μελέτης και της V_{85} για να διασφαλιστεί ότι τα οδικά χαρακτηριστικά και η οδηγική συμπεριφορά των μετακινούμενων συμπίπτουν μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, δεν πρέπει η μεταξύ τους διαφορά να είναι μεγαλύτερη από 20km/h. Οι Γερμανοί σχεδιαστές λαμβάνουν υπόψη και άλλες παραμέτρους κατά τον έλεγχο της συνέχειας του σχεδιασμού ενός δρόμου. Οι παράμετροι αυτοί είναι το μήκος των καμπυλών, τα τμήματα μετάβασης, τις ευθυγραμμίες καθώς και τις ακτίνες όλων των καμπυλών. Επίσης, στις

Γερμανικές οδηγίες εκπόνησης οδικών έργων χρησιμοποιούνται νομογραφήματα τα οποία παρέχουν καθοδήγηση για την επίτευξη των ασφαλών συνδυασμών μεταξύ των διαδοχικών καμπυλών.

Το μήκος των ευθυγράμμων τμημάτων μεταξύ των καμπυλών περιορίζεται από την ταχύτητα μελέτης. Έτσι, σύμφωνα με τις γερμανικές οδηγίες το μέγιστο μήκος μεταξύ των καμπυλών σε μέτρα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το εικοσαπλάσιο (σε μέτρα) της ταχύτητας μελέτης (km/h). Με τον τρόπο αυτό υπάρχει έλεγχος των μεγάλων ευθυγραμμίων και υιοθετείται μια πιο καμπυλόγραμμη χάραξη.

Οι Γερμανοί, χρησιμοποιούν την ελικτότητα για την περιγραφή των οδικών χαρακτηριστικών και για να αποτρέψουν απότομες και επικίνδυνες μεταβάσεις στις λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ ομοιογενών τμημάτων των δρόμων (στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix p. 18). Η ελικτότητα ορίζεται ως το άθροισμα κατ' απόλυτη τιμή των γωνιακών μεταβολών στη χάραξη της οριζοντιογραφίας διαιρεμένο με το μήκος του οδικού τμήματος.

Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι η μέθοδος της ελικτότητας είναι η πιο χρηστική για την πρόβλεψη των αλλαγών στο προφίλ των λειτουργικών ταχυτήτων κατά μήκος ενός επαρχιακού δρόμου που προέρχονται από τις ασυνέχειες της οριζοντιογραφικής χάραξης, συγκριτικά με τις γραφικές τεχνικές του προφίλ ταχυτήτων που προτείνονται για χρήση στις Η.Π.Α. και το θεωρητικό μοντέλο ταχυτήτων που χρησιμοποιείται στις Ελβετικές οδηγίες (στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix p. 18).

Η χρήση της μεθόδου αυτής και η υιοθέτηση της παραμέτρου της ελικτότητας ευνοείται στην Ελλάδα και έχει υιοθετηθεί από τους Ελληνικούς κανονισμούς (ΟΜΟΕ-Χ), μιας και υπάρχουν ομοιότητες στα οδικά χαρακτηριστικά που εντοπίζονται σε ένα οδικό τμήμα. Ακόμα, οι Ελληνικοί όπως και οι Γερμανικοί δρόμοι είναι σχεδιασμένοι με λίγες ευθυγραμμίες και πολλές καμπύλες και κατά συνέπεια είναι εύκολος ο προσδιορισμός των σημείων με παρόμοια χάραξη. Στην έρευνα τους, οι Choueiri και Lamm, (Part I, σελ. 154, 1987) έδειξαν ότι για μια πιο καμπυλόγραμμη χάραξη, η μέθοδος της ελικτότητας μπορεί να είναι πιο πλεονεκτική στη χρήση της από τη μέθοδο βαθμού καμπυλότητας.

2.4.2. Η εφαρμογή της ταχύτητας μελέτης στο σχεδιασμό

Κατά το σχεδιασμό μιας οδού το πιο σημαντικό στοιχείο που χρησιμοποιείται είναι η ταχύτητα μελέτης. Η ταχύτητα αυτή χρησιμοποιείται για να καθορίσει αρκετά από τα χαρακτηριστικά μιας οδού. Χρησιμοποιώντας ένα μόνο χαρακτηριστικό προκειμένου να καθορίσουμε τις τιμές διαφόρων κριτηρίων που επηρεάζουν τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά μιας οδού, τα βασικά αυτά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν θεωρητικά να έχουν συνέπεια με τις ανάγκες των οδηγών.

Ο Barnett το 1936 εξέδωσε ένα ορισμό για την ταχύτητα μελέτης, ότι είναι η μεγαλύτερη δυνατή ομοιόμορφη ταχύτητα που θα χρησιμοποιούσε το ταχύτερο γκρουπ οδηγών από το σύνολο των χρηστών οχημάτων, εκτός κατοικημένων περιοχών. Η έννοια της ταχύτητας μελέτης διειπτόταν από δύο βασικές αρχές:

- Όλες οι καμπύλες κατά μήκος μιας οδού θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες για την ίδια ταχύτητα.
- Η ταχύτητα μελέτης θα πρέπει να ανταποκρίνεται στην ομοιόμορφη ταχύτητα όπου θα επιθυμεί να ταξιδεύει ένα μεγάλο ποσοστό χρηστών του δρόμου.

Ένα ακόμη πρόβλημα είναι ότι πολλές φορές η ταχύτητα μελέτης είναι μικρότερη από την προσδοκία και την κρίση του οδηγού σχετικά με το ποια θα έπρεπε να είναι η λογική ταχύτητα. Ένας οδηγός περιμένει τη χρήση υψηλής ταχύτητας μελέτης σε μια ανοιχτή και επίπεδη περιοχή αλλά αναγνωρίζει ακόμα και χωρίς πραγματική επίγνωση τη δυσκολία της κατάστασης σε λοφώδη και ακόμα περισσότερο σε ορεινή περιοχή ή σε πυκνοκατοικημένες περιοχές με πλειάδα ισόπεδων διαβάσεων. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να χρησιμοποιείται η ταχύτητα η οποία ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν στις φυσικές τάσεις των οδηγών. Σε πολλούς δρόμους, ο αποκλεισμός των απότομων καμπυλών προκειμένου να αυξηθεί η ταχύτητα μελέτης θα είχε σαν αποτέλεσμα ένα πιο αρμονικό, συνεχή και ασφαλή συνδυασμό, ο οποίος όμως θα ήταν δυσκολότερος στη κατασκευή αλλά και κατά πολύ ακριβότερος σχεδιασμός. Σε άλλους δρόμους, ο καθορισμός της χάραξης μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη ομοιόμορφων ταχυτήτων με την εισαγωγή καμπυλών της κατάλληλης ακτίνας και με τη συμβατή τροποποίηση κάποιων άλλων.

Το ζητούμενο στο σχεδιασμό δεν είναι μόνο μια λογική και αποδεκτή ταχύτητα μελέτης αλλά και μία που θα παράγει σχετικά ομοιόμορφες λειτουργικές ταχύτητες κατά μήκος του οδικού τμήματος. Ενώ το ζητούμενο αυτό ανταποκρίνεται πλήρως στις μεγάλες ταχύτητες μελέτης, στις μικρές και μεσαίες ταχύτητες μελέτης τα ευθύγραμμα τμήματα που παρεμβάλλονται μεταξύ των καμπυλών τείνουν να

αυξάνουν κατά πολύ τις λειτουργικές ταχύτητες και να ξεπερνούν σε σημαντικό βαθμό την ταχύτητα μελέτης.

Αυτή η ασυνέχεια στη σχεδιαστική φιλοσοφία μπορεί να παραβιάζει τις προσδοκίες των οδηγών σχετικά με την αντίληψη τους για το δρόμο. Οι οδηγοί δηλαδή μπορεί να υποθέσουν μια ασφαλή λειτουργική ταχύτητα βασιζόμενοι σε προηγούμενα οριζοντιογραφικά στοιχεία, η οποία μπορεί να είναι υψηλότερη από την ταχύτητα μελέτης του δρόμου, έχοντας ως αποτέλεσμα μεγάλες αυξομειώσεις στην ταχύτητα. Όπως αναφέρεται στο Awatta και Hassan 2002 η έννοια της ταχύτητας μελέτης δεν εξασφαλίζει ούτε εγγυάται συνέχεια στα οριζοντιογραφικά στοιχεία των υπεραστικών οδών εξαιτίας της εναλλαγής της λειτουργικής ταχύτητας, στη περίπτωση που η ταχύτητα μελέτης είναι μικρότερη από 90km/h. Οι Αμερικάνικοι κανονισμοί οδοποιίας (Green Book) αναφέρουν ότι μεμονωμένα χαρακτηριστικά σχεδιασμένα για υψηλότερες ταχύτητες δεν θα ενθάρρυναν απαραίτητα τους οδηγούς να αυξήσουν ταχύτητα, παρότι μια ακολουθία τέτοιων χαρακτηριστικών θα το έκανε. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ολόκληρο το οδικό τμήμα θα έπρεπε να έχει σχεδιαστεί για υψηλότερη ταχύτητα. Μια αξιολογή σε μήκος ευθυγραμμία μεταξύ καμπυλόγραμμων τμημάτων είναι επίσης πιθανό να ενθαρρύνει την οδήγηση σε υψηλότερες ταχύτητες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μια υψηλότερη ταχύτητα θα πρέπει να επιλεγεί για όλα τα γεωμετρικά στοιχεία και να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στο μήκος ορατότητας στις κυρτές καμπύλες και κατά μήκος της εσωτερικής γραμμής μεταξύ των κέντρων των καμπυλών.

McLean	Η ταχύτητα μελέτης έχει χρησιμοποιηθεί σαν μέσο σχεδιασμού των οριζόντιων και κατά μήκος καμπυλών και ότι δεν έχει καμία απολύτως σημασία σε ότι αφορά τα μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα.
Krammes & Glascock	Η ευθυγραμμία είναι ένας περιορισμός στη χρήση της ταχύτητας μελέτης ως κριτήριο στο σχεδιασμό. Η ταχύτητα μελέτης εφαρμόζεται μόνο σε καμπύλες τόσο οριζοντιογραφικά όσο και κατά τη μηκοτομή τους, όχι στις ευθυγραμμίες που ενώνουν αυτές τις καμπύλες.
Leisch and Leisch	Έλεγχος συνέχειας στη διαδικασία της ταχύτητας μελέτης, που να αντιπροσωπεύει την πιθανή λειτουργική ταχύτητα που καθορίζεται από το σχεδιασμό και το συσχετισμό των φυσικών χαρακτηριστικών ενός δρόμου. Προτείνουν μια μέγιστη απόκλιση στις ταχύτητες μελέτης μεταξύ των χαρακτηριστικών της τάξης των 15km/h. Τα χαρακτηριστικά που δεν ανταποκρίνονται στο πιο πάνω κριτήριο θεωρούνται ως ασυνεχή.

Οι ερευνητές αναπτύσσουν νέες μεθόδους αξιολόγησης της συνέχειας στο γεωμετρικό σχεδιασμό για να συμπληρώσουν την έννοια της ταχύτητας μελέτης.

2.4.3. Λειτουργική ταχύτητα και μοντέλα ταχυτήτων

Τις διαφορές στις ταχύτητες μεταξύ διαδοχικών στοιχείων μπορούμε να τις εκτιμήσουμε με τα μοντέλα πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας. Η ύπαρξη καμπυλών δεν βοηθά στην ανάπτυξη της επιθυμητής ταχύτητας από τους οδηγούς και έτσι για να διέλθουν με άνεση και ασφάλεια οι οδηγοί από πολύ κλειστές καμπύλες, θα πρέπει να επιβραδύνουν κατά πολύ το όχημα τους. Τα μοντέλα πρόβλεψης της ταχύτητας, υποθέτουν πως οι λειτουργικές ταχύτητες παραμένουν σταθερές κατά μήκος της καμπύλης. Κατά την έξοδο της καμπύλης υπάρχει επιταχυνόμενη κίνηση και η πρόβλεψη των λειτουργικών ταχυτήτων στις ευθυγραμμίες βασίζεται στις τιμές που λαμβάνονται για το βαθμό επιτάχυνσης και επιβράδυνσης για το μήκος και την κλίση της κάθε ευθυγραμμίας.

Σε πολλές έρευνες έχουν διερευνηθεί οι συσχετισμοί μεταξύ ποικίλων στοιχείων και στο πως επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα. Παρακάτω συνοψίζονται οι συσχετισμοί αυτοί που έχουν αναγνωριστεί στη βιβλιογραφία.

- Για τις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας, τα περισσότερα μοντέλα ταχυτήτων που έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιούν μόνο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της καμπύλης ως ανεξάρτητες μεταβλητές για την εκτίμηση των ταχυτήτων στις καμπύλες, ενώ υποθέτουν μια σταθερή τιμή ως τη μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να επιτευχθεί σε μεγάλες ευθυγραμμίες (συνήθως 100 ή κοντά στα 100km/h). Επίσης, δεν λαμβάνεται υπόψη στα μοντέλα ο γενικός χαρακτήρας της χάραξης κατά τη διαδικασία εκτίμησης των ταχυτήτων στις καμπύλες και τις ευθυγραμμίες. Μόνο το μοντέλο των Fitzpatrick et al. (όπως αναφέρεται στο Marchionna, Perco, 2007) συμπεριλαμβάνει το συνδυασμό των στοιχείων της οριζοντιογραφικής και της κατά μήκος χάραξης, χρησιμοποιώντας διαφορετικές εξισώσεις για την πρόβλεψη των λειτουργικών ταχυτήτων στις καμπύλες, ως συνάρτηση των συνθηκών της κατά μήκος χάραξης. Σε όλα τα μοντέλα θεωρούνται σταθερές τιμές για τους ρυθμούς επιτάχυνσης και επιβράδυνσης ($0.80 - 0.85\text{m/s}^2$) με εξαίρεση αυτό των Fitzpatrick et al., το οποίο περιλαμβάνει τους ρυθμούς επιτάχυνσης και επιβράδυνσης ως συνάρτηση της ακτίνας της καμπύλης.
- Σε μια έρευνα της FHWA που διεξήχθη στα τέλη του 1990 έγινε προσπάθεια πρόβλεψης της λειτουργικής ταχύτητας για διαφορετικές συνθήκες σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας όπως στις οριζοντιογραφικές καμπύλες, στα ευθύγραμμα τμήματα και στα τμήματα πριν ή μετά τις καμπύλες της οριζοντιογραφίας (στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix p.5). Παρακάτω συνοψίζονται τα ευρήματα της παραπάνω έρευνας για διαφορετικούς τύπους χαράξεων.

Οριζοντιογραφικές Καμπύλες

Σύμφωνα με την έρευνα της FHWA 1999, όσο αυξάνεται η ακτίνα από το 0 στα 400m, οι 85th ποσοστιαίες ταχύτητες αυξάνονται αισθητά για όλα τα τμήματα. Η αύξηση στις ταχύτητες για ακτίνες μεγαλύτερες από τα 400m δεν είναι τόσο μεγάλη. Η μεταβλητή που είχε τη μεγαλύτερη συσχέτιση με τη V_{85} βρέθηκε ότι είναι η αντίστροφη της ακτίνας. Με βάση τα δεδομένα, η μέγιστη λειτουργική ταχύτητα στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας και των ευθυγραμμίων ορίστηκε στα 100km/h.

Ευθυγραμμίες

Η εκτίμηση των ταχυτήτων στις καμπύλες είναι ευκολότερη από την πρόβλεψη αυτών στα ευθύγραμμα τμήματα λόγω της μεγάλης συσχέτισης της ταχύτητας με την καμπυλότητα, την επίκλιση και τους συντελεστές πλευρικής τριβής μεταξύ του δρόμου και των ελαστικών. Στις ευθυγραμμίες από την άλλη, η ταχύτητα των οχημάτων εξαρτάται από ένα ευρύ φάσμα οδικών χαρακτηριστικών (όπως για παράδειγμα το μήκος της ευθυγραμμίας, την ακτίνα πριν την ευθυγραμμία, την κατά μήκος κλίση στο διατιθέμενο ευθύγραμμο τμήμα και το διατιθέμενο μήκος ορατότητας). Λίγες μελέτες μέχρι σήμερα έχουν ασχοληθεί με αυτό το θέμα, διότι απαιτείται μια σημαντική βάση δεδομένων προκειμένου να αναγνωριστούν αξιόλογες τάσεις και απαιτείται μεγάλη προσπάθεια για να δημιουργηθεί ένα τέτοιο μοντέλο πρόβλεψης ταχύτητας. Στην έρευνα της FHWA 1999 πραγματοποιήθηκε μια τέτοια προσπάθεια χρησιμοποιώντας λειτουργικές ταχύτητες σε 162 ευθύγραμμα τμήματα σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας (στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix p. 8). Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία ενός μεγάλου αριθμού μοντέλων για την καλύτερη πρόβλεψη της λειτουργικής ταχύτητας. Οι αναλύσεις έδειξαν ότι κατά τον προσδιορισμό της V_{85} στο μέσον ενός ευθυγράμμου τμήματος, είναι απαραίτητη η παρατήρηση ενός μεγαλύτερου τμήματος – το οποίο περιλαμβάνει την προηγούμενη και την επικείμενη καμπύλη – διότι αυτές αποτελούν τις σημαντικότερες μεταβλητές που επηρεάζουν την ταχύτητα. Ερευνήθηκε η επιρροή δευτερευόντων γεωμετρικών μεταβλητών και βρέθηκε ότι αυτή είναι ασήμαντη συγκριτικά με την αντίστοιχη των κύριων μεταβλητών.

Hashim

Οριζοντιογραφικές Καμπύλες

Στην έρευνα του Hashim, αναπτύσσονται μοντέλα τόσο απλής όσο και πολλαπλής παλινδρόμησης, εξετάζονται δηλαδή πολλοί παράμετροι της οριζοντιογραφίας για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων στις καμπύλες. Παρόλα αυτά, από τα προτεινόμενα μοντέλα αυτό που περιελάμβανε μια μόνο μεταβλητή (την ακτίνα των καμπυλών), κρίθηκε άκρως αποτελεσματικό για τη χρήση του σε αντίθεση με το

μοντέλο πολλών μεταβλητών το οποίο είναι χρήσιμο μόνο όταν διατίθενται επαρκή δεδομένα.

Ευθυγραμμίες

Από τη μέτρηση 31 ευθύγραμμων τμημάτων, αναπτύχθηκαν μοντέλα πρόβλεψης των λειτουργικών ταχυτήτων στις ευθυγραμμίες. Από την ανάλυση των μοντέλων παλινδρόμησης βρέθηκε πως αντίθετα με τις καμπύλες, το μοντέλο που περιγράφεται από το μήκος της ευθυγραμμίας αλλά και από το μέσο βαθμό καμπυλότητας (τη μέση τιμή του βαθμού καμπυλότητας της προηγούμενης και επόμενης καμπύλης της ευθυγραμμίας) εκτιμά τη λειτουργική ταχύτητα με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι αν η μοναδική επεξηγηματική μεταβλητή είναι το μήκος της ευθυγραμμίας.

Στην έρευνα των Marcchiona, Percio, 2007, εξετάστηκαν καμπύλες και ευθυγραμμίες της N–A Ιταλίας μέγιστης κατά μήκος κλίσης 4% καθώς η ανάλυση περιελάμβανε μόνο τα χαρακτηριστικά της οριζοντιογραφικής χάραξης. Η ανεξάρτητη μεταβλητή που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων ήταν η ελικτότητα, για την οποία αναπτύχθηκαν τέσσερις εξισώσεις πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας, ανάλογα με τις τιμές του τεταμένου της καμπύλης. Η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε διότι η πρόβλεψη των ταχυτήτων στις καμπύλες μικρής ελικτότητας, παρουσίαζε ανώμαλη κατανομή. Σύμφωνα με τους συγγραφείς της έρευνας, αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι στις καμπύλες μικρής ακτίνας, η ταχύτητα είναι πιο περιορισμένη ενώ στις καμπύλες μεγάλης ακτίνας οι οδηγοί μπορούν να κινηθούν πιο ελεύθερα με αποτέλεσμα να μπορούν να επιλέξουν την ταχύτητα με την οποία επιθυμούν να κινηθούν.

Lamm et al.

Από την έρευνα των Choueiri και Lamm, 1987 η οποία βασίστηκε σε δείγμα μετρήσεων από 260 καμπύλες της Νέας Υόρκης, εκτιμήθηκαν μοντέλα εκτίμησης των λειτουργικών ταχυτήτων ως συνάρτηση του βαθμού καμπυλότητας. Οι εξισώσεις που αναπτύχθηκαν βασίζονται (όπως αναφέρεται στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003) στην εργασία του για την ανάπτυξη των γερμανικών οδηγιών για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων. Η Γερμανική προσέγγιση χρησιμοποιεί την ελικτότητα ως την ανεξάρτητη μεταβλητή στην εξίσωση παλινδρόμησης για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων. Στην έρευνα τους, οι Choueiri και Lamm 1987, δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές στη χρήση του βαθμού καμπυλότητας ή της ελικτότητας, πρότειναν όμως τη χρήση του πρώτου για τις Η.Π.Α. μιας και είναι πιο συνήθης η χρήση του στο σχεδιασμό. Επιπλέον, καθώς ο Αμερικανικός σχεδιασμός για τους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας αποτελείται κατά βάση από την

αλληλουχία ευθυγραμμίων και καμπυλών, χρησιμοποιείται ο βαθμός καμπύλης για τον εντοπισμό κρίσιμων αλλαγών στις λειτουργικές ταχύτητες στην οριζοντιογραφική χάραξη. Στην περίπτωση των καμπυλόγραμμων χαράξεων, η μέθοδος της ελικτότητας μπορεί να πλεονεκτεί σε σχέση με το βαθμό της καμπύλης (Choueiri και Lamm, Part I, σελ. 154, 1987).

2.4.3.1. Κανόνες που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα

Στις Ευρωπαϊκές οδηγίες υπάρχουν οι διαδικασίες ελέγχου των ταχυτήτων μελέτης με το σχέδιο της χάραξης για νέες μελέτες ή ανακατασκευές οδικών τμημάτων προκειμένου να επιτευχθεί η συνέχεια στη χάραξη.

Έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι συστηματικής αξιολόγησης της συνέχειας στο σχεδιασμό της οριζοντιογραφίας και της επίδρασης στις λειτουργικές ταχύτητες. Μία είναι και η μέθοδος του Leisch για τις Η.Π.Α. και χρησιμοποιείται από τη Γερμανία και την Ελβετία. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, μειώνοντας τη μεταβολή της λειτουργικής ταχύτητας μεταξύ δύο οδικών τμημάτων με ανομοιότητες στα οδικά χαρακτηριστικά περιορίζονται και οι κρίσιμοι ελιγμοί που θα απαιτούνταν από τους οδηγούς. Για τις λειτουργικές ταχύτητες λοιπόν μεταξύ διαδοχικών στοιχείων σχεδιασμού έχουν προταθεί οι εξής μέγιστες επιτρεπόμενες μεταβολές:

Μέθοδος Leisch, U.S. (13) : $\Delta V \leq 10\text{mph}$ (16km/h)

Γερμανικές Οδηγίες (24) : $\Delta V \leq 6\text{mph}$ (10km/h)

Ελβετικές Οδηγίες (26) : $\Delta V \leq 12\text{mph}$ (20km/h) για ταχύτητες σχεδιασμού $\geq 45\text{mph}$ (70km/h) και $\Delta V \leq 6\text{mph}$ (10km/h) για ταχύτητες σχεδιασμού $< 45\text{mph}$ (70km/h).

Παρακάτω, περιγράφονται τα διαφορετικά βήματα εντοπισμού των ασυνεχειών στη λειτουργική ταχύτητα για τα επιβατηγά οχήματα, σε κάθε μια από τις παραπάνω μεθόδους.

Η μέθοδος Leisch

Το κλειδί στην εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι ο καθορισμός της λειτουργικής ταχύτητας σε διαδοχικά σημεία κατά μήκος της διαδρομής προκειμένου να διευκολυνθεί ο προσδιορισμός του προφίλ των ταχυτήτων (στο Choueiri και Lamm 1987 Part I, σελ 28). Όπως περιγράφεται από τη διατριβή του Leisch, τα βασικά χαρακτηριστικά του προφίλ ταχυτήτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Συνθήκες ελεύθερης ροής χρησιμοποιώντας τις μέσες ταχύτητες της κυκλοφορίας κάτω από ευνοϊκές συνθήκες – μέρα, καλός καιρός, καλή ορατότητα κλπ.
- Οι μέγιστες μέσες ταχύτητες είναι αντιπροσωπευτικές των ελεύθερα κινούμενων επιβατηγών οχημάτων σε σχετικά ευθύγραμμα τμήματα χωρίς την επίδραση άλλων γεωμετρικών περιορισμών.
- Οι μέσες ταχύτητες στις οριζοντιογραφικές καμπύλες σε συνδυασμό με τη σχέση των μέσων τρεχουσών ταχυτήτων στην ταχύτητα μελέτης.
- Οι αποστάσεις επιτάχυνσης και επιβράδυνσης για τα επιβατηγά οχήματα υπολογίζονται από νομογραφήματα.

Όπως αναφέρεται, το προφίλ ταχυτήτων αποτελείται βασικά από δύο στοιχεία ταχυτήτων, αυτές στις στροφές και τις μέγιστες μέσες ταχύτητες στα ευθύγραμμα τμήματα του δρόμου. Συγκρίνοντας το προφίλ ταχυτήτων σε διαδοχικά οδικά τμήματα, όπως για παράδειγμα μεταξύ ευθυγραμμιών και καμπυλών ή μεταξύ καμπυλών με διαφορετικές ταχύτητες, βάση του κανόνα του Leisch για τα 10μη, μπορούν να εντοπιστούν ασυνέχειες και κατά συνέπεια μπορεί να προσαρμοστεί ο σχεδιασμός προκειμένου να τις περιορίσει. Καθώς η μέθοδος αυτή καθορίζει και τα μήκη επιτάχυνσης και επιβράδυνσης, μπορούν να βγουν συγκεκριμένα συμπεράσματα για τις μειώσεις των ταχυτήτων κατά τη προσέγγιση στην καμπύλη, για τα μήκη ορατότητας και την τοπογραφία όταν χρησιμοποιούνται τα νομογραφήματα του Leisch.

Η μέθοδος του Leisch είναι από τις πρώτες μεθόδους που αναπτύχθηκαν στις Η.Π.Α. και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της συνέχειας στην οριζοντιογραφική και κατά μήκος χάραξη ενός δρόμου. Η επίδραση του πλάτους των λωρίδων στις λειτουργικές ταχύτητες δεν περιλαμβάνεται σε αυτή τη διαδικασία.

Ελβετικές Οδηγίες

Η Ελβετία εφαρμόζει ένα μοντέλο ταχυτήτων για την εξέταση της συνέχειας στην οριζοντιογραφική χάραξη και στην αναγνώριση επικίνδυνων αλλαγών ή μεταβάσεων στο προφίλ των ταχυτήτων που επιφέρουν οι αλλαγές στην οριζοντιογραφική χάραξη. Αυτό το μοντέλο ταχύτητας αναπαριστά τη θεωρητική αλλαγή της ταχύτητας σχεδιασμού ως συνάρτηση της οριζόντιας καμπυλότητας. Οι βασικές υποθέσεις του μοντέλου ταχυτήτων είναι:

- Ο οδηγός επιλέγει την ταχύτητα που ανταποκρίνεται στην ακτίνα της οριζόντιας χάραξης παρατηρώντας τα γενικά όρια ταχυτήτων.
- Η ταχύτητα σχεδιασμού είναι σταθερή κατά μήκος της καμπύλης.

- Σε ευθύγραμμες χαράξεις, η ταχύτητα σχεδιασμού αναφέρεται στο γενικό όριο ταχύτητας.
- Ο οδηγός προσαρμόζει τη ταχύτητά του στο επικείμενο στοιχείο οριζοντιογραφίας.
- Η επιβράδυνση του οχήματος σε μια καμπύλη ολοκληρώνεται στην είσοδο της καμπύλης.
- Η επιτάχυνση αρχίζει στην έξοδο της καμπύλης.
- Οι ρυθμοί επιτάχυνσης και επιβράδυνσης είναι ίσοι και σταθεροί ($0,8\text{m/sec}^2$).

Η ύπαρξη ασυνέχειας εντοπίζεται όταν υπάρχει διαφορά μεταξύ των λειτουργικών ταχυτήτων διαδοχικών οδικών τμημάτων μεγαλύτερη από 20km/h για ταχύτητες σχεδιασμού μεγαλύτερες από 70km/h ή 10km/h για ταχύτητες σχεδιασμού μικρότερες από 70km/h.

Είναι εύκολη η χρήση αυτής της μεθόδου λόγω των απλοποιητικών υποθέσεων της. Σχετικά με την κατά μήκος χάραξη, οι Ελβετοί υποθέτουν ότι η επιρροή των κλίσεων μπορεί να αγνοηθεί αν αυτές είναι κάτω από 7%. Στη διαδικασία αυτή δεν περιλαμβάνεται και η επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος.

Γερμανικές Οδηγίες

Οι γερμανικές σχεδιαστικές οδηγίες ακολουθούν διαφορετική προσέγγιση για την επίτευξη της συνέχειας στην οριζοντιογραφική χάραξη. Αντί της χρήσης μεμονωμένων καμπύλων και προφίλ ταχυτήτων, οι Γερμανοί χρησιμοποιούν την παράμετρο της ελικτότητας για να περιγράψουν την καθολική ομοιογένεια του δρόμου και την αποφυγή έντονων μεταβάσεων στις λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ των ομογενών τμημάτων των δρόμων.

Μέσω παρατηρήσεων πεδίου στη Γερμανία, η λειτουργική ταχύτητα βρέθηκε να παραμένει σχετικά σταθερή κατά μήκος τμημάτων με όμοια οδικά χαρακτηριστικά και επίσης ότι είναι ισχυρά συσχετισμένη με την ελικτότητα (στο Choueiri και Lamm 1987 Part I, σελ 31). Προκειμένου να υπολογισθεί η ελικτότητα, χρησιμοποιούνται τα μήκη και οι ακτίνες όλων των καμπυλών, καθώς και τα μήκη όλων των στοιχείων μετάβασης και των ευθυγραμμίων που βρίσκονται στο οδικό τμήμα. Έτσι λοιπόν η εξασφάλιση της μη υπέρβασης των 10km/h που είναι και το επιτρεπόμενο όριο για τις διαφορές στις λειτουργικές ταχύτητες από τμήμα σε τμήμα, διασφαλίζει λειτουργική συνέχεια και παρέχει ένα ισορροπημένο σχεδιασμό.

Αναφορικά με τα παραπάνω, η γερμανική διαδικασία για τον καθορισμό κρίσιμων ασυνεχειών έχει ως εξής:

- Καθορισμός των υποτμημάτων κατά μήκος όλου του δρόμου, τα οποία παρουσιάζουν ομοιότητες στην οριζοντιογραφική χάραξη.

- Υπολογισμός της ελικτότητας κάθε υποτομήματος κατά μήκος του δρόμου.
- Καθορισμός της αναμενόμενης λειτουργικής ταχύτητας για κάθε υποτομήμα του δρόμου, εφαρμόζοντας το νομογράφημα που συνδέει την 85^η ποσοστιαία ταχύτητα με την ελικτότητα, με βάση το πλάτος της λωρίδας του κάθε τμήματος.
- Υπολογισμός των διαφορών των V_{85} μεταξύ των διαδοχικών υποτομημάτων κατά μήκος του δρόμου.
- Εντοπισμός όλων των περιοχών όπου η διαφορά στις λειτουργικές ταχύτητες είναι μεγαλύτερη από 10km/h, η οποία και υποδεικνύει την ύπαρξη ασυνέχειας στην οριζοντιογραφική χάραξη.

Η γερμανική μέθοδος της ελικτότητας παράγει τα ίδια βασικά αποτελέσματα τα οποία λαμβάνονται και από τη χρήση των προφίλ ταχυτήτων, τα οποία παρουσιάζουν διάφορα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις γραφικές τεχνικές. Ένας λόγος είναι ότι τα προφίλ ταχυτήτων βασίζονται σε μεγάλο ποσοστό σε θεωρητικές προσεγγίσεις ενώ η μέθοδος της ελικτότητας βασίζεται αποκλειστικά σε μετρήσεις ταχυτήτων οι οποίες αντανakλούν την πραγματική οδική συμπεριφορά των χρηστών του δρόμου. Για παράδειγμα, από το νομογράφημα φαίνεται ξεκάθαρα ότι τα πλάτη των λωρίδων σε συνδυασμό με την ελικτότητα, έχουν μια σημαντική επίδραση στις λειτουργικές ταχύτητες. Από την άλλη, οι μέθοδοι του Leisch και της Ελβετίας δεν κάνουν πρόβλεψη για την επίδραση του πλάτους του οδοστρώματος στις λειτουργικές ταχύτητες. Αναφορικά με την κατά μήκος χάραξη, έρευνες στη Γερμανία έχουν δείξει ότι η επίδραση των κατά μήκος κλίσεων στις λειτουργικές ταχύτητες των επιβατηγών οχημάτων είναι αμελητέα για κλίσεις μικρότερες από 4 με 5%.

Συγκεκριμένα στην έρευνα τους, οι Choueiri και Lamm et al. (1987) πρότειναν τα δύο ακόλουθα κριτήρια συνέχειας που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα:

- Συνέχεια στην ταχύτητα μελέτης.
- Συνέχεια στη λειτουργική ταχύτητα.

Το κριτήριο της συνέχειας στην ταχύτητα μελέτης (Κριτήριο I) βασίζεται στην απόκλιση της ταχύτητας μελέτης από τη λειτουργική ταχύτητα σε ένα τμήμα του δρόμου.

Το κριτήριο της λειτουργικής ταχύτητας (Κριτήριο II) βασίζεται στη μείωση της ταχύτητας μεταξύ δύο διαδοχικών τμημάτων τα οποία μπορεί να είναι δυο καμπύλες που διαχωρίζονται από μια μη ανεξάρτητη ευθυγραμμία ή μια καμπύλη και μια ανεξάρτητη ευθυγραμμία. Βάσει ανάλυσης δεδομένων ατυχημάτων, τα ακόλουθα κριτήρια προτάθηκαν για την αξιολόγηση της συνέχειας της ταχύτητας.

Κριτήριο Ασφαλείας Ι: Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη μελέτη(Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, Τεύχος 3 – Χαράξεις)

Αυτό το κριτήριο ασφαλείας δίνει τη δυνατότητα συσχέτισης της ταχύτητας μελέτης V_e με την λειτουργική ταχύτητα V_{85} , ώστε να αξιολογούνται τμήματα υπεραστικών οδών με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (κατηγορίες οδών ΑΙ έως ΑΙV) με βάση την καλή, μέτρια και μη αποδεκτή ποιότητα σχεδιασμού τους, χρησιμοποιείται και στον Ελληνικό χώρο. Τα ποσοτικά δεδομένα των ορίων απόκλισης μεταξύ των ταχυτήτων V_e και V_{85} για την απόδοση ενός από τους τρεις προαναφερόμενους χαρακτηρισμούς, αναγράφονται στο παρακάτω πίνακα.

Περίπτωση 1 : Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού

$$|V_{85} - V_e| \leq 10 \text{ km/h}$$

Δεν απαιτούνται προσαρμογές ή διορθωτικές επεμβάσεις στη χάραξη της οδού.

Περίπτωση 2 : Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

$$10 \text{ km/h} < |V_{85} - V_e| \leq 20 \text{ km/h}$$

Στην περίπτωση αυτή οι επικλίσεις πρέπει να επαναυπολογιστούν με βάση την ταχύτητα V_{85} προκειμένου να εξασφαλισθεί, ότι ο διατιθέμενος συντελεστής πλευρικής τριβής θα αντιστοιχεί στον απαιτούμενο συντελεστή τριβής. Οι απαιτούμενες βελτιώσεις αντιμετωπίζονται κατά περίπτωση. Επίσης συνιστάται η τοποθέτηση των κατάλληλων προειδοποιητικών πινακίδων.

Περίπτωση 3 : Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού

$$|V_{85} - V_e| > 20 \text{ km/h}$$

Ο προβλεπόμενος δείκτης σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων χαρακτηρίζει τη μη ασφαλή και μη οικονομική χρήση της οδού. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται κατά κανόνα η ανακατασκευή της οδού και οπωσδήποτε η λήψη διορθωτικών μέτρων.

Πίνακας 1: Κριτήριο Ασφαλείας Ι για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας. Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ V_{85} και V_e , για το χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος, (ΟΜΟΕ – Χ).

Η αξιολόγηση του οδικού τμήματος με βάση το Κριτήριο Ασφαλείας Ι αναφέρεται πάντοτε σε ένα στοιχείο της χάραξης, δηλαδή σε μια καμπύλη ή μια ανεξάρτητη ευθυγραμμία.

Κριτήριο Ασφαλείας II: Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη λειτουργική ταχύτητα (ΟΜΟΕ – Χ).

Η ταχύτητα μελέτης και η εναρμονισμένη με αυτή λειτουργική ταχύτητα πρέπει να διατηρούνται σταθερές σε επαρκές μήκος της οδού. Παρόλα αυτά, αν καταστεί αναγκαίο να τροποποιηθούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της χάραξης, πρέπει να δοθεί προσοχή στην επιλογή των στοιχείων μελέτης, τα οποία πρέπει να μεταβάλλονται σταδιακά. Στα τμήματα με σταθερή ταχύτητα μελέτης, η επιλογή διαδοχικών στοιχείων μελέτης με αρμονική μεταξύ τους σχέση, όσον αφορά στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων, δημιουργεί τις προϋποθέσεις για έναν ομοιόμορφο και οικονομικό τρόπο οδήγησης, ιδιαίτερα στις οδούς των ομάδων Α.

Ο έλεγχος της ομοιογένειας της οριζοντιογραφίας ιδιαίτερα στις υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, γίνεται με βάση τα ποσοτικά όρια των τιμών της μεταβολής της ταχύτητας V_{85} του κριτηρίου ασφαλείας II.

Ο έλεγχος βασίζεται στον υπολογισμό των διαφορών των ταχυτήτων V_{85} που αναπτύσσονται στα διαδοχικά στοιχεία μελέτης, «ανεξάρτητη ευθυγραμμία – καμπύλη» ή «καμπύλη – καμπύλη». Η ποιότητα σχεδιασμού του εξεταζόμενου οδικού τμήματος που περιλαμβάνει αυτά τα δύο στοιχεία σχεδιασμού μπορεί να χαρακτηριστεί ως καλή, μέτρια και μη αποδεκτή, σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα, ανάλογα με τα ποσοτικά όρια των τιμών μεταβολής της ταχύτητας V_{85} .

Περίπτωση 1 : Καλή Ποιότητα Σχεδιασμού

$$|V_{85i} - V_{85i+1}| \leq 10 \text{ km/h}$$

Σε αυτά τα οδικά τμήματα υπάρχει αρμονία και συνέχεια στη χάραξη των διαδοχικών στοιχείων μελέτης και η οριζοντιογραφία της οδού δεν προκαλεί ασυνέχειες στην ανάπτυξη των λειτουργικών ταχυτήτων.

Περίπτωση 2 : Μέτρια Ποιότητα Σχεδιασμού

$$10 \text{ km/h} < |V_{85i} - V_{85i+1}| \leq 20 \text{ km/h}$$

Σε αυτά τα οδικά τμήματα εμφανίζονται μικρές δυσαρμονίες και ασυνέχειες στην χάραξη των διαδοχικών στοιχείων μελέτης. Κατά κανόνα το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με προειδοποιητικές πινακίδες χωρίς να απαιτείται ανακατασκευή της οδού.

Περίπτωση 3 : Μη Αποδεκτή Ποιότητα Σχεδιασμού

$$|V_{85i} - V_{85i+1}| > 20 \text{ km/h}$$

Σε αυτά τα οδικά τμήματα εμφανίζονται μεγάλες δυσαρμονίες και ασυνέχειες στη χάραξη των διαδοχικών στοιχείων μελέτης, που επιφέρουν ασυνέχειες στις επιλογές των ταχυτήτων με αποτέλεσμα να καθίσταται η οδός μη ασφαλής και αντισυμβατική λόγω κρίσιμων τιμών του δείκτη ατυχημάτων και του δείκτη κόστους ατυχημάτων. Το

πρόβλημα αυτό κατά κανόνα πρέπει να αντιμετωπίζεται με ανακατασκευή της οδού ή με λήψη διορθωτικών μέτρων.

Πίνακας 2: Κριτήριο Ασφαλείας II για υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας. Όρια τιμών απόκλισης μεταξύ διαδοχικών V_{85} για το χαρακτηρισμό της ποιότητας σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος, (ΟΜΟΕ – Χ).

Από το παραπάνω πίνακα, φαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ταχύτητας μελέτης σε μια καμπύλη ή μεταξύ των λειτουργικών ταχυτήτων σε διαδοχικά τμήματα, τόσο χειρότερη είναι η ποιότητα σχεδιασμού. Έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα για την εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Από την άλλη, η πρόβλεψη των λειτουργικών ταχυτήτων στις ανεξάρτητες ευθυγραμμίες είναι πιο πολύπλοκη διαδικασία και ακόμα δεν έχει αναπτυχθεί ένα ικανοποιητικό μοντέλο.

2.4.4. Δυναμική κίνησης οχημάτων

Οι μεγάλες φυγόκεντρες δυνάμεις που ενεργούν στα οχήματα που κινούνται σε μια καμπύλη μπορεί να προκαλέσουν ντεραπάρισμα, ανατροπή του οχήματος και μετωπικές συγκρούσεις. Κατά συνέπεια, για να είναι συνεχής ο σχεδιασμός ενός δρόμου και να παρέχεται ένα επίπεδο ασφαλείας για την κίνηση των οχημάτων και την άνεση των οδηγών, θα πρέπει να παρέχεται η πλευρική τριβή που απαιτείται ώστε να εξισορροπηθούν οι φυγόκεντρες δυνάμεις. Οι Lamm et al., και οι Morall και Talarico (στο Awatta και Hassan, 2002) πρότειναν ένα κριτήριο αξιολόγησης για τη συνέχεια στο σχεδιασμό που βασίζεται στη διαφορά μεταξύ της διατιθέμενης πλευρικής και της απαιτούμενης πλευρικής τριβής σε μια καμπύλη.

Αξιολόγηση Ποιότητας	Κριτήριο Ασφαλείας III
Καλή	$\Delta f_R = f_R - f_{RA} \geq 0.00$
Μέτρια	$0.00 > \Delta f_R \geq -0.04$
Μη Αποδεκτή	$\Delta f_R < -0.04$

Πίνακας 3: Κριτήριο συνέχειας της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων

f_R = διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής στις καμπύλες.

f_{RA} = απαιτούμενος συντελεστής εγκάρσιας πρόσφυσης.

Κριτήριο Ασφαλείας III : Επίτευξη αρμονίας και συνέχειας στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων (Ψαριανός, 2001)

Με βάση τις μετρήσεις του συντελεστή ολίσθησης σε υγρά οδοστρώματα, καθορίστηκε η επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή εφαιπτομενικής και εγκάρσιας τριβής. Από έρευνες στις οποίες αναπτύχθηκαν εξισώσεις με τη χρήση ανάλυσης παλινδρόμησης μεταξύ του επιτρεπόμενου συντελεστή εφαιπτομενικής τριβής και της ταχύτητας, για την ανάπτυξη των οποίων λήφθηκαν η ασφάλεια, η οικονομικότητα και τα περιβαλλοντικά δεδομένα, καθορίστηκε ένα πολυώνυμο 2^{ου} βαθμού το οποίο χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα με το οποίο:

$$\max f_{\Gamma_{\epsilon\pi\tau\epsilon\rho}} = 0,59 - 4,85 \cdot 10^{-3} \cdot V + 1,51 \cdot 10^{-5} \cdot V^2$$

Όπου:

$\max f_{\Gamma_{\epsilon\pi\tau\epsilon\rho}} (-)$: ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής εφαιπτομενικής τριβής

και V (km/h): ταχύτητα

Με βάση τον επιτρεπόμενο συντελεστή εφαιπτομενικής τριβής καθορίζεται ανάλογα με τις μέγιστες τιμές επίκλισης για τους διαφορετικούς τύπους εδαφών στην Ελλάδα, ένα ποσοστό εκμετάλλευσης της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του συντελεστή εγκάρσιας τριβής και από αυτόν προκύπτει ο διατιθέμενος συντελεστής πλευρικής τριβής στις καμπύλες.

Με το Κριτήριο Ασφαλείας III ελέγχεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ του διατιθέμενου συντελεστή πλευρικής τριβής ο οποίος είναι συνάρτηση της αναμενόμενης ταχύτητας V_{85} , της ακτίνας της καμπύλης και του ποσοστού της επίκλισης της καμπύλης.

Η αλγεβρική διαφορά στις τιμές των μεγεθών αυτών καθορίζει και την ποιότητα σχεδιασμού ενός οδικού τμήματος κα αποτελεί ένα μέτρο ασφαλείας που συνδέεται με τη δυναμική της κίνησης των οχημάτων. Όταν ο διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής είναι μεγαλύτερος από τον απαιτούμενο, η ποιότητα σχεδιασμού είναι καλή, αφού θεωρητικά τουλάχιστον η πρόσφυση του οδοστρώματος είναι καλή. Στην αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή ο απαιτούμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής είναι μεγαλύτερος από το διατιθέμενο, το διαπιστούμενο έλλειμμα στην πρόσφυση του οδοστρώματος μπορεί να επιφέρει αύξηση της επικινδυνότητας της οδού σε κρίσιμους ελιγμούς κατά την οδήγηση. Όπως αναφέρεται, αν η ποιότητα του σχεδιασμού χαρακτηρίζεται ως μέτρια, η επικινδυνότητα της οδού προβλέπεται να είναι διπλάσια έως τριπλάσια σε σχέση με την περίπτωση των μελετών των οποίων η ποιότητα σχεδιασμού αξιολογείται ως καλή, τουλάχιστον όσον αφορά τις οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας (Ψαριανός B., 2001). Για μη αποδεκτή ποιότητα

σχεδιασμού επιβάλλεται κατά κανόνα η τροποποίηση της χάραξης ή η λήψη διορθωτικών μέτρων.

2.4.5. Μέθοδοι συνέχειας που βασίζονται στους δείκτες χάραξης

Οι δείκτες χάραξης είναι ποσοτικά μέτρα του γενικού χαρακτήρα της χάραξης ενός οδικού τμήματος. Η μέση ακτίνα ανά τμήμα δρόμου, η μέση κατά μήκος καμπυλότητα, η ελικτότητα και άλλοι δείκτες είναι ένα παράδειγμα μέτρων χάραξης οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί προκειμένου να ορίσουν τα γενικά χαρακτηριστικά του τμήματος ενός δρόμου. Στον πίνακα 4 παρατίθενται διάφοροι δείκτες χάραξης. Σε μια έρευνα που διεξήχθη από την FHWA τη δεκαετία του 1990 όπου χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα ταχυτήτων και γεωμετρικών χαρακτηριστικών σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας, εξετάστηκε αν οι δείκτες χάραξης είναι σημαντικοί εκτιμητές των ταχυτήτων στις ευθυγραμμίες. Τα ευρήματα υπέδειξαν ότι αν και λίγα μοντέλα αναπτύχθηκαν, οι δείκτες χάραξης καθαυτοί και συνδυασμοί αυτών και άλλων γεωμετρικών μεταβλητών δεν ήταν στατιστικά σημαντικές προβλέπουσες μεταβλητές της 85ης ποσοστιαίας ταχύτητας στις μεγάλες ευθυγραμμίες σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας (στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix p. 17).

Δείκτες οριζοντιογραφίας χάραξης		Δείκτες χάραξης κατά τη μηκοτομή		Συνδυαστικοί δείκτες χάραξης
Ελικτότητα	$CCR = \frac{\sum \Delta i}{L}$	Κατακόρυφη ελικτότητα	$V_CCR = \frac{\sum A_i}{L}$	Συνδυαστική ελικτότητα $COMBO = \frac{\sum \Delta i}{L} + \frac{\sum A_i}{L}$
Δi : γωνία αλλαγής κατεύθυνσης σε κάθε καμπύλη (gon) L : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)		A : απόλυτη διαφορά των κατά μήκος κλίσεων (μοίρες) L : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)		
Βαθμός Καμπύλης	$DC = \frac{\sum DC_i}{L}$	Μέσος ρυθμός κατακόρυφης καμπυλότητας	$V_AVG_K = \frac{\sum \frac{L}{ A }}{n}$	
DC : βαθμός καμπυλότητας (μοίρες) L : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)		L : μήκος κατακόρυφης καμπύλης (km) A : αλγεβρική διαφορά των κατά μήκος κλίσεων (%) n : αριθμός κατακόρυφων καμπυλών		
Μήκος καμπύλης: Μήκος οδού	$CL:RL = \frac{\sum (CL)_i}{L}$	Μέση κατά μήκος κλίση	$V_AVG_G = \frac{\sum \Delta E }{L}$	
CL : μήκος καμπύλης (m) L : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (m)		ΔE : αλλαγή των κλίσεων μεταξύ των διαδοχικών στοιχείων (m) L : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)		
Μέση ακτίνα	$AVG_R = \frac{\sum R_i}{n}$			
R : ανηγμένη ακτίνα της καμπύλης (m) n : αριθμός καμπυλών που εντοπίζονται σε ένα τμήμα				
Μέση ευθυγραμμία	$AVG_T = \frac{\sum (TL)_i}{n}$			
TL : μήκος ευθυγραμμίας (m) n : αριθμός καμπυλών που εντοπίζονται σε ένα τμήμα		Δi : γωνία αλλαγής κατεύθυνσης σε κάθε καμπύλη (gon) A : απόλυτη διαφορά των κατά μήκος κλίσεων (μοίρες) L : συνολικό μήκος οδικού τμήματος (km)		

Πίνακας 4: Δείκτες Χάραξης

2.4.6. Οδηγητική ένταση (driver workload)

2.4.6.1. Ορισμοί

Παρακάτω είναι κάποιοι ορισμοί όπως αναφέρθηκαν στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix p.14.

Senders	Ένα μέτρο της προσπάθειας που αναμένεται από ένα χρήστη καθώς εκτελεί ένα έργο, ανεξαρτήτως από τη συμπεριφορά του έργου καθεαυτού.
Knowles	Είναι αρκετά κατάλληλος για το οδηγικό περιβάλλον, δεδομένου ότι αυτό αποτελείται από αλληλεπικαλυπτόμενες διεργασίες, με την κάθε μια να απαιτεί την προσοχή του οδηγού. Μία μέθοδος εξέτασης των απαιτήσεων της οδηγικής έντασης που ασκείται στον οδηγό φαίνεται να είναι η άμεση απαίτηση των δυνατοτήτων του οδηγού καθώς εκείνος πραγματεύεται τα στοιχεία του δρόμου.
Kanellaidis	Η σχεδιαστική συνέχεια είναι έμμεσα συνδεδεμένη με το πώς οι οδηγοί ελίσσονται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ενώ η οδηγική ένταση είναι άμεσα συσχετισμένη με αυτή.
Messer	Είναι ο ρυθμός που απαιτείται από τους οδηγούς προκειμένου να εκτελέσουν ένα συγκεκριμένο έργο ή μια διεργασία οδήγησης. Η ένταση αυτή αυξάνεται με τη μείωση στο μήκος ορατότητας και με την πολυπλοκότητα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών.
Glascock	Συμπέρανε ότι συνδυασμοί χαρακτηριστικών αυξάνουν την οδηγική ένταση και ενδέχεται να είναι πιο επικίνδυνοι για τους οδηγούς από ότι τα διαδοχικά χαρακτηριστικά με επαρκή διαχωρισμό μεταξύ τους.

Συνεπώς ο συνδυασμός μιας καμπύλης της οριζοντιογραφίας με μια καμπύλη της μηκοτομής μπορεί να αυξήσει το βαθμό καταπόνησης του οδηγού που έχει να κάνει με την καθοδήγηση και τον έλεγχο με το να υπάρχουν

- χαρακτηριστικά της χάραξης που συνδυαζόμενα μειώνουν το μήκος ορατότητας (καθοδήγηση) και
- απαιτούν πιο πολύπλοκους ελιγμούς του οχήματος (έλεγχος).

Αν ο συνδυασμός αυτός περιλαμβάνει ένα απροσδόκητο ή ακραίο χαρακτηριστικό, η οδηγική ένταση αυξάνεται ακόμα παραπάνω. Κατά συνέπεια, όσο η πολυπλοκότητα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών αυξάνεται, τόσο αυξάνεται ο βαθμός καταπόνησης του οδηγού και άρα είναι μεγαλύτερη η πιθανότητα για μια σημαντική ελάττωση της ταχύτητας.

Στις περιοχές όπου οι τιμές της οδηγητικής έντασης είναι υψηλές, βρέθηκε ότι η πιθανότητα σύγκρουσης είναι μεγαλύτερη λόγω της σύγχυσης του οδηγού ή της υπερφόρτωσής του με πληροφορίες που οδηγεί σε επικίνδυνες αντιδράσεις στις καταστάσεις που προκύπτουν. Από την άλλη, στις περιοχές όπου η οδηγητική ένταση είναι εξαιρετικά χαμηλή, μπορεί να χαθεί η συγκέντρωση του οδηγού. Έτσι, για να επιτευχθεί η συνέχεια στο δρόμο θα πρέπει να αποφευχθούν οι ακραίες τιμές της παραμέτρου αυτής. Καθώς ο βαθμός καταπόνησης του οδηγού δεν είναι εύκολα μετρήσιμος με τη χρήση αναλυτικών μοντέλων, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η επίδραση της συνέχειας του σχεδιασμού στην οδηγητική ένταση. Το πιο κοινό μοντέλο βασίζεται στις απαιτήσεις ορατότητας (visual demand), η οποία ορίζεται ως η ποσότητα της οπτικής πληροφορίας που χρειάζεται ο οδηγός για να διατηρήσει μια αποδεκτή πορεία στο δρόμο.

2.4.6.2. Η οδηγητική ένταση ως μέτρο συνέχειας στο σχεδιασμό

Όπως αναφέρεται στις έρευνες του Messer and Messer et al.'s για το σχεδιασμό ενός δρόμου και την επίδραση στις επιδόσεις του οδηγού, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην έννοια της οδηγητικής έντασης που επιδρά στις πνευματικές ικανότητες του οδηγού ως μέγεθος αξιολόγησης του σχεδιασμού. Ο οδηγός επεξεργάζεται συνεχώς, λίγο ή πολύ οπτικές και κιναισθητικές πληροφορίες, λαμβάνει αποφάσεις και εκτελεί χειρισμούς ελέγχου του οχήματος. Ο οδηγός κατά τη οδήγηση χρειάζεται μικρή οπτική πληροφορία και ανάγκη επεξεργασίας αυτής. Εκτελείται ως επί το πλείστον σε υποσυνείδητο επίπεδο όσο ο δρόμος περιλαμβάνει συνθήκες ελεύθερης ροής, χωρίς εμπόδια και οι οπτικές αξιολογήσεις του οδηγού είναι συνεπείς με τις απαιτήσεις του οδοστρώματος. Η συνέχεια στην οπτική αξιολόγηση ενός δρόμου με τις πραγματικές απαιτήσεις του, είναι μια συνάρτηση του μήκους ορατότητας και των προσδοκιών του οδηγού σχετικά με το δρόμο. Μια συνεχής γεωμετρία του δρόμου επιτρέπει στον οδηγό να προβλέψει με ακρίβεια τη σωστή διαδρομή χωρίς να απαιτείται αφοσίωση για την επεξεργασία οπτικής πληροφορίας και κατά συνέπεια να επιτρέπει στην προσοχή του και στις δυνατότητές του να αξιοποιηθούν για την αποφυγή ενός εμποδίου.

Οι μέθοδοι εκτίμησης της οδηγητικής έντασης αναφέρονται στις έρευνες των Messer and Messer et al. (στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix p.14). Το μοντέλο καθορίστηκε από εμπειρικά στοιχεία που σχετίζονται με τις προσδοκίες των οδηγών σχετικά με τα στοιχεία του δρόμου και τις παραβιάζουν. Το μοντέλο βασίζεται στην υπόθεση ότι ο ίδιος ο δρόμος παρέχει τις περισσότερες πληροφορίες που χρησιμοποιεί ο οδηγός για τον έλεγχο του

οχήματος του και κατά συνέπεια ο δρόμος επιβάλλει μια καταπόνηση στον οδηγό. Η καταπόνηση είναι υψηλότερη όταν υπάρχουν πολύπλοκα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και μπορεί να είναι δραματικά υψηλότερη όταν οι οδηγοί αιφνιδιάζονται από συνδυασμούς ή αλληλουχίες έντονων γεωμετρικών στοιχείων.

Η διαδικασία της οδηγητικής έντασης ποσοτικοποιεί τη συνέχεια στο σχεδιασμό υπολογίζοντας μια τιμή για το βαθμό καταπόνησης του οδηγού. Η τεχνική βασίζεται σε προσδιορισμένες τιμές που έχουν υπολογισθεί για διάφορα στοιχεία του δρόμου. Τα στοιχεία που αξιολογούνται με σειρά σημαντικότητας είναι οι γέφυρες, διασταυρώσεις, αλλαγές στα πλάτη ερεισμάτων, μειώσεις στα πλάτη των λωρίδων κ.ά. Η βαθμολογία των χαρακτηριστικών αυτών τροποποιείται ανάλογα με την περιοχή λόγω ανεξάρτητων κάθε φορά παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί είναι το μήκος ορατότητας προς το στοιχείο, η ομοιότητα του με προηγούμενα στοιχεία, η οδηγητική ένταση που οφείλεται στα προηγούμενα τμήματα και το ποσοστό των οδηγών που υπολογίζεται ότι είναι οικείοι χρήστες με τον εν λόγω δρόμο. Τα αποτελέσματα από τον έλεγχο της συνέχειας χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με το αν αναμένεται ή όχι πρόβλημα στη συνέχεια του σχεδιασμού.

Δύο πρόσφατες έρευνες (στο Wooldridge, Fitzpatrick et al., 2003, Appendix p.14) υποδεικνύουν ότι τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη σχέση του ρυθμού των συγκρούσεων με την καταπόνηση του οδηγού βάσει της διαδικασίας των Messer et al.'s είναι αποδεκτά, εντούτοις έχουν προκύψει προβλήματα στην προσπάθεια χρήση της διαδικασίας σε περιοχές όπου τα οδικά χαρακτηριστικά γειτνιάζουν. Μετρήσεις της οδηγητικής έντασης έχουν διεξαχθεί επίσης με τη χρήση της διαδικασίας *Task Load Index* της National Aeronautics and Space Administration (NASA) και της *Subjective Workload Assessment Technique* της United States Air Force. Δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στην οδηγητική ένταση μεταξύ των αριστερών και των δεξιών στροφών. Ωστόσο, σημειώθηκαν διαφορετικές συνέπειες μεταξύ των δύο ελιγμών, λόγω της αποτυχίας του εντοπισμού επερχομένου οχήματος.

Παρεμπόδιση ορατότητας (Vision Occlusion)

Σε μια έρευνα των Krammes et al. εξετάστηκε η συνέχεια στο σχεδιασμό στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας με τη χρήση της παρεμπόδισης ορατότητας για τη μελέτη της οδηγητικής έντασης. Η παρεμπόδιση ορατότητας χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικής οδηγητικής έντασης που επιβάλλεται στον οδηγό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η οδηγητική ένταση αυξάνεται γραμμικά όσο αυξάνεται ο βαθμός της καμπυλότητας. Συγκεκριμένα, αυξάνεται προσεγγίζοντας την καμπύλη και κορυφώνεται κοντά στην έξοδο από αυτήν.

Συνεχίζοντας την έρευνα του αυτή μελέτησε τη χρήση της παρεμπόδισης ορατότητας στην εκτίμηση της συνέχειας και βρήκε ότι οι απαιτήσεις ορατότητας συνδέονται στενά με την ακτίνα.

2.4.7. Σύνοψη της βιβλιογραφικής επισκόπησης σχετικά με τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια του σχεδιασμού

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της συνέχειας στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας και που συνοψίζονται στα κριτήρια ασφαλείας, διακρίνονται κυρίως σε αυτές που βασίζονται στην ταχύτητα μελέτης και σε αυτές που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα. Στις Η.Π.Α, η προσέγγιση της ταχύτητας μελέτης από AASHTO θεωρείται ως το σημαντικότερο κριτήριο αξιολόγησης της συνέχειας. Εντούτοις, ανακύπτουν ορισμένα προβλήματα που δεν μπορεί να εγγραφεί τη συνέχεια σε όλες τις περιπτώσεις. Η διεθνής πρακτική και οι έρευνες που έχουν διεξαχθεί στις Η.Π.Α επιβεβαιώνουν ότι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται και οι μέθοδοι που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνέχεια.

Από ένα δείγμα οχημάτων, η 85^η ποσοστιαία ταχύτητα μπορεί να θεωρηθεί γενικά αποδεκτή σαν μέτρο της λειτουργικής ταχύτητας. Συνεπώς, η δυνατότητα πρόβλεψης της V_{85} χρησιμοποιώντας γεωμετρικά στοιχεία ως μεταβλητές αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα ειδικά στις μεθόδους αξιολόγησης της συνέχειας που βασίζονται στη λειτουργική ταχύτητα. Η έρευνα και η διεθνής πρακτική έχουν προσδιορίσει την ακτίνα των καμπυλών της οριζοντιογραφίας ως την κύρια μεταβλητή κατά την εκτίμηση των ταχυτήτων σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Δύο είναι τα βασικά προβλήματα με τις υπάρχουσες προσεγγίσεις της συνέχειας του σχεδιασμού. Το πρώτο είναι η ανικανότητα μελέτης συνδυασμού της οριζοντιογραφικής και της κατά μήκος χάραξης. Το άλλο πρόβλημα είναι ότι οι εξισώσεις πρόβλεψης ταχύτητας έχουν αναπτυχθεί για επιβατηγά οχήματα ενώ τα φορτηγά οχήματα μπορεί να επηρεάζονται διαφορετικά στους συνδυασμούς της οριζόντιας και τις κατά μήκος χάραξης.

Οι δείκτες χάραξης έχουν αναπτυχθεί στην Αγγλία και τη Γερμανία όπου και αποτελούν σημαντικό εργαλείο στο σχεδιασμό των δρόμων. Οι παραπάνω δείκτες χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της 85^η ποσοστιαίας λειτουργικής ταχύτητας των οχημάτων.

2.5. Η σχέση μεταξύ των μέτρων καθορισμού της συνέχειας στο σχεδιασμό και της ασφάλειας

Ο στόχος κατά τη μετακίνηση των χρηστών ενός δρόμου είναι αυτή να γίνει με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Έτσι λοιπόν, ο σχεδιαστής ενός δρόμου χρησιμοποιεί πολλά εργαλεία και τεχνικές προκειμένου να αναλύσει και να βελτιώσει τη χάραξη ενός οδικού τμήματος, ενσωματώνοντας κάθε πληροφορία που προκύπτει κάθε φορά. Μια τεχνική που χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η οδική ασφάλεια είναι να εξετάζεται η συνέχεια των στοιχείων του δρόμου. Οι οδοποιοί επιχειρούν να παρέχουν συνέχεια στα χαρακτηριστικά της μελέτης καθώς μια τέτοια χάραξη επιφέρει τη συμμόρφωση αυτών των χαρακτηριστικών με τις προσδοκίες των οδηγών και συνεπώς οι χρήστες ενός τέτοιου δρόμου κινούνται με μειωμένες πιθανότητες ατυχήματος και σύγκρουσης.

Η προσδοκία γενικά αντιπροσωπεύει ένα εύρος πιθανοτήτων αναφορικά με μια δεδομένη κατάσταση. Οι πιθανότητες αυτές είναι υποκειμενικές και βασίζονται στη μάθηση, τη γνώση και φυσικά στην εμπειρία. Η προσδοκία είναι ένας καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει το χρόνο αντίδρασης και την εγρήγορση. Επειδή λοιπόν, η διαδικασία της οδήγησης περιλαμβάνει και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από αυτούς τους παράγοντες, πρέπει να δοθεί μεγάλη έμφαση ώστε τα χαρακτηριστικά ενός δρόμου να ανταποκρίνονται στις προσδοκίες των οδηγών.

Αρκετές σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες έχουν επιχειρήσει να προσεγγίσουν και να συνεισφέρουν στον τομέα της οδοποιίας αναφορικά με το ρόλο της οριζοντιογραφικής συνέχειας στις προσδοκίες των οδηγών. Οι πληροφορίες που έχουν αντληθεί από τις έρευνες αυτές συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Οι έλεγχοι συνέχειας μπορεί να βασίζονται σε υποκειμενική κρίση, σε μεγέθη προερχόμενα από την εμπειρία, ή σε συνδυασμό αυτών των δύο.
- Τα διάφορα μέτρα ελέγχου της ταχύτητας έχουν κατασκευαστεί στην πλειοψηφία τους από κριτήρια που βασίζονται στην εμπειρία. Γενικά, θα πρέπει να επιτευχθεί μια ομοιόμορφη ταχύτητα των οχημάτων κατά μήκος του δρόμου, να μειωθεί η έντονη μεταβλητότητα της ταχύτητας, ή να παρέχει τα μέσα στους οδοποιούς για μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία που θα μπορούν να επιτύχουν πανομοιότυπες λειτουργικές ταχύτητες με αυτές που προβλέπονται στη μελέτη.
- Διάφορα μέτρα του βαθμού της προσπάθειας που απαιτείται για αποτελεσματική οδήγηση αποσκοπούν στη συνεπή οδήγηση αναφορικά με την προσπάθεια που απαιτείται από την πλευρά του οδηγού. Υπερβολικά ή ασυνήθιστα χαρακτηριστικά, ή ακόμα και συνδυασμός χαρακτηριστικών

εξετάζονται ως προς την επίδραση που έχουν στην προσπάθεια που απαιτείται από έναν οδηγό προκειμένου να κινηθεί ασφαλώς σε αυτά. Στις υπεραστικές οδούς δύο λωρίδων ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας τα ατυχήματα καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες κατηγορίες οδών. Αυτά συχνά οφείλονται σε λάθη των οδηγών ή στον ανεπαρκή σχεδιασμό της οδού. Δυστυχώς όμως, ο ορισμός της ανεπάρκειας του σχεδιασμού δεν είναι ξεκάθαρος, καθώς ένα ευρύ φάσμα από συνδυασμούς παραγόντων μπορεί να καταστεί επιζήμιο στη διαδικασία του σχεδιασμού ενός δρόμου.

Η συνέχεια στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας δίνει τη δυνατότητα στους οδηγούς να κινούνται ασφαλώς στην επιθυμητή ταχύτητα κατά μήκος όλης της αλληλουχίας των γεωμετρικών στοιχείων ενός δρόμου.

Η μέθοδος του Leisch, οι Γερμανικές οδηγίες και τα Ελβετικά πρότυπα προτείνουν ότι σε ένα δοσμένο τμήμα ή καμπύλη, η μεταβολή μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ταχύτητας μελέτης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει κάποια συγκεκριμένα όρια. Κατά συνέπεια, ο οδηγός είναι ικανός ως αποτέλεσμα της σχεδίασης του δρόμου να επιλέξει την επιθυμητή ταχύτητα βάσει της γνώσης και της εμπειρίας του. Τα στοιχεία σχεδιασμού κατά συνέπεια θα πρέπει να γίνονται αντιληπτά και να είναι παρατηρήσιμα.

Οι περισσότερες οδηγίες παρέχουν πληροφορίες για τα ποσοστά επίκλισης για όλα τα εύρη καμπυλότητας και για κάθε ταχύτητα μελέτης, καθώς και για τα απαραίτητα μήκη ορατότητας για στάση. Καθώς οι λειτουργικές ταχύτητες είναι συνήθως μεγαλύτερες από την ταχύτητα μελέτης, ενσωματώνεται και ένας επιπλέον παράγοντας ασφαλείας λόγω της δυναμικής της κίνησης των οχημάτων. Θα πρέπει να είναι επαρκή τόσο τα ποσοστά της επίκλισης όσο και τα μήκη ορατότητας για στάση.

Οι τρεις προαναφερθείσες οδηγίες, σχετικά με την ασφάλεια παρέχουν συγκεκριμένη καθοδήγηση για την αξιολόγηση της συνέχειας της χάραξης και της επακόλουθης επίδρασης στη λειτουργική ταχύτητα. Και οι τρεις μέθοδοι περιορίζουν τη μεταβολή της λειτουργικής ταχύτητας μεταξύ διαδοχικών στοιχείων και οδικών τμημάτων σε συγκεκριμένα επίπεδα για την αποφυγή ασυνεχειών στην οριζοντιογραφική χάραξη.

Σύμφωνα, με τα παραπάνω λοιπόν, προκειμένου να υπάρχουν σημαντικά οφέλη σχετικά με την ασφάλεια, θα πρέπει η λειτουργική ταχύτητα να είναι εναρμονισμένη με την ταχύτητα μελέτης, να εξασφαλίζεται η δυναμική κίνησης των οχημάτων αλλά και η συνέχεια στη χάραξη.

2.6. Η σχέση μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της ασφάλειας

Όπως προαναφέρθηκε στο εδάφιο 2.2, οι δείκτες ατυχημάτων δεν επηρεάζονται μόνο από μία παράμετρο. Η χρήση διαφόρων σχετικών παραμέτρων και η ένταξή τους σε ένα μοντέλο θα μπορούσε να εξηγήσει τις εναλλαγές στην κατάσταση των ατυχημάτων και κατά συνέπεια την επίδραση των μεταβλητών στην πρόκληση ατυχήματος.

Μια από τις πιο εκτενείς έρευνες αναφορικά με τα στοιχεία σχεδιασμού είναι αυτή των Krebs και Kloeckner. Η έρευνα βασίζεται σε 14200 ατυχήματα τα οποία έλαβαν χώρα σε 722 μίλια γερμανικών δρόμων μέσα σε μια περίοδο τεσσάρων ετών. Στο μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης που ανέπτυξαν, οι πέντε επεξηγηματικές μεταβλητές που επέλεξαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το πλάτος οδοστρώματος, η ακτίνα της καμπύλης, η κατά μήκος κλίση, το μήκος ορατότητας και η ΕΜΗΚ. Παρόλα αυτά, μόνο οι τρεις πρώτες μεταβλητές είχαν επίπτωση στη μεταβολή του ρυθμού των ατυχημάτων. Ο Lamm, βασιζόμενος στην έρευνα αυτή πρότεινε ως μέγιστο επιτρεπόμενο ρυθμό ατυχημάτων τα 2 ατυχήματα στα 10⁶ οχηματοχιλιόμετρα (vehicle km) για τις νέες χαράξεις υπεραστικών δρόμων δύο λωρίδων κυκλοφορίας της Γερμανίας.

Παρακάτω, παρατίθενται τα συγκεράσματα από διάφορες έρευνες για ορισμένα σημαντικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά και περιγράφεται ο ρόλος τους στην συνέχεια και την ασφάλεια κατά το σχεδιασμό ενός δρόμου.

2.6.1. Μήκος ορατότητας

Αποτελεί το μήκος του δρόμου που είναι ορατό στον οδηγό και επιτρέπει στους χρήστες να προσαρμόζουν με ασφάλεια το όχημα τους στις ανάγκες του δρόμου ώστε να αποφύγουν πιθανά εμπόδια. Από τις έρευνες που έχουν προαναφερθεί, έχει βρεθεί μια καθαρά αρνητική σχέση μεταξύ του διατιθέμενου

μήκους ορατότητας και του κινδύνου ατυχήματος. Παρόλα αυτά, μπορεί να υποτεθεί ότι άλλοι παράμετροι που επηρεάζουν όπως τα πλατύτερα οδοστρώματα, οι πιο ομαλές καμπύλες έχουν μερίδιο στην παρατηρούμενη θετική επίδραση των μεγαλύτερων μηκών ορατότητας. Ειδικά για τα στενά οδικά τμήματα, μια αύξηση στα μήκη ορατότητας μπορεί να έχει ωφέλιμα αποτελέσματα στην οδική ασφάλεια.

2.6.2. Οριζοντιογραφικές Καμπύλες

Στην προσπάθεια ανάπτυξης πρακτικών για τη συνέχεια στο σχεδιασμό προκύπτουν αρκετές προκλήσεις ιδίως όταν πρόκειται για τον ορισμό ασυνεχών καμπυλών. Από τη σκοπιά ενός μεμονωμένου δρόμου, αν αυτός είναι εξ' ολοκλήρου σε ορεινή περιοχή, οι οδηγοί θα πρέπει να περιμένουν μικρής ακτίνας καμπύλες και κατ' αντιστοιχία με την τοπογραφία θα πρέπει και οι ταχύτητες να είναι μικρότερες. Στο σενάριο αυτό, μια καμπύλη της οριζοντιογραφίας με μεγάλη ακτίνα μπορεί να θεωρηθεί ασυνεχής επειδή η ταχύτητα σχεδιασμού είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες των άλλων καμπυλών. Μια τέτοια καμπύλη κατά συνέπεια θα μπορούσε να δώσει στους οδηγούς μια λανθασμένη αντίληψη σχετικά με την ασφάλειά τους καθώς προσεγγίζουν την επόμενη καμπύλη. Σε αυτή τη βάση λοιπόν, ένας δρόμος όπου οι καμπύλες έχουν περίπου την ίδια ακτίνα, θα αναμένεται να έχει μικρότερο δείκτη ατυχημάτων ανά μέτρο από ένα δρόμο με μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές των ακτινών των καμπυλών.

Έρευνες που έγιναν σε υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας σχετικά με τη λειτουργία τους και την ασφάλειά τους καταλήγουν στο γεγονός ότι στις καμπύλες όπου η ταχύτητα σχεδιασμού είναι μικρότερη από την επιθυμητή ταχύτητα των οδηγών παρουσιάζονται ασυνέχειες στις λειτουργικές ταχύτητες και κατά συνέπεια αυξάνεται η πιθανότητα πρόκλησης ατυχήματος. Διάφοροι παράγοντες συνδράμουν στην αύξηση της συχνότητας των ατυχημάτων στις καμπύλες:

- Περιορισμένο μήκος ορατότητας
- Έλλειψη προσοχής των οδηγών
- Λάθη εκτίμησης της ταχύτητας

είναι τυπικά παραδείγματα του πως μπορεί οι οδηγοί να κάνουν λάθη στο χειρισμό του οχήματος και να μη λειτουργήσουν κατάλληλα στις αλλαγές της οριζοντιογραφίας και των στοιχείων της χάραξης. Οι καμπύλες παρουσιάζουν αυξημένη πιθανότητα ασυνέχειας λόγω της πληθώρας των διαδικασιών που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό τους και της πολυπλοκότητας του χειρισμού και καθοδήγησης των οδηγών κατά μήκος αυτών.

Οι δείκτες ατυχημάτων είναι περίπου 1,5 με 4 φορές υψηλότερες στις καμπύλες από ότι είναι στις ευθυγραμμίες. Τα συνήθη μοντέλα σχεδιασμού οδών χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την επιτρεπόμενη ακτίνα για δεδομένες συνθήκες, αλλά διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι οι ταχύτητες στις καμπύλες μπορούν να υπερβαίνουν την ταχύτητα μελέτης, αν αυτή είναι μικρότερη από 90 km/h σε δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Οι καμπύλες μικρής ακτίνας παραβιάζουν τις a priori προσδοκίες των οδηγών.

Όσον αφορά στη δυναμική της κίνησης των οχημάτων στις καμπύλες, η πλευρική τριβή καθορίζει την ασφάλεια και τη άνεση του οδηγού. Αν τα όρια αυτής υπερβούν τα επιθυμητά, η προσπάθεια διατήρησης της πορείας και αποφυγής παραβίασης της αντίθετης λωρίδας θα αυξηθεί, έχοντας ως αποτέλεσμα μια άβολη οδήγηση και πιθανή μείωση της ταχύτητας. Η επίκλιση είναι ένα γεωμετρικό χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται για να περιορίσει την απαίτηση για πλευρική τριβή αντισταθμίζοντας ένα μέρος της κεντρομόλου επιτάχυνσης που αντιμετωπίζουν οι οδηγοί. Σύμφωνα με τις διαδικασίες σχεδιασμού του AASHTO, η κεντρομόλος επιτάχυνση είναι το άθροισμα της πλευρικής τριβής και της επίκλισης.

2.6.3. Κατά μήκος χάραξη

Ο σχεδιασμός της κατά μήκος χάραξης είναι ένα παράγωγο της αλληλεπίδρασης μεταξύ των κριτηρίων που διέπουν τα μήκη ορατότητας, της τοπογραφίας του δρόμου και της ανάγκης του μελετητή να επιτύχει δευτερεύοντες στόχους όπως η εξισορρόπηση του όγκου των επιχωμάτων και των ορυγμάτων στα διάφορα σημεία της χάραξης.

Η ιδανική σχεδίαση της κατά μήκος χάραξης θα πρέπει να παρέχει επαρκές μήκος ορατότητας για στάση όταν ο οδηγός εντοπίσει κάποιο αντικείμενο στην λωρίδα κυκλοφορίας. Η ύπαρξη όμως τέτοιων καμπυλών με περιορισμένο μήκος ορατότητας, δεν παραβιάζει γενικά τις προσδοκίες των οδηγών. Όταν αυτά τα χαρακτηριστικά συνδυάζονται από μια απότομη καμπύλη της οριζοντιογραφίας ή από μία διασταύρωση που μπορεί να απαιτούν μείωση της ταχύτητας, η προσδοκία του οδηγού παραβιάζεται και ο συνδυασμός των στοιχείων αυτών μπορεί να θεωρηθεί ασυνεχής.

2.6.4. Συνδυασμός της οριζόντιας και της κατά μήκος χάραξης

Η οριζόντια και η κατά μήκος χάραξη θα πρέπει να αλληλοσυμπληρώνονται και να λαμβάνονται συνδυαστικά υπόψη κατά το σχεδιασμό και όχι μεμονωμένα. Η τοπογραφία της περιοχής είναι συνήθως ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τη συνεργασία της οριζοντιογραφικής και της κατά μήκος χάραξης. Τα μήκη ορατότητας που υπολογίζονται από τις καμπύλες της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής είναι και τα επιθυμητά όταν συμβάλλουν στην ύπαρξη ενός ασφαλούς δρόμου και στη μείωση της καταπόνησης του οδηγού. Έτσι, ο συνδυασμός των στοιχείων σχεδιασμού θα πρέπει να ανταποκρίνονται στις ελάχιστες απαιτήσεις είτε των οριζοντιογραφικών είτε των κατά μήκος στοιχείων σχεδιασμού, εξαρτώμενος από αυτό που επηρεάζει περισσότερο το μήκος ορατότητας.

Η συνεργασία και αλληλεπίδραση της οριζοντιογραφικής και της κατά μήκος χάραξης δεν έχει μελετηθεί σε βάθος όσο οι άλλοι παράγοντες του γεωμετρικού σχεδιασμού λόγω της πολυπλοκότητας της γεωμετρίας. Γενικά, τα δύο αυτά είδη των χαράξεων σχεδιάζονται μεμονωμένα προκειμένου να ανταποκρίνονται σε κάποια κριτήρια και κατόπιν ο σχεδιασμός βασίζεται στο ότι η σχεδιαστική συνέχεια θα διατηρείται. Το θέμα αυτό όμως στις σχεδιαστικές οδηγίες θίγεται περισσότερο από την άποψη της αποφυγής ορισμένων λανθασμένων συνδυασμών οριζόντιας και κατά μήκος χάραξης (π.χ κλειστή οριζοντιογραφική καμπύλη να επίκειται κυρτής καμπύλης ως προς τη μηκοτομή) και στη διατήρηση ορισμένων οδηγιών ως προς το αισθητικό κομμάτι, αλλά δεν υπάρχουν σχεδιαστικές οδηγίες ώστε να ποσοτικοποιηθεί η συνέχεια σε αποδεκτά επίπεδα.

2.7. Πρόσφατες έρευνες σε Ιταλία και Αυστραλία

Σε μια έρευνα που διεξήχθη στο Τορίνο της Ιταλίας το 2012 από τους Bassani, Dalmazzo και Marinelli, όσον αφορά την ταχύτητα των οδηγών στις τοπικές οδούς και στις αστικές αρτηρίες, ο κύριος στόχος ήταν να αναδείξει τις μεταβλητές που επηρεάζουν την κεντρική τάση και τη διασπορά χαρακτηρίζοντας τα δεδομένα της λειτουργικής ταχύτητας, προκειμένου να αναπτυχθούν νέα μοντέλα που θα χρησιμοποιηθούν στην σταθερότητα της ταχύτητας. Οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε αυτές τις δύο τυπολογίες δρόμου επιλέχθηκαν από το οδικό δίκτυο του Τορίνο (Ιταλία) έχουν οδηγήσει στη δημιουργία μιας ισχυρής βάσης δεδομένων.

Όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, τα μοντέλα των λειτουργικών ταχυτήτων παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα, ακόμη και όταν αφορούν την ίδια τυπολογία

δρόμων με παρόμοια γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί μόνο από τη διαφορετικότητα στη συμπεριφορά των οδηγών, τη γεωμετρία της οδού, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τους κανονισμούς οδήγησης και τον τύπο του οχήματος ανά περιοχή και ως εκ τούτου κάθε μοντέλο θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο όταν έχει βαθμονομηθεί.

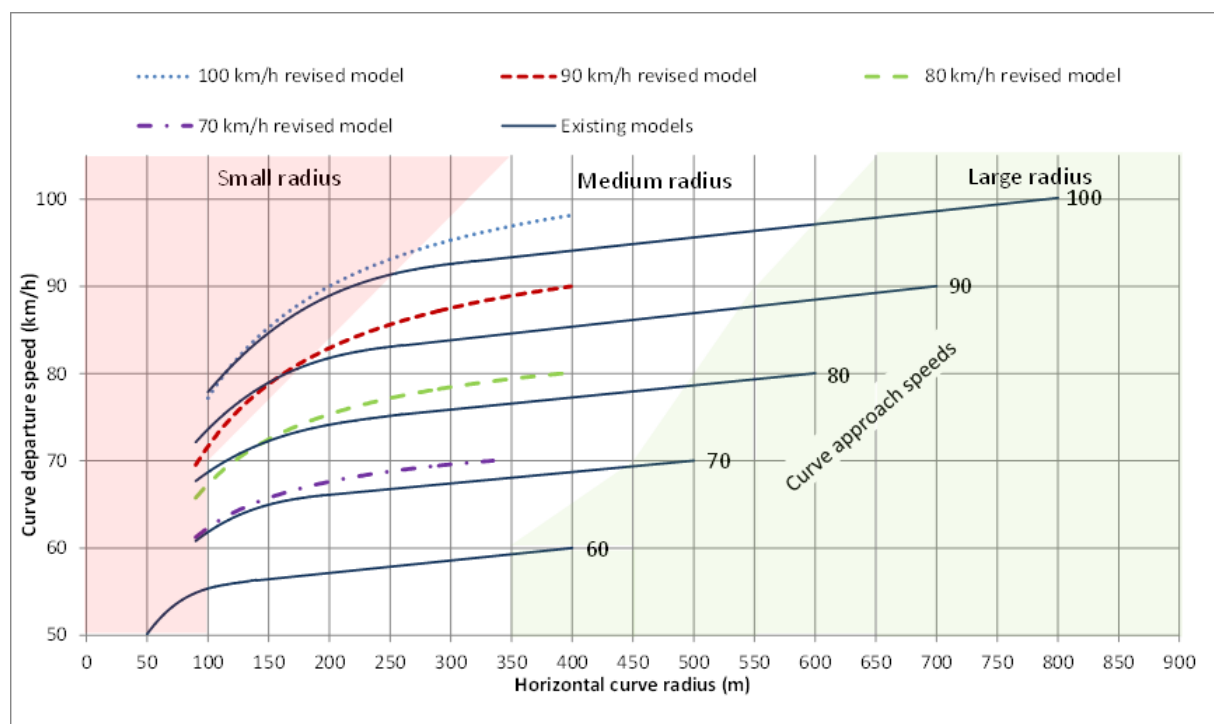
Όπως αναφέρεται, η χρήση της ανάλυσης πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι επαναλαμβανόμενη και οδηγεί σε μια απλή ανίχνευση ενός περιορισμένου συνόλου των μεταβλητών που συνδέονται στενά με την παρατηρούμενη λειτουργική ταχύτητα.

Τα νέα μοντέλα λειτουργικών ταχυτήτων που προκύπτουν στην παρούσα έρευνα χαρακτηρίζονται από καλούς συντελεστές προσδιορισμού και περιορίζονται από τυπικά σφάλματα.

Ανάμεσα από όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη λειτουργική ταχύτητα, στα μοντέλα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα, προσδιορίζονται ως οι σημαντικότεροι η θέση λωρίδας και το αναγραφόμενο όριο ταχύτητας.

Επιπλέον, το πλάτος των λωρίδων και το είδος αυτών, εμπεριέχονται στα αναπτυγμένα μοντέλα, υποδεικνύοντας πως η πλευρική απόσταση γύρω από τα οχήματα επηρεάζει τη συμπεριφορά της ταχύτητας του οδηγού. Επίσης, τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τη σημασία ορισμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων όπου φαίνεται για μια ακόμη φορά ο βαθμός στον οποίο η συμπεριφορά των οδηγών επηρεάζεται από τις συνθήκες και τη διατομή του δρόμου. Παρά το συμπέρασμα που προκύπτει, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι για τους ιταλικούς αστικούς δρόμους, το όριο της ταχύτητας πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες γεωμετρικές μεταβλητές. Το αποτέλεσμα αυτό θα μπορούσε, κατά πάσα πιθανότητα, να επεκταθεί και σε άλλους αστικούς δρόμους στους οποίους η γεωμετρία της οδού δεν έχει καθοριστεί σύμφωνα με την προσεγγίσιμη ταχύτητα.

Σε μια μελέτη που διεξήχθη στην Αυστραλία το 2013, τα αποτελέσματα της υπέδειξαν ότι υπάρχει μια επιβράδυνση στις οριζόντιες καμπύλες των υφιστάμενων μοντέλων. Αυτό φαίνεται κυρίως στις καμπύλες μεσαίας ακτίνας όπου και προκύπτει μια συντηρητική εικόνα των λειτουργικών ταχυτήτων των οχημάτων, (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Μοντέλα Αυστραλιακών οδηγιών.

Βαρέα οχήματα όπως τα φορτηγά βρέθηκαν να ταξιδεύουν πιο αργά από ότι τα αυτοκίνητα όταν προσεγγίζουν τις καμπύλες και στο μέσο αυτών. Ωστόσο, η μείωση της ταχύτητας λόγω των οριζόντιων καμπυλών βρέθηκε να είναι παρόμοια με εκείνη των αυτοκινήτων. Παρόμοια αποτελέσματα με τα υφιστάμενα μοντέλα, όπου αντικατοπτρίζεται η επιβράδυνση στις οριζόντιες καμπύλες υπάρχουν και στα μοντέλα που αναπτύχθηκαν για τα αυτοκίνητα.

Από την ανάλυση των καμπυλών που είναι στη σειρά διαπιστώθηκε ότι μια ομάδα καμπυλών ήταν σε γενικές γραμμές σύμφωνες με το μοντέλο των λειτουργικών ταχυτήτων που δημιουργήθηκε. Για τη δεύτερη ομάδα των καμπυλών, όσο αφορά την ταχύτητα και την επιτάχυνση μεταξύ των καμπυλών διαφέρει από το προβλεπόμενο μοντέλο λειτουργικών ταχυτήτων. Ωστόσο, η υπερύψωση των υφιστάμενων καμπυλών συνιστά και μέγιστες τιμές, οι οποίες μπορεί να έχουν επηρεάσει τα αποτελέσματα. Η διαφορετική ταχύτητα ανάντη και κατόντη των καμπυλών μπορεί επίσης να ήταν ένας παράγοντας.

Η παραπάνω μελέτη επικεντρώθηκε σε μικρές καμπύλες ακτίνας και περιλαμβάνονται περιορισμένες θέσεις στο μέσο εύρος. Η επιβράδυνση στις οριζόντιες καμπύλες στα μοντέλα με τα βαρέα οχήματα δείχνει ότι παράγονται παρόμοια αποτελέσματα με τα αναθεωρημένα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί για τα αυτοκίνητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

3.1. Εισαγωγή

Η διαδικασία συλλογής των στοιχείων για τη διεξαγωγή αυτής της έρευνας έγινε σε τρία στάδια.

Στο πρώτο έγινε η επιλογή των οδικών τμημάτων που ήταν κατάλληλα για τη μελέτη.

Στο δεύτερο έγινε η συλλογή των πιο αντιπροσωπευτικών χαρακτηριστικών πεδίου για τα οδικά τμήματα.

Τέλος, στο τρίτο μετρήθηκαν οι λειτουργικές ταχύτητες του κάθε οδικού τμήματος.

3.2. Επιλογή οδικών τμημάτων και περιοχή μελέτης

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα αυτή συλλέχθηκαν από δρόμους των Επαρχιών Λάρνακας, Αμμοχώστου και Λευκωσίας στην Κύπρο. Επιλέχθηκε ένας επαρκής αριθμός δρόμων για τις πιο πάνω περιοχές όπου το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας ήταν περίπου 2,75m, 3,00m και 3,50m. Συγκεκριμένα, μετρήθηκαν 29 καμπύλες και 5 ευθυγραμμίες.

Τα οδικά τμήματα, που έγιναν οι μετρήσεις, επιλέχτηκαν βάση των πιο κάτω κριτηρίων:

Οδικά τμήματα υπεραστικών οδών ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας με διασπορά ως προς την γεωγραφική κατανομή.

Τμήματα εκτός κατοικημένων περιοχών.

Δεν υπήρχε επιρροή κόμβων και διασταυρώσεων γιατί οι υπεραστικές οδοί που περιέχουν τα επιλεγμένα οδικά τμήματα, εκτείνονται σε μεγάλο μήκος.

Τμήματα δρόμων χωρίς φυσικά ή τεχνητά εμπόδια, όπως πεζοδρόμια και στενώσεις λόγω γεφυρών. Όπου υπήρχε έρεισμα ήταν ασφαλτοστρωμένο και διαγραμμισμένο και το πλάτος του διατηρείτο σταθερό.

Η κατά μήκος κλίση δεν υπερβαίνει το 6%.

Κατά κανόνα το επιτρεπτό όριο ταχύτητας κυμαινόταν στα 65Km/h.

Η ποιότητα των οδοστρωμάτων δεν είχε κρίσιμες ανωμαλίες, που θα συνέβαλαν στην μείωση της λειτουργικής ταχύτητας των οδηγών.

Αποφεύχθηκαν οι μετρήσεις σε περιοχές με πυκνή σήμανση και προειδοποιητικές πινακίδες, παρά μόνο στα καμπύλα τμήματα με πολύ μικρή ακτίνα.

Οι μετρήσεις για την ανάπτυξη του μοντέλου εκτίμησης λειτουργικών ταχυτήτων περιλαμβάνει μόνο επιβατηγά οχήματα γιατί η συγκεκριμένη κατηγορία οχημάτων αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό οχημάτων που κινείται στις επαρχιακές οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας και κινούνται με υψηλότερες ταχύτητες σε σχέση με τα βαρέα οχήματα. Ως εκ τούτου, οι περισσότερες μελέτες σχετικά με την ανάπτυξη μοντέλων της λειτουργικής ταχύτητας επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους σε αυτή τη κατηγορία οχημάτων. Τα επιβατηγά οχήματα κατά προσέγγιση, αποτελούν το 85% του συνολικού φόρτου στις υπεραστικές οδούς (Hashim), επιβεβαιώνοντας την αναγκαιότητα ανάπτυξης σχετικού μοντέλου της λειτουργικής ταχύτητας για αυτούς τους τύπους οχημάτων.

3.3. Συλλογή στοιχείων στο πεδίο των μετρήσεων

Στην κάθε θέση που επιλέχθηκε για μετρήσεις καταγράφηκε ο εκάστοτε δρόμος, η κατεύθυνση κυκλοφορίας αφού μετρήθηκαν ξεχωριστά η εξωτερική και η εσωτερική λωρίδα και για καλύτερη αναγνώριση της κάθε θέσης, πάρθηκαν φωτογραφίες και σημειώθηκαν πάνω στα κατασκευαστικά σχέδια του δρόμου. Σημειώθηκαν τα όρια ταχύτητας και η κατακόρυφη σήμανση, όπου υπήρχαν. Επίσης, στα μετρούμενα ευθύγραμμα τμήματα σημειώθηκε και η υφιστάμενη διαγράμμιση, για να ελεγχθεί η επάρκεια του διαθέσιμου μήκους ορατότητας για προσπέραση, όπου επιτρεπόταν.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου, που μετρήθηκαν είναι τα πιο κάτω:

- Η κατά μήκος κλίση
- Η οριζοντιογραφική ακτίνα της καμπύλης
- Το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας
- Οι επικλίσεις
- Τα πλάτη των ερεισμάτων, όπου υπήρχαν.

Και για τις δύο κατευθύνσεις, καταγράφηκαν τα πλάτη των λωρίδων και των ερεισμάτων. Για να διασφαλιστεί ότι δεν μεταβάλλεται το πλάτος έγιναν δύο ή και τρεις μετρήσεις στο εξεταζόμενο τμήμα, ώστε τα μετρούμενα πλάτη να είναι

αντιπροσωπευτικά για το εκάστοτε μετρούμενο οδικό τμήμα. Αν προέκυπτε μεγάλη μεταβολή του πλάτους του οδοστρώματος ή του πλάτους των ερεισμάτων τότε, επιλέγαμε τα οδικά τμήματα όπου είχαν μια συνέχεια μεταξύ τους ή απορρίπταμε όλη την περιοχή μελέτης. Η κατά μήκος κλίση και οι επικλίσεις μετρήθηκαν με τη χρήση κλισίμετρου.

3.4. Δεδομένα ταχυτήτων

Η ταχύτητα του οδηγού όταν αυτός κινείται στο δρόμο επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Οι πιο σημαντικοί είναι οι δυνατότητες του ίδιου του οδηγού και του οχήματος του, η γεωμετρία του δρόμου, οι κυκλοφοριακές συνθήκες, οι καιρικές συνθήκες π.χ. έντονη βροχόπτωση η οποία επηρεάζει την πρόσφυση και την ορατότητα, καθώς και οι περιορισμοί που επιβάλλει ο Κ.Ο.Κ. Σε αυτή τη μελέτη θα πρέπει επίσης, να ληφθεί υπόψη και η περιορισμένη ορατότητα μιας και οι περισσότερες από τις μετρούμενες θέσεις δεν έχουν οδοφωτισμό. Για τη διασφάλιση των συνθηκών ελεύθερης ροής των οχημάτων και της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος των μετρούμενων ταχυτήτων, μετρήθηκαν μόνο τα οχήματα τα οποία είχαν τουλάχιστον μια χρονική διαφορά της τάξης των 5 δευτερολέπτων με τα προπορευόμενα οχήματα.

Είναι πολύ σημαντικό στις μελέτες σχεδιασμού οδικών τμημάτων, ειδικότερα στον καθορισμό της λειτουργικής ταχύτητας, ο καθορισμός της χρονικής διαφοράς μεταξύ διαδοχικών οχημάτων που αντιστοιχεί σε συνθήκες ελεύθερης ροής. Γιατί σε τέτοιες συνθήκες μόνο η γεωμετρία του δρόμου επηρεάζει τις ταχύτητες των οδηγών (Hashim). Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι η χρονική διαφορά που αντιστοιχεί σε συνθήκες ελεύθερης ροής μεταξύ διαδοχικών οχημάτων κυμαίνεται μεταξύ 4 και 9 δευτερολέπτων. Ωστόσο, προτείνεται από την πλειοψηφία αυτών των μελετών ότι οι συνθήκες ελεύθερης ροής ορίζονται όταν η χρονική διαφορά είναι 5 δευτερόλεπτα.

Οι μετρήσεις ταχυτήτων πραγματοποιήθηκαν μέρα και νύχτα, με ευνοϊκές καιρικές συνθήκες με τη χρήση radar χειρός στο κέντρο της καμπύλης και των ανεξάρτητων ευθυγραμμιών. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων παρατηρήθηκε ότι η ελάχιστη ταχύτητα του κάθε οχήματος, ήταν αυτή στην κορυφή της καμπύλης, συγκριτικά με τις ταχύτητες που εμφανίζονται στην αρχή και στο τέλος της καμπύλης, ανεξάρτητα αν η ανάλυση αφορά τη μια κατεύθυνση κυκλοφορίας ξεχωριστά ή και τις δύο μαζί.

Το radar με το οποίο μετρήθηκαν οι ταχύτητες των οχημάτων ήταν τοποθετημένο συνευθειακά με το διάνυσμα της κίνησης των οχημάτων, προκειμένου να αποφευχθεί

το σφάλμα συνημίτονου. Το σφάλμα μέτρησης με το ραδιοεντοπιστή είναι συνάρτηση της διεύθυνσης εκπομπής σήματος ως προς τον άξονα της οδού (Ψαριανός 2011). Αυτό σημαίνει ότι το ελάχιστο σφάλμα (0,02%) επιτυγχάνεται όταν η γωνιά που σχηματίζεται μεταξύ του ραδιοσήματος και του άξονα της οδού είναι από 0° έως 5°. Το σφάλμα είναι μικρό ακόμα και για γωνιά 15° (3,42%). Για μεγαλύτερες γωνιές όμως το σφάλμα γίνεται υπολογίσιμο και η μετρούμενη ταχύτητα διαφέρει κατά πολύ από την πραγματική. Μετρήθηκαν 80 επιβατηγά αυτοκίνητα και στις δύο κατευθύνσεις για κάθε στοιχείο του δρόμου για μέρα και για νύχτα. Δηλαδή, συνολικά μετρήθηκαν 5440 οχήματα. Η διαδικασία εκτίμησης του ελάχιστου δείγματος περιγράφεται στο 3.4.1.

Μετά τη συλλογή των δεδομένων αυτά συγκεντρώθηκαν σε ένα πίνακα κατανομής συχνοτήτων βάσει του οποίου υπολογίστηκε η 85^η ποσοστιαία λειτουργική ταχύτητα. Η διαδικασία εκτίμησης της V_{85} περιγράφεται στο εδάφιο 3.4.4. Τα δεδομένα των ταχυτήτων παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες 60, 61, 62, 63 του Παραρτήματος.

3.4.1. Απαιτούμενο δείγμα

Στις μετρήσεις ταχυτήτων το μέγεθος του δείγματος εξαρτάται από το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα και το επίπεδο εμπιστοσύνης για το οποίο το σφάλμα εκτίμησης δεν θα υπερβεί το μέγιστο επιτρεπόμενο.

Για τη συγκεκριμένη μελέτη προκειμένου να καθορίσουμε τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό των παρατηρήσεων που χρειάζεται, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο που ανέπτυξαν οι Oppenlader, Bunte και Kadakia.

$$N = \frac{K^2 \sigma^2 (2+U^2)}{2E^2}$$

Όπου:

N: το ελάχιστο απαιτούμενο δείγμα

K: κανονική απόκλιση που αναφέρεται στο επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης

σ: η τυπική απόκλιση του δείγματος

U: κανονική απόκλιση που αναφέρεται στην αθροιστική συχνότητα (85%) που επιθυμούμε να υπολογίσουμε

E: το επιτρεπτό σφάλμα της εκτίμησης μας

Από εκτενείς έρευνες (στο Choueiri και Lamm 1987 Part I, σελ. 92) που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορους δρόμους και κάτω από διαφορετικές συνθήκες καθορίστηκαν οι τιμές των K και U για διάφορα επίπεδα εμπιστοσύνης, οι οποίες και λήφθηκαν από πίνακα (στο Choueiri και Lamm 1987 Part I, Πίνακας 7, σελ. 92) ενώ τα 5mph ως τυπική απόκλιση θεωρείται μια καλή εκτίμηση για την επίτευξη ικανοποιητικής ακρίβειας της έρευνας. Άρα, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, το ελάχιστο επιτρεπτό δείγμα, το οποίο απαιτείται να μετρηθεί για τον υπολογισμό της ταχύτητας, που αντιστοιχεί στο 85% του δείγματος είναι περίπου, 40 οχήματα. (K=1.96, U=1.04, E=2 mph και σ=5 mph).

3.4.2. Ανάλυση των μετρήσεων πεδίου ταχύτητας

Τα δεδομένα των μετρήσεων της κάθε μεμονωμένης καμπύλης θα πρέπει να εξεταστούν ως προς την κατανομή τους, το εύρος και τη διασπορά των ταχυτήτων σε σχέση με τη μέση τιμή του δείγματος.

3.4.2.1. Μέση τιμή δείγματος

Ο αριθμητικός μέσος των ταχυτήτων αποτελεί ένα μέτρο της κεντρικής τάσης της κατανομής ταχυτήτων και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\bar{u} = \frac{\sum(f_n u_n)}{N}$$

Όπου:

\bar{u} : η μέση τιμή

$\sum(f_n u_n)$: το άθροισμα των ταχυτήτων όλων των οχημάτων

N: ο συνολικός αριθμός των παρατηρούμενων οχημάτων

3.4.2.2. Τυπική απόκλιση

Η τυπική απόκλιση του πληθυσμού από τον οποίο πάρθηκε το δείγμα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\sigma = \sqrt{\frac{N \sum f_n(u_n)^2 - (\sum f_n u_n)^2}{N(N-1)}}$$

Όπου:

σ : η τυπική απόκλιση

$\sum f_n(u_n)^2$: το άθροισμα των τετραγώνων των συχνοτήτων

Η τυπική απόκλιση δηλώνει τη διασπορά των παρατηρήσεων γύρω από τη μέση τιμή. Το τετράγωνο της τυπικής απόκλισης λέγεται μεταβλητότητας.

3.4.2.3. Τυπικό σφάλμα μέσης τιμής

Το τυπικό σφάλμα της μέσης τιμής αποτελεί ένα στατιστικό μέγεθος, που δηλώνει το πιθανό εύρος της πραγματικής μέσης ταχύτητας όλων των οχημάτων, τα οποία αντιστοιχούν στον ίδιο χώρο και χρόνο με αυτόν που πάρθηκε το δείγμα και ορίζεται ως:

$$\sigma_{\bar{u}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Όπου:

$\sigma_{\bar{u}}$: το τυπικό σφάλμα μέσης τιμής του δείγματος

σ : η τυπική απόκλιση του δείγματος

N : ο αριθμός των παρατηρούμενων οχημάτων

Με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η πραγματική μέση τιμή της ταχύτητας για όλα τα οχήματα του δείγματος είναι μέσα στην καθορισμένη περιοχή της αριθμητικής μέσης τιμής με διάστημα εύρους σχεδόν δύο φορές το τυπικό σφάλμα της μέσης τιμής.

3.4.3. Τεστ Kolmogorov – Smirnov

Η διαδικασία του τεστ Kolmogorov – Smirnov βασίζεται στον έλεγχο της μηδενικής υπόθεσης, ότι ένα δείγμα ακολουθεί συγκεκριμένη κατανομή. Αυτό γίνεται βρίσκοντας τη μεγαλύτερη διαφορά σε απόλυτη τιμή μεταξύ δύο συναρτήσεων. Η μια υπολογίζεται από το δείγμα και είναι η εμπειρική, ενώ η άλλη θεωρητικά.

Το τεστ των Kolmogorov – Smirnov (K-S) χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει την κατανομή ενός συγκεκριμένου δείγματος.

Το K-S τεστ βασίζεται στην εμπειρική συνάρτηση κατανομής (ECDF). Για N μετρούμενα σημεία Y_1, Y_2, \dots, Y_N , η συνάρτηση ECDF ορίζεται ως:

$$E_N = \frac{n(i)}{N}$$

όπου:

$n(i)$: ο αριθμός των σημείων, τα οποία είναι μικρότερα από Y_i και τα Y_i είναι διατεταγμένα κατά αύξουσα σειρά. Η συνάρτηση αυτή αυξάνεται δηλαδή, κατά $1/N$ στην τιμή του κάθε διατεταγμένου σημείου.

Χαρακτηριστικά και περιορισμοί του K-S Τεστ:

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι είναι ακριβές τεστ καθώς η κατανομή της παραμέτρου D είναι γνωστή ακόμα και για μικρό δείγμα. Παρόλα αυτά, το τεστ K-S έχει διάφορους σημαντικούς περιορισμούς:

1. Εφαρμόζεται μόνο σε συνεχείς κατανομές.
2. Είναι πιο ευαίσθητο στα κεντρικά σημεία της κατανομής, παρά στα ακραία.
3. Το πιο σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι η κατανομή πρέπει να είναι πλήρως καθορισμένη.

Το Kolmogorov – Smirnov τεστ ορίζεται από:

H_0 : Το δείγμα ακολουθεί τη συγκεκριμένη κατανομή

H_a : Το δείγμα δεν ακολουθεί τη συγκεκριμένη κατανομή

Στατιστικό τεστ: Το στατιστικό τεστ των Kolmogorov – Smirnov ορίζεται ως:

$$D = \max_{1 \leq i \leq N} \left\{ F(Y_i) - \frac{i-1}{N}, \frac{i}{N} - F(Y_i) \right\}$$

όπου F είναι η αθροιστική θεωρητική κατανομή της κατανομής που ελέγχεται, η οποία πρέπει να είναι συνεχής κατανομή.

Επίπεδο Εμπιστοσύνης: α

Κρίσιμες Τιμές: Η υπόθεση που αφορά την κατανομή του δείγματος H_0 απορρίπτεται αν ο στατιστικός έλεγχος D , είναι μεγαλύτερος από την κρίσιμη τιμή που λαμβάνεται από δείγμα.

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά του τεστ Kolmogorov – Smirnov

Τα αποτελέσματα του τεστ καταδεικνύουν ότι το δείγμα των μετρούμενων οχημάτων σε κάθε καμπύλη και ευθυγραμμία, ακολουθεί κανονική κατανομή σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Η υπόθεση της κανονικής κατανομής επαληθεύεται, είτε στην περίπτωση που το δείγμα των ταχυτήτων σε κάθε οδικό τμήμα εξετάστηκε συνολικά και στις δύο κατευθύνσεις, είτε στην περίπτωση που ελέγχθηκαν ξεχωριστά οι κατανομές των δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας. Τα αποτελέσματα του τεστ Kolmogorov – Smirnov για την εξωτερική και την εσωτερική λωρίδα του κάθε οδικού τμήματος παρουσιάζονται στους πίνακες 58, 59 του Παραρτήματος.

3.4.4. Υπολογισμός της V_{85}

Ο υπολογισμός της 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας για κάθε δείγμα ταχυτήτων σε μια καμπύλη υπολογίζεται με τη βοήθεια του διαγράμματος της σχετικής αθροιστικής συχνότητας των μετρήσεων.

Με γραμμική παρεμβολή, υπολογίζεται η V_{85} από τον παρακάτω τύπο:

$$V_{85} = V_1 + \frac{V_2 - V_1}{P_2 - P_1} \cdot (85 - P_1)$$

Όπου:

V_1 : η πλησιέστερη ταχύτητα του δείγματος μικρότερη από τη V_{85}

V_2 : η πλησιέστερη ταχύτητα του δείγματος μεγαλύτερη από τη V_{85}

P_1 : η πλησιέστερη αθροιστική συχνότητα (%) μικρότερη του 85%

P_2 : η πλησιέστερη αθροιστική συχνότητα (%) μεγαλύτερη του 85%

Παρόλα αυτά, στα προγράμματα στατιστικής ο υπολογισμός των ποσοστιαίων ταχυτήτων αποτελεί μια απλή και αυτοματοποιημένη διαδικασία. Στη συγκεκριμένη έρευνα οι 85^{ες} ποσοστιαίες ταχύτητες υπολογίστηκαν με τη χρήση του SPSS και τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στους πίνακες 56, 57 του Παραρτήματος.

3.5. Πρακτική εκτίμηση των στοιχείων της Οριζοντιογραφίας

Το μοντέλο που προτείνεται λαμβάνει υπόψη και την επίδραση του γενικού χαρακτήρα της οροζοντιογραφικής χάραξης προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια στην πρόβλεψη των ταχυτήτων, καθιστώντας έτσι δυνατή τη χρήση του μοντέλου προφίλ ταχυτήτων σε δρόμους με πολύ διαφορετική χάραξη. Έτσι, για να περιγραφεί ο γενικός χαρακτήρας της οριζόντιας χάραξης, περιγράφηκαν διαφορετικοί δείκτες χάραξης.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ελικτότητα η οποία χρησιμοποιείται στη γερμανική διαδικασία ελέγχου συνέχειας στο σχεδιασμό, έχει διερευνηθεί σε βάθος και ότι τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων, έδειξαν ότι υπάρχει μεγάλος συσχετισμός μεταξύ του δείκτη αυτού και της λειτουργικής ταχύτητας. Κατά συνέπεια, επιλέχθηκε η ελικτότητα ως η μεταβλητή που αναπαριστά τα οδικά τμήματα με σχετικά ομοιόμορφη χάραξη. Πιο συγκεκριμένα, η ελικτότητα χρησιμοποιείται στην επιλογή των ομοιογενών τμημάτων, τα οποία είναι στην ουσία τα τμήματα κατά μήκος των οποίων η συμπεριφορά των οδηγών σχετικά με την ταχύτητα διατηρείται σταθερή.

Στην έρευνα τους, οι Choueiri και Lamm, Part I, σελ. 154, 1987 ανέφεραν ότι, για μια καμπυλόγραμμη χάραξη, η μέθοδος της ελικτότητας μπορεί να είναι πιο πλεονεκτική στη χρήση της από τη μέθοδο του βαθμού της καμπυλότητας.

Η ελικτότητα K_e της μεμονωμένης καμπύλης είναι συνάρτηση της γωνιάς αλλαγής κατεύθυνσης και του συνολικού μήκους της καμπύλης, που αποτελείται από το μήκος του κυκλικού τόξου και τα μήκη των εκατέρωθεν τόξων συναρμογής. Η σχέση που συνδέει την ελικτότητα της μεμονωμένης καμπύλης K_e και της ανηγμένης ακτίνας R , που αντιστοιχεί στη δεδομένη καμπύλη είναι:

$$R = \frac{63700}{K_e} \quad \text{Στην περίπτωση των ευθυγραμμίων, η ελικτότητα θα ληφθεί ίση με 0.}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

4.1. Εισαγωγή

Κατά τη μελέτη χάραξης ενός δρόμου ένα σημαντικό στοιχείο αξιολόγησης της ασφάλειας των οχημάτων όταν κινούνται σε αυτόν, είναι η ύπαρξη συνέχειας στα στοιχεία της οριζοντιογραφίας. Προκειμένου να αποτιμήσουμε λοιπόν τα μεγέθη τα οποία συνεισφέρουν στην ύπαρξη συνέχειας μεταξύ των διαδοχικών τμημάτων ενός δρόμου, θα πρέπει να αναπτύξουμε μοντέλα πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας τόσο για καμπύλες όσο και για ευθυγραμμίες. Πρωταρχικός στόχος της μελέτης αυτής συνεπώς, είναι η δημιουργία μοντέλου που να συνδέει τη λειτουργική ταχύτητα V_{85} με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ανεξάρτητων ευθυγραμμιών και των καμπυλών σε υπεραστικές οδούς ενιαίας επιφάνειας κυκλοφορίας κατά την διάρκεια της μέρας αλλά και της νύκτας. Αυτά τα μοντέλα θα μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για αναλύσεις σε υφιστάμενους δρόμους και για τον εντοπισμό ασυνεχειών στα οδικά τμήματα.

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που ενδεχομένως επηρεάζουν τις ταχύτητες των οχημάτων που κινούνται σε ένα δρόμο. Κάποιοι από αυτούς είναι η ακτίνα της καμπύλης, το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας, το πλάτος ερείσματος, εμπόδια, στενώσεις και παρακείμενες κατασκευές, η κατά μήκος κλίση, οι επικλίσεις, το διαθέσιμο μήκος ορατότητας, ο φόρτος κυκλοφορίας κ.ά.

Καθένας από τους παραπάνω παράγοντες επιδρούν διαφορετικά σε κάθε περιοχή και επομένως η διαδικασία προσδιορισμού της επίδρασης του καθενός στις ταχύτητες και τα ατυχήματα γίνεται δυσκολότερη. Σύμφωνα με τις μελέτες των στοιχείων που έχουν τη σημαντικότερη επίδραση στην οδική συμπεριφορά, για την εκτίμηση ενός μοντέλου πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας, επιλέχθηκαν το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας, η ακτίνα της καμπύλης, η κατά μήκος κλίση, οι επικλίσεις και τα πλάτη ερεισμάτων.

Προκειμένου λοιπόν να έχουμε μια ποσοτική εκτίμηση του αν μια μεταβλητή ασκεί κάποια σημαντική επίδραση στην ταχύτητα των οχημάτων, χρησιμοποιήσαμε την ανάλυση παλινδρόμησης. Για τον καθορισμό αν μια συγκεκριμένη μεταβλητή ασκεί σημαντική επίδραση στις ταχύτητες των οχημάτων, και για την εκτίμηση της ποσοτικής εκτίμησης αυτής της επίδρασης, χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία της παλινδρόμησης κατά βήματα (stepwise regression). Σύμφωνα με την τεχνική αυτή,

σε κάθε βήμα της παλινδρόμησης εισάγεται μια καινούρια μεταβλητή κάθε φορά στην εξίσωση εκτίμησης της λειτουργικής ταχύτητας. Έτσι, με τη μέθοδο αυτή παράγονται μια σειρά από εξισώσεις όπου η κάθε μία έχει μια παραπάνω μεταβλητή από την προηγούμενη της. Αν κατά την εισαγωγή μιας μεταβλητής η σημαντικότητα του τεστ είναι μικρότερη από αυτή της προηγούμενης εξίσωσης, τότε η νέα μεταβλητή απορρίπτεται. Είναι σημαντικό οι ανεξάρτητες μεταβλητές να μην είναι συσχετισμένες μεταξύ τους. Αν υπάρχει μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών τότε η εκτίμησή τους δεν είναι βάσιμη και μπορεί να υπάρχουν μεγάλα τυπικά σφάλματα στην εκτίμηση των μεταβλητών. Ο έλεγχος συγγραμικότητας των μεταβλητών γίνεται ανά ζεύγη με τον πίνακα συσχέτισης με την εξέταση των πιθανών επεξηγηματικών μεταβλητών. Η επίλυση του προβλήματος αυτού γίνεται με την απαλοιφή μίας ή παραπάνω συγγραμικών μεταβλητών.

Ο έλεγχος της παλινδρόμησης γίνεται με το F-τεστ το οποίο καθορίζει αν το μέσο άθροισμα των τετραγώνων που εξηγείται από την παλινδρόμηση είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το άθροισμα των τετραγώνων που δεν εξηγείται από την παλινδρόμηση. Με άλλα λόγια, η εξίσωση που επιλέχθηκε θα πρέπει να εκτιμάει τις μεταβλητές με το μικρότερο τυπικό σφάλμα. Ο έλεγχος αυτός έγινε με τη χρήση του δείκτη t μεταξύ των λειτουργικών ταχυτήτων των δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Σε όλους τους δρόμους υπήρχαν πινακίδες ορίου ταχύτητας, το οποίο κυμαίνεται από 65km – 80km.

4.2. Αναλύσεις Παλινδρόμησης: Υπόβαθρο

Ο αντικειμενικός στόχος της ανάλυσης παλινδρόμησης είναι η προσαρμογή μιας εξίσωσης στα δεδομένα η οποία περιγράφει καλύτερα τη συναρτησιακή σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και ενός πλήθους επεξηγηματικών μεταβλητών. Το κριτήριο καθορισμού της κατάλληλης εξίσωσης είναι η ελαχιστοποίηση των τετραγωνικών διαφορών μεταξύ των πραγματικών παρατηρούμενων ποσοτήτων και των προβλεπόμενων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής.

Η ανάλυση των δεδομένων αποτελείται από πολλά βήματα. Αρχικά εισάγονται τα δεδομένα για τον προσδιορισμό λανθασμένων ή ασυνεχών παρατηρήσεων. Κατόπιν, καθορίζεται το πληρέστερο μοντέλο το οποίο εξηγεί καλύτερα τη συναρτησιακή σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και των διάφορων επεξηγηματικών μεταβλητών που χαρακτηρίζουν την περιοχή μελέτης. Τέλος, ακολουθεί η εύρεση ενός απλούστερου, εύχρηστου, αλλά εξίσου κατάλληλου μοντέλου καθώς δεν θα πρέπει να επηρεάζεται η ικανότητα εκτίμησης το μοντέλου.

Κατά το πρώτο βήμα, μπορεί να προκύψουν διάφορα απομακρυσμένα σημεία είτε λόγω χονδροειδούς λάθους κατά τη μεταφορά των δεδομένων, είτε λόγω λανθασμένης επιλογής τοποθεσίας για τη λήψη των δεδομένων. Τα σημεία αυτά ανιχνεύονται από διάφορα διαγράμματα των υπολοίπων ενώ επίσης υπάρχουν και αυτοματοποιημένες μέθοδοι εντοπισμού των απομακρυσμένων σημείων.

Στο δεύτερο βήμα, ακολουθείται η υπόθεση ότι τα υπόλοιπα θα πρέπει να είναι κανονικά και ανεξάρτητα κατανεμημένα, με σταθερή μεταβλητότητα για κάθε σετ τιμών των επεξηγηματικών μεταβλητών. Επιπροσθέτως, οι επεξηγηματικές μεταβλητές δεν θα πρέπει να είναι συγγραμμικές μεταξύ τους. Ο καθορισμός των μεταβλητών που θα αφαιρεθούν γίνεται κυρίως με τα κριτήρια συγγραμικότητας και τις τιμές του δείκτη t που προκύπτουν από την ανάλυση παλινδρόμησης.

Στο τρίτο βήμα, διενεργούνται διαδοχικές αναλύσεις για τον καθορισμό της καλύτερης εξίσωσης που θα προσαρμόζεται στα δεδομένα. Αφαιρούνται ορισμένες ασυνήθιστες περιοχές για να προσδιοριστεί η επίδρασή τους στις εναπομείναντες περιοχές. Η τελευταία φάση της ανάλυσης περιλαμβάνει την απλοποίηση της εξίσωσης που καθορίστηκε στο προηγούμενο βήμα ως η καλύτερη που προσαρμόζεται στα δεδομένα. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την αφαίρεση των μεταβλητών που είχαν ελάχιστη συνεισφορά στη διεξαγωγή της ανάλυσης παλινδρόμησης.

4.3. Προκαταρκτική ανάλυση

4.3.1. Στατιστικός έλεγχος

Τα στατιστικά στοιχεία της 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας για μέρα και για νύχτα και το είδος λωρίδας, παρουσιάζονται στο πίνακα 6 παρακάτω:

Statistics		V85day_esot	V85day_exot
N	Valid	34	34
	Missing	0	0
Mean		89,6000	91,5015
Std. Error of Mean		1,64103	1,88076
Median		88,2750	91,9250
Mode		87,85	87,85 ^a
Std. Deviation		9,56879	10,96665
Variance		91,562	120,267
Skewness		,325	-,170
Std. Error of Skewness		,403	,403
Kurtosis		,600	,833
Std. Error of Kurtosis		,788	,788
Range		45,15	52,85
Minimum		67,70	64,00
Maximum		112,85	116,85
Sum		3046,40	3111,05
Percentiles	25	84,7500	85,4500
	50	88,2750	91,9250
	75	95,3500	99,5500

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 6: Στατιστικά στοιχεία V_{85} για μέρα

Statistics

		V85night_esot	V85night_exot
N	Valid	34	34
	Missing	0	0
Mean		88,6485	88,7765
Std. Error of Mean		1,81493	2,01002
Median		86,8500	88,6250
Mode		96,85 ^a	77,55 ^a
Std. Deviation		10,58279	11,72032
Variance		111,995	137,366
Skewness		-,061	,165
Std. Error of Skewness		,403	,403
Kurtosis		-,599	,132
Std. Error of Kurtosis		,788	,788
Range		45,55	52,55
Minimum		65,00	64,70
Maximum		110,55	117,25
Sum		3014,05	3018,40
Percentiles	25	80,5250	80,7000
	50	86,8500	88,6250
	75	96,8500	96,4375

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 7: Στατιστικά στοιχεία V_{85} για νύχτα

Από το πίνακα παρατηρείται ότι η μέγιστη μέση $85^{\text{η}}$ ποσοστιαία ταχύτητα είναι την ημέρα στην εξωτερική λωρίδα και η μέγιστη διασπορά της $85^{\text{ης}}$ ποσοστιαίας ταχύτητας είναι την νύχτα στην εξωτερική λωρίδα. Η μέση $85^{\text{η}}$ ποσοστιαία ταχύτητα την ημέρα είναι μεγαλύτερη από την νύχτα, ενώ τη νύχτα η μεταβλητότητα της $85^{\text{ης}}$ ποσοστιαίας ταχύτητας είναι μεγαλύτερη από τη μέρα. Επίσης, στην εξωτερική λωρίδα η μεταβλητότητα της $85^{\text{ης}}$ ποσοστιαίας ταχύτητας είναι μεγαλύτερη από της εσωτερικής.

Τα στατιστικά στοιχεία της Ελικτότητας μεμονωμένης καμπύλης (gon/km), παρουσιάζονται στο πίνακα 8 παρακάτω:

Statistics

N	Valid	34
	Missing	0
Mean		149,7621
Std. Error of Mean		20,61361
Median		139,2400
Mode		,00
Std. Deviation		120,19699
Variance		14447,318
Skewness		,906
Std. Error of Skewness		,403
Kurtosis		,647
Std. Error of Kurtosis		,788
Range		490,00
Minimum		,00
Maximum		490,00
Sum		5091,91
Percentiles	25	60,5150
	50	139,2400
	75	214,1625

Πίνακας 8: Στατιστικά στοιχεία ελικτότητας

Από τον πίνακα παρατηρείται ότι η επικρατούσα τιμή της ελικτότητας είναι η μηδενική και αυτό συμβαίνει λόγω των ευθυγραμμιών.

Τα στατιστικά στοιχεία του πλάτους της λωρίδας, παρουσιάζονται στο πίνακα 9 παρακάτω:

Statistics		
N	Valid	34
	Missing	0
Mean		3,1250
Std. Error of Mean		,05408
Median		3,0000
Mode		3,50
Std. Deviation		,31533
Variance		,099
Skewness		,193
Std. Error of Skewness		,403
Kurtosis		-1,683
Std. Error of Kurtosis		,788
Range		,75
Minimum		2,75
Maximum		3,50
Sum		106,25
Percentiles	25	2,7500
	50	3,0000
	75	3,5000

Πίνακας 9: στατιστικά στοιχεία πλάτους λωρίδας

Από το πίνακα παρατηρείται ότι το μέσο πλάτος λωρίδας είναι 3,12m.

Οι συχνότητες και οι σχετικές συχνότητες του παράγοντα πλάτος λωρίδας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 10:

PlatosLoridas (m)

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2,75	9	13,2	26,5	26,5
	3,00	12	17,6	35,3	61,8
	3,50	13	19,1	38,2	100,0
	Total	34	50,0	100,0	
Missing	System	0	0		
Total		68	100,0		

Πίνακας 10: Συχνότητες και σχετικές συχνότητες πλάτους λωρίδας

Από το πίνακα παρατηρείται ότι οι πιο πολλές περιπτώσεις είναι στο μεγαλύτερο πλάτος λωρίδας.

Στον πίνακα παρακάτω παρουσιάζονται: η 85^η ποσοστιαία ταχύτητα ως προς τον παράγοντα πλάτος λωρίδας, τη μέρα και τη νύχτα και το είδος λωρίδας.

Descriptives

	PlatosLoridas (m)		Statistic	Std. Error
V85night_esot	2,75	Mean	96,0722	3,32720
		Median	95,0000	
		Minimum	78,85	
		Maximum	110,55	
3,00	3,00	Mean	88,1292	2,55220
		Median	86,1250	
		Minimum	75,85	
		Maximum	99,70	
3,50	3,50	Mean	83,9885	2,83909
		Median	81,8500	
		Minimum	65,00	
		Maximum	97,35	
V85night_exot	2,75	Mean	97,9889	3,87495
		Median	96,0000	
		Minimum	83,70	
		Maximum	117,25	
	3,00	Mean	88,8083	3,02611

		Median	90,9250	
		Minimum	65,70	
		Maximum	100,70	
	3,50	Mean	82,3692	2,46213
		Median	80,8500	
		Minimum	64,70	
		Maximum	96,55	
V85day_esot	2,75	Mean	94,3056	4,29841
		Median	87,7000	
		Minimum	80,00	
		Maximum	112,85	
	3,00	Mean	90,3833	1,87739
		Median	89,2750	
		Minimum	80,85	
		Maximum	102,40	
	3,50	Mean	85,6192	2,28336
		Median	87,8500	
		Minimum	67,70	
		Maximum	97,85	
V85day_exot	2,75	Mean	99,7667	3,57177
		Median	99,5500	
		Minimum	81,00	
		Maximum	116,85	
	3,00	Mean	91,5042	2,35329
		Median	87,8500	
		Minimum	80,00	
		Maximum	104,70	
	3,50	Mean	85,7769	2,86270
		Median	88,7000	
		Minimum	64,00	
		Maximum	95,95	

Πίνακας 11: V_{85} ως προς το πλάτος, τη μέρα, τη νύχτα και το είδος λωρίδας

Παρατηρείται ότι, καθώς το επίπεδο του πλάτους λωρίδας αυξάνεται η μέση 85^η ποσοστιαία ταχύτητα μειώνεται, ανεξάρτητα από το αν είναι μέρα ή νύχτα, αν η λωρίδα είναι εσωτερική ή εξωτερική.

Τα στατιστικά στοιχεία της επίκλισης ανά είδος λωρίδας, παρουσιάζονται στον πίνακα 12 παρακάτω:

Statistics		epiklisi_esot	epiklisi_exot
N	Valid	34	34
	Missing	34	34
Mean		4,8294	4,0029
Std. Error of Mean		,35609	,30975
Median		4,8500	3,5500
Mode		5,00	5,50
Std. Deviation		2,07635	1,80613
Variance		4,311	3,262
Skewness		,113	,861
Std. Error of Skewness		,403	,403
Kurtosis		-,590	-,135
Std. Error of Kurtosis		,788	,788
Range		8,30	6,60
Minimum		,70	1,50
Maximum		9,00	8,10
Sum		164,20	136,10

Πίνακας 12: Στατιστικά στοιχεία επίκλισης

Από το πίνακα παρατηρείται ότι η μέση επίκλιση στην εσωτερική λωρίδα είναι μεγαλύτερη από τη μέση επίκλιση στην εξωτερική λωρίδα.

Τα στατιστικά στοιχεία της κατά μήκος κλίσης ανά είδος λωρίδας, παρουσιάζονται στον πίνακα 13 παρακάτω:

Statistics

		katamikosklisi_esot	katamikosklisi_exot
N	Valid	34	34
	Missing	34	34
Mean		,4235	-,4235
Std. Error of Mean		,25584	,25584
Median		,1000	-,1000
Mode		-1,10 ^a	-1,60 ^a
Std. Deviation		1,49181	1,49181
Variance		2,225	2,225
Skewness		,478	-,478
Std. Error of Skewness		,403	,403
Kurtosis		-,750	-,750
Std. Error of Kurtosis		,788	,788
Range		5,80	5,80
Minimum		-2,10	-3,70
Maximum		3,70	2,10
Sum		14,40	-14,40

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Πίνακας 13: Στατιστικά στοιχεία κατά μήκος κλίσης

Από τον πίνακα παρατηρείται ότι η μέγιστη κατά μήκος κλίση στην εσωτερική λωρίδα είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη κατά μήκος κλίση στην εξωτερική λωρίδα.

4.3.2. Διερεύνηση σχέσεων

Παρακάτω διερευνάται η ύπαρξη και το είδος σχέσης της 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας από τους παράγοντες μέρα και νύχτα, είδος λωρίδας και τις μεταβλητές ελικτικότητα μεμονωμένης καμπύλης (gon/km), πλάτος λωρίδας (m), πλάτος ερείσματος (m), επίκλιση (%) και κατά μήκος κλίση (%).

Σχέση 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας με μέρα και νύχτα

Για την διερεύνηση της σχέσης αυτής χρησιμοποιείται το paired t-τεστ, επειδή υπάρχουν κοινά οδικά τμήματα. Ο έλεγχος γίνεται μία φορά για την εσωτερική λωρίδα και μία φορά για την εξωτερική λωρίδα.

Εσωτερική λωρίδα

Για τις μετρήσεις της εσωτερικής λωρίδας το paired t-τεστ είναι t-τεστ = 0,732, και το p value = 0,469, το οποίο είναι μεγαλύτερο από 0,05 και άρα δεν απορρίπτεται η υπόθεση ότι η μέση 85^η ποσοστιαία ταχύτητα είναι ίδια μεταξύ ημέρας και νύχτας. Επομένως, συμπεραίνεται ότι η μέση 85^η ποσοστιαία ταχύτητα την ημέρα δεν διαφέρει από την νύχτα όταν οι διαδρομές γίνονται στην εσωτερική λωρίδα.

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	V85day_esot - V85night_esot	,95147	7,57473	1,29906	-1,69148	3,59442	,732	33	,469

Πίνακας 14: t-τεστ εσωτερικής λωρίδας

Εξωτερική λωρίδα

Για τις μετρήσεις της εξωτερικής λωρίδας το paired t-τεστ είναι t-τεστ = 1,828, και το p value = 0,077, το οποίο είναι μεγαλύτερο από 0,05 και άρα δεν απορρίπτεται η υπόθεση ότι η μέση 85^η ποσοστιαία ταχύτητα είναι ίδια μεταξύ ημέρας και νύχτας. Επομένως, συμπεραίνεται ότι η μέση 85^η ποσοστιαία ταχύτητα την ημέρα δεν διαφέρει από την νύχτα όταν οι διαδρομές γίνονται στην εξωτερική λωρίδα.

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 V85day_exot - V85night_exot	2,72500	8,69247	1,49075	-,30795	5,75795	1,828	33	,077

Πίνακας 15: t-τεστ εξωτερικής λωρίδας

Σχέση 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας με λωρίδα

Για την διερεύνηση αυτής της σχέσης χρησιμοποιείται το paired t-τεστ, επειδή υπάρχουν κοινά οδικά τμήματα. Ο έλεγχος γίνεται μία φορά για την ημέρα και μία φορά για τη νύχτα.

Ημέρα

Για τις μετρήσεις της ημέρας το paired t-τεστ είναι t-τεστ = -1,674, και το p value = 0,104, το οποίο είναι μεγαλύτερο από 0,05 και άρα δεν απορρίπτεται η υπόθεση ότι η μέση 85^η ποσοστιαία ταχύτητα είναι ίδια μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής λωρίδας. Επομένως, συμπεραίνεται ότι η μέση 85^η ποσοστιαία ταχύτητα στην εσωτερική λωρίδα δεν διαφέρει από την εξωτερική λωρίδα όταν οι διαδρομές γίνονται την ημέρα.

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	V85day_esot - V85day_exot	-1,90147	6,62179	1,13563	-4,21192	,40898	-1,674	33	,104

Πίνακας 16: t-τεστ ημέρας

Νύχτα

Για τις μετρήσεις της νύχτας το paired t-τεστ είναι t-τεστ = -0,085, και το p value = 0,933, το οποίο είναι μεγαλύτερο από 0,05 και άρα δεν απορρίπτεται η υπόθεση ότι η μέση 85^η ποσοστιαία ταχύτητα είναι ίδια μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής λωρίδας. Επομένως, συμπεραίνεται ότι η μέση 85^η ποσοστιαία ταχύτητα στην εσωτερική λωρίδα δεν διαφέρει από την εξωτερική λωρίδα όταν οι διαδρομές γίνονται την νύχτα.

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	V85night_esot - V85night_exot	-,12794	8,80730	1,51044	-3,20095	2,94507	-,085	33	,933

Πίνακας 17: t-τεστ νύχτας

Σχέση 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας με πλάτος λωρίδας

Για κάθε ένα από τους τέσσερις συνδυασμούς της μέρας και της νύχτας με το είδος λωρίδας, διερευνάται η ύπαρξη και το είδος της σχέσης της 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας με το παράγοντα πλάτος λωρίδας.

Εσωτερική λωρίδα τη μέρα

Σύμφωνα με το Anova F-τεστ της 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας με το πλάτος λωρίδας υπάρχει στατιστικά ασήμαντη σχέση (p value = 0,103 > 0,05). Επομένως, το πλάτος λωρίδας δεν επηρεάζει τη 85^η ποσοστιαία ταχύτητα.

ANOVA

V85day_esot

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	412,648	2	206,324	2,452	,103
Within Groups	2608,887	31	84,158		
Total	3021,535	33			

Πίνακας 18: Anova τεστ για εσωτερική λωρίδα μέρας

Symmetric Measures

	Value	Asymp. Std. Error ^a	Approx. T ^b	Approx. Sig.
Interval by Pearson's R Interval	-,366	,140	-2,226	,033 ^c
Ordinal by Spearman Ordinal Correlation	-,174	,192	-,999	,325 ^c
N of Valid Cases	34			

a. Not assuming the null hypothesis.

b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

c. Based on normal approximation.

Πίνακας 19: Spearman, Pearson τεστ για εσωτερική λωρίδα μέρας

Εσωτερική λωρίδα τη νύχτα

Σύμφωνα με το Anova F-τεστ της 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας με το πλάτος λωρίδας υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση (p value = 0,025 < 0,05). Η σχέση είναι μέτρια και φθίνουσα και σύμφωνα με το συντελεστή Spearman ισούται με -0,369.

ANOVA

V85night_esot

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	781,549	2	390,774	4,157	,025
Within Groups	2914,299	31	94,010		
Total	3695,847	33			

Πίνακας 20: Anova τεστ για εσωτερική λωρίδα νύχτας

Symmetric Measures

	Value	Asymp. Std. Error ^a	Approx. T ^b	Approx. Sig.
Interval by Pearson's R Interval	-,427	,136	-2,669	,012 ^c
Ordinal by Spearman Ordinal Correlation	-,369	,154	-2,244	,032 ^c
N of Valid Cases	34			

a. Not assuming the null hypothesis.

b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

c. Based on normal approximation.

Πίνακας 21: Spearman, Pearson τεστ για εσωτερική λωρίδα νύχτας

Εξωτερική λωρίδα τη μέρα

Σύμφωνα με το Anova F τεστ της 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας με το πλάτος λωρίδας υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση (p value = 0,009 < 0,05). Η σχέση είναι μέτρια και φθίνουσα και σύμφωνα με το συντελεστή Spearman ισούται με -0,472.

ANOVA

V85day_exot

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1040,837	2	520,419	5,510	,009
Within Groups	2927,985	31	94,451		
Total	3968,822	33			

Πίνακας 22: Anova τεστ για εξωτερική λωρίδα μέρας

Symmetric Measures

	Value	Asymp. Std. Error ^a	Approx. T ^b	Approx. Sig.
Interval by Pearson's R Interval	-,489	,109	-3,171	,003 ^c
Ordinal by Spearman Ordinal Correlation	-,472	,139	-3,028	,005 ^c
N of Valid Cases	34			

a. Not assuming the null hypothesis.

b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

c. Based on normal approximation.

Πίνακας 23: Spearman, Pearson τεστ για εξωτερική λωρίδα μέρας

Εξωτερική λωρίδα τη νύχτα

Σύμφωνα με το Anova F τεστ της 85^{ης} ποσοστιαίας ταχύτητας με το πλάτος λωρίδας υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση (p value = 0,005 < 0.05). Η σχέση είναι μέτρια και φθίνουσα και σύμφωνα με το συντελεστή Spearman ισούται με -0,526.

ANOVA

V85night_exot

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1297,515	2	648,758	6,216	,005
Within Groups	3235,556	31	104,373		
Total	4533,071	33			

Πίνακας 24: Anova τεστ για εξωτερική λωρίδα νύχτας

Symmetric Measures

	Value	Asymp. Std. Error ^a	Approx. T ^b	Approx. Sig.
Interval by Pearson's R	-,511	,116	-3,367	,002 ^c
Ordinal by Spearman	-,526	,126	-3,502	,001 ^c
Ordinal Correlation				
N of Valid Cases	34			

a. Not assuming the null hypothesis.

b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

c. Based on normal approximation.

Πίνακας 25: Spearman, Pearson τεστ για εξωτερική λωρίδα νύχτας

4.3.3. Έλεγχος συγγραμμικότητας μεταξύ των μεταβλητών.

Ο καθορισμός των μεταβλητών που θα αφαιρεθούν γίνεται κυρίως με τα κριτήρια συγγραμμικότητας και τις τιμές του δείκτη t που προκύπτουν από την ανάλυση παλινδρόμησης. Σύμφωνα με την έρευνα των Choueiri and Lamm, 1987, οι ανεξάρτητες μεταβλητές επιτρεπόμενη ταχύτητα και επίκλιση αφαιρέθηκαν από το τελικό μοντέλο καθώς είχαν μεγάλο βαθμό συσχέτισης με το βαθμό καμπύλης και η εισαγωγή συγγραμμικών μεταβλητών στο μοντέλο μπορεί να επιφέρει κακή εκτίμηση

της εξαρτημένης μεταβλητής. Ακόμα, αφαιρέθηκαν το μήκος της καμπύλης, η κατά μήκος κλίση και το μήκος ορατότητας, καθώς οι δείκτες t είχαν τιμές μικρότερες από 1,96. Επίσης, η μεταβλητή η οποία είχε τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή βρέθηκε ότι είναι ο βαθμός της καμπύλης και έπειτα το πλάτος λωρίδας.

Παρόλα αυτά, το πλάτος λωρίδας δεν επιλέγεται τελικά ανάμεσα στα προτεινόμενα μοντέλα ενώ με βάση τη βιβλιογραφική επισκόπηση των μοντέλων λειτουργικής ταχύτητας που αναφέρεται στο 2^ο κεφάλαιο, σε κανένα μοντέλο δεν έχει χρησιμοποιηθεί το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας ως ανεξάρτητη μεταβλητή. Είναι αυτονόητο πως όσο πιο πολλές επεξηγηματικές μεταβλητές υπάρχουν σε ένα μοντέλο, τόσο περισσότερο αυξάνεται η ικανότητα εκτίμησης του, τα σημαντικότερα όμως κριτήρια επιλογής μιας μεταβλητής για την εισαγωγή της στο μοντέλο είναι το κατά πόσο είναι σημαντική στην εξήγηση της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής και η συμβολή της στην αύξηση της ακρίβειας του μοντέλου.

Ακόμα, όπως επισημάνθηκε στο εδάφιο 2.2.3, δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση στην ταχύτητα και στην κατάσταση των ατυχημάτων για κατά μήκος κλίσεις μικρότερες από 6-7%. Επειδή τα δεδομένα των ταχυτήτων της παρούσας έρευνας έχουν ληφθεί σε τοποθεσίες όπου η κατά μήκος κλίση δεν υπερβαίνει το 5-6%, δεν κρίνεται σκόπιμη η εισαγωγή αυτής της μεταβλητής στο μοντέλο εκτίμησης της λειτουργικής ταχύτητας που θα αναπτυχθεί στα επόμενα εδάφια.

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν, παρότι το πλάτος των λωρίδων δεν χρησιμοποιείται στην εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων στα διάφορα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία, το γεγονός ότι παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με τη λειτουργική ταχύτητα το καθιστά μια μεταβλητή που θα πρέπει να εξεταστεί. Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω, στην ανάπτυξη των εξισώσεων πρόβλεψης, θα εξεταστεί πέρα από την ελικτικότητα των μεμονωμένων καμπυλών και η επίδραση του πλάτους των λωρίδων κυκλοφορίας στη λειτουργική ταχύτητα που αναπτύσσεται στις καμπύλες των υπεραστικών δρόμων δύο λωρίδων κυκλοφορίας. Από τη σημαντικότητα των συντελεστών της συνάρτησης (t -value), παρατηρούμε πως το πλάτος του οδοστρώματος συνεισφέρει αρκετά στην εξήγηση της εξαρτημένης μεταβλητής.

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	141,604	10,577		13,387	,000					
	Ke	-,034	,009	-,390	-3,892	,000	-,388	-,435	-,390	1,000	1,000
	PlatosLoridas (m)	-14,798	3,357	-,442	-4,408	,000	-,440	-,480	-,442	1,000	1,000

a. Dependent Variable: V85day

Πίνακας 26: Παλινδρόμηση κατά βήματα για μέρα

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	150,295	11,405		13,178	,000					
	Ke	-,028	,009	-,299	-2,987	,004	-,296	-,347	-,299	1,000	1,000
	PlatosLoridas (m)	-18,462	3,619	-,511	-5,101	,000	-,509	-,535	-,511	1,000	1,000

a. Dependent Variable: V85night

Πίνακας 27: Παλινδρόμηση κατά βήματα για νύχτα

Οι παραπάνω πίνακες περιέχουν τις εκτιμήσεις του μοντέλου. Είναι ίδιοι με την περίπτωση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Όλοι οι συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί και η ερμηνεία που θα δώσουμε σε αυτούς τους συντελεστές είναι παρόμοια με την περίπτωση μιας ανεξάρτητης μεταβλητής. Η σταθερά (141,604 για μέρα και 150,295 για νύχτα) είναι η τιμή στην οποία η ευθεία των ελαχίστων τετραγώνων τέμνει τον κατακόρυφο άξονα συντεταγμένων. Ο συντελεστής της ελικτότητας (-0,034 για μέρα και -0,028 για νύχτα) δείχνει τη μείωση στην αναμενόμενη μέση τιμή της λειτουργικής ταχύτητας αν αυξήσουμε την ελικτότητα κατά μία μονάδα, δεδομένου ότι κρατάμε το πλάτος του

οδοστρώματος σταθερό. Ο συντελεστής του πλάτους οδοστρώματος (-14,798 για μέρα και -18,462 για νύχτα) αναφέρεται στη κύρια επίδραση της ελικτότητας στη λειτουργική ταχύτητα. Για κάθε μονάδα αύξησης του πλάτους του οδοστρώματος με δεδομένο ότι η ελικτότητα είναι σταθερή μειώνεται η λειτουργική ταχύτητα.

Οι δύο τελευταίες στήλες των πινάκων αναφέρονται στα διαγνωστικά συγγραμμικότητας, όπως και οι παρακάτω πίνακες. Το VIF (Variation Inflation Factor) είναι μέτρο διάγνωσης συγγραμμικότητας. Τιμές μεγαλύτερες του 2 αποτελούν ένδειξη ότι έχουμε πρόβλημα συγγραμμικότητας. Η τιμή της Tolerance για μια τιμή φανερώνει το ποσοστό της διακύμανσης της μεταβλητής που εξηγείται από τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου. Πιο συγκεκριμένα, ισχύει ότι το ποσοστό αυτό είναι ίσο με $(1 - \text{Tolerance})\%$. Τιμές της Tolerance μικρότερες του 0,5 αποτελούν ένδειξη του προβλήματος. Πιο πάνω φαίνεται ότι οι τιμές για τις δύο ανεξάρτητες μεταβλητές είναι 1. Η στήλη των παρακάτω πινάκων Condition Index αποτελεί ακόμα ένα διαγνωστικό του προβλήματος. Τιμές μεγαλύτερες του 15 φανερώνουν πιθανό πρόβλημα συγγραμμικότητας και τιμές άνω του 30 σοβαρό πρόβλημα συγγραμμικότητας.

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimen sion	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions		
				(Constant)	Ke	PlatosLoridas (m)
1	1	2,711	1,000	,00	,04	,00
	2	,284	3,087	,00	,95	,01
	3	,005	23,938	,99	,00	,99

a. Dependent Variable: V85day

Πίνακας 28: Συσχετισμοί μεταξύ των μεταβλητών για μέρα

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimen sion	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions		
				(Constant)	Ke	PlatosLoridas (m)
1	1	2,711	1,000	,00	,04	,00
	2	,284	3,087	,00	,95	,01
	3	,005	23,938	,99	,00	,99

a. Dependent Variable: V85night

Πίνακας 29: Συσχετισμοί μεταξύ των μεταβλητών για νύχτα

Ακόμα, από τις συσχετίσεις της ελικτότητας και του πλάτους λωρίδας με την εξαρτημένη μεταβλητή, παρατηρούμε πως το πλάτος λωρίδας συνεισφέρει λιγάκι στον καθορισμό των τιμών της λειτουργικής ταχύτητας. Το γεγονός όμως ότι η μερική συσχέτιση είναι μεγαλύτερη από τη Zero – order, σημαίνει ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό της μεταβλητότητας της λειτουργικής ταχύτητας εξηγείται από το πλάτος του διαθέσιμου οδοστρώματος ενώ δεν υπάρχουν συγγραμμικότητες μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών καθώς ο δείκτης tolerance είναι 1.

Σε αντίστοιχα συμπεράσματα καταλήγουμε κοιτώντας και τους πίνακες συσχετισμού.

Correlations				
		V85day	Ke	PlatosLoridas (m)
Pearson Correlation	V85day	1,000	-,388	-,440
	Ke	-,388	1,000	-,006
	PlatosLoridas (m)	-,440	-,006	1,000
Sig. (1-tailed)	V85day	.	,001	,000
	Ke	,001	.	,480
	PlatosLoridas (m)	,000	,480	.

Πίνακας 30: Συσχετισμοί των παραμέτρων του μοντέλου για μέρα

Correlations				
		V85night	Ke	PlatosLoridas (m)
Pearson Correlation	V85night	1,000	-,296	-,509
	Ke	-,296	1,000	-,006
	PlatosLoridas (m)	-,509	-,006	1,000
Sig. (1-tailed)	V85night	.	,007	,000
	Ke	,007	.	,480
	PlatosLoridas (m)	,000	,480	.

Πίνακας 31: Συσχετισμοί των παραμέτρων του μοντέλου για νύχτα

Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson, όπως φαίνεται στους παραπάνω πίνακες αποτελεί ένα μέτρο καθορισμού της γραμμικότητας μεταξύ δύο μεταβλητών. Παρατηρούμε μεγάλη συσχέτιση της λειτουργικής ταχύτητας V85 με την Ελικτότητα Ke, όπως αναμενόταν. Ωστόσο συμβαίνει το ίδιο με τη λειτουργική ταχύτητα και το πλάτος του οδοστρώματος. Το θετικό πρόσημο της σχέσης μεταξύ των δύο παραμέτρων (πλάτος οδοστρώματος και λειτουργικής ταχύτητας) σημαίνει πως το

πλάτος του οδοστρώματος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή της ταχύτητας από τους οδηγούς.

4.4. Ανάπτυξη μοντέλων λειτουργικής ταχύτητας

Προκειμένου να αναπτυχθούν μοντέλα πρόβλεψης της επίδρασης της γεωμετρίας ενός δρόμου στη λειτουργική ταχύτητα που αναπτύσσεται στα κέντρα των καμπυλών και των ευθυγραμμιών, χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι απλής και πολλαπλής ανάλυσης παλινδρόμησης. Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της ταχύτητας του οδηγού όπως τα όρια ταχυτήτων, ο κυκλοφοριακός φόρτος, οι χρήσεις γης (πχ αστική περιοχή, σχολεία κ.ά.). Η μελέτη αυτή επικεντρώνεται στη σχέση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της γεωμετρίας του δρόμου κατά την οδήγηση την ημέρα αλλά και τη νύχτα και κατά συνέπεια τα δεδομένα των ταχυτήτων που συλλέχθηκαν ήταν σε συνθήκες ελεύθερης ροής προκειμένου να αποφευχθεί η επίδραση του κυκλοφοριακού φόρτου αλλά και άλλων μεταβλητών. Όλοι οι επιλεγόμενοι δρόμοι ήταν μακριά από κατοικημένες περιοχές και χρήσεις γης όπου τα όρια ταχύτητας μπορεί να περιορίζονται εξαιτίας αυτών των παραγόντων. Επίσης, στα σημεία που έγιναν οι μετρήσεις δεν υπήρχαν κυκλικοί κόμβοι οι οποίοι θα επηρέαζαν αισθητά την ταχύτητα. Στη διαδικασία εκτίμησης του μοντέλου ταχύτητας ακολουθήθηκε η εξής προσέγγιση:

Χρησιμοποιήθηκε ως κύρια μεταβλητή το τεταμένο της μεμονωμένης καμπύλης για την εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας. Οι ταχύτητες σε κάθε καμπύλη και ευθυγραμμία που παρατηρήθηκαν και στις δύο κατευθύνσεις ενώθηκαν σε μία κατανομή και η 85^η ποσοστιαία ταχύτητα υπολογίστηκε για κάθε καμπύλη και ευθυγραμμία. Επομένως, ο αριθμός των παρατηρήσεων που χρησιμοποιήθηκε για την προσέγγιση αυτή ήταν 29 καμπύλες και 5 ευθυγραμμίες.

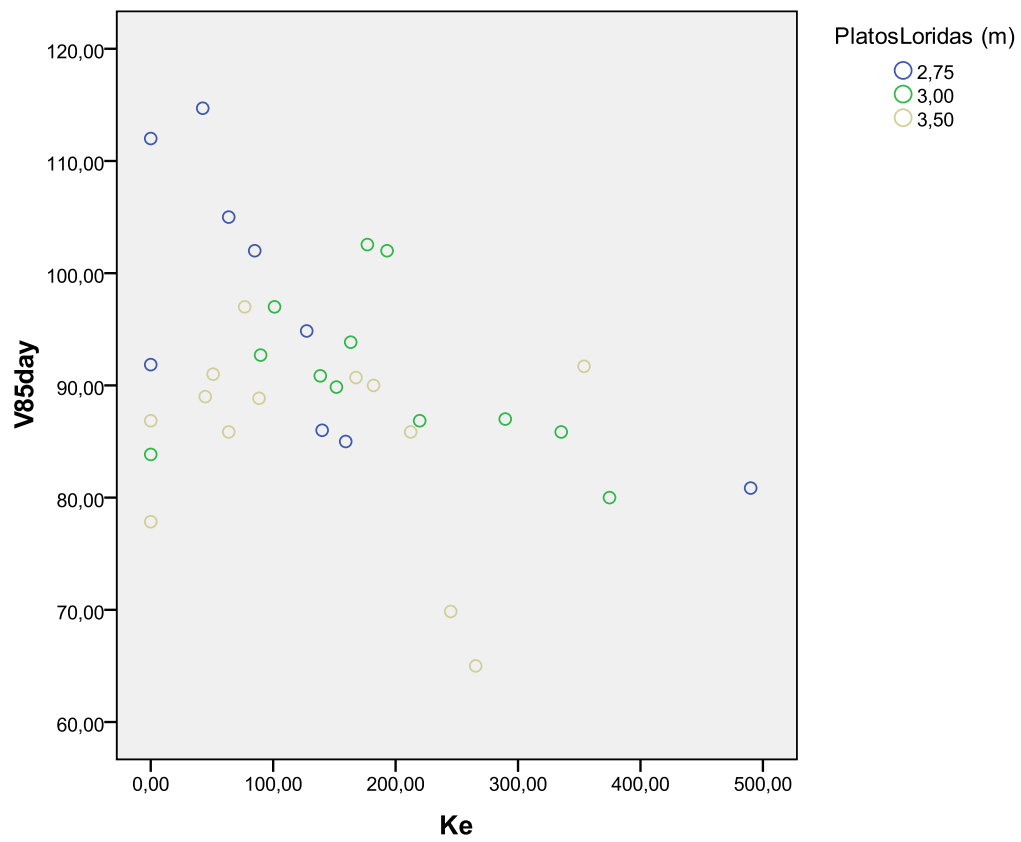
Για το δείγμα αυτό των λειτουργικών ταχυτήτων, έγιναν αναλύσεις απλής αλλά και πολλαπλής παλινδρόμησης. Η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν η λειτουργική ταχύτητα ενώ η ανεξάρτητη μεταβλητή και στις δύο περιπτώσεις ήταν η ελικτότητα της μεμονωμένης καμπύλης, ενώ στην περίπτωση της πολλαπλής παλινδρόμησης εισήχθη στο μοντέλο και το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας ως ανεξάρτητη μεταβλητή, αφού όπως αναφέρθηκε στο εδάφιο 4.3.3 φαίνεται να επηρεάζει σε κάποιο βαθμό τη 85^η ποσοστιαία λειτουργική ταχύτητα.

Όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι ανάλυσης παλινδρόμησης. Στην πρώτη, χρησιμοποιήθηκε μια ανεξάρτητη μεταβλητή ως επεξηγηματική μεταβλητή, ενώ στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης. Ο λόγος ανάπτυξης μοντέλων μιας μεταβλητής είναι ότι αυτά είναι πιο πρακτικά στη χρήση τους καθώς απαιτούν δεδομένα από λιγότερες μεταβλητές (μόνο μία).

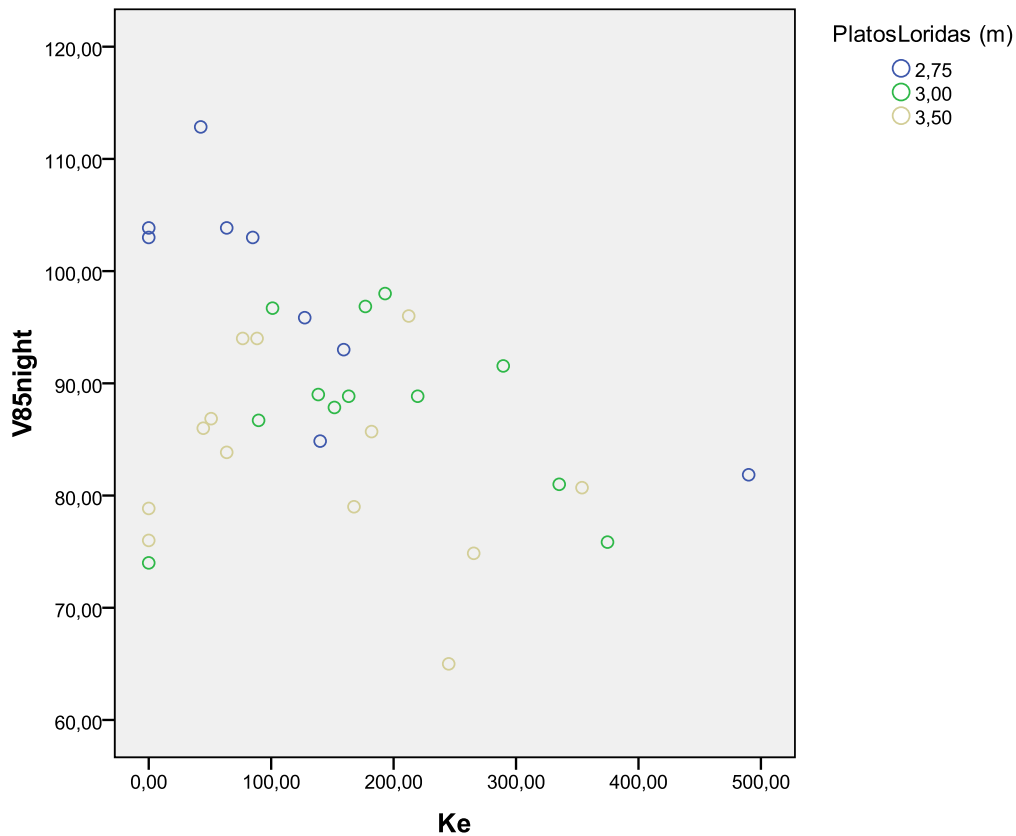
Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι μαθηματικοί τύποι για την εισαγωγή των ανεξάρτητων μεταβλητών και τα κριτήρια αξιολόγησης της προβλεπόμενης ακρίβειας στα μοντέλα ήταν τα ακόλουθα:

- Η τιμή του συντελεστή R^2 θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη και σημαντική σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Παρόλα αυτά, ο συντελεστής αυτός εξηγεί κατά πόσο το εκτιμώμενο μοντέλο εξηγεί τη διασπορά της εξαρτημένης μεταβλητής από τα δεδομένα του δείγματος και δεν μπορεί να μας πληροφορήσει αν η σχέση μεταξύ των μεταβλητών είναι σημαντική.
- Η πληροφορία αυτή λαμβάνεται από το δείκτη F για τον οποίο αν η τιμή του δείκτη p είναι μικρότερη από 0,05 υποδεικνύεται μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της εξαρτημένης και της ανεξάρτητης μεταβλητής.
- Κάθε μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές θα πρέπει να έχει συντελεστές παλινδρόμησης στατιστικά διάφορους του 0 (δείκτης t >1,96 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%), το πρόσημο των οποίων θα πρέπει να εξηγεί τη φυσική σημασία της επίδρασης της μεταβλητής στη λειτουργική ταχύτητα.
- Η ανάλυση των κανονικοποιημένων υπολοίπων σε σύγκριση με τις κανονικοποιημένες εκτιμώμενες τιμές θα πρέπει να επιβεβαιώνουν τις υποθέσεις της γραμμικότητας και της ομοιογένειας των παρατηρήσεων.

4.4.1. Επιλογή μεθόδου ανάλυσης παλινδρόμησης



Σχήμα 2: Διάγραμμα διασποράς για μέρα



Σχήμα 3: Διάγραμμα διασποράς για νύχτα

Από το διάγραμμα διασποράς φαίνεται ότι το δείγμα των ταχυτήτων εκφράζεται ως συνάρτηση του αντιστρόφου της ελικτότητας. Για να ελεγχθεί αυτό θα πρέπει να γίνει μια προκαταρκτική εξέταση των πιθανών συναρτήσεων που να είναι και εύκολες στη χρήση τους αλλά φυσικά να μπορούν να περιγράψουν τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής. Οι συναρτήσεις που επιλέχθηκαν για να προσεγγίσουν τα δεδομένα της έρευνας είναι η γραμμική, η αντίστροφη, η λογαριθμική και το πολυώνυμο δευτέρου βαθμού, όλες με μοναδική ανεξάρτητη μεταβλητή την ελικτότητα. Προκειμένου να υπάρχει μια καλύτερη εξέταση των δεδομένων και για να εντοπιστεί το πιο αξιόπιστο μοντέλο που θα έχει μία από τις παραπάνω μορφές, έγιναν τρεις προσεγγίσεις. Η επεξεργασία αφορούσε τα δεδομένα της μέρας αλλά και της νύχτας. Συγκεκριμένα τα μοντέλα προσέγγισης των δεδομένων ήταν της μορφής:

Γραμμικά μοντέλα

$V_{85} = a_1 \cdot K_e + c$ γραμμική συνάρτηση

$V_{85} = a_1 \cdot K_e + a_2 \cdot K_e^2 + c$ πολυωνυμική συνάρτηση 2^{ου} βαθμού

Μη γραμμικά μοντέλα

$V_{85} = a_1 \cdot \ln K_e + c$ λογαριθμική συνάρτηση

$V_{85} = a_1 \cdot \frac{1}{K_e} + c$ αντίστροφη συνάρτηση

V_{85} : η 85^η ποσοστιαία λειτουργική ταχύτητα

a_i : συντελεστές των μεταβλητών

c : σταθερός όρος

1^η περίπτωση

Στην προσέγγιση αυτή, έγινε μια διερεύνηση στην αξιοπιστία της γραμμικής και της πολυωνυμικής συνάρτησης, εξαιτίας του γεγονότος ότι στη λογαριθμική συνάρτηση και στην αντίστροφη συνάρτηση δεν μπορούν να εισαχθούν μηδενικές παρατηρήσεις (οι ελικτότητες των ευθυγραμμιών). Και στις δύο περιπτώσεις ο συντελεστής διασποράς R^2 δεν είναι ικανοποιητικός ούτε για τα δεδομένα της μέρας, αλλά ούτε για της νύχτας.

ΜΕΡΑΓραμμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,404	,163	,137	9,477

The independent variable is K_e .

Πίνακας 32α: R^2 γραμμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	561,048	1	561,048	6,247	,018
Residual	2873,905	32	89,810		
Total	3434,953	33			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 33α: Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,034	,014	-,404	-2,499	,018
(Constant)	95,552	2,620		36,465	,000

Πίνακας 34α: Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης

Πολυωνυμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,406	,164	,111	9,622

The independent variable is Ke.

Πίνακας 32β: R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	564,890	2	282,445	3,051	,062
Residual	2870,062	31	92,583		
Total	3434,953	33			

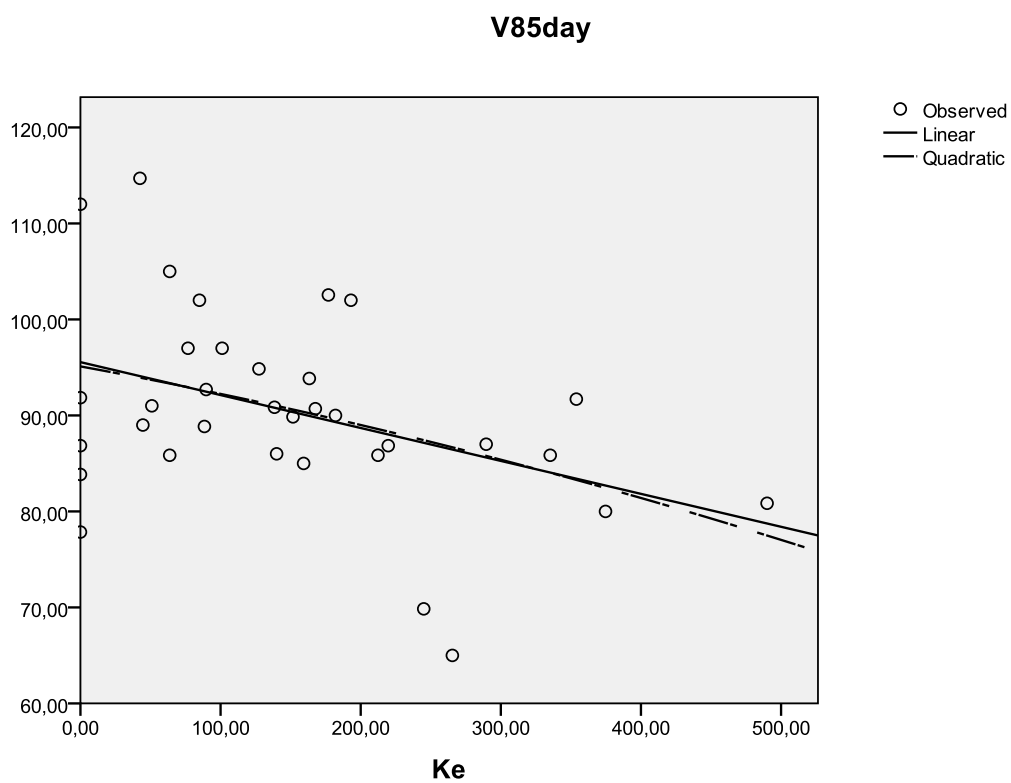
The independent variable is Ke.

Πίνακας 33β: Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,027	,040	-,315	-,677	,503
Ke ** 2	-1,875E-5	,000	-,095	-,204	,840
(Constant)	95,107	3,443		27,619	,000

Πίνακας 34β: Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης



Σχήμα 4: Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, πολυωνυμικής συνάρτησης μέρας

ΝΥΧΤΑΓραμμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,300	,090	,060	9,170

The independent variable is Ke.

Πίνακας 35α: R^2 γραμμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	249,742	1	249,742	2,970	,095
Residual	2522,740	30	84,091		
Total	2772,482	31			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 36α: Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,023	,014	-,300	-1,723	,095
(Constant)	93,307	2,536		36,787	,000

Πίνακας 37α: Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης

Πολυωνυμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,362	,131	,071	9,116

The independent variable is Ke.

Πίνακας 35β: R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	362,523	2	181,262	2,181	,131
Residual	2409,959	29	83,102		
Total	2772,482	31			

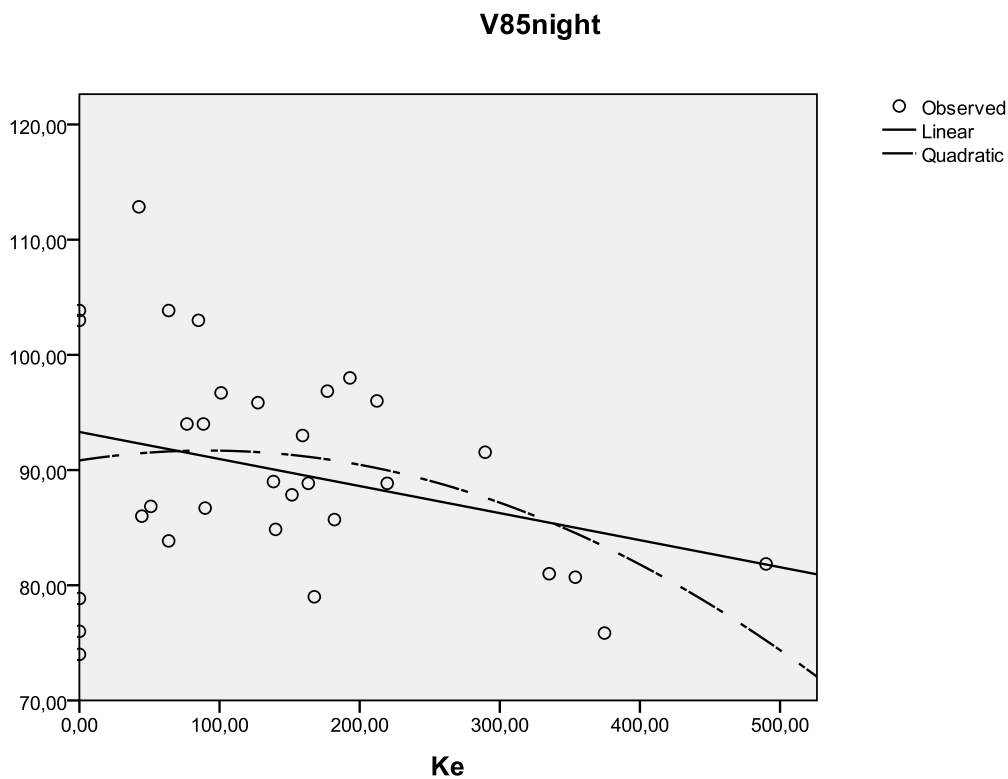
The independent variable is Ke.

Πίνακας 36β: Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	,019	,039	,241	,486	,631
Ke ** 2	,000	,000	-,577	-1,165	,254
(Constant)	90,836	3,295		27,567	,000

Πίνακας 37β: Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης



Σχήμα 5: Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, πολυωνυμικής συνάρτησης νύχτας

2^η περίπτωση

Στην προσέγγιση αυτή, αφαιρέθηκαν τα δεδομένα που αφορούν τις ευθυγραμμίες και διερευνήθηκαν όλες οι συναρτήσεις. Με μια πρόχειρη εξέταση υποδεικνύει ως καλύτερη την πολυωνυμική συνάρτηση αφού ο συντελεστής διασποράς R^2 είναι ο μεγαλύτερος και συγκεκριμένα εξηγεί τη μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής στα δεδομένα του δείγματος σε ποσοστό 31% για τη μέρα και 31% για τη νύχτα. Ακολουθεί η λογαριθμική συνάρτηση με αντίστοιχο συντελεστή 30% για τη μέρα και 29% για τη νύχτα, ενώ έπεται η γραμμική συνάρτηση με R^2 ίσο με 28% τη μέρα και 28% τη νύχτα και τέλος η αντίστροφη συνάρτηση έχει R^2 ίσο με 26% τη μέρα και 23% τη νύχτα.

Ο πίνακας Anova ελέγχει την αποδοχή του μοντέλου από στατιστικής άποψης και σύμφωνα με αυτόν παρατηρείται πως και στις τέσσερις περιπτώσεις και τη μέρα και τη νύχτα, τα στοιχεία της παλινδρόμησης είναι κατά πολύ μικρότερα από τα υπόλοιπα. Αυτό σημαίνει ότι η διασπορά η οποία έχει ληφθεί και εξηγείται στα μοντέλα είναι μικρότερη από τη μεταβλητότητα η οποία δεν έχει ληφθεί κατά τον

υπολογισμό των μοντέλων. Ακόμα, από τον ίδιο πίνακα παρατηρείται πως ο δείκτης F είναι σημαντικός αφού η τιμή του δείκτη p είναι μικρότερη από 0,05. Από τον πίνακα αυτό όμως δεν φαίνεται το κατά πόσο είναι ισχυρό το μοντέλο αλλά φαίνεται μόνο η μεταβλητότητα της εξαρτημένης μεταβλητής. Η πληροφορία αυτή αντλείται από το γεγονός ότι το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης είναι και στα τέσσερα μοντέλα πολύ μικρότερο από την τυπική απόκλιση του δείγματος που είναι 9,92 για τη μέρα και 9,75 για τη νύχτα.

Το σημαντικότερο στοιχείο το δίνει ο πίνακας των συντελεστών ο οποίος με το δείκτη t αναφέρει τη σημαντικότητα των όρων που έχουν χρησιμοποιηθεί στο μοντέλο. Η σημαντικότητα του σταθερού όρου στη γραμμική και την αντίστροφη συνάρτηση είναι κατά πολύ μεγαλύτερη και για τη μέρα, αλλά και για τη νύχτα, από την αντίστοιχη της πολυωνυμικής συνάρτησης γεγονός το οποίο υποδηλώνει την ισχυρή του θέση μέσα στο μοντέλο. Δεν ισχύει το ίδιο και για τη λογαριθμική συνάρτηση, η οποία όμως έχει πολύ μεγάλο σταθερό όρο ενώ το τυπικό σφάλμα εκτίμησης του είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των άλλων συναρτήσεων.

ΜΕΡΑ

Γραμμική συνάρτηση

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,529	,279	,253	8,572

The independent variable is Ke.

Πίνακας 38α: R^2 γραμμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	769,265	1	769,265	10,469	,003
Residual	1984,025	27	73,482		
Total	2753,290	28			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 39α: Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,047	,015	-,529	-3,236	,003
(Constant)	98,691	3,016		32,725	,000

Πίνακας 40α: Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης

Λογαριθμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,551	,303	,277	8,429

The independent variable is Ke.

Πίνακας 38β: R^2 λογαριθμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	834,914	1	834,914	11,751	,002
Residual	1918,376	27	71,051		
Total	2753,290	28			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 39β: Ανάλυση διασποράς λογαριθμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
ln(Ke)	-8,272	2,413	-,551	-3,428	,002
(Constant)	131,521	12,096		10,873	,000

Πίνακας 40β: Συντελεστές λογαριθμικής συνάρτησης

Αντίστροφη συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,509	,259	,232	8,692

The independent variable is Ke.

Πίνακας 38γ: R^2 αντίστροφης συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	713,354	1	713,354	9,442	,005
Residual	2039,935	27	75,553		
Total	2753,290	28			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 39γ: Ανάλυση διασποράς αντίστροφης συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 / Ke	851,219	277,022	,509	3,073	,005
(Constant)	83,102	2,872		28,931	,000

Πίνακας 40γ: Συντελεστές αντίστροφης συνάρτησης

Πολυωνυμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,560	,313	,260	8,528

The independent variable is Ke.

Πίνακας 38δ: R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	862,507	2	431,253	5,930	,008
Residual	1890,783	26	72,722		
Total	2753,290	28			

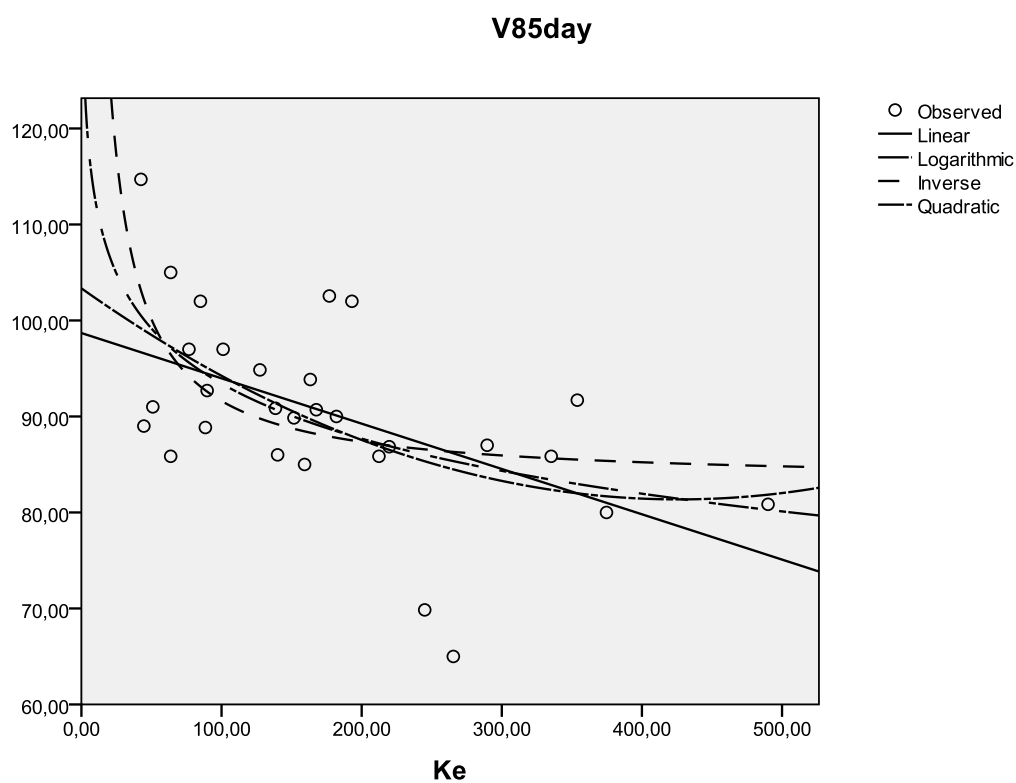
The independent variable is Ke.

Πίνακας 39δ: Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,103	,052	-1,155	-2,003	,056
Ke ** 2	,000	,000	,653	1,132	,268
(Constant)	103,346	5,089		20,307	,000

Πίνακας 40δ: Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης



Σχήμα 6: Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, λογαριθμικής, αντίστροφης, πολυωνυμικής συνάρτησης μέρας

ΝΥΧΤΑ

Γραμμική συνάρτηση

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,534	,285	,258	8,400

The independent variable is Ke.

Πίνακας 41α: R^2 γραμμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	758,767	1	758,767	10,755	,003
Residual	1904,921	27	70,553		
Total	2663,687	28			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 42α: Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,047	,014	-,534	-3,279	,003
(Constant)	97,279	2,955		32,920	,000

Πίνακας 43α: Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης

Λογαριθμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,537	,289	,262	8,377

The independent variable is Ke.

Πίνακας 41β: R^2 λογαριθμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	768,855	1	768,855	10,956	,003
Residual	1894,832	27	70,179		
Total	2663,687	28			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 42β: Ανάλυση διασποράς λογαριθμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
ln(Ke)	-7,938	2,398	-,537	-3,310	,003
(Constant)	128,505	12,022		10,689	,000

Πίνακας 43β: Συντελεστές λογαριθμικής συνάρτησης

Αντίστροφη συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,479	,230	,201	8,718

The independent variable is Ke.

Πίνακας 41γ: R^2 αντίστροφης συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	611,803	1	611,803	8,050	,009
Residual	2051,884	27	75,996		
Total	2663,687	28			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 42γ: Ανάλυση διασποράς αντίστροφης συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 / Ke	788,305	277,833	,479	2,837	,009
(Constant)	82,287	2,881		28,563	,000

Πίνακας 43γ: Συντελεστές αντίστροφης συνάρτησης

Πολυωνυμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,553	,306	,253	8,432

The independent variable is Ke.

Πίνακας 41δ: R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	815,314	2	407,657	5,734	,009
Residual	1848,374	26	71,091		
Total	2663,687	28			

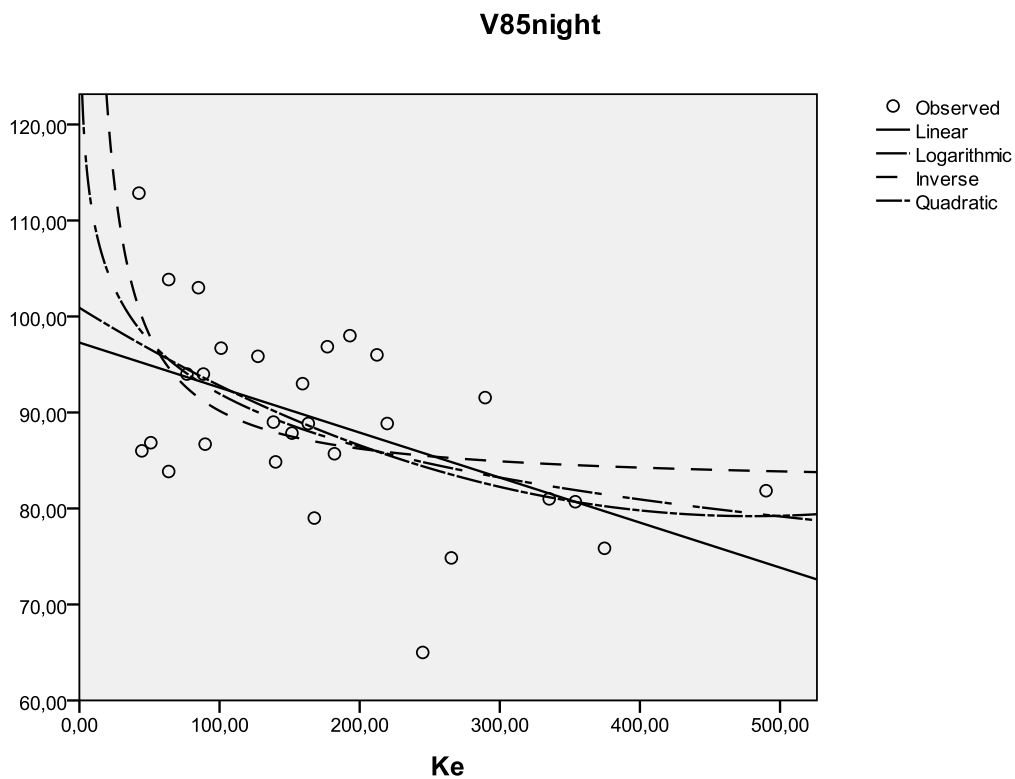
The independent variable is Ke.

Πίνακας 42δ: Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,090	,051	-1,030	-1,776	,087
Ke ** 2	9,427E-5	,000	,517	,892	,381
(Constant)	100,904	5,032		20,053	,000

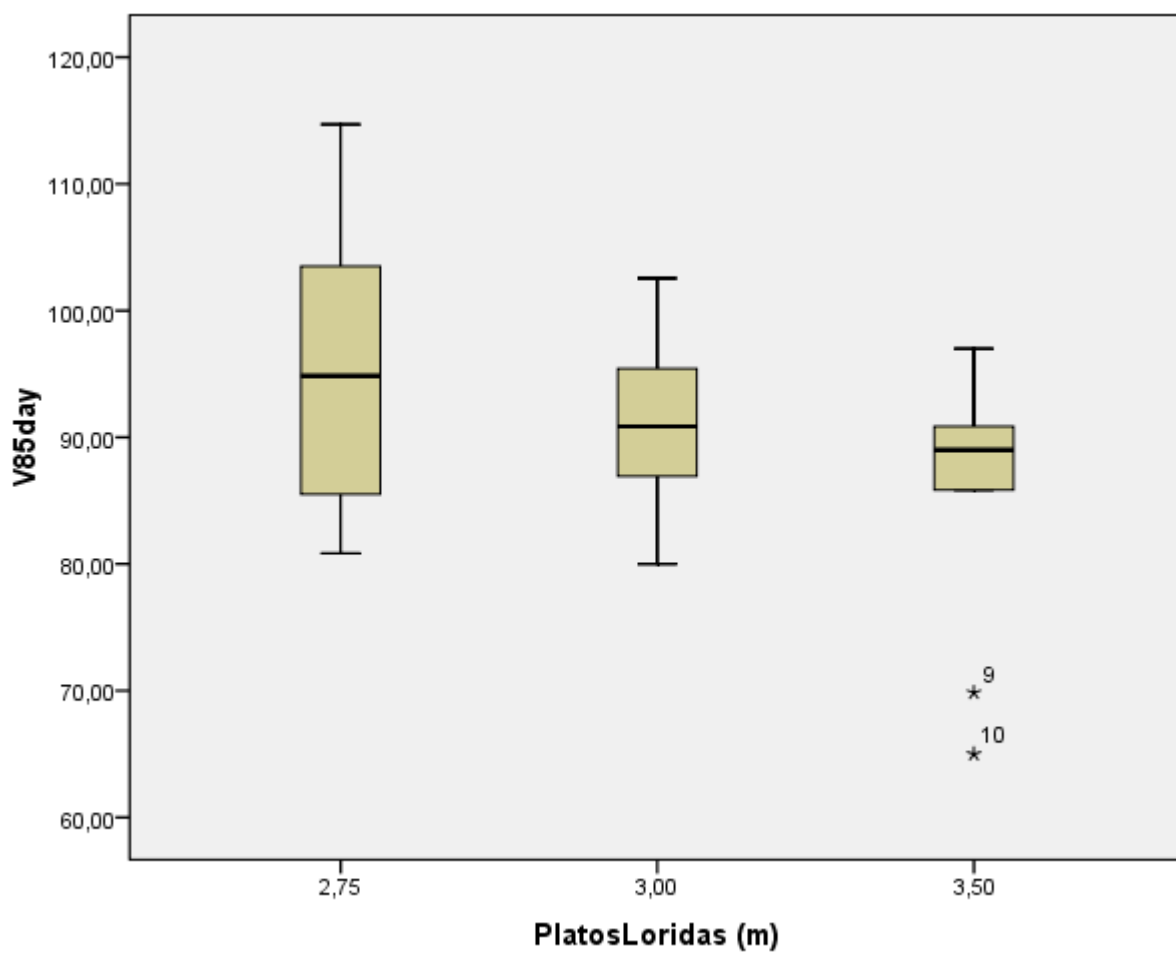
Πίνακας 43δ: Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης



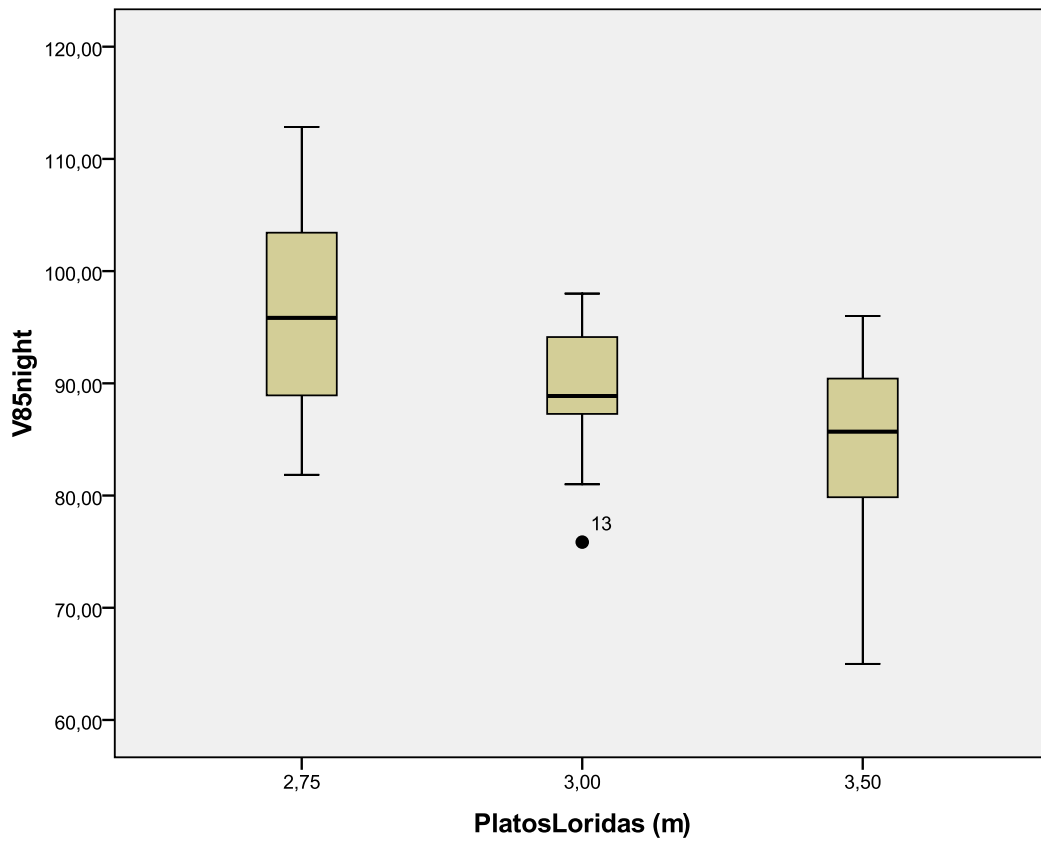
Σχήμα 7: Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, λογαριθμικής, αντίστροφης, πολυωνυμικής συνάρτησης νύχτας

3^η περίπτωση

Από ότι φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα μέρας και νύχτας υπάρχουν κάποια σημεία τα οποία είναι πολύ απομακρυσμένα από τα υπόλοιπα και μπορεί να επηρεάζουν την αξιοπιστία του μοντέλου. Διερευνώντας μέσω της βοήθειας ενός boxplot για τα πλάτη λωρίδας, φαίνεται πως για τα δεδομένα της μέρας στην λωρίδα με πλάτος 3,50m, τα σημεία 9, 10 είναι απομακρυσμένα και όσον αφορά για τα δεδομένα της νύχτας στην λωρίδα με πλάτος 3,00m το σημείο 13.



Σχήμα 8: Boxplot λωρίδων για μέρα



Σχήμα 9: Boxplot λωρίδων για νύχτα

Αφού αφαιρεθούν τα απομακρυσμένα όπως φαίνονται πιο πάνω σημεία, γίνεται πάλι η διερεύνηση για τη συνάρτηση που θα είναι καλύτερη για την απεικόνιση του μοντέλου. Τα αποτελέσματα είναι περίπου τα ίδια με τα αποτελέσματα που προέκυψαν πριν την αφαίρεση των απομακρυσμένων σημείων. Ο συντελεστής διασποράς R^2 μειώνεται σε όλες τις συναρτήσεις και άρα δεν είναι σημαντική η εξέταση των παρακάτω μοντέλων με τα λιγότερα σημεία.

ΜΕΡΑΓραμμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,534	,285	,256	6,781

The independent variable is Ke.

Πίνακας 44α: R^2 γραμμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	457,756	1	457,756	9,955	,004
Residual	1149,530	25	45,981		
Total	1607,287	26			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 45α: Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,037	,012	-,534	-3,155	,004
(Constant)	98,411	2,387		41,230	,000

Πίνακας 46α: Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης

Λογαριθμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,534	,285	,256	6,781

The independent variable is Ke.

Πίνακας 44β: R^2 λογαριθμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	457,832	1	457,832	9,958	,004
Residual	1149,454	25	45,978		
Total	1607,287	26			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 45β: Ανάλυση διασποράς λογαριθμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
ln(Ke)	-6,310	2,000	-,534	-3,156	,004
(Constant)	123,204	9,941		12,393	,000

Πίνακας 46β: Συντελεστές λογαριθμικής συνάρτησης

Αντίστροφη συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,495	,245	,215	6,968

The independent variable is Ke.

Πίνακας 44γ: R^2 αντίστροφης συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	393,618	1	393,618	8,108	,009
Residual	1213,668	25	48,547		
Total	1607,287	26			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 45γ: Ανάλυση διασποράς αντίστροφης συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 / Ke	647,805	227,503	,495	2,847	,009
(Constant)	86,326	2,433		35,486	,000

Πίνακας 46γ: Συντελεστές αντίστροφης συνάρτησης

Πολυωνυμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,536	,287	,228	6,908

The independent variable is Ke.

Πίνακας 44δ: R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	461,905	2	230,953	4,839	,017
Residual	1145,381	24	47,724		
Total	1607,287	26			

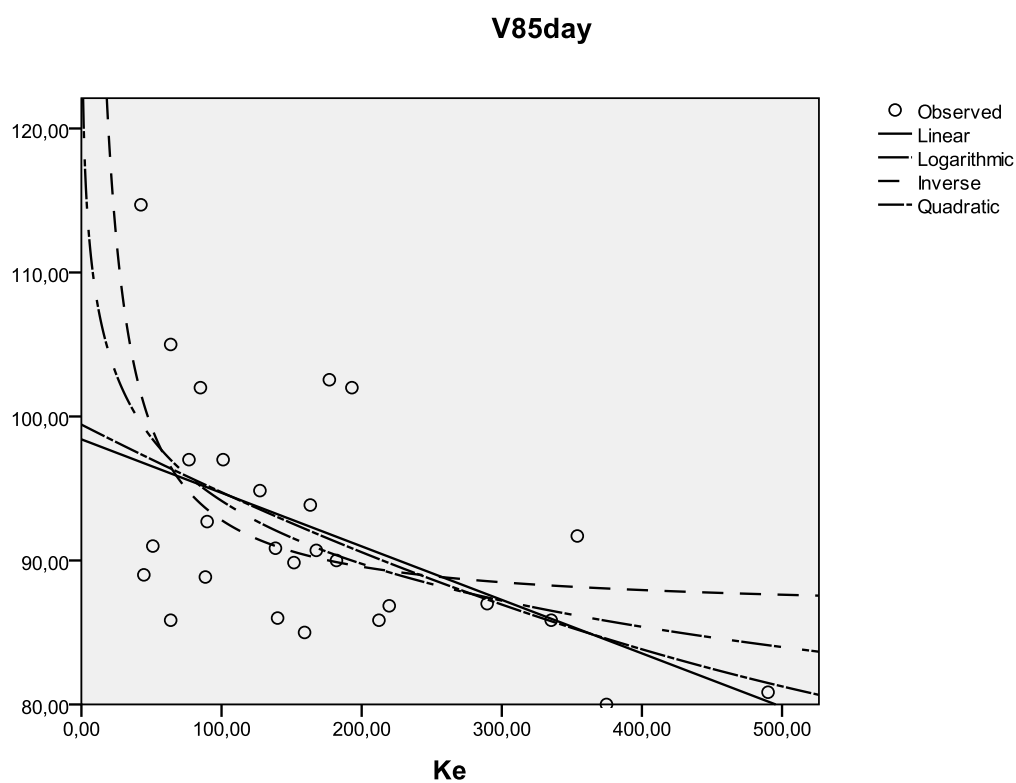
The independent variable is Ke.

Πίνακας 45δ: Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,050	,044	-,712	-1,130	,270
Ke ** 2	2,651E-5	,000	,186	,295	,771
(Constant)	99,436	4,241		23,449	,000

Πίνακας 46δ: Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης



Σχήμα 10: Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, λογαριθμικής, αντίστροφης, πολυωνυμικής συνάρτησης μέρας

ΝΥΧΤΑ

Γραμμική συνάρτηση

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,490	,240	,211	8,520

The independent variable is Ke.

Πίνακας 47α: R^2 γραμμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	595,899	1	595,899	8,209	,008
Residual	1887,372	26	72,591		
Total	2483,272	27			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 48α: Ανάλυση διασποράς γραμμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,044	,015	-,490	-2,865	,008
(Constant)	96,976	3,060		31,689	,000

Πίνακας 49α: Συντελεστές γραμμικής συνάρτησης

Λογαριθμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,501	,251	,222	8,457

The independent variable is Ke.

Πίνακας 47β: R^2 λογαριθμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	623,786	1	623,786	8,722	,007
Residual	1859,486	26	71,519		
Total	2483,272	27			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 48β: Ανάλυση διασποράς λογαριθμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
ln(Ke)	-7,445	2,521	-,501	-2,953	,007
(Constant)	126,270	12,546		10,065	,000

Πίνακας 49β: Συντελεστές λογαριθμικής συνάρτησης

Αντίστροφη συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,453	,205	,175	8,712

The independent variable is Ke.

Πίνακας 47γ: R^2 αντίστροφης συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	509,814	1	509,814	6,717	,015
Residual	1973,458	26	75,902		
Total	2483,272	27			

The independent variable is Ke.

Πίνακας 48γ: Ανάλυση διασποράς αντίστροφης συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 / Ke	733,195	282,905	,453	2,592	,015
(Constant)	83,076	2,982		27,859	,000

Πίνακας 49γ: Συντελεστές αντίστροφης συνάρτησης

Πολυωνυμική συνάρτηση**Model Summary**

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,515	,265	,206	8,545

The independent variable is Ke.

Πίνακας 47δ: R^2 πολυωνυμικής συνάρτησης

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	657,696	2	328,848	4,503	,021
Residual	1825,576	25	73,023		
Total	2483,272	27			

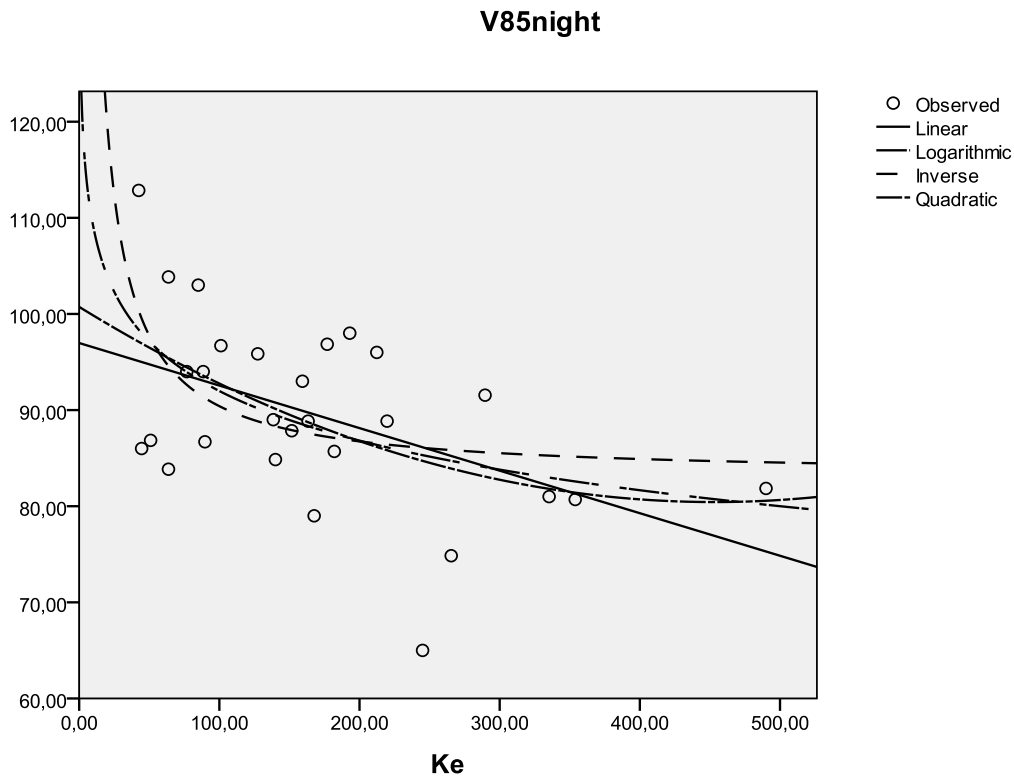
The independent variable is Ke.

Πίνακας 48δ: Ανάλυση διασποράς πολυωνυμικής συνάρτησης

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Ke	-,090	,052	-,992	-1,734	,095
Ke ** 2	9,883E-5	,000	,526	,920	,366
(Constant)	100,733	5,109		19,717	,000

Πίνακας 49δ: Συντελεστές πολυωνυμικής συνάρτησης



Σχήμα 11: Διάγραμμα μοντέλων γραμμικής, λογαριθμικής, αντίστροφης, πολυωνυμικής συνάρτησης νύχτας

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικότητα του δείκτη F αλλά και το γεγονός ότι οι συντελεστές της μεταβλητής της πολυωνυμικής συνάρτησης είναι εξαιρετικά μικροί (της τάξης του 10^{-1} και 10^{-5}), συμπερασματικά επιλέγεται η λογαριθμική και αντίστροφη συνάρτηση για την απόδοση του μοντέλου.

4.4.2. Μεθοδολογία των αναλύσεων παλινδρόμησης

Από την προκαταρκτική ανάλυση που προηγήθηκε και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επιρροή της ελικτότητας και του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας στην λειτουργική ταχύτητα, κρίθηκε σκόπιμη η ανάπτυξη δύο μοντέλων με τη χρήση ανάλυσης παλινδρόμησης για την εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας σε σχέση με τα διάφορα γεωμετρικά στοιχεία για τα επιβατηγά αυτοκίνητα. Στην πρώτη περίπτωση έγινε ανάλυση παλινδρόμησης ξεχωριστά για τα τρία διαφορετικά πλάτη λωρίδας (2,75, 3,00, 3,50m) των καμπυλών ενώ στη δεύτερη περίπτωση, η

παλινδρόμηση έγινε συνδυαστικά για όλα τα πλάτη των λωρίδων. Η διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων λειτουργικών ταχυτήτων πραγματοποιήθηκε από τα δεδομένα των ταχυτήτων τόσο ξεχωριστά για κάθε λωρίδα κυκλοφορίας όσο και για το συνδυασμό των ταχυτήτων από τις δύο κατευθύνσεις σε μια ενιαία κατανομή για το κάθε οδικό τμήμα και για μέρα αλλά και για νύχτα. Οι διαφορετικές προσεγγίσεις στην ανάπτυξη των μοντέλων περιγράφονται στα εδάφια 4.4.3.1 και 4.4.3.2.

4.4.3. Μοντέλα ανάλυσης παλινδρόμησης

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα εδάφια, υπάρχει μια ισχυρή θετική σχέση μεταξύ της 85^{ης} ποσοστιαίας λειτουργικής ταχύτητας και του αντιστρόφου της ελικτότητας. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις σχετικά με την καταλληλότητα των μοντέλων για την εκτίμηση των λειτουργικών ταχυτήτων, αυτά θα περιγράφονται ως συνάρτηση του αντιστρόφου της ελικτότητας και του φυσικού λογαρίθμου της.

Έτσι λοιπόν το ένα μοντέλο θα είναι της μορφής:

$$V_{85} = a_1 \frac{1}{K_e} + c \text{ το οποίο εκφράζει την αντίστροφη συνάρτηση}$$

Και ένα μοντέλο της μορφής:

$$V_{85} = a_1 \cdot \ln(K_e + a_2) + a_3 \text{ το οποίο εκφράζει τη λογαριθμική συνάρτηση.}$$

Αφού υπολογίστηκαν οι λειτουργικές ταχύτητες για τα οδικά τμήματα που επιλέχθηκαν, συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο παλινδρόμησης. Η εισαγωγή τους και η κατασκευή των εξισώσεων εκτίμησης λειτουργικής ταχύτητας έγινε με τη χρήση μη γραμμικής παλινδρόμησης με περιορισμό.

4.4.3.1. Πρώτη Προσέγγιση

Κατά την προσέγγιση αυτή τα δεδομένα των ταχυτήτων του κάθε οδικού τμήματος ενώθηκαν σε μια ενιαία κατανομή και ο υπολογισμός των λειτουργικών ταχυτήτων πραγματοποιήθηκε από το συνδυασμό των ταχυτήτων των δύο κατευθύνσεων κυκλοφορίας. Η διαδικασία αυτή έγινε και για τα δεδομένα της μέρας, αλλά και για τα δεδομένα της νύχτας.

Τα καταλληλότερα μοντέλα που επιλέχθηκαν είναι τα παρακάτω:

ΜΕΡΑ

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 2,75m

$$V_{85} = \frac{107914.213}{K_e + 987.282}, \text{ με } R^2 = 62\%$$

$$V_{85} = -14.569 \cdot \ln(K_e + 1) + 165.153, \text{ με } R^2 = 84\%$$

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 3,00m

$$V_{85} = \frac{175314.723}{K_e + 1713.091}, \text{ με } R^2 = 41\%$$

$$V_{85} = -88.000 \cdot \ln(K_e + 1611.445) + 751.835, \text{ με } R^2 = 42\%$$

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 3,50m

$$V_{85} = \frac{166828.914}{K_e + 1788.112}, \text{ με } R^2 = 20\%$$

$$V_{85} = -11.184 \cdot \ln(K_e + 100.465) + 147.266, \text{ με } R^2 = 21\%$$

ΝΥΧΤΑ

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 2,75m

$$V_{85} = \frac{127481.996}{K_e + 1176.539}, \text{ με } R^2 = 65\%$$

$$V_{85} = -12.941 \cdot \ln(K_e + 1) + 158.346, \text{ με } R^2 = 83\%$$

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 3,00m

$$V_{85} = \frac{187135.861}{K_e + 1898.443}, \text{ με } R^2 = 35\%$$

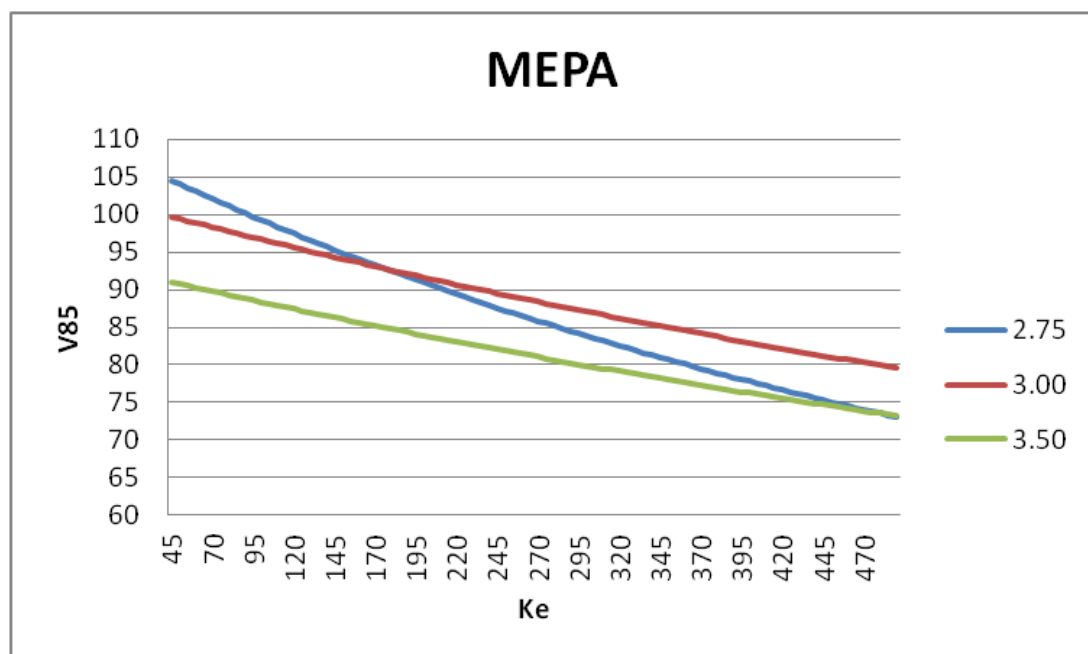
$$V_{85} = -82.489 \cdot \ln(K_e + 1670.036) + 710.617, \text{ με } R^2 = 36\%$$

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 3,50m

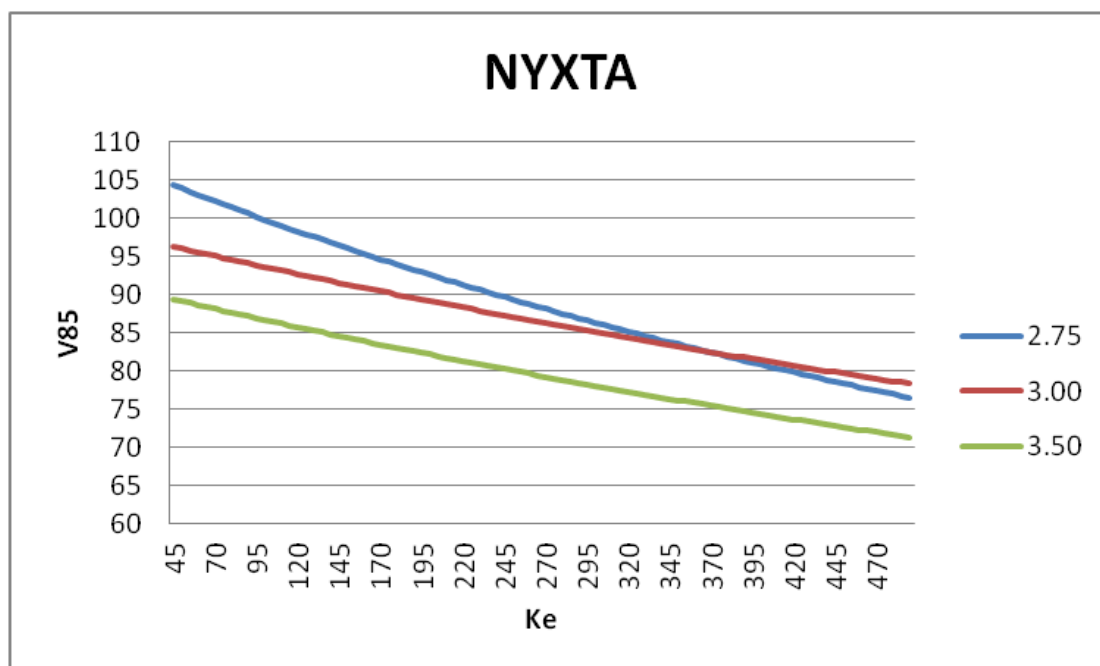
$$V_{85} = \frac{156807.140}{K_e + 1708.695}, \text{ με } R^2 = 25\%$$

$$V_{85} = -53.906 \cdot \ln(K_e + 1045.140) + 466.384, \text{ με } R^2 = 25\%$$

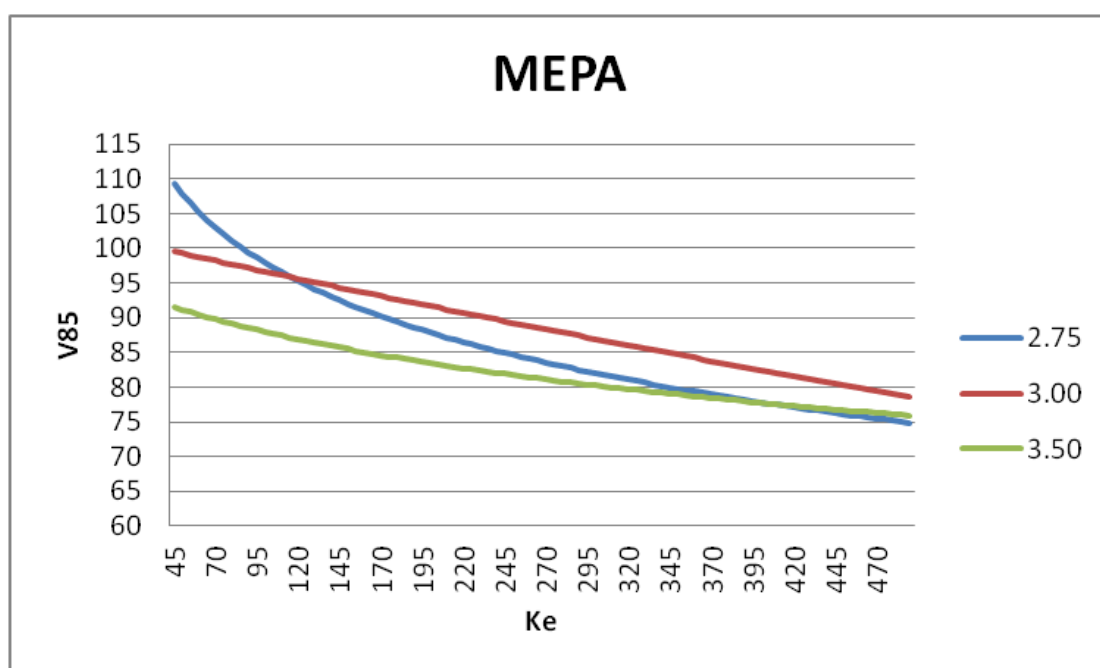
Στα παρακάτω διαγράμματα παριστάνονται τα παραπάνω μοντέλα της λειτουργικής ταχύτητας για τις 3 κατηγορίες πλάτους λωρίδας για τη μέρα αλλά και για τη νύχτα. Το εύρος της ελικτότητας όπως φαίνεται πιο κάτω είναι από 45 – 490gop/km, αφού αυτό το εύρος καλύπτουν και τα δεδομένα. Για τις πιο πάνω ή πιο κάτω από αυτό το εύρος τιμές δεν προκύπτει κάποιο συμπέρασμα.



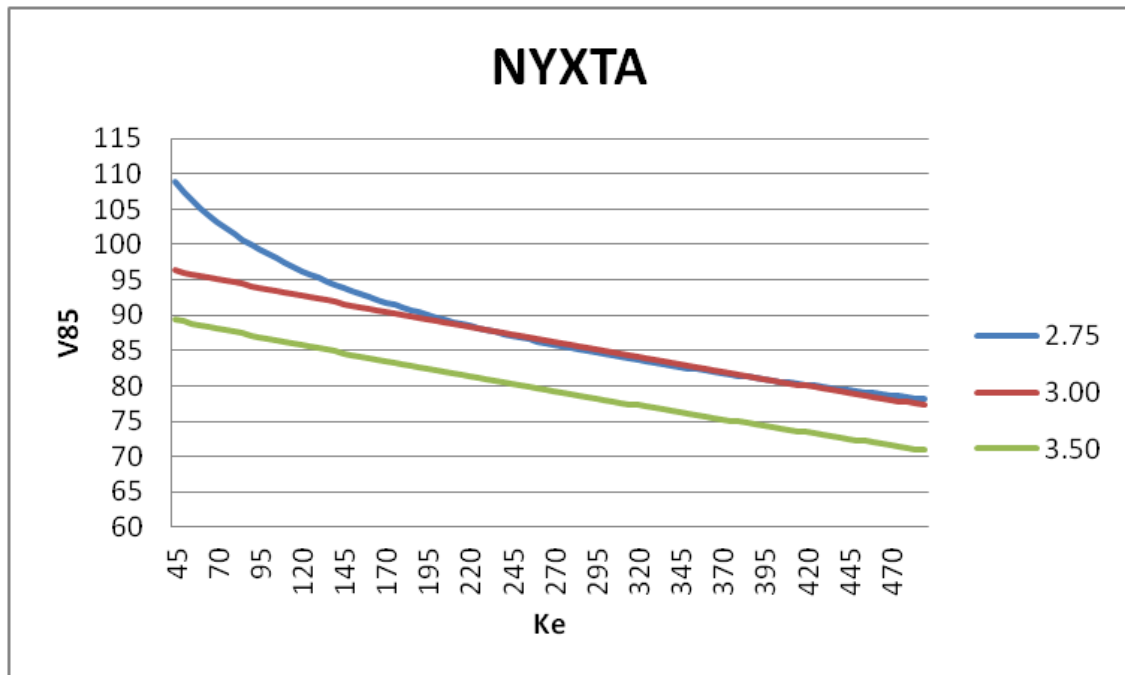
Σχήμα 12: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα



Σχήμα 13: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα



Σχήμα 14: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα



Σχήμα 15: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα

Μοντέλο για όλες τις λωρίδες με χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης

Στην περίπτωση αυτή εξετάστηκε η επίδραση του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας στην εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας (περαιτέρω ανάλυση αυτής περιγράφεται στο εδάφιο 4.3).

ΜΕΡΑ

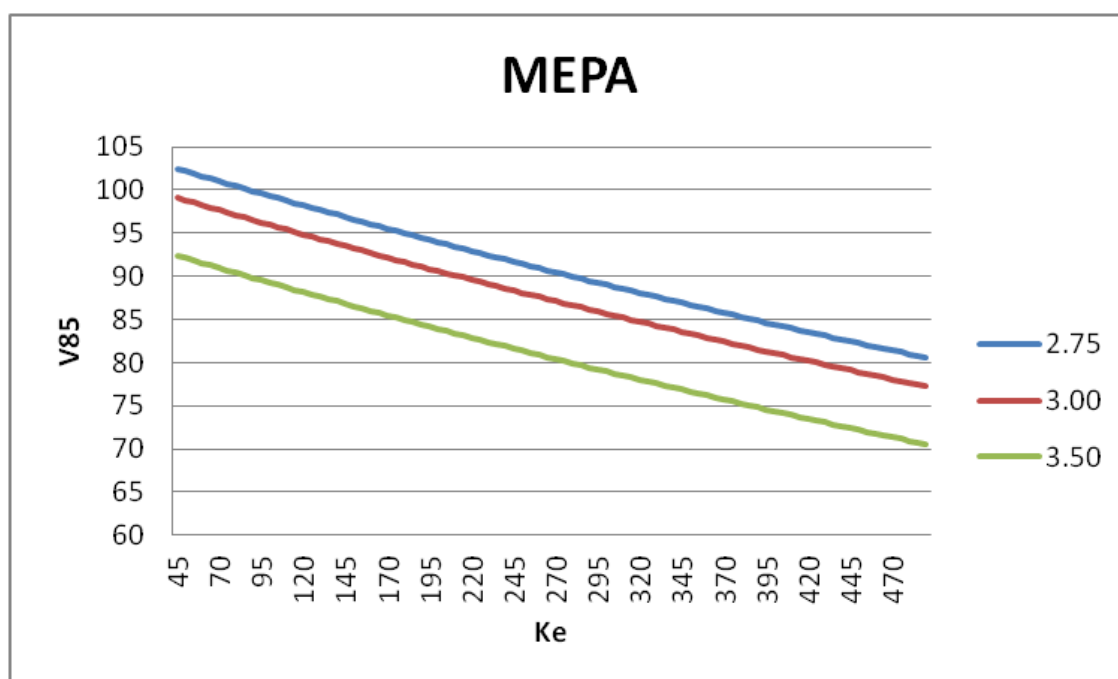
$$V_{85} = \frac{332657.400}{K_e + 2342.623} - 13.402 \cdot b, \text{ με } R^2 = 47\%$$

$$V_{85} = -9.951 \cdot \ln(K_e + 18.852) - 13.441 \cdot b + 183.372, \text{ με } R^2 = 48\%$$

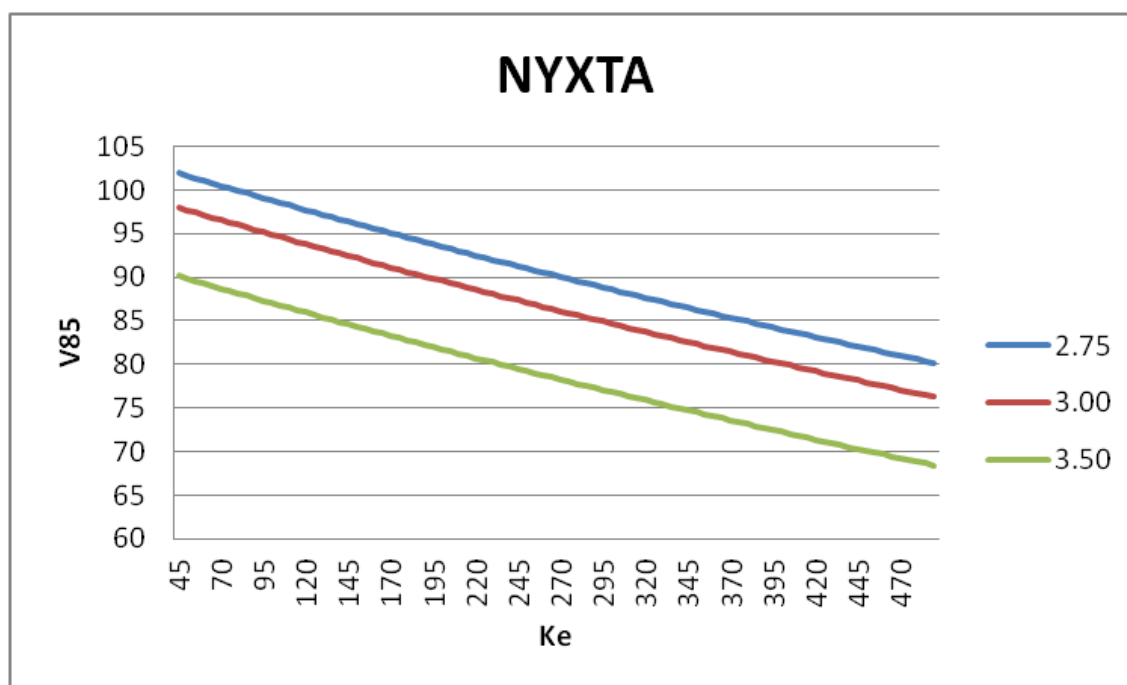
ΝΥΧΤΑ

$$V_{85} = \frac{366286.784}{K_e + 2480.741} - 15.681 \cdot b, \text{ με } R^2 = 54\%$$

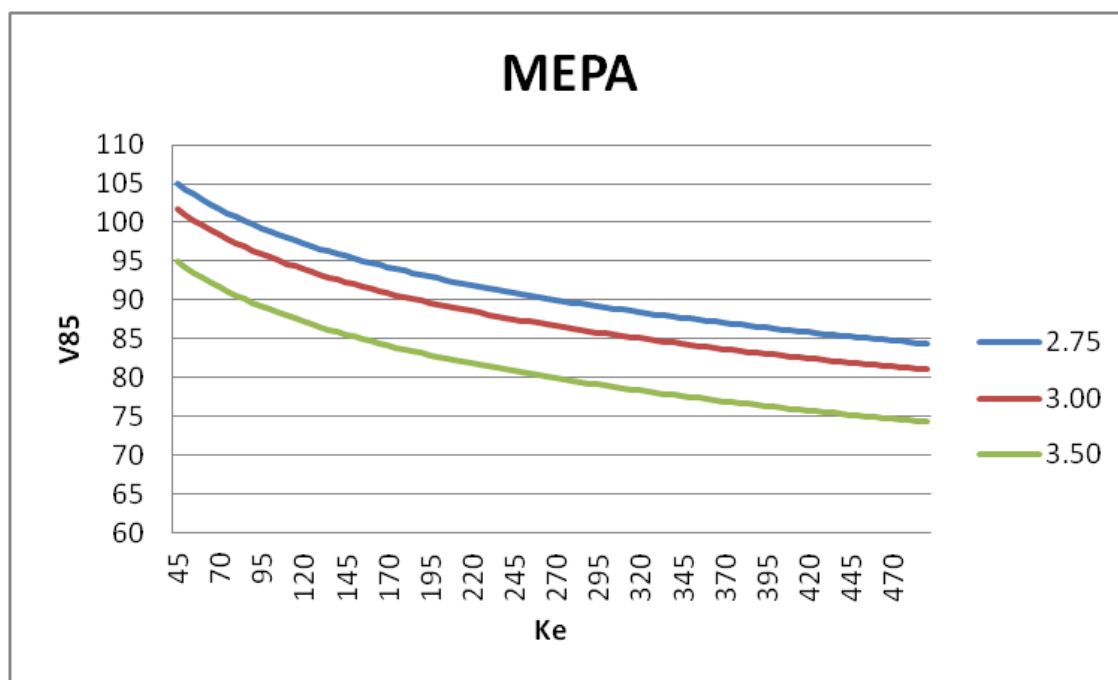
$$V_{85} = -18.016 \cdot \ln(K_e + 161.127) - 15.587 \cdot b + 241.804, \text{ με } R^2 = 55\%$$



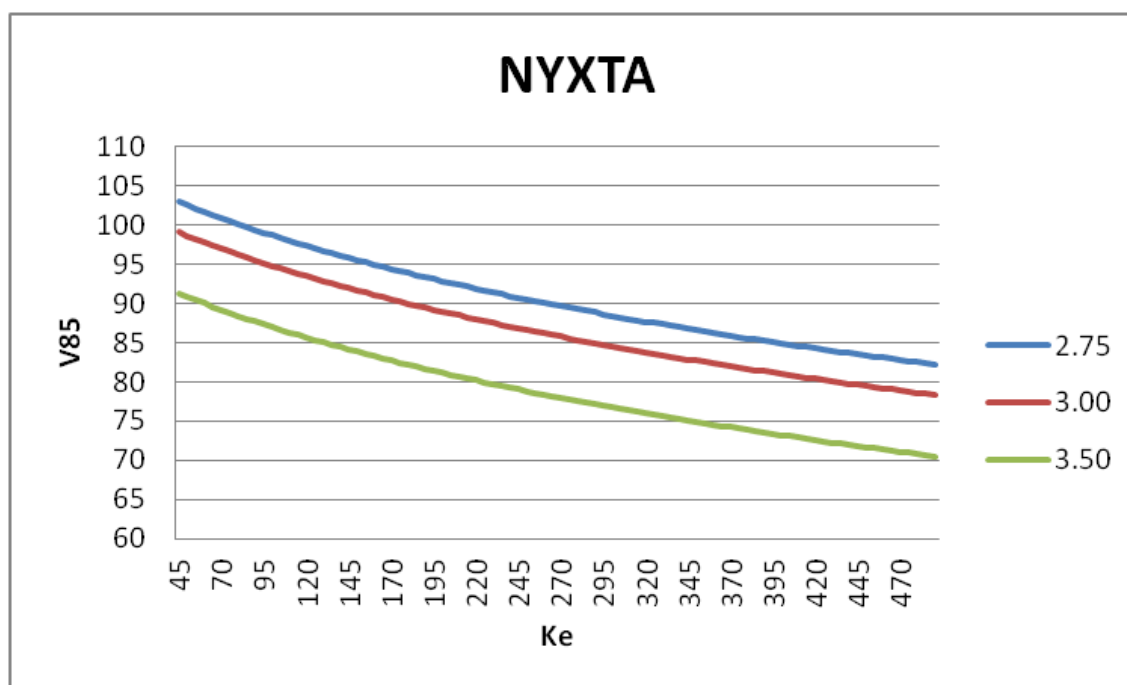
Σχήμα 16: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα με τη χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης



Σχήμα 17: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα με τη χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης



Σχήμα 18: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα με τη χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης



Σχήμα 19: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα με τη χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης

Μοντέλο για όλες τις λωρίδες με χρήση απλής παλινδρόμησης**ΜΕΡΑ**

$$V_{85} = \frac{156921.374}{K_e + 1566.777}, \text{ με } R^2 = 29\%$$

$$V_{85} = -11.375 \cdot \ln(K_e + 47.791) + 150.650, \text{ με } R^2 = 31\%$$

ΝΥΧΤΑ

$$V_{85} = \frac{155279.765}{K_e + 1574.691}, \text{ με } R^2 = 29\%$$

$$V_{85} = -16.614 \cdot \ln(K_e + 148.929) + 184.263, \text{ με } R^2 = 30\%$$

Παρατηρείται ότι το πλάτος λωρίδας εξηγεί τη διασπορά της εξαρτημένης μεταβλητής σε ποσοστό 18 – 24% και επομένως κρίνεται σκόπιμη η χρήση της συνάρτησης των δύο επεξηγηματικών μεταβλητών.

Για να ελεγχθεί περαιτέρω η παραπάνω υπόθεση, θα εξεταστούν οι εκτιμώμενες τιμές των μοντέλων που κατασκευάστηκαν ξεχωριστά για κάθε λωρίδα με τη χρήση των t-τεστ και για διάφορες κατηγορίες ελκτότητας. Από τη διεξαγωγή των t-τεστ για τις εκτιμώμενες τιμές των λειτουργικών ταχυτήτων από τα μοντέλα (1), (2), (3), παρατηρείται πως για τα διάφορα πλάτη των λωρίδων, οι διαφορές στις ταχύτητες ως συνάρτηση της ελκτότητας κυμαίνονται ανάλογα με τις τιμές της τελευταίας και δεν είναι σταθερές κάτι που παρατηρήθηκε και στην έρευνα Marchionna, Perco, 2007.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	V85day_2.75	93,4395	52	6,13572	,85087
	V85day_3.00	93,1237	52	3,74937	,51994
Pair 2	V85day_2.75	93,4395	52	6,13572	,85087
	V85day_3.50	85,2152	52	3,29920	,45752
Pair 3	V85day_3.00	93,1237	52	3,74937	,51994
	V85day_3.50	85,2152	52	3,29920	,45752

Πίνακας 50: t-τεστ ταχυτήτων για το αντίστροφο μοντέλο της μέρας για ελικτότητες 45 – 300gon/km.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	V85night_2.75	94,7924	52	5,34424	,74111
	V85night_3.00	90,4816	52	3,31586	,45983
Pair 2	V85night_2.75	94,7924	52	5,34424	,74111
	V85night_3.50	83,4881	52	3,36930	,46724
Pair 3	V85night_3.00	90,4816	52	3,31586	,45983
	V85night_3.50	83,4881	52	3,36930	,46724

Πίνακας 51: t-τεστ ταχυτήτων για το αντίστροφο μοντέλο της νύχτας για ελικτότητες 45 – 300gon/km.

Για τιμές ελικτότητας από 45 – 300gon/km εντοπίζεται διαφορά 8km/h τη μέρα και 11km/h τη νύχτα για το αντίστροφο μοντέλο στις προβλεπόμενες λειτουργικές ταχύτητες που αναπτύσσονται στις οδούς με πλάτος λωρίδας 2,75m σε σχέση με τις αντίστοιχες που παρατηρούνται στις λωρίδες των 3,00 και 3,50m. Για τις ταχύτητες στις λωρίδες 3,00 και 3,50m δεν παρατηρήθηκε κάποια μεγάλη διαφορά γεγονός που ενδεχομένως υποδεικνύει ότι είναι αμελητέα η επίδραση του πλάτους της λωρίδας για αυτές τις τιμές της ελικτότητας.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	V85day_2.75	78,0512	38	3,13775	,50901
	V85day_3.00	83,1204	38	2,19007	,35528
Pair 2	V85day_2.75	78,0512	38	3,13775	,50901
	V85day_3.50	76,3786	38	1,94326	,31524
Pair 3	V85day_3.00	83,1204	38	2,19007	,35528
	V85day_3.50	76,3786	38	1,94326	,31524

Πίνακας 52: t-τεστ ταχυτήτων για το αντίστροφο μοντέλο της μέρας για ελικτότητες 300 – 490gon/km.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	V85night_2.75	81,0889	38	2,86669	,46504
	V85night_3.00	81,5537	38	1,97507	,32040
Pair 2	V85night_2.75	81,0889	38	2,86669	,46504
	V85night_3.50	74,5010	38	1,96707	,31910
Pair 3	V85night_3.00	81,5537	38	1,97507	,32040
	V85night_3.50	74,5010	38	1,96707	,31910

Πίνακας 53: t-τεστ ταχυτήτων για το αντίστροφο μοντέλο της νύχτας για ελικτότητες 300 – 490gon/km.

Από την έρευνα των Choueiri και Lamm 1987, (Part II, σελ.101), όπου μελετήθηκε η επίδραση της διαπλάτυνσης των λωρίδων κυκλοφορίας στις λειτουργικές ταχύτητες και στο ρυθμό των ατυχημάτων, αναφέρεται ότι οι διαφορές στους ρυθμούς των ατυχημάτων είναι πιο έκδηλες μεταξύ των λωρίδων των 3,65 και 3,35m από τις αντίστοιχες για πλάτη λωρίδων 3,00m. Η επισήμανση αυτή ενδεχόμενα να επεξηγεί την παρόμοια επιλογή της ταχύτητας στους δρόμους όπου τα πλάτη λωρίδας είναι 2,75 και 3,50m.

Για μεγαλύτερες τιμές ελικτότητας (300 – 490gon/km) η διαφορά αυτή είναι μικρότερη γεγονός που πιθανών υποδηλώνει τη σημαντικότητα της επίδρασης της ακτίνας και συσχετιζόμενων με αυτή παράγοντες όπως το μήκος ορατότητας και άρα η επίδραση του πλάτους της λωρίδας δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την επιλογή της ταχύτητας των οδηγών. Για καμπύλες με μεγαλύτερη τιμή ελικτότητας οι διαφορές αυτές εξομαλύνονται, γεγονός που ίσως να επιβεβαιώνει την υπόθεση της επίδρασης της ακτίνας στις πολύ κλειστές καμπύλες και οι όποιες διαφορές στις ταχύτητες που εντοπίστηκαν να οφείλονται σε τυχαία γεγονότα.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, κρίνεται σκόπιμη η ανάπτυξη ενός μοντέλου η οποία θα περιλαμβάνει τη λειτουργική ταχύτητα ως συνάρτηση της ελικτότητας για δύο διαφορετικές κατηγορίες πλάτους λωρίδας. Η μία συνάρτηση θα εκτιμά την 85^η λειτουργική ταχύτητα στα οδικά τμήματα πλάτους λωρίδας 2,75m ενώ η δεύτερη συνάρτηση του μοντέλου θα εκτιμά τη λειτουργική ταχύτητα στις λωρίδες 3,00 και 3,50m.

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδες 3,00 – 3,50m

ΜΕΡΑ

$$V_{85} = \frac{222557.374}{K_e + 2329.158}, \text{ με } R^2 = 16\%$$

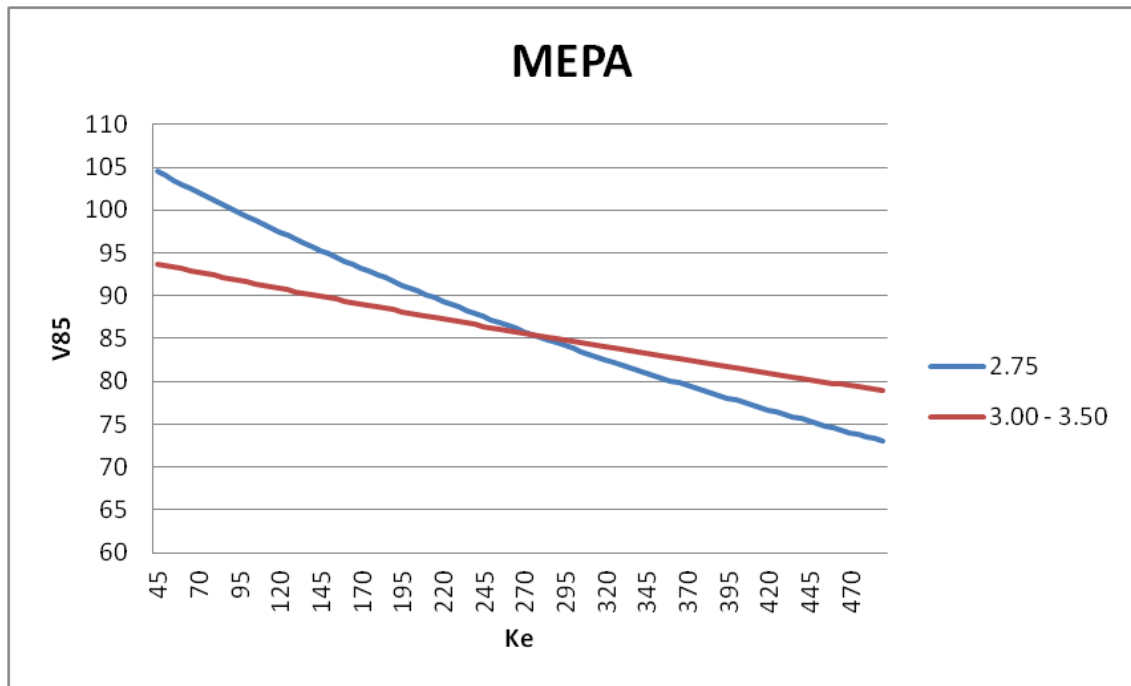
$$V_{85} = -65.362 \cdot \ln(K_e + 1651.957) + 579.826, \text{ με } R^2 = 16\%$$

ΝΥΧΤΑ

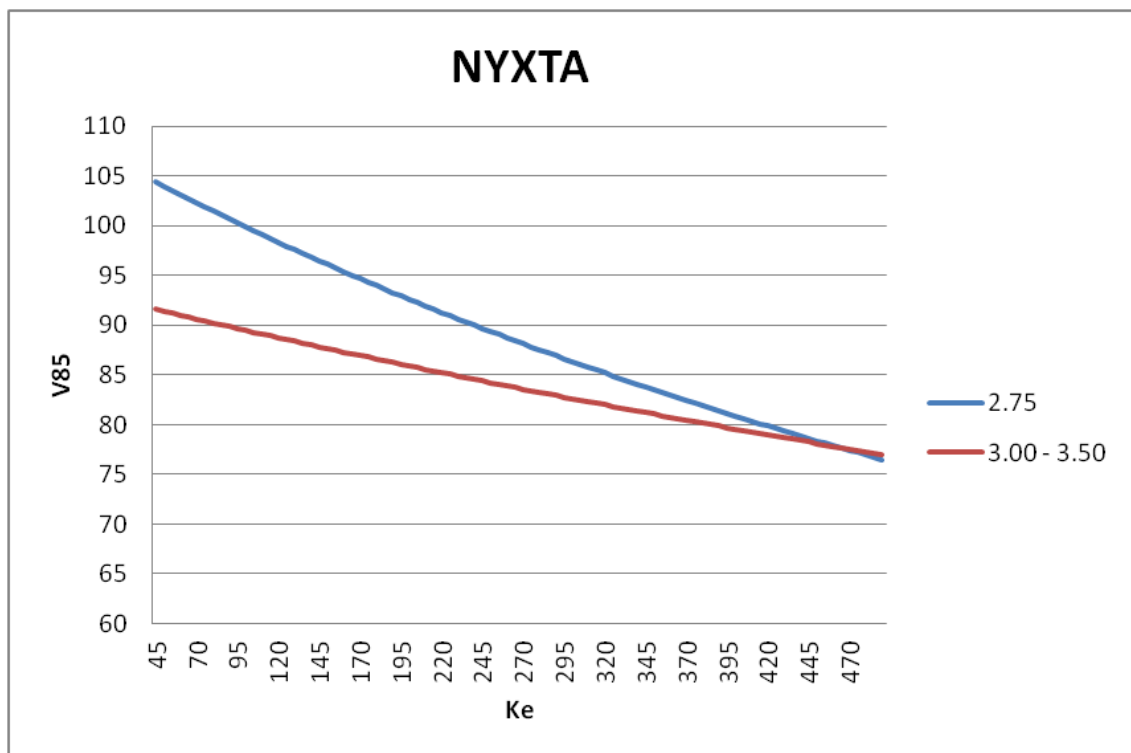
$$V_{85} = \frac{215056.702}{K_e + 2303.280}, \text{ με } R^2 = 18\%$$

$$V_{85} = -64.650 \cdot \ln(K_e + 1687.040) + 573.592, \text{ με } R^2 = 18\%$$

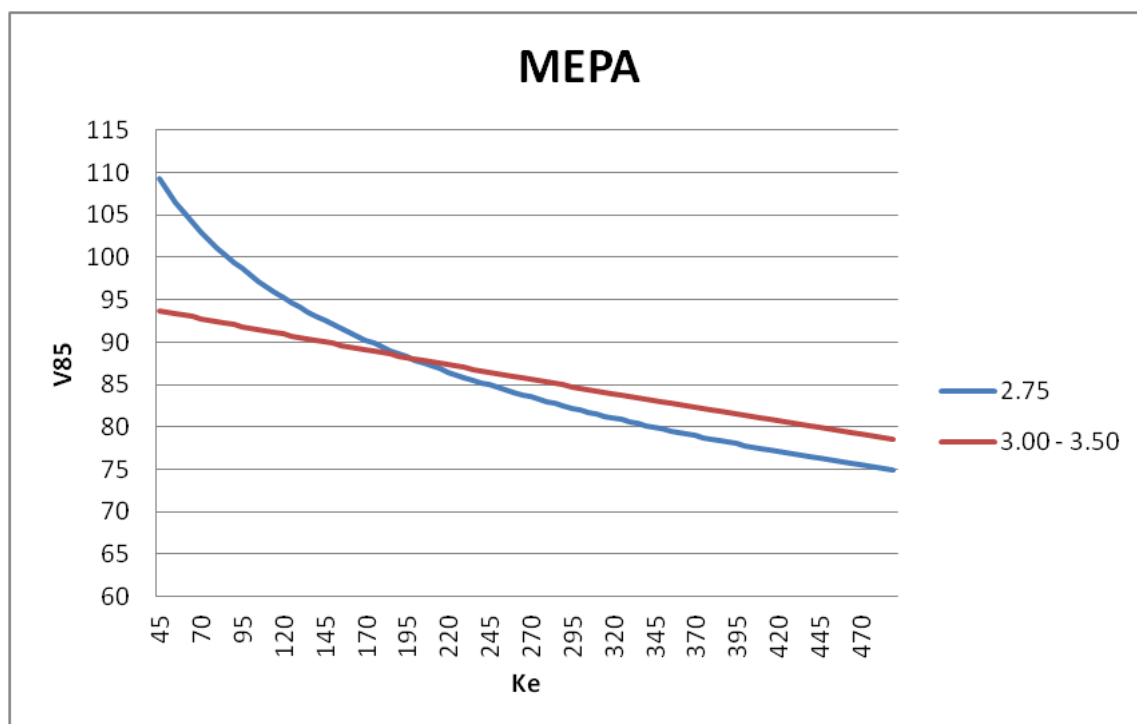
Έτσι λοιπόν, το μοντέλο ταχυτήτων που παρουσιάζεται και φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα εκτιμά τις λειτουργικές ταχύτητες ξεχωριστά για τις δύο κατηγορίες λωρίδων. Η πάνω καμπύλη εκφράζει τις λειτουργικές ταχύτητες που αναμένονται στην οδήγηση τη μέρα, αλλά και τη νύχτα συναρτήσει της ελικτότητας για πλάτος λωρίδας 2,75m, ενώ η κάτω καμπύλη εκφράζει τις λειτουργικές ταχύτητες που αναμένονται κατά την οδήγηση τη μέρα, αλλά και τη νύχτα σε οδικά τμήματα με πλάτος λωρίδας 3,00 και 3,50m.



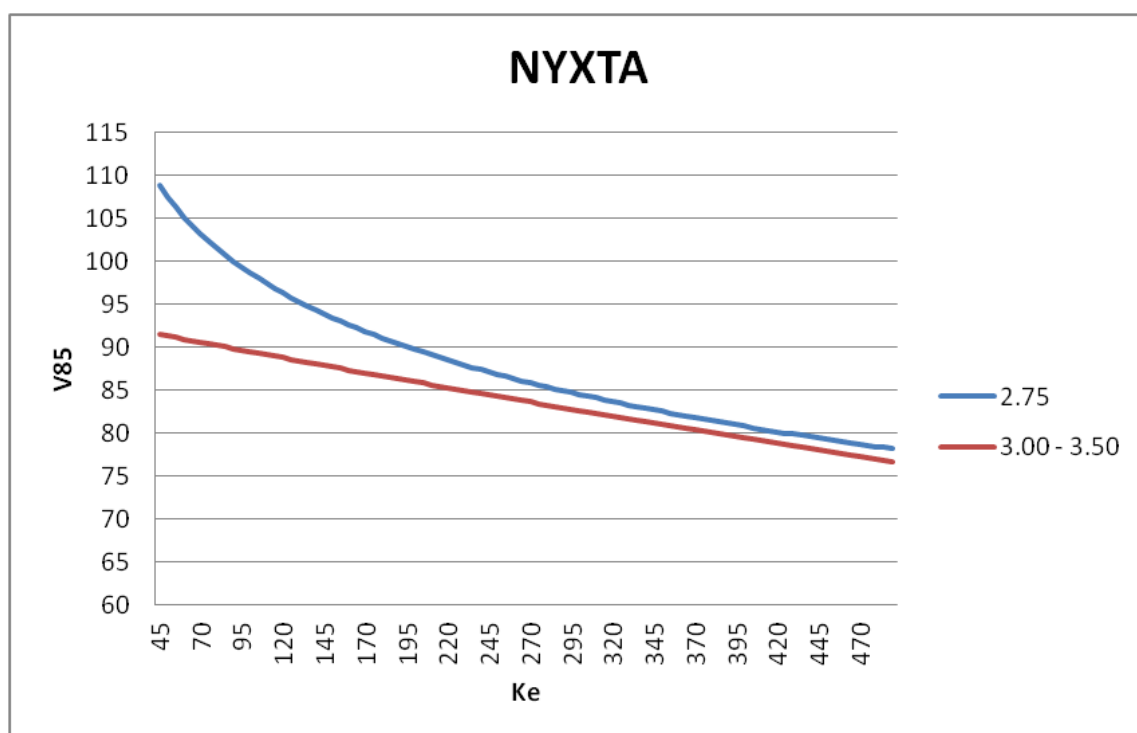
Σχήμα 20: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα



Σχήμα 21: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα



Σχήμα 22: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα



Σχήμα 23: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα

Παρατηρείται ότι η διαφορά των δύο μοντέλων κλείνει για μεγαλύτερες τιμές ελικτότητας. Στα προηγούμενα μοντέλα που προέκυψαν παρατηρείται ότι η διαφορά στη πρόβλεψη λειτουργικών ταχυτήτων αυξάνεται με την αύξηση της ελικτοτητας για διαφορετικά πλάτη λωρίδων σε αντίθεση με το παραπάνω γράφημα. Πιθανόν αυτή η διαφοροποίηση να οφείλεται στο γεγονός ότι συμπεριλήφθησαν σε μια ενιαία γραφική παράσταση δύο πλάτη λωρίδων και για αυτό το λόγο δεν υπάρχει καλύτερη απόδοση του πειράματος.

4.4.3.2 Δεύτερη Προσέγγιση

Στην περίπτωση αυτή τα δεδομένα των ταχυτήτων σε κάθε οδικό τμήμα χρησιμοποιήθηκαν ξεχωριστά για την κάθε κατεύθυνση κυκλοφορίας.

Τα καταλληλότερα μοντέλα που επιλέχθηκαν είναι τα παρακάτω:

ΜΕΡΑ

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 2,75m

$$V_{85} = \frac{116369.336}{K_e + 1072.070}, \text{ με } R^2 = 59\%$$

$$V_{85} = -13.610 \cdot \ln(K_e + 1) + 160.773, \text{ με } R^2 = 75\%$$

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 3,00m

$$V_{85} = \frac{216955.698}{K_e + 2179.937}, \text{ με } R^2 = 27\%$$

$$V_{85} = -79.256 \cdot \ln(K_e + 1794.799) + 693.421, \text{ με } R^2 = 28\%$$

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 3,50m

$$V_{85} = \frac{168950.718}{K_e + 1806.134}, \text{ με } R^2 = 19\%$$

$$V_{85} = -9.901 \cdot \ln(K_e + 75.033) + 139.286, \text{ με } R^2 = 20\%$$

ΝΥΧΤΑΜοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 2,75m

$$V_{85} = \frac{134596.620}{K_e + 1261.566}, \text{ με } R^2 = 52\%$$

$$V_{85} = -12.317 \cdot \ln(K_e + 1) + 154.540, \text{ με } R^2 = 68\%$$

Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 3,00m

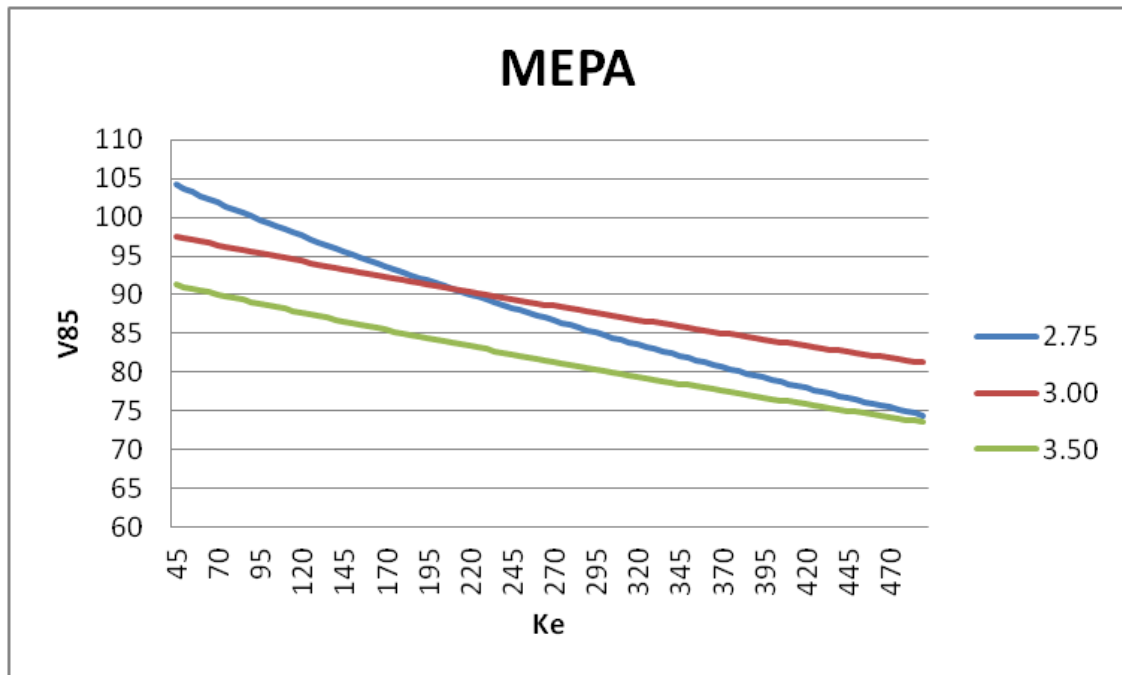
$$V_{85} = \frac{192458.673}{K_e + 1941.418}, \text{ με } R^2 = 24\%$$

$$V_{85} = -93.833 \cdot \ln(K_e + 2017.934) + 812.827, \text{ με } R^2 = 25\%$$

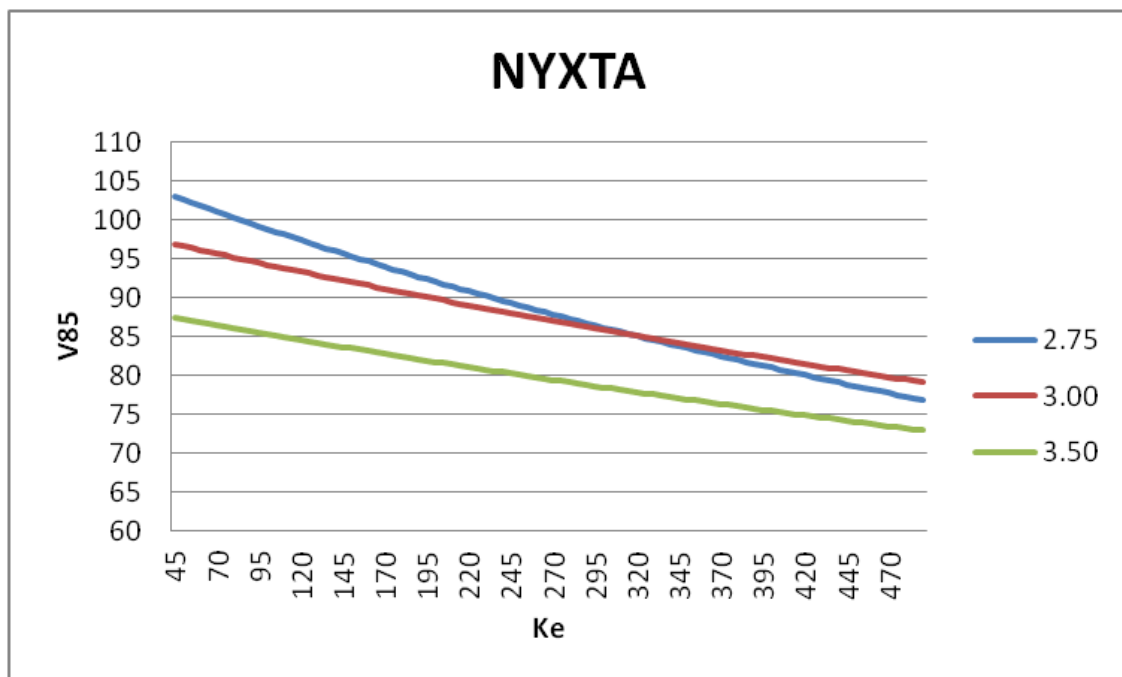
Μοντέλο παλινδρόμησης για λωρίδα πλάτους 3,50m

$$V_{85} = \frac{195567.504}{K_e + 2191.807}, \text{ με } R^2 = 14\%$$

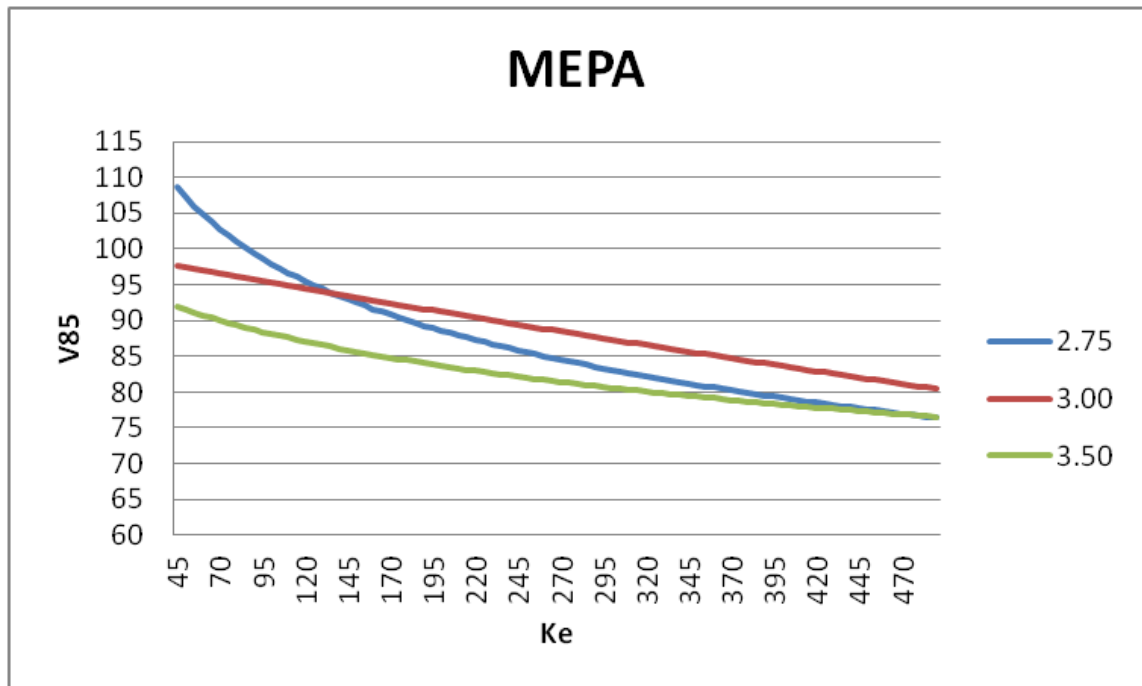
$$V_{85} = -35.907 \cdot \ln(K_e + 855.301) + 331.711, \text{ με } R^2 = 14\%$$



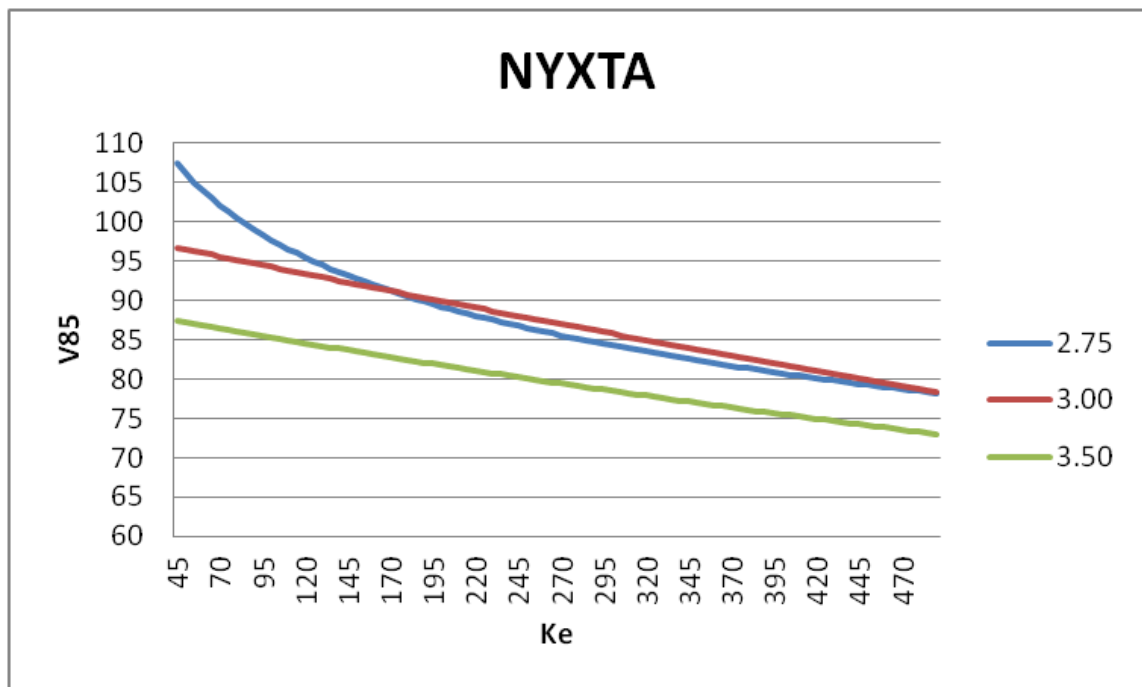
Σχήμα 24: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα



Σχήμα 25: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα



Σχήμα 26: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα



Σχήμα 27: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα

Μοντέλο για όλες τις λωρίδες με χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης

Στην περίπτωση αυτή εξετάστηκε η επίδραση του πλάτους λωρίδας κυκλοφορίας στην εκτίμηση της λειτουργικής ταχύτητας (περαιτέρω ανάλυση αυτής περιγράφεται στο εδάφιο 4.3).

ΜΕΡΑ

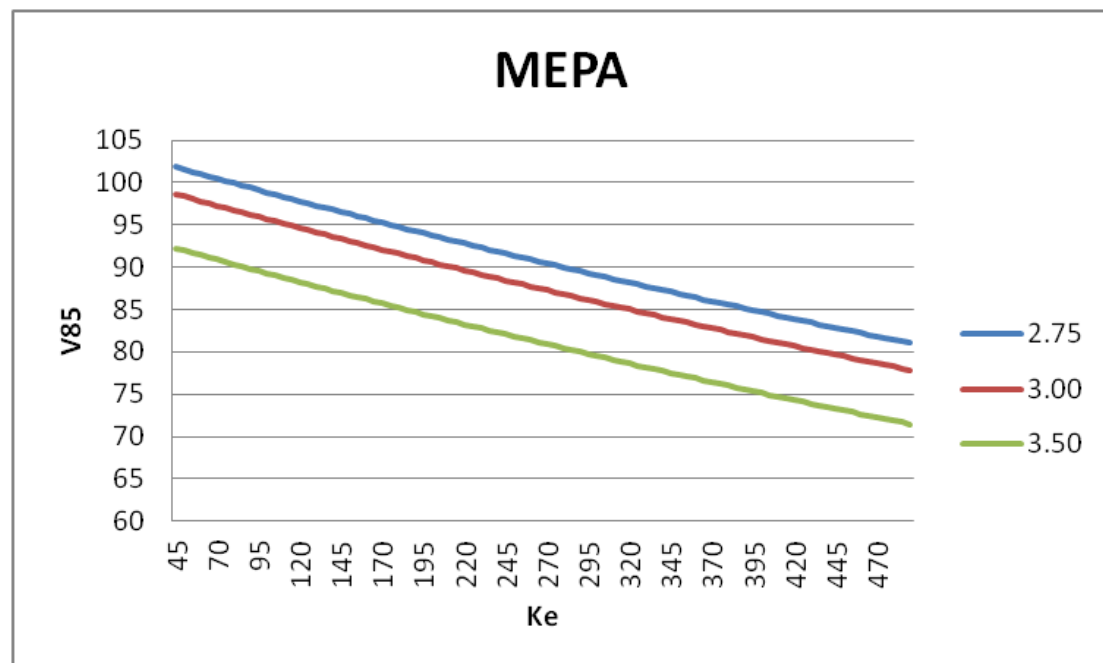
$$V_{85} = \frac{340076.528}{K_e + 2440.022} - 12.740 \cdot b, \text{ με } R^2 = 42\%$$

$$V_{85} = -11.000 \cdot \ln(K_e + 45.417) - 12.709 \cdot b + 188.255, \text{ με } R^2 = 43\%$$

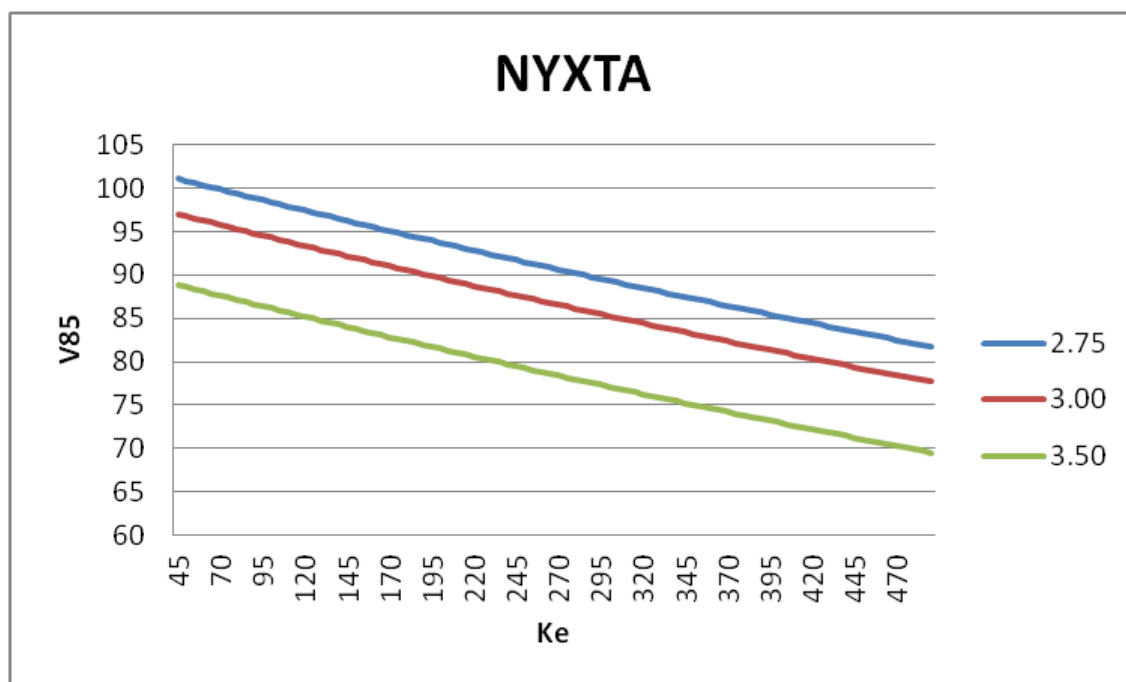
ΝΥΧΤΑ

$$V_{85} = \frac{424877.815}{K_e + 2865.565} - 16.317 \cdot b, \text{ με } R^2 = 44\%$$

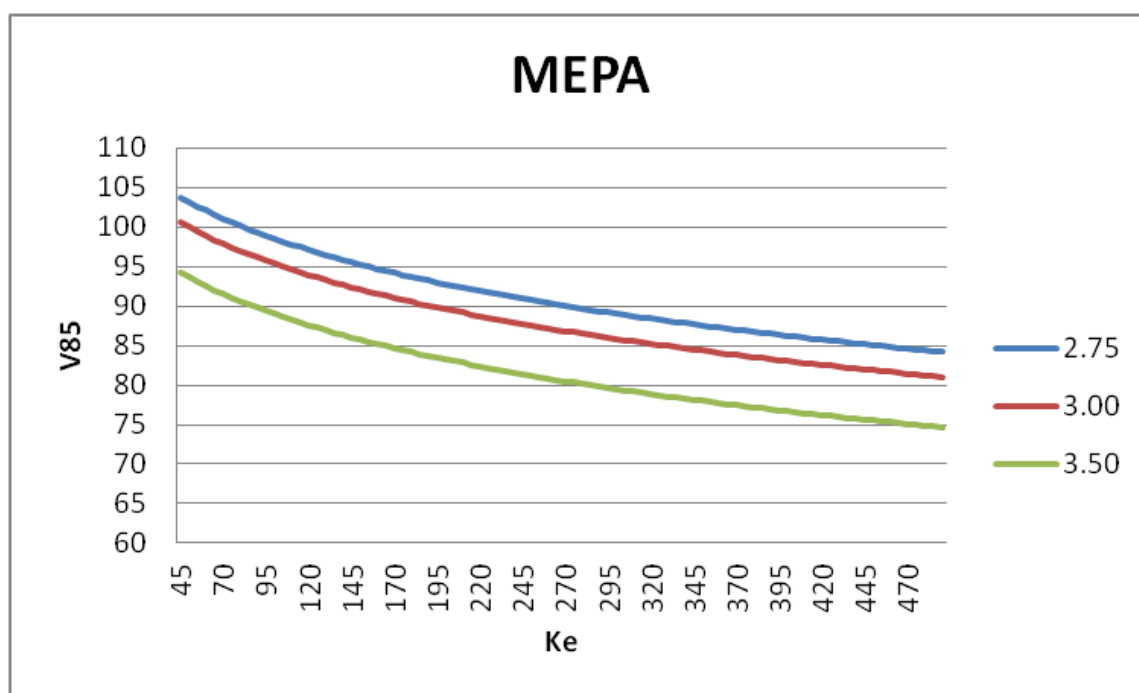
$$V_{85} = -48.841 \cdot \ln(K_e + 880.055) - 16.276 \cdot b + 479.513, \text{ με } R^2 = 44\%$$



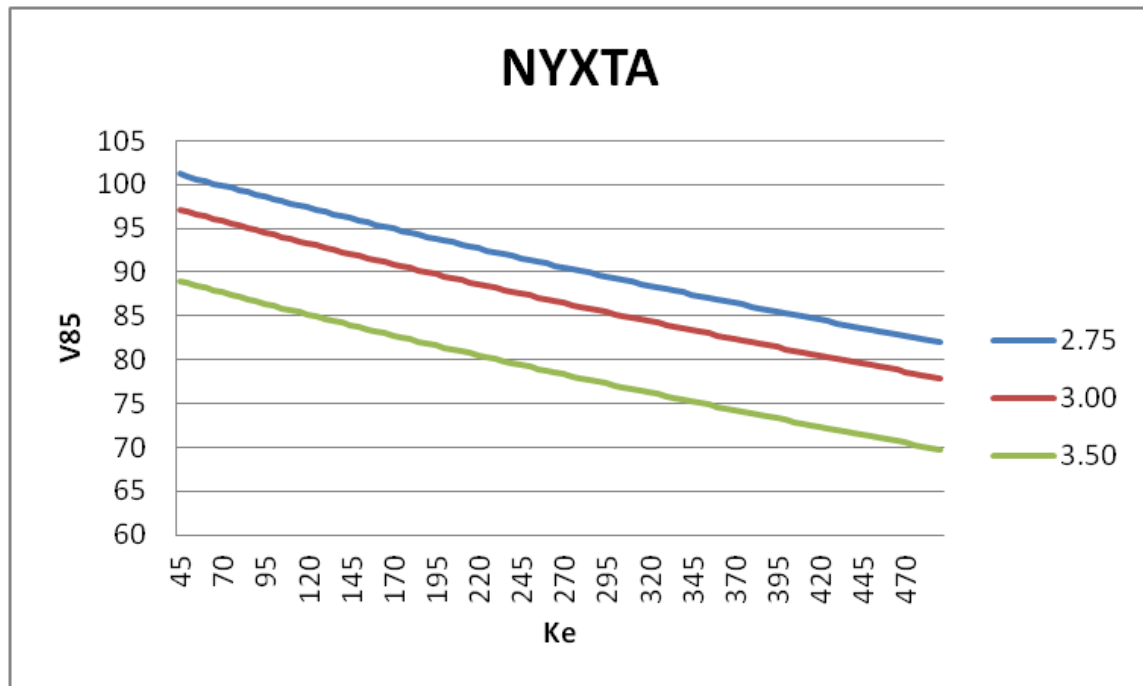
Σχήμα 28: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για μέρα



Σχήμα 29: Γραφική παράσταση αντίστροφου μοντέλου για νύχτα



Σχήμα 30: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για μέρα



Σχήμα 31: Γραφική παράσταση λογαριθμικού μοντέλου για νύχτα

Μοντέλο για όλες τις λωρίδες με χρήση απλής παλινδρόμησης

ΜΕΡΑ

$$V_{85} = \frac{160820.068}{K_e + 1606.071}, \text{ με } R^2 = 28\%$$

$$V_{85} = -13.373 \cdot \ln(K_e + 87.583) + 164.057, \text{ με } R^2 = 29\%$$

ΝΥΧΤΑ

$$V_{85} = \frac{169362.762}{K_e + 1731.143}, \text{ με } R^2 = 22\%$$

$$V_{85} = -22.299 \cdot \ln(K_e + 296.947) + 225.880, \text{ με } R^2 = 22\%$$

4.4.4. Συζήτηση των μοντέλων που αναπτύχθηκαν

Πίνακας 54: Μοντέλα μέρας

Παλινδρόμηση (Συνάρτηση)	Προσέγγιση	Πλάτος Λωρίδας	Εξίσωση εκτίμησης V_{85} στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας κατά τη διάρκεια της μέρας	R^2
Απλή (αντίστροφη)	Πρώτη	2,75	$V_{85} = \frac{107914.213}{K_e + 987.282}$	62%
		3,00	$V_{85} = \frac{175314.723}{K_e + 1713.091}$	41%
		3,50	$V_{85} = \frac{166828.914}{K_e + 1788.112}$	20%
	Δεύτερη	2,75	$V_{85} = \frac{116369.336}{K_e + 1072.070}$	59%
		3,00	$V_{85} = \frac{216955.698}{K_e + 2179.937}$	27%
		3,50	$V_{85} = \frac{168950.718}{K_e + 1806.134}$	19%
Πολλαπλή (αντίστροφη)	Πρώτη		$V_{85} = \frac{332657.400}{K_e + 2342.623} - 13.402 \cdot b$	47%
	Δεύτερη		$V_{85} = \frac{340076.528}{K_e + 2440.022} - 12.740 \cdot b$	42%
Απλή (αντίστροφη)	Πρώτη		$V_{85} = \frac{156921.374}{K_e + 1566.777}$	29%
	Δεύτερη		$V_{85} = \frac{160820.068}{K_e + 1606.071}$	28%
Απλή (λογαριθμική)	Πρώτη	2,75	$V_{85} = -14.569 \cdot \ln(K_e + 1) + 165.153$	84%
		3,00	$V_{85} = -88.000 \cdot \ln(K_e + 1611.445) + 751.835$	42%
		3,50	$V_{85} = -11.184 \cdot \ln(K_e + 100.465) + 147.266$	21%
	Δεύτερη	2,75	$V_{85} = -13.610 \cdot \ln(K_e + 1) + 160.773$	75%
		3,00	$V_{85} = -79.256 \cdot \ln(K_e + 1794.799) + 693.421$	28%
		3,50	$V_{85} = -9.901 \cdot \ln(K_e + 75.033) + 139.286$	20%
Πολλαπλή (λογαριθμική)	Πρώτη		$V_{85} = -9.951 \cdot \ln(K_e + 18.852) - 13.441 \cdot b + 183.372$	48%
	Δεύτερη		$V_{85} = -11.000 \cdot \ln(K_e + 45.417) - 12.709 \cdot b + 188.255$	43%
Απλή (λογαριθμική)	Πρώτη		$V_{85} = -11.375 \cdot \ln(K_e + 47.791) + 150.650$	31%
	Δεύτερη		$V_{85} = -13.373 \cdot \ln(K_e + 87.583) + 164.057$	29%

Παλινδρόμηση (Συνάρτηση)	Προσέγγιση	Πλάτος Λωρίδας	Εξίσωση εκτίμησης V_{85} στις καμπύλες της οριζοντιογραφίας κατά τη διάρκεια της νύχτας	R^2
Απλή (αντίστροφη)	Πρώτη	2,75	$V_{85} = \frac{127481.996}{K_e + 1176.539}$	65%
		3,00	$V_{85} = \frac{187135.861}{K_e + 1898.443}$	35%
		3,50	$V_{85} = \frac{156807.140}{K_e + 1708.695}$	25%
	Δεύτερη	2,75	$V_{85} = \frac{134596.620}{K_e + 1261.566}$	52%
		3,00	$V_{85} = \frac{192458.673}{K_e + 1941.418}$	24%
		3,50	$V_{85} = \frac{195567.504}{K_e + 2191.807}$	14%
Πολλαπλή (αντίστροφη)	Πρώτη		$V_{85} = \frac{366286.784}{K_e + 2480.741} - 15.681 \cdot b$	54%
	Δεύτερη		$V_{85} = \frac{424877.815}{K_e + 2865.565} - 16.317 \cdot b$	44%
Απλή (αντίστροφη)	Πρώτη		$V_{85} = \frac{155279.765}{K_e + 1574.691}$	29%
	Δεύτερη		$V_{85} = \frac{169362.762}{K_e + 1731.143}$	22%
Απλή (λογαριθμική)	Πρώτη	2,75	$V_{85} = -12.941 \cdot \ln(K_e + 1) + 158.346$	83%
		3,00	$V_{85} = -82.489 \cdot \ln(K_e + 1670.036) + 710.617$	36%
		3,50	$V_{85} = -53.906 \cdot \ln(K_e + 1045.140) + 466.384$	25%
	Δεύτερη	2,75	$V_{85} = -12.317 \cdot \ln(K_e + 1) + 154.540$	68%
		3,00	$V_{85} = -93.833 \cdot \ln(K_e + 2017.934) + 812.827$	25%
		3,50	$V_{85} = -35.907 \cdot \ln(K_e + 855.301) + 331.711$	14%
Πολλαπλή (λογαριθμική)	Πρώτη		$V_{85} = -18.016 \cdot \ln(K_e + 161.127) - 15.587 \cdot b + 241.804$	55%
	Δεύτερη		$V_{85} = -48.841 \cdot \ln(K_e + 880.055) - 16.276 \cdot b + 479.513$	44%
Απλή (λογαριθμική)	Πρώτη		$V_{85} = -16.614 \cdot \ln(K_e + 148.929) + 184.263$	30%
	Δεύτερη		$V_{85} = -22.299 \cdot \ln(K_e + 296.947) + 225.880$	22%

Πίνακας 55: Μοντέλα νύχτας

- Παρότι στην προκαταρκτική ανάλυση που διεξήχθη στο εδάφιο 4.3.3 φάνηκε να υπάρχει διαφορά μεταξύ των ταχυτήτων που εντοπίζονται στα δύο ρεύματα κυκλοφορίας, τα πιο αξιόπιστα μοντέλα – αυτά με μεγαλύτερο συντελεστή R^2 φαίνεται να είναι αυτά που προέρχονται από το συνδυασμό των δεδομένων των δύο κατευθύνσεων (πρώτη προσέγγιση). Αυτό ισχύει και για τα μοντέλα της μέρας, αλλά και για αυτά της νύχτας. Το πιο πάνω συμπέρασμα μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η κύρια μεταβλητή που επηρεάζει την ταχύτητα (η ακτίνα) είναι η ίδια, ανεξαρτήτως της κατεύθυνσης. Ακόμα, η αξιοπιστία της δεύτερης προσέγγισης όπου τα δύο ρεύματα εξετάζονται ξεχωριστά μπορεί να επηρεάζεται καθώς η κάθε τιμή της ελικτότητας είναι συνδεδεμένη με δύο διαφορετικές τιμές ταχυτήτων.
- Η σημαντικότητα του δείκτη F δείχνει όπως έχει προαναφερθεί ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ελικτότητας της μεμονωμένης καμπύλης.
- Σε όλα τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν οι συντελεστές παλινδρόμησης είναι στατιστικά διάφοροι του μηδενός.
- Σε όλες τις περιπτώσεις που προσεγγίστηκαν είτε αυτές περιελάμβαναν συνδυαστικά τα δεδομένα των ταχυτήτων είτε ξεχωριστά, είτε αφορούσαν όλα τα πλάτη των λωρίδων μαζί είτε ξεχωριστά, ο συντελεστής παλινδρόμησης και άρα η ικανότητα πρόβλεψης των μοντέλων δεν διέφερε κατά πολύ για τις αντίστροφες και τις λογαριθμικές συναρτήσεις ούτε για τα μοντέλα της μέρας, αλλά ούτε για αυτά της νύχτας. Παρατηρώντας τους αρκετά μεγάλους σταθερούς όρους που χρησιμοποιούνται στα λογαριθμικά μοντέλα, κρίνεται σκόπιμη η επιλογή των μοντέλων που εκφράζονται ως συνάρτηση του αντιστρόφου της ελικτότητας.

4.4.5. Σύγκριση των παραγόμενων μοντέλων αλλά και με τα υφιστάμενα μοντέλα της Ελλάδας

- Δεδομένου ότι οι μετρημένες λειτουργικές ταχύτητες αφορούν εκτός από τη μέρα, και τη νύχτα κατά την οποία επικρατούν συνθήκες περιορισμένης ορατότητας, αναμένεται κάποια διαφορά ανάμεσα στα παραγόμενα μοντέλα που αφορούν τη μέρα και τη νύχτα.
- Οι εξισώσεις πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα καταδεικνύουν ότι υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ελικτότητας. Αντίστοιχης μορφής είναι και οι συναρτήσεις των υφιστάμενων μοντέλων της Ελλάδας για τη μέρα, αλλά και για τη νύχτα.

Υφιστάμενα μοντέλα Ελλάδας για τη πρόβλεψη λειτουργικών ταχυτήτων για οδικά τμήματα ενιαίου οδοστρώματος:

ΜΕΡΑ

$$V_{85} = \frac{131967.462}{K_e + 1351.411}, \text{ με } R^2 = 98\% \text{ για πλάτος λωρίδας } 3,25\text{m } \Xi\text{ενάκης } 2008$$

$$V_{85} = \frac{130065.792}{K_e + 1300.658}, \text{ με } R^2 = 85\% \text{ για πλάτη λωρίδας } 3,50\text{m } \Xi\text{ενάκης } 2008$$

$$V_{85} = \frac{111222.738}{K_e + 994.957}, \text{ με } R^2 = 90\% \text{ για πλάτη λωρίδας } 3,75\text{m } \Xi\text{ενάκης } 2008$$

ΝΥΧΤΑ

$$V_{85} = \frac{-5.373 + 107440.803}{K_e + 1198.45}, \text{ με } R^2 = 94\% \text{ για πλάτη λωρίδας } 3,25\text{m } \text{Μαλακάτας}$$

2011

$$V_{85} = \frac{-1.988 + 104421.052}{K_e + 1124}, \text{ με } R^2 = 97\% \text{ για πλάτη λωρίδας } 3,50\text{m } \text{Μαλακάτας}$$

2011

$$V_{85} = \frac{-1.671 + 102958.640}{K_e + 1050.12}, \text{ με } R^2 = 98\% \text{ για πλάτη λωρίδας 3,75m Μαλακάτας}$$

2011

Τα προτεινόμενα μοντέλα Κύπρου για πρόβλεψη λειτουργικών ταχυτήτων για οδικά τμήματα ενιαίου οδοστρώματος:

ΜΕΡΑ

$$V_{85} = \frac{107914.213}{K_e + 987.282}, \text{ με } R^2 = 62\% \text{ για πλάτη λωρίδας 2,75m}$$

$$V_{85} = \frac{175314.723}{K_e + 1713.091}, \text{ με } R^2 = 41\% \text{ για πλάτη λωρίδας 3,00m}$$

$$V_{85} = \frac{166828.914}{K_e + 1788.112}, \text{ με } R^2 = 20\% \text{ για πλάτη λωρίδας 3,50m}$$

$$V_{85} = \frac{332657.400}{K_e + 2342.623} - 13.402 \cdot b, \text{ με } R^2 = 47\% \text{ για όλα τα πλάτη λωρίδων}$$

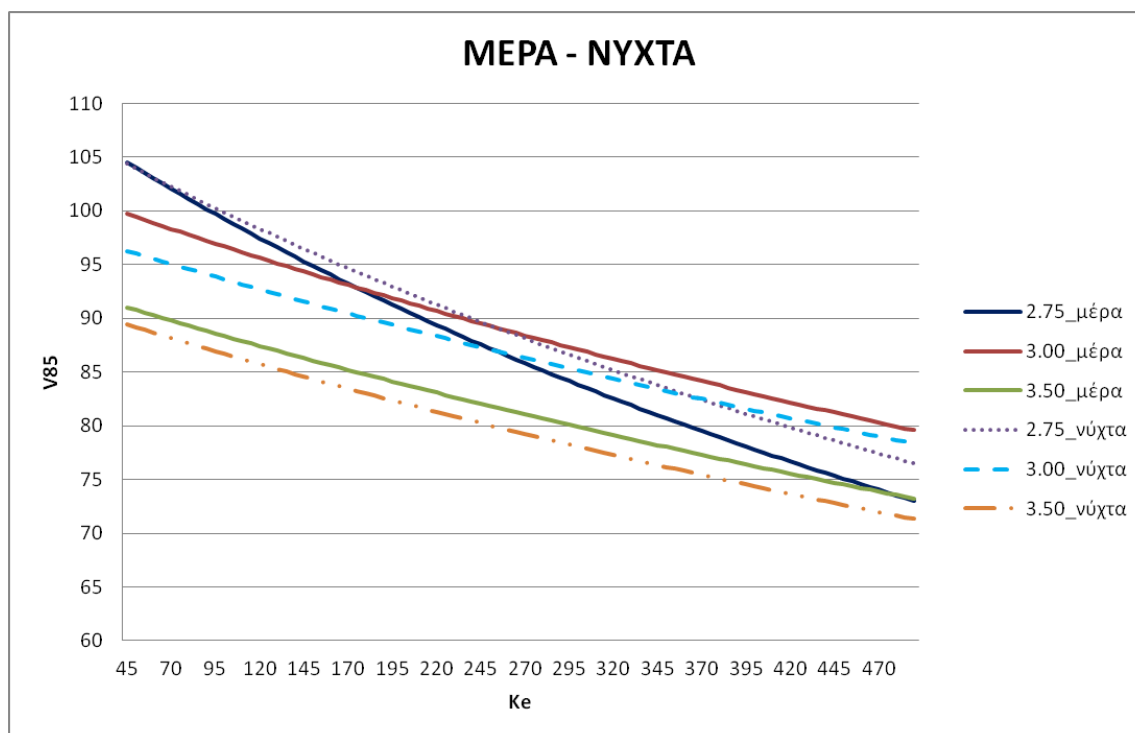
ΝΥΧΤΑ

$$V_{85} = \frac{127481.996}{K_e + 1176.539}, \text{ με } R^2 = 65\% \text{ για πλάτη λωρίδας 2,75m}$$

$$V_{85} = \frac{187135.861}{K_e + 1898.443}, \text{ με } R^2 = 35\% \text{ για πλάτη λωρίδας 3,00m}$$

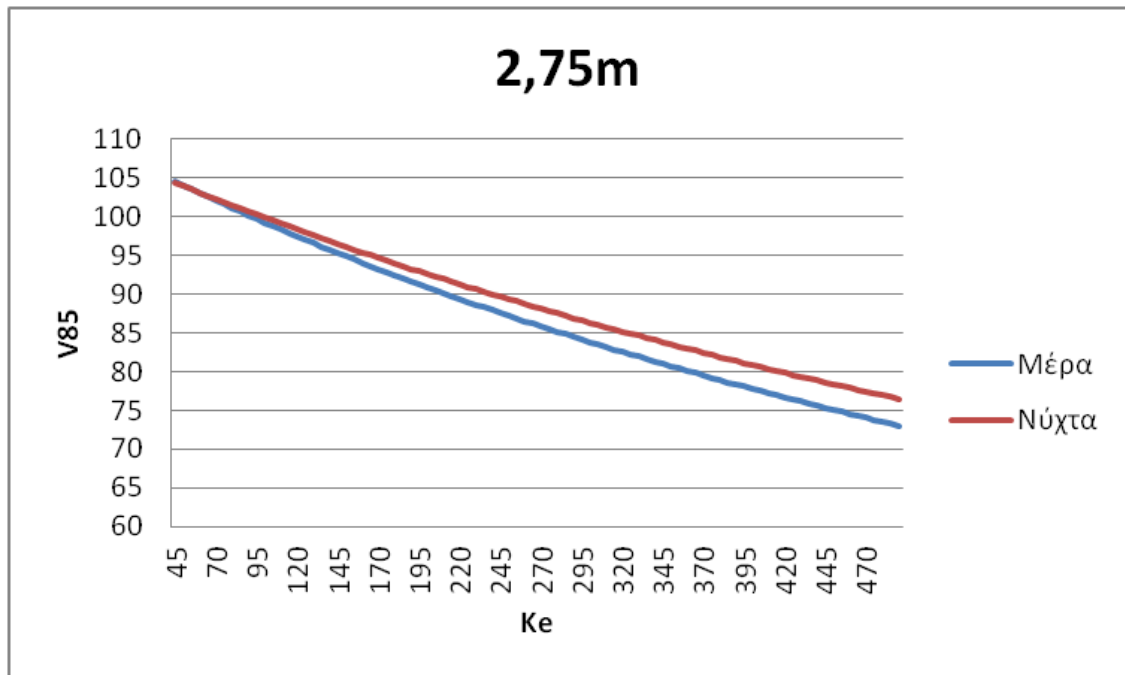
$$V_{85} = \frac{156807.140}{K_e + 1708.695}, \text{ με } R^2 = 25\% \text{ για πλάτη λωρίδας 3,50m}$$

$$V_{85} = \frac{366286.784}{K_e + 2480.741} - 15.681 \cdot b, \text{ με } R^2 = 54\% \text{ για όλα τα πλάτη λωρίδων}$$

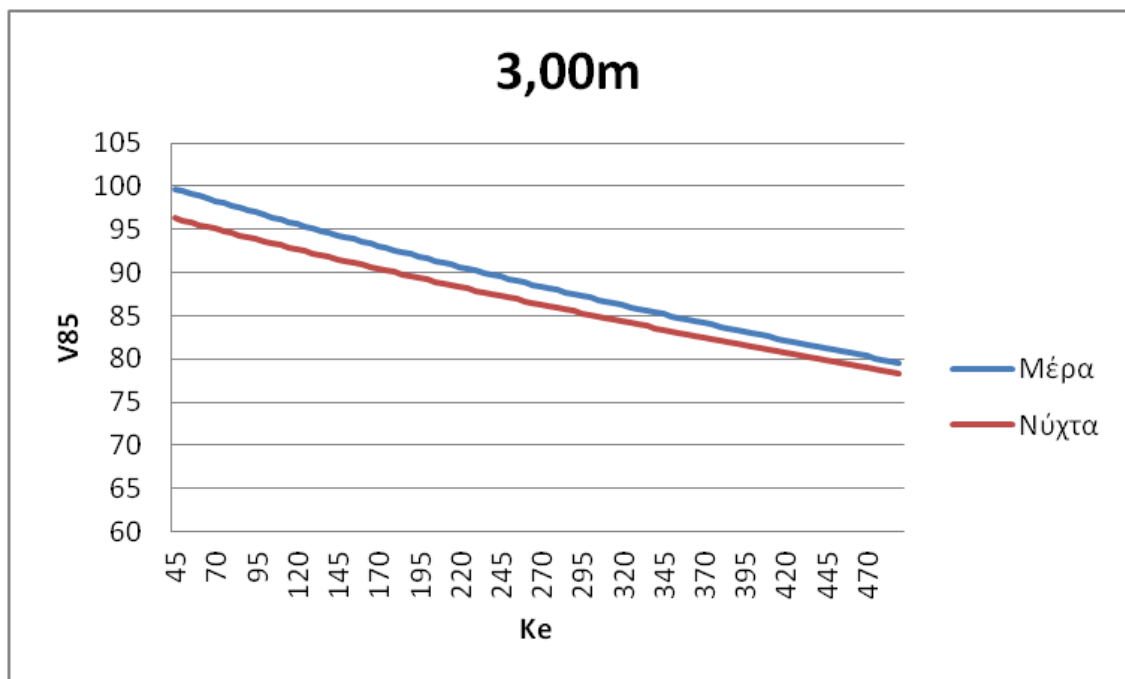


Σχήμα 32: Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων για μέρα και νύχτα

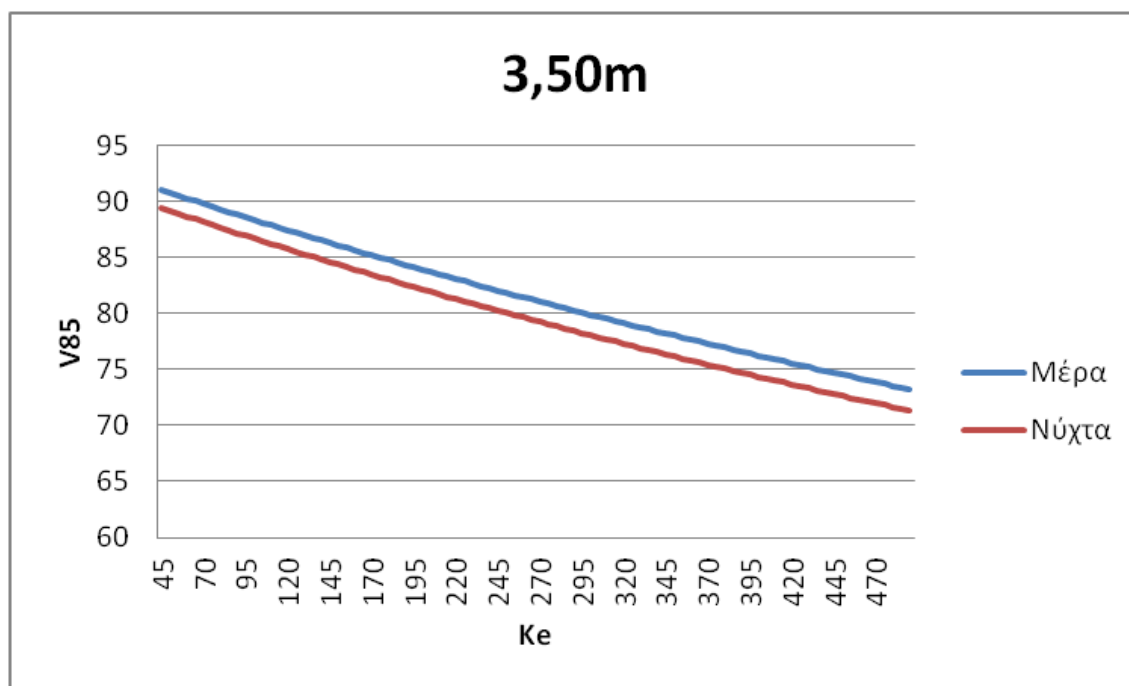
- Όπως φαίνεται παραπάνω στα παραγόμενα μοντέλα κατά τη διάρκεια της μέρας αλλά και της νύχτας, στο μικρότερο πλάτος λωρίδας 2,75m είναι μεγαλύτερες οι προβλεπόμενες λειτουργικές ταχύτητας από ότι στα πλάτη 3,00m και 3,50m και αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι στα συγκεκριμένα οδικά τμήματα υπάρχει συχνά αστυνόμευση για το όριο ταχύτητας. Επίσης, ένας άλλος παράγοντας ίσως να είναι ότι η χρήση του δρόμου με πλάτος λωρίδας 2,75m γίνεται από μεγάλο ποσοστό εξοικειωμένων, καθημερινών οδηγών.



Σχήμα 33: Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων για μέρα και νύχτα για τη λωρίδα με πλάτος 2,75m.

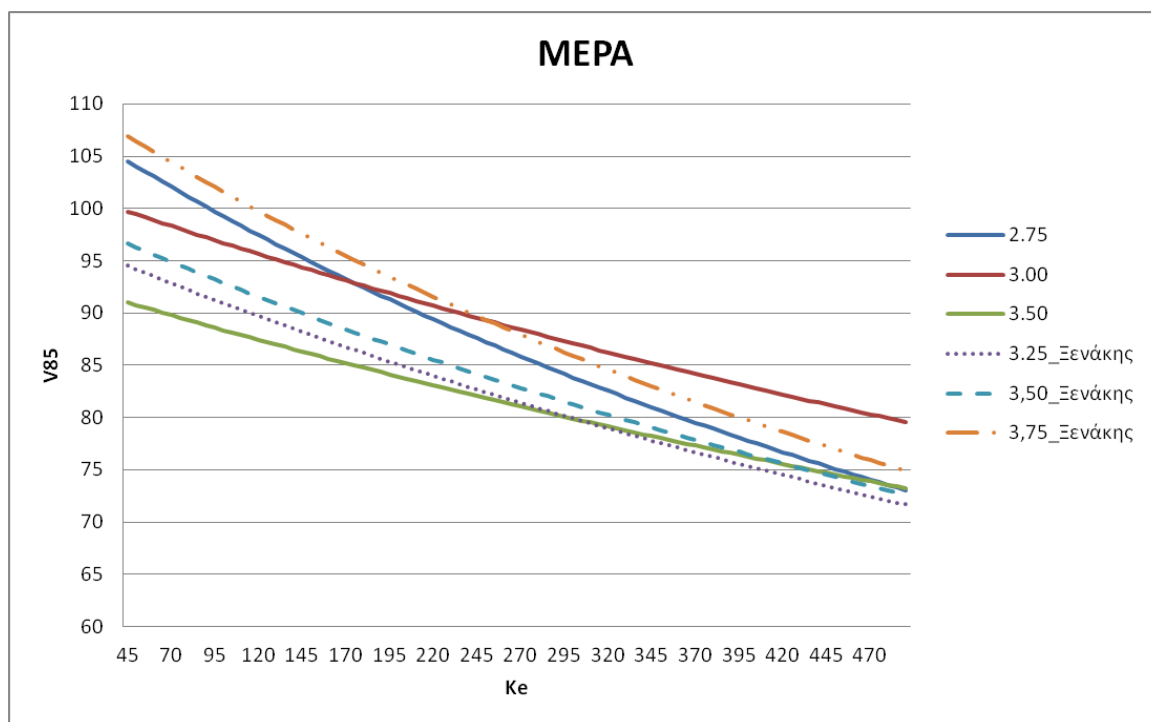


Σχήμα 34: Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων για μέρα και νύχτα για τη λωρίδα με πλάτος 3,00m.



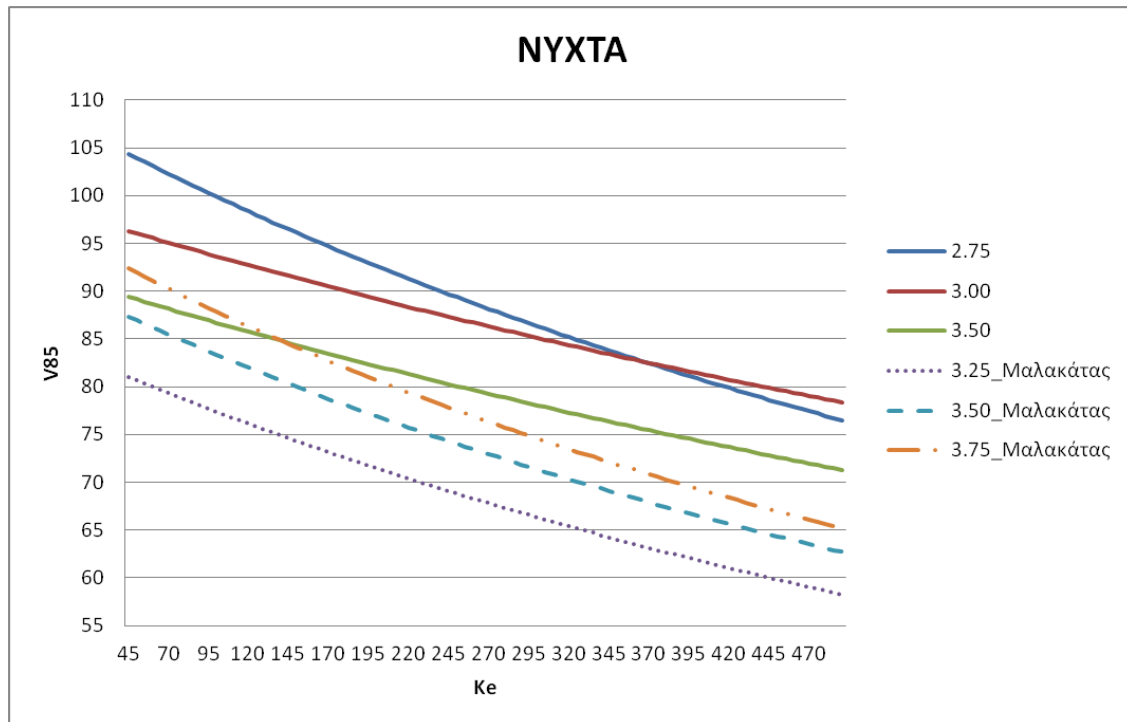
Σχήμα 35: Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων για μέρα και νύχτα για τη λωρίδα με πλάτος 3,50m.

- Από τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα επιβεβαιώθηκε το γεγονός ότι κατά τη νυχτερινή οδήγηση οι οδηγοί επιλέγουν να κινηθούν με χαμηλότερες ταχύτητες, ειδικότερα στις πιο μεγάλες καμπύλες, προφανώς εξαιτίας του μικρού διαθέσιμου μήκους ορατότητας.



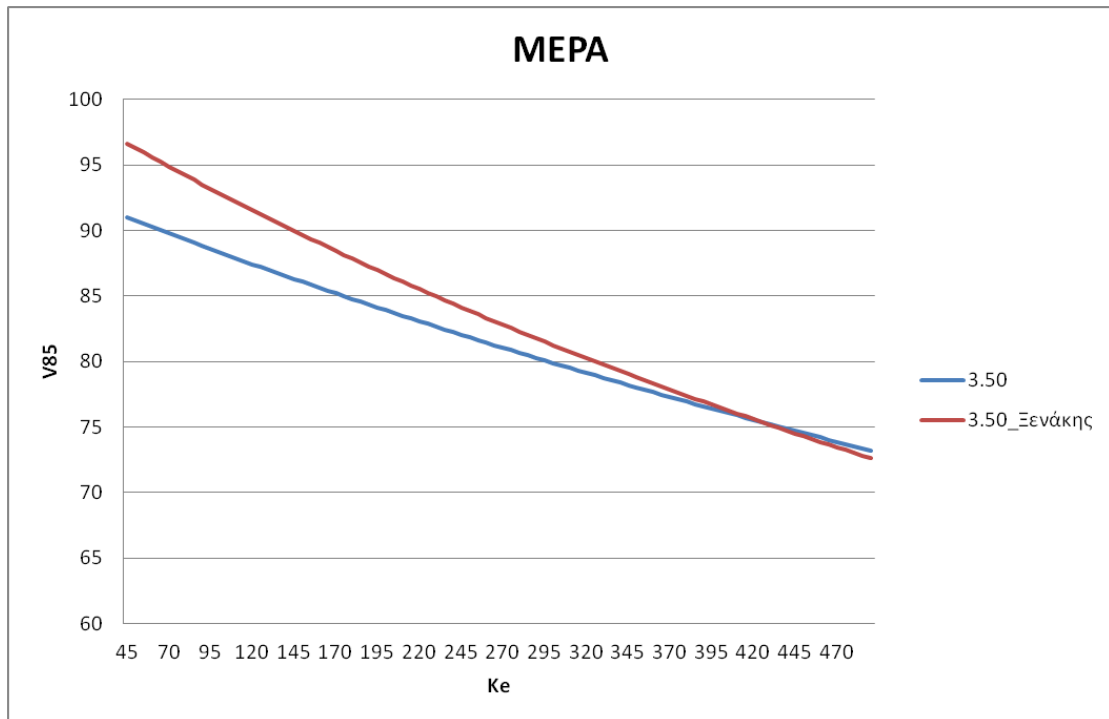
Σχήμα 36: Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων με υφιστάμενα για τη μέρα

- Στα παραγόμενα μοντέλα που αναπτύχθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα φαίνεται ότι οι λειτουργικές ταχύτητες για πλάτος λωρίδας 2,75m είναι λίγο πιο χαμηλές από τις λειτουργικές ταχύτητες για το πλάτος λωρίδας 3,75m των υφιστάμενων μοντέλων της Ελλάδας. Ενώ στα παραγόμενα μοντέλα με πλάτος 3,00m οι λειτουργικές ταχύτητες είναι πολύ πιο αυξημένες από ότι οι λειτουργικές ταχύτητες για τα πλάτη λωρίδας 3,25 και 3,50m των υφιστάμενων μοντέλων της Ελλάδας.

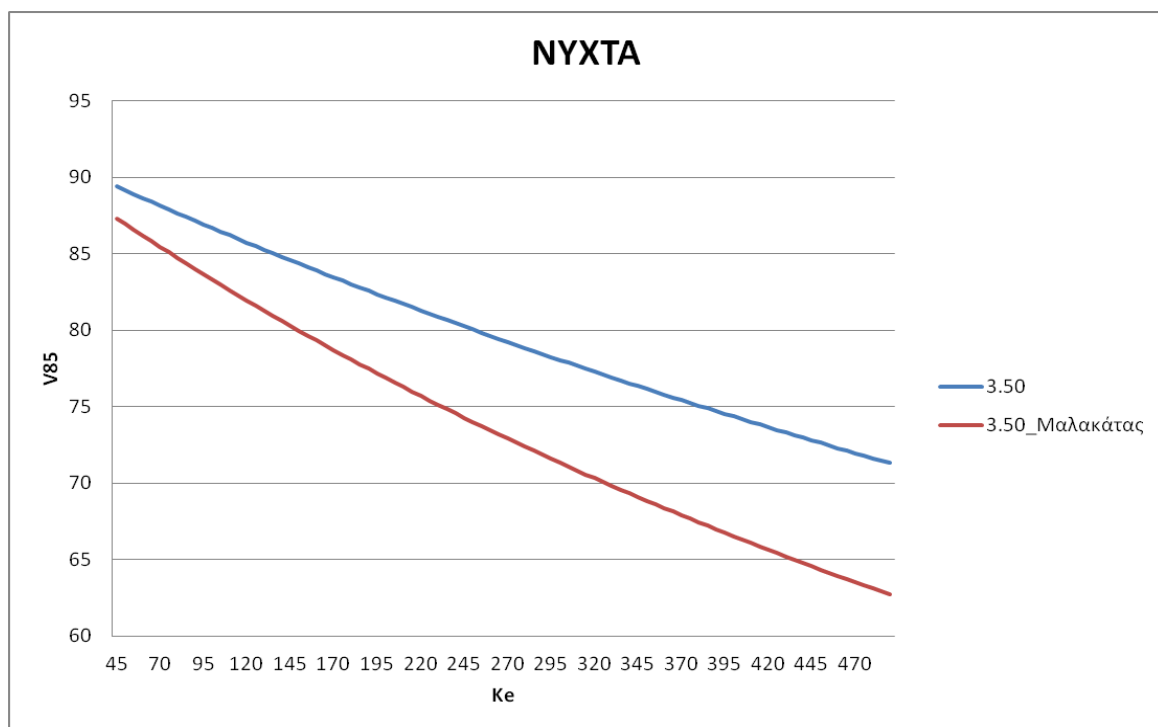


Σχήμα 37: Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων με υφιστάμενα για τη νύχτα

- Στα παραγόμενα μοντέλα που αναπτύχθηκαν στη συγκεκριμένη έρευνα οι λειτουργικές ταχύτητες είναι μεγαλύτερες όσο αφορά τη νύχτα από αυτές των υφιστάμενων μοντέλων της Ελλάδας, ανεξάρτητα από τα πλάτη των λωρίδων.



Σχήμα 38: Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων με υφιστάμενα για μέρα και πλάτος λωρίδας 3,50m



Σχήμα 39: Σύγκριση παραγόμενων μοντέλων με υφιστάμενα για νύχτα και πλάτος λωρίδας 3,50m

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρότι στην προκαταρκτική ανάλυση εντοπίστηκαν διαφορές στις λειτουργικές ταχύτητες μεταξύ των δύο ρευμάτων κυκλοφορίας, γεγονός που παρατηρήθηκε και στην έρευνα των Bird, και Hashim, 2005, τα καλύτερα μοντέλα πρόβλεψης αναπτύχθηκαν όταν το δεδομένα των ταχυτήτων συνδυάστηκαν και για τις δύο λωρίδες κυκλοφορίας. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι η κύρια μεταβλητή που επηρεάζει την ταχύτητα (ακτίνα) είναι η ίδια ανεξάρτητα από την κατεύθυνση. Κατά συνέπεια, με την εφαρμογή της παλινδρόμησης το μοντέλο που θα αναπτυχθεί δε θα είναι τόσο αξιόπιστο αν για την ίδια μεταβλητή έχουν οριστεί δύο διαφορετικές τιμές ταχυτήτων. Ακόμα, από την έρευνα των Choueiri και Lamm, 1987 (Part I σελ.111) δεν εξηγείται η επιρροή της ακτίνας σχετικά με το αν η στροφή είναι αριστερή ή δεξιά, αν δηλαδή η μέτρηση της ταχύτητας αναφέρεται στην εξωτερική ή στην εσωτερική λωρίδα.

Οι εξισώσεις πρόβλεψης λειτουργικής ταχύτητας που αναπτύχθηκαν στην παρούσα έρευνα καταδεικνύουν ότι υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας και της ελικτότητας. Αντίστοιχης μορφής είναι και τα υφιστάμενα μοντέλα που προέκυψαν από παλαιότερες έρευνες (Ξενάκης, 2008 και Μαλακάτας, 2011) για την Ελλάδα.

Από τις εξισώσεις πρόβλεψης της λειτουργικής ταχύτητας που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της έρευνας αυτής οι οποίες εντοπίζονται στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας, φαίνεται πως η ελικτότητα της μεμονωμένης καμπύλης και το πλάτος λωρίδας μπορούν να εξηγήσουν σχεδόν στον ίδιο βαθμό τη μεταβλητότητα της λειτουργικής ταχύτητας.

Από το μοντέλο που αναπτύχθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα φαίνεται πως έχουν αυξηθεί οι λειτουργικές ταχύτητες για τη νύχτα σε σχέση με τις εκτιμώμενες από το υφιστάμενο μοντέλο της Ελλάδας. Δεν συμβαίνει το ίδιο για τις λειτουργικές ταχύτητες των μοντέλων που αφορούν τη μέρα.

Από τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια της μέρας αλλά και της νύχτας στη συγκεκριμένη έρευνα, στο πλάτος λωρίδας 2,75m είναι μεγαλύτερες οι προβλεπόμενες λειτουργικές ταχύτητας από ότι στα υπόλοιπα πλάτη 3,00m και 3,50m και αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι στα συγκεκριμένα οδικά τμήματα υπάρχει συχνά αστυνόμευση για το όριο ταχύτητας. Ένας άλλος παράγοντας ίσως

να είναι ότι η χρήση του δρόμου με πλάτος λωρίδας 2,75m γίνεται από μεγάλο ποσοστό εξοικειωμένων, καθημερινών οδηγών.

Για τιμές ελκτότητας 0 – 300g_{on}/km, οι διαφορές των εκτιμώμενων λειτουργικών ταχυτήτων για τα διαφορετικά πλάτη λωρίδας είναι περίπου 8km/h για τη μέρα και 11km/h για τη νύχτα, ενώ για τιμές ελκτότητας 300 – 490g_{on}/km, η διαφορά αυτή είναι περίπου 6km/h για τη μέρα και 7km/h για τη νύχτα.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις είναι ένδειξη της μεγάλης επίδρασης της ακτίνας της καμπύλης στην επιλογή της ταχύτητας του οδηγού ειδικά όταν η τιμή αυτής είναι πολύ μικρή. Σε αντίστοιχο συμπέρασμα κατέληξαν στην έρευνα τους οι Marchionna, Perco, 2007 οι οποίοι ανέφεραν ότι εμφανίζεται ανώμαλη κατανομή των ταχυτήτων στις καμπύλες μικρής ελκτότητας σε αντίθεση με τις καμπύλες μικρής ακτίνας όπου οι παρατηρούμενες ταχύτητες δεν είναι διασκορπισμένες και συμπλήρωσαν ότι αυτό πιθανώς να οφείλεται στον περιοριστικό παράγοντα της ακτίνας στην ελεύθερη επιλογή της ταχύτητας, ειδικά όταν πρόκειται για μικρής ακτίνας καμπύλη.

Από τις σχέσεις που διατυπώθηκαν, ο σχεδιαστής μπορεί να προβλέψει τις αναμενόμενες λειτουργικές ταχύτητες των επιβατηγών οχημάτων στους υπεραστικούς δρόμους δύο λωρίδων κυκλοφορίας για διαφορετικά πλάτη λωρίδων.

Ακόμα είναι ικανός να κάνει συγκρίσεις και προσαρμογές στα στάδια του σχεδιασμού ή επανασχεδιασμού οδών:

- Μεταξύ των επιλεγμένων ταχυτήτων μελέτης και των αναμενόμενων λειτουργικών ταχυτήτων στις καμπύλες.
- Μεταξύ των διαφορών των λειτουργικών ταχυτήτων που αναπτύσσονται στα διαδοχικά τμήματα.

Παρόλα αυτά τα μοντέλα εκτίμησης των λειτουργικών ταχυτήτων που αναπτύχθηκαν στην έρευνα αυτή βασίζονται σε δεδομένα περιορισμένου γεωγραφικού εύρους και η καταλληλότητα για τη χρήση τους σε μελέτες ασφαλείας ενδεχομένως να περιορίζεται μόνο στα γεωγραφικά αυτά όρια, μια και το μέγεθος του δείγματος είναι τέτοιο που δεν επιτρέπει την αξιόπιστη εξαγωγή συμπερασμάτων εθνικής κλίμακας. Κατά συνέπεια, για τη χρήση των μοντέλων σε ευρύτερες περιοχές, με διαφορετικές συνθήκες (καιρικές συνθήκες, οδηγική συμπεριφορά, διαφορετικότητα χρηστών του δρόμου) είναι σκόπιμο να γίνει έλεγχος για τον καθορισμό της καταλληλότητας τους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 56: Δεδομένα ταχυτήτων στις 29 καμπύλες και 5 ευθύγραμμες για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας για τη μέρα

1 eswt.	1 exwt.	2 eswt.	2 exwt.	3 eswt.	3exwt.	4 eswt.	4 exwt.	5 eswt.	5 exwt.
83	115	77	76	97	69	77	100	58	63
96	113	72	64	114	83	81	114	76	71
102	88	100	75	93	89	108	74	68	65
68	96	107	95	92	72	73	88	63	63
79	110	75	121	75	115	79	101	47	70
83	110	94	100	99	68	80	113	75	67
88	119	60	79	120	90	81	102	49	68
81	133	107	62	90	73	76	80	83	65
88	85	79	68	94	85	93	74	83	81
100	117	73	64	78	87	77	82	62	68
68	102	75	95	101	124	87	83	57	82
96	94	81	75	102	97	63	96	55	86
99	101	113	95	72	52	77	93	57	75
77	93	84	63	87	93	76	117	82	64
57	118	85	97	124	110	67	83	64	59
59	116	89	105	92	79	84	106	75	97
125	91	87	77	97	76	75	62	84	93
82	118	74	94	131	84	82	98	61	58
117	93	61	92	90	80	86	73	62	94
109	95	82	121	75	89	56	61	94	85
94	71	77	78	109	95	85	71	84	71
102	78	80	103	105	73	66	52	55	67
55	60	82	99	100	72	82	83	78	92
123	90	83	67	102	73	70	72	52	83
103	84	93	101	99	100	71	60	85	73
98	94	114	94	89	86	62	68	40	70
103	54	98	91	74	71	89	93	83	73
85	74	74	108	77	69	67	94	87	80
97	136	129	105	93	55	74	75	85	100
107	88	110	96	92	88	73	78	76	81
93	103	89	69	92	77	76	97	84	89
51	93	90	81	97	86	85	95	69	84
86	76	92	99	68	73	71	87	62	77
71	68	102	104	89	57	80	75	62	60
71	105	69	95	80	102	69	78	83	82
80	103	66	114	91	72	65	68	61	93
84	108	85	98	84	68	69	65	77	92
94	83	76	104	88	67	69	82	64	82
130	111	72	80	93	103	72	72	76	72
86	100	73	114	91	71	82	62	74	59

6 eswt.	6 exwt.	7 eswt.	7 exwt.	8 eswt.	8 exwt.	9 eswt.	9 exwt.	10 eswt.	10 exwt.
81	81	71	83	71	63	69	67	65	51
80	84	89	66	72	67	65	62	54	59
65	64	79	73	64	69	60	71	64	56
86	75	72	71	74	72	68	64	61	48
83	80	75	81	79	65	79	53	71	53
69	92	67	87	66	73	60	68	62	54
79	80	73	63	68	75	73	70	64	61
37	63	61	65	69	69	61	74	60	60
61	83	71	60	98	81	61	93	63	97
67	76	54	75	61	84	63	49	64	63
67	74	57	78	70	68	80	65	64	50
78	78	65	77	89	62	50	80	59	61
76	86	76	84	73	78	76	60	58	60
78	87	76	70	80	68	63	52	52	54
70	74	80	81	76	75	56	49	53	58
68	71	80	62	93	93	65	48	59	58
70	86	62	73	92	85	61	50	60	56
80	77	68	57	83	83	52	49	82	52
63	78	58	72	88	79	71	60	87	48
73	129	70	87	95	63	68	45	70	63
82	97	75	70	67	87	49	49	69	60
74	62	72	74	86	79	60	53	65	64
72	59	63	76	83	71	59	48	53	61
82	81	61	73	65	68	68	50	46	64
78	49	72	65	81	70	56	49	51	55
79	65	75	60	91	101	61	60	49	66
82	66	56	66	56	67	76	51	68	57
74	64	75	65	95	65	60	54	60	61
76	65	69	77	70	60	54	49	47	62
80	83	68	75	67	74	66	58	54	56
78	86	70	72	74	67	61	51	61	53
60	79	73	81	73	86	64	45	61	60
88	103	66	91	80	100	63	48	64	63
61	97	71	74	66	98	60	56	55	59
75	73	73	53	95	79	66	54	61	54
78	74	87	80	84	67	64	58	52	60
97	52	84	60	81	78	55	53	57	67
56	97	83	75	71	95	82	53	66	65
65	70	80	79	70	70	57	52	59	63
65	123	66	75	86	89	60	50	63	74

11 eswt.	11 exwt.	12 eswt.	12 exwt.	13 eswt.	13 exwt.	14 eswt.	14 exwt.	15 eswt.	15 exwt.
77	77	85	88	77	54	97	72	98	106
98	97	79	85	66	67	96	75	89	81
76	64	86	124	68	75	79	76	96	79
76	76	60	83	71	63	100	80	68	96
86	111	73	93	75	91	72	64	71	79
92	69	76	75	90	69	73	70	51	75
59	59	72	70	65	54	90	84	75	88
64	78	97	81	70	53	86	98	64	78
76	88	91	89	70	51	81	80	75	72
76	85	73	56	73	63	71	63	77	78
85	74	103	68	74	84	77	78	67	72
75	73	84	75	81	82	93	79	73	69
82	59	76	74	55	59	85	84	68	77
75	64	80	88	75	75	84	63	82	95
67	65	87	73	75	80	76	73	105	93
80	71	70	90	65	77	73	74	86	64
70	75	65	90	70	76	81	82	67	76
79	71	89	101	96	62	78	72	61	82
71	68	84	64	69	80	73	72	86	92
108	53	85	78	61	71	87	74	69	77
61	80	71	83	73	74	84	79	68	58
60	73	85	60	56	78	74	80	57	56
60	86	71	85	63	75	81	83	75	64
91	62	73	87	78	77	76	82	55	77
83	76	69	78	80	78	89	83	67	69
89	72	66	82	82	64	85	80	86	107
61	67	64	74	75	59	72	75	113	66
72	80	62	79	71	71	98	72	70	79
82	55	61	73	75	70	85	82	74	56
75	62	98	79	65	69	80	72	81	74
67	45	82	90	48	81	55	75	62	101
62	60	79	63	81	63	70	84	56	102
99	60	72	81	71	75	76	78	90	83
65	67	98	71	54	75	88	70	78	79
61	81	79	78	83	69	80	70	72	87
89	68	85	84	65	66	62	94	69	73
76	83	98	76	64	77	80	65	56	74
65	77	82	88	50	82	56	77	80	89
67	59	87	88	69	65	85	77	70	78
72	84	59	67	43	63	82	80	87	84

16 eswt.	16 exwt.	17 eswt.	17 exwt.	18 eswt.	18 exwt.	19 eswt.	19 exwt.	20 eswt.	20 exwt.
58	128	76	71	98	79	75	100	73	109
61	121	95	91	61	84	92	70	96	78
83	65	96	82	80	78	85	99	86	77
59	99	82	86	95	82	84	78	79	82
87	90	87	78	88	83	74	72	87	135
61	74	103	71	78	59	75	79	88	87
82	68	70	87	87	76	86	78	114	93
86	74	81	87	84	79	77	82	98	79
64	90	75	78	74	81	98	73	82	78
80	70	67	82	72	77	80	87	86	92
82	81	58	83	75	61	74	56	87	103
81	60	93	96	74	79	80	59	77	85
75	86	74	69	74	73	65	82	65	83
75	76	91	89	77	63	86	94	85	97
95	89	86	90	64	70	63	86	75	78
92	106	73	86	70	92	99	93	57	71
70	82	66	86	76	103	62	82	103	93
81	103	68	72	76	93	74	63	89	67
78	79	107	78	73	69	62	74	80	77
66	60	67	85	80	64	64	79	81	78
83	55	82	70	86	104	82	88	88	97
79	74	75	72	84	80	79	74	110	100
91	79	63	87	82	73	78	73	74	85
69	75	97	72	78	59	78	73	84	78
69	78	74	69	72	72	69	69	92	92
62	61	98	87	70	68	77	77	96	76
80	89	88	80	81	80	79	71	86	92
47	53	81	59	44	61	86	67	82	80
73	80	86	65	60	78	82	65	78	82
70	64	75	67	56	83	75	83	82	103
61	67	79	77	76	78	81	74	95	108
90	65	68	61	81	76	75	88	89	86
82	95	88	75	68	73	80	69	86	130
71	58	102	76	76	86	56	80	80	89
75	62	88	73	75	74	76	70	74	74
67	71	84	96	90	77	67	82	97	93
70	69	59	80	81	103	73	69	119	54
73	79	100	63	103	60	91	79	66	99
83	92	83	67	94	47	94	78	78	105
90	78	98	69	72	86	87	68	69	106

21 eswt.	21 exwt.	22 eswt.	22 exwt.	23 eswt.	23 exwt.	24 eswt.	24 exwt.	25 eswt.	25 exwt.
86	91	78	90	78	89	75	81	86	66
64	103	69	92	87	62	91	92	65	62
72	64	70	122	77	73	81	82	84	66
97	59	87	97	75	60	80	67	71	86
58	73	90	87	75	79	89	79	65	77
67	80	68	86	73	75	76	72	66	70
75	97	81	109	68	78	77	78	62	51
108	84	90	91	69	106	101	80	63	47
76	81	98	88	69	101	94	66	65	52
79	62	82	59	86	100	75	75	58	75
65	67	78	82	84	86	98	88	85	68
67	98	83	89	89	64	74	79	69	61
63	93	87	67	68	93	83	77	81	48
86	74	75	83	77	86	68	82	77	80
90	75	61	84	78	75	74	87	67	62
81	81	99	67	78	50	91	90	80	76
83	73	79	70	84	60	71	105	77	85
87	91	105	79	85	101	90	61	67	63
85	85	105	102	100	71	95	84	78	61
63	82	80	96	75	75	78	75	69	59
75	77	71	75	76	76	82	90	66	96
80	71	87	87	76	83	62	84	102	68
55	71	84	112	89	74	81	74	55	64
61	115	106	92	73	60	75	82	57	90
87	100	87	92	81	74	90	87	73	84
81	108	82	82	81	97	79	86	59	67
83	79	141	90	86	118	99	72	61	69
84	77	59	99	72	94	60	72	59	61
74	104	69	102	77	82	95	105	81	73
71	75	103	78	88	94	71	84	68	80
73	98	64	95	71	80	84	78	72	67
76	72	56	103	63	66	95	77	63	88
95	75	93	81	78	64	76	85	88	69
63	82	77	80	89	79	75	80	58	69
78	92	91	78	100	77	74	56	61	75
83	71	85	91	101	89	79	84	93	70
84	72	99	86	91	56	82	84	88	77
96	102	92	79	76	78	74	60	53	83
100	76	111	109	83	135	85	60	59	118
67	104	92	101	84	77	89	77	99	95

26 eswt.	26 exwt.	27 eswt.	27 exwt.	28 eswt.	28 exwt.	29 eswt.	29 exwt.	eyth1 eswt.	eyth1 exwt.
92	83	88	102	78	65	96	71	108	149
77	72	85	78	82	74	80	75	74	119
87	95	97	83	83	97	68	93	74	113
87	78	96	90	77	89	75	90	84	120
85	73	75	119	78	83	68	91	80	85
86	103	86	78	87	90	78	76	94	90
87	73	77	83	83	84	87	78	98	110
89	75	84	73	80	88	87	76	97	86
79	107	81	83	68	106	92	73	83	70
87	87	86	83	86	85	78	92	86	78
76	84	94	81	80	82	69	88	63	78
71	88	83	78	87	79	75	80	80	76
87	84	82	82	83	98	82	83	104	90
78	76	78	77	103	99	79	72	56	110
82	81	95	93	97	84	79	82	74	86
66	69	91	102	88	88	83	69	123	69
85	81	90	69	76	90	98	100	94	112
78	78	95	71	72	84	79	79	69	86
105	74	86	79	70	87	68	84	120	77
67	78	87	83	87	86	64	89	94	93
72	75	98	81	74	86	81	91	98	75
86	80	100	83	75	82	71	99	82	86
75	87	106	92	79	83	75	81	104	75
78	76	85	110	75	75	87	82	72	78
83	82	88	93	77	72	77	94	81	79
79	82	87	72	72	82	63	79	112	81
68	83	84	68	76	85	106	81	99	86
74	68	98	70	83	105	72	89	96	97
75	75	99	87	80	84	68	82	86	107
88	94	96	77	80	79	67	73	93	108
72	97	83	80	74	89	67	76	97	127
79	84	81	78	78	108	63	81	151	103
77	77	84	83	76	74	62	84	141	99
81	67	85	88	88	82	74	79	86	91
108	107	76	89	93	73	75	91	113	100
87	61	84	90	86	76	98	73	99	111
89	73	95	94	66	86	68	75	82	107
90	86	97	110	78	80	88	86	95	72
75	71	100	89	81	82	81	98	95	83
72	73	94	82	87	84	80	82	131	77

eyth2 eswt.	eyth2 exwt.	eyth3 eswt.	eyth3 exwt.	eyth4 eswt.	eyth4 exwt.	eyth5 eswt.	eyth5 exwt.
73	100	81	66	93	71	74	92
70	73	84	71	95	66	79	51
63	86	66	64	71	68	69	77
81	55	77	67	80	84	77	79
61	69	72	66	58	57	74	72
69	64	70	65	72	63	74	69
61	87	67	59	80	54	68	77
64	79	63	67	63	67	63	86
56	85	65	66	61	84	78	69
59	87	68	79	72	66	87	65
56	63	73	64	78	84	73	79
85	65	69	77	57	71	61	76
84	81	73	106	76	91	65	81
66	77	58	67	64	81	66	71
59	79	61	65	65	98	79	72
61	91	58	71	69	67	82	85
75	91	84	76	71	80	76	80
84	71	61	71	68	74	88	69
84	68	64	65	55	69	88	51
86	74	64	58	52	53	69	101
81	111	58	54	62	76	97	83
64	73	60	74	71	63	101	64
99	76	82	77	79	64	87	71
99	97	77	63	84	53	68	92
85	82	73	61	59	69	63	67
77	72	77	77	57	68	75	71
84	84	66	82	76	94	54	64
88	92	77	76	59	61	82	60
65	57	74	68	82	87	56	77
65	79	74	59	68	61	75	75
109	113	59	61	51	74	74	60
77	77	61	57	64	74	62	74
64	77	63	67	82	71	100	73
73	53	60	58	62	69	71	65
66	82	65	70	68	69	69	78
85	86	72	78	70	67	69	60
77	80	66	85	82	64	102	56
75	95	61	79	83	70	75	125
104	96	53	81	73	86	83	70
108	84	63	85	70	88	85	67

Πίνακας 57: Δεδομένα ταχυτήτων στις 29 καμπύλες και 5 ευθύγραμμες για τις δύο κατευθύνσεις κυκλοφορίας για τη νύχτα

1b eswt.	1b exwt.	2b eswt.	2b exwt.	3b eswt.	3b exwt.	4b eswt.	4b exwt.	5b eswt.	5b exwt.
98	97	83	78	87	76	102	80	85	80
123	99	86	60	100	75	78	86	95	51
81	102	115	66	105	104	84	85	94	75
100	141	60	95	100	70	95	84	68	64
106	81	99	90	73	84	83	83	81	74
78	82	103	84	75	84	91	83	91	72
95	100	83	65	106	92	81	84	96	78
89	95	68	72	105	90	70	65	89	84
84	88	69	113	87	81	81	96	88	86
71	87	98	79	79	88	90	102	64	81
71	108	90	108	99	82	74	91	90	99
81	92	96	148	69	103	122	67	82	92
86	103	82	89	100	65	81	96	55	94
99	95	89	49	100	84	67	83	55	70
99	94	92	63	85	78	67	84	83	79
91	68	79	74	107	103	79	102	72	79
83	93	91	79	112	87	74	67	80	75
75	110	81	60	79	85	97	83	54	90
108	84	88	64	94	84	60	86	83	83
96	143	105	54	81	60	52	87	94	76
114	112	58	88	75	77	70	87	125	66
107	88	89	68	100	88	63	82	56	93
57	88	72	89	83	108	73	79	80	63
82	79	81	77	83	108	101	74	97	73
75	71	104	65	130	82	78	101	109	79
137	85	106	76	90	78	85	108	93	85
117	118	98	72	118	111	68	94	83	76
84	80	106	69	92	101	56	94	74	95
95	108	95	88	93	58	52	103	71	59
92	97	84	58	95	98	80	76	85	67
113	106	84	57	76	91	82	90	85	88
93	125	84	88	89	74	91	75	90	82
111	78	105	67	75	75	109	73	79	59
97	68	117	70	82	97	83	62	50	74
85	118	96	87	79	103	62	76	82	68
93	88	90	70	87	88	89	72	83	54
103	69	74	107	53	80	56	67	74	105
81	89	87	86	95	101	73	66	67	67
85	121	107	84	71	84	74	92	58	79
88	113	78	88	74	95	71	71	84	82

6b eswt.	6b exwt.	7b eswt.	7b exwt.	8b eswt.	8b exwt.	9b eswt.	9b exwt.	10b eswt.	10b exwt.
61	63	85	83	58	70	51	52	68	62
73	57	62	77	55	52	52	51	60	65
85	64	63	74	79	52	59	47	68	61
63	50	61	78	65	46	61	49	64	66
88	77	54	89	87	68	57	55	66	74
83	67	61	74	67	71	63	62	73	68
70	66	67	90	54	56	55	60	68	74
75	59	74	80	68	70	50	55	62	60
63	76	65	81	61	66	63	51	116	67
79	78	62	70	92	79	67	66	66	91
67	82	76	78	79	66	51	49	72	67
85	67	80	82	58	63	53	52	75	59
84	70	66	78	66	75	52	47	97	61
73	50	72	80	84	65	55	53	75	72
72	75	73	55	75	78	53	51	65	79
62	74	64	73	97	72	65	72	58	81
81	58	62	78	68	67	66	53	67	92
70	60	79	77	62	72	54	66	59	57
62	61	75	91	67	60	56	61	84	49
83	73	78	68	67	56	57	70	69	47
77	67	59	71	62	66	59	56	78	58
68	71	67	86	72	72	60	51	69	60
81	88	67	71	96	66	69	53	56	61
76	70	65	70	71	57	68	42	57	62
84	89	68	63	77	67	62	49	58	60
77	72	59	81	63	74	62	51	57	61
48	86	79	77	79	70	65	47	59	51
80	81	69	71	50	69	55	98	56	67
83	76	71	72	70	61	68	58	60	74
69	82	71	76	71	79	59	47	58	74
97	91	63	74	81	58	63	41	58	77
111	62	70	78	82	71	59	55	57	83
68	82	53	85	72	71	59	59	53	43
95	73	67	74	63	59	64	63	61	72
71	73	73	83	65	84	51	65	71	57
76	63	94	68	70	85	65	53	73	60
75	84	72	71	78	75	53	39	41	72
68	65	64	104	64	58	52	58	64	67
80	70	66	81	81	74	49	51	69	63
90	86	86	79	72	108	57	62	73	69

11b eswt.	11b exwt.	12b eswt.	12b exwt.	13b eswt.	13b exwt.	14b eswt.	14b exwt.	15b eswt.	15b exwt.
58	79	52	90	71	81	89	72	83	81
77	87	89	84	74	79	81	68	100	70
57	96	78	94	62	61	81	65	68	67
59	105	76	52	54	70	98	70	54	72
81	83	67	63	68	70	87	75	72	73
88	103	70	67	63	72	78	56	73	61
65	87	73	76	63	66	80	62	71	57
83	97	70	88	70	68	62	68	88	73
86	61	86	91	85	59	92	75	60	61
81	68	67	79	81	64	73	57	82	76
77	55	64	84	81	65	74	72	73	72
86	86	67	95	73	67	79	59	76	67
113	64	65	77	73	70	60	74	59	75
80	47	71	77	57	70	70	73	67	101
88	74	71	82	58	72	77	63	59	67
91	62	64	71	66	58	80	84	58	67
57	72	61	77	63	80	71	54	66	94
93	93	71	82	72	60	84	72	65	63
69	70	96	104	73	62	77	81	97	65
97	76	92	77	67	51	66	69	58	61
82	60	98	84	69	64	84	68	42	62
75	80	69	68	55	75	101	57	55	65
77	89	82	85	75	67	72	59	71	57
66	72	67	91	71	65	80	64	79	70
64	78	73	84	80	68	76	66	78	62
75	74	79	81	61	64	65	67	73	66
106	103	87	74	76	72	69	66	67	71
84	89	60	85	65	66	62	84	64	56
105	67	76	64	52	73	87	80	66	55
104	72	66	70	65	62	67	60	76	57
70	70	73	74	63	51	70	60	63	64
90	67	75	86	54	61	71	64	68	70
82	59	77	66	85	84	73	72	61	90
98	51	75	78	65	65	76	65	61	49
71	79	67	65	64	65	75	72	111	63
96	69	59	68	63	72	70	68	70	85
68	71	68	96	54	80	83	79	69	64
68	82	80	63	60	78	78	92	73	99
73	104	76	78	59	63	96	82	75	71
75	84	83	67	64	62	72	82	67	67

16b eswt.	16b exwt.	17b eswt.	17b exwt.	18b eswt.	18b exwt.	19b eswt.	19b exwt.	20b eswt.	20b exwt.
70	52	76	78	60	72	64	57	71	71
80	66	78	91	64	68	85	60	60	73
68	64	97	87	81	69	62	104	64	67
54	66	68	74	88	85	59	99	98	60
80	51	77	76	69	79	81	107	96	75
67	95	63	61	67	96	80	84	78	66
83	74	56	81	79	76	69	80	78	95
59	71	65	56	76	66	74	58	122	81
70	83	77	59	80	49	69	63	88	78
132	58	71	91	70	99	58	108	76	107
75	63	68	67	62	99	73	111	80	94
68	61	81	79	94	86	83	82	77	89
80	74	59	81	119	77	68	77	70	90
86	65	68	118	82	69	66	61	102	70
65	67	47	71	72	73	92	66	76	86
64	48	71	55	79	92	73	65	71	71
62	57	64	77	72	53	100	86	60	75
57	54	101	62	85	66	76	77	96	80
115	57	69	66	61	68	80	78	64	72
113	75	69	91	62	80	67	68	78	74
58	60	75	82	62	57	66	79	86	82
81	73	62	56	74	66	63	82	91	113
65	55	76	61	82	72	65	58	69	67
88	68	70	68	80	68	63	63	74	74
77	62	71	64	68	95	89	69	52	61
99	46	61	64	59	77	79	87	69	63
72	69	75	92	102	67	38	109	82	109
68	64	87	84	84	77	69	71	100	81
69	60	65	82	56	78	83	61	73	83
70	68	61	73	65	111	65	78	71	77
70	92	66	57	61	75	85	97	73	97
102	62	71	69	59	85	62	63	83	87
84	53	71	65	60	91	65	79	54	72
76	72	72	58	67	58	67	68	48	92
65	69	69	78	89	74	78	79	70	84
127	94	72	67	54	55	65	64	67	101
65	95	63	92	87	64	59	101	88	69
65	48	61	88	68	49	53	81	65	65
64	72	65	85	83	79	95	64	77	115
59	58	64	100	61	90	69	92	100	102

21b eswt.	21b exwt.	22b eswt.	22b exwt.	23b eswt.	23b exwt.	24b eswt.	24b exwt.	25b eswt.	25b exwt.
80	75	78	108	82	82	96	81	67	60
62	74	104	82	80	77	63	84	81	76
66	61	67	93	76	74	97	72	78	72
97	82	54	86	64	57	68	69	65	54
65	66	78	75	88	76	84	77	58	59
78	73	84	64	120	86	59	87	80	77
86	69	84	84	73	86	90	77	62	66
84	64	50	52	86	76	85	47	72	63
94	73	101	103	65	96	73	59	64	69
85	71	86	69	74	76	72	58	66	64
78	95	72	80	49	84	64	88	59	81
56	116	43	77	71	99	98	89	58	85
98	77	57	84	73	74	60	57	67	71
64	74	70	76	86	82	76	65	74	108
99	121	63	63	57	71	96	75	70	67
72	110	67	64	100	73	95	65	73	74
73	67	87	80	100	71	86	86	71	58
65	69	86	87	64	74	81	87	85	83
124	110	75	54	100	109	98	65	81	73
93	85	85	82	85	58	97	76	75	56
86	93	98	66	90	64	82	79	64	75
69	83	90	66	89	66	78	80	60	59
62	100	100	79	85	71	51	52	66	81
80	62	83	97	87	62	62	75	77	89
58	61	115	82	67	50	69	73	59	78
87	79	108	73	87	51	76	59	66	71
71	78	75	73	93	69	67	73	63	62
97	49	67	70	116	72	82	67	88	68
93	74	81	68	71	64	70	93	68	63
69	118	91	127	69	64	63	98	60	75
69	94	76	93	79	62	83	71	68	56
63	47	70	80	71	65	57	75	56	79
91	64	75	98	75	74	73	83	64	59
64	93	91	83	84	81	72	80	70	81
66	72	98	99	78	80	89	102	71	59
117	67	105	82	73	57	86	74	65	89
93	73	49	61	84	84	82	77	63	58
77	80	83	84	68	66	55	75	80	79
70	84	70	91	64	56	72	75	75	76
68	79	79	77	102	50	76	80	101	74

26b eswt.	26b exwt.	27b eswt.	27b exwt.	28b eswt.	28b exwt.	29b eswt.	29b exwt.	eyth1b eswt.	eyth1b exwt.
87	73	77	84	76	73	79	87	54	90
118	98	85	95	75	79	69	100	69	82
73	63	111	82	93	77	75	87	76	64
67	98	79	86	95	69	72	90	79	55
69	64	81	91	75	66	69	80	103	91
83	71	106	80	72	69	74	68	96	108
80	119	97	84	65	77	79	83	77	97
78	68	82	89	54	71	70	87	124	82
67	80	88	76	74	74	54	82	55	117
71	93	93	86	72	77	61	83	94	99
98	74	87	89	83	75	76	80	65	70
90	79	77	82	77	67	71	84	55	72
93	78	71	85	86	74	78	69	80	73
90	74	78	76	73	77	66	74	66	94
72	75	93	72	94	99	71	76	88	78
83	100	94	82	71	74	85	86	74	91
71	74	101	78	75	81	76	111	71	76
94	74	94	78	76	67	71	79	99	73
71	82	97	78	64	72	80	65	109	89
80	72	90	87	67	71	79	78	74	88
98	67	77	86	68	67	94	83	84	95
74	68	74	79	78	92	86	85	69	58
75	94	79	63	75	75	61	67	71	87
73	85	78	69	75	77	70	86	92	62
77	90	91	64	86	85	103	74	91	101
81	97	83	76	78	90	86	77	84	88
83	83	104	78	92	73	66	88	71	90
64	86	87	74	78	64	72	80	95	113
77	72	77	69	69	100	70	82	77	134
85	63	79	78	70	79	77	76	65	128
74	74	82	72	75	80	80	85	85	97
87	87	95	85	69	82	64	70	97	107
85	85	91	83	95	80	81	88	77	91
104	77	149	84	71	78	69	64	84	62
98	105	94	74	78	77	79	63	85	109
81	68	96	65	78	95	80	73	78	98
68	84	68	84	72	72	74	104	86	105
73	79	77	76	76	76	64	72	89	97
89	83	81	85	71	79	70	93	99	104
84	85	77	81	65	90	66	72	87	104

eyth2b eswt.	eyth2b exwt.	eyth3b eswt.	eyth3b exwt.	eyth4b eswt.	eyth4b exwt.	eyth5b eswt.	eyth5b exwt.
66	102	60	65	76	51	72	65
65	122	59	59	62	60	55	63
68	83	53	57	61	56	60	71
89	90	67	76	81	71	55	55
92	82	49	68	62	60	62	66
95	101	47	67	79	55	53	86
61	86	49	70	69	54	73	83
81	88	55	74	76	49	55	62
94	98	69	79	66	52	63	85
72	106	92	52	65	62	53	58
70	81	76	66	66	63	59	85
95	79	51	69	88	64	67	63
71	74	62	82	59	63	75	60
74	90	66	66	83	60	74	64
101	83	61	76	83	55	65	57
74	97	55	56	55	63	61	66
86	81	73	62	79	58	73	87
92	82	61	64	86	52	71	72
82	80	61	55	74	47	76	76
76	91	64	64	66	50	50	79
72	95	69	67	69	76	70	83
105	112	53	80	72	58	68	63
73	76	103	72	55	52	63	111
71	83	70	60	54	53	62	58
47	76	58	57	55	53	59	82
75	80	67	94	67	47	57	78
68	84	86	69	48	66	61	69
59	107	76	58	54	49	78	75
77	85	70	62	53	58	52	60
93	87	64	64	67	67	51	65
45	74	71	77	41	59	58	79
70	116	86	63	98	63	63	85
76	83	67	53	70	57	66	63
73	103	74	75	55	74	77	51
68	137	76	64	67	70	63	64
103	146	70	73	53	60	69	72
102	108	66	76	52	57	84	74
111	104	72	71	48	59	70	71
79	72	62	69	67	55	69	74
94	97	76	69	60	60	69	53

Πίνακας 58: One Sample Kolmogorov – Smirnov τεστ για τα δεδομένα της μέρας

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		strofi 1 eswteriki	strofi 1 exwteriki	strofi 2 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	89,2500	97,1500	85,7250
	Std. Deviation	18,62140	18,43707	15,41393
Most Extreme Differences	Absolute	,080	,068	,119
	Positive	,080	,068	,119
	Negative	-,066	-,061	-,087
	Kolmogorov-Smirnov Z	,507	,430	,751
Asymp. Sig. (2-tailed)		,959	,993	,625

		strofi 2 exwteriki	strofi 3 eswteriki	strofi 3 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	90,4500	93,4000	81,8250
	Std. Deviation	16,52496	13,67536	15,79823
Most Extreme Differences	Absolute	,160	,115	,137
	Positive	,091	,115	,137
	Negative	-,160	-,099	-,099
	Kolmogorov-Smirnov Z	1,012	,726	,865
Asymp. Sig. (2-tailed)		,257	,668	,443

		strofi 4 eswteriki	strofi 4 exwteriki	strofi 5 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	76,3750	83,1750	69,8000
	Std. Deviation	9,53452	16,07815	13,08591
Most Extreme Differences	Absolute	,078	,104	,129
	Positive	,078	,104	,121
	Negative	-,045	-,079	-,129
	Kolmogorov-Smirnov Z	,491	,660	,819
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,970	,776	,514

		strofi 5 exwteriki	strofi 6 eswteriki	strofi 6 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	76,3500	73,3250	79,0750
	Std. Deviation	11,75945	10,38586	16,25342
Most Extreme Differences	Absolute	,112	,124	,138
	Positive	,112	,102	,138
	Negative	-,083	-,124	-,072
	Kolmogorov-Smirnov Z	,709	,782	,872
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,696	,573	,432

		strofi 7 eswteriki	strofi 7 exwteriki	strofi 8 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	71,0750	72,6500	77,5500
	Std. Deviation	8,28773	8,75756	10,82720
Most Extreme Differences	Absolute	,076	,095	,128
	Positive	,076	,076	,128
	Negative	-,073	-,095	-,068
	Kolmogorov-Smirnov Z	,482	,603	,813
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,974	,860	,524

		strofi 8 exwteriki	strofi 9 eswteriki	strofi 9 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	76,0750	63,5500	56,7500
	Std. Deviation	11,03929	7,82812	10,29252
Most Extreme Differences	Absolute	,134	,128	,205
	Positive	,134	,128	,205
	Negative	-,076	-,100	-,148
	Kolmogorov-Smirnov Z	,847	,808	1,299
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,470	,532	,069

		strofi 10 eswteriki	strofi 10 exwteriki	strofi 11 eswteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	60,8250	59,6500	75,7250
	Std. Deviation	8,24275	8,12893	11,95931
Most Extreme Differences	Absolute	,131	,171	,116
	Positive	,131	,171	,116
	Negative	-,087	-,082	-,081
	Kolmogorov-Smirnov Z	,830	1,083	,733
Asymp. Sig. (2-tailed)		,496	,191	,657

		strofi 11 exwteriki	strofi 12 eswteriki	strofi 12 exwteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	71,8500	78,9000	80,2750
	Std. Deviation	12,42114	11,45067	11,96574
Most Extreme Differences	Absolute	,075	,097	,133
	Positive	,064	,097	,133
	Negative	-,075	-,072	-,072
	Kolmogorov-Smirnov Z	,477	,612	,842
Asymp. Sig. (2-tailed)		,977	,848	,477

		strofi 13 eswteriki	strofi 13 exwteriki	strofi 14 eswteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	69,8000	70,4250	80,2500
	Std. Deviation	10,83962	9,39964	10,10648
Most Extreme Differences	Absolute	,104	,137	,082
	Positive	,091	,060	,069
	Negative	-,104	-,137	-,082
	Kolmogorov-Smirnov Z	,657	,865	,520
Asymp. Sig. (2-tailed)		,780	,443	,950

		strofi 14 exwteriki	strofi 15 eswteriki	strofi 15 exwteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	76,7750	74,8500	79,6250
	Std. Deviation	7,33970	13,74036	12,67076
Most Extreme Differences	Absolute	,112	,121	,145
	Positive	,112	,121	,145
	Negative	-,083	-,084	-,074
	Kolmogorov-Smirnov Z	,711	,763	,915
Asymp. Sig. (2-tailed)		,692	,605	,372

		strofi 16 eswteriki	strofi 16 exwteriki	strofi 17 eswteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	75,0250	78,6250	82,0750
	Std. Deviation	10,94154	16,83356	12,78498
Most Extreme Differences	Absolute	,100	,121	,085
	Positive	,058	,121	,085
	Negative	-,100	-,064	-,069
	Kolmogorov-Smirnov Z	,635	,762	,538
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,815	,606	,935

		strofi 17 exwteriki	strofi 18 eswteriki	strofi 18 exwteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	77,8000	77,1250	76,5750
	Std. Deviation	9,53859	11,25961	12,30361
Most Extreme Differences	Absolute	,105	,124	,101
	Positive	,103	,090	,101
	Negative	-,105	-,124	-,086
	Kolmogorov-Smirnov Z	,664	,787	,637
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,770	,565	,811

		strofi 19 eswteriki	strofi 19 exwteriki	strofi 20 eswteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	78,0000	77,0750	85,3250
	Std. Deviation	9,84235	9,93927	12,69643
Most Extreme Differences	Absolute	,117	,096	,136
	Positive	,069	,096	,136
	Negative	-,117	-,058	-,066
	Kolmogorov-Smirnov Z	,741	,610	,861
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,642	,850	,449

		strofi 20 exwteriki	strofi 21 eswteriki	strofi 21 exwteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	89,2750	77,9500	83,3500
	Std. Deviation	15,68600	12,17806	13,84261
Most Extreme Differences	Absolute	,106	,091	,139
	Positive	,106	,091	,139
	Negative	-,099	-,061	-,088
	Kolmogorov-Smirnov Z	,671	,574	,878
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,758	,897	,424

		strofi 22 eswteriki	strofi 22 exwteriki	strofi 23 eswteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	85,3500	88,8000	80,2500
	Std. Deviation	16,26314	12,98757	8,91484
Most Extreme Differences	Absolute	,094	,103	,150
	Positive	,094	,103	,150
	Negative	-,054	-,078	-,062
	Kolmogorov-Smirnov Z	,595	,649	,946
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,871	,793	,332

		strofi 23 exwteriki	strofi 24 eswteriki	strofi 24 exwteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	80,9250	81,7000	79,4250
	Std. Deviation	17,18584	9,95683	10,51711
Most Extreme Differences	Absolute	,121	,095	,109
	Positive	,121	,091	,086
	Negative	-,072	-,095	-,109
	Kolmogorov-Smirnov Z	,768	,599	,688
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,597	,866	,731

		strofi 25 eswteriki	strofi 25 exwteriki	strofi 26 eswteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	71,2500	71,9500	81,4750
	Std. Deviation	12,36569	14,09846	9,00708
Most Extreme Differences	Absolute	,147	,130	,108
	Positive	,147	,130	,108
	Negative	-,075	-,094	-,077
	Kolmogorov-Smirnov Z	,931	,822	,685
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,351	,508	,737

		strofi 26 exwteriki	strofi 27 eswteriki	strofi 27 exwteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	80,9250	88,9000	85,0750
	Std. Deviation	10,42282	7,58811	11,41162
Most Extreme Differences	Absolute	,134	,124	,197
	Positive	,134	,124	,197
	Negative	-,074	-,124	-,090
	Kolmogorov-Smirnov Z	,847	,786	1,247
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,469	,567	,089

		strofi 28 eswteriki	strofi 28 exwteriki	strofi 29 eswteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	80,5750	85,1250	77,7000
	Std. Deviation	7,48293	9,16568	10,59318
Most Extreme Differences	Absolute	,106	,147	,103
	Positive	,106	,147	,103
	Negative	-,065	-,117	-,069
	Kolmogorov-Smirnov Z	,668	,932	,650
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,764	,350	,793

		strofi 29 exwteriki	eythigrammia 1 eswteriki	eythigrammia 1 exwteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	82,9250	94,2000	93,4750
	Std. Deviation	8,09364	19,93991	17,98145
Most Extreme Differences	Absolute	,120	,155	,161
	Positive	,120	,155	,161
	Negative	-,074	-,063	-,087
	Kolmogorov-Smirnov Z	,762	,980	1,019
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,607	,293	,250

		eythigrammia 2 eswteriki	eythigrammia 2 exwteriki	eythigrammia 3 eswteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	76,0500	80,2750	67,9750
	Std. Deviation	14,27918	13,47550	7,93075
Most Extreme Differences	Absolute	,134	,084	,123
	Positive	,134	,084	,123
	Negative	-,080	-,054	-,079
	Kolmogorov-Smirnov Z	,849	,530	,780
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,467	,941	,577

		eythigrammia 3 exwteriki	eythigrammia 4 eswteriki	eythigrammia 4 exwteriki
Normal Parameters ^{a,,b}	N	40	40	40
	Mean	70,0500	70,0500	71,9000
	Std. Deviation	9,96905	10,60950	11,12585
Most Extreme Differences	Absolute	,145	,077	,157
	Positive	,145	,077	,157
	Negative	-,070	-,051	-,087
	Kolmogorov-Smirnov Z	,918	,488	,994
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,368	,971	,276

		eythigrammia 5 eswteriki	eythigrammia 5 exwteriki
	N	40	40
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	75,9500	73,8500
	Std. Deviation	11,67278	13,45753
	Most Extreme Differences		
	Absolute	,107	,126
	Positive	,107	,126
	Negative	-,064	-,082
	Kolmogorov-Smirnov Z	,679	,797
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,745	,549

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Πίνακας 59: One Sample Kolmogorov – Smirnov τεστ για τα δεδομένα της νύχτας

		strofi 1 eswteriki	strofi 1 exwteriki	strofi 2 eswteriki
	N	40	40	40
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	89,2500	97,1500	85,7250
	Std. Deviation	18,62140	18,43707	15,41393
	Most Extreme Differences			
	Absolute	,080	,068	,119
	Positive	,080	,068	,119
	Negative	-,066	-,061	-,087
	Kolmogorov-Smirnov Z	,507	,430	,751
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,959	,993	,625

		strofi 2 exwteriki	strofi 3 eswteriki	strofi 3 exwteriki
	N	40	40	40
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	90,4500	93,4000	81,8250
	Std. Deviation	16,52496	13,67536	15,79823
	Most Extreme Differences			
	Absolute	,160	,115	,137
	Positive	,091	,115	,137
	Negative	-,160	-,099	-,099
	Kolmogorov-Smirnov Z	1,012	,726	,865
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,257	,668	,443

		strofi 4 eswteriki	strofi 4 exwteriki	strofi 5 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	76,3750	83,1750	69,8000
	Std. Deviation	9,53452	16,07815	13,08591
Most Extreme Differences	Absolute	,078	,104	,129
	Positive	,078	,104	,121
	Negative	-,045	-,079	-,129
	Kolmogorov-Smirnov Z	,491	,660	,819
Asymp. Sig. (2-tailed)		,970	,776	,514

		strofi 5 exwteriki	strofi 6 eswteriki	strofi 6 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	76,3500	73,3250	79,0750
	Std. Deviation	11,75945	10,38586	16,25342
Most Extreme Differences	Absolute	,112	,124	,138
	Positive	,112	,102	,138
	Negative	-,083	-,124	-,072
	Kolmogorov-Smirnov Z	,709	,782	,872
Asymp. Sig. (2-tailed)		,696	,573	,432

		strofi 7 eswteriki	strofi 7 exwteriki	strofi 8 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	71,0750	72,6500	77,5500
	Std. Deviation	8,28773	8,75756	10,82720
Most Extreme Differences	Absolute	,076	,095	,128
	Positive	,076	,076	,128
	Negative	-,073	-,095	-,068
	Kolmogorov-Smirnov Z	,482	,603	,813
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,974	,860	,524

		strofi 8 exwteriki	strofi 9 eswteriki	strofi 9 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	76,0750	63,5500	56,7500
	Std. Deviation	11,03929	7,82812	10,29252
Most Extreme Differences	Absolute	,134	,128	,205
	Positive	,134	,128	,205
	Negative	-,076	-,100	-,148
	Kolmogorov-Smirnov Z	,847	,808	1,299
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,470	,532	,069

		strofi 10 eswteriki	strofi 10 exwteriki	strofi 11 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	60,8250	59,6500	75,7250
	Std. Deviation	8,24275	8,12893	11,95931
Most Extreme Differences	Absolute	,131	,171	,116
	Positive	,131	,171	,116
	Negative	-,087	-,082	-,081
	Kolmogorov-Smirnov Z	,830	1,083	,733
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,496	,191	,657

		strofi 11 exwteriki	strofi 12 eswteriki	strofi 12 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	71,8500	78,9000	80,2750
	Std. Deviation	12,42114	11,45067	11,96574
Most Extreme Differences	Absolute	,075	,097	,133
	Positive	,064	,097	,133
	Negative	-,075	-,072	-,072
	Kolmogorov-Smirnov Z	,477	,612	,842
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,977	,848	,477

		strofi 13 eswteriki	strofi 13 exwteriki	strofi 14 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	69,8000	70,4250	80,2500
	Std. Deviation	10,83962	9,39964	10,10648
Most Extreme Differences	Absolute	,104	,137	,082
	Positive	,091	,060	,069
	Negative	-,104	-,137	-,082
	Kolmogorov-Smirnov Z	,657	,865	,520
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,780	,443	,950

		strofi 14 exwteriki	strofi 15 eswteriki	strofi 15 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	76,7750	74,8500	79,6250
	Std. Deviation	7,33970	13,74036	12,67076
Most Extreme Differences	Absolute	,112	,121	,145
	Positive	,112	,121	,145
	Negative	-,083	-,084	-,074
	Kolmogorov-Smirnov Z	,711	,763	,915
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,692	,605	,372

		strofi 16 eswteriki	strofi 16 exwteriki	strofi 17 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	75,0250	78,6250	82,0750
	Std. Deviation	10,94154	16,83356	12,78498
Most Extreme Differences	Absolute	,100	,121	,085
	Positive	,058	,121	,085
	Negative	-,100	-,064	-,069
	Kolmogorov-Smirnov Z	,635	,762	,538
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,815	,606	,935

		strofi 17 exwteriki	strofi 18 eswteriki	strofi 18 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	77,8000	77,1250	76,5750
	Std. Deviation	9,53859	11,25961	12,30361
Most Extreme Differences	Absolute	,105	,124	,101
	Positive	,103	,090	,101
	Negative	-,105	-,124	-,086
	Kolmogorov-Smirnov Z	,664	,787	,637
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,770	,565	,811

		strofi 19 eswteriki	strofi 19 exwteriki	strofi 20 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	78,0000	77,0750	85,3250
	Std. Deviation	9,84235	9,93927	12,69643
Most Extreme Differences	Absolute	,117	,096	,136
	Positive	,069	,096	,136
	Negative	-,117	-,058	-,066
	Kolmogorov-Smirnov Z	,741	,610	,861
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,642	,850	,449

		strofi 20 exwteriki	strofi 21 eswteriki	strofi 21 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	89,2750	77,9500	83,3500
	Std. Deviation	15,68600	12,17806	13,84261
Most Extreme Differences	Absolute	,106	,091	,139
	Positive	,106	,091	,139
	Negative	-,099	-,061	-,088
	Kolmogorov-Smirnov Z	,671	,574	,878
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,758	,897	,424

		strofi 22 eswteriki	strofi 22 exwteriki	strofi 23 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	85,3500	88,8000	80,2500
	Std. Deviation	16,26314	12,98757	8,91484
Most Extreme Differences	Absolute	,094	,103	,150
	Positive	,094	,103	,150
	Negative	-,054	-,078	-,062
	Kolmogorov-Smirnov Z	,595	,649	,946
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,871	,793	,332

		strofi 23 exwteriki	strofi 24 eswteriki	strofi 24 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	80,9250	81,7000	79,4250
	Std. Deviation	17,18584	9,95683	10,51711
Most Extreme Differences	Absolute	,121	,095	,109
	Positive	,121	,091	,086
	Negative	-,072	-,095	-,109
	Kolmogorov-Smirnov Z	,768	,599	,688
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,597	,866	,731

		strofi 25 eswteriki	strofi 25 exwteriki	strofi 26 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	71,2500	71,9500	81,4750
	Std. Deviation	12,36569	14,09846	9,00708
Most Extreme Differences	Absolute	,147	,130	,108
	Positive	,147	,130	,108
	Negative	-,075	-,094	-,077
	Kolmogorov-Smirnov Z	,931	,822	,685
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,351	,508	,737

		strofi 26 exwteriki	strofi 27 eswteriki	strofi 27 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	80,9250	88,9000	85,0750
	Std. Deviation	10,42282	7,58811	11,41162
Most Extreme Differences	Absolute	,134	,124	,197
	Positive	,134	,124	,197
	Negative	-,074	-,124	-,090
	Kolmogorov-Smirnov Z	,847	,786	1,247
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,469	,567	,089

		strofi 28 eswteriki	strofi 28 exwteriki	strofi 29 eswteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	80,5750	85,1250	77,7000
	Std. Deviation	7,48293	9,16568	10,59318
Most Extreme Differences	Absolute	,106	,147	,103
	Positive	,106	,147	,103
	Negative	-,065	-,117	-,069
	Kolmogorov-Smirnov Z	,668	,932	,650
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,764	,350	,793

		strofi 29 exwteriki	eythigrammia 1 eswteriki	eythigrammia 1 exwteriki
Normal Parameters ^{a,b}	N	40	40	40
	Mean	82,9250	94,2000	93,4750
	Std. Deviation	8,09364	19,93991	17,98145
Most Extreme Differences	Absolute	,120	,155	,161
	Positive	,120	,155	,161
	Negative	-,074	-,063	-,087
	Kolmogorov-Smirnov Z	,762	,980	1,019
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,607	,293	,250

		eythigrammia 2 eswteriki	eythigrammia 2 exwteriki	eythigrammia 3 eswteriki
	N	40	40	40
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	76,0500	80,2750	67,9750
	Std. Deviation	14,27918	13,47550	7,93075
	Most Extreme Differences			
	Absolute	,134	,084	,123
	Positive	,134	,084	,123
	Negative	-,080	-,054	-,079
	Kolmogorov-Smirnov Z	,849	,530	,780
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,467	,941	,577

		eythigrammia 3 exwteriki	eythigrammia 4 eswteriki	eythigrammia 4 exwteriki
	N	40	40	40
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	70,0500	70,0500	71,9000
	Std. Deviation	9,96905	10,60950	11,12585
	Most Extreme Differences			
	Absolute	,145	,077	,157
	Positive	,145	,077	,157
	Negative	-,070	-,051	-,087
	Kolmogorov-Smirnov Z	,918	,488	,994
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,368	,971	,276

		eythigrammia 5 eswteriki	eythigrammia 5 exwteriki
	N	40	40
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	75,9500	73,8500
	Std. Deviation	11,67278	13,45753
	Most Extreme Differences		
	Absolute	,107	,126
	Positive	,107	,126
	Negative	-,064	-,082
	Kolmogorov-Smirnov Z	,679	,797
	Asymp. Sig. (2-tailed)	,745	,549

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Πίνακας 60: Λειτουργικές ταχύτητες V_{85} και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εσωτερική λωρίδα) τη μέρα

Οδικό τμήμα	Πλάτος Λωρίδας (m)	Ελικτότητα μεμονωμένης καμπύλης (gon/km)	Επίκλιση (%)	Πλάτος ερείσματος (m)	Κατά μήκος κλίση (%)	85η ποσοστιαία ταχύτητα (km/h)
1	2,75	42,47	4,60	1,00	3,00	106,40
2	2,75	63,70	4,20	1,00	2,70	106,25
3	2,75	84,93	3,40	1,00	-2,10	104,55
4	2,75	127,40	4,70	1,00	-1,10	85,00
5	2,75	159,25	5,00	1,00	-1,20	84,00
6	2,75	140,00	7,60	1,00	0,30	82,00
7	2,75	490,00	8,40	1,00	1,50	80,00
8	3,50	167,63	1,20	1,15	1,60	91,85
9	3,50	245,00	3,40	1,15	-0,60	72,70
10	3,50	265,42	4,60	1,15	-0,30	67,70
11	3,50	212,33	5,10	1,20	-1,10	89,00
12	3,00	151,67	4,60	1,10	-0,50	90,70
13	3,00	374,71	2,80	1,10	-1,00	80,85
14	3,50	63,70	2,10	2,50	0,80	89,85
15	3,50	353,89	7,80	2,50	-0,80	88,70
16	3,50	182,00	5,60	2,50	-1,30	86,85
17	3,00	89,72	6,60	1,00	-0,30	97,85
18	3,00	219,66	9,00	1,00	-0,40	87,85
19	3,00	289,55	7,80	1,00	1,60	86,85
20	3,00	176,94	5,30	1,00	-0,10	96,85
21	3,00	101,11	5,00	1,00	0,50	89,55
22	3,00	193,03	5,00	1,00	-1,10	102,40
23	3,00	163,33	7,20	1,00	0,50	89,00
24	3,00	138,48	6,60	1,00	-1,20	94,85
25	3,00	335,26	6,40	1,00	3,70	85,85
26	3,50	88,47	5,00	1,05	1,60	88,85
27	3,50	76,75	6,70	2,20	-0,10	97,85
28	3,50	44,55	3,20	2,20	0,50	87,00
29	3,50	50,96	3,40	2,20	1,50	87,85

Πίνακας 61: Λειτουργικές ταχύτητες V_{85} και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εξωτερική λωρίδα) τη μέρα

Οδικό τμήμα	Πλάτος Λωρίδας (m)	Ελικτότητα μεμονωμένης καμπύλης (gon/km)	Επίκλιση (%)	Πλάτος ερείσματος (m)	Κατά μήκος κλίση (%)	85η ποσοστιαία ταχύτητα (km/h)
1	2,75	42,47	2,50	1,00	-3,00	116,85
2	2,75	63,70	1,50	1,00	-2,70	105,00
3	2,75	84,93	3,50	1,00	2,10	99,55
4	2,75	127,40	3,80	1,00	1,10	100,85
5	2,75	159,25	4,80	1,00	1,20	92,00
6	2,75	140,00	2,90	1,00	-0,30	96,25
7	2,75	490,00	7,60	1,00	-1,50	81,00
8	3,50	167,63	3,00	1,15	-1,60	88,70
9	3,50	245,00	2,80	1,15	0,60	67,85
10	3,50	265,42	1,90	1,15	0,30	64,00
11	3,50	212,33	7,10	1,20	1,10	83,85
12	3,00	151,67	6,20	1,10	0,50	89,85
13	3,00	374,71	5,50	1,10	1,00	80,00
14	3,50	63,70	4,20	2,50	-0,80	83,00
15	3,50	353,89	5,50	2,50	0,80	94,70
16	3,50	182,00	3,60	2,50	1,30	94,55
17	3,00	89,72	3,60	1,00	0,30	87,00
18	3,00	219,66	7,80	1,00	0,40	86,00
19	3,00	289,55	5,50	1,00	-1,60	87,85
20	3,00	176,94	4,10	1,00	0,10	104,70
21	3,00	101,11	4,80	1,00	-0,50	101,70
22	3,00	193,03	2,20	1,00	1,10	102,00
23	3,00	163,33	8,10	1,00	-0,50	99,55
24	3,00	138,48	3,30	1,00	1,20	87,85
25	3,00	335,26	5,60	1,00	-3,70	85,85
26	3,50	88,47	3,00	1,05	-1,60	93,10
27	3,50	76,75	3,90	2,20	0,10	93,85
28	3,50	44,55	2,10	2,20	-0,50	95,95
29	3,50	50,96	2,30	2,20	-1,50	91,85

Πίνακας 62: Λειτουργικές ταχύτητες V_{85} και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εσωτερική λωρίδα) τη νύχτα

Οδικό τμήμα	Πλάτος Λωρίδας (m)	Ελικτότητα μεμονωμένης καμπύλης (gon/km)	Επίκλιση (%)	Πλάτος ερείσματος (m)	Κατά μήκος κλίση (%)	85η ποσοστιαία ταχύτητα (km/h)
1	2,75	42,47	4,60	1,00	3,00	110,55
2	2,75	63,70	4,20	1,00	2,70	105,00
3	2,75	84,93	3,40	1,00	-2,10	105,00
4	2,75	127,40	4,70	1,00	-1,10	94,40
5	2,75	159,25	5,00	1,00	-1,20	94,00
6	2,75	140,00	7,60	1,00	0,30	85,00
7	2,75	490,00	8,40	1,00	1,50	78,85
8	3,50	167,63	1,20	1,15	1,60	81,85
9	3,50	245,00	3,40	1,15	-0,60	65,00
10	3,50	265,42	4,60	1,15	-0,30	74,70
11	3,50	212,33	5,10	1,20	-1,10	96,85
12	3,00	151,67	4,60	1,10	-0,50	85,55
13	3,00	374,71	2,80	1,10	-1,00	75,85
14	3,50	63,70	2,10	2,50	0,80	87,00
15	3,50	353,89	7,80	2,50	-0,80	81,55
16	3,50	182,00	5,60	2,50	-1,30	97,35
17	3,00	89,72	6,60	1,00	-0,30	77,00
18	3,00	219,66	9,00	1,00	-0,40	86,70
19	3,00	289,55	7,80	1,00	1,60	84,70
20	3,00	176,94	5,30	1,00	-0,10	96,00
21	3,00	101,11	5,00	1,00	0,50	96,55
22	3,00	193,03	5,00	1,00	-1,10	99,70
23	3,00	163,33	7,20	1,00	0,50	98,95
24	3,00	138,48	6,60	1,00	-1,20	95,85
25	3,00	335,26	6,40	1,00	3,70	80,00
26	3,50	88,47	5,00	1,05	1,60	93,85
27	3,50	76,75	6,70	2,20	-0,10	97,00
28	3,50	44,55	3,20	2,20	0,50	86,00
29	3,50	50,96	3,40	2,20	1,50	80,85

Πίνακας 63: Λειτουργικές ταχύτητες V_{85} και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδικών τμημάτων (εξωτερική λωρίδα) τη νύχτα

Οδικό τμήμα	Πλάτος Λωρίδας (m)	Ελικτότητα μεμονωμένης καμπύλης (gon/km)	Επίκλιση (%)	Πλάτος ερείσματος (m)	Κατά μήκος κλίση (%)	85η ποσοστιαία ταχύτητα (km/h)
1	2,75	42,47	2,50	1,00	-3,00	117,25
2	2,75	63,70	1,50	1,00	-2,70	89,85
3	2,75	84,93	3,50	1,00	2,10	103,00
4	2,75	127,40	3,80	1,00	1,10	96,00
5	2,75	159,25	4,80	1,00	1,20	91,70
6	2,75	140,00	2,90	1,00	-0,30	83,70
7	2,75	490,00	7,60	1,00	-1,50	84,70
8	3,50	167,63	3,00	1,15	-1,60	77,55
9	3,50	245,00	2,80	1,15	0,60	64,70
10	3,50	265,42	1,90	1,15	0,30	76,55
11	3,50	212,33	7,10	1,20	1,10	95,55
12	3,00	151,67	6,20	1,10	0,50	90,85
13	3,00	374,71	5,50	1,10	1,00	77,55
14	3,50	63,70	4,20	2,50	-0,80	80,85
15	3,50	353,89	5,50	2,50	0,80	80,25
16	3,50	182,00	3,60	2,50	1,30	74,85
17	3,00	89,72	3,60	1,00	0,30	91,00
18	3,00	219,66	7,80	1,00	0,40	91,85
19	3,00	289,55	5,50	1,00	-1,60	100,70
20	3,00	176,94	4,10	1,00	0,10	100,40
21	3,00	101,11	4,80	1,00	-0,50	99,25
22	3,00	193,03	2,20	1,00	1,10	96,40
23	3,00	163,33	8,10	1,00	-0,50	84,00
24	3,00	138,48	3,30	1,00	1,20	87,00
25	3,00	335,26	5,60	1,00	-3,70	81,00
26	3,50	88,47	3,00	1,05	-1,60	96,55
27	3,50	76,75	3,90	2,20	0,10	86,00
28	3,50	44,55	2,10	2,20	-0,50	89,25
29	3,50	50,96	2,30	2,20	-1,50	88,00

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ψαριανός Βασίλειος, “Σημειώσεις Οδοποιίας Ι. Τεύχος 1”, Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής, ΕΜΠ/ΤΑΤΜ, Αθήνα, 2001.

Choueiri Elias M. and Lamm Ruediger, "*Rural Roads Speed Inconsistencies Design Methods*", State University of New York Research Foundation, Part I, New York, July 1987.

Choueiri Elias M. and Lamm Ruediger, "*Rural Roads Speed Inconsistencies Design Methods*", State University of New York Research Foundation, Part II, New York, July 1987.

Αγατζά-Μπαλοδήμου, Α.Μ., “*Θεωρία Σφαλμάτων & Συνορθώσεις Ι*”, Εκδόσεις Ε.Μ.Π, Αθήνα, 2004.

Montgomery Douglas C., Peck Elizabeth A., G. Vining Geoffrey, “*Introduction to Linear Regression Analysis*”, Wiley, Canada, 2006.

Draper, N. R., Smith, H., “*Applied Regression Analysis, Second Edition*”, Wiley, Canada, 1981.

Bird, R. N. and Hashim, I. H., “*Operating Speed and Geometry Relationships for Rural Single Carriageways in the UK*”, TRB 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, Chicago, Illinois, USA, 2005.

Hashim I.H., PhD Thesis Chapter4.

Marchionna A., Perco P., “*Operating Speed-Profile Prediction Model for Two-Lane Rural Roads in the Italian Context*”, International Conference Road Safety and Simulation, Rome, November 2007.

Awatta M. and Hassan Y., “*Towards Establishing an Overall Safety-Based Geometric Design Consistency Measure*”, 4th Transportation Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, Montréal, 2002.

Wooldridge Mark D., Fitzpatrick Kay, Harwood Douglas W., Potts Ingrid B., Elefteriadou Lily, Torbic Darren J., “*Geometric Design Consistency on High-*

Speed Rural Two-Lane Roadways”, NCHRP Report 502, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2003.

Υπουργείο ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ – Γ.Γ.Δ.Ε (2003), ‘Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) – Τεύχος 2 : Διατομές, Τεύχος 3 : Χαράξεις’, Αθήνα.

Marco Bassani, Davide Dalmazzo, Giuseppe Marinelli, ‘Variables influencing Speed Distribution on Urban arterials and Collectors’, TRB at the 92nd TRB Annual Meeting, August 2012.

Michael Levasseur and Ben Mitchell, ARRB Group, ‘Expanded Operating Speed Model’, Austroads Technical Report, April 2013.

Πέτρος Ρούσσος & Γιώργος Ευσταθίου, ‘Σύντομο Εγχειρίδιο SPSS 16.0’, Αθήνα 2008.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<http://www.docs.is.ed.ac.uk/skills/documents/3640/SPSSDataPreparation15.0.pdf>

<http://www.aua.gr/gpapadopoulos/files/regression9.pdf>

<http://labs.fme.aegean.gr/decision/files/docs/Odigos-SPSS-Pramaggioulis.pdf>

http://users.sch.gr/epdiaman/images/stories/ergasies/biblia/statistics_iek_II.pdf

http://mathbooksgf.files.wordpress.com/2011/10/spss_19.pdf